

**Laboratorijski prototip: Bežični intenziometrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS**

**Rukovodilac projekta:** Dr Miloš Živanov

**Odgovorno lice:** MSc Dragan Stupar

**Autori:** Dragan Stupar, Jovan Bajić, Bojan Dakić, Miloš Slankamenac, Miloš Živanov

**Razvijeno:** U okviru projekata III43008 i III45003

**Godina:** 2012.

**Kratak opis**

Rad sa plastičnim optičkim vlaknima kao senzorima postaje sve zastupljeniji kako u oblasti istraživanja, tako i u oblasti primene senzora u najrazličitijim oblastima. Najčešći tip senzora baziranih na plastičnim optičkim vlaknima se bazira na promeni intenziteta, te se javila potreba za realizacijom uređaja za merenje promene intenziteta svetlosti u plastičnom optičkom vlaknu koja se dešava usled promene neke fizičke veličine. Bežični intenziometrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem – Wireless IFOSIS se sastoji od para optičkih prijemnika i predajnika koji bežičnim putem šalje podatke na računar. Realizovani uređaj ima mogućnost merenja intenziteta svetlosti u plastičnom optičkom vlaknu sa mogućnošću bežičnog slanja informacija putem ZigBee komunikacije. ZigBee komunikacija omogućava vrlo jednostavno povezivanje na računar i/ili povezivanje sa drugim istim ili sličnim senzorskim modulima sa mogućnošću vrlo jednostavnog uspostavljanja bežične senzorske mreže. Primena uređaja je za bežično merenje intenziteta svetlosti u optičkom vlaknu kod fiber-optičkih senzora na katedri za elektroniku, fakulteta tehničkih nauka univerziteta u Novom Sadu.

Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0°C do 50°C

Izvor svetlosti - LED

Fotodetektor – Fotodarlington

Rezolucija merenja: 10 bita

Napajanje: Baterijsko – punjiva baterija 9 V

Komunikacija: ZigBee

Tehničke mogućnosti:

Wireless IFOSIS predstavlja uređaj za merenje intenziteta svetlosti u plastičnim optičkim vlaknima sa bežičnim prenosom podataka od optičkog vlakna do računara. Uređaj je projektovan za rad prvenstveno sa plastičnim optičkim vlaknima prečnika 1 mm, ali se jednostavno može prilagoditi i za rad sa drugim prečnicima plastičnih optičkih vlakana. Komunikacija uređaja sa korisnikom se odvija preko korisničkog interfejsa na PC računaru gde se beleže, obrađuju i tumače mereni rezultati. Mogućnosti analize i obrade signala na računaru su otvorene za korisnika što je pogodno za istraživačke delatnosti iz oblasti optoelektronike.

Realizator:

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije

## Stanje u svetu

Optička vlakna se poslednjih godina sve više koriste kao osnova senzora i senzorskih sistema skoro svim oblastima. Prednosti korišćenja optičkih vlakana kao senzorskog elementa dolaze do izražaja u primenama gde pasivnost koju nudi tehnologija fiber-optičkih senzora daje jedine rezultate (zagađene sredine, sredine gde su izračene velike mehaničke vibracije, sredine sa elektromagnetskim smetnjama itd). Postoje različite konfiguracije fiber-optičkih senzora u zavisnosti od vrste optičkih vlakana koja se koriste kao i u zavisnosti od svetlosne veličine koja se menja tokom merenja.

Intenzitetski fiber-optički senzori se zasnivaju na promeni intenziteta svetlosti koja se vodi optičkim vlaknima od svetlosnog izvora prema mernom mestu i od mernog mesta prema fotodetektoru sa promenom merene veličine. Promena intenziteta može nastati ili usled nekog efekta u samom vlaknu kao što je naprezanje, oštećenje, savijanje, mikrosavijanje promena indeksa prelamanja omotača, ili usled apsorpcije, refleksije prelamanja svetlosti i slično, van optičkog vlakna. Prednost ovakvog senzorskog sistema je jednostavan dizajn i niska cena izrade.

Senzori bazirani na optičkim vlanima postaju sve zastupljeniji u svim oblastima primene. Takođe u fiber-optički senzori su tema u oblastima primene i istraživanja svuda u svetu zbog svojih pogodnih osobina u odnosu na klasična i konvencionalna rešenja. Neke od prednosti fiber optičkih senzora su mogućnost multipleksnog i distribuiranog merenja putem jednog optičkog vlakna, otporni su na koroziju i elektromagnetne smetnje, nisu električno aktivni, niska cena i mnoge druge.

Pošto na tržištu nismo našli uređaje ovakvog tipa za plastična optička vlakna odlučili smo se da pravimo prototip. Uređaji ovakvog tipa prodaju se za staklena optička vlakna gde su princip ubacivanja svetlosti u optičko vlakno i frekvencija svetlosti (talasna dužina) totalno drugačiji nego što je slučaj kod plastičnih optičkih vlakana. Merači snage koji se trenutno prodaju, uglavnom se isporučuju sa termalnim optičkim glavama i oni nisu pogodni za senzore sa plastičnim optičkim vlaknima jer je sa njima nemoguće meriti zbog velikog uticaja dnevne svetlosti. Takođe optičke glave koje se isporučuju sa konektorima, uglavnom su pravljene za staklena optička vlakna, pa ni u tom slučaju nije moguće koristiti sofisticirane uređaje namenjene staklenim vlaknima ili laserima za merenja sa plastičnim optičkim vlaknim. Uglavnom se uređaji ovakvog tipa sastoje od izvora svetlosti (LED ili laserska dioda) i odgovarajućeg fotodetektora.

