



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



Лазар Вукасовић

ЈЕДНО РЕШЕЊЕ СИГНАЛИЗАЦИОНОГ БЕЖИЧНОГ МРЕЖНОГ УРЕЂАЈА

ДИПЛОМСКИ РАД
- Основне академске студије -

Нови Сад, 2016



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска документација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Завршни (Bachelor) рад
Аутор, АУ:	Лазар Вукасовић
Ментор, МН:	Проф.Гордана Остојић
Наслов рада, НР:	Једно решење сигнализационог бежичног мрежног уређаја
Језик публикације, ЈП:	Српски / латиница
Језик извода, ЈИ:	Српски
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Војводина
Година, ГО:	2016
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)	6/27/0/6/8/0/0
Научна област, НО:	Мехатроника
Научна дисциплина, НД:	Мехатроника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Програмски језек Це, бежични сигнализациони уређај,
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН:	Нема
Извод, ИЗ:	Дипломски рад се бави развојем апликације за мали сигнални уређај. Уређај је пластична коцка са LED осветљењем у боју, WiFi модулом и акцелерометром. Уређај стоји на видљивом месту у просторији и повезан је преко WiFi комуникације на локалну мрежу. Уређај се понаша као HTTP клијент. Кад се деси неки догађај коцкица почиње да свели предефинисаном бојом. Порука се уклања померањем коцке. Уређај се напада помоћу кабла.
Датум прихватања теме, ДП:	
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Небојша Пјевалица, доцент.
	Члан: Ласло Гарјан, доцент
	Члан, ментор: Гордана Остојић, ванредни проф.
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printer material
Contents code, CC :	Bachelor Thesis
Author, AU :	Lazar Vukasović
Mentor, MN :	Gordana Ostojić, Prof.
Title, TI :	One solution for a wireless signaling device
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2016
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovića sq. 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	6/27/0/6/8/0/0
Scientific field, SF :	Mechatronics
Scientific discipline, SD :	Mechatronics
Subject/Key words, S/KW :	Programming language C, WiFi module, accelerator module, HTTP
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Science, Novi Sad Serbia
Note, N :	None
Abstract, AB :	<p>One solution for a wireless signaling device</p> <p>Represents a small device that is used for signaling. The device is a cube made of plastic, with LED lighting, a WiFi module and an accelerometer. It stands on a visible spot in a room, it is connected to local network using WiFi module, and it communicates by using predefined HTTP requests. Device acts as an HTTP client. Some events can trigger cube to light up and start flashing with predefined colour, users can acknowledge this by shaking the cube, after which the device will turn the light off until some event triggers it on again.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Nebojša Pjevalica, docent
	Member: Laslo Tarjan, docent
	Member, Mentor: Gordana Ostojić, ass. professor
	Menthor's sign

Zahvalnost

Zahvaljujem se RT-RK institutu na pruženoj mogućnosti za realizaciju ovog rada, kao i kolegama iz *i-Novi* i *Oblo* tima na stručnoj pomoći i savetima prilikom izrade ovog rada.

Posebnu zahvalnost dugujem svojim roditeljima Aćimu i Snežani koji su bili veliki oslonac i svojim savetima i moralnom podrškom doprineli mom školovanju.

Sadržaj

1. Uvod	6
2. Teorijske osnove.....	7
2.1 Mikrokontroler MSP430F5503.....	7
2.2 Serijski sprežni sistem za periferije (SPI)	8
2.3 Serijska komunikaciona sprega (I2C).....	9
2.4 WiFi modul CC3000.....	11
2.5 WS2812B RGB diode	13
2.6 Akcelerometarski modul MMA7660FC	15
3. Programska podrška	16
3.1 Inicijalizacija i rukovaoci.....	16
3.2 Rukovalac RGB diode (GRBHandler).....	20
3.3 Rukovalac akcelerometarskog modula (ACCHandler)	22
3.1 Rukovalac WiFi modula (WiFiHandler).....	23
4. Rezultati	24
4.1 Ispitivanje i verifikacija uređaja.....	24
5. Zaključak.....	25
6. Literatura	26

Spisak slika

Slika 2.2.1 <i>SPI</i> komunikacija	8
Slika 2.3.1 <i>I2C</i> komunikacija	9
Slika 2.3.3 Čitanje podatka	10
Slika 2.3.2 Upis podatka.....	10
Slika 2.4.1 <i>SmartConfig</i> aplikacija	11
Slika 2.4.2 Blok algoritam inicijalizacije <i>WiFi</i> modula	12
Slika 2.5.1 Logički signali i reset signal	13
Slika 3.1.1 Main funkcija.....	17
Slika 3.1.2 Blok algoritam rada uređaja.....	19

Spisak tabela

Tabela 2.5.1 Prikaz dozvoljenih vremenskih odstupanja.....	13
Tabela 3.1.1 Pozivi iz main funkcije.....	17
Tabela 3.1.2 Funkcije inicijalizacije	18
Tabela 3.1.3 Rukovaoci	18
Tabela 3.2.1 Funkcije <i>GRB</i> biblioteke.....	21
Tabela 3.3.1 Funkcije biblioteke za upravljanje akcelerometrom	22

Skraćenice

HTTP – *The Hypertext Transfer Protocol, mrežni protokol*

TCP – *Transmission Control Protocol, transmisioni kontrolni protokol*

WIFI – *Wireless fidelity, bežična komunikacija*

LED – *Light-Emitting Diode, svetleća dioda*

SPI – *Serial Peripheral Interface, Serijski sprežni sistem za periferije*

I2C – *Inter Integrated Circuit, Serijska komunikaciona sprega*

PC – *Personal Computer, Računar za ličnu upotrebu*

RISC – *Reduced Instruction Set Computing, Procesor sa smanjenim skupom instrukcija*

SoC – *System on a Chip, Integrisano kolo koje sadrži sve elektronske komponente nekog elektronskog sistema na jednom čipu*

UTP – *Unshielded Twisted Pair, Par neizolovanih bakarnih žica (za podatke kod USB)*

UART – *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, Univerzalni asihroni prijemnik/predajnik*

