

**UNIVERZITET CRNE GORE**

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Mr Neđeljko Lekić, dipl. el. ing.**

**DOPRINOSI RAZVOJU SAVREMENIH IDENTIFIKACIONIH  
SISTEMA**

**- DOKTORSKA DISERTACIJA -**

**Podgorica, decembar 2006**

15-3909197



Мон IV 872

# SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	3
---------------	---

ABSTRACT .....	6
----------------	---

UVOD .....	7
------------	---

## GLAVA I

1 Pregled postojećeg stanja tehnike u oblasti identifikacionih sistema.....	9
1.1 RFID (Radio Frequency Identification) tehnologija.....	13
1.1.1 Istorijat razvoja RFID tehnologije .....	14
1.1.2 RF identifikatori.....	16
1.1.3 RF čitači .....	18
1.1.4 Sprezanje (povezivanje) RF čitača i RF identifikatora .....	19
1.1.5 Kodiranje podataka .....	20
1.1.6 Modulacija.....	21
1.1.7 Anti kolizione metode kod RF identifikatora.....	21
1.1.8 Frekvencije i regulativa.....	23
1.1.9 Primjene RFID tehnologije .....	23
1.2 Biometrijski identifikacioni sistemi.....	26
1.2.1 Prepoznavanje otiska prsta.....	30
1.2.1.1 Tehnologija skeniranja otiska prsta.....	31
1.2.1.2 Falsifikovanje otiska prsta.....	32
1.2.1.3 Primjene tehnologije prepoznavanja otiska .....	33
1.2.2 Prepoznavanje dužice oka .....	36
1.2.2.1 Tehnologija skeniranja dužice oka.....	36
1.2.2.2 Prednosti i nedostaci tehnologije skeniranja dužice .....	38
1.2.2.3 Primjene tehnologije skeniranja dužice.....	39
1.2.3 Prepoznavanje lica .....	42
1.2.3.1 Tehnologija prepoznavanja lica.....	43
1.2.3.2 Neke primjene tehnologije prepoznavanja lica.....	45
1.2.4 Prepoznavanje glasa.....	47
1.2.4.1 Tehnologija prepoznavanja glasa .....	47
1.2.4.2 Primjene tehnologije prepoznavanja glasa .....	49

## GLAVA II

2 Doprinosi razvoju identifikacionih sistema	50
2.1 Uvod .....	50
2.2 Kontaktni čitač male potrošnje.....	52
2.2.1 Opis čitača .....	52
2.2.2 Zaključak .....	56
2.3 Multifunkcionalna mikroperiferija .....	57

2.3.1	Opis multifuncionalne mikroperiferije.....	58
2.3.2	Zaključak .....	61
2.4	Low Sample Rate (LSR) komunikacioni protokol.....	62
2.4.1	Uvod.....	62
2.4.2	Opis protokola .....	62
2.4.2.1	Prijem podataka .....	63
2.4.2.2	Rekonstrukcioni algoritam .....	63
2.4.3	Simulacioni i eksperimentalni rezultati.....	66
2.4.3.1	Simulacioni rezultati .....	67
2.4.3.2	Eksperimentalni rezultati.....	69
2.4.4	Zaključak .....	70
2.5	Komunikacioni sistem za rudimentarne periferije .....	71
2.5.1	Opis komunikacionog sistema.....	71
2.5.2	Zaključak .....	74
2.6	EIA232 hub.....	76
2.6.1	Opis Hub-a .....	76
2.6.2	Zaključak .....	81
2.7	Čitač RF kartica.....	82
2.7.1	Opis osnovne verzije RF čitača.....	82
2.7.2	Modifikacija RF čitača u cilju smanjenja potrošnje.....	87
2.7.3	Zaključak .....	89
2.8	1W232 komunikacioni protokol.....	90
2.8.1	Uvod.....	90
2.8.2	Pregled postojećih serijskih kom. protokola za kom. na bliskom odstojanju .....	90
2.8.2.1	Protokoli SPI grupe .....	90
2.8.2.2	Protokoli I <sup>2</sup> C grupe .....	92
2.8.2.3	Protokoli 1-Wire grupe.....	93
2.8.2.4	Završni komentar .....	93
2.8.3	Opis 1W232 protokola.....	94
2.8.3.1	Signal 1W232 protokola.....	94
2.8.3.2	1W232 magistrala .....	95
2.8.3.3	Arbitriranje 1-Wire magistralom .....	95
2.8.3.4	Analizator 1W232 protokola .....	97
2.8.3.5	Softverska realizacija 1W232 prorokola .....	98
2.8.4	Zaključak .....	100
2.9	Multiprocesorski logger.....	101
2.9.1	Uvod.....	101
2.9.2	Opis logera .....	101
2.9.3	Zaključak .....	109
2.10	Off-line Mifare sistem za kontrolu pristupa.....	110
2.10.1	Uvod.....	110
2.10.2	Opis načina rada sistema .....	110
2.10.3	Zaključak .....	111
2.11	RF sistem za evidenciju radnog vremena .....	112
2.11.1	Povezivanje sistema .....	112
2.11.2	Opis načina rada sistema .....	115
2.11.3	Komunikaciju između logera i RF čitača .....	116
2.11.4	EEPROM loegra u RF sistemu za evidenciju radnog vremena.....	116
2.11.5	Komunikacija između PC-a i logera .....	118
2.11.6	Aplikativni softver na PC-u.....	119

