

Jedno rešenje bežičnog upravljanja reflektorskim svetlima u pozorištu

Nikola Smiljković, Stojan Kovačević, Nikola Teslić, Zoran Krajačević

Sadržaj — U ovom radu je predstavljeno rešenje bežičnog upravljanja reflektorskim svetlima. Pored primopredajnika za bežičnu komunikaciju, svaki reflektor sadrži i dva motora jednosmerne struje koji vrše pozicioniranje, koji su kontrolisani impulsno-širinskom modulacijom. Za određivanje trenutne pozicije koriste se četiri robusna senzora na bazi Holovog efekta, čime je zatvoren proces upravljanja. Na kraju rada je dat pregled rezultata, kao i problemi koji su se javljali u realizaciji.

Ključne reči — Automatizacija, DC motor, IŠM (PWM), LIN, Pozicija, Reflektor, Senzor, SimpliCI TI.

I. UVOD

JEDAN od bitnih segmenata pozorišne scenografije je scenska rasveta. Postojeća rešenja rasvete u pozorištima sadrže veliki broj kablova, kao i komplikovane i glomazne upravljačke jedinice. Pri dodavanju novih svetala možemo se suočiti sa nedostatkom slobodnih mesta na kontrolnoj jedinici. To dodatno poskupljuje proširenje sistema rasvete, ili ga onemogućava. Pored toga, rukovanje takvim uređajima je prilično komplikovano.

Predstavljeno rešenje omogućava jednostavno povezivanje više reflektorskih svetala (mesta) na jedinstvenu kontrolnu jedinicu u vidu personalnog računara. Bežično upravljanje pored smanjenja broja neophodnih kablova donosi i jednostavnost u proširenju sistema, odnosno dodavanja novih reflektorskih mesta. Dodavanje novog reflektorskog mesta u sistem podrazumeva samo dodatno adresiranje i ubacivanje podataka o dodatnom mestu u korisničku aplikaciju. Korišćenjem personalnog računara i intuitivnih naprava poput kontrolne palice (*joystick-a*) rukovanje se značajno pojednostavljuje. Moguće je i definisati redosled događaja unapred. Rukovalac čak ne mora da bude fizički prisutan u sali dok se vrše probe i podešavanja, jer se isti mogu vršiti daljinski, putem širokopojasne Internet veze, uz video nadzor opreme i scene.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. godine.

Nikola Smiljković, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad (telefon: 381-21-4801171; e-mail: nikola.smiljkovic@rt-rk.com).

Stojan Kovačević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-64-1721317; e-mail: stojan.kovacevic@rt-rk.com).

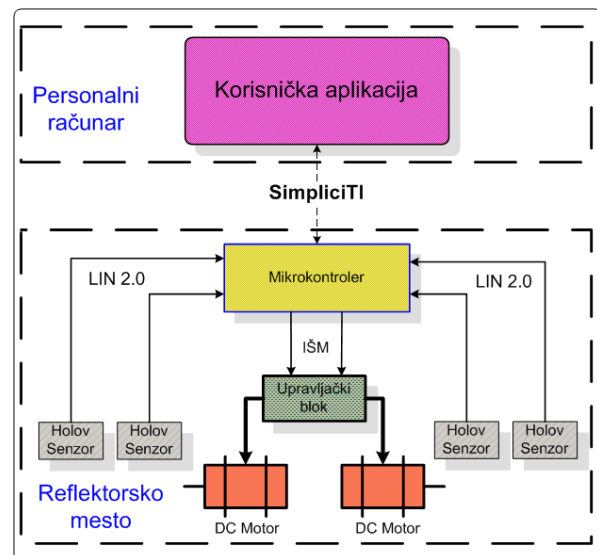
Nikola Teslić, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801106; e-mail: nikola.teslic@rt-rk.com).

Zoran Krajačević, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad (telefon: 381-21-4801180; e-mail: zoran.krajacevic@rt-rk.com).