PWM – *Pulse Width Modulation, širinsko-impulsna modulacija*

GPIO – *General Purpose Input/Output, Konektori (izvodi) opšte namene*

CPU – *Central Processing Unit, Centralna procesorska jedinica*

IC – *integrated circuit, Integrisano kolo*

RGB – *short for Red Green Blue, Crvena zelena plava*

NRZ – *Non-return-to-zero, Centralna procesorska jedinica*

WEB – *World Wide Web, Svetska mreža*

1. UVOD

Bežični signalizacioni uređaj je namenjen da signalizira korisniku da je došlo do neke promene u procesu koji se nadgleda. Posедуje mogućnost nadgledanja procesa čije promene su vidljive preko interneta ili iz lokalne mreže što korisniku daje veliki izbor mogućnosti. Prevažadno je osmišljen za signaliziranje uspešnosti povezivanja projekata na *Jenkins* i *Hudson* serverima, ali njegovim daljim proširivanjem omogućeno je da se vrlo lako može podesiti da funkcioniše i sa drugim serverima ili *web* (engl. *World Wide Web*) stranicama. Uređaj signalizira pomoću *LED* (engl. *Light-Emitting Diode*) diode koja svetli predefinisanim bojama i pulsira imitirajući otkucaj ljudskog srca. Korisnik može da ukloni obaveštenje, odnosno da isključi *LED* diodu tako što će protresti uređaj po vertikalnoj osi. Uređaj ostaje isključen sve do pojave sledećeg pobudnog događaja. U zavisnosti od rezultata posmatranog procesa moguće je predefinisati boje i načine osvetljavanja uređaja. Detekcija pomeranja uređaja se obavlja pomoću akcelerometarskog modula. Dok se podaci o trenutnom statusu posmatranog procesa dobijaju preko lokalne mreže korišćenjem *WiFi* (*wireless fidelity*) modula. Ovaj modul vrši komunikaciju preko *HTTP* (engl. *The Hypertext Transfer Protocol*) protokola u čijoj se osnovi nalazi *TCP* (*Transmission Control Protocol*) transportni sloj. Povezivanjem lokalne mreže na internet proširuje se primena uređaja, a samim tim i mogući posmatrani procesi. Shodno s tim uređaj se može koristiti i za motrenje nekih jednostavnih promena na internetu kao što je pristizanje e-maila, motrenje aktivnosti raznih servera i servisa.

Ceo sistem je zasnovan na mikrokontroleru iz familije *MSP430* [1], kompanije *Texas Instruments*, izabran je *MSP430F5503* zbog izuzetno male potrošnje (osobinama *ultra-low power consumption* čipova iz ove serije) i dovoljnog broja ugrađenih modula za komunikaciju. Od modula za komunikaciju korišćeni su *I2C* (engl. *Inter Integrated Circuit*) za komunikaciju sa akcelerometarskim modulom i *SPI* (engl. *serial peripheral interface*) za komunikaciju sa *WiFi* modulom. Radni takt mikrokontrolera je postavljen na 25 MHz korišćenjem eksternog oscilatora, koji predstavlja kristal visoke brzine (eng. *high speed crystal*).

2. TEORIJSKE OSNOVE

2.1 Mikrokontroler MSP430F5503

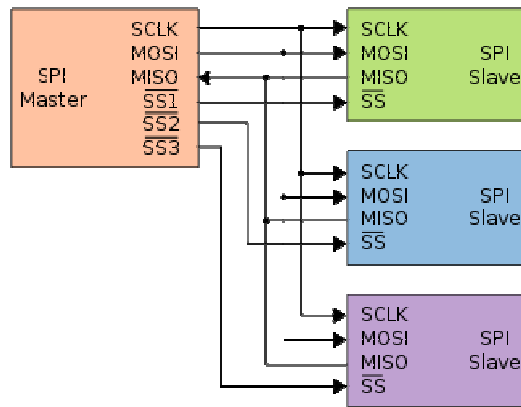
Celokupan razvoj programske podrške i testiranje su obavljani na eksperimentalnoj ploči *MSP430F5529* kompanije *Texas Instruments*, koja poseduje ugrađene module za *WiFi* i akcelerometar. Pored ovih modula poseduje module za *SD karticu*, kapacitivne tastare, modul za *USB* povezivanje sa računarom, nekoliko *USART* i *UART* (engl. *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) modula i mogućnosti napajanja sa *USB-a*, baterije, programatora ili *debuggera*. Na posletku je korišćen mikrokontroler *MSP430F5503*, razlog za korišćenje ovog mikrokontrolera je zbog smanjene memorije, kako *flash* tako i *ROM*, čime se doprinelo u smanjenju potrošnje. Ovaj mikročip predstavlja 16-bitni CPU koji je zasnovan na RISC arhitekturi.

Napajanje sistema je moguće preko *micro USB B* porta, zbog optimizacije koda i modula koja su izvršena u pravcu smanjenja potrošnje struje, u budućnosti je omogućeno prelaženje na baterijsko napajanje.

Jedna od bitnijih osobina ovog kontrolera je i mogućnost dostizanja radnog takta od 25Mhz koji je neophodan za kontrolu *WS2812B* diode, koja koristi *NRZ* protokol za komunikaciju čiji će osnovni principi rada biti detaljnije opisani.

2.2 Serijski sprežni sistem za periferije (SPI)

Serijski sprežni sistem za periferije, u daljem tekstu *SPI* [2] predstavlja jedan od najčešće korišćenih sistema za komunikaciju u namenskim sistemima. Prednost korišćenja *SPI* sistema je u tome što se pomoću četiri linije i jedne glavne jedinice (eng. *master*) može kontrolisati više podređenih jedinica koje predstavljaju sluge (eng. *slave*), što se može videti sa slike 2.2.1.



Slika 2.2.1 *SPI* komunikacija

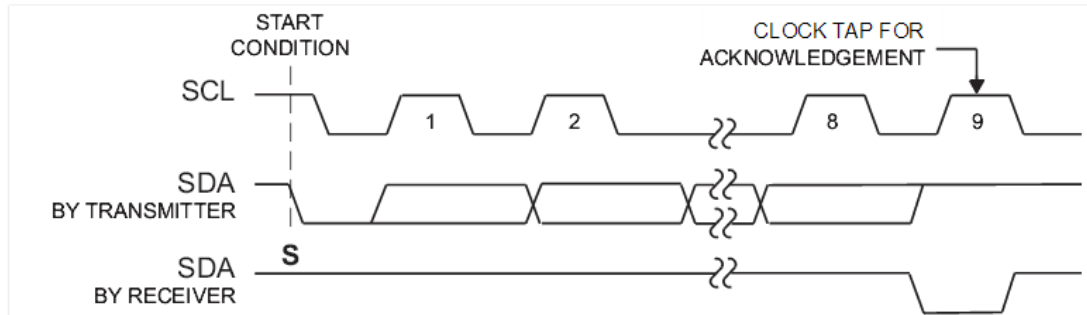
Glavna jedinica se u isto vreme obraća svim podređenim jedinicama koji su povezani na periferiju. Tokom tog obraćanja prozivaju se potrebne jedinice. Prozvani moduli dalje nastavljaju da izvršavaju zadate instrukcije ili razmenjuju podatke, dok ostali moduli ignorišu informacije koje nisu njima namenjene. Ovaj sistem se može implementirati i sa pet linija, gde se peta linija koristi za pokretanje prekidnih rutina i signaliziranje da je potrebno rukovanje nekim od povezanih podređenih jedinica.