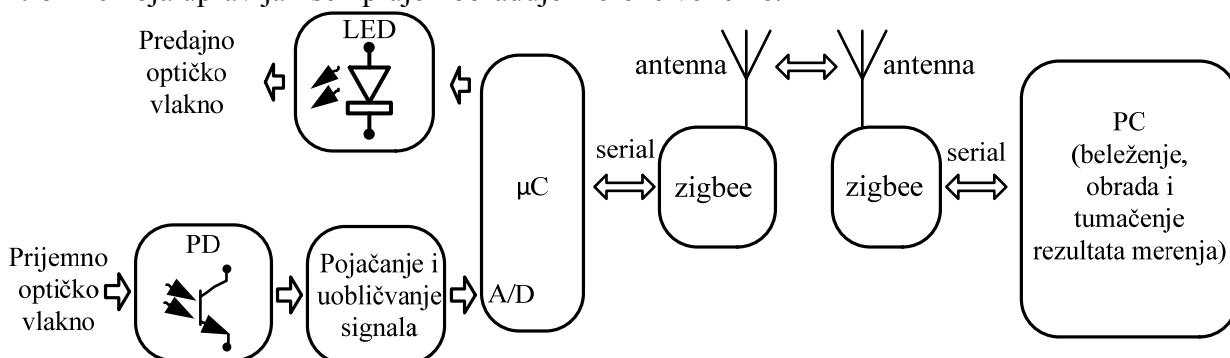
Glavna prednost ovog sistema je što nudi mogućnost bežičnog povezivanja mernog sistema na računar što je u nekim primenama jedino rešenje. Takođe uređaj odlikuje kompaktnost, niska cena i mogućnost primene u skoro najzahtevnijim intenziometrijskim fiber-optičkim senzorskim sistemima koji su bazirani na plastičnim optičkim vlaknima.

## Konstrukcija Wireless IFOSIS -a

Wireless IFOSIS je konstruisan da zadovolji potrebe najzahtevnijih korisnika iz oblasti intenziometrijskih fiber optičkih senzora. Bežični IFOSIS se sastoji od elektronskog dela i kućišta u koje je elektronika uređaja spakovana. Elektronika čiji glavni delovi su izvor i detektor optičkog signala kontrolisana je i upravljana sa mikroprocesorskom jedinicom proizvođača Atmel. Izabran je digitalni mikrokontroler Attiny 13. Izabrani digitalni mikrokontroler u potpunosti zadovoljava zahteve i potrebe projektovanog uređaja. Prednost korišćenja ovog digitalnog mikrokontrolera je njegova niska cena, dobre performanse i male dimenzije.

### Hardver Wireless IFOSIS-a

Na slici 1. prikazana je funkcionalna blok šema bežičnog IFOSIS-a. Uređaj se sastoji od jednog para optičkih predajnika/prijemnika, ZigBee modula za komunikaciju sa računarom i mikrokontrolerske elektronike koja upravlja i sempljuje i obrađuje merene veličine.



Slika 1. Blok šema bežičnog IFOSIS-a.

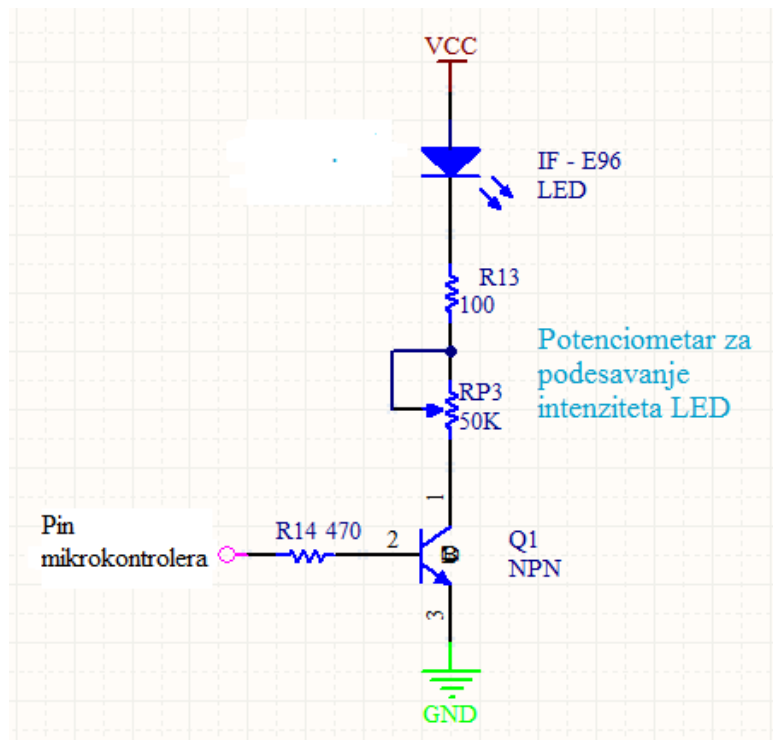
Uređaj možemo podeliti u nekoliko funkcionalnih celina:

- Sekcija za predaju optičkog signala
- Sekcija za prijem optičkog signala
- Sekcija za pojačanje optičkog signala
- Napajanje uređaja
- Sekcija za komunikaciju sa računarom