II. OPIS SISTEMA

Sistem se sastoji iz personalnog računara sa odgovarajućom korisničkom aplikacijom pomoću koje se, putem bežične sprege, upravlja reflektorskim mestima. Svako reflektorsko mesto sadrži mikrokontroler koji prihvata željenu poziciju i vrši upravljanje pokretačkim jednosmernim motorima na osnovu trenutne pozicije svetla.

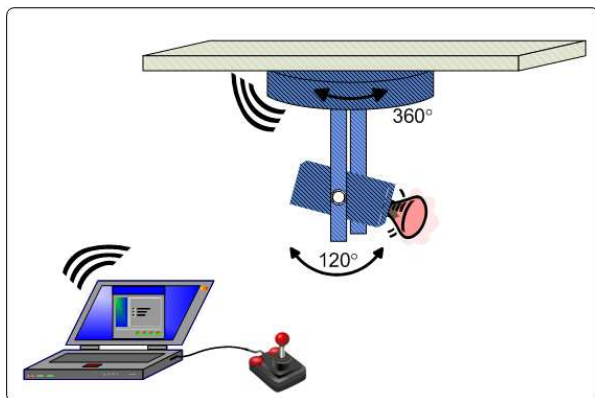
A. Struktura sistema



Sl. 1. Šematski prikaz strukture sistema

Željena pozicija određenog reflektorskog mesta se zadaje pomoću korisničke aplikacije koja se izvršava na personalnom računaru. Zadana pozicija se u vidu komande prenosi pomoću bežičnog SimpliCI TI protokola ka adresiranom reflektorskom mestu. Izvršna aplikacija na mikrokontroleru unutar reflektorskog mesta kojem je poslata paket namenjen prihvata komande. Po utvrđivanju validnosti komande u mikrokontroleru se poredi trenutna pozicija sa zadatom. Nakon toga, ukoliko je potrebno, mikrokontroler izdaje komande motorima za kretanje u odgovarajućem smeru u vidu IŠM signala koje šalje na drajvere za DC motore. U međuvremenu Holovi senzori na svakih 50ms očitavaju trenutnu poziciju i šalju je mikrokontroleru putem LIN 2.0 protokola. Mikrokontroler na osnovu pozicije odlučuje da li se nastavlja ili obustavlja kretanje.

B. Mogućnosti sistema i mehanička ograničenja



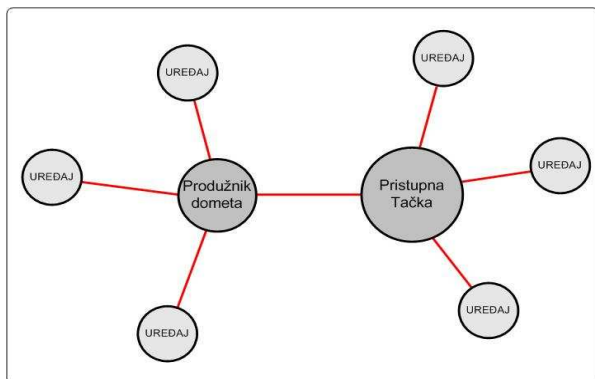
Sl. 2. Izgled i funkcionalnost rešenja

Prostorna pokrivenost pozornice svetlom je omogućena korisćenjem dve ose rotacije. Prva je verikalna oko koje se cela konstrukcija obrće pun krug, odnosno ima slobodu kretanja od 360 stepeni. Kućiste koje nosi sijalicu se kreće oko druge, horizontalne ose pri cemu je sloboda kretanja ograničena na 120 stepeni.

III. KOMPONENTE I PROTOKOLI U SISTEMU

A. SimpliTI bežični protokol

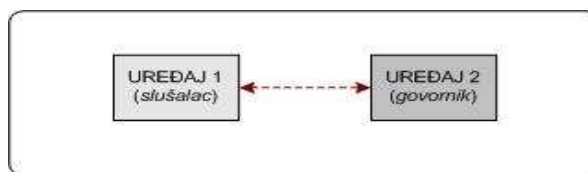
Ovaj protokol je namenjen razvoju bežičnih uređaja sa podrškom za jednostavno umrežavanje, uz malu potrošnju energije, što je posebno pogodno za baterijski napajane uređaje. Opšta topologija SimpliTI mreže je tipa zvezda, prikazana na Sl. 3.



