



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

ИНТЕЛЕКТУАЛНИ
СИСТЕМ
МЕРЕЊА И
СЕРТИФИКАЦИЈА



Наш број: _____

Ваш број: _____

Датум: _____

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 38. редовној седници одржаној дана 28.1.2020. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 13. Питања научноистраживачког и уметничкоистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 13.1.1: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

„ЕЛЕКТРОНСКИ СИСТЕМ ЗА МЕРЕЊЕ БОЈЕ ШТАМПАНИХ УЗОРАКА НА БАЗИ КОЛИРИМЕТРИЈСКЕ МЕТОДЕ“

Аутори: Бранислав Батинић, Јован Бајић, Владимир Рајс, Милош Арбанас, Ненад Кулунџић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл.правник

Тачност података проверио
Секретар

Иван Нешковић, дипл.правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

Laboratorijski prototip: Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode

Rukovodilac projekta: dr Vladimir Rajs

Odgovorno lice: MSc Branislav Batinić

Autori: MSc Branislav Batinić, dr Jovan Bajic, dr Vladimir Rajs, MSc Miloš Arbanas, MSc Nenad Kulundžić

Razvijeno: Jun, 2019

Primena: 1.8.2019.

Kratak opis

Tehničke mogućnosti realizovanog uređaja:

U ovom tehničkom rešenju realizovan je elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode. Ovaj sistem koristi šest LED izvora za osvetljavanje uzorka čija se boja određuje, i širokopojasni silicijumski fotodetektor za detekciju reflektovane svetlosti od uzorka. Merna sonda implementovana je uz pomoć plastičnih optičkih vlakana prečnika 1 mm. Metoda određivanja boje se zasniva na estimaciji spektra zračenja svetlosnih talasa na taj način što se vrši interpolacija nad merenim vrednostima spektralne snage zračenja koje emituju LED izvori sa dominantnim talasnim dužinama: 400 nm, 457 nm, 517 nm, 572 nm, 632 nm i 700 nm. Korisnik upravlja radom uređaja pomoću korisničkog interfejsa na LCD-u, gde podešava režim rada pomoću rezistivnog ekrana osetljivog na dodir. Uređaj je moguće povezati sa računarom putem USB kabla ili sa pametnim telefonom putem Bluetooth tehnologije u svrhu daljeg procesiranja dobijenih rezultata merenja.

Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0°C do 50°C;

LED (*Light Emitting Diode*) svetlosni izvori: 6 kanala, ultrabright LED 5mm;

Dominantne talasne dužine LED izvora: 400 nm, 457 nm, 517 nm, 572 nm, 632 nm, 700 nm;

Tri Fotodetektora – „Light to Voltage converter“, širokopojasni, silicijumski;

Rezolucija odabiranja signala sa fotodetektora: 12-bit; a;

Kodovanje signala: vremensko-frekvencijsko;

Dekodovanje signala: digitalno filtriranje, Batervortov filter 8-reda;

Mogućnost bežičnog spajanja putem *Bluetooth* tehnologije sa pametnim telefonom radi prosleđivanja podatka na *cloud* servis i naknadne analize dobijenih rezultata;

Potrošnja uređaja u radnom režimu: ~1000 mA.

Realizator:

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

Uređaj je realizovan u okviru projekta III43008.

Stanje u svetu

Boja objekta se može određivati uređajima kao što su kolorimetri ili spektrofotometri. Merenja uz pomoć kolorimetara mogu se uporediti sa percepcijom opažanja boje na način kako to čini

ljudski mozak. Upadni svetlosni zrak se deli na tri putanje koje sadrže odgovarajuće filtere iza kojih su postavljeni fotodetektor i na taj način se direktno očitavaju tristimulusne vrednosti. Sa druge strane, spektrofotometri obezbeđuju spektralnu analizu reflektujućih/transmisionih svojstava objekata po talasnim dužinama u opsegu vidljivog dela spektra, konačnom rezolucijom (najčešće u koracima po 5 nm). Kao rezultat merenja, dobija se spektralna kriva, ali i u ovom slučaju, boja takođe može da se izrazi tristimulusnim vrednostima X, Z i Y.

Glavni nedostatak kolorimetra je to što je on limitiran na samo jedan standardni izvor, i stoga ovakav uređaj ne može da detektuje razliku između metamernih boja (da bi se videlo kako uzorci izgledaju pri drugačijim tipovima osvetljenja potrebno je vršiti hromatsku adaptaciju). Kvalitet filtera koji odgovaraju krivama podudaranja boja je od ključnog značaja da bi se postigla što bolja tačnost kolorimetra. Ukoliko ove krive odstupaju od krivih podudaranja boja koje je definisala CIE (*International Commission on Illumination*), očitavanja kolorimetra će biti manje precizna.

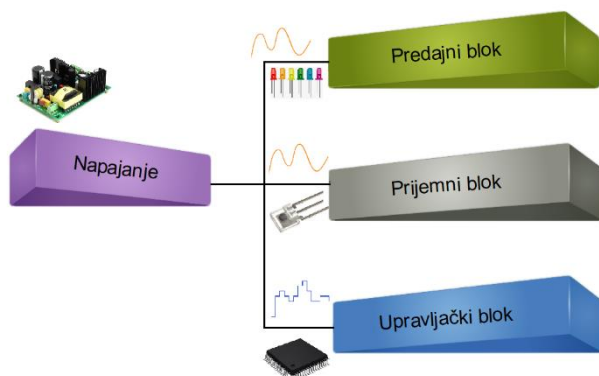
Iako spektrofotometri spadaju u veoma precizne i pouzdane uređaje za merenje boje, njihova primena je obično limitirana za laboratorijske potrebe i to najčešće u svrhu istraživanja i razvoja. Ovi uređaji su manje robustni i njihova implementacija je veoma skupa zbog prisustva disperzionih elemenata, optičkih sočiva i ogledala.

Kao kompromisno rešenje za pouzdanu metodu određivanja boje, ovim tehničkim rešenjem je predstavljen uređaj koji prevazilazi napomenute nedostatke kolorimetra, a sa druge strane, znatno je jednostavniji u odnosu na spektrofotometar. Odlikuju ga kompaktnost, visoke performanse i niska cena izrade. Takođe, još jedna prednost uređaja je to što je merna sonda realizovana pomoću plastičnih optičkih vlakana, pa je samim tim omogućeno precizno pozicioniranje sonde na uzorak čija se boja meri, voodootpornost, kao i otpornost na elektromagnetne smetnje.