### Sekcija za predaju i prijem optičkog signala

#### Predajno i prijemno kolo

Električna šema predajnog kola prikazana je na slici 2. Za tranzistor koji pobuđuje LED diode izabran je bipolarni NPN tranzistor BC546. Otpornik R13 zajedno sa potencijetrom RP3 određuju struju kroz diodu, a samim tim i jačinu svetlosti diode. Baza NPN tranzistora je spojena na I/O pin digitalnog mikrokontrolera. Kada se na pin dovede logička jedinica, tranzistor počinje da provodi i LED dioda svetli. Na LED diodi se nalazi priključeno optičko vlakno u koji se na taj način dovodi svetlost. Kada se desi promena veličine koja se meri dolazi do modulacije intenziteta svetlosti u optičkom vlaknu što se detektuje fotodetektorom. Ta promena se pojačava pomoću pojačavača i meri sa A/D konvertorom digitalnog mikrokontrolera. Potencijetar RP3 služi za podešavanje intenziteta svetlosti predajne LED diode. Kao LED dioda korišćena je IF-E93 zelena LED proizvođača Industrial Fiber Optics. IF-E93 je LED velike brzine u “connector-less” kućištu pogodnom za lako i pouzdano montiranje na plastična optička vlakna. Izlazni spektar sa pikom na talasnoj dužini od 530 nm je idealan za korišćenje kod plastičnog optičkog vlakna sa jezgrom od PMMA materijala jer se na toj talasnoj dužini nalazi optički prozor sa minimalnim slabljenjem. Pakovanje korišćene LED sadrži interna LED mikro sočiva, dok PBT plastično kućište omogućava efikasno optičko kaplovanje sa standardnim 1 mm plastičnim optičkim vlaknom.



Slika 2. Električna šema optičkog predajnog kola

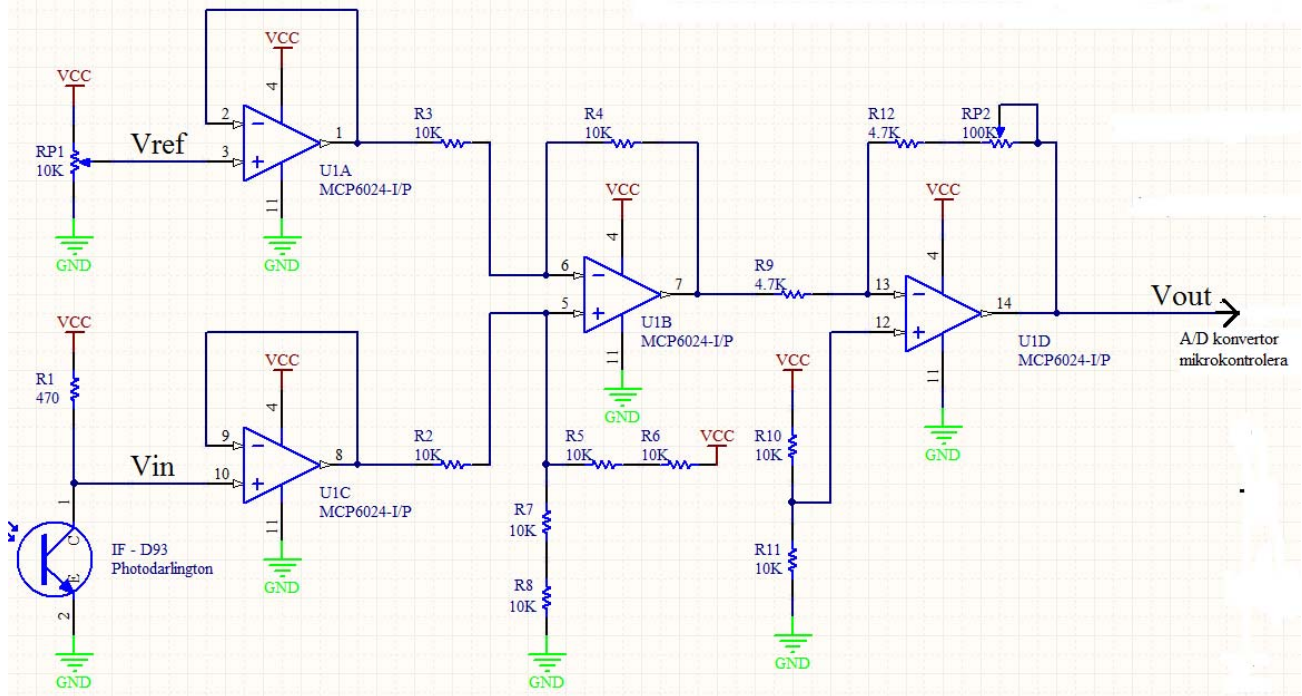
Tranzistor za upravljanje LED diodom, kao i kalibracioni taster su povezani na I/O (ulazno-izlazne) portove digitalnog mikrokontrolera. Kalibracioni taster služi za kalibraciju koja je nekad od presudnog značaja kod fiber-optičkih senzora baziranih na intenzitetu.

Na slici 3. je prikazan optički prijemni deo sa pojačavačem. Prijemni deo čini fotodarlington IF-D93. Fotodarlington je pogodan za ovu primenu jer ima veliko pojačanje, i veoma je lako postići visoku osetljivost senzora koršćenjem fotodarlingtona čak i bez dodatnog pojačavača. Promenom intenziteta svetlosti kojom se osvetljava fotodarlington, dolazi do promene napona na njegovom izlazu. Da bi se vršilo preciznije merenje i da bi se povećala osetljivost senzora, signal sa izlaza fotodarlingtona se dovodi na instrumentacioni pojačavač.

