



## REALIZACIJA ELEKTRONSKOG SISTEMA ZA OČITAVANJE JEDNODIMENZIONALNOG BAR-KODA

## IMPLEMENTATION OF THE ELECTRONIC SYSTEM FOR READING THE ONE-DIMENSIONAL BAR CODE

Dragan Raca, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – Tema ovog rada je realizacija sistema za očitavanje bar-kodova i analiza problema koji su se javili pri njoj. U radu je data mehanička konstrukcija, elektronski sistem i algoritam rada čitača. Prikazan je rezultat očitavanja i predložena su poboljšanja datog sistema.

**Ključne reči:** bar-kod, sistem za očitavanje, Atmega328P, STSPIN820, TSL250R, laser

**Abstract** – This article presents the realization of barcode scanning system and analyses the problems that appeared. The paper presents the mechanical construction, electronic system and algorithm of reader operation. The result of the reading is presented and improvements of the given system are suggested.

**Keywords:** barcode, scanning system, Atmega328P, STSPIN820, TSL250R, laser

### 1.UVOD

Tema ovog rada zasnovana je na široko rasprostranjenom električnom uređaju, koji se koristi u svim trgovinskim centrima, a čiji rad pruža brzu i pouzdanu obradu informacija. Reč je o uređaju za očitavanje bar-kodova tj. bar-kod čitaču. Razvoj tehnologije bar-kodova i uređaja za njihovo očitavanje pružio je mogućnost zapisivanja velikog broja informacija na malom prostoru, kao i brzo i jednostavno očitavanje tih informacija i njihovo razumevanje.

Zapisivanje informacija upotrebom određenih elemenata prema unapred definisanim pravilima predstavlja kodovanje. Očitavanje tako formiranih kodova i njihovo prebacivanje u drugi oblik prikaza koji daje neko značenje je dekodovanje.

Ovde će biti realizovan niskobudžetni (engl. *Low-cost*) sistem za očitavanje kodova, čiji princip rada se zasniva na osnovnim principima rada savremenog bar-kod čitača. Za potrebe demonstracije realizovanog sistema definisan je pojednostavljeni kod, prilagođen mogućnostima realizovanog sistema.

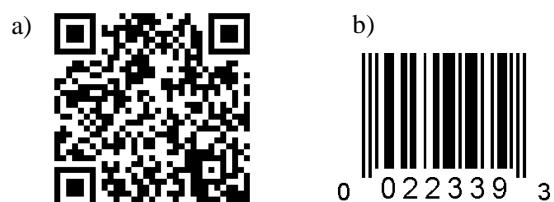
### 2. BAR-KOD I NJEGOVO FORMIRANJE

Bar-kod predstavlja grafički zapis određene informacije, čije se značenje može dobiti primenom odgovarajućeg algoritma za dekodovanje. On obično sadrži informaciju o proizvodu na kome se nalazi ali može sadržati bilo koji drugi podatak, internet adresu, e-mail adresu, lične podatke neke osobe i slično.

Postoji mnogo različitih tipova bar-kodova. Oni se razlikuju po količini i vrsti informacije koju skladište, prema algoritmu formiranja i dekodiranja, metodama izrade, primeni na tržištu, karakterističnim dimenzijama i još mnogo toga. Zbog tako velikih varijacija razvijene su simbologije, odnosno standardi koji definišu karakteristike štampanog simbola – njegovu strukturu i dimenzije, algoritam prema kome se taj simbol formira i dekoduje, kao i algoritam provere ispravnosti očitavanja. Svaka od simbologija prilagođena je različitim zahtevima tržišta.

Prema načinu zapisivanja bar-kodovi su podeljeni u dve osnovne grupe [1]:

1. Matrični ili dvodimenzionalni (2D) kodovi - Predstavljaju dvodimenzionalni zapis informacije. To znači da se njihov sadržaj dobija čitanjem duž horizontalne i vertikalne ose. Na Slici 2.1a) prikazana je jedna od simbologija ove grupe kodova, QR (Quick Response).
2. Linearni ili jednodimenzionalni (1D) kodovi – Predstavljaju jednodimenzionalni zapis informacije. Njihov sadržaj dobija se čitanjem duž horizontalne ose. Na Slici 2.1b) prikazana je jedna od velikog broja simbologija, po imenu UPC-E (Universal Product Code E) koji se može pronaći na proizvodima u trgovini.



Slika 2.1 Vrste bar-kodova: a) Matrični kod (Simbologija: QR). b) Linearni kod (Simbologija: UPC-E).

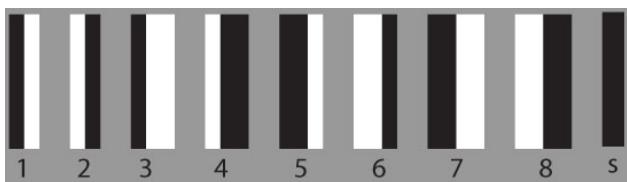
### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Jovan Bajić, docent.

## 2.1 Formiranje bar-koda

Prateći strukturu kodova linearne simbologije i kod za potrebe ovog rada formiran je naizmeničnim postavljanjem crnih i belih linija duž horizontalne ose prostiranja. Definisane su dimenzije koda i njegovih elemenata, kao i algoritam formiranja. Međutim, on je jednostavniji u odnosu na standardne simbologije i nema algoritam za proveru ispravnosti očitavanja.

Sastoji od šest elemenata i njegova struktura se može prikazati kao niz "SBBBBS". Prvi i poslednji element niza "S" je *start/stop* element koji označava početak i kraj koda, a preostala četiri elementa "B" čine njegov sadržaj, to su brojevi od 1 do 8. Brojevi su formirani kombinacijom jedne bele i jedne crne površine, a "S" element je predstavljen jednom crnom površinom. Na Slici 2.1 prikazani su osnovni elementi za formiranje bar-koda.

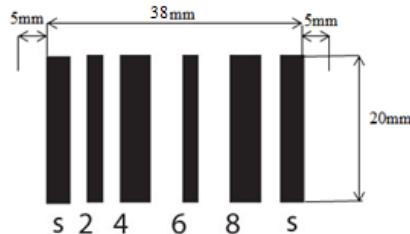


Slika 2.1 *Osnovni elementi za formiranje bar-koda.*

Za brojevne elemente definisane su dve vrednosti širina pravougaonih površina čije vrednosti iznose 2mm i 4mm, a njihova visina 20mm. Dok je za start/stop element definisana širina 3mm i visina 20mm. Dakle, maksimalna širina bar-koda iznosi 38mm. Kako bi očitavanje bilo uspešno izvršeno, pre početka i nakon završetka koda, potrebno je ostaviti prazan prostor širine 3 do 5mm.

Algoritam za formiranje koda je veoma jednostavan. Potrebno je izabrati četiri brojevna simbola i postaviti ih između *start* i *stop* elementa, pri čemu se crne i bele površine moraju naizmenično smenjivati.

Taj uslov mora biti ispunjen da se ne bi formirale širine veće od 4mm. Znači da se za formiranje koda mogu upotrebiti samo parni ili samo neparni brojevi, što znatno smanjuje broj kombinacija. Ali to u ovom slučaju ne predstavlja problem. Na slici 2.2 prikazan je kod formiran od parnih brojeva i njegove maksimalne dimenzije.



Slika 2.2 *Bar-kod i njegove dimenzije.*

## 3. OPIS I REALIZACIJA SISTEMA

Realizovani sistem može se rasčlaniti na tri osnovne celine:

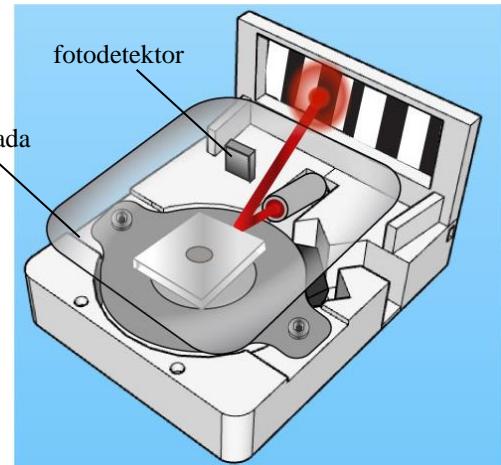
1. Mehanička arhitektura
2. Elektronski sistem
3. Programska podrška

## 3.1 Mehanička arhitektura

Mehanički deo sistema obuhvata kućište sa svojim elementima, na osnovu kojeg se informacija predstavljena grafičkim simbolom pretvara u električni signal.

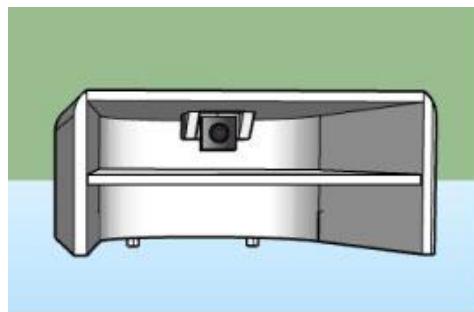
Model kućišta formiran je u softverskom alatu *SketchUp*, a zatim je izrađeno na 3D štampaču. Kućište se može podeliti na dve fizički odvojene celine.

Prva celina predstavlja osnovu kućišta. Na nju je pričvršćen motor sa ogledalom na svojoj osovini. Ispred njega, u ravni motora, postavljen je laser talasne dužine 650nm. Iza lasera formiran je pravougaoni okvir za prislanjanje bar kodova. Raspoloženi elementi prikazani su na Slici 3.1.



Slika 3.1 *Unutrašnjost kućišta i njegovi elementi: bipolarni koračni motor sa ogledalom, laser, zaštitna pregrada i fotodetektor.*

Druga celina predstavlja poklopac kućišta. Sa njegove gornje strane postavljen je fotodetektor *TSL250R* [3] kao na Slici 3.2, a ispod njega postavljena je pregrada koja sprečava uticaj direktnе laserske svetlosti na fotodetektor.



Slika 3.2 *Poklopac kućišta sa fotodetektorm TSL250R i zaštitnom pregradom.*

Očitavanje bar-koda zasnovano je na sledećem principu: Laserski snop pada na bočnu ivicu ogledala koje je postavljeno na osovinu koračnog motora i rotira oko svoje ose. Na taj način snop svetlosti reflektovan sa ogledala prelazi preko svake tačke bar-koda prislonjenog na otvor kućišta i kao rezultat kretanja snopa formira horizontalnu liniju. Svetlost reflektovana sa bele površine bar-koda više nije usmerena jer vrši difuznu refleksiju, pa se svaka tačka na bar-kodu može posmatrati kao tačkasti izvor svetlosti. Svetlost koja pada na crnu površinu koda biva apsorbovana ili pak delimično apsorbovana, pa je njen

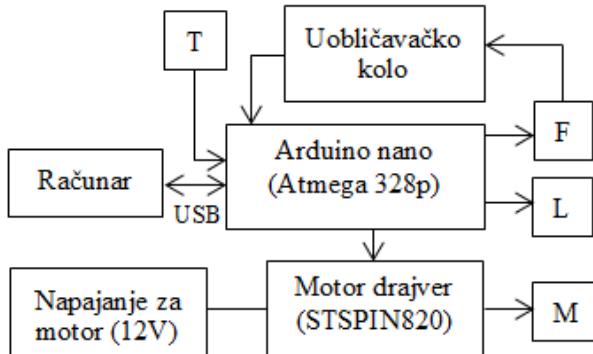
intenzitet približno jednak nuli [2]. Reflektovana svetlost dospeva do fotodetektora koji srazmerno sa njenim intenzitetom na svom izlazu daje signal određene amplitudu. Analizom rezultata dobijenih očitavanjem na fotodetektoru određuje se širina crne ili bele površine, a na osnovu toga formiraju odgovarajući brojevi [4].

Iako se očitavanje zasniva na jednostavnom principu, potrebno je obratiti pažnju na veliki broj faktora koji utiču na njegovu uspešnost:

1. Raspored osnovnih elemenata (lasera, motora, ogledala, fotodetektora)
2. Širinu i intenzitet laserskog snopa
3. Vrstu motora i njegovu ugaonu brzinu (brzina obrtaja)
4. Uticaj okoline
5. Vrstu površine na kojoj se nalazi bar-kod

### 3.2 Elektronski sistem

Podeljena je na tri osnovna dela: mikrokontroler *Atmega328p* sa svojim okruženjem, integriran na pločici *Arduino nano*, drajver za upravljanje koračnim motorom baziran na kontroleru *STSPIN820* [5] i električno kolo za uobičavanje signala. Napon napajanja celokupnog električnog kola iznosi 5V i dovodi se sa računara putem USB kabla. Napon napajanja koračnog motora iznosi 12V i dobija se pomoću integrisanog kola *buck/boost* konvertora. Blok šema sistema prikazana je na Slici 3.3.



Slika 3.3. Blok šema realizovanog sistema: *M*-bipolarni koračni motor, *L*-laser, *F*-fotodetektor *TSL250R*, *T*-taster.