Sl. 3. Opšta topologija SimpliTI mreže

Upotrebljeni mikrokontroler je *CC2510*, proizvođača *Texas Instruments*, sa ugrađenom fizičkom podrškom za radio komunikaciju i podrškom za SimpliTI protokol. Neophodna je još antena, koja zavisno od kućišta može biti na PCB pločici, za plastično kućište, odnosno spoljna antena za metalno kućište reflektorskog mesta.

Za primenu opisanu u ovom radu nije potrebno koristiti produžnik dometa. U razvoju je korišćeno samo jedno reflektorsko mesto, pa je stoga bilo dovoljno koristiti direktno povezivanje tipa tačka-tačka (*point-to-point*). To je prikazano na Sl. 4.



Sl. 4. Povezivanje tipa tačka-tačka

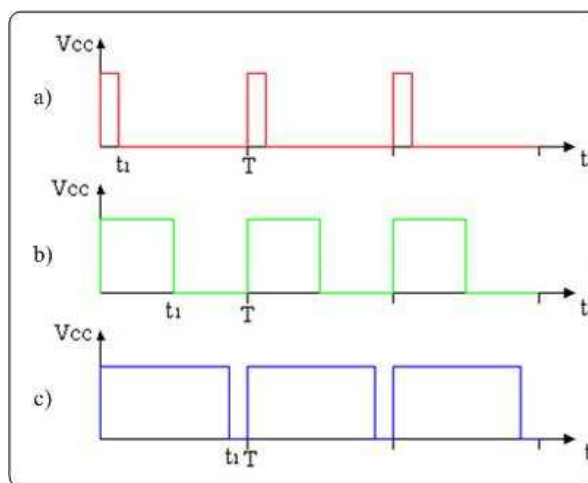
Uređaj 1, prateći (*slave*), se još naziva i slušalac (*listener*), dok se uređaj 2, vodeći (*master*), još naziva i govornik (*talker*). Uređaj slušalac čeka da govornik započne komunikaciju porukom za povezivanje. Slušalac odgovara potvrdno na tu poruku i od tog trenutka se smatra da je komunikacija uspostavljena. Nakon toga, uređaj govornik povremeno šalje dvobajtnu poruku slušaocu, koji odgovara takođe dvobajtnom porukom. Mikrokontroler unutar reflektorskog mesta je prateći uređaj, dok personalni računar sa periferijom za bežičnu komunikaciju predstavlja vodeći uređaj.

B. Upravljanje motorima korišćenjem IŠM

Impulsna širinska modulacija je moćna tehnika kontrolisanja analognih kola i komponenti preko digitalnih izlaza mikokontrolera, te zbog toga ima širok spektar primena u merenju, komunikaciji, kontroli napajanja, raznim vrstama pretvarača, kao i kontroli motora. Amplituda IŠM signala je najčešće fiksna. IŠM u suštini predstavlja način digitalnog kodiranja nivoa analognih signala. Za opisivanje IŠM signala koriste se dve veličine, *faktor ispune* (1) i *odnos impuls-pauza* (2). Korišćenjem brojača sa visokom rezolucijom, odnos impuls/pauza se podešava tako da odgovara specificiranom nivou analognog signala. Na Sl. 5 t_1 predstavlja vremenski period u kome je vrednost signala jednaka logičkoj jedinici, dok T predstavlja periodu signala.

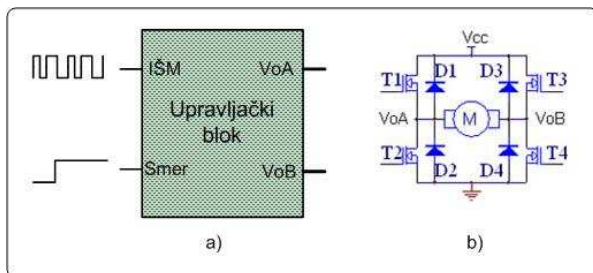
$$\text{Faktor ispune: } \frac{t_1}{T} \quad (1)$$

$$\text{Odnos impuls-pauza: } \frac{\text{impuls}}{\text{pauza}} = \frac{t_1}{T - t_1} \quad (2)$$