U ovom sistemu *SPI* je realizovan korišćenjem pet linija, od kojih dve predstavljaju linije za ulazne i izlazne podatke, jedna za selekciju podređenog modula (eng. *chip select*), linija preko koje se zadaje takt (eng. *clock*) i naposljetku linija koja pobuđuje čip i koristi se kao okidač za prekidnu rutinu.

Korišćeni mikročip poseduje nekoliko integrisanih *SPI* modula za komunikaciju, stoga je pre pozivanja funkcija i protokola koji kontrolišu tok podataka preko potrebno inicijalizovati iste. Inicijalizacija *SPI* modula se vrši tako što se pinovima koji se koriste podesi kao aktivna sekundarna funkcija, a potom upisima u određene registre precizira koji od modula se koristi i da li je u pitanju *I2C* ili *SPI* komunikacija.

2.3 Serijska komunikaciona sprega (I2C)

Serijska komunikaciona sprega, u daljem tekstu *I2C* [3], predstavlja sinhronu serijsku komunikaciju. Za fizičko izvođenje ove komunikacije potrebne su najmanje dve linije, pri čemu jedna linija služi za prenos podataka dok druga linija diktira takt. Ovaj tip komunikacije se koristi na malim distantacama za komunikaciju između mikrokontrolera i modula, kakav je akcelerometar u ovom sistemu.

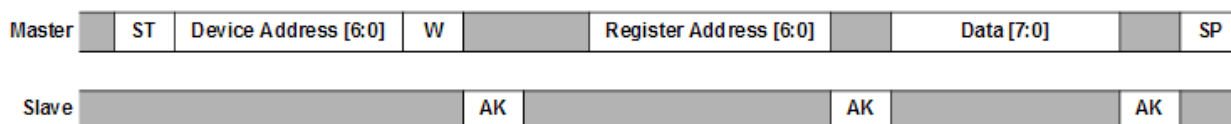


Slika 2.3.1 I2C komunikacija

Princip funkcionisanja *I2C* komunikacionog protokola omogućava povezivanje više podređenih uređaja na magistralu, što je identično kao i kod prethodno opisane *SPI* komunikacije. Na početku komunikacije neophodno je da glavna jedinica (eng. *master*) generiše start signal. Start signal označava da su glavna i podređena jedinica spremne za komunikaciju, ukoliko neka od jedinica u datom trenutku koristi neku od linija (što označava da je prenos podataka u toku) onda neće biti moguće generisati start signal. U fizičkom smislu start signal predstavlja trenutak u kome obe linije (linija za podatke i taktna linija) imaju nisku vrednost, odnosno vrednost logičke nule. Nakon generisanja start signala, potrebno je saopštiti svim podređenim uređajima adresu uređaja sa kojim glavna jedinica želi da komunicira. Adresa podređenog uređaja (eng. *slave address*) se sastoji od sedam bita, gde je osmi bit rezervisan za označavanje smera prenosa podataka. U zavisnosti od samih uređaja logička jedinica na osmom bitu u adresi označavaće upisivanje ili iščitavanje podataka. Nakon prenosa adrese glavna jedinica čeka potvrdu da je pozvani uređaj spreman za razmenu podataka, što u stvari predstavlja deveti bit u razmeni. Fizički ovo se ostvaruje tako što glavna jedinica postavi visoku vrednost na liniji za podatke i ukoliko podređena jedinica to stanje promeni i postavi vrednost linije na logičku nulu u sledećem taktu onda se podrazumeva da su obe jedinice prisutne i spremne za razmenu podataka.

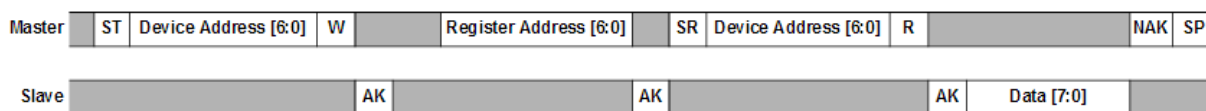
Nakon ove procedure koja je identična za svaki podatak koji se šalje *I2C* linijama, započinje razmena podataka koja na kraju zahteva generisanje stop signala, kako bi se linije oslobodile za prenos narednog podatka ili dale na korišćenje nekoj drugoj podređenoj jedinici. Fizički stop signal predstavlja trenutak u kome su obe linije visoke, odnosno imaju vrednost logičke jedinice.

Ovaj tip komunikacije je korišćen za razmenu informacija sa akcelerometrom koji je detaljnije opisan u poglavlju 2.6. Za pravilno korišćenje akcelerometarskog modula na početku je potrebno inicijalizovati modul i podesiti parametre, da bi to moglo biti ostvareno bilo je potrebno upisati u određene registre, a nakon uspešne inicijalizacije potrebno je bilo iščitati obrađene podatke. Na slikama 2.3.2 i 2.3.3 su predstavljene procedure pomoću kojih se obavljaju funkcije čitanja i pisanja preko *I2C* komunikacije. Na slici 2.3.2 predstavljena je procedura upisa jednog bajta. Na početku protokola za upis nalazi se start signal (na slici označen sa *ST*) praćen adresom podređene jedinice (engl. *device address*) sa kojom se vrši komunikacija, iza čega na mestu devetog bita stoji vrednost *W* koja označava upis (eng. *write*). Nakon potvrde podređene jedinice šalje se adresa registra u koji se upisuje, a nakon sledeće potvrde i podatak koji se upisuje u taj registar. Nakon poslednje potvrde sledi generisanje stop signala *SP*.



Slika 2.3.2 Upis podatka

Na slici 2.3.2 se nalazi procedura koja opisuje prokol za iščitavanje jednog bajta iz predefinisiranog registra.



Slika 2.3.3 Čitanje podatka

Kao i kod upisa jednog bajta početak protokola je identičan, nakon slanja adrese registra koji se iščitava potrebno je ponovo generisati start signal samo ovog puta sa devetim bitom podešenim za čitanje (eng. *read*) što je na slici označeno sa *R*. Nakon ove procedure počinje proces primanja traženog bajta nakon čeka glavna jedinica obaveštava o prijemu svih traženih bitova i generiše stop signal.