Pojačavač je zapravo integrisani pojačavač koji se sastoji od četiri operaciona pojačavača. Na pojačavač U1C se dovodi ulazni napon, tj. napon sa kolektora fotodarlingtona. U1C je zapravo jedinični pojačavač i ne pojačava napon već služi kao bafer. Na operacioni pojačavač U1A se dovodi referentni napon koji se podešava potencijetrom RP1. U1A ima ulogu bafera. Signali Vin i Vref (ulazni i referentni signal) se dovode na ulaze operacionog pojačavača U1B. Ovaj operacioni pojačavač vrši oduzimanje signala Vref i Vin i takav dobijeni signal se dovodi na ulaz operacionog pojačavača U1D koji ima ulogu invertujućeg pojačavača. Pojačanje ovog pojačavača se vrši pomoću potencijetra RP2. Njegovo pojačanje iznosi  $A = (R12+RP2)/R9$ . Ukupni izlazni signal Vout je dat izrazom (1):

$$V_{out} = A \cdot (V_{ref} - V_{in}) + 1.65 \text{ V} \quad (1)$$

Ako je  $V_{in}$  približno jednak  $V_{ref}$  pojačava se samo promena ulaznog signala. Ako je  $V_{in}=V_{ref}$  tada je izlazni napon 1.65 V, gde je 1.65 V polovina napona napajanja koje u ovom slučaju iznosi 3.3 V. Ukoliko intenzitet svetlosti u vlaknu opada ( $V_{in}$  raste), izlazni napon opada ispod 1.65 V. Ako intenzitet svetlosti u vlaknu raste ( $V_{in}$  opada), izlazni napon  $V_{out}$  raste iznad 1.65 V.



Slika 3. Električna šema korišćenog instrumentacionog pojačavača.

Bitno je napomenuti da realizovani pojačavač pojačava samo promenu optičkog signala koja se dešava usled promene fizičke veličine koja se meri.

### Mikrokontrolerski blok

Digitalni mikrokontroler je ključni deo Wireless IFOSIS-a. Od njegovog izbora zavise mnogi parametri uređaja. Izabran je Attiny 13 digitalni mikrokontroler proizvođača Atmel. Pokazalo se da za realizaciju uređaja korišćeni digitalni mikrokontroler sa svojim tehničkim mogućnostima potpuno odgovara zahtevima projektovanog uređaja. Attiny13 digitalni mikrokontroler je 8-bitni i neke od njegovih osnovnih karakteristika su:

- 1 KB programske fleš memorije,
- 64 B EEPROM memorije
- 64 B Interne SRAM memorije
- Jedan 8-bitni Timer/Counter sa preskalerom i dva PWM kanala
- 4-kanala, 10-bitni ADC sa internom naponskom referencom
- Programabilni Watchdog tajmer sa odvojenim oscilatorom na čipu
- Analogni komparator
- operativni napon napajanja od 2.7 do 5.5V
- brzina rada do 20 MIPS-a na 20 MHz.

Mikrokontroler koristi interni RC oscilator na 9.6MHz za generisanje internog taktnog signala. Na ovaj način je izbegnuto korišćenje eksternog kvarcnog oscilatora čime je dodatno dimenziono minimizovan realizovani uređaj. Softver za mikrokontroler je pisan u programskom jeziku C u razvojnom okruženju CodeVision. Za kompajliranje je korišćen CodeVision kompajler.

Izlaz fotodarlingtona je povezan na kanal ADC1. Za merenje ovog napona potrebna je veća preciznost i zato je korišćen 10-bitni ADC. Kalibracioni taster je povezan na I/O (ulazno-izlazne) portove digitalnog mikrokontrolera. Pin na koji je povezan taster je podešen da je na njemu stalno logička jedinica. Kada se taster pritisne, dovodi se logička nula i tada mikrokontroler šalje podatak da se vrši kalibracija. Pin koji upravlja tranzistorom, a time i LED diodom je podešen da drži logičku jedinicu, kako bi tranzistor provodio i kako bi LED dioda bila upaljena.

Svi I/O portovi imaju interne pull-up otpornike i nije ih potrebno dodavati spolja. Svi I/O portovi se mogu podešavati nezavisno jedni od drugih. I/O portovi takođe imaju i zaštitne diode kako za VCC, tako i za GND,

### **ZigBee modul za komunikaciju sa računarom**

Komunikacija sa računarom je bežična serijska RS232 komunikacija. Za ovu svrhu koristi se ZigBee modul XBee-PRO proizvođača MaxStream, Inc. Ovi moduli su dizajnirani da podržavaju ZigBee/IEEE 802.15.4 standarde i podrže jedinstvene potrebe jeftinih bežičnih senzorskih mreža niske potrošnje. Moduli imaju domet 100 m u zatvorenom prostoru dok imaju spoljni domet od 1500 m uz obavezno obezbeđenu optičku vidljivost između dva modula. Napajanje za ove module može da se kreće u opsegu od 2.8 do 3.4 V. XBee-PRO moduli daju mogućnost za pravljenje i konfigurisanje mreže sa visokim przinama protoka do 250000 Baud/s. Za konfiguraciju modula korišćen je softver X-CTU. Konekcija XBee-PRO modula sa mikrokontrolerom je urađena sa 4 žice: +3,3V, masa, TX i RX. XBee-PRO modul je konfigurisan da radi u Transparent modu. Kada modul radi u ovom modu ponaša se kao bežična serijska komunikacija. U ovom modu je potrebno da svi moduli imaju isti PAN-ID, modul koji šalje podatke broadcast-uje dok svi ostali moduli primaju podatke.