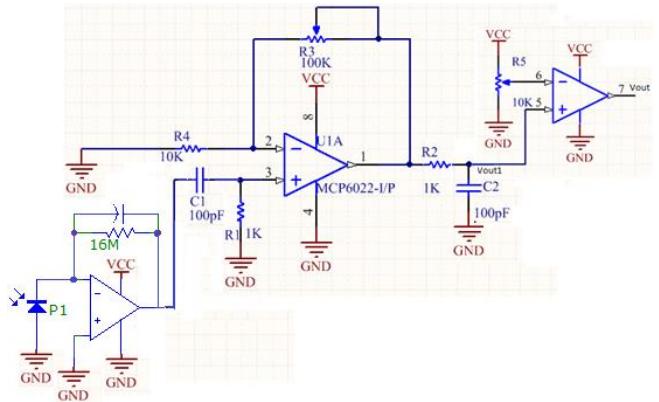
Proces očitavanja započinje se pritiskom na taster. Kontroler putem drajvera upravlja radom koračnog motora i na svom ulaznom pinu dobija signal sa uobičavačkog kola, koji se dalje analizira. Konačan rezultat očitavanja šalje se putem serijske komunikacije na terminal računara.

Električni signal dobijen na izlazu fotodetektora *P1* sa integrisanim transimpedansnim pojačavačem najpre se dovodi na visoko propusni filter u cilju otklanjanja offseta tj. DC komponente signala nastalog usled delovanja svetlosti spoljašnje sredine. Pošto je dobijeni signal veoma male amplitude on se dalje dovodi na pozitivan ulaz neinvertujućeg operacionog pojačavača. U povratnoj sprezi pojačavača postavljen je trimer potenciometar otpornosti  $R_t=100\text{k}\Omega$  koji pruža mogućnost finog podešavanja pojačanja čija se vrednost dobija na osnovu izraza za pojačanje neinvertujućeg pojačavača:

$$A = 1 + \frac{R_t}{R} \quad (3.1)$$

pri čemu je  $R=10\text{k}\Omega$ , a  $R_t$  je podešena otpornost trimer potenciometra.

Pojačani signal se dalje propušta kroz nisko propusni filter čija je uloga uklanjanje šumova visokih frekvencija, a zatim na komparatorsko kolo čiji je izlaz postavljen na ulazni pin kontrolera *Atmega328p* koji je upotrebljen za analizu dobijenog signala. Komparatorsko kolo sastoji se od operacionog pojačavača koji je doveden na jednosmerni izvor napona napajanja vrednosti 5V. Na njegov pozitivan (+) ulaz doveden je signal sa niskopropusnog filtra  $V_{out1}$ , a na negativan (-) ulaz postavljen je višeobrtni trimer potenciometar otpornosti  $R_t=10\text{k}\Omega$  koji pruža fino podešavanje vrednosti referentnog napona komparatora u opsegu od 0 do 5V. Ako je signal doveden sa RC kola veći od referentnog napona, na izlazu komparatora dobijamo visoku vrednost, a ako je manji - nisku. Na ovaj način, na izlazu uobičavačkog kola formira se signal  $V_{out}$  pravougaonog oblika. Na Slici 3.4. prikazana je električna šema prethodno opisanog uobičavačkog kola.



Slika 3.4. Električna šema uobičavačkog kola. *P1*-fotodetektor sa transimpedansnim pojačavačem.

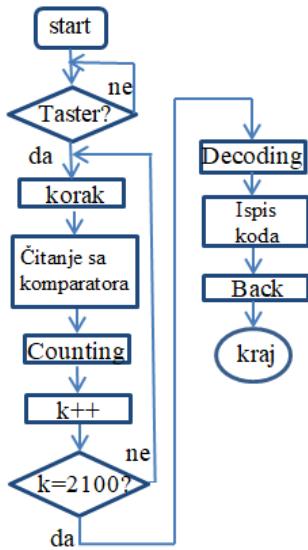
Zbog uzastopnog smenjivanja crne i bele površine na bar-kodu, na izlazu fotodetektora formira se signal frekvencije 1.8Hz. Ta frekvencija direktno zavisi od širine ovih površina i njihovog broja. Prelazak preko jedne bele i jedne crne površine čini jednu period signala. Upotreboom izraza 3.2 za određivanje frekvencije mogu se izračunati vrednosti za R i C komponente.

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3.2)$$

Kod visokopropusnog filtra za graničnu frekvenciju uzeta je vrednost  $f_{CR} = 0,18\text{Hz}$ , a kod niskopropusnog filtra  $f_{CR} = 18\text{Hz}$ .

### 4. PROGRAMSKA PODRŠKA

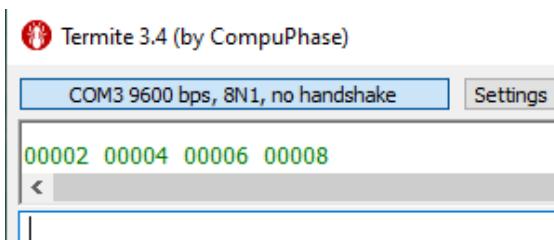
Program za kontrolu rada mikrokontrolera je napisan u C programskom jeziku, primenom razvojnog okruženja *Atmel Studio 7.0*. Formiran je po standardnom protokolu: najpre je izvršena inicijalizacija logičkih blokova kontrolera a zatim su realizovane funkcije za rad sistema koje su kombinovane u glavnom (eng. main) delu programa. Na Slici 4.1 prikazan je algoritam rada.



Slika 4.1 Algoritam rada sistema.

Program proverava stanje ulaznog pina kontrolera koji je povezan sa tasterom. Njegovim prelaskom u nisko stanje pokreće se motor koji izvršava 2100 koraka, kako bi laserom prešao preko celog bar-koda. Nakon svakog koraka poziva se funkcija *Counting* koja broji visoka i niska stanja dobijena na izlazu komparatora i nakon svake promene stanja zapisuje vrednosti brojača u niz. Tako da elementi datog niza predstavljaju širinu bele ili crne površine. Motor se zaustavlja nakon prelaska preko bar-koda tj. kada brojač  $k$  dostigne vrednost 2100 i poziva se funkcija *Decoding* koja na osnovu elemenata prethodno popunjeno niza formira brojve očitane sa bar-koda. Prvi i poslednji element se odbacuju jer su to *start* i *stop* simboli koda, a ostalih osam koristi se za formiranje brojeva. Na kraju se poziva funkcija *Back* za povratak motora u početni položaj.

Na Slici 4.2. prikazan je isečak terminala na kome su prikazani brojevi dobijeni kao rezultat očitavanja bar-koda sa Slike 2.2 sastavljenog od parnih brojeva 2,4,6,8.



Slika 4.2 Rezultat očitavanja bar-koda sa slike 2.2 prikazan u terminalu.

## 5. ZAKLJUČAK

Realizovani sistem pruža mogućnost analize velikog broja parametara koji utiču na uspešnost očitavanja bar-koda, te je jedan deo cilja uspešno izvršen.

Međutim, ako se posmatra funkcionalnost sistema, tj. ponovljivost uspešnog očitavanja bar-koda, ona nije ostvarena. Rezultati očitavanja ne poklapaju se uvek sa sadržajem bar-koda što je verovatno problem i u praksi. Te se koristi neka vrsta provere ispravnosti koda koja je ovde izostavljena, a koja pruža mogućnost odbacivanja pogrešnog rezultata očitavanja. Iz toga zaključujemo da su bar-kod i njegov čitač u velikoj meri povezani, tj. da očitavanje zavisi od simbologije.

Velika mana električnog kola za uboljčavanje signala jeste ručno podešavanje praga komparacije tj. referentnog napona komparatora koji direktno zavisi od amplitude signala dobijenog na izlazu fotodetektora, a amplituda od položaja bar-koda i refleksije svetlosti. Najbolje rešenje bilo bi realizacija sistema sa električnim kolom za praćenje promene amplitude signala koje bi u odnosu na njenu vrednost prilagodavalo referentni napon na komparatoru.

Da bi se postiglo očitavanje realnog bar-koda, potrebno je smanjiti širinu laserskog snopa, da bude manja od minimalne širine bele ili crne površine koda.

## 6. LITERATURA

- [1] J. Phaniteja, P Derin: „Evolution of Barcode”, International journal for development of computer science & technology (pristupljeno: 22.10.2019.)
- [2] S.O. Kasap: „Optoelectronics and Phonics”, 2 end ed. 2013, Harlow
- [3] Dokumentacija fotodetektora TSL250R: <http://www.farnell.com/datasheets/301932.pdf> (pristupljeno: 22.10.2019.)
- [4] J. Bajić, Beleške sa predavanja iz predmeta Primjena optoelektronika: „Skeneri, Štampači, Primjena lasera” (2018.)
- [5] Dokumentacija drajvera za motor STSPIN820: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stspin820.pdf> (pristupljeno: 22.10.2019.)

## Kratka biografija:



**Dragan Raca** rođen je u Kikindi 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Optoelektronika – Primjena elektronika odbranio je 2019.god. kontakt: dragan044@rocketmail.com