2.4 WiFi modul CC3000

Najveći i najkompleksniji oblik komunikacije obavlja *WiFi* modul, čiji model je *CC3000* [4] koji je takođe razvijen od strane *Texas Instruments* kompanije. Princip rada je zasnovan na standardu *IEEE 802.11 b/g*, koji funkcioniše na frekvenciji od 2.4 Ghz i poseduje integrisani *IPv4 TCP/IP* stek.

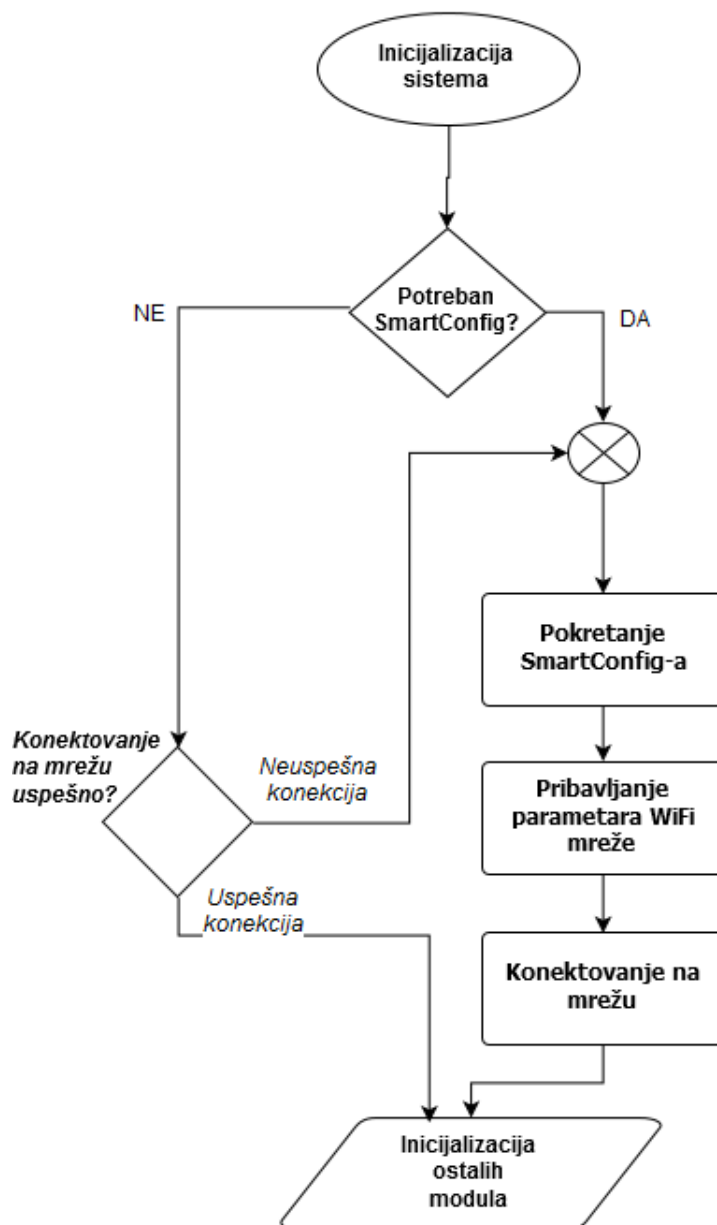
Poseduje mogućnost memorisanja profila mreža i mogućnost automatskog povezivanja, tako da nema potrebe za stalnim reprogramiranjem uređaja pri promeni mreže ili vitalnih parametara mreže kao što su *SSID*, pristupnog koda (tzv. lozinke) i slično.



Slika 2.4.1 *SmartConfig* aplikacija

Povezivanje sa nadređenim uređajem koji je predstavljao mikrokontroler u ovom sistemu, je moguća uz pomoć *SPI* interfejsa. Neke od naprednih mogućnosti ovoga uređaja su povezivanje na *WiFi* mrežu uz pomoć aplikacije za pametne telefone tzv. *SmartConfig aplikacije* (interfejs je prikazan na slici 2.4.1). Podržani su telefoni sa *iOS* i *android* operativnim sistemima. Prevažodno pokretanju aplikacije potrebno je da sam modul pokrene funkciju koja će izvršiti pripremne postavke, pre same konekcije na mrežu. Pošto interfejs koji se koristi u sistemu ne poseduje tastere onda je kao indikaciju za pokretanje operacija za komunikaciju sa aplikacijom potrebno protresti kocku pri uključivanju. Ova pomeranja su detektovana od strane akcelerskog modula, koji je detaljno opisan u poglavlju 2.6.

Uređaj obaveštava korisnika je spremna da uđe u ovu fazu kada svetli plavom bojom. Ukoliko korisnik ne da naznake da želi da podesi parametre mreže, sistem će pokušati da se konektuje na neki od poslednjih memorisanih profila mreža. Ukoliko nijedan memorisani profil nije moguć za povezivanje (usled promene imena mreže (*SSID*), lozinke, tipa enkripcije, nedetektovanja mreže u okolini ili sličnog), sistem će se sam inicijalizovati za konfiguraciju SmartConfig aplikacijom. On će u ovom režimu ostati sve do sledećeg pokretanja ili dok se započeti proces ne završi uspešno. Blok algoritam rada sistema je prikazan na slici 2.4.2.

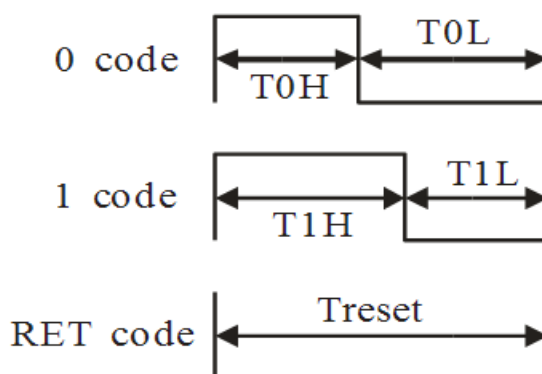


Slika 2.4.2 Blok algoritam inicijalizacije WiFi modula

2.5 WS2812B RGB diode

Za razliku od običnih *RGB* (eng. *red green blue* – crvena zelena plava) dioda koje se kontrolišu slanjem *PWM* signala na pinove diode, WS2812B [5] diode razvijena od strane kompanije *Adafruit* sadrži integrisani drajver koji generiše *PWM* signale. Kontrola ovog modula se vrši pomoću jednog *GPIO* pina, uz pomoć *NRZ* (eng. *Nonereturn to Zero* protokola). Ovaj protokol za detekciju logičke jedinice i logičke nule koristi vreme trajanje visokih i niskih (eng. *high* and *low*) signala.