### **Napajanje**

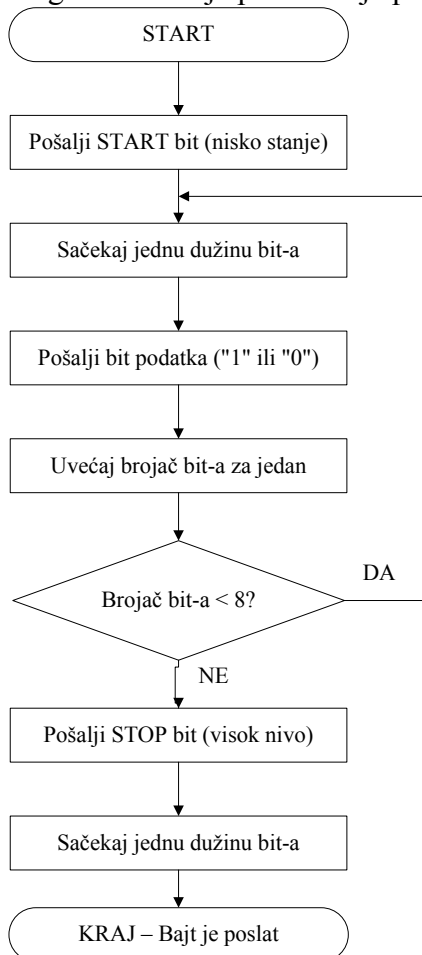
Napajanje elektronskog kola bežičnog IFOSIS-a je realizovano sa podesivim impulsnim regulatorom/stabilizatorom napona LM2575ADJ. Napon je stabilisan na 3.3 V jer je dozvoljeni napon napajanja za ZigBee modul u granicama od 2.8 do 3.4 V. Napon koji se dovodi na uređaj je iz punjive baterije napona 9 V. Impulsni stabilizator napona je korišćen zbog menadžmenta potrošnje uređaja. Baterija je preko razdelnika napona povezana na kanal AD konvertora ADC0. Kada napon padne ispod 8 V mikrokontroler šalje upozorenje da bateriju treba napuniti. Ovaj napon se meri 8-bitnim AD konvertorom, jer nije potrebno precizno merenje i time se štedi na energiji i memoriji mikrokontrolera i dobija na jednostavnosti pri pisanju korisničkog programa.

### **Softverski deo uređaja**

U ovom odeljku je opisan softver realizovanog uređaja. Serijska komunikacija je pisana softverski jer korišćeni mikrokontroler ne podržava UART komunikaciju. Tako da je opisan i postupak pisanja serijske komunikacije koja može biti primenjena na bilo koji kontroler koji ima 8-bitni tajmer.

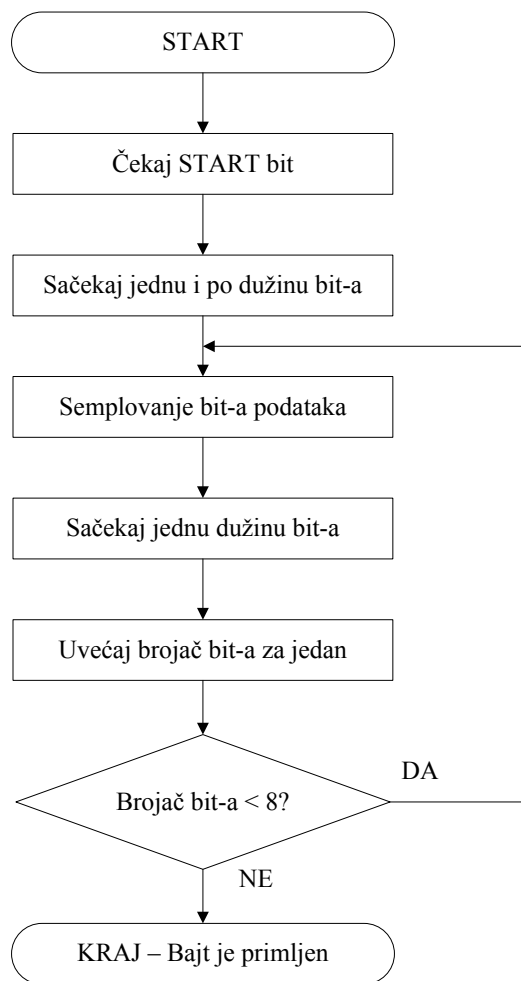
## Program za softversku serijsku komunikaciju

Da bi se napisao program potrebno je poštovati određeni algoritam. Postoji poseban algoritam za slanje podataka, a poseban za prijem podataka. Tako su i pisane dve različite funkcije. Jedna za slanje i druga za prijem podataka. Algoritam slanja podataka je prikazan na 4.



Slika 4. Algoritam slanja podataka putem UART-a.

Algoritam radi na sledeći način. Pošalje se START bit (nizak logički nivo) pa se zatim čeka jedna dužina bita. Time je obezbeđeno da START bit traje tačno određeno vreme. Zatim se šalje bit podatka i uvećava se brojač koji nam govori koliko je bita poslato. Tada ide provera brojača. Ako je broj manji od osam (jedan bajt ima osam bit-a pa se zato proverava da li je broj manji od osam) tada se ponovo čeka dužina jednog bita kako bi poslednji poslat bit bio tačno određene dužine. Ukoliko uslov nije ispunjen, tj. brojač je veći ili jednak osam, šalje se STOP bit, zatim pauza od jednog bita i time je slanje podatka završeno. Pomoću opisanog algoritma je napisana funkcija slanja podataka. Funkcija za prijem podataka je napisana pomoću algoritma za prijem podataka koji je dat na slici 5.



