



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

НОВИ САД

Департман за рачунарство и аутоматику

Одсек за рачунарску технику и рачунарске комуникације

ДИПЛОМСКИ – МАСТЕР РАД

Кандидат: Младен Крбањевић

Број индекса: 10416

**Тема рада: Једно решење просторно селективног ИЦ система за
даљинско управљање**

Ментор рада: проф. Др. Никола Теслић

Нови Сад, Јун, 2009



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР :	
Идентификациони број, ИБР :	
Тип документације, ТД :	Монографска документација
Тип записа, ТЗ :	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР :	Дипломски – мастер рад
Аутор, АУ :	Младен Крбањевић
Ментор, МН :	проф. Др. Никола Теслић
Наслов рада, НР :	Једно решење просторно селективног ИЦ система за даљинско управљање
Језик публикације, ЈП :	Српски / латиница
Језик извода, ЈИ :	Српски
Земља публикавања, ЗП :	Република Србија
Уже географско подручје, УГП :	Војводина
Година, ГО :	2009.
Издавач, ИЗ :	Ауторски репринт
Место и адреса, МА :	Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО : (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	8/41/0/6/25/1/1
Научна област, НО :	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, НД :	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	ИЦ светлост, просторно селективни даљински ИЦ системи, усмерене ЛЕД диоде
УДК	
Чува се, ЧУ :	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН :	
Извод, ИЗ :	Управљање уређаја помоћу ИЦ (ИЦ, <u>И</u> нфра <u>Ц</u> рвени) даљинских система је данас добро позната апликација која се све више користи како за кућне, тако и за многе друге уређаје. У овом раду је анализирано управљање уређаја помоћу селективних ИЦ даљинских система са освртом на избор компоненти ИЦ пријемника односно предајника. Изложено је једно решење за проширење алгорита декодовања ИЦ протокола, као и његова верификација и поређење са класичним методама у циљу елиминације рефлектованих сигнала.
Датум прихватања теме, ДП :	
Датум одбране, ДО :	30.06.2009.
Чланови комисије, КО :	Председник: доц. Небојша Пјевалица
	Члан: доц. Михајло Катона
	Члан, ментор: проф. Др. Никола Теслић
	Потпис ментора



UNIVERSITY OF NOVI SAD • FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES

21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Master Thesis
Author, AU :	Mladen Krbanjević
Mentor, MN :	PhD Nikola Teslić
Title, TI :	One solution for spatial selective IR remote system
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	English
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2009.
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	8/41/0/6/25/1/1
Scientific field, SF :	Electrical Engineering
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems
Subject/Key words, S/KW :	IR light, spatial selective IR remote system, narrow LED diode
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	IR 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.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: PhD Nebojša Pjevalica
	Member: PhD Mihajlo Katona
	Member, Mentor: PhD Nikola Teslić
	Mentor's sign

Sadržaj:

1.	Uvod	1
2.	Opis sistema	3
2.1	Opis IR protokola	4
2.2	Opis klasičnog IR predajnika	5
2.2.1	Simulacija tipičnog upravljačkog kola IR LED diode	6
2.2.2	Simulacija upravljačkog kola IR LED diode sa emiterfoloverom	8
2.3	Opis IR prijemnika	10
3.	Krakteristike IR LED dioda i IR prijemnika u pogledu prostorne oblasti rada i njihova uparenost	12
3.1	Postizanje selektivnosti upravljanja uparivanjem komponenti IR prijemnika i IR predajnika	13
3.2	Uticaj jačine struje na ugaonu zavisnost koeficijenta emisije IR LED diode	14
4.	Uticaj neprecizne usmerenosti IR predajnika prema prijemniku na odstupanje vremenskih intervala u bifaznom ciklusu RC-5 protokola	16
4.1	Klasičan algoritam za dekodovanje RC-5 protokola	18
4.2	Novi algoritam za dekodovanje RC-5 protokola	18
4.3	Blok dijagrami algoritama za dekodovanje RC-5 protokola	19
5.	Verifikacija i rezultati	22
5.1	Verifikacija selektivnosti diode SFH4550 sa i bez strujnog limitovanja	23
5.2	Verifikacija algoritma sa ekvidistantnim prozoriranjem	24
6.	Zaključak	28
7.	Literatura	29
8.	Dodatak	30

Spisak slika:

Slika 2.1 Ilustrativni prikaz prostorno selektivnog IR sistema.....	3
Slika 2.2 Blok šema uređaja koji sadrži IR sistem	4
Slika 2.3 Phillips-ov standard za RC-5 IR protokol	4
Slika 2.4 Modulacija signala	5
Slika 2.5 Blok šema IR predajnika	5
Slika 2.6 a) Klasično upravljačko kolo IR LED diode b) Upravljačko kolo sa emiterfoloverom ..	6
Slika 2.7 Simulacioni prikaz tipičnog upravljačkog kola IR LED diode.....	7
Slika 2.8 Struja IR LED diode u funkciji promene napona napajanja tipičnog upravljačkog kola.	7
Slika 2.9 Simulacioni prikaz upravljačkog kola IR LED diode sa emiterfoloverom	8
Slika 2.10 Struja IR LED diode u funkciji promene napona napajanja upravljačkog kola sa emiterfoloverom.....	9
Slika 2.11 Blok šema IR prijemnika	10
Slika 2.12 IR svetlost emitovana iz fluorescentne lampe	11
Slika 3.1 Karakteristike komponenti IR predajnika i IR prijemnika	12
Slika 3.2 Karakteristike uparenih komponenti na selektivnost a) Ugaona zavisnost promene koeficijenta osetljivosti IR prijemnika. b) Ugaona zavisnost promene koeficijenta emisije IR LED diode.....	13
Slika 3.3 Uticaj udaljenosti na selektivnost upravljanja uređajem.....	14
Slika 3.4 Ilustracija strujne zavisnosti IR LED diode.....	15
Slika 4.1 Prikaz signala IR prijemnika sa odstupanjem vremenskih prelaza.....	16
Slika 4.2 Ispitni signal emitovan sa strane IR predajnika	17
Slika 4.3 Zavisnost promene demodulisanog signala na strani IR prijemnika	17
Slika 4.4 Prikaz dekodovanja signala ekvidistantnim odabiranjem u vremenskom domenu	18

Slika 4.5 Ilustrativni prikaz prozoriranja signala.....	19
Slika 4.6 Blok dijagram klasičnog algoritma za dekodovanje RC-5 protokola	20
Slika 4.7 Blok dijagram novog algoritma za dekodovanje RC-5 protokola	21
Slika 5.1 Šematski prikaz ispitnog okruženja.....	22
Slika 5.2 Grafički prikaz ispitnih rezultata algoritma sa ekvidistantnim prozoriranjem	27

Spisak tabela:

Tabela 1. Ispitni rezultati selektivnosti bez strujnog limitovanja IR LED diode	23
Tabela 2. Ispitni rezultati selektivnosti sa strujnim limitovanjem IR LED diode	24
Tabela 3 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=440\mu s$	25
Tabela 4 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=200\mu s$	26
Tabela 5 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=150\mu s$	26
Tabela 6 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=120\mu s$	27

Skraćenice:

- IR - Infra Red, infra crveni
- RC-5 - Standardni Philips-ov protokol za IR sisteme
- ARP - Automatska Regulacija Pojačanja
- PO - Filtar Propusnik Opsega
- LED - Light Emitig Diode, svetleća dioda
- DC - Direct Current, jednosmernerna struja (napon)
- TTL - Transistor-Transistor Logic, tranzistorsko tranzistorska logika, tehnološka generacija integriranih kola
- CMOS - Complementary Metal-Oksid Semiconductors, Komplementarna metal-
oksid-poluprovodnik logika, tehnološka generacija integriranih kola

Zadatak rada:

Potrebno je projektovati prostorno selektivni IR sistem. Prostorno selektivan sistem podrazumeva da sistem sadrži IR predajnik kao i niz uređaja (IR prijemnika) koji poseduju isti protokol za upravljanje.

Osnovni zahtevi:

- Uređaji (IR prijemni moduli) su prostorno udaljeni jedan od drugog minimalno 1.2m.
- Prilikom upućivanja komande sa IR predajnika, odziv na komandu treba da izvrši samo jedan od uređaja u nizu.

Faze projektovanja:

- Proučavanje problematike prostorno selektivnih IR sistema
- Prilagođavanje fizičke arhitekture IR sistema
- Adaptacija algoritma za dekodovanje
- Verifikacija

Obezbediti adekvatnu ispitnu platformu, osmisliti ispitne modele i prikazati rezultate o postignutoj selektivnosti.

1. Uvod

Većinom tehnički uređaji se upravljaju putem IR (IR, Infra Red) 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 mikroračunarskog sistema koji je dalje povezan na lokalnu mrežu. U inteligentnim kućama postoje uređaji koji se mogu upravljati IR daljinskim upravljačima kao npr. uključivanje i isključivanje kao i povećanje odnosno smanjenje intenziteta svetla, podizanje odnosno spuštanje roletni, itd.

Svaki uređaj, kojim se upravlja pomoću prostorno ne usmerenog IR daljinskog upravljača, poseduje adresu po kojoj se prepoznaje. Zadatak IR daljinskog upravljača je da pomoću IR svetlosti emituje paket, sa odgovarajućim strukturom. Uređaji prepoznaju svoj paket po adresi na osnovu koga izvršavaju komande. To znači da jedan IR daljinski upravljač može upravljati samo određenom grupom uređaja koji su iz iste familije tj. poseduju istu adresu.