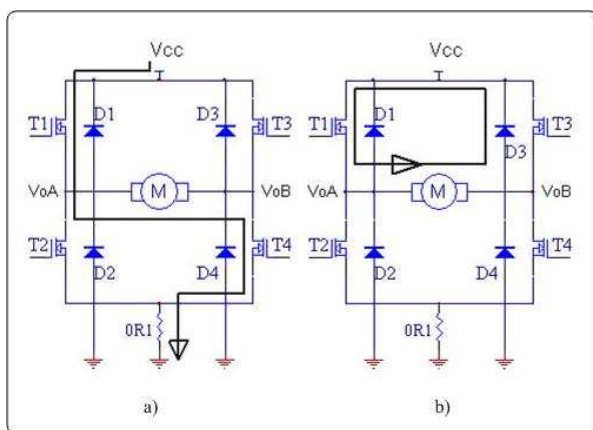
Sl. 5 IŠM signali sa različitim faktorima ispune:
a) 0.1 b) 0.5 c) 0.9

Mikrokontroler se spreže sa DC motorom na način prikazan na Sl. 6. Glavni deo unutrašnje strukture upravljačkog bloka predstavlja *H-most*, koji sadrži četiri tranzistora sa velikim strujnim mogućnostima (u ovom slučaju MOSFET-a) koji pri tom imaju dovoljno visoku radnu učestanost. Diode D1-D4 mogu biti posebno dodate, a mogu se koristiti i parazitne diode MOSFET-ova, koje su svakako prisutne zbog konstrukcije MOSFET-ova.



Sl. 6 a) Upravljački blok
b) Način povezivanja DC motora sa H-mostom upravljačkog bloka

Postoje različiti načini upravljanja jednosmernim motorima korišćenjem H-mosta: unipolarno i bipolarno. Unipolarno podrazumeva da pravougaoni impulsi kojima se pobuđuju mostni tranzistori imaju pozitivne vrednosti, uobičajeno je 0 i 5V DC, dok su za bipolarno pobuđivanje pravougaoni impulsi simetrični oko nule i idu od -5 do 5V DC. Problem kočenja DC motora može se rešiti takođe na dva načina, u zavisnosti od potreba konkretne primene. To može biti sporo – dinamičko kočenje ili brzo – rekuperativno. Na Sl. 7.a se vidi na koji način se struja zatvara od napajanja kroz motor do mase i na taj način se motor obrće u jednom smeru, dok se po prestanku pogona struja zatvara kroz parazitnu diodu D3, kao na Sl. 7.b, zbog induktivnosti namotaja motora, koja ne dozvoljava nagle promene struje u motoru.



Sl. 7. a) Pogon motora strujom od VoA ka VoB
b) Sporo kočenje nakon pogona

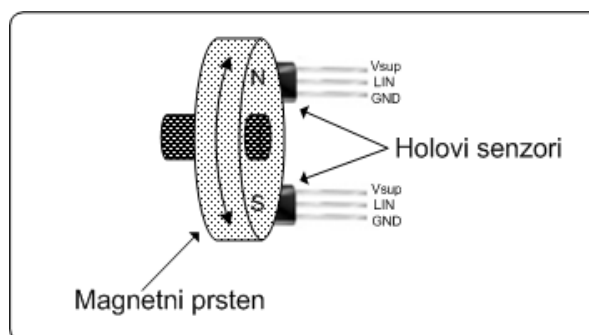
Dinamičko kočenje se dešava pri svakoj pojavi niskog nivoa IŠM signala. Kočenje je moguće i u donjoj konturi, pri čemu bi se struja zatvarala kroz parazitnu diodu D2 i tranzistor T4, čak je i poželjno ukoliko se želi informacija o tome koja je struja kočenja motora. Ukoliko je

neophodno pogoniti motor u suprotnom smeru analogno prethodnom slučaju se koristi suprotna dijagonala H-mosta, odnosno tranzistori T2 i T3 umesto T1 i T4. Pri realizaciji ovog sistema korišćeno je unipolarno upravljanje i sporo (dinamičko) kočenje.