2.11.5	Komunikacija između PC-a i logera .....	118
2.11.6.	Aplikativni softver na PC-u.....	119
2.11.7	Zaključak .....	120
2.12	Sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe .....	121
2.12.1	Mifare LCD čitač .....	123
2.12.2	Tastatura .....	126
2.12.3	Komunikacija između Mifare LCD čitača i Multiprocesorskog logera.....	127
2.12.4	EEPROM Multiprocesorskog logera .....	129
2.12.5	Komunikacija između Multiprocesorskog logera i PC-a .....	132
2.12.6	PC aplikativni softver.....	136
2.12.7	Opis načina rada sistema .....	137
2.12.8	Zaključak .....	141
2.13	Pravci daljeg razvoja .....	142
ZAKLJUČAK .....		143
LITERATURA.....		145
PRILOG 1 - Električne šeme		
PRILOG 2 - CD		
PRILOG 3 – Senzor dodira		
PRILOG 4 – Punjač olovnih baterija kao podfunkcija mikrokontrolerskog uređaja		
PRILOG 5 – 1W232 indikator sa 12 LED		
PRILOG 6 – Dopunska objašnjenja		

## SAŽETAK

Prvi dio ovog rada posvećen je komparativnom pregledu postojećih identifikacionih tehnologija. Od tehnologija baziranih na posjedovanju identifikatora najveća pažnja posvećena je beskontaktnoj RFID tehnologiji. Zatim slijede biometrijske identifikacione tehnologije. Među njima su najvažnije i najdetaljnije opisane tehnike prepoznavanja otiska prsta, dužice oka, lica i glasa.

U drugom dijelu teze opisani su naučni i stručni doprinosi koje sam ostvario na razvoju identifikacionih sistema. Opisani su:

- doprinosi direktno vezani sa identifikacionim tehnikama (Kontaktne čitače male potrošnje, Multifunkcionalna mikropriključnica, Čitač RF kartica),
- novi komunikacioni protokoli (LSR komunikacioni protokol, 1 wire EIA232 komunikacioni protokol)
- i drugi doprinosi (EIA232 hub i multikontrolerski loger).

Navedeni doprinosi su našli primjenu u većem broju preduzeća gdje sam realizovao sisteme kao što su:

- Off-line Mifare sistem za kontrolu pristupa
- RF sistem za evidenciju radnog vremena i
- Sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe.

Opis ovih sistema ima težište na obradi identifikacionih podataka.

Na kraju rada su dati pravci daljeg razvoja i moguća poboljšanja.

## ABSTRACT

The first part of this thesis presents a comparative survey of existing identification technologies. It covers several existing technologies with emphasis on contactless RFID technology. The biometrical identification technologies, such as Fingerprint Verification, Iris Scanning, Facial Recognition and Voice Recognition are described also.

The main contributions of the thesis are presented in the second part, and can be summarised as follows:

- contributions which are related to the identification process (Small power consumption chip card reader, Multifunctional micro-periphery, RF card reader),
- new communication protocols (LSR communication protocol, 1 wire EIA232 communication protocol),
- and others (EIA232 hub, Multiprocessor logger).

The presented approaches are verified through many practical projects in industry, as:

- Off-line Mifare access control system,
- RF system for the evidence of working hours,
- System for gas station control.

These implemented systems, are described in terms of processing identification data.

There is many secondary contributions, in thesis, also.

At the end, the direction for future developments and improvements are elaborated.

## UVOD

Identifikacioni sistemi služe da prepoznaju korisnika i omoguće ostvarenje njegovih prava i obaveza. Postoji mnogo vrsta identifikacionih sistema. Neki se zasnivaju na čitanju kontaktne kartice, a neki pomoću radio-talasa (RFID sistemi) razmjenjuju podatke sa korisnikom bez direktnog kontakta. Postoje i biometrijski identifikacioni sistemi koji identifikaciju vrše na osnovu prepoznavanja fizičkih ili karakteristika ponašanja čovjeka (prepoznavanje otiska prsta, dužice oka, lica, glasa i slično).