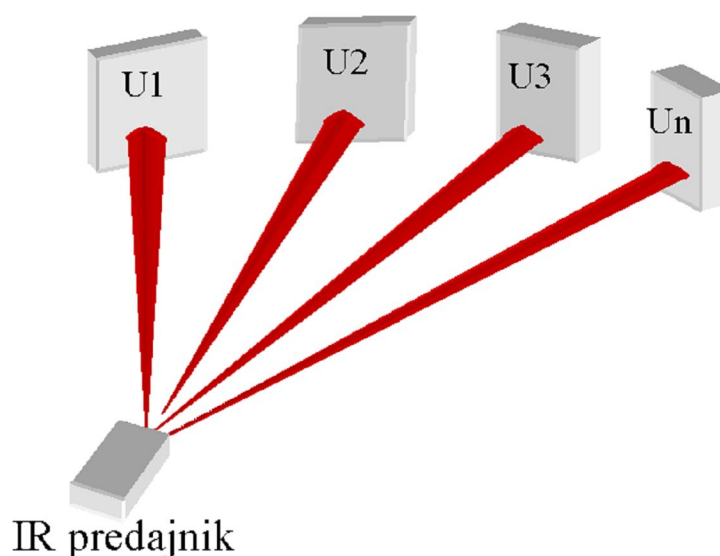
Tipični IR daljinski upravljači su projektovani tako da IR svetlost rasipaju u što širem prostornom uglu da se ne mora brinuti o direktnoj usmerenosti ka uređaju kojim se upravlja. Dakle, ako se u bliskoj okolini nalazi veći broj uređaja iste familije, svi uređaji će odgovarati na komande istom IR daljinskom upravljaču bez obzira na to koji uređaj želimo kontrolisati. Postavlja se pitanje da li je moguće obezbediti da se u ovakvim uslovima ipak postigne prostorna selektivnost upravljanja uređajima. U ovom radu se razmatra mogućnost selektivnog upravljanja niza uređaja iste familije, koji prepoznaju uobičajene komande, pomoću jednog IR daljinskog upravljača.

Rad je organizovan u osam poglavlja. U drugom poglavlju je opisan sistem IR prijemnika, odnosno IR predajnika kao i jedan od IR komunikacionih protokola. U trećem poglavlju su date osnovne karakteristike IR prijemnika, predajnika i njihovo uparivanje u

pojedinin aplikacijama. Četvrto poglavlje govori o uticaju neprecizne usmerenosti IR predajnika prema prijemniku na odstupanje vremenskih intervala poslatog signala. U ovom poglavlju je opisan algoritam dekodovanja IR protokola i njegovo proširenje u cilju postizanja selektivnosti IR daljinskih sistema. U petom poglavlju su prikazani način ispitivanja i rezultati verifikacije novog algoritma. Predložena je nova fizička arhitektura IR predajnika i njegova verifikacija. Šesto poglavlje je zaključak. Sedmo i osmo poglavlje su literatura i dodatak. U dodatku je priložen izvorni C kod u kojem je realizovan novi algoritam za dekodovanje RC-5 protokola.

2. Opis sistema

Sistem sadrži IR predajnik (daljinski upravljač), koji putem IR svetlosti određenim protokolom šalje paket podataka IR prijemniku koji uz pomoć mikrokontrolera dekoduje adresu a zatim komandu kojom se upravlja uređaj. Na Slici 2.1 je prikazan izgled prostorno selektivnog sistema.



Slika 2.1 Ilustrativni prikaz prostorno selektivnog IR sistema

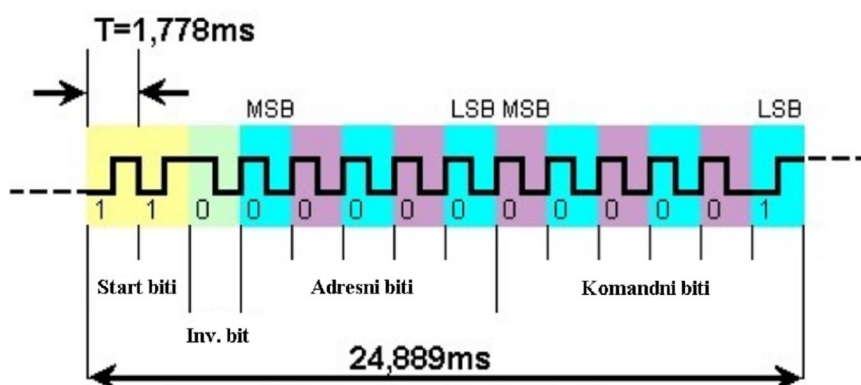
Sa U1-Un su označeni uređaji koji se upravljaju. Blok šema uređaja je prikazana na Slici 2.2. IR prijemni modul prihvata IR svetlost i na osnovu nje rekonstruiše signal. Prispeli signal se dekoduje u bloku kontrolne logike u kome se vrši provera paketa i izdvaja komanda. Na osnovu komande se formiraju upravljački signali koji se prosleđuju uređaju. IR predajnik emituje svetlost u uskom prostornom uglu da bi se postigla prostorna selektivnost. Ovakav sistem treba da obezbedi pojedinačno upravljanje uređajem.



Slika 2.2 Blok šema uređaja koji sadrži IR sistem

2.1 Opis IR protokola

Postoji više tipova protokola za IR komunikaciju od kojih je najzastupljeniji Phillips-ov RC-5 protokol. Na Slici 2.3 je prikazan izgled RC-5 protokola kao i mehanizam kodovanja logičke jedinice “1” odnosno logičke nule “0” pri prenosu.

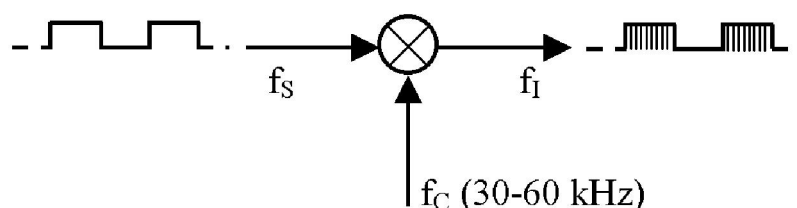


Slika 2.3 Phillips-ov standard za RC-5 IR protokol

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 IR prijemnika a ujedno i oznaku početka paketa. Treći bit je tzv. invertujući bit koji se uvek menja pri ponovnom pritiskanju tastera na IR 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 .

2.2 Opis klasičnog IR predajnika

Glavni element IR predajnika je IR LED dioda čija talasna dužina emitovanja svetlosti iznosi $940\text{nm} \pm 50\text{nm}$. 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 IR LED diode nalazi izvan opsega vidljivog spektra. Signal koji se šalje od IR predajnika ka IR prijemniku je modulisan nosiocem koji je u opsegu od 30kHz do 60kHz u zavisnosti od potreba određenih aplikacija, Slika 2.4.



Slika 2.4 Modulacija signala

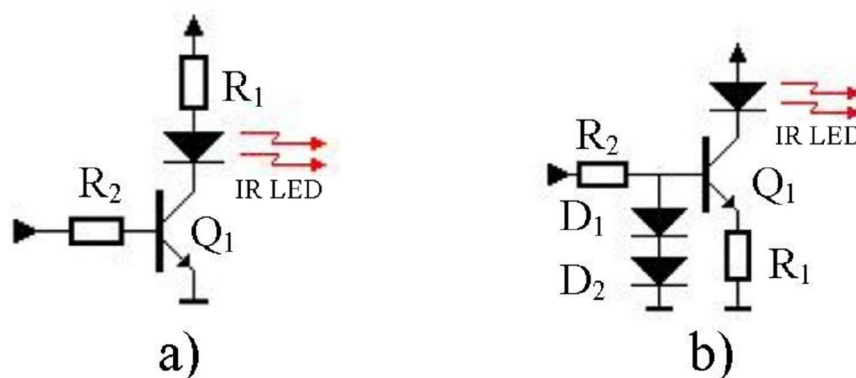
Modulacijom je omogućeno potiskivanje šuma koji nastaje pri prenosu signala, [1]. Blok diagram IR predajnika je prikazan na Slici 2.5.



Slika 2.5 Blok šema IR predajnika

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

Izlazni pobudni sistem sadrži jednostavno tranzistorsko kolo koje upravlja IR LED diodom. Tranzistor je odabran na osnovu odgovarajućeg pojačanja i brzine prekidanja. Tipičan primer upravljačkog kola je prikazan na Slici 2.6 (a).



Slika 2.6 a) Klasično upravljačko kolo IR LED diode b) Upravljačko kolo sa emiterfoloverom

Ovo kolo ima nedostatak u tome što pri opadanju napona baterijskog napajanja opada i struja IR LED diode pa se smanjuje moguća pokrivenost prostora upravljanja uređajem sa povećanjem rastojanja. Tipičan primer su lošije izvedbe daljinskih IR upravljača u kojima je korišćeno baš ovo kolo. Zamenom novog baterijskog napajanja IR LED trpi velike impulsne struje a samim tim se skraćuje njen radni vek kao i radni vek baterije. Pored učestalog menjanja baterijskih ćelija, česta pojava kvara se manifestuje otkazom IR LED diode.

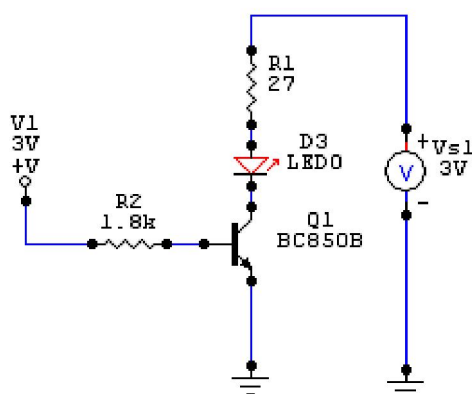
Prednost kola sa slike 2.5 (b) je u tome što je tranzistor Q_1 u spoju emiterfolovera [2] te je znatno imuniji na promene struje pri promeni napona napajanja. Diode D_1 i D_2 zajedno sa otpornikom R_2 služe kao naponski limiter [2] kola baze a ujedno obezbeđuju konstantan pad napona na bazi tranzistora pri njegovom uključenju ($V_B = 2 \cdot V_D = 1.2V$). Napon na spoju baza-emiter tranzistora Q_1 je takođe konstantan čija je tipična vrednost $V_{BE} = 0.6V$. Iz ovog sledi da je napon otpornika V_{R1} uvek konstantan i iznosi $2 \cdot V_D - V_{BE} = 0.6V$ pa je struja, za odabranu vrednost otpornosti R_1 , kroz IR LED diodu konstantna u širokom opsegu odstupanja napona napajanja.