Svaku boju je moguće kontrolisati sa 8 bita što daje mogućnost od 255 nijansi po bojama, gde 0 predstavlja stanje isključene diode. Paketi se šalju u blokovima od 8 bita, što ukupno za tri boje predstavlja 24 bita, šalju se prvo bitovi za zelenu, crvenu a potom plavu boju. Veoma je važno ispoštovati vremena koja su zadata *datasheet*-om proizvođača, u suprotnom ponašanja diode su nepredvidiva. Između slanja paketa potrebno je generisati reset signal, reset signal kao i signal logičke jedinice i nule dati su slikom 2.5.1, a potrebna vremena za njihovu realizaciju tabelom 2.3.1.



Slika 2.5.1 Logički signali i reset signal

Data transfer time($T_H+T_L=1.25\mu s\pm 600ns$)

T0H	0 code ,high voltage time	0.4us	$\pm 150ns$
T1H	1 code ,high voltage time	0.8us	$\pm 150ns$
T0L	0 code , low voltage time	0.85us	$\pm 150ns$
T1L	1 code ,low voltage time	0.45us	$\pm 150ns$
RES	low voltage time	Above 50 μs	

Tabela 2.5.1 Prikaz dozvoljenih vremenskih odstupanja

Zbog izuzetno malih vrednosti, i velike tačnosti koje je potrebno postići sa mikrokontrolerom koji ima radni takt na 25MHz, što je ekvivalentno periodi od 40 nanosekundi, potrebno je izračunati koliko mašinskih instrukcija će biti iskorišćeno za promene stanja na izlaznom pinu mikrokontrolera. Potom to preračunati u vremenski period kako bi se izvršavanjem koda vremena logičkih nula i jedinica podudarila sa onim propisanim od strane proizvođača, datim u tabeli iznad.

2.6 Akcelerometarski modul MMA7660FC

Akcelerometarski modul *MMA7660FC* [6] poseduje sensor za detekciju pokreta po sve tri ose, osmislila ga je firma *Freescale* spada u kategoriju modula sa malom potrošnjom struje što ga čini idealnim za ovaj sistem. Napajanje akcelerometra se obavlja preko pina kontrolera s obzirom na njegovu izuzetno malu potrošnju ovo je dozvoljeno i gotovo da je zanemarljiva struja koja se utroši u radu. Za komunikaciju sa nadređenim uređajem koristi se *I2C protokol* koji je detaljnije opisan u poglavlju 2.3. Poseduje i ugrađene mehanizme za detekciju mućkanja, lakih udaraca (tapšanja) i detekciju tiltovanja po svim osama.

Komunikacija je realizovana pomoću dve linije, od kojih jedna služi za prenos podataka a druga kloka, pored ove dve linije nalazi se i linija za generisanja interaptnih prekida. Sve do pojave potrebe generisanja prekida modul se nalazi u stanju niske potrošnje.

U ovoj aplikaciji akcelerometarski modul se koristi kao ulazni uređaj uz koji korisnik može da utiče na dalji tok programa, u sistemu se detektuje pokret mućkanja po vertikalnoj osi, a postoji mogućnost konfigurisanja detekcije i drugih pokreta, po drugim osima (moguće je podesiti detekcije na bilo kojoj osi, ili bilo kojoj kombinaciji osa).

3. PROGRAMSKA PODRŠKA

U ovom poglavlju predstavljena su programska rešenja za kontrolu signalizirajućeg uređaja. Rešenje je realizovano u programskom jeziku C. Radno okruženje koje je korišćeno prilikom izrade je *Code Composer Studio* koje je osmišljeno za rad sa *Texas Instruments* kontrolerima. Samo okruženje poseduje sve osnovne biblioteke, podešavanja i mogućnost da se uz pomoć posebnog uređaja postavljaju tačke prekida. Pomoću tačaka prekida se može kontrolisano izvršavati kod programa i na taj način u svakom trenutku znati stanja na određenim registrima i memoriji samog mikrokontrolera.

U izradi su iskorišćene biblioteke date od proizvođača *Texas Instruments* koje su originalno napravljene za *MSP430F5529*, shodno tome prepravljene su kako bi funkcionisale sa kontrolerom koji je na kraju izabran (*MSP430F5503*). Biblioteke koje su bile dostupne su podržavale korišćenje *SPI* modula i imale su ugrađene funkcije za kontrolu *WiFi CC3000* modula. Ostatak funkcija je napisan kako bi se lako mogle kontrolisati periferni uređaji.

3.1 Inicijalizacija i rukovaoci

Programska podrška se sastoji iz delova za kontrolu akcelerometarskog modula, *RGB* diode, modula za povezivanje na mrežu i komunikaciju i dela koji je zadužen za kontrolu svih modula. Algoritam koji se koristi je automat konačnih stanja, na ovaj način se omogućuje da više modula može da radi paralelno. Upotreba ovakvog algoritma omogućuje da se u realnom vremenu proveravaju podaci preko lokalne mreže, a da za to vreme *RGB* dioda pulsira i akcelerometarski modul sakuplja podatke o pomeranjima. Na slici 3.1.1 prikazan je algoritam rada aplikacije.

Na slici 3.1.1 prikazana je *void main(void)* funkcija, ona u C programskom jeziku na mnogim platformama predstavlja inicijalnu pozivajuću funkciju. Zbog mnogobrojnih inicijalizujućih varijabli bilo je potrebno pozvati funkciju *int _system_pre_init(void)* koja se na kontretnoj platformi izvršava pre funkcije *main* i pre inicijalizacije promenljivih. U ovoj funkciji je bilo neophodno isključiti *watchdog* tajmer podešavanjem određenih registara, jer ne postoji prekidna rutina koja rokovi prekidima ovog tajmera, pa postoji opasno da mikrokontroler ostane zaglavljen u beskonačnoj petlji koja je ispunjena tzv. *NOP* komandama.

```

771 //*****
772 //
773 /// main
774 ///
775 /// @param None
776 ///
777 /// @return none
778 ///
779 /// @brief The main loop is executed here
780 //
781 //*****
782 void main(void)
783 {
784     // Board Initialization start
785     initDriver();
786
787     // Initialize Timer_1
788     Init_Timer1();
789
790     // Initialize GRB
791     Init_GRB();
792
793     // Connect the system to Wifi network
794     ConnectToWifi();
795
796     // Connects to server's IP and opens socket
797     ConnectToIPOpenSocket();
798
799     while(1)
800     {
801         GRBHandler();
802         APPHandler();
803         WifiHandler();
804         ACCHandler();
805     }
806 }

```

Slika 3.1.1 Main funkcija

U samoj *main* funkciji pozivaju se inicijalizujuće funkcije prikazane u tabeli 3.1.1.