*Slika 5. Algoritam prijema podataka.*

U početnom stanju se čeka START bit. Zato se u programu stavlja logička jedinica kao inicijalno stanje. Kada se detektuje START bit, čeka se jedna i po dužina bita da bi se odabiranje vršilo na polovini svakog poslatog bita. Kada istekne pauza radi se semplovanje bita. Nakon svakog semplovanja ide pauza od jednog bita. Time se omogućuje da se sempluju biti tačno na polovini svakog poslatog bita, kao što je već opisano. Kada se operacija izvrši, brojač se uvećava za jedan. Ukoliko brojač nije izbrojao do osam, postupak semplovanja se ponavlja sve dok vrednost brojača ne bude osam. Tada je prijem podatka završen.

### **Kućiste laboratorijskog prototipa Wireless IFOSIS**

Laboratorijski prototip je upakovan u kompaktno plastično kućište dimenzija 10 cm x 6 cm x 2.5 cm (dužina x širina x visina). Na kućištu se nalazi prekidač za uključivanje i isključivanje uređaja. Na kutiji se takođe nalaze eksterno izvedeni predajnik i prijemnik tj. terminali za senzor (optičko vlakno) koji se kači na uređaj. Takođe na kućištu se nalazi kalibracioni taster kojim se vrši kalibracija sistema ukoliko je to potrebno za senzorske primene.

### **Osnovne operacije Wireless IFOSIS-a**

Kada se uređaj startuje na komunikacija sa računarom se uspostavlja. Pre merenja potrebno je izvršiti kalibraciju kako bi softver ukoliko se to zahteva merenjem i eksperimentom mogao da kalibriše dati senzor ili senzorski sistem. Pre samog merenja potrebno je izvršiti „nuliranje“ izlaznog signala sa ciljem potiskivanja početne DC vrednosti koju senzor daje. Tada se podesi podesi i željeno pojačanje sa potencimetrima koji se nalaze na elektronskoj pločici hardvera.

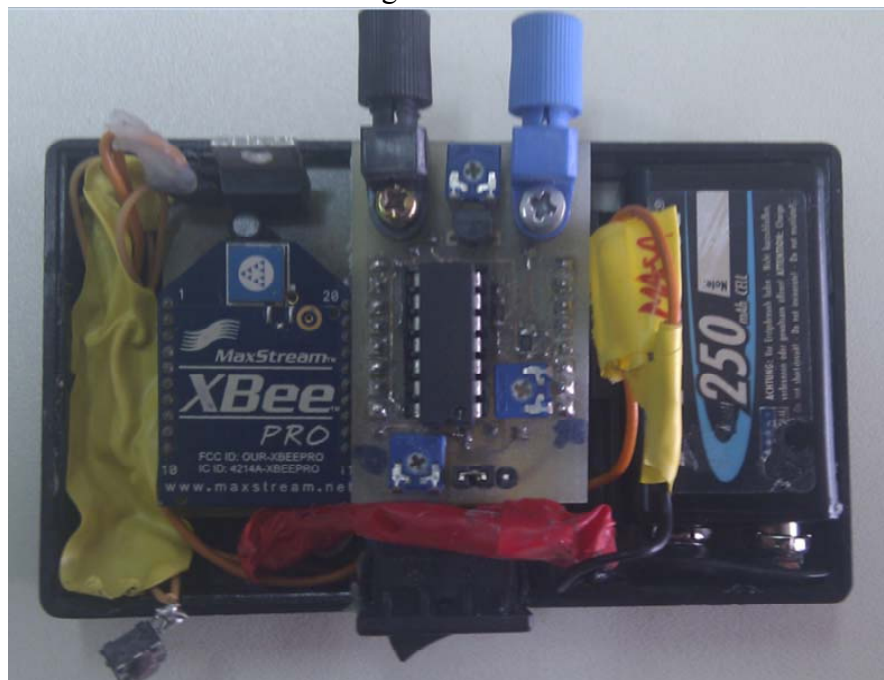
### Unapređenje Wireless IFOSIS-a

Realizovani uređaj svojim karakteristikama zadovoljava mnoge primene iz oblasti senzorike sa optičkim vlaknima. Realizovani uređaj bi mogao da se unapredi u pogledu dimenzija i dalji rad na ovom uređaju će se bazirati na njegovoj minimizaciji i menadžmentu potrošnje urešaja.

|                        |
|------------------------|
| <b>Tehnički podaci</b> |
|------------------------|

- Par optičkih izvora/detektora
- 10-bitna A/D konverzija
- Mikrokontroler proizvođača “Atmel” – Attiny 13
- Komunikacija sa računarom preko bežične serijske komunikacije sa ZigBee modulom

Laboratorijski prototip Wireless IFOSIS je upakovan u plastičnu kutiju dimenzija 10 cm x 6 cm x 2.5 cm (dužina x širina x visina). Na slici 10. je prikazan fizički izgled realizovanog laboratorijskog prototipa Wireless IFOSIS. Na uređaju se nalazi prekidač za uključenje i isključenje uređaja, taster za kalibraciju i konektori za LED i fotodarlington.



a)



b)

Slika 10. Fotografija laboratorijskog prototipa Wireless IFOSIS: a) otvoren uređaj, b) zatvoren.

### **Primena**

Laboratorijski prototip Wireless IFOSIS se uspešno primenjuje na katedri za elektroniku Fakulteta tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu. Primenjujući ovaj uređaj istraživači katedre za elektroniku su objavili nekoliko naučnih i stručnih radova sa raznim vrstama fiber-optičkih senzora baziranih na modulaciji intenziteta. Potrebe koje su dolazile istraživanjem dovele su opisani uređaj u stanje u kakvom se sada nalazi, i može se reći da primena ovog uređaja može biti univerzalna za bilo koji intenziometrijski senzor fiber-optičkog tipa.