2.2.1 Simulacija tipičnog upravljačkog kola IR LED diode

Simulacija je izvođena u standardnom programskom paketu Spice za simulaciju električnih kola. Cilj simulacije je bio da se pokaže zavisnost struje diode sa promenom napona baterijskog napajanja.

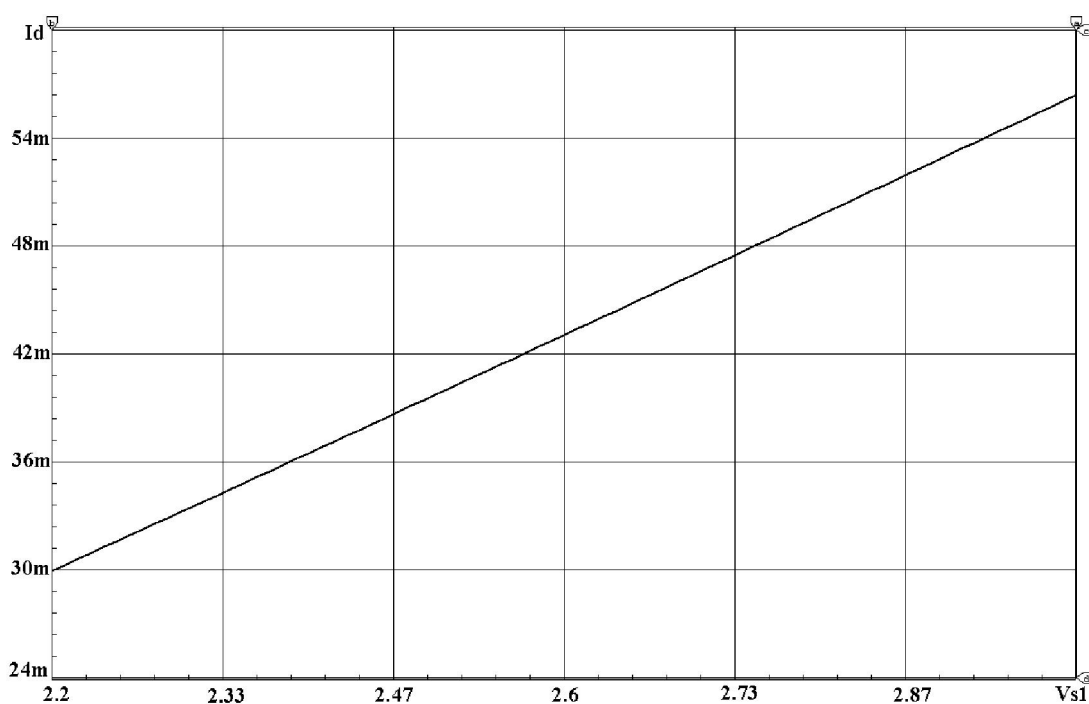
Slika 2.7 predstavlja izgled klasičnog upravljačkog kola IR LED diode. Na bazu tranzistora je doveden konstantan napon $V_1=3V$ kako bi se simuliralo (ustaljeno) uključeno stanje tranzistora. Otpornik R_2 pretstavlja unutrašnju otpornost upravljačkog dela IR predajnika. Otpornik R_1 služi za ograničenje struje diode. Naponski izvor V_{s1} je podešen u simulaciji tako da

daje promenljivi napon u opsegu od 2.2V do 3V u koracima od 10mV kako bi se postiglo približno ponašanje baterijskog napajanja u realnim uslovima rada.



Slika 2.7 Simulacioni prikaz tipičnog upravljačkog kola IR LED diode

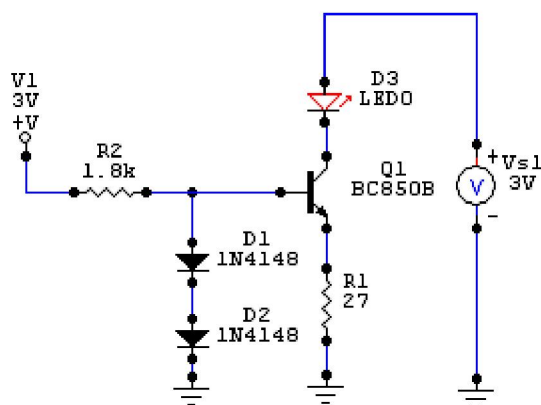
Slika 2.8 predstavlja struju IR LED diode u funkciji promene napona baterijskog napajanja. Na grafiku se se jasno vidi da promena napona napajanja znatno utiče na struju diode a samim tim i na intenzitet emitovane IR svetlosti.



Slika 2.8 Struja IR LED diode u funkciji promene napona napajanja tipičnog upravljačkog kola

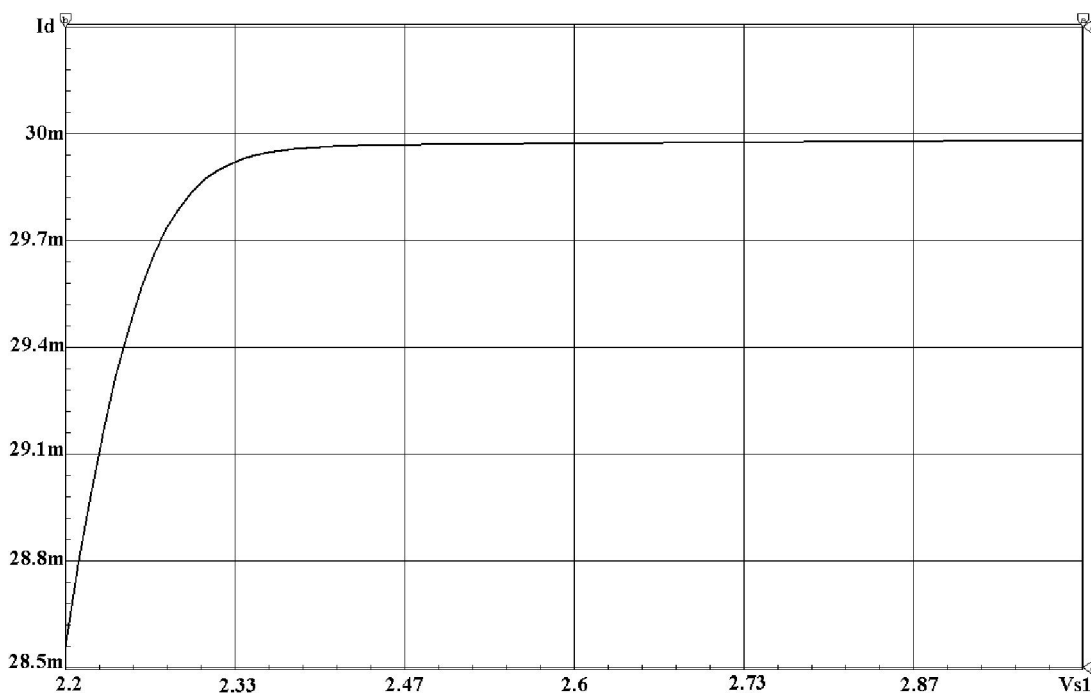
2.2.2 Simulacija upravljačkog kola IR LED diode sa emiterfoloverom

Kao i u odeljku 2.2.1 i ovde je bio cilj simulacije da pokaže zavisnost struje diode sa promenom napona baterijskog napajanja. Na Slici 2.9 je prikazana šema kola sa emiterfoloverom. Diode D_1 i D_2 služe da ograniče napon baze na $2V_D$. Otpornik R_1 je sada u emiteru tranzistora Q_1 što predstavlja jedinu izmenu u kolu. Da bi se dobili validni uporedni rezultati kola sa Slike 2.7 i Slike 2.9, simulacija je izvršena pod istim parametrima izvora V_{S1} , odeljak 2.2.1.



Slika 2.9 Simulacioni prikaz upravljačkog kola IR LED diode sa emiterfoloverom

Slika 2.10 pokazuje zavisnost promene struje IR LED diode u funkciji napona baterijskog napajanja. Na grafiku se može zapaziti da je struja IR LED diode konstantna ($\sim 30\text{mA}$) u širokom opsegu odstupanja napona napajanja. Jačina struje IR LED diode se može prilagođavati jednostavnom promenom vrednosti emitorskog otpora R_1 , Slika 2.9.