<i>initDriver</i>	Inicijalizacija drajvera
<i>Init_Timer1</i>	Inicijalizacija tajmera 1
<i>Init_GRB</i>	Inicijalizacija RGB diode
<i>ConnectToWifi</i>	Povezivanje na lokalnu mrežu
<i>ConnectToIPOpenSocket</i>	Povezivanje na server i otvaranje TCP transportnog protokola

Tabela 3.1.1 Pozivi iz main funkcije

Funkcija *initDriver* sadrži pozive ka nekoliko funkcija koje vrše inicijalizaciju i selekciju modula sa mikrokontrolera koji će dalje biti korišćeni. Za inicijalizaciju pinova, njihovih funkcija, podešavanja internih otpornika na pinovima i njihovih funkcija zadužena je podfunkcija *void pio_init(void)*. Nakon izvršavanja ove funkcija pozivaju se inicijalizujuće funkcije *I2C* i *SPI* modula, a potom se inicijalizuje modul za povezivanje na lokalnu mrežu. U tabeli 3.1.2 se nalazi detaljniji spisak imena funkcija koje se pozivaju, kao i njihovi kratki opisi.

<i>pio_init</i>	Inicijalizacija pinova i njihovih funkcija
<i>init_spi</i>	Inicijalizacija <i>SPI</i> modula
<i>I2C_init</i>	Inicijalizacija <i>I2C</i> modula
<i>wlan_init</i>	Postavke parametara za konekciju na lokalnu mrežu
<i>wlan_start</i>	Startovanje <i>WLAN</i> konekcije na modulu za povezivanje sa lokalnom mrežom
<i>wlan_set_event_mask</i>	Maskiranje nepotrebnih događaja
<i>ACC_Init</i>	Inicijalizacija akcelerometarskog modula
<i>I2C_InterruptEnable</i>	Omogućavanje prekidne rutine za <i>I2C</i> komunikaciju

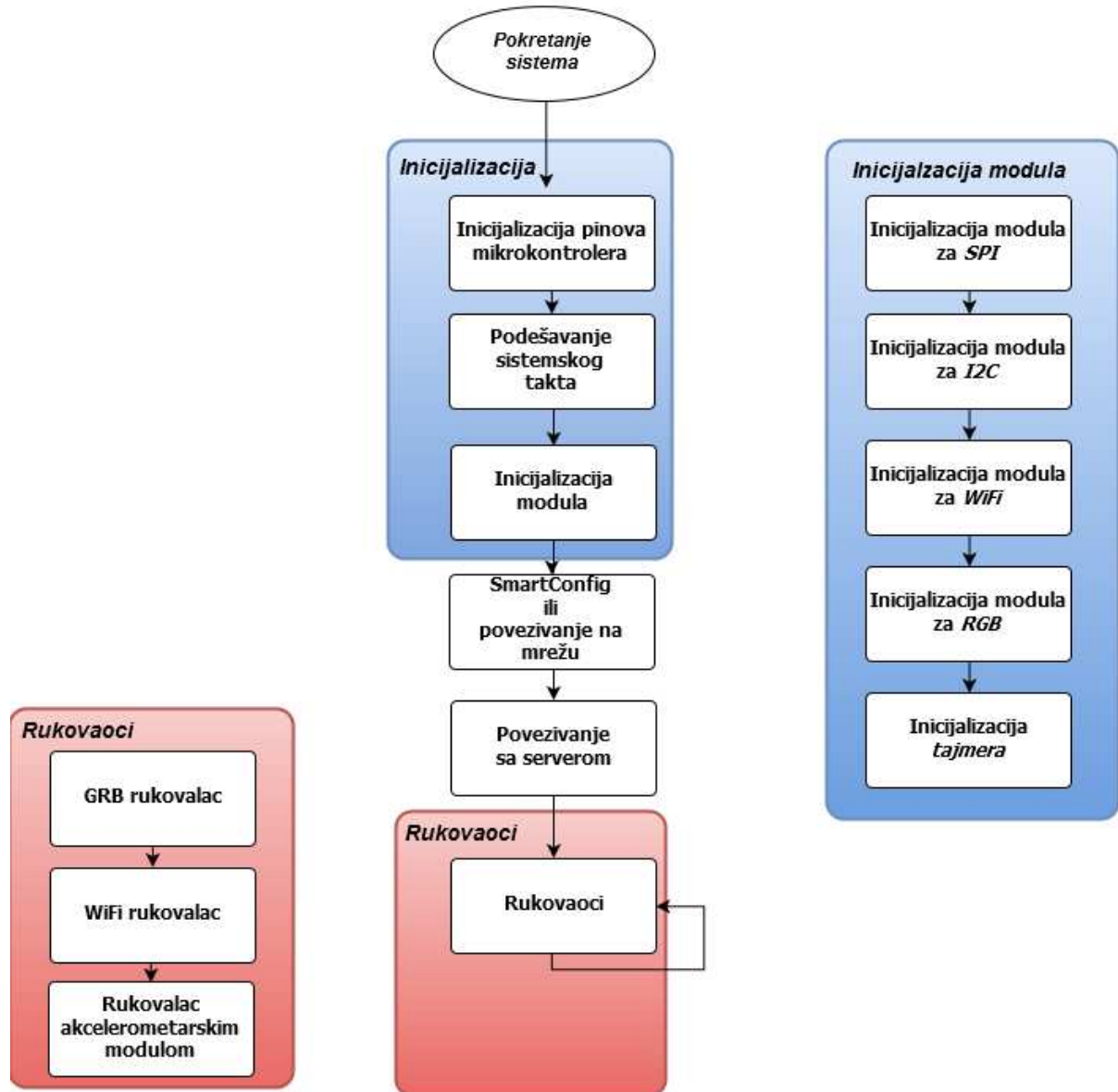
Tabela 3.1.2 Funkcije inicijalizacije

U tabeli 3.1.3. nalaze se rukovaoci koji čine da se uređaj ponaša kao mašina konačnih stanja. Ovi rukovaoci su detaljnije objašnjeni u narednim poglavljima. Njihova uloga je da obezbede paralelno izvršavanje zadataka na više modula.