### **Tehničke karakteristike**

**Radna temperatura:** od 0°C do 50°C

**Broj kanala:** 1

**Rezolucija merenja signala:** 10-bitna

**Komunikacija sa računarom:** bežična serijska komunikacija putem ZigBee modula

**Domet:** 100 m u zatvorenom prostoru, 1500 m napolju ukoliko je obezbeđena optička vidljivost

### **Opšti radni uslovi**

| Naziv parametra | Jedinica | Referentni uslovi | Radni uslovi | Granični uslovi |
|-----------------|----------|-------------------|--------------|-----------------|
| Temperatura     | °C       | 20±1              | od 0 do 50   | od -20 do 60    |

**Wireless IFOSIS je razvijen od strane Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada u okviru projekata III43008: „Razvoj metoda, senzora i sistema za praćenje kvaliteta vode, vazduha i zemljišta“ i III45003: „Optoelektronski nanodimenzioni sistemi – put ka primeni“.**

**Štampano – Januar 2013.**

## RECENZIJA Tehničkog rešenja

### **Bežični intenzimetrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS**

**Autora: Dragan Stupar, Jovan Bajić, Bojan Dakić, Miloš Slankamenac, Miloš Živanov**

#### **OPŠTI PODACI**

Predloženi uređaj bežični intenzimetrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem – Wireless IFOSIS se sastoji od para optičkih prijemnika i predajnika koji bežičnim putem šalje podatke na računar. Realizovani uređaj ima mogućnost merenja intenziteta svetlosti u plastičnom optičkom vlaknu sa mogućnošću bežičnog slanja informacija putem ZigBee komunikacije. ZigBee komunikacija omogućava vrlo jednostavno povezivanje na računar i/ili povezivanje sa drugim istim ili sličnim senzorskim modulima sa mogućnošću vrlo jednostavnog uspostavljanja bežične senzorske mreže. Uređaj je razvijen za potrebe istraživanja na dva projekta integralnih i interdisciplinarnih istraživanja gde je bilo neophodno bežično merenje sa senzorima koji se baziraju na optičkom vlaknu.

#### **Tehničke karakteristike:**

Tehničko rešenje koje predlažu autori „bežični intenzimetrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem – Wireless IFOSIS“ razmatra jedan od bitnih sistema za bežična merenja sa plastičnim optičkim vlaknima. Predloženo rešenje ima veoma veliku primenu kod senzora i senzorskih sistema koji su bazirani na promeni intenziteta u optičkom vlaknu. Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0°C do 50°C

Izvor svetlosti - LED

Fotodetektor – Fotodarlington

Rezolucija merenja: 10 bita

Napajanje: Baterijsko – punjiva baterija 9 V

Komunikacija: ZigBee

Autori su predloženi uređaj razvili za potrebe istraživanja na projektu integralnih i interdisciplinarnih istraživanja za razvoj senzora i senzorskih sistema baziranih na promeni intenziteta svetlosti u optičkom vlaknu. Autori su publikovali nekoliko naučnih radova koristeći predloženi prototip kao merni sistem.

#### **Tehničke mogućnosti:**

Predloženi Wireless IFOSIS uređaj predstavlja sistem za bežično merenje intenziteta svetlosti u plastičnim optičkim vlaknima. Wireless IFOSIS predstavlja uređaj za merenje intenziteta svetlosti u plastičnim optičkim vlaknima sa bežičnim prenosom podataka od optičkog vlakna do računara. Bežična komunikacija je realizovana sa ZigBee komunikacionim modulima. Uređaj je projektovan za rad prvenstveno sa plastičnim optičkim vlaknima prečnika 1 mm, ali se jednostavno može prilagoditi i za rad sa drugim prečnicima plastičnih optičkih vlakana. Komunikacija uređaja sa korisnikom se odvija preko korisničkog interfejsa na PC računaru gde se beleže, obrađuju i tumače mereni rezultati. Mogućnosti analize i obrade signala na računaru su otvorene za korisnika što je pogodno za istraživačke delatnosti iz oblasti optoelektronike i fotonike.

#### **MIŠLJENJE RECENZENTA**

Tehničko rešenje laboratorijski prototip „Bežični intenzimetrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS“ je razvijeno i testirano u laboratoriji za optoelektroniku

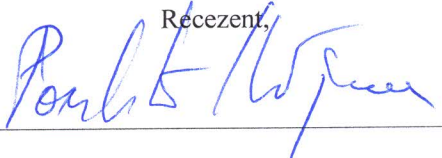
katedre za elektroniku Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu. Ovo tehničko rešenje proisteklo je iz rada na dva projekta integralnih i interdisciplinarnih istraživanja pod nazivom „Razvoj metoda, senzora i sistema za praćenje kvaliteta vode, vazduha i zemljišta“ pod šifrom III43008 i „Optoelektronski nanodimenzioni sistemi – put ka primeni“ pod šifrom III45003, koje je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Tehničko rešenja – laboratorijski prototip „Bežični intenzimetrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS“ predstavlja originalno rešenje autora u kome su primenjeni savremeni metodi za merenje signala i komunikaciju uređaja sa računarom.