Slika 2.10 Struja IR LED diode u funkciji promene napona napajanja upravljačkog kola sa emiterfoloverom

Sa temperaturnog aspekta razmatranja, ovo kolo se ponaša prilično stabilno jer je namenjeno da radi u ambijentalnim uslovima sa malom promenom temperature. Pored temperaturene zavisnosti limiterskog kola, postoji i temperaturna zavisnost PN spoja baza-emiter ($\Delta V_{D1} = \Delta V_{D2} = \Delta V_{BE} = -2.2\text{mV}/^\circ\text{C}$). Dakle, ukupna promena limitovanog napona u kolu baze Q_1 data je izrazom:

$$\begin{aligned}\Delta V_B &= \Delta V_{D1} + \Delta V_{D2} - \Delta V_{BE}; \\ \Delta V_B &= -2.2\text{mV}/^\circ\text{C} - 2.2\text{mV}/^\circ\text{C} + 2.2\text{mV}/^\circ\text{C}; \\ \Delta V_B &= -2.2\text{mV}/^\circ\text{C}.\end{aligned}$$

Ako pretpostavimo da je $\Delta T = \pm 30^\circ\text{C}$ iz toga sledi da je:

$$\begin{aligned}\Delta V_{R1} &= \Delta T \cdot \Delta V_B; \\ \Delta V_{R1} &= \pm 30^\circ\text{C} \cdot (-2.2\text{mV}/^\circ\text{C}); \\ \Delta V_{R1} &= \pm 66\text{mV}/^\circ\text{C}.\end{aligned}$$

Oдавде je promena struje IR LED diode,

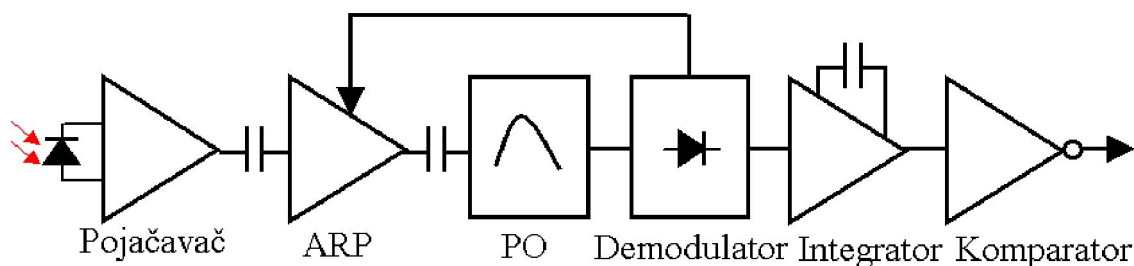
$$\begin{aligned}I_{IRLED} &= \frac{\Delta V_{R1}}{R_1}; \\ I_{IRLED} &= \frac{\pm 66\text{mV}/^\circ\text{C}}{27\Omega} = \pm 2.4\text{mA},\end{aligned}$$

što ne predstavlja značajnu promenu koeficijenta emisije IR svetlosti.

Sa ovim kolom, Slika 2.9, je obezbeđen normalan rad IR LED diode čime je znatno produžen njen radni vek. Impulsne struje su limitovane pa samim tim i radni vek baterije je znatno produžen.

2.3 Opis IR prijemnika

IR prijemnik je integrisani modul koji sadrži više odvojenih blokova. Blok šema IR prijemnika je prikazana na Slici 2.11.



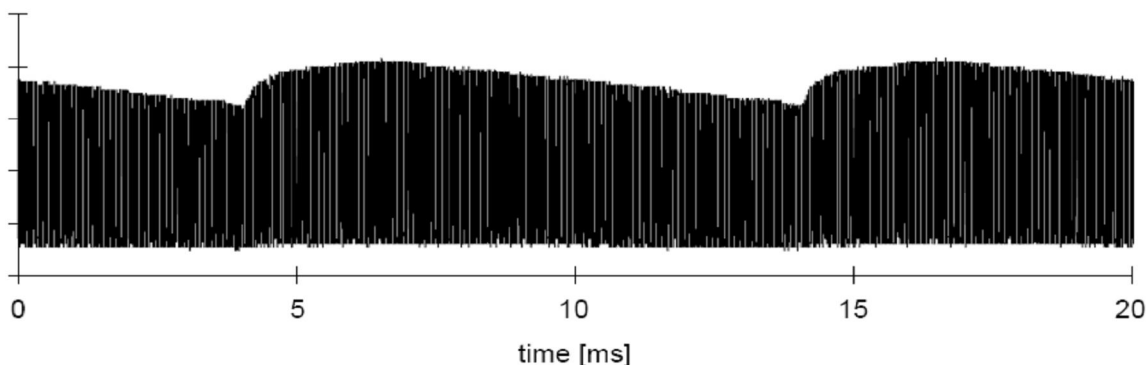
Slika 2.11 Blok šema IR prijemnika

Ulazni deo IR prijemnika je foto-diode koja na sebi poseduje optički filter koji izdvaja IR svetlost i usmerava je na fotoosetljivi deo diode. Dobijeni napon foto-diode je veoma male amplitude (reda μV) pa je iz tog razloga pojačan i odmah nakon toga ograničen. Ograničavač u ovom kolu ima funkciju ARP 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 IR 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 izdvaja nosilac iz spektra signala pomoću kojeg se demodulacijom i integracijom rekonstruiše poslani signal bez nosioca. Komparator prilagođava dobijeni signal prema TTL ili CMOS naponskim nivoima. Izlaz IR prijemnika se spreže na mikrokontroler koji dekoduje signal, proverava ga i upućuje komandu upravljanoj uređaju.

Ovako konstruisan IR prijemnik u mogućnosti je da prepozna i najmanji upadni IR signal sa određenim nosiocem koji je definisan PO filtrom. IR prijemnici se prave u raznim varijantama ulaznog optičkog filtra koji su imuni na dnevnu svetlost kao i uticaje veštačkog svetla npr. fluorescentnih lampi.

Fluorescentne lampe emituju svetlost u obe poluperiode mrežnog napona dok pri prolasku mrežnog napona kroz nulu nastupa kratak prekid emitovanja svetlosti. Pored vidljive svetlosti, fluorescentne lampe emituju i IR svetlost koja je izražena na početku svake poluperiode mrežnog

napona. Posledica ovoga je IR svetlosni šum od 100Hz. Na Slici 2.12 je prikazana IR svetlost koju emituje fluorescentna lampa.

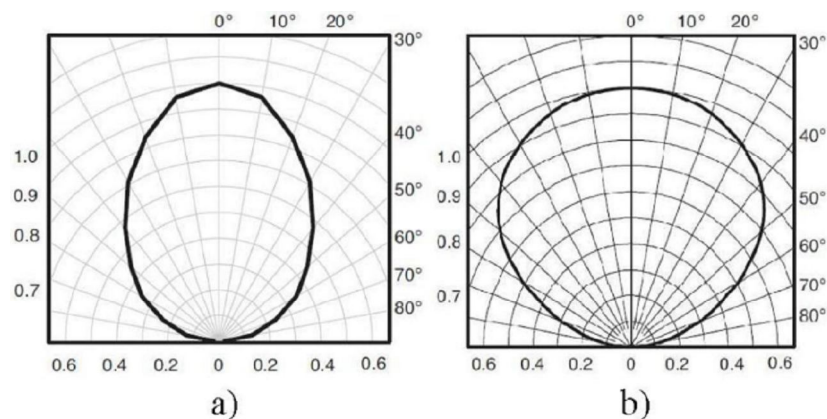


Slika 2.12 IR svetlost emitovana iz fluorescentne lampe

IR prijemni moduli se uglavnom proizvode kao široko pojasni moduli a glavne karakteristike su vezane za prirodu šuma, potrošnju i frekvencijski opseg u kojem rade. U zavisnosti od aplikacije u kojoj se primenjuje, moguće je odabrati modul sa odgovarajućim karakteristikama. U tehničkoj dokumentaciji za IR prijemnik TSOP2236 [4] je eksplicitno naglašeno da poseduje blok koji filtrira smetnje prouzrokovane na gore opisan način. Prostorija u kojoj su se vršila ispitivanja je osvetljena sa fluorescentnim lampama pa iz tog razloga je odabran TSOP2236 koji je namenjen da radi u ovakvim uslovima.

3. Karakteristike IR LED dioda i IR prijemnika u pogledu prostorne oblasti rada i njihova uparenost

IR predajnici, odnosno prijemnici se karakterišu po prostornom uglu oblasti rada. Za IR predajnike se definiše ugaona zavisnost promene koeficijenta emisije, dok kod IR prijemnika se definiše ugaona promena koeficijenta osetljivosti IR svetlosti. U većini aplikacija vezanih za IR komunikaciju sa uređajima, glavni akcenat je stavljen na maksimalno rastojanje od uređaja pri njegovom upravljanu. Klasičan primer je upravljanje TV uređajima kod kojih rastojanje dostiže i preko 15m bez obzira na to da li je IR predajnik usmeren direktno prema uređaju ili ne. Ovo se postiže izborom prostorno ne usmerenih karakteristika komponenti IR predajnika odnosno prijemnika, Slika 3.1.



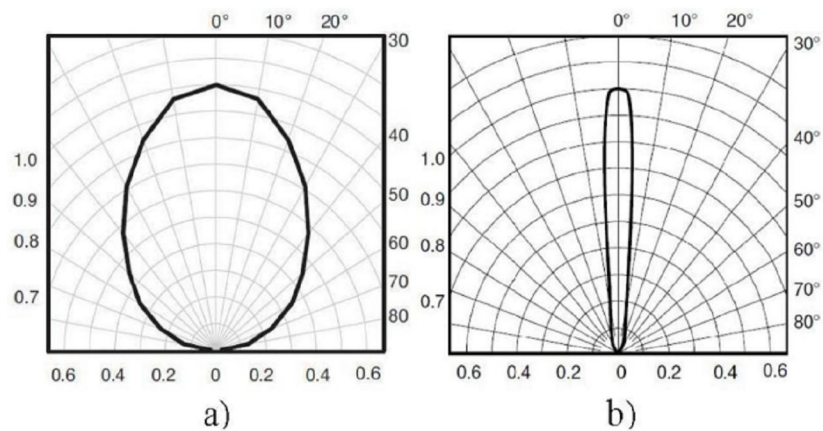
Slika 3.1 Karakteristike komponenti IR predajnika i IR prijemnika
 a) Ugaona zavisnost promene koeficijenta osetljivosti IR prijemnika. b) Ugaona zavisnost promene koeficijenta emisije IR LED diode.

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 uređajem. Slika 3.1 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 IR protokolom.