<i>GRBHandler</i>	Rukovalac radom <i>RGB</i> diodom
<i>APPHandler</i>	Rukovalac aplikacijom, koji određuje koji će od postojećih rukovalaca biti aktivan
<i>WiFiHandler</i>	Rukovalac <i>WiFi</i> modulom, primanjem i slanjem podataka preko lokalne mreže
<i>ACCHandler</i>	Rukovalac akcelerometarskim modulom koji iščitava podatke o pomeranjima

Tabela 3.1.3 Rukovaoci

Algoritam rada celokupne aplikacije koja se nalazi u beskonačnoj petlji prikazan je na slici 3.1.2. Segmenti nakon pokretanja sistema su inicijalizacija i povezivanje na konkretni server, nakon čega se ceo rad obavlja u rukovaocima.



Slika 3.1.2 Blok algoritam rada uređaja

3.2 Rukovalac RGB diode (*GRBHandler*)

Nakon inicijalizujućih funkcija pozivaju se rukovalaci (eng. *handlers*) koji se izvršavaju dalje tok svog rada programa. Postoje četiri rukovalaca, njihova imena i kratki opisi su dati u tabeli 3.1.3

Zbog intuitivne greške koja se često javljala tokom izrade *GRBHandler* u nazivu sadrži *GRB* što označava boju (*G* – zelena eng. green, *R* – crvena eng. red, *B* – plava eng. blue) i redosled kojem se *RGB* diodi prenose informacije o svakoj boji respektivno. Ovaj rukovalac računa koje vrednosti svake od tri boje su potrebne da se podese u narednoj milisekundi, kako bi se ostvario prelaz (eng. *fade*) koji može da bude na slabiju i na snažniju nijansu. Na ovaj način je moguće preći sa bilo koje boje u belu ili u isključeno stanje što predstavlja maksimalne vrednosti 255 i 0 respektivno. Računanja trenutne boje i trenutne faze promene boje su u ovom rukovalacu, a konkretno slanje izračunate boje *RGB* diodi se obavlja u prvom tajmeru (*timer1*). Razlog zašto je funkcija za uključivanje diode postavljena baš u tajmer leži u nemogućnosti određivanja tačnog vremena koje će biti potrošeno na razmenu podataka WiFi modula. Kako bi se dobili lepi i tačni prelazi boja i kako bi pulsiranje bilo simetrično pri svakom otkucaju. Neprimetno ljudskom oku, tajmer je podešen da ulazi u prekidnu rutinu na svako milisekund i podešava stanje *RGB* diode.

Ovaj rukovalac indirektno upravlja funkcijama iz *GRB* biblioteke, a funkcije unutar biblioteke su prikazane u tabeli 3.2.1.

<i>Init_GRB</i>	Inicijalizacija <i>RGB</i> diode
<i>SetG_R_B</i>	Vrši postavljanje zadatih boja, ova funkcija je preslikana u prekidnu rutinu tajmera.
<i>GRBHandler</i>	Rukovalac <i>RGB</i> diodom
<i>GRB_fadeCalc</i>	Računanje sledeće nijanse boje za zadato vreme u prelaznom režimu
<i>GRB_fade</i>	Postavlja prosleđene boje kao zadate ciljne boje koje je neophodno postići u zadatom vremenskom periodu
<i>GRB_TurnOff</i>	Sve diode <i>RGB</i> se isključuju
<i>GRB_Red</i>	Dioda se podešava da svetli crvenom bojom
<i>GRB_GetStatus</i>	Indicira da li se koristi <i>RGB</i> dioda (ne govori da li je funkcija pulsiranja aktivna)

<i>Blink</i>	Uključuje diodu a potom isključuje u određenom vremenskom periodu, u blokirajućem režimu
<i>Blink_transition</i>	Uključuje diodu a potom isključuje u određenom vremenskom periodu, u neblokirajućem režimu algoritmom mašine konačnih stanja
<i>GRB_SpecialBlue</i>	Dioda sija nijansom plave boje koja se koristi pri uključivanju
<i>GRB_SpecialOrange</i>	Dioda sija nijansom narandžaste boje koja prikazuje stanje kada je <i>SmartConfig</i> aktivan
<i>GetBusyState</i>	Pokazuje da li je aktivna funkcija pulsiranja
<i>SetBusyState</i>	Vraća u kojoj fazi pulsiranja se trenutno nalazi
<i>Single_Heartbeat</i>	Uključivanje pojedinačnog otkucaja
<i>ResetBlink</i>	Resetovanje faze za proces pulsiranja

Tabela 3.2.1 Funkcije *GRB* biblioteke

3.3 Rukovalac akcelerometarskog modula (*ACCHandler*)

Ovaj rukovalac se koristi pri detektovanju pomeranja kojima korisnik utiče na dalji tok izvršavanja programa. Korišćena biblioteka pod nazivom *MMA7660* sadrži funkcije prikazane u tabeli 3.3.1 sa kratkim opisima. Korišćeni model akcelerometra sadrži registre kojima se podešavaju događaji usled kojih će se pokretati prekidne rutine na mikrokontroleru. Postoji mogućnost detektovanja nagiba po nekoj od osa, kao i pokreta mućkanja. Nažalost na ovaj način nije moguće saznati po kojoj osi je došlo do promene ukoliko je omogućeno detektovanje po više osa, za ovakve podatke potrebno je iščitavati registre i pratiti promene. Rukovalac akcelerometarskog modula je aktivan pri inicijalizaciji sistema, kada se od korisnika traži da mućkanjem signalizira pokretanje *SmartConfig* procesa, kao i kada dođe do posmatrane promene u sistemu, nakon što dioda počne pulsirati, gde korisnik signalizira da je video obaveštenje i želi da isključi pulsiranje.

<i>I2C_init</i>	Inicijalizacija <i>I2C</i> modula
<i>ACC_Init</i>	Inicijalizacija akcelerometarskog modula
<i>ReadByte</i>	Koristi se za iščitavanja podatka veličine jednog bajta iz željenog registra
<i>WriteByte</i>	Koristi se za upisivanje podatka veličine jednog bajta u željeni registar
<i>I2C_InterruptEnable</i>	Omogućavanje prekidne rutine za <i>I2C</i> komunikaciju
<i>I2C_InterruptDisable</i>	Onemogućavanje prekidne rutine za <i>I2C</i> komunikaciju
<i>I2C_slave_present</i>	Provera da li je podređena jedinica prisutna prozivanjem njene adrese
<i>I2C_notready</i>	Proverava se da li su linije <i>I2C</i> komunikacije zauzete

Tabela 3.3.1 Funkcije biblioteke za upravljanje akcelerometrom

3.1 Rukovalac *WiFi* modula (*WiFiHandler*)

Najkompleksiniji zadatak posvećen je upravo ovom modulu, velike deo njegovih funkcija i načini rada su prethodno opisani jer se on prožima kroz veliki deo programske podreške uređaja. Sam rukovalac se poziva između dva otkucaja (pulsa) koje generise dioda. Na ovaj način omogućilo se nesmetano izvršavanje koda za diodu, akcelerometar i pomenuti modul. Preuzeta je biblioteka za *CC3000* koju je napisala kompanija *Texas Instruments*. Tabela sa svim funkcija i njihovim opisima data je na internet prezentaciji proizvođača [4], stoga funkcije iz ove biblioteke neće biti detaljno razmatrane. Ova biblioteka je dalje proširena i dodate su funkcije i novi sloj funkcionalnosti za rad sa *http* zahtevima.