Konstrukcija elektronskog uređaja

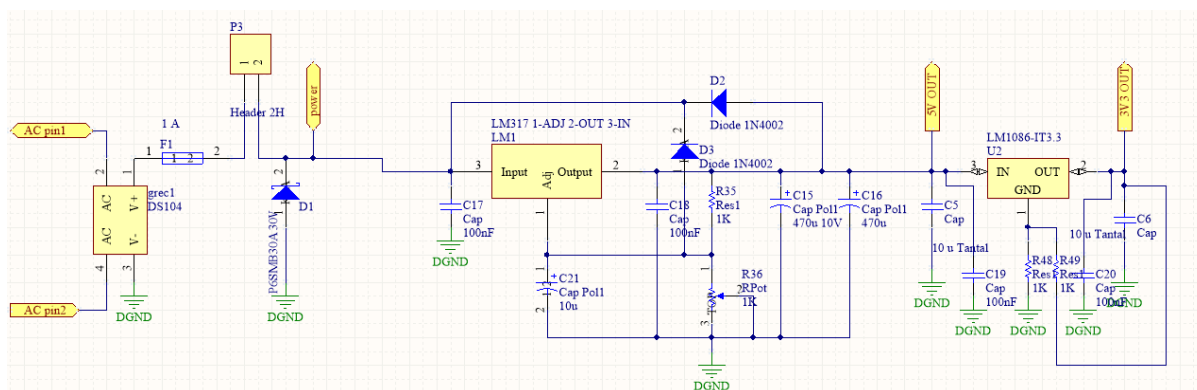
Hardverska struktura

Hardverska struktura uređaja se može sagledati iz nekoliko blokova. Prvi blok obezbeđuje stabilisano napajanje kako za analogne, tako i za digitalne komponente. Drugi blok predstavlja predajni deo sistema koji ima zadatak da pobuđuje LED izvore periodičnim četvrtkama određene frekvencije u tačno definisanim vremenskim intervalima. Treći blok ima zadatak da primi reflektovane svetlosne signale od uzorka, konvertuje ih u električnu veličinu – napon, odstrani jednosmernu komponentu i visokofrekventne smetnje, a zatim pojača koristan signal. Četvrti blok je upravljački blok, i on obavlja nekoliko funkcija: konverziju analognih signala u digitalne, demodulisanje primljenih signala, obradu i prikaz rezultata na displeju, prosleđivanje podataka bežično ili putem USB-a, kao obradu zahteva koji dolaze od korisnika. Ova struktura je prikazana na blok šemi na **Slici 1**.



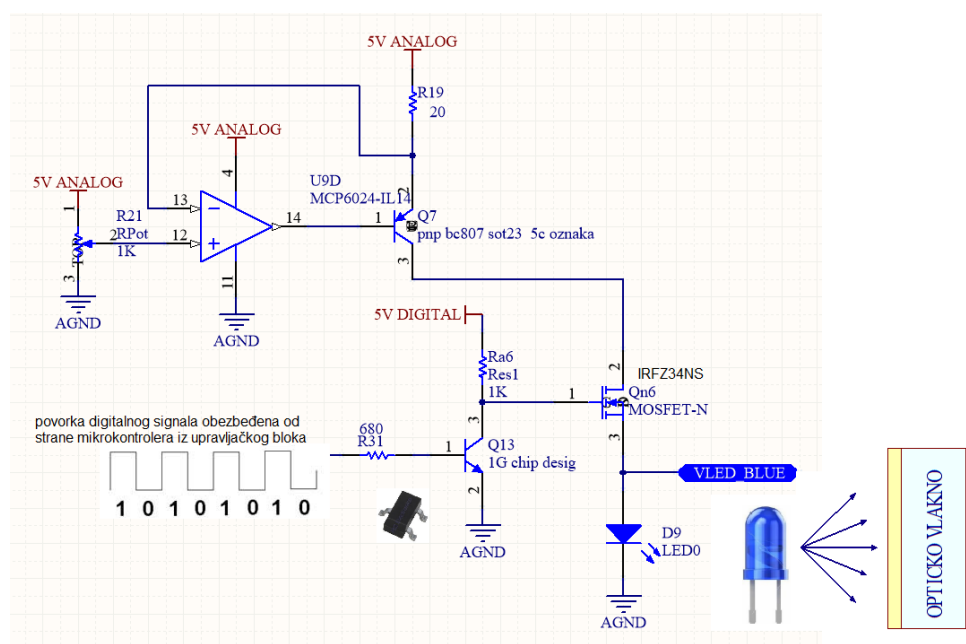
Slika 1. Blok šema hardverskog sklopa

Na ulaz bloka za napajanje moguće je dovesti jednosmerni napon u opsegu 7 – 15 V_(DC) ili pak naizmenični napon 7 – 15 V_(AC) pp. (*peak to peak*) - postoji zaštita od obrtanja polariteta / mogućnost ispravljanja naizmeničnog napona (na ulazu bloka nalazi se Grecov usmerač). U ovom bloku vrši se stabilisanje napona linearnim regulatorom LM317 na 5 V, kao i stabilisanje napona prekidačkim regulatorom LM1086 na 3V3. Razlog korišćenja linearnog regulatora u ovom uređaju uprkos njegovoj lošijoj efikasnosti je to što su predajni i prijemni blok koncipirani za rad sa analognim signalima, gde ovi regulatori imaju veliku prednost nad prekidačkim (smetnje koje generišu prekidačka napajanja vrlo lako bi mogle „zaprljati“ neke od analognih signala u kolu). Upravljački blok je projektovan za rad sa digitalnim signalima, te je za njegovo napajanje iskorišćen prekidački tip naponskog regulatora. Električna šema bloka za napajanje data je na **Slici 2**.



Slika 2. Električna šema bloka za napajanje

U predjanom bloku se nalazi šest LED izvora, koji se u određenim vremenskim intervalima pobuđuju pulsirajućim naponskim signalima (četvrtkama) odgovarajućih frekvencija. Na ovaj način se vrši modulacija predajnih signala. Električna šema strujnog drajvera koji upravlja LED izvorom prikazana je na **Slici 3**.



Slika 3. Strujni drajver za pobudu LED izvora (el. šema je identična za svaki od 6 korišćenih LED drajvera)

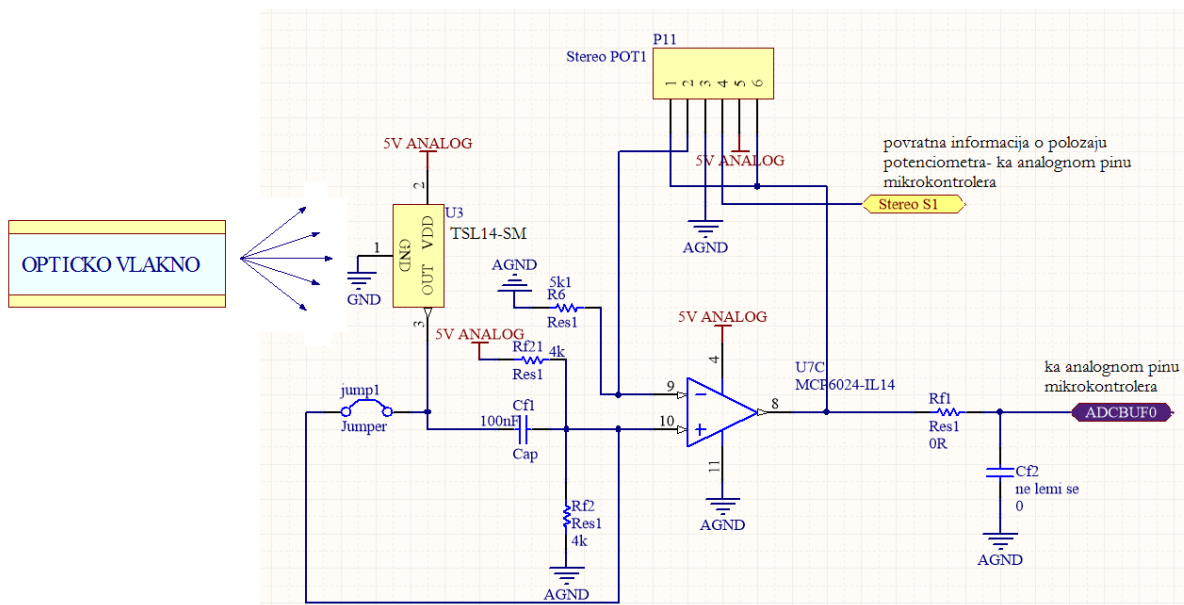
Strujni izvor u ovom sklopu čine otpornik R19, transistor Q7, operacioni pojačavač MCP6024 i potencijometar R21. Prednost korišćenja ovakvog strujnog izvora je u tome što je jačina struje kroz granu potrošača nezavisna od otpornosti potrošača. Potencijometar R21 ima funkciju razdelnika napona, koji obezbeđuje referentni napon V_{ref} na neinvertujućem ulazu operacionog pojačavača. Bipolarni PNP tranzistor BC807 (Q7 na **Slici 3**) je u ulozi strujnog pojačavača. Struja u grani emiter-kolektor biće h_{FE} puta veća od struje spoja emiter-baza. Operacioni pojačavač može da varira struju emiter-baza tranzistora Q7. Kada ovo kolo ispravno radi i isporučuje struju potrošaču, napon na bazi Q7 bi trebao biti za 0.7 V niži od napona na emiteru. Pad napona emitor-kolektor je obično nešto veći od 0.3 V.