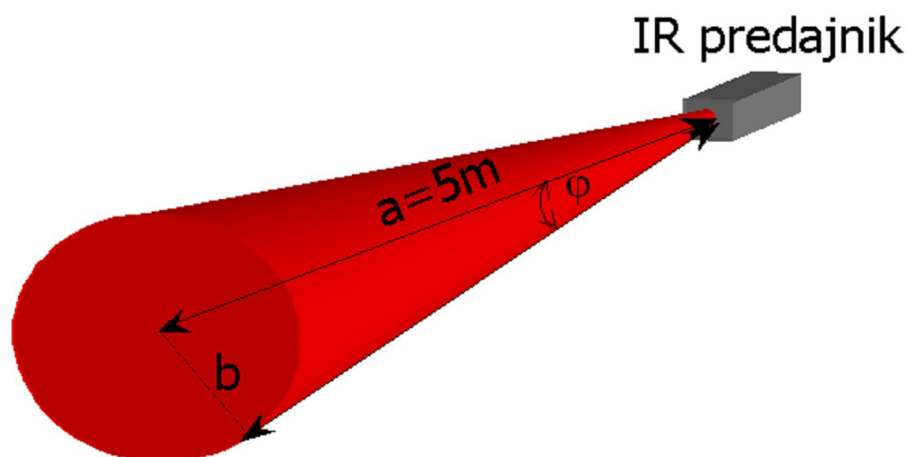
3.1 Postizanje selektivnosti upravljanja uparivanjem komponenti IR prijemnika i IR predajnika

Pravilnim izborom komponenti IR prijemnika, odnosno predajnika, može se postići selektivnost grupe uređaja kojima se upravlja, Slika 3.2. IR LED dioda je usmerena pa na osnovu toga može da se postigne prostorna selektivnost upravljanja uređajima koji imaju istu adresu.



Slika 3.2 Karakteristike uparenih komponenti na selektivnost a) Ugaona zavisnost promene koeficijenta osetljivosti IR prijemnika. b) Ugaona zavisnost promene koeficijenta emisije IR LED diode.

Sa Slike 3.2 se vidi da je za postizanje selektivnosti potrebno odabrati IR LED diodu sa malim prostornim uglom oblasti rada kako bi se postigla selektivnost. Prostorni ugao poluosetljivosti IR prijemnika je $\pm 50^\circ$ [4], tj. odabran je IR prijemnik sa širokim prostronim uglom oblasti rada što ukazuje na mogućnost upravljanja uređajima iz svih pravaca a selektivnost je postignuta uskopojasnom IR LED diodom čiji je ugao poluemisije $\pm 2.5^\circ$ [5]. Na Slici 3.3 je prikazana zavisnost selektivnosti sa povećanjem udaljenosti.



Slika 3.3 Uticaj udaljenosti na selektivnost upravljanja uređajem

Neka je udaljenost uređaja koji se upravlja $a = 5\text{m}$. Ako uskopojasna dioda emituje svetlost “konusnog oblika” sa uglom $\varphi = \pm 2.5^\circ$ tada važi da je:

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{b}{a};$$

$$b = a \cdot \operatorname{tg}(\varphi);$$

$$b = 5\text{m} \cdot \operatorname{tg}(2.5^\circ);$$

$$b = 0.22\text{m}.$$

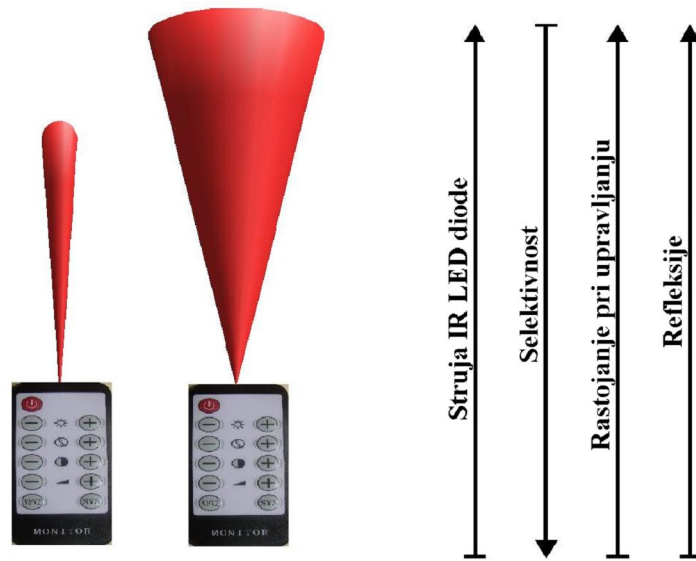
Iz ovoga se vidi da je na udaljenosti od 5m moguće postići selektivnost $2 \cdot b = 2 \cdot 0.22\text{m} = 0.44\text{m}$. Sa povećanjem rastojanja selektivnost opada sa linearnom zavisnošću od udaljenosti a .

3.2 Uticaj jačine struje na ugaonu zavisnost koeficijenta emisije IR LED diode

IR LED diode su dimenzionisane da izdrže kratkotrajne impulsne struje i do nekoliko stotina mA da bi se obezbedila što bolja emisija svetlosti. Tipični IR sistemi koji ne zahtevaju selektivnost koriste širokopojasne IR LED diode, Slika 3.1 b). Kao upravljačko kolo diode je odabrana najjeftinija izvedba kola koja nema strujno ograničenje. Impulsne struje su maksimalne moguće i određene prelaznim otporom diode kao i unutrašnjm otporom baterijskog napajanja. U ovakvim strujnim uslovima IR LED dioda emituje svetlost sa najvećim koeficijentom emisije što i jeste cilj u ovakvim sistemima.

Da bi se postigla selektivnost, korišćena je IR LED dioda sa prostorno usmerenom karakteristikom emisije svetlosti, SFH4550, Slika 3.2 b). Dioda sa prostorno usmerenom karakteristikom pokazuju strujnu zavisnost od prostorne pokrivenosti emitovanja svetlosti. To znači da sa porastom struje upravljanja raste i prostorna oblast emitovanja svetlosti što nije eksplicitno naglašeno u tehničkoj dokumentaciji ovih dioda.

Glavni razlog strujne zavisnosti ovih dioda je nesavršenost sočiva kroz koju svetlost prolazi. Kućište diode, kao i njeno sočivo se izrađuje od providne plastike koja je glavni uzrok rasipanja svetlosti. Strujna zavisnost IR LED diode je ilustrativno prikazana na Slici 3.4.

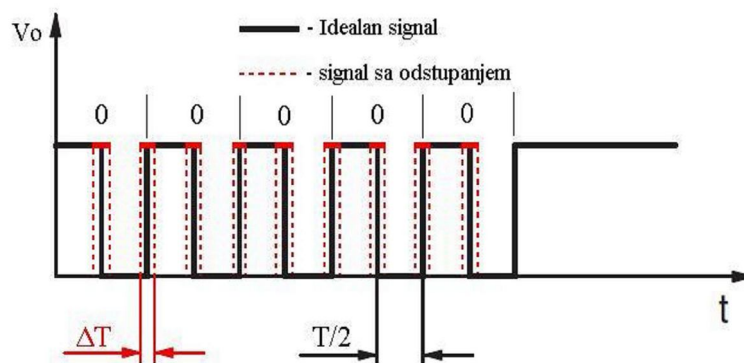


Slika 3.4 Ilustracija strujne zavisnosti IR LED diode

Povećanjem struje IR LED diode, povećava se i koeficijent emisije svetlosti što izaziva refleksije (mana), ali ujedno se povećava i rastojanje pri upravljanju uređajima. U petom poglavlju je prikazana verifikacija selektivnosti usmerene diode SFH4550 [5] sa i bez strujnog ograničenja.

4. Uticaj neprecizne usmerenosti IR predajnika prema prijemniku na odstupanje vremenskih intervala u bifaznom ciklusu RC-5 protokola

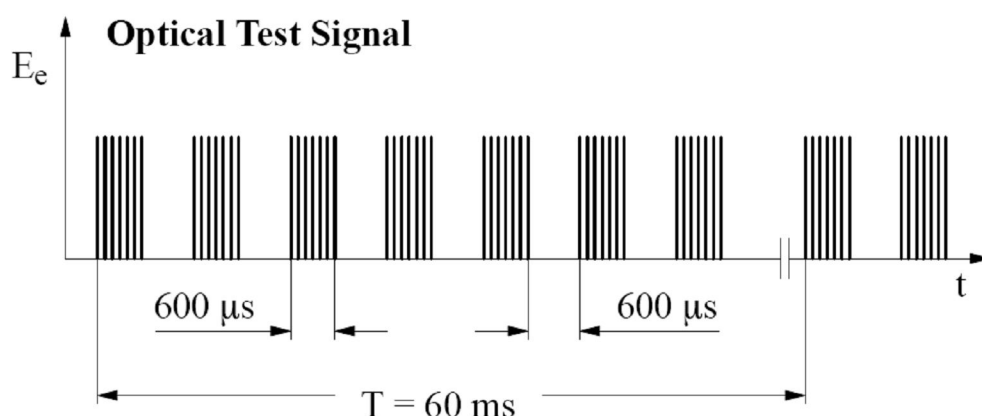
Uprkos tome što je IR predajnik usmeren, zbog uticaja refleksije dolazi do neželjenog pobuđivanja susednih uređaja. Ovo je posledica reakcije ARP bloka u IR prijemnom modulu koji prilagođava i najslabiji (reflektovan) dolazni signal sa predajne strane. Izgled idealnog dolaznog signala sa direktno usmerenim IR predajnikom prema IR prijemniku je dat na Slici 2.3. Na Slici 4.1 je prikazan izgled signala neprecizne usmerenosti IR predajnika prema IR prijemniku kao i oblik signala u idealnom slučaju.