Za ovu konkretnu primenu korišćen je je SA-57 H-mostni drajver proizvođača Cirrus Logic. Ovaj čip sposoban je da snabde potrošač, u ovom slučaju DC motor, kontinualnom strujom od 8A, odnosno do 15A vršne vrednosti u impulsnom režimu rada, što je i više nego dovoljno.

C. Senzori pozicije na bazi Holovog efekta

Korišćeni senzor spada u grupu Holovih senzora za merenje linijskog pomeraja, ali je iskorišćen tako da se njim meri ugao pomeraja, zahvaljujući postavljeni senzora i prstenastog magneta, kako je to prikazano na Sl. 8.

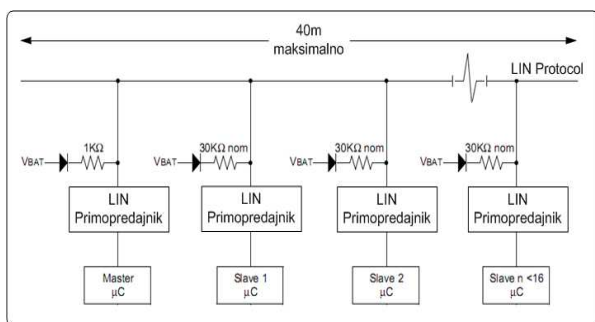


Sl. 8. Montaža Holovih senzora

Osovina se zakreće za određeni ugao, a sa njom i za nju pričvršćeni magnet. Time se menja jačina magnetnog polja kojom magnet deluje na senzore, što oni i očitavaju. Informacija o trenutnoj poziciji pokretnog dela se šalje mikrokontroleru korišćenjem LIN 2.0 komunikacionog protokola.

D. LIN protokol

Evropski konzorcijum proizvođača automobila razvio je ovaj serijski komunikacioni protokol i predstavio ga kao jeftino rešenje za kratka rastojanja i male brzine. Za takve primene je već razvijeni, pouzdani i brzi CAN protokol (*Controller Area Network*) bio skup i predimenzionisan. Konfiguracija magistrale je tipa jedan vodeći (*master*) kontroler, centralna jedinica, i jedan ili više pratećih, do 16, (*slave*) jedinica-čvorova. Vodeći kontroler proziva čvorišta da šalju svoje podatke na magistralu, koji su pri tom vidljivi svim ostalim uređajima na njoj. Na taj način se obavlja dvosmerna komunikacija, i nije potrebna dalja arbitraža. Pod kratkim rastojanjima podrazumeva se da magistrala nije duža od 40m. Maksimalna brzina protoka koja se može postići je 20 kbit/s. Minimalno vreme odziva je reda veličine 50ms, što je dovoljno za spore procese. LIN protokol podržava i slanje uređaja koji se ne koriste u stanje mirovanja (*sleep mode*) u cilju smanjenja potrošnje, tačnije, ako se senzor ne koristi 4s, automatski odlazi u stanje mirovanja. Takođe, neophodno je i njihovo vraćanje u operativno stanje (*wake up*).

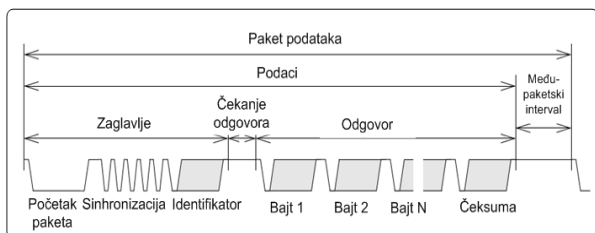


Sl. 9. LIN magistrala

Kao što je već napomenuto, upotrebljeni senzor koristi verziju 2.0 LIN protokola, koja predstavlja poboljšanje i dodatak funkcionalnosti u odnosu na prethodnu (1.3) verziju protokola:

- Poboljšana provera ispravnosti (*checksum*)
- Dijagnostika i rekonfiguracija
- Automatsko prilagođenje brzini
- Uočavanje grešaka i praćenje statusa

U odnosu na verziju 1.3 fizička arhitektura je ostala nepromenjena, kao i navedena ograničenja u pogledu maksimalne brzine i dometa.



Sl. 10. Paket podataka LIN protokola

Paket podataka ima izgled prikazan na Sl. 10. Zaglavlje sadrži naznaku početka paketa, sekvencu za sinhronizaciju i identifikator. Potom se čeka na odgovor. Nakon slanja podataka bajt po bajt, stiže provera ispravnosti pristiglih podataka. U okvir paketa podataka spada i međupaketski interval.

IV. ZAKLJUČAK

Prikazano rešenje obuhvata samo pozicioniranje reflektorskih svetala. Akcenat je stavljen na spregu mehanike i elektronike, koji su namenski dizajnirani i napravljeni. Tu su se javili različiti problemi mehaničke prirode, usled nesavršenosti izrađenih komponenti, kao i manjim odstupanjima pri njihovoj montaži. Sve to uzrokovalo je povećanu potrošnju za pokretanje motora, zbog preskakanja i gubitaka na mehaničkim prenosima. Jedan od problema sa kojim smo se takođe susreli bio je taj da su motori stvarali previše buke, što svakako nije

pogodno za pozorište. Ovo je rešeno zamenom metalnih zupčanika, umesto njih stavljeni su zupčanici od fiberglasa, koji ne prenose zvuk. U narednoj fazi biće pažljivije razmotren izbor pogonskih motora, kao i mehaničkih prenosnika. Ti problemi bili su dragoceni za sticanja iskustava i novih saznanja iz oblasti mehanike, odnosno mehatronike, do sada slabo poznate autorima, budući da im to nije primarno strukovno opredeljenje.

Logičan korak napred je upuštanje u problematiku vezanu za uključivanje i isključivanje, odnosno dimovanje svetala, kao i kontinualno merenje portošnje sistema rastvete. Ta problematika je izostavljena sa ciljem da se napravi višenamenska pokretna platforma, koja bi se kasnije mogla koristiti u različite svrhe.

Mehanička koncepcija sistema je takva da se umesto scenskih reflektora na pokretnu platformu može montirati kamera za video-nadzor ili scensko snimanje, laser za diskoteke, kao i druge naprave sličnih gabarita i funkcionalnosti. Time je ostavljen širok dijapazon mogućih unapređenja i različitih primena. Tako se kasnije više pažnje može obratiti na specifičnosti primene, dok su problemi vezani za mehaničku konstrukciju uređaja dobro poznati i, što je najvažnije, rešeni.

LITERATURA

- [1] L. Nad, „Mikrosenzori i aktuatori“, str. 6-21
- [2] Texas Instruments, „CC2510 Datasheet“, <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2510f32.html>
- [3] Texas Instruments, „Network Protocol for Sub-1 GHz, 2.4 GHz and IEEE 802.15.4 RF ICs“, <http://www.ti.com/simpliciti>
- [4] Marko Filipović, „Impulsno širinska modulacija“,
- [5] Cirrus Logic, „SA-571HZ Datasheet“ <http://www.cirrus.com/en/press/kits/SA306-SA57.html>
- [6] Honeywell, „Hall Effect Sensing and Application“,
- [7] LIN Consortium, „LIN Specification Package Revision 2.0“, <http://www.lin-subbus.org>
- [8] Wikipedia, besplatna enciklopedija (www.wikipedia.org), Holov Efekat

ABSTRACT

This paper presents an overview of wireless theater lights control solution. It is based on a SimpliciTI wireless protocol interfacing Microcontroller to a PC application. Microcontroller then controls two DC motors sending them PWM signal. The motors move reflector housing around two perpendicular axes, allowing it to point on a specific spot on the stage. Control process is closed with four robust Hall-Effect based position sensors mounted close to the shafts, monitoring the position and sending position data back to the Microprocessor via LIN2.0 interface.

WIRELESS THEATER LIGHTS CONTROL SOLUTION

Nikola Smiljković, Stojan Kovačević, Nikola Teslić,
Zoran Krajačević