

Analiza selektivne komunikacije daljinskih IC sistema

Mladen K. Krbanjević

Mentori: Ištvan I. Pap, Saša A. Vukosavljev

Sadržaj – Upravljanje uređajima pomoću IC (IC, Infra Crveni) daljinskih sistema je danas dobro poznata aplikacija koja se sve više koristi kako za kućne, tako i za mnoge druge uređaje. U ovom radu je analizirano upravljanje uređaja pomoću selektivnih IC daljinskih sistema sa osvrtom na izbor komponenti IC prijemnika odnosno predajnika. Izloženo je jedno rešenje za proširenje algoritma dekodovanja IC protokola, kao i njegova verifikacija i poređenje sa klasičnim metodama u cilju eliminacije reflektovanih signala.

Glavne reči – IC svetlost, selektivni daljinski sistemi.

I UVOD

Većina tehničkih uređaja se upravljaju putem IC (IC, Infra Crveni) daljinskih upravljača što govori o njihovoj širokoj rasprostranjenosti u velikom broju aplikacija kao što su TV, DVD, audio uređaji, uređaji za klimatizaciju, i dr. Danas su sve više popularne inteligentne kuće u kojima su svi uređaji kontrolisani od strane mikror računarskog sistema koji je dalje povezan na lokalnu mrežu. U inteligentnim kućama postoje uređaji koji se mogu upravljati IC daljinskim upravljačima kao npr. paljenje i gašenje kao i povećanje odnosno smanjivanje intenziteta svetla, podizanje odnosno spuštanje roletni.

Svaki uređaj, koji se upravlja pomoću širokopojasnog IC daljinskog upravljača, poseduje adresu po kojoj se prepoznaje. Zadatak tipičnog IC daljinskog upravljača je da pomoću IC svetlosti emituje paket, sa elementima prikazanim na sl. 1. Uređaji prepoznaju svoj paket po adresi na osnovu koga izvršavaju komande. To znači da jedan IC daljinski upravljač može upravljati samo određenom grupom uređaja koji su iz iste familije tj. poseduju istu adresu.

Tipični IC daljinski upravljači su projektovani tako da IC svetlost rasipaju u što širem prostornom uglu da se ne mora brinuti o direktnoj usmerenosti ka uređaju kojim se upravlja. Dakle, ako se na jednom mestu nalazi veći broj uređaja iste familije, svi uređaji će odgovarati na komande istom IC daljinskom upravljaču bez obzira na to koji se uređaj želeli kontrolisati.

Postavlja se pitanje da li je moguće obezbediti da u ovakvim uslovima ipak postignemo selektivnost upravljanja uređajima. U ovom radu se razmatra o mogućnosti upravljanja uređajima iz iste familije, koji prepoznaju uobičajene komande, pomoću jednog IC daljinskog upravljača.

Mladen Krbanjević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-64-2446200, e-mail: mladen.krbanjevic@rt-rk.com)

Ištvan I. Pap, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801189, e-mail: istvan.papp@rt-rk.com)

Saša A. Vukosavljev, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801201, e-mail: sasa.vukosavljev@rt-rk.com)

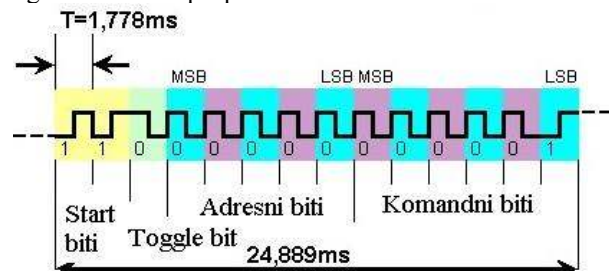
Rad je organizovan u četiri poglavlja. U drugom poglavlju je opisan sistem IC prijemnika, odnosno IC predajnika kao i jedan od IC komunikacionih protokola. U trećem poglavlju su date osnovne karakteristike IC prijemnika, predajnika i njihovo uparivanje u pojedinim aplikacijama. Četvrto poglavlje govori o uticaju neprecizne usmerenosti IC predajnika prema prijemniku na odstupanje vremenskih intervala poslatog signala. U ovom poglavlju je opisan algoritam dekodovanja IC protokola i njegovo proširenje na postizanje selektivnosti IC daljinskih sistema. U petom poglavlju su prikazani način ispitivanja i rezultati poređenja klasičnog i proširenog algoritma. Šesto poglavlje je zaključak.