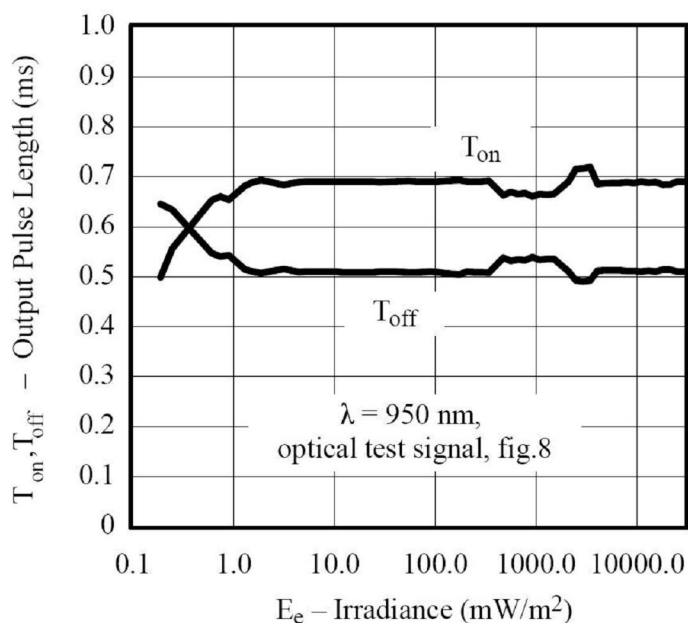
Slika 4.1 Prikaz signala IR prijmnika sa odstupanjem vremenskih prelaza

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 ("najbrža" promena signala), što iznosi polovinu jednog bifaznog ciklusa. Sa ΔT je obeležen interval koji predstavlja opseg mogućih odstupanja prelaza signala na strani IR prijemnika.

U tehničkoj dokumentaciji IR prijemnika TSOP1738 [4] je eksplicitno navedena zavisnost odstupanja trajanja prelaznih nivoa upadnog signala od jačine emisije IR svetlosti. To je iz razloga što signal propagira kroz niz blokova IR prijemnika. Signali veće amplitude brže propagiraju kroz ceo sistem tako da je njihovo trajanje neznatno izmenjeno, dok kod signala male amplitude ovaj uticaj dolazi do izražaja. Na Slici 4.2 je prikazan ispitni signal sa kojim se pobudjivao IR prijemnik. IR signal je periode $T = 600 \mu s$ koji je modulisan odgovarajućim nosiocem. Na Slici 4.3 je grafički predstavljena zavisnost promene demodulisanog signala na strani IR prijemnika.



Slika 4.2 Ispitni signal emitovan sa strane IR predajnika



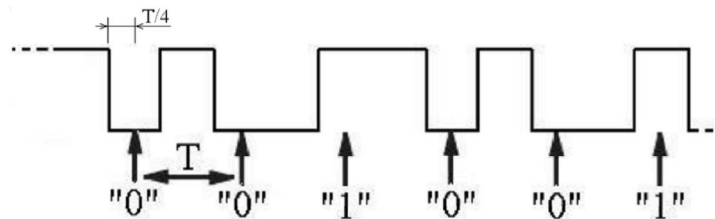
Slika 4.3 Zavisnost promene demodulisanog signala na strani IR prijemnika

Na osnovu prostorne osetljivosti IR prijemnika, Slika 3.1 a), odnosno zavisnosti trajanja dolaznog signala od intenziteta emisije svetlosti, Slika 4.3, moguće je razlučiti prirodu svetlosnog signala koji je poslat ka IR prijemniku. Drugim rečima, na osnovu praćenja

razdešenosti ivica prispelog signala moguće je prepoznati da li je upadni signal reflektovan (lažan) ili ne.

4.1 Klasičan 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 Slici 4.4.



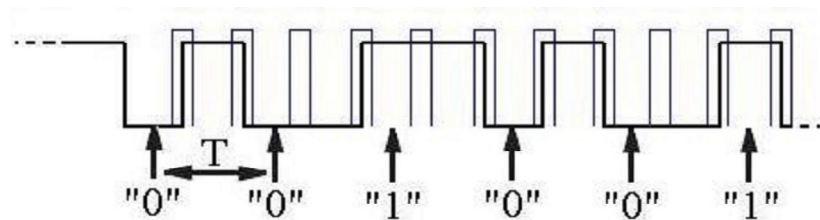
Slika 4.4 Prikaz dekodovanja signala ekvidistantnim odabiranjem u vremenskom domenu

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 što je prednost u aplikacijama koje ne zahtevaju prostornu selektivnost upravljanja uređaja. Bez obzira na pravilnu uparenost komponenti IR sistema, koji se odnosi na selektivnost upravljanja uređajima, sa ovakvim algoritmom dekodovanja sistem bi se ponašao selektivno samo u izuzetnim slučajima gde je refleksija IR svetlosti minimalna.

4.2 Novi algoritam za dekodovanje RC-5 protokola

Da bi IR 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, Slika 4.5.



Slika 4.5 Ilustrativni prikaz prozoriranja signala

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

4.3 Blok dijagrami algoritama za dekodovanje RC-5 protokola

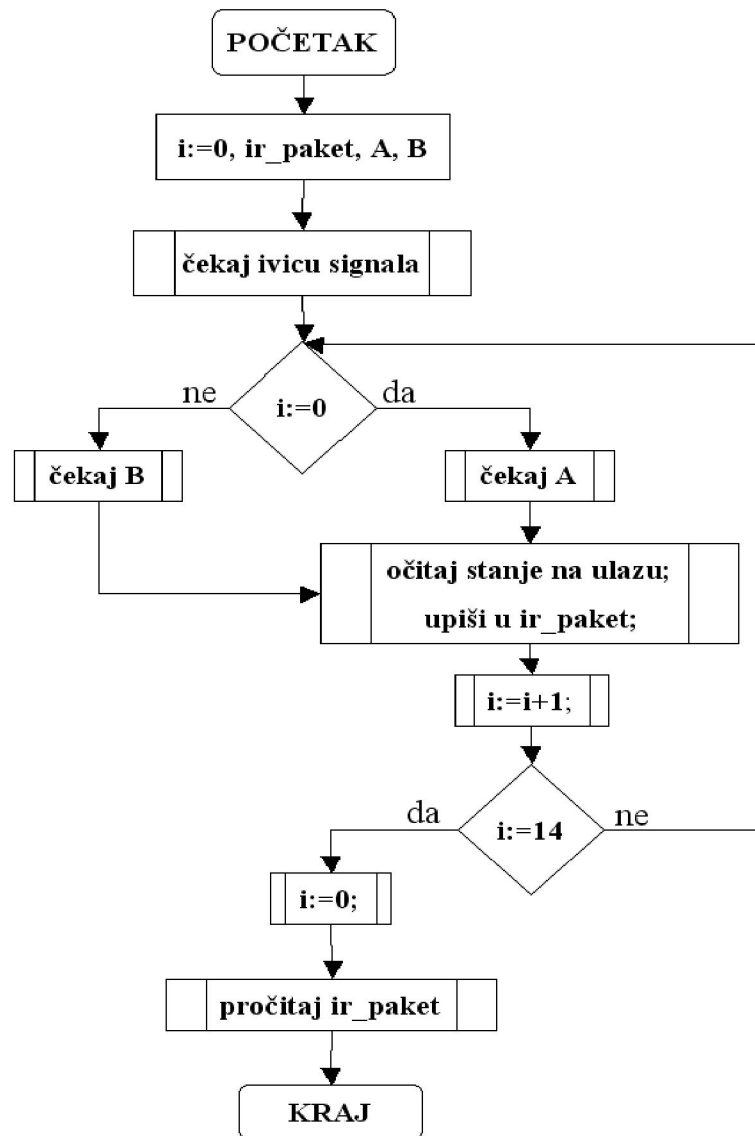
Na Slici 4.6 je prikazan blok dijagram klasičnog algoritma za dekodovanje RC-5 protokola. Izdvajanje i provera primljenog paketa je podržana od strane višeg programskog nivoa. Dakle, izlaz iz algoritma je `ir_paket` koji sadrži sve elemente RC-5 protokola (start biti, invertujući biti, biti adrese i komandni biti).

Ulazni parametri su:

`i` – brojač bita;

`ir_paket` – promenljiva u kojoj se po izvršenju algoritma nalazi dekodovana sekvenca;

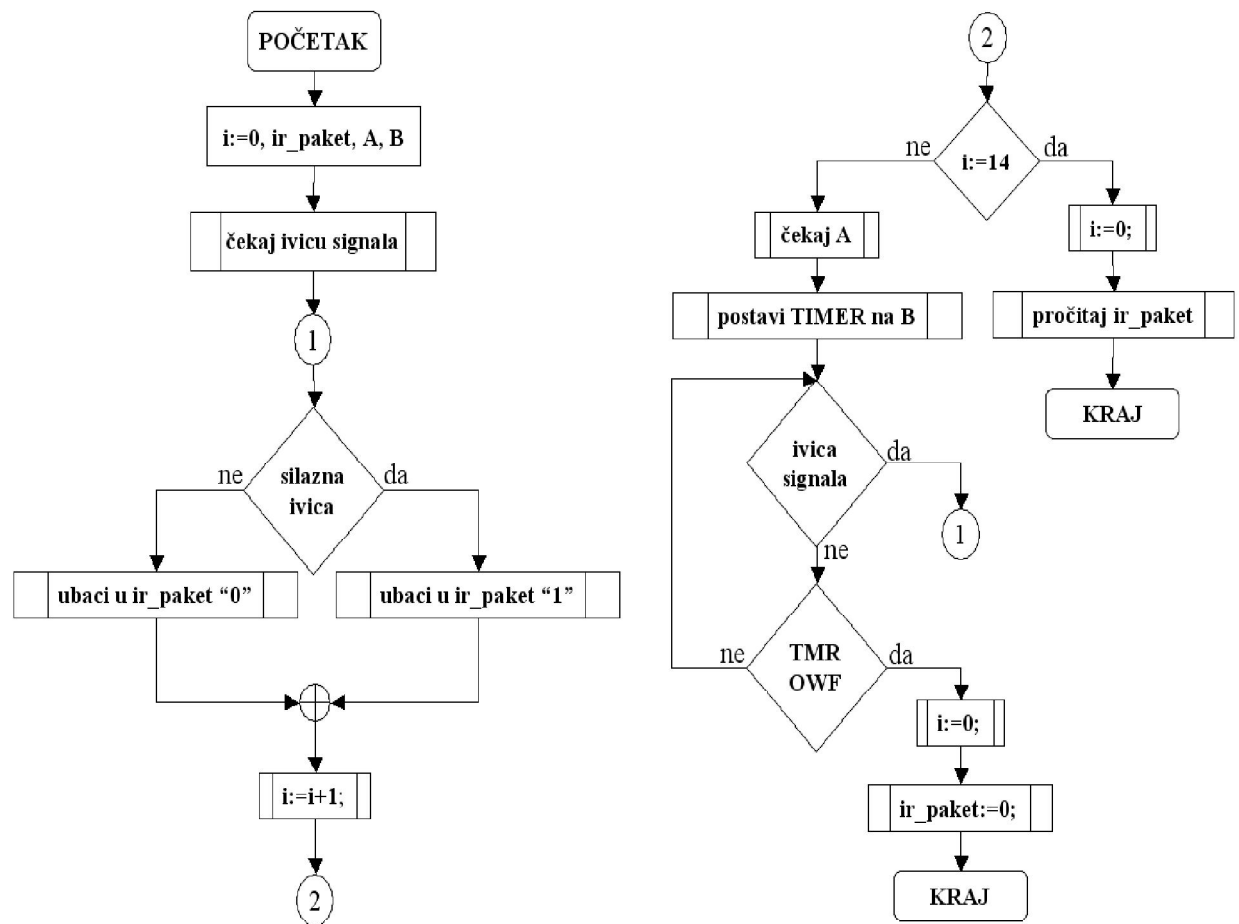
`A, B` – konstante koje predstavljaju vreme čekanja u μs ($A=444\mu s$, $B=889\mu s$).