Na osnovu prethodno izloženog preporučujem Naučno-nastavnom veću Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu da prijavljeno tehničko rešenje – laboratorijski prototip „Bežični intenzimetrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS“ prihvati kao:

**Tehničko rešenje – Laboratorijski prototip (M85).**

Novi Sad 15.01.2013. godine

Recezent,  
  
Dr Nebojša Romčević, naučni savetnik  
Institut za fiziku  
Univerzitet u Beogradu

RECENZIJIA TEHNIČKOG REŠENJA

**Bežični intenziometrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS**

*autori: Dragan Stupar, Jovan Bajić, Bojan Dakić, Miloš Slankamenac, Miloš Živanov*

**Opšti podaci**

Projektovan je i realizovan bežični intenziometrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem – Wireless IFOSIS. Projektovani merni sistem se sastoji od para optičkih prijemnika i predajnika koji bežičnim putem šalje podatke na računar. Realizovani uređaj ima mogućnost merenja intenziteta svetlosti u plastičnom optičkom vlaknu sa mogućnošću bežičnog slanja informacija putem ZigBee komunikacije. ZigBee komunikacija omogućava vrlo jednostavno povezivanje na računar i/ili povezivanje sa drugim istim ili sličnim senzorskim modulima sa mogućnošću vrlo jednostavnog uspostavljanja bežične senzorske mreže. Uređaj je razvijen za potrebe istraživanja na dva projekta integralnih i interdisciplinarnih istraživanja gde je bilo neophodno bežično merenje sa sensorima koji se baziraju na optičkom vlaknu. Uređaj je projektovan sa merenja gde je neophodno daljinsko i bežično merenje gde komunikacija putem optičkog vlakna nije moguća.

**Tehničke karakteristike:**

- Radna temperatura: od 0°C do 50°C
- Izvor svetlosti - LED
- Fotodetektor – Fotodarlington
- Rezolucija merenja: 10 bita
- Napajanje: Baterijsko – punjiva baterija 9 V
- Komunikacija: ZigBee

**Tehničke mogućnosti:**

Predloženi bežični IFOSIS uređaj predstavlja namenski sistem za merenje intenziteta svetlosti u plastičnom optičkom vlaknu. Uređaj je projektovan za merenja sa plastičnim optičkim vlaknima prečnika 1 mm, u sa ciljem istraživanja u oblasti senzora beziranih na plastičnim optičkim vlaknima. Bežična komunikacija je realizovana sa ZigBee komunikacionim modulima. Uređaj je projektovan za rad prvenstveno sa plastičnim optičkim vlaknima prečnika 1 mm, ali se jednostavno može prilagoditi i za rad sa drugim prečnicima plastičnih optičkih vlakana. Komunikacija uređaja sa korisnikom se odvija preko korisničkog interfejsa na PC računaru gde se beleže, obrađuju i tumače mereni rezultati. Mogućnosti analize i obrade signala na računaru su otvorene za korisnika što je pogodno za istraživačke delatnosti iz oblasti optoelektronike i fotonike.

**Tehnički podaci:**

- Par optičkih izvora/detektora
- 10-bitna A/D konverzija
- Mikrokontroler proizvođača "Atmel" – Attiny 13
- Komunikacija sa računalom preko bežične serijske komunikacije sa ZigBee modulom

\* \* \*

Namenski realizovan sistem Wireless IFOSIS je rešenje autora realizovano radom na dva projekta integralnih i interdisciplinarnih istraživanja pod nazivom „Razvoj metoda, senzora i sistema za praćenje kvaliteta vode, vazduha i zemljišta“ pod šifrom III43008 i „Optoelektronski nanodimenzioni sistemi – put ka primeni“ pod šifrom III45003, koje je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## **MIŠLJENJE RECENZENTA**

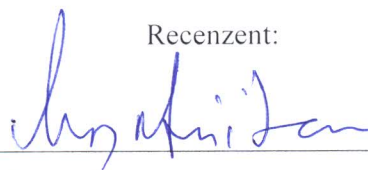
Realizovani merni sistem **Bežični intenziometrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS** je veoma koristan uređaj za istraživanja iz oblasti optoelektronike i fotonike. Realizovani uređaj ima funkcije koje omogućavaju merenja sa fiber-optičkim senzorima koji se baziraju na promeni intenziteta svetlosti u optičkom vlaknu. Prednost predloženog tehničkog rešenja je njegova jednostavnost, kompaktnost i mogućnost daljinskog merenja što je u nekim primenama gotovo jedino rešenje.

Realizovano tehničko rešenje je delo navedenih autora. U realizaciji ovog rešenja korišćena su savremena znanja i moderna elektronska rešenja tako da uređaj zadovoljava i zahtevne potrebe intenzitetskih senzorskih rešenja.

Na osnovu priložene dokumentacije za predloženi uređaj **Bežični intenziometrijski fiber-optički senzorski interogatorski sistem - Wireless IFOSIS** i ovde prethodno navedenih činjenica predlažem Nastavno-naučnom veću Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu da prijavljeno tehničko rešenje prihvati kao:

**Tehničko rešenje – Laboratorijski prototip (M85).**

Recenzent:



Dr Zoran Mijatović, redovni profesor

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sad

Novi Sad, 15.01.2013. god.



УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија  
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000  
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763  
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftnDean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАН  
СИСТЕМ  
МЕНАџМЕНТА  
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2013-01-30

## ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 4. редовној седници одржаној дана 30.01.2013. године, донело је следећу одлуку:

*-непотребно изостављено-*

**Тачка 15.1.29.: Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње / верификација нових техничких решења**

Одлука

На основу позитивног извештаја рецензената верификује се  
**техничко решење (М85) под називом:**

**БЕЖИЧНИ ИНТЕНЗИОМЕТРИЈСКИ ФИБЕР-ОПТИЧКИ СЕНЗОРСКИ  
ИНТЕРОГАТОРСКИ СИСТЕМ – WIRELESS IFOSIS.**

Аутори техничког решења: Драган Ступар, Јован Бајић, Бојан Дакић, др Милош Сланкаменац, проф. др Милош Живанов.

*-непотребно изостављено-*

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података проверава:  
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

  
Проф. др Раде Дорословачки