II OPIS SISTEMA

Sistem sadrži IC predajnik (daljinski upravljač), koji putem IC svetlosti određenim protokolom šalje paket podataka IC prijemniku koji uz pomoć mikrokontrolera dekoduje adresu a zatim komandu kojom se upravlja uređaj.

A. Opis IC protokola

Postoji više tipova protokola za IC komunikaciju od kojih su najzastupljeniji Phillips-ov RC-5 odnosno RC-6 protokol. Na sl. 1. je prikazan izgled RC-5 protokola kao i mehanizam kodovanja logičke jedinice "1" odnosno logičke nule "0" pri prenosu.



Sl. 1. Phillips-ov standard za RC-5 IC protokol

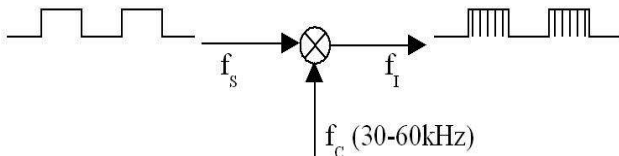
RC-5 protokol koristi tehniku bifazne modulacije bita što znači da se svaki bit sastoji od dva dela. Prelaz signala sa visokog na nisko stanje u trajanju jednog bifaznog ciklusa predstavlja logičku jedinicu "1", odnosno logičku nulu "0" u suprotnom slučaju. Paket se sastoji od 14 bita. Prva dva bita predstavljaju start bite koji služe za prilagođavanje pojačanja ulaznog stepena IC prijemnika a ujedno i oznaku početka paketa. Treći bit je tzv. invertujući bit koji se uvek menja pri ponovnom

pritisnjanju tastera na IC predajniku. Pomoću njega prijemnik može da zaključi da li je taster otpušten odnosno ponovo pritisnut. Sledećih 11 bita predstavlja 5 adresnih bita i 6 komandnih bita. Period trajanja prenosa jednog bita je $T=1.778\text{ms}$ a celog paketa 24.889ms . U slučaju kontinualnog držanja tastera na predajniku, paket se ponovo šalje svakih 113.792ms .

B. Opis klasičnog IC predajnika

Glavni element IC predajnika je IC LED dioda čija talasna dužina emitovanja svetlosti iznosi $940\pm 50\text{ nm}$. Ljudsko oko može da registruje boje koje su u opsegu između 400nm i 750nm talasne dužine, pa iz ovog sledi da se talasna dužina svetlosti IC LED diode nalazi izvan opsega vidljivog spektra.

Signal koji se šalje od IC predajnika ka IC prijemniku je modulisan nosiocem koji je u opsegu od 30kHz do 60kHz u zavisnosti od potreba određenih aplikacija, sl. 2.



Sl. 2. Modulacija signala

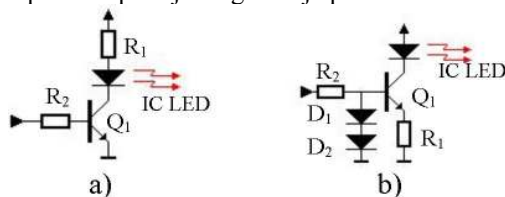
Modulacijom je omogućeno potiskivanje eventualnog šuma koji nastaje pri prenosu signala [1]. Blok diagram IC predajnika je prikazan na sl. 3.



Sl. 3. Blok šema IC predajnika

Na osnovu pritisnutog tastera na matrici tastera, kontrolna logika formira odgovarajuću komandu koja se moduliše odgovarajućim nosiocem i prosleđuje upravljačkom kolu IC LED diode. IC LED dioda emituje modulisan signal u obliku IC svetlosti prema IC prijemniku koji demoduliše primljeni signal i vraća ga u prvobitno stanje.

Upravljačko kolo sadrži jednostavno tranzistorsko kolo koje upravlja IC LED diodu. Tranzistor je odabran na osnovu odgovarajućeg pojačanja i brzine prekidanja. Tipičan primer upravljačkog kola je prikazan na sl. 4. (a).



Slika 4. a) Tipično upravljačko kolo IC LED diode
b) Upravljačko kolo sa emiterfoloverom

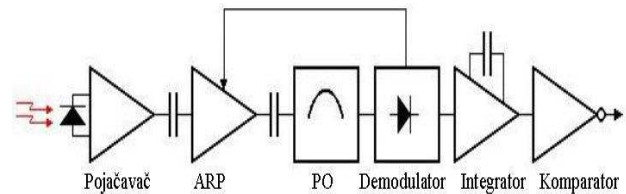
Ovo kolo ima nedostatak u tome što pri opadanju napona baterijskog napajanja opada i struja IC LED diode pa se

smanjuje moguća pokrivenost prostora upravljanja uređaja sa povećanjem rastojanja.

Prednost kola sa sl. 4. (b) je u tome što je tranzistor Q_1 u spoju emiterfolovera [2] te je znatno imuniji na promene struje pri promeni napona napajanja. Diode D_1 i D_2 zajedno sa otpornikom R_2 služe kao naponski limiter [1] kola baze a ujedno obezbeđuju konstantan pad napona na bazi tranzistora pri njegovom uključanju ($V_B = 2 \cdot V_D = 1.2\text{V}$). Napon na spoju baza-emiter tranzistora Q_1 je takođe konstantan čija je tipična vrednost $V_{BE} = 0.6\text{V}$. Iz ovog sledi da je napon otpornika V_{R1} uvek konstantan i iznosi $2 \cdot V_D - V_{BE} = 0.6\text{V}$ pa je struja, za odabranu vrednost otpornosti R_1 , kroz IC LED diodu konstantna u širokom opsegu odstupanja napona napajanja.

C. Opis IC prijemnika

IC prijemnik je integrisani modul koji sadrži više odvojenih blokova. Blok šema IC prijemnika je prikazana na sl. 5.



Sl. 5. Blok šema IC prijemnika

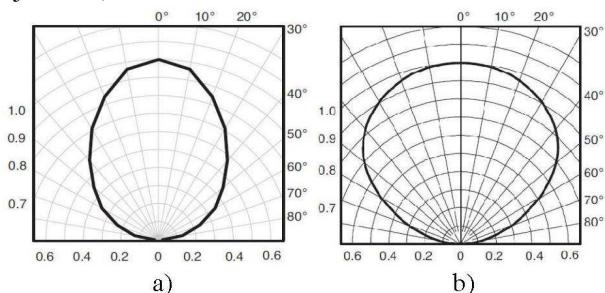
Ulazni deo IC prijemnika je foto-dioda koja na sebi poseduje optički filter koji izdvaja IC svetlost i usmerava je na fotoosetljivi deo diode. Dobijeni napon foto-diode je veoma male amplitude pa je iz tog razloga pojačan i odmah nakon toga ograničen. Ograničavač u ovom kolu ima funkciju ARP (Automatska Regulacija Pojačanja) koji automatski prilagođava amplitudu signala u zavisnosti od potreba ostalih blokova u modulu. ARP je od velikog značaja jer signal sa foto-diode zavisi od snage emitovanja IC predajnika, odnosno rastojanja i ugla sa kojeg je emitovana komanda. Razdvojni kondenzatori služe za odvajanje eventualne razdešenosti DC napona između pojedinih blokova odnosno prilagođavanje njihove karakteristične impedanse [3]. PO filter (PO, Propusnik Opsega) izdvaja nosilac iz spektra signala pomoću kojeg se demodulacijom i integracijom rekonstruiše poslani signal bez nosioca [1]. Komparator prilagođava dobijeni signal prema TTL ili CMOS naponskim nivoima.

Izlaz IC prijemnika se spreže na mikrokontroler koji dekoduje signal, proverava ga i upućuje komandu upravljanoj uređaju.

III KARAKTERISTIKE IC LED DIODA I IC PRIJEMNIKA U POGLEDU PROSTORNE OBLASTI RADA I NJIHOVA UPARENOST

IC predajnici, odnosno prijemnici se karakterišu po prostornom uglu oblasti rada. Za IC predajnike se definiše ugaona zavisnost promene koeficijenta emisije, dok kod IC prijemnika se definiše ugaona promena koeficijenta osetljivosti IC svetlosti.

U većini aplikacija vezanih za IC komunikaciju sa uređajima, glavni akcenat je stavljen na maksimalno rastojanje od uređaja pri njegovom upravljanju. Klasičan primer je upravljanje TV uređaja kod kojih rastojanje dostiže i preko 15m bez obzira na to da li je IC predajnik usmeren direktno prema uređaju ili ne. Ovo se postiže uparivanjem komponenti IC predajnika odnosno prijemnika, sl. 6.

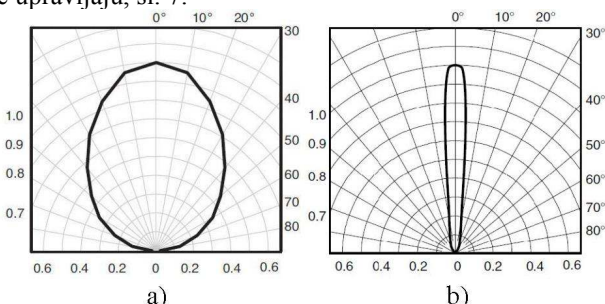


Sl. 6. Karakteristike uparenih komponenti. a) Ugaona zavisnost promene koeficijenta osetljivosti IC prijemnika. b) Ugaona zavisnost promene koeficijenta emisije IC LED diode.

Svetlost se odbija od sve glatke površine koje nisu apsorpcionog tipa, pa iz ovog sledi da uticaj refleksije pozitivno utiče na bolju komunikaciju pri upravljanju uređaja. Sl. 6. pokazuje da obe komponente imaju širok prostorni ugao rada, čime je obezbeđen bolji uticaj refleksije. Ovo je opravdano iz razloga što su uređaji adresirani, pa ako se na jednom mestu nađe više različitih uređaja, neće doći do preslušavanja jer svaki uređaj prepoznaje svoju adresu.

Problem preslušavanja nastaje ako se na jednom mestu nađe više uređaja koji poseduju istu adresu i upravljaju se istim IC protokolom.

Pravilnim izborom komponenti IC prijemnika, odnosno predajnika, može se postići selektivnost grupe uređaja koji se upravljaju, sl. 7.

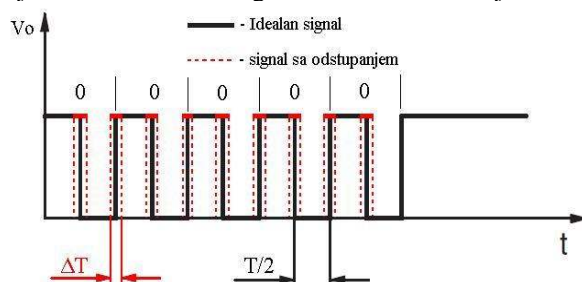


Sl. 7. Karakteristike uparenih komponenti na selektivnost a) Ugaona zavisnost promene koeficijenta osetljivosti IC prijemnika. b) Ugaona zavisnost promene koeficijenta emisije IC LED diode.

Sa sl. 7. se vidi da je za postizanje selektivnosti potrebno odabrati IC LED diodu sa uskim uglom oblasti rada kako bi se postigla selektivnost. Prostorni ugao poluosetljivosti IC prijemnika je $\pm 50^\circ$ [4], tj. odabran je širokoopsežni IC prijemnik što ukazuje na mogućnost upravljanja uređajima iz svih pravaca a selektivnost je postignuta uskopojasnom IC LED diodom čiji je ugao poluemisije $\pm 5^\circ$ [5].

IV UTICAJ NEPRECIZNE USMERENOSTI IC PREDAJNIKA PREMA PRIJEMNIKU NA ODSUPANJE VREMENSKIH INTERVALA U BIFAZNOM CIKLUSU RC-5 PROTOKOLA

Uprkos tome što je IC predajnik usmeren, zbog uticaja refleksije dolazi do neželjenog pobuđivanja susednih uređaja. Ovo je posledica reakcije ARP bloka u IC prijemnom modulu koji prilagodi i najslabiji dolazni signal sa predajne strane. Izgled idealnog dolaznog signala sa direktno usmerenim IC predajnikom prema IC prijemniku je dat na sl.1. Na sl. 8. je prikazan izgled signala neprecizne usmerenosti IC predajnika prema IC prijemniku kao i oblik signala u idealnom slučaju.

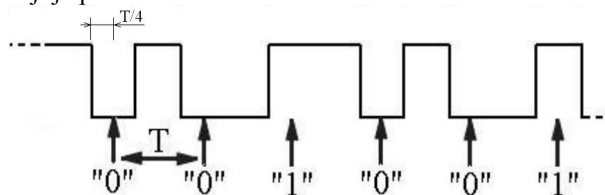


Sl. 8. Prikaz signala IC prijemnika sa odstupanjem vremenskih prelaza

Ovde je razmotren najgori slučaj, kada je potrebno preneti niz istih bita, npr. adresa "00000". Samo u ovakvim slučajima signal pravi ekvidistantne prelaze na svakih 0.889 ms što iznosi polovinu jednog bifaznog ciklusa. Sa ΔT je obeležen interval koji predstavlja opseg mogućih odstupanja prelaza signala na strani IC prijemnika.

A. Klasični algoritam za dekodovanje RC-5 protokola

Najprostiji algoritmi za dekodovanje RC-5 protokola se zasnivaju na ekvidistantnom odabiranju signala. Rezultat odabiranja je direktno dekodovan dolazni signal koji je prikazan na sl. 9.



Sl. 9. Prikaz dekodovanja signala ekvidistantnim odabiranjem u vremenskom domenu

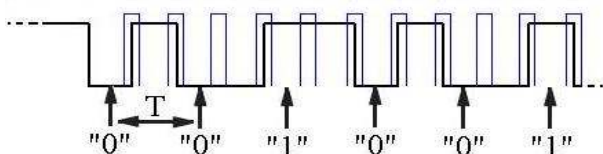
Referentni trenutak od kojeg počinje odabiranje je prva opadajuća ivica, od koje se pravi sinhronizovano kašnjenje od $T/4$ nakon kojeg na svakih T postoji informacija o dekodovanom bitu.

Ovakav algoritam dekodovanja je imun na eventualna podrhtavanja signala, sl. 8., što je prednost u aplikacijama koje ne zahtevaju prostornu selektivnost upravljanja uređaja.

Bez obzira na pravilnu uparenost komponenti IC sistema, koji se odnosi na selektivnost upravljanja uređajima, sa ovakvim algoritmom dekodovanja sistem

bi se ponašao selektivno samo u izuzetnim slučajima gde je refleksija IC svetlosti minimalna. Da bi IC sistem bio selektivnog karaktera, pored pravilnog izbora komponenti potrebno je obezbediti da algoritam dekodovanja prati podrhtavanje signala i na osnovu njega proglasi pristigli signal validnim.

Osnovni mehanizam praćenja podrhtavanja je prozoriranje ivica signala, koji kao glavni parametar ima širinu prozora u kojoj sme da se desi odstupanje signala od idealnog oblika. Primena novog algoritma, pored ekvidistantnog dekodovanja zahteva i novu metodu ekvidistantnog prozoriranja. Referentni trenutak je prva opadajuća ivica od koje se na svakih T/2 vrši prozoriranje, sl. 10.

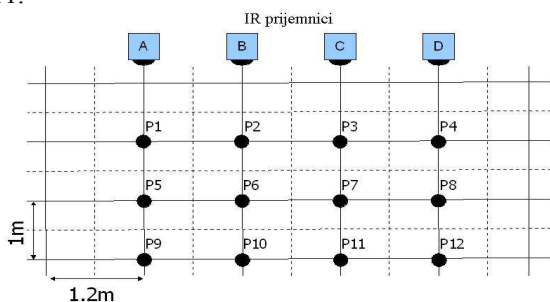


Sl. 10. Prozoriranje signala

Ovim algoritmom je omogućeno izdvajanje signala koji su posledica direktnog usmeravanja IC predajnika prema prijemniku, odnosno maskiranje svih reflektovanih signala.

V POREĐENJE ALGORITAMA I REZULTATI

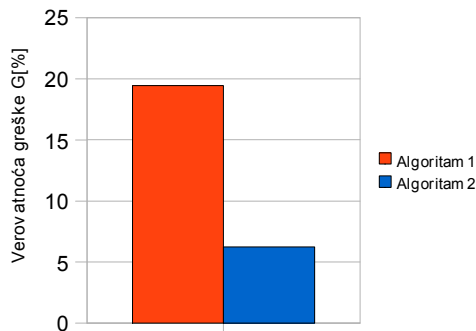
Da bi se verifikovao algoritam, realizovana je testna oprema koja pored IC predajnika sa usmerenom IC LED diodom, sadrži četiri IC prijemnika koji su spregnuti sa mikrokontrolerima i signalizacionim LED diodama. Zadatak mikrokontrolera je da svaki pravilno dekodovan paket signalizuje LED diodom. Za potrebe ovih testova je formirana ekvidistantna mreža na podu prostorije, čiji je raspored testnih tačaka i pozicije IC prijemnika prikazan na sl. 11.



Sl. 11. Šematski prikaz testnog okruženja

Testovi su se izvodili tako što je sa unapred definisanih ispitnih tačaka (P1-P12) usmeravan IC predajnik direktno prema svakom IC prijemniku pa na osnovu signalizacionih LED dioda beležen broj pravilno dekodovanih paketa. U idealnom slučaju, broj pravilno dekodovanih paketa bi bio 48, za svaku ispitnu tačku po 4, odnosno u najgorem slučaju 192, za svaku ispitnu tačku po 16.

Na osnovu ovog ispitnog modela, izvedena su uporedna ispitivanja klasičnog algoritma i algoritma sa metodom ekvidistantnog prozoriranja signala. Rezultati ispitivanja su grafički prikazani na sl. 12.



Sl. 12. Ispitni rezultati
Algoritam 1 – Klasični algoritam
Algoritam 2 – Algoritam sa metodom ekvidistantnog prozoriranja

Na osnovu relacije (1) je izračunata verovatnoća greške, gde je BPP – broj primljenih paketa.

$$G[\%] = \frac{BPP - BPP_{\min}}{BPP_{\max} - BPP_{\min}} \cdot 100 \quad (1)$$

Uporedna ispitivanja pokazuju da verovatnoća greške primenom klasičnog algoritma iznosi 19.44%, dok kod algoritma sa metodom ekvidistantnog prozoriranja iznosi 6.25%.

VI ZAKLJUČAK

U radu su prikazane posledice refleksije IC sistema i jedan mehanizam poboljšanja algoritma za dekodovanje RC-5 protokola, sa glavnim akcentom na postizanje selektivnosti. Korišćenjem novog algoritma dekodovanja i uparenih komponenti, IC prijemnika odnosno predajnika, moguće je projektovati selektivni IC komunikacioni sistem.

LITERATURA

- [1] G. Lukatela, D. Drajić, G. Petrović, *Digitalne telekomunikacije*, Građevinska knjiga, Beograd 1984.
- [2] S. Tešić, D. Vasiljević: "Osnovi elektronike", Nauka Beograd, 2000.
- [3] B. Reljin, *Teorija električnih kola II - Rešavanje kola u frekvencijskom domenu*, Akademska misao, Beograd, 2002.
- [4] TSOP2236, *IR receiver module for Remote Control Systems*, 36kHz carrier frequency, Datasheet.pdf, Vishay Semiconductors www.vishay.com 05.Aug.2003.
- [5] TSTS7100, *Infrared Emitting Diode*, 950 nm, GaAs, Datasheet.pdf Vishay Semiconductors www.vishay.com 23.Feb.2007.

ABSTRACT

IR (IR, InfrRed) remote control is well known technique widely used in consumer electronics. This paper presents improved remote IR control based on component matching to achieved selectivity. Selectivity increased using the new decoder algorithm which regard to windowing signal method.

SELECTIVE COMMUNICATION ANALYSIS OF IR REMOTE SYSTEM

Mladen K. Krbanjević

Mentori: Ištvan I. Pap, Saša A. Vukosavljev