Slika 4.6 Blok dijagram klasičnog algoritma za dekodovanje RC-5 protokola

Ovo je klasični RC-5 algoritam koji se zasniva na ekvidistantnom dekodovanju bita. Konstanta A predstavlja sinhronizaciono kašnjenje nakon koga se na svakih 889 μ s (konstanta B) dobija informacija o narednom dekodovanom bitu.

Na Slici 4.7 je prikazan blok dijagram novog algoritma sa ekvidistantnom prozoriranjem. Konstanta B predstavlja vremensku širinu prozora u kojoj sme da se desi ivica signala. Konstanta A predstavlja vreme posle kojeg se aktivira “prozor” trajanja B. Podešavanjem parametra B moguće je postići odgovarajuću selektivnost.

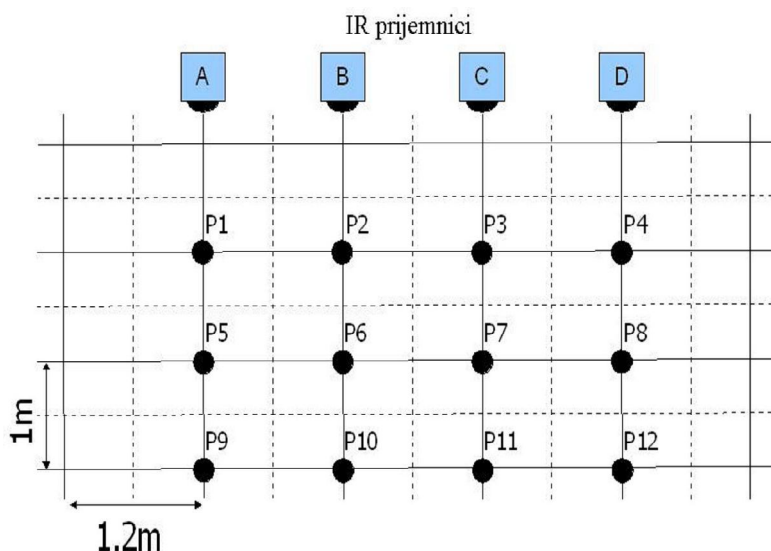


Slika 4.7 Blok dijagram novog algoritma za dekodovanje RC-5 protokola

Realizacija algoritma sa ekvidistantnim prozoriranjem je urađena u programskom paketu MPLAB [6], koji podržava C prvodioce za mikrokontrolere. Program je pisan za mikrokontroler PIC16F716 [7], sa kojim su rađena ispitivanja. Izgled izvornog koda je dat u dodatku.

5. Verifikacija i rezultati

Da bi se dobili uporedni rezultati, realizovana je ispitna oprema koja pored IR predajnika sa usmerenom IR LED diodom, sadrži četiri IR prijemnika (A,B,C,D) koji su spregnuti sa mikrokontrolerima i signalizacionim LED diodama. Mikrokontroler je programiran tako da dekoduje RC-5 protokol koji se emituje sa IR predajnika koji je takođe RC-5 kompatibilan. 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 ispitnih tačaka i pozicije IR prijemnika prikazan na Slici 5.1.



Slika 5.1 Šematski prikaz ispitnog okruženja

Testovi su se izvodili tako što je sa unapred definisanih ispitnih tačaka (P1-P12) usmeravan IR predajnik direktno prema svakom IR prijemniku pa na osnovu signalizacionih LED dioda beležen broj pravilno dekodovanih paketa.

5.1 Verifikacija selektivnosti diode SFH4550 sa i bez strujnog limitovanja

Na osnovu izloženog ispitnog modela, izvedena su uporedna ispitivanja selektivnosti diode SFH4550 [5] sa i bez strujnog ograničenja. Prilikom izvođenja testova sa strujnim limitovanjem diode, upravljačko kolo IR predajnika je modifikovano i prikazano je na Slici 2.4 u poglavlju 2.2. Rezultati ispitivanja su prikazani tabelarno. IR prijemnici su obeleženi sa A, B, C i D pa na osnovu toga, u svaku kolonu tabele beležen je jedan ili više pobuđenih prijemnika. Rezultati ispitivanja su prikazani u Tabelama 1-2.

Ispitne tačke	IR prijemnici			
	A	B	C	D
P1	ABC	ABCD	ABCD	BCD
P2	ABC	ABC	BCD	BCD
P3	ABCD	ABCD	BCD	ABCD
P4	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P5	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P6	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P7	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P8	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P9	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P10	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P11	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P12	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD

Tabela 1. Ispitni rezultati selektivnosti bez strujnog limitovanja IR LED diode

	IR prijemnici			
Ispitne tačke	A	B	C	D
P1	AB	ABC	BCD	CD
P2	AB	ABC	BCD	CD
P3	AB	ABC	BCD	CD
P4	ABC	ABC	BCD	BCD
P5	ABC	ABC	BCD	BCD
P6	ABC	ABC	BCD	BCD
P7	ABC	ABC	BCD	BCD
P8	ABC	ABCD	ABCD	BCD
P9	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P10	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P11	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P12	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD

Tabela 2. Ispitni rezultati selektivnosti sa strujnim limitovanjem IR LED diode

Tabela 1. pokazuje da selektivnost nije postignuta tj. da je iz svake ispitne tačke pobuđeno više od jednog IR prijemnika. Ovim ispitivanjem je dokazano da usled nesavršenosti sočiva LED diode, raspršivanje svetlosti je značajno kad su u pitanju velike struje upravljanja diodom.

Tabela 2. pokazuje da pored ograničenja struje diode, usled refleksije IR svetlosti, IR prijemnici detektuju i najslabije reflektovane signale. Samo u neposrednoj blizini IR prijemnika se primećuje tendencija ka selektivnosti (Tabela 2. ispitne tačke P1-P3). To je iz razloga što karakteristika IR prijemnika ima tendenciju opadanja koeficijenta osetljivosti ka perifernim uglovima Slika 3.1 b).

5.2 Verifikacija algoritma sa ekvidistantnim prozoriranjem

Da bi se verifikovao algoritam, iskorišćena je već realizovana ispitna platforma koja je prikazana na Slici 5.1.

Upravljačko kolo IR predajnika je modifikovano tako što je implementirano kolo sa emiterfoloverom i strujnim limitovanjem. Da bi rezultati ispitivanja bili validni, korišćena je ista IR LED dioda, SFH4550, kao i u gore navedenim ispitivanjima.

Širina prozora novog algoritma je parametar koji je menjan jer direktno utiče na selektivnost pri upravljanju. Izvršene su 4 promene parametra trajanja prozora pa iz toga su

izvedena ispitivanja za svaki posebno. Generisane su četiri tabele, na isti način kao što je to urađeno u poglavlju 3.3, pa na osnovu dobijenih podataka prikazani su i grafički rezultati.

Da bi se rezultati prikazali grafički uvedena je metoda ocenjivanja selektivnosti za svako polje tabele. Slovnne oznake u poljima tabele, A, AB, ABC i ABCD su zamenjene procentima 100%, 66.6%, 33.3%, 0% respektivno. Dakle, polje u kom se nalazi ABCD označava da su se pobudili svi IR prijemnici pa samim tim i selektivnost je najmanja (0%). Polje u kom se nalazi ABC ili bilo koja kombinacija tri prijemnika, označava 33.3% selektivnosti. Kombinacija dva pobuđena prijemnika odgovara selektivnosti od 66.6% a jedan pobuđen prijemnik označava selektivnost od 100%. Na osnovu izvršenih numeričkih zamena izvršeno je usrednjavanje za svaku tabelu. Sumirane su sve procentualne vrednosti polja tabele i deljene sa ukupnim brojem polja (48). Ovim postupkom je dobijena realna procentualna vrednost o postignutoj prostornoj selektivnosti. U Tabelama 3-6 su prikazani rezultati ispitivanja novog algoritma sa ekvidistantnim prozoriranjem.