Najpre je bilo potrebno podesiti *TCP* protokol, koji nakon konektovanja na server postaje pozadinski protokol. U ove svrhe koriste se standardne funkcije kao što su *OpenSocket()* i *Connect()* Na mesto glavnog protokola postavlja se *HTTP* protokol. Preko ovog protokola razmenjuju se informacije sa serverom, a nakon uspešnog prijema informacije se parsiraju i u skladi sa njihovim vrednostima utiče se na dalji tok izvršavanja programa. Upravo ovi zadaci predstavljaju glavnu funkciju ovog rukovaoca.

Nakon što se ostvari konekcija na server pomoću *TCP* protokola, započinje se kreiranje novog *http* zahteva, ovaj zahtev se može slati kako serveru u lokalnu tako i udaljenom serveru, ili skripti koja na osnovu ovog zahteva formira korespondirajući odgovor. Za slanje *HTTP* zahteva poziva se funkcija *sendData()*, a nakon nje poziva se funkcija za prijem podataka *recv()*. Funkcija za prijem podataka smešta sve pristigle bajtove u niz karaktera, ovaj niz je ograničen s obzirom na malu memoriju korišćenog kontrolera, pa ja zbog toga neophodno poslatim zahtevima precizno odrediti koji su podaci potrebni.

4. REZULTATI

U ovom poglavlju opisano je ispitivanje ispravnosti i funkcionalnosti uređaja. Da bi se utvrdila ispravnost, uređaj je podvrgnut raznim vrstama provera. Najpre je svaki rukovaoc podvrgnut pojedinačnom ispitivanju, kako bi se utvrdilo da svaki od njih zasebno obavlja predviđeni zadatak. Nakon toga je ponovljena procedura ispitivanja sa svim modulima aktiviranim. Pored ispitivanja rukovaoca, ispitani su i prokoli *I2C*, *SPI* i *NRZ* komunikacije.

4.1 Ispitivanje i verifikacija uređaja

Kod rukovaoca akcelerometarskim modulom bilo je bitno proveriti da li postoje smetnje pri iščitavanju vrednosti po osama, koliko su ona tačna i da li se može dogoditi da se očita pomeranje bez da se ono u realnom sistemu dogodilo. Ovaj tip problema je lako eliminisan korišćenjem integrsane funkcije koja prati da li je uređaj protrešen po nekoj od osa. Nepreciznost uređaja pri malim pomeranjima nema velikog uticaja na ovu funkciju stoga je za ispravan rad akcelerometarskog modula jedino preostalo da se korektno podesi programska podrška.

Komunikacija sa akcelerometarskim modulom (*I2C*), *WiFi* modulom (*SPI*) kao i *NRZ* protokol koji se koristi za zadavanje boje sijanja diode su provereni korišćenjem logičkog analizatora. Ovakav način ispitivanja dao je informaciju o ponovljivosti komunikacionih protokola i verovatnoći pojave greške. S obzirom da su se sva vremena prelaza kao i vremena trajanja pojedinih signala poklapala sa dozvoljenim vrednostima propisanim od strane proizvođača, usvojeno je da su moduli za komunikaciju ispravno podešeni.

Rukovaoc zadužen za komunikaciju uređaja sa serverom, odnosno *WiFi* rukovaoc je podvrgnut testu u kojem je na svakih 500 milisekundi kreirao *HTTP* zahtev ka određenom serveru, a potom od istog servera parsirao dobijene informacije i u zavisnosti od toga uticao na rad diode. Ukoliko bi došlo do neočekivane greške sistem bi se zaglavio, a nepravilnost u radu sistema je lako vizuelno uočiti. Uređaj je podvrgnut ovakvom testu u trajanju od 3 dana. Nakon što je uspešno verifikovan i ovaj rukovaoc utvrđeno je da je uređaj zadovoljio zahtevanu funkcionalnost.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je realizacija uređaja koji se koristi za vizuelno signaliziranje o trenutnom statusu motrenog procesa. Ovaj uređaj povezan je pomoću lokalne mreže na server, odakle dobija informacije koje dalje prikazuje korisniku na svojstven način. Ukoliko lokalna mreža poseduje izlaz na internet onda je moguće dobijati informacije sa udaljenog servera.

Zbog velike modularnosti uređaja i veoma lakoj mogućnosti povezivanja na internet primenu bi mogao pronaći kako u industriji za posmatranje procesa koji ne zahtevaju brzo reagovanje, tako i kao minijaturni lični signalizirajući uređaj koji bi korisnika obavestavao o pristigloj pošti ili objavama na omiljenim *web* portalima.

Mogući pravci daljeg rada na unapređenju rešenja mogući su unapređenjem postojećih funkcionalnosti ili dodavanjem novih. Modularna struktura rešenja omogućava integraciju izmena i dopuna, bez velikih poteškoća.

6. LITERATURA

[1] Web stranica MSP430 Microcontrollers, MSP430F5529 Procesor, dostupno na:

http://www.ti.com/product/MSP430F5529/datasheet/terminal_configuration_and_functions#SLAS5908783

učitana 20.7.2016

[2] Web stranica USCI SPI Master, SPI komunikacija dostupno na:

<http://www.ti.com/lit/an/slaa382a/slaa382a.pdf>

učitana 01.8.2016

[3] Web stranica USCI I2C Master, I2C komunikacija dostupno na:

<http://www.ti.com/lit/an/slaa382a/slaa382a.pdf>

učitana 01.8.2016

[4] Web stranica CC3000, CC3000 API dostupno na:

http://software-dl.ti.com/ecs/simplelink/cc3000/public/doxygen_API/v1.14/html/index.html

učitana 20.7.2016

[5] Web stranica WS2812B, WS2812B Datasheet dostupno na:

<http://cdn.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/WS2812B.pdf>

učitana 20.7.2016

[6] Web stranica MMA7660FC Accelometer, MMA7660FC datasheet dostupno na:

<http://www.farnell.com/datasheets/1670762.pdf>

učitana 22.7.2016