Operacioni pojačavač će stalno nastojati da održava što minimalniju razliku između napona na invertujućem i neinvertujućem ulazu. Drugim rečima, napon na emiteru će biti jednak referentnom naponu V_{ref} (naponu klizača potencijometra R21). Izlazna struja zavisi od otpornosti R19 i napona na klizaču potencijometra, i može se iskazati pomoću izraza (1):

$$I_{OUT} = \frac{V_{CC} - V_{ref}}{R_{19}} \quad (1)$$

Budući da je LED izvore u predajnom kolu potrebno pobuđivati impulsima odgovarajuće frekvencije koje će generisati mikrokontroler, a pošto postoji razlika u naponskim nivoima, u tu svrhu je realizovan prilagodni deo predajnog kola koga čine tranzistori Qn6 i Q13, otpornici Ra6 i R31. Tranzistor Qn6 je N kanalni MOSFET sa veoma malom otpornošću između elektroda drejna i sorsa u uključenom stanju. Na upravljačku elektrodu ovog tranzistora (IRFZ34NS) je potrebno dovesti minimalan napon $V_{GS} \geq 10V$ kako bi on proveo (zatvorio „prekidač“ ka LED izvoru), a pošto se upravljanje vrši sa izlaznog pina mikrokontrolera čiji je radni napon 5 V, dodat je i NPN tranzistor Q13 (BC847) i povezan u kolo kao prekidač uz otpornike Ra6 i R31 radi prilagođenja naponske logike.

Na ulazu prijemnog kola (**Slika 4**) nalazi se silicijumski fotodetektor, TSL-14SM, koji se sastoji od integrisane fotodiode i transimpedansnog pojačavača sa otpornikom od 5 M Ω u kolu povratne sprege. Ovaj senzor reaguje na svetlost u opsegu talasnih dužina 320-1050 nm, i na svom izlazu daje linearnu promenu napona sa promenom intenziteta upadne svetlosti na fotodiodi. Kako je ovaj signal sa senzora veoma slab za dalju obradu, prijemno kolo sadrži i neinvertujući operacioni pojačavač sa izmenjivim pojačanjem koje omogućuje potencijometar P11. U cilju eliminisanja jednosmerne komponente osvetljenja doadati je pasivni (CR) filter prvog reda koga sačinjavaju C_{f1} i R_{f2}. Isto tako, da bi se eliminisale visokofrekventne smetnje, korišćen je pasivni RC filter prvog reda koga sačinjavaju R_{f1} i C_{f2}. Uz pomoć ova dva filtra ograničava se propusni opseg korisnog signala koji se može pojaviti na izlazu prijemnog bloka. Na mesto potencijometra P11 postavljen je stereo potencijometar kako bi se u upravljački blok (ka A/D konvertoru mikrokontrolera) vratila povratna informacija o podešenom pojačanju.



Sprema predajnog bloka sa prijemnim omogućena je preko sonde koja je sačinjena od optičkih vlakana. Na predajnoj strani se putem šest LED izvora ubacije svetlost u vlakna, a zatim ta svetlost osvetljava uzorak čija se boja određuje. Reflektovani deo svetlosti od uzorka upada u prijemno optičko vlakno koje ovu svetlost sprovodi do prijemnog bloka. Sonda je koncipirana tako da je prijemno optičko vlakno postavljeno u centar, a oko njega je u krug poređano šest predajnih optičkih vlakana. Ilustracija sonde prikazana je na **Slici 5**.



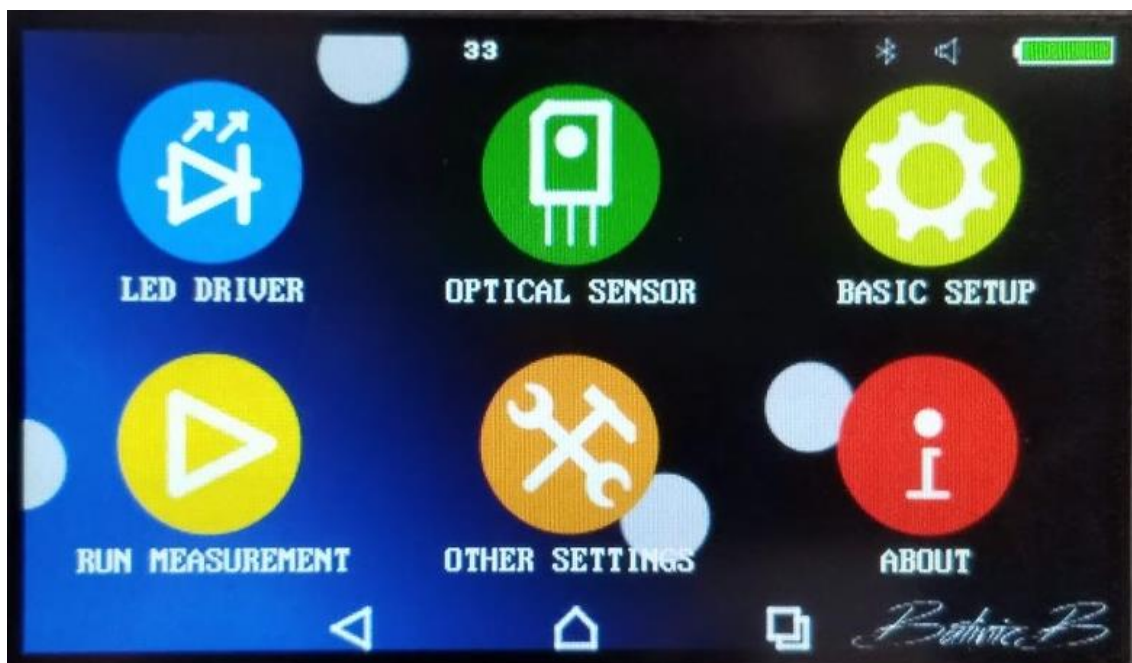
Upravljački blok sadrži dva mikrokontrolera, LCD ekran, eksternu EEPROM memoriju i Bluetooth modul.

Prvi mikrokontroler opslužuje analogne delove sklopa i zadužen je za upravljanje LED drajverima na predajnom delu, za A/D konverziju i za dekodovanje signala sa prijemnog bloka. Za ove potrebe je odabran kontroler dsPIC30F4013 proizvođača *Microchip*. LED drajveri na predajnom delu se koduju koristeći kombinaciju vremenskog i frekvencijskog multipleksiranja, gde se u prvoj poluperiodi vremenskog multipleksiranja pobuđuju tri predajne LED na tri različite frekvencije 2,5 kHz, 5 kHz i 10 kHz, a u drugoj poluperiodi se pobuđuju preostale tri

LED, na identičnim frekvencijama. Rezolucija A/D konverzije je 12-bitna. Dekodovanje prijemnih signala obezbeđeno je implementacijom funkcija koje vrše filtriranje signala na bazi IIR (*Infinite Impulse Response*) Batervortovih filtara 8-og reda.

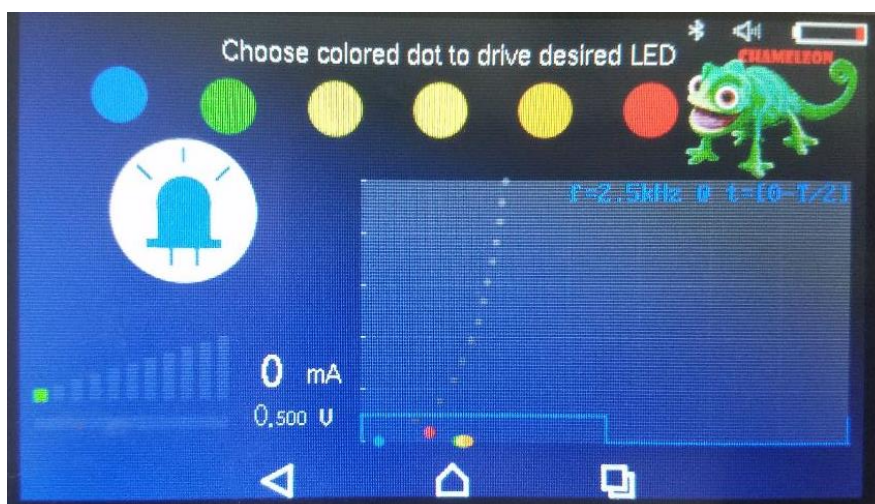
Drugi mikrokontroler opslužuje LCD ekran, ostvaruje vezu sa bluetooth modulom radi bežičnog slanja podataka i koristi eksternu EEPROM memoriju za očitavanje i upis određenih parametara. Za ove potrebe iskorišćen je mikrokontroler dsPIC33FJ128MC802. LCD ekran ima dijagonalu 4,3" i opremljen je rezistivnom „tač“ (*od En. touch*) mrežom koja korisniku omogućava intuitivnu interakciju sa uređajem.

Glavni meni uređaja sačinjen je od nekoliko podmenija, kao što je prikazano na **Slici 6**.



Slika 6. Glavni meni uređaja

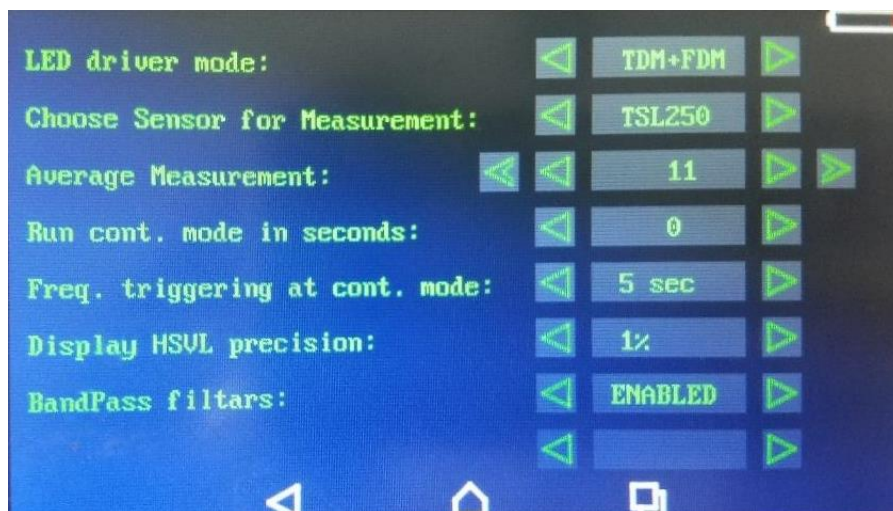
U podmeniju **LED Driver** može se pratiti stanje parametara kao što su jačina struje, oblik napona i frekvencija pobude na svakom od šest kanala LED izvora. Ovaj podmeni je ilustrovan na **Slici 7**.



Slika 7. Podmeni za praćenje stanja parametara LED izvora

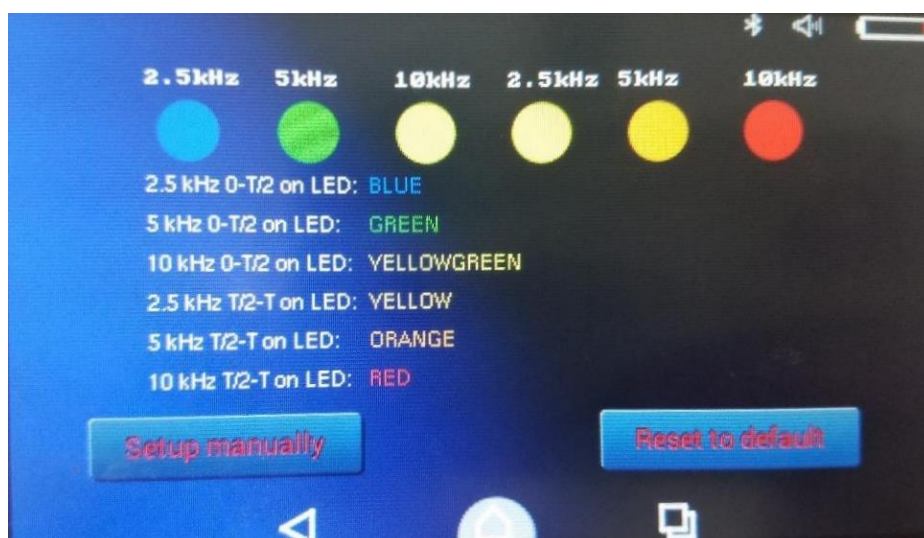
U podmeniju **Optical Sensor** može se odabrati jedan od tri realizovana kanala za prijem i pratiti trenutno pojačanje signala koje je podešeno pomeranjem klizača potenciometra.

Podmeni **Basic Setup** sadrži parametre koje je moguće promeniti u zavisnosti od željenog režima rada (Slika 8).



Slika 8. Podešavanje parametara i režima rada uređaja

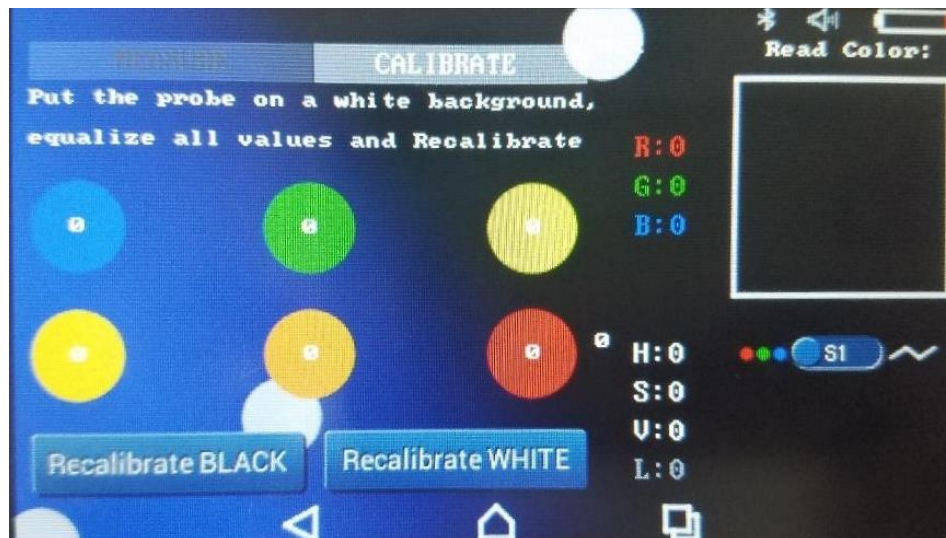
Na **Slici 9** prikazani su predajni kanali (LED izvori) kojima su dodeljene frekvencije i koji su podešeni za rad u kombinovanom TDM+FDM režimu, gde prva tri kanala imaju pobudu na različitim frekvencijama, ali samo u toku prve poluperiode, a preostala tri kanala istovremeno imaju pobudu različitih frekvencija, ali samo tokom druge poluperiode.



Slika 9. Dodela pobuda predajnim kanalima u režimu TDM+FDM

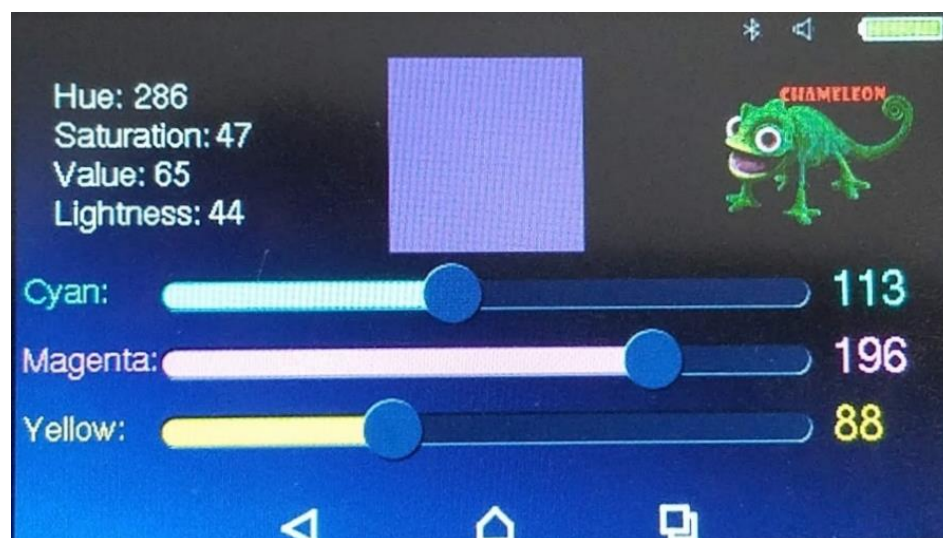
Podmeni **Run Measurement** omogućava kalibraciju uređaja i određivanje boje štampanog uzorka. Kalibraciju je moguće izvršiti postavljanjem sonde na referentnu belu podlogu (uslovi maksimalne refleksije svetlosti od podloge). Na ekranu se prikazuju očitane vrednosti naponskog signala sa fotodetektora, koje odgovaraju intenzitetu zračenja predajnih kanala LED na odgovarajućim talasnim dužinama. Ove vrednosti na beloj podlozi treba podesiti da budu približno istih intenziteta, a moguće ih je podešavati analognim potenciometrima koji su

predviđeni za upravljanje predajnim blokom (označeno na **Slici 15**). Treba imati u vidu da, kada se koristi režim frekventnog ili kombinovanog frekventnog sa vremenskim multipleksiranjem dolazi do smanjivanja dinamičnog opsega zbog načina kodovanja predajnih signala. Nakon kalibracije sonde, uređaj je spreman za merenje boje podloge. Prilikom određivanja boje, sonda se postavlja iznad štampanog uzorka na istoj udaljenosti na kojoj je kalibrisana (npr. 1 mm iznad uzorka).

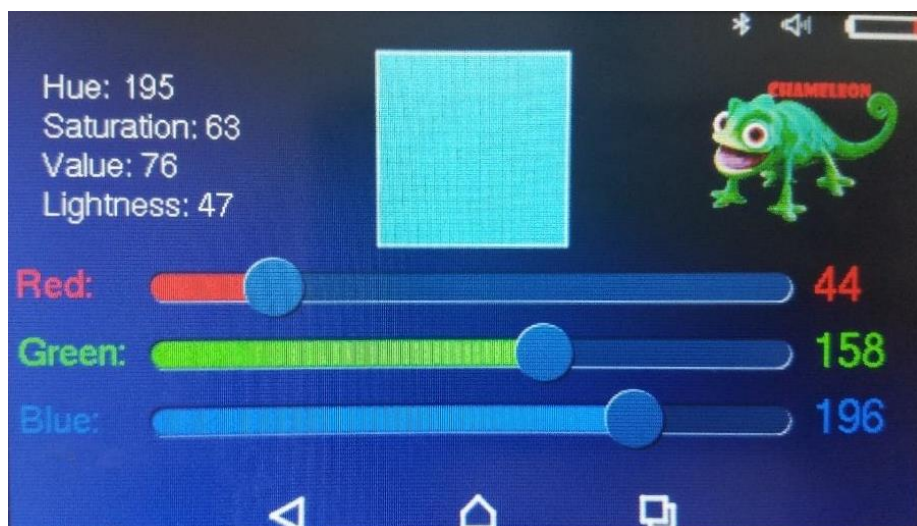


Slika 10. Podmeni za kalibraciju sonde / merenje boje

U podmeniju **Other Settings** mogu se pronaći dodatna podešavanja vezana za interfejs uređaja, ali i dodatne aplikacije kao što je npr. Aplikacija za mešanje boja (HSV, RGB ili CMY) kao i njihovu konverziju iz jednog prostora u neki od navedenih (**Slika 11, 12**).



Slika 11. Aplikacija za mešanje boja u CMY prostoru

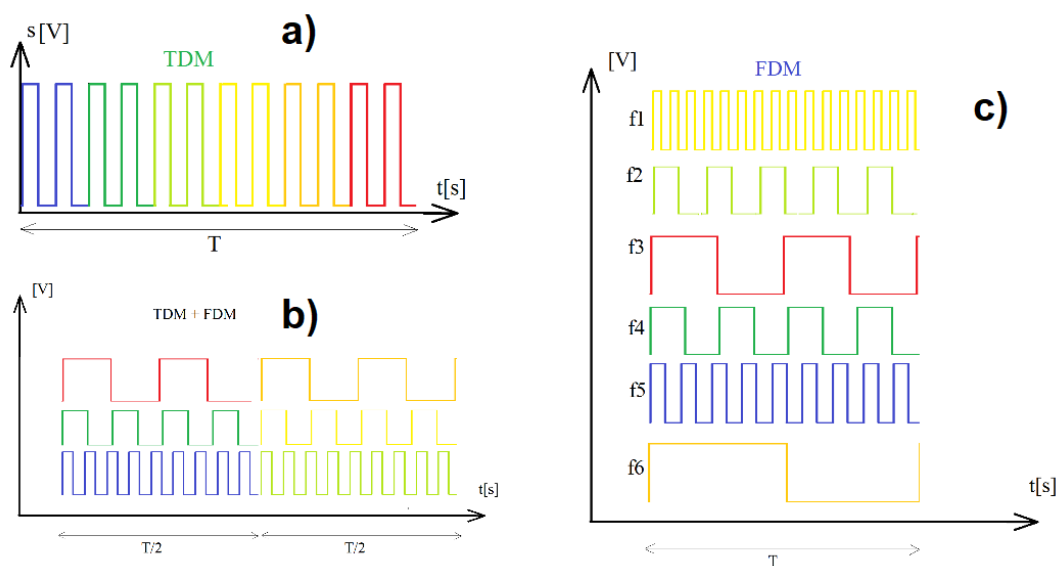


Slika 12. Mešanje boja u RGB prostoru

Organizacija firmvera

Budući da ovaj sklop poseduje dva mikrokontrolera, firmver ovog uređaja je organizovan u dve celine.

Prvi deo firmvera pisan je za mikrokontroler dsPIC30F4013 i ovaj mikrokontroler vrši upravljanje povorkom signala na predajnim kanalima (drajveri za LED), ali i očitava i konvertuje podatke sa prijemnog kola. Na predajnoj strani su moguće tri vrste multipleksiranja signala, i to vremensko (TDM), frekvencijsko (FDM) i kombinovano vremensko-frekvencijsko (TDM+FDM). TDM daje bolje rezultate u poređenju sa frekvencijskim, ali je u ovom slučaju odziv sistema veoma spor. FDM obezbeđuje bolje rezultate u pogledu brzine, ali ovde se javljaju problemi sa dinamičkim opsegom i harmonicima signala na neparnim umnošcima osnovne frekvencije. Kao kompromisno rešenje između ova dva opisana, implementovano je i treće, kombinovano TDM+FDM multipleksiranje. U zavisnosti od odabira željenog moda multipleksiranja, vrši se pobuda u vidu pulsirajućih signala-četvrtki na predajnom kolu, kojom upravljaju 16-bitni tajmeri ovog mikrokontrolera. Slika 13 ilustruje opisane načine multipleksiranja signala.



Slika 13. Multipleksiranje predajnih signala (upravljanje LED izvorima)

Frekvencije na kojima su multipleksirani LED izvori u slučaju FDM su: 2.5 kHz, 4 kHz, 5 kHz, 6 kHz, 8.5 kHz i 10 kHz. Ove frekvencije su odabrane tako da viši harmonici jednog signala nemaju uticaja na osnovne frekvencije drugih signala. U slučaju kombinovanog TDM+FDM multipleksiranja korišćene su frekvencije 2.5 kHz, 5 kHz i 10 kHz.

S obzirom na to da sa izlaza prijemnog kola pristižu multipleksirani podaci, u svrhu izdvajanja informacija o pojedinačnim signalima vrši se digitalno filtriranje pomoću IIR filtara koji kao rezultat izdvajaju amplitude signala tačno određene frekvencije. Na ovaj način dobijaju se informacije o reflektovanim talasnim dužinama na osnovu kojih je potrebno vršiti dalje estimacije spektra. U **Tabeli 1** dati su parametri IIR filtara implementovanih za signale na frekvencijama 2.5 kHz, 5 kHz i 10 kHz.

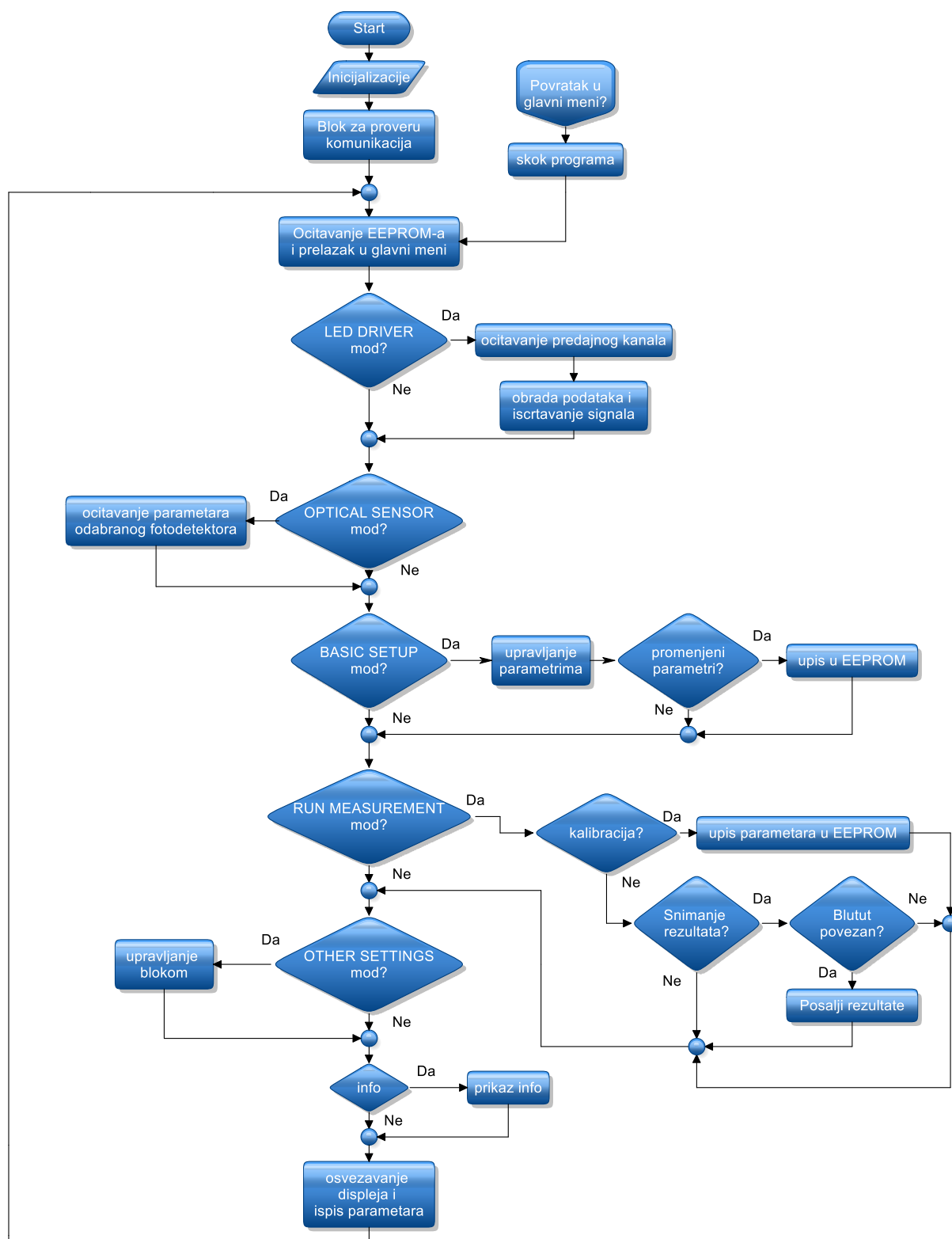
Tabela 1: parametric IIR filtara

	Sampling Frequency [kHz]	Type and filter order	Pass band [Hz]	Stop band [Hz]	Pass band Ripple [dB]	Stop band Ripple [dB]
1	67	Butterworth pass band 8 th order	2250	1700	3	30
			2750	3200		
2			4750	4200	3	30
			5250	5700		
3			9750	9200	3	30
			10250	10700		

U svrhu usrednjavanja ovih signala implementovan je prost jednodimenzioni ¹Kalmanov filter. Korišćenjem Kalmanovog filtra postignuta je značajna prednost u pogledu stabilnosti i brzine rada u odnosu na klasično usrednjavanje signala u vidu aritmetičke sredine.

Drugi deo firmvera pisan je za kontroler dsPIC33FJ128MC802, i on predstavlja upravljački deo. Uprošćen algoritam rada ovog firmvera dat je na **Slici 14**. Nakon pokretanja programa vrše se inicijalizacije početnih parametara, a zatim se izvršava provera komunikacija. Prvi tip komunikacije u ovom bloku je RS232 između dva gore opisana mikrokontrolera. Sledeća komunikacija je SPI (Serial Peripheral Interface), ostvarena između displeja i mikrokontrolera dsPIC33FJ128MC802, i nakon njene provere proverava se i SPI komunikacija ovog mikrokontrolera sa EEPROM memorijom. Nakon uspešnog očitavanja parametara iz EEPROM-a pokreće se mašina stanja koja opslužuje različite modove (podmenije) uređaja, kao što je prikazano u uprošćenom algoritmu. Interakcija sa korisnikom se odvija na taj način što korisnik deluje na rezistivnu tač mrežu, i tada se generiše prekidna rutina koja obezbeđuje skok programa u odgovarajući blok.

¹ Kako imamo jednodimenzioni signal, svaki entitet u sistemu ima numeričku vrednost, a ne matricu.



Slika 14. Algoritam rada firmvera realizovanog na mikrokontroleru dsPIC33FJ128MC802

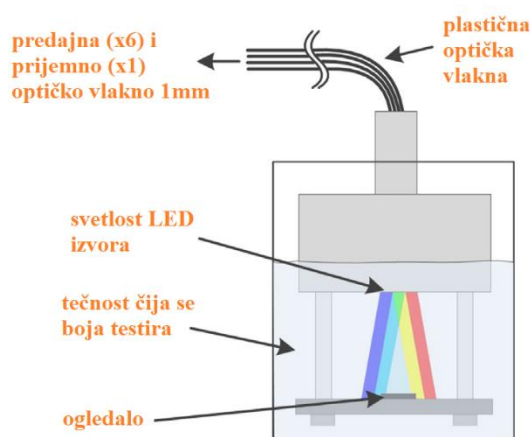
Izgled konačnog prototipa senzora prikazan je na **Slici 15**.



Slika 15. Izgled laboratorijskog prototipa uređaja na bazi kolorimetrijske metode za merenje boje štampanih uzoraka

Elektronski sistem za merenje boje na bazi kolorimetrijske metode - oblast primene i mogućnosti za unapređenje

Laboratorijski prototip elektronskog sistema za merenje boje na bazi kolorimetrijske metode se uspešno primenjuje za određivanje boje štampanih uzoraka dobijenih putem digitalne štampe. Spektralne krive izmerene ovim senzorom, kao i vizuelno predstavljene boje u sRGB prostoru ne odstupaju značajno od rezultata dobijenih komercijalnim spektrofotometrom. Pored ove namene za merenje boje štampanih uzoraka, ovaj uređaj se, uz minimalnu modifikaciju merne sonde (**Slika 16**), uspešno koristi za ispitivanje koncentracije hemijskih parametara otpadnih/površinskih voda. Kada se sonda uroni u tečnost u kojoj se hemijski parametri ispituju, određene talasne dužine svetlosti se apsorbiraju (u zavisnosti od boje tečnosti), a određene talasne dužine se nakon odbijanja od ogledala vrte na fotodetektor. Kada se rezultati merenja boje prikažu u HSV prostoru boja, pokazuje se da se na osnovu jednog od tri parametara - *Hue*, *Saturation* ili *Value* može odrediti koncentracija parametara poput hlora, nitrita, sulfata itd. u uzorku površinskih /otpadnih voda.



Slika 16. Merna postavka za merenje hemijskih parametara otpadnih voda

Unapređenje realizovanog uređaja je moguće i u vidu implementacije mašinskog učenja, na taj način što bi se na bazi odgovarajućih algoritama rezultati estimacije spektra elektromagnetnog zračenja određene palete boja iskoristili za treniranje neuronskih mreža. Time bi se možda mogao redukovati potreban broj LED izvora u predajnom kolu. Takođe, jedno od predstojećih unapređenja je i redizajn geometrije sonde, koje će omogućiti postavljanje predajnog vlakna u odnosu na prijemno pod uglom od 45°. Ovo je značajno za testiranje štampanih uzoraka na sjajnoj podlozi, gde do izražaja dolazi spekularna refleksija. Dosadašnja testiranja su vršena na mat podlogama.

Kao rezultat naučno-istraživačkog rada u okviru ovog protipa, objavljeni su radovi: na međunarodnoj konferenciji [1] i u međunarodnom časopisu [2] (rad je u procesu publikacije).

[1] - Batinic, B., Bajic, J., Rajs, V., Lakovic, N., Kulundzic, N., Rodic, D., & Joza, A. (2019). Implementation and signal processing of colorimetric probe. 2019 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC). doi:10.1109/zinc.2019.8769468

[2] - Branislav Batinić, Jovan Bajić, Sandra Dedijer, Nenad Kulundžić, Ana Joža, Nikola Laković and Vladimir Rajs (2019). Colorimetric fiber-optic sensor based on reflectance

spectrum estimation for determining color of printed samples. *Optical and Quantum Electronics*

Laboratorijski prototip „Elektronski sistem za merenje boje na bazi kolorimetrijske metode“ je razvijen na katedri za elektroniku, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu u okviru projekta III43008: „Razvoj metoda, senzora i sistema za praćenje kvaliteta vode, vazduha i zemljišta“ i projekta: IPA CBC Interreg Croatia-Serbia HR-RS135 “Sens Wetlands”.

dr Dušan Grujić, docent
UNO: Elektronika, ETF Beograd,
Univerzitet u Beogradu

RECENZIJ Tehničkog rešenja

Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode

Autori: MSc Branislav Batinić, dr Jovan Bajic, dr Vladimir Rajs, MSc Miloš Arbanas, MSc Nenad Kulundžić

OPŠTI PODACI

“Elektronski sistem za merenje boje na bazi kolorimetrijske metode” je prototip koji je razvijen na katedri za elektroniku, pri Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu u okviru projekta III43008: „Razvoj metoda, senzora i sistema za praćenje kvaliteta vode, vazduha i zemljišta“ i projekta: IPA CBC Interreg Croatia-Serbia HR-RS135 “Sens Wetlands”.

U dokumentaciji pomenutog tehničkog rešenja nalaze se detaljan opis problematike kojom se bavi tehničko rešenje, prikaz konstrukcije elektronskog uređaja uz opis hardverskih modula od kojih je uređaj sastavljen, kao i algoritam rada firmvera uređaja.

Tehničke mogućnosti realizovanog uređaja:

U ovom tehničkom rešenju realizovan je elektronski sistem na bazi kolorimetrijske metode za određivanje boje štampanih uzoraka dobijenih postupkom digitalne štampe. Senzorski sistem koristi šest LED izvora za osvetljavanje uzorka čija se boja određuje, i širokopojasni silicijumski fotodetektor za detekciju reflektovane svetlosti od uzorka. Merna sonda implementovana je uz pomoć plastičnih optičkih vlakana prečnika 1 mm. Metoda određivanja boje se zasniva na estimaciji spektra zračenja svetlosnih talasa na taj način što se vrši interpolacija nad merenim vrednostima spektralne snage zračenja koje emituju LED izvori sa dominantnim talasnim dužinama: 400 nm, 457 nm, 517 nm, 572 nm, 632 nm i 700 nm. Korisnik upravlja radom uređaja pomoću korisničkog interfejsa na LCD-u, gde podešava režim rada delujući na rezistivnu tač mrežu. Uređaj je mogće povezati sa računarom putem USB kabla ili sa pametnim telefonom putem Bluetooth tehnologije u svrhu daljeg procesiranja dobijenih rezultata merenja.

Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0 °C do 50 °C;

LED (Light Emitting Diode) svetlosni izvori: 6 kanala, ultrabright LED 5mm;

Dominantne talasne dužine LED izvora: 400 nm, 457 nm, 517 nm, 572 nm, 632 nm, 700 nm;

Tri Fotodetektora – Light to Voltage convertor, širokopojasni, silicijumski;

Rezolucija odabiranja signala sa fotodetektora: 12-bit;

Kodovanje signala: vremensko-frekvencijsko;

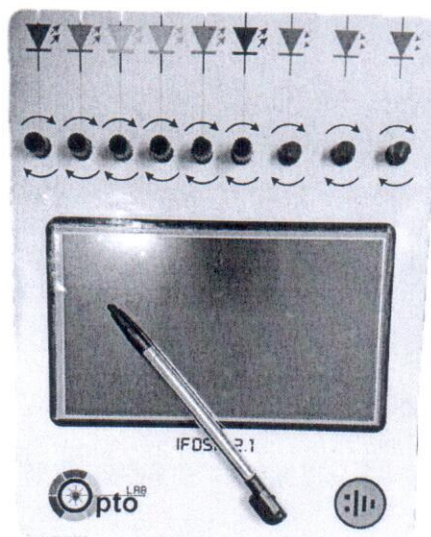
Dekodovanje signala: digitalno filtriranje, Batervortov filter 8-reda;

Mogućnost bežičnog spajanja putem Bluetooth tehnologije sa pametnim telefonom radi prosledivanja podatka na cloud servis i naknadne analize dobijenih rezultata;

Potrošnja uređaja u radnom režimu: ~1000 mA.

Konstrukcija

Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka razvijen je na bazi kolorimetrijske metode. Uređaj je projektovan prvenstveno za merenje boje štampanih uzoraka, ali je uz minimalnu korekciju merne sonde uspešno korišćen i za ispitivanje koncentracije hemijskih parametara otpadnih/površinskih voda, što doprinosi univerzalnosti primene ovakvog sklopa.



Mišljenje recenzenta:

Tehničko rešenje „Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode“ je razvijeno na katedri za elektroniku, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Pored praktične realizacije, ovo tehničko rešenje pruža i originalni naučno istraživački doprinos. Segmenti istraživanja u toku realizacije publikovani su u međunarodnom časopisu i na međunarodnim konferencijama. Autori tehničkog rešenja su jasno prikazali i obradili celokupnu strukturu predloženog elektronskog sistema.

Predlažem Komisiji za tehnička rešenja Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije da prijavljeno tehničko rešenje „Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode“ prihvati kao:

Tehničko rešenje – Laboratorijski prototip (M85).

Beograd, 24.12.2019. godine

Recenzent Dr Dušan Grujić, docent

dr Milan Kovačević, redovni profesor
UNO: Atomska, molekulska i optička fizika
Prirodno-matematički fakultet
Univerzitet u Kragujevcu

RECENZIJA **Tehničkog rešenja**

Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode

Autori: MSc Branislav Batinić, dr Jovan Bajic, dr Vladimir Rajs, MSc Miloš Arbanas, MSc Nenad Kulundžić

OPŠTI PODACI

Elektronski sistem za merenje boje na bazi kolorimetrijske metode je razvijen na katedri za elektroniku, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu u okviru projekta III43008: „Razvoj metoda, senzora i sistema za praćenje kvaliteta vode, vazduha i zemljišta“ i projekta: IPA CBC Interreg Croatia-Serbia HR-RS135 “Sens Wetlands”.

Dokumentacija ovog tehničkog rešenja sadrži opis problema kojim je tehničko rešenje definisano, stanje rešenosti problema u svetu, kao i detaljan opis predloženog rešenja uključujući prateće ilustracije.

Tehničke mogućnosti realizovanog uređaja:

U ovom tehničkom rešenju realizovan je elektronski sistem na bazi kolorimetrijske metode za određivanje boje štampanih uzoraka dobijenih postupkom digitalne štampe. Senzorski sistem koristi šest LED izvora za osvetljavanje uzorka čija se boja određuje, i širokopojasni silicijumski fotodetektor za detekciju reflektovane svetlosti od uzorka. Merna sonda implementovana je uz pomoć plastičnih optičkih vlakana prečnika 1 mm. Metoda određivanja boje se zasniva na estimaciji spektra zračenja svetlosnih talasa na taj način što se vrši interpolacija nad merenim vrednostima spektralne snage zračenja koje emituju LED izvori sa dominantnim talasnim dužinama: 400 nm, 457 nm, 517 nm, 572 nm, 632 nm i 700 nm. Korisnik upravlja radom uređaja pomoću korisničkog interfejsa na LCD-u, gde podešava režim rada delujući na rezistivnu tač mrežu. Uređaj je mogće povezati sa računarom putem USB kabla ili sa pametnim telefonom putem Bluetooth tehnologije u svrhu daljeg procesiranja dobijenih rezultata merenja.

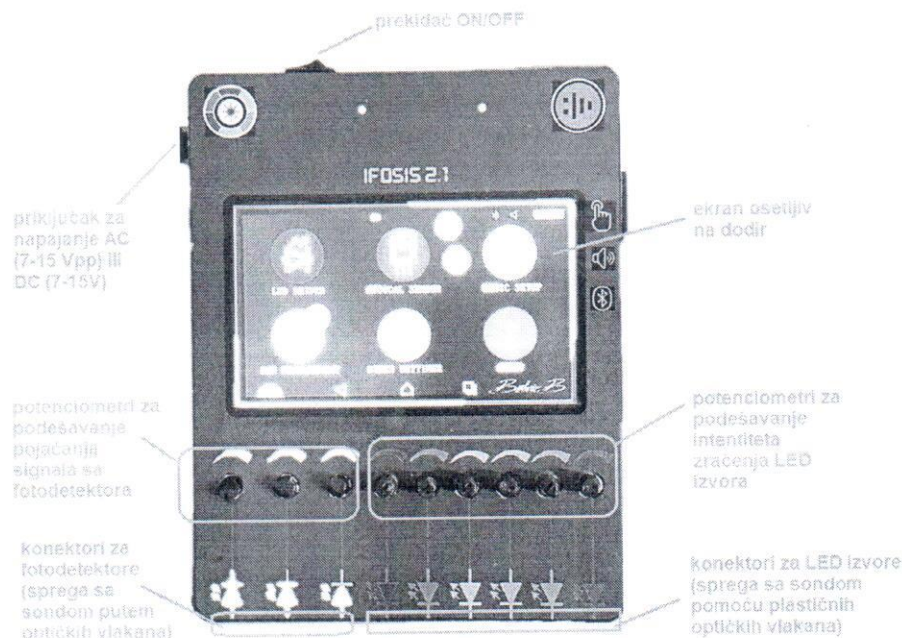
Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0 °C do 50 °C;
LED (Light Emitting Diode) svetlosni izvori: 6 kanala, ultrabright LED 5mm;
Dominantne talasne dužine LED izvora: 400 nm, 457 nm, 517 nm, 572 nm, 632 nm, 700 nm;
Tri Fotodetektora – Light to Voltage convertor, širokopojasni, silicijumski;
Rezolucija odabiranja signala sa fotodetektora: 12-bit; a;
Kodovanje signala: vremensko-frekvencijsko;
Dekodovanje signala: digitalno filtriranje, Batervortov filter 8-reda;
Mogućnost bežičnog spajanja putem Bluetooth tehnologije sa pametnim telefonom radi prosleđivanja podatka na cloud servis i naknadne analize dobijenih rezultata;

Potrošnja uređaja u radnom režimu: ~1000 mA.

Konstrukcija

Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode je osmišljen i konstruisan da bude intuitivan za korišćenje, a da pri tome u što većoj meri pokaže originalnost i odgovori na zahteve koji se nameću u oblasti kolorimetrije. Uređaj je opremljen LCD ekranom osjetljivim na dodir, potencijometrima za podešavanje osjetljivosti fotodetektora i intenziteta zračenja LED izvora, kao i konektorima za plastična optička vlakna, na koje se priključuje merna sonda.



Mišljenje recenzenta

U ovom tehničkom rešenju predstavljen je elektronski sistem za određivanje boje štampanih uzoraka, koji je razvijen na bazi kolorimetrijske metode. Ovaj sistem odlikuju visoke performanse, ali i niska cena izrade. Prilikom određivanja boje štampanih uzoraka dobijenih postupkom digitalne štampe, ovaj uređaj pokazao je veoma dobro poklapanje sa spektrofotometrijskom metodom.

Predlažem Komisiji za tehnička rešenja Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije da prijavljeno tehničko rešenje „Elektronski sistem za merenje boje štampanih uzoraka na bazi kolorimetrijske metode“ prihvati kao:

Tehničko rešenje – Laboratorijski prototip (M85).

Kragujevac, 25.12.2019. godine

Recenzent Dr Milan Kovačević, redovni profesor.