Ispitne tačke	IR prijemnici			
	A	B	C	D
P1	AB	ABC	BCD	CD
P2	AB	ABC	BCD	CD
P3	AB	ABC	BCD	CD
P4	ABC	ABC	BCD	BCD
P5	ABC	ABC	BCD	BCD
P6	ABC	ABC	BCD	BCD
P7	ABC	ABC	BCD	BCD
P8	ABC	ABCD	ABCD	BCD
P9	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P10	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P11	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
P12	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD

Tabela 3 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=440\mu s$

	IR prijemnici			
Ispitne tačke	A	B	C	D
P1	AB	ABC	BCD	CD
P2	AB	ABC	BCD	CD
P3	AB	ABC	BCD	CD
P4	ABC	ABC	BCD	BCD
P5	ABC	ABC	BCD	BCD
P6	ABC	ABC	BCD	BCD
P7	ABC	ABC	BCD	BCD
P8	ABC	ABC	BCD	BCD
P9	ABC	ABC	BCD	BCD
P10	ABC	ABC	BCD	BCD
P11	ABC	ABC	BCD	BCD
P12	ABC	ABC	BCD	BCD

Tabela 4 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=200\mu s$

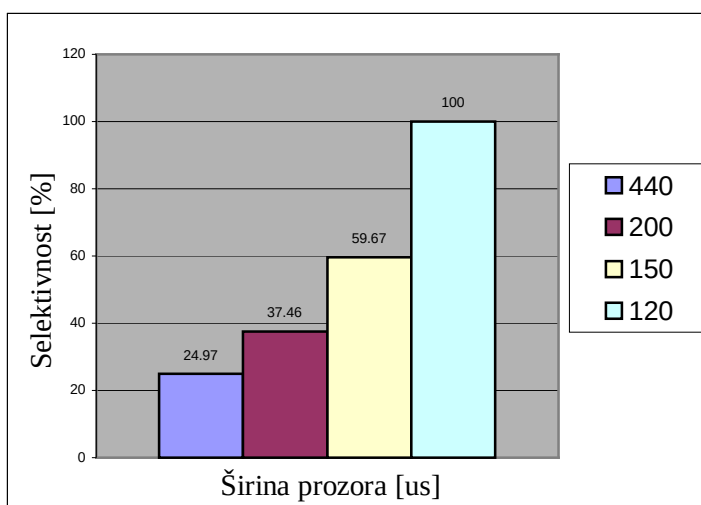
	IR prijemnici			
Ispitne tačke	A	B	C	D
P1	A	B	BC	CD
P2	A	B	CD	CD
P3	AB	AB	C	D
P4	AB	AB	C	D
P5	AB	AB	CD	CD
P6	AB	ABC	CD	CD
P7	AB	AB	BCD	CD
P8	AB	BC	BC	CD
P9	ABC	ABC	BCD	BCD
P10	ABC	ABC	BCD	BCD
P11	ABC	ABC	BCD	BCD
P12	ABC	ABC	BCD	BCD

Tabela 5 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=150\mu s$

	IR prijemnici			
Ispitne tačke	A	B	C	D
P1	A	B	C	D
P2	A	B	C	D
P3	A	B	C	D
P4	A	B	C	D
P5	A	B	C	D
P6	A	B	C	D
P7	A	B	C	D
P8	A	B	C	D
P9	A	B	C	D
P10	A	B	C	D
P11	A	B	C	D
P12	A	B	C	D

Tabela 6 Ispitni rezultati selektivnosti za vrednost parametra širine prozora $T=120\mu s$

Na osnovu rezultata Tabele 3 se vidi da algoritam, sa parametrom prozoriranja $T=440\mu s$, ne raspoznaje reflektovane signale odnosno, rezultati Tabele 3 i Tabele 2 su slični. Nakon redukovanja parametra prozoriranja na $T=200\mu s$, primećuje se uticaj selektivnosti, Tabela 4. Već na $T=150\mu s$ se vidi značajna selektivnost, Tabela 5, dok za vrednost parametra $T=120\mu s$ selektivnost je postignuta u potpunosti, Tabela 6. Grafički prikaz ispitnih rezultata je prikazan na Slici 5.1.



Slika 5.2 Grafički prikaz ispitnih rezultata algoritma sa ekvidistantnim prozoriranjem

6. Zaključak

Zadatak diplomskog rada je bio da se prikažu posledice refleksije IR sistema, nova fizička arhitektura IR predajnika i jedan mehanizam poboljšanja algoritma za dekodovanje RC-5 protokola sa glavnim akcentom na postizanje selektivnosti. Korišćenjem novog algoritma dekodovanja i uparenih komponenti, IR prijemnika odnosno predajnika, moguće je projektovati selektivni IR komunikacioni sistem.

Ispitivanja pokazuju da usmerene IR LED diode ne pokazuju osobine usmerenosti emitovanja IR svetlosti ako ne postoji adekvatno električno kolo (upravljačko kolo IR LED diode) koje obezbeđuje strujno ograničenje. Unapređenjem upravljačkog kola IR LED diode postignuta je znatno manja potrošnja pa samim tim produžen vek trajanja baterijskog napajanja a ujedno verovatnoća otkaza IR LED je svedena na minimum. Daljim razmatranjem i ispitivanjima se utvrdilo da je moguće napraviti prostorno selektivan sistem uvođenjem novog algoritma dekodovanja RC-5 protokola.

Korak dalje bi bio uvođenje univerzalnosti prostorno selektivnih IR sistema. Novi algoritam dekodovanja bi mogao da se iskoristi kao osnova koja se može modifikovati za sve tipove protokola koji se koriste za IR sisteme.

Selektivnost je postignuta na 5m udaljenosti od grupe uređja koji su prostorno raspoređeni na svakih 1.2m. Ovo ujedno predstavlja i ograničenje ovog sistema ako ga upoređujemo sa klasičnim, ne selektivnim IR sistemima, koji dostižu čak do 15m udaljenosti pri upravljanju uređajima. Udaljenost pri upravljanju, kod prostorno selektivnih sistema, se povećava sa povećanjem rastojanja između uređaja kojima se upravlja.

Prostorno selektivni IR sistemi bi se mogli upotrebiti u uslovima gde se teži izbegavanju velikog broja IR predajnika (za svaki uređaj poseban IR predajnik). Tipičan primer su *Smart House* u kojima bi se svi uređaji mogli upravljati sa jednim IR predajnikom.

7. Literatura

- [1] G. Lukatela, D. Drajić, G. Petrović, *Digitalnetelekomunikacije*, Građevinska knjiga, Beograd 1984.
- [2] S. Tešić, D. Vasiljević: “*Osnovi elektronike*”, Nauka Beograd, 2000.
- [3] B. Reljin, *Teorija elektricnih 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] SFH4550, *Infrared Emitting Diode*, 950 nm, GaAs, Datasheet.pdf Opto Semiconductors www.osram-os.com 29. Mart 2007.
- [6] MPLAB *Microchip software tool for PIC microcontrollers*
- [7] PIC16F716, *microcontroller*, Datasheet.pdf, Microchip www.microchip.com

8. Dodatak

U dodatku je prikazan izvorni C kod u kom je realizovan novi algoritam dekodovanja RC-5 protokola.

```
#define HIGH2 0xEC
#define LOW2 0x2D // gornji i donji biti registra TIMER1 -
                  // konstanta A
#define HIGH1 0xFD
#define LOW1 0x90 // gornji i donji biti registra TIMER1 -
                  //konstanta B
unsigned int bafer; // promenljiva u kojoj se po izvršenju
                  //algoritma nalazi dekodovana
                  // sekvenca

static volatile unsigned char control @ 0x20; // bit adr. zona
static volatile bit staroStanje @ ((unsigned)&control*8)+7;
static volatile bit novoStanje @ ((unsigned)&control*8)+6;
static volatile bit interapt @ ((unsigned)&control*8)+5;
static volatile bit maskInt @ ((unsigned)&control*8)+4;

unsigned int dekode(void) // dekode funkcija, vraća sekvencu dekodovanja
{
    if(bafer) bafer=bafer<<1; //umetanje "0" u bafer
    if(staroStanje&&(!novoStanje))
    {
        bafer|=0x0001; //umetanje "1" u bafer
    }
    if((bafer&0x3000)==0x3000)
    {
        return(bafer); //na osnovu start bita funkcija dekode vraća sekvencu
```

```
    }
return(0);
}

void initRC(void) //inicijalizacija
{
    GIE=1;
    PEIE=1;
    TMR1IE=1;
    TRISA=0xFF;
    TRISB=0x00;
    T1CON=0x00;
    TMR1IF=0;    // Postavljanje overflow flega na 0
    TMR1ON=0;    // Iskljucen Timer1
    RB4=1;       //Isključena signalizaciona LED
    staroStanje=RA4; // Na RA4 je priključen IR prijemni modul
                  // TSOP2236
    novoStanje=RA4;
    interapt=0;
    maskInt=0;
}

void interrupt tajmer1(void) //interrupt rutina TIMER1
{
    if(maskInt&&TMR1IF)
    {
        TMR1ON=0;
        TMR1IF=0;
        TMR1H=HIGH1;
        TMR1L=LOW1;
        TMR1ON=1;
        maskInt=0;
        staroStanje=RA4;
        novoStanje=staroStanje;
    }
    if(!maskInt&&TMR1IF)
    {
        TMR1ON=0;
        TMR1IF=0;
        staroStanje=RA4;
        novoStanje=staroStanje;
        bafer=0;
    }
}
```

```
}
__CONFIG(0x3F3A);
void main(void)
{
    initRC();
    while(1)
    {
        if(interapt)
        {
            interapt=0;
            if((dekoder())&0x003F)==0x0010) RB4^=1;//LED ON ako
                                                //je pritisnut taster "+"
        }
        while(!maskInt)
        {
            if(novoStanje!=RA4)
            {
                maskInt=1;
                TMR1ON=0;
                TMR1IF=0;
                TMR1H=HIGH2;
                TMR1L=LOW2;
                TMR1ON=1;
                interapt=1;
                novoStanje=RA4;
            }
        }
    }
}
```