Oblast primjene identifikacionih sistema je veoma široka. Mogu se upotrebiti za kontrolu pristupa, praćenje ljudi, životinja ili stvari, magacinska poslovanja, u zdravstvu, za bezgotovinska plaćanja, zaštitu od krađe, kontrolu kvalitete proizvoda, kontrolu hrane, poboljšanje produktivnosti, za borbu protiv terorizma, itd.

Posljednjih 10-tak godina razvoj identifikacionih sistema je značajno ubrzan i u njemu učestvuju velike svjetske kompanije, kao što su Siemens, Philips, Tektronix, Motorola i drugi. Osim toga, iz ove oblasti, objavljuje se veliki broj radova u prestižnim naučnim časopisima.

Jedno tako razgranato područje elektronike, koje se intenzivno razvija, sa tako širokim opsegom primjene omogućilo mi je da postignem određene naučne i stručne doprinose i da ih prikazem u ovoj tezi. Neki naučni doprinosi su objavljeni u naučnim publikacijama [122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 145, 160, 165], dok su svi zajedno poslužili za realizaciju raznih originalnih uređaja. Pokretač ovih istraživanja su bile realne potrebe sredine u kojoj živim. Implementirajući rezultate istraživanja u raznim preduzećima u Crnoj Gori<sup>1</sup>, dobio sam izvanredan "poligon za testiranje i provjeru"

U prvoj glavi ovog rada dat je pregled postojećeg stanja tehnike iz oblasti identifikacionih tehnologija. Dat je osvrt na tzv. klasične identifikacione tehnologije u kojima se prepoznavanje vrši pomoću identifikatora kao što su identifikacione kartice, različiti privesci, naljepnice i slično. Od tehnologija ovog tipa, najviše pažnje posvećeno je radio-frekvencijskoj identifikaciji (RFID) tehnologiji, koja je bila predmet i mojih istraživanja

Osim klasičnih identifikacionih tehnologija, dat je pregled i postojećih biometrijskih identifikacionih tehnologija. Ovim tehnologijama posvećuje se sve veća pažnja. Biometrijski identifikacione tehnologije donose prednosti u odnosu na klasične u jednostavnosti korištenja, nepostojanju potrebe za posjedovanjem identifikatora, kao što je ID kartica, nepostojanju potrebe za pamćenjem lozinke i slično. Biometriske tehnologije donose i veći nivo sigurnosti. Biometrijski identifikator se ne može izgubiti, poput identifikacione kartice ili zaboraviti, poput identifikacione lozinke.

U drugoj glavi rada prikazani su originalni doprinosi koje sam postigao kroz svoj rad na razvoju identifikacionih sistema (u periodu od 1999. do 2006.). Jedan dio doprinosa direktno se tiče identifikacione tehnike. Drugi dio je iz oblasti povezivanja identifikacionih uređaja u funkcionalne cjeline, pomoću novih, razvijenih, komunikacionih protokola.

U domenu identifikacione tehnologije razvio sam:

- Čitač čip kartica male potrošnje (Poglavlje 2.2) [122],
- Multifunkcionalnu mikroperiferiju (Poglavlje 2.3) [123]
- RF čitači Mifare kartica (RF čitač male potrošnje) (Poglavlje 2.7) [124].

U komunikacionom domenu razvio sam:

- LSR komunikacioni protokol (Poglavlje 2.4) [125, 126] i
- 1 wire komunikacioni protokol (Poglavlje 2.8) [127],

Da bi se jedan identifikacioni sistem razvio do nivoa primjene, osim same identifikacije, potrebna je i prateća tehnika kao što su magistrale za prenos podataka, hub-ovi, servisi, logeri, veze prema udaljenim bazama podataka itd.

---

<sup>1</sup>A.D. Plantaze, Mermer Šišković, SO Bar, Kips, Pantomarket, Agencija za telekomunikacije, ...

U domenu pratećeg hardvera razvio sam:

- EIA232 Hub (Poglavlje 2.6) [128] i
- Multipreocesorski logger (Poglavlje 2.9) [129].

Integracijom razvijenih komponenti realizovao sam sljedeće identifikacione sisteme:

- Off-line RF identifikacioni sistem za kontrolu pristupa (Poglavlje 2.10) [124],
- RF identifikacioni sistemi za evidenciju radnog vremena (Poglavlje 2.11) i,
- RF identifikacioni sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe (Poglavlje 2.12).

Zbog obima materijala, izbjegavao sam pretjerana objašnjavaanja. Čitaoci, koji budu tražili dodatne informacije, na proloženom CD-u mogu naći:

- sav materijal iz teze,
- mikrokontrolerske i PC programe i
- sve radove iz ove oblasti koje sam objavljivao na međunarodnim i domaćim naučnim konferencijama i međunarodnim i domaćim naučnim časopisima,

# GLAVA I

## 1. PREGLED POSTOJEĆEG STANJA TEHNIKE U OBLASTI IDENTIFIKACIONIH SISTEMA

Danas se u identifikacionim sistemima primjenjuju različite tehnike identifikacije. U široj upotrebi su:

- Identifikacioni sistemi zasnovani na primjeni trakastih kodova,
- Identifikacioni sistemi zasnovani na očitavanju magnetskih zapisa,
- Identifikacioni sistemi zasnovani na primjeni tzv. "pametnih" identifikatora i
- Biometrijski identifikacioni sistemi.

Sistemi prve tri grupe spadaju u takozvane klasične identifikacione sisteme. Upotrebljavaju se za identifikaciju predmeta, životinja i ljudi. Svaki objekat, u ovim sistemima, mora posjedovati identifikator. Identifikator može biti različitog oblika i dimenzija. U identifikaciji proizvoda u maloprodaji, identifikator sa trakastim kodom oštampam je na omotu proizvoda (Slika 1.1).



Slika 1.1 Trakasti kod oštampam na proizvodu

U slučaju identifikacije čovjeka, identifikator je često standardnog oblika kartice (Slika 1-2).



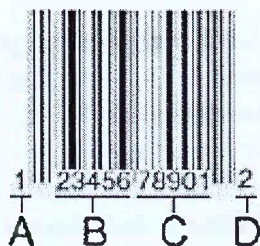
- Plastične kartice
- Bar kod krtice
- Magnetne kartice
- "Pametne" kartice

Slika 1.2 Različite identifikacione kartice

Redosljed kojim su identifikacioni sistemi navedenu na početku poglavlja je redosljed kojim su se oni pojavljivali u širokoj primjeni.

Ideja primjene trakastih kodova u sistemima za identifikaciju proizvoda u maloprodaji pojavila se već četrdesetih godina prošlog vijeka. U dvadesetom vijeku došlo je do prave eksplozije u smislu porasta količine i raznovrsnosti roba kojom se trguje. To je uzrokovalo da cijene logistike i kontrole inventara višestruko naraste, naročito u supermarketima. Zato su oni među prvima dali podršku razvoju sistema za automatsku identifikaciju proizvoda. Krenulo se sa stanovišta da bi jednostavna oznaka, mašinski čitljiva, omogućila trgovcima da saznaju sadržaj paketa proizvoda bez potrebe za pojedinačnom provjerom svakog paketa. Mogućnost da se brzo odredi sadržaj paketa ubrzala bi transport robe i smanjila troškove transporta, kontrole inventara i logistike.

1949 godine, Norman Woodland, diplomirani student na Drexel Institute of Technology, zainteresovao se za ovaj problem i prihvatio se traženja rješenja. Woodland je problem povezao sa Morse-ovim kodom. Poruke Morse-ovog koda sastojale su se od "tačaka i crtica" koje su se mogle čitati automatski ili od strane čovjeka. Postoji priča, da, dok je razmatrao problem na plaži, Woodland je pisao poruke Morse-ovog koda u pijesku. Onda je produžio tačke i crtice naniže – praveći uske i široke linije. Tako je došao do ideje za danas opšte poznati trakasti kod (Slika 1.3) [1].

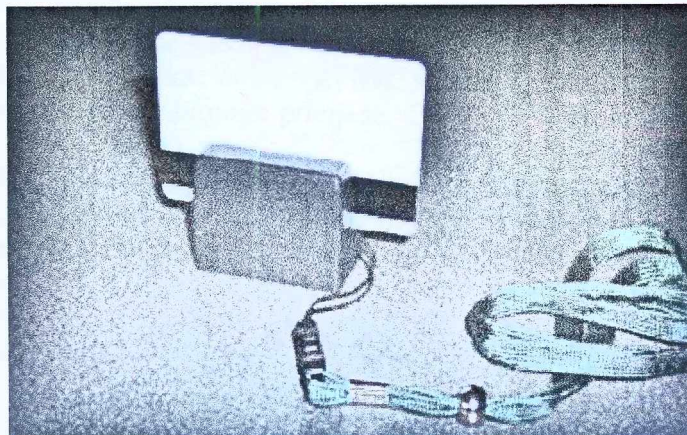


**Slika 1.3** Standardni UPC kod. Komponente koda su: (A) kod aplikacije, (B) kod proizvođača, (C) kod proizvoda, (D) Kontrolna cifra.

Sljedećih 20 godina pojavljivali su se trakasti kodovi različitih oblika [1, 2]. 1969 godine konzorcijum za distribuciju hrane osnovao je asocijaciju nazvanu Uniform Code Council (UCC) [3] koja je počela sa koncipiranjem standardizovanog trakastog koda za sve potrošačke artiklle. Ovaj kod je nazvan Universal Product Code (UPC) [4]. UPC je linearan (jednosdimenzioni), trakasti kod. Simbol UPC koda sadrži podatke o proizvođaču i proizvodu (Slika 1.3). 1974 godine UCC je prihvatio UPC kod i razvio prateću tehnologiju [3]. 1974-06-26, UPC simbol se pojavio na pakovanju od 10 Wrigley guma i skeniran je u supermarketu u Ohio. Taj događaj predstavlja početak modernog doba u identifikaciji proizvoda. Od tada se počelo sa primjenom trakastih kodova svuda u maloprodajnim objektima, gdje su i danas široko rasprostranjeni. Nalaze se na gotovo svakom komercijalnom artiklu. Dvodimenzionalni trakasti kodovi [5, 6], koji mogu sadržati više podataka na manjoj površini, često se koriste u kompanijama koje se bave otpremanjem i transportom robe, (UPS, Federal Express, i United States Postal servis, itd.). Korisnici čak mogu oštamovati svoj vlastiti poštanski žig u obliku dvo-dimenzionalnog trakastog koda.

Danas svuda prisutne, magnetne trake, prvi put su se pojavile ranih 60-tih godina kao prevozne karte u londonskom metrou. Rukovodstvo londonskog prevoza je obložilo zadnju stranu vozne karte, magnetskim zapisom koji je sadržavao šifriranu vrijednost karte. Svaki put kada bi kartica bila provučena kroz čitač na prevoznoj stanici, na magnetsku traku se upisivala nova šifrirana vrijednost koja je u odnosu na raniju umanjena za cijenu prevoza.

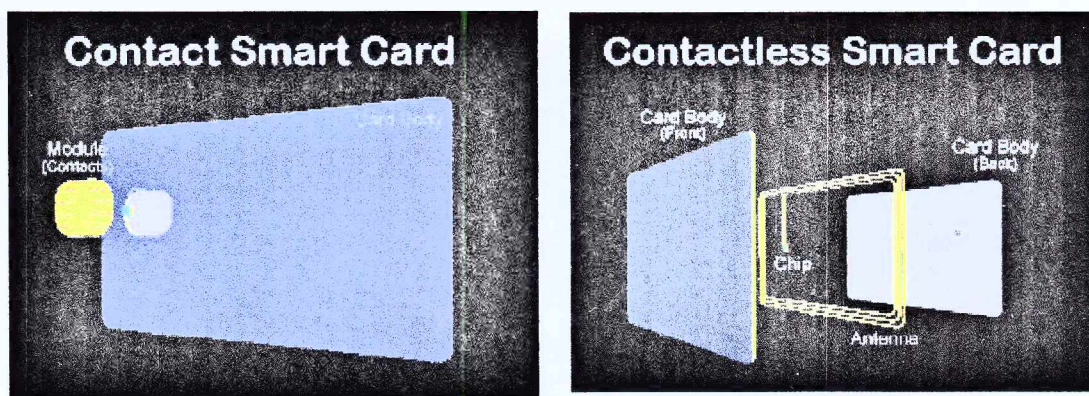
Sistem je kasnije prerađen. Reduciran je prostor sa magnetskim zapisom na standardni format trake (Slika 1.4) [7, 8].



**Slika 1.4** Kartica sa magnetskim zapisom oblika trake i čitač Mini123 MSR500m(ur)

Kartice sa magnetnim zapisom (magnetne trake) i dalje se široko koriste kao finansijske kartice, prevozne karte i identifikacione kartice. Pod finansijskim karticama podrazumijevaju se kreditne i dugovne kartice, koje se koriste kod automatskih blagajni i terminala na prodajnim mjestima. Prevozne karte sa magnetskim zapisom koriste se u gotovo svim vidovima saobraćaja (željeznici, autobuskom saobraćaju, avionskom saobraćaju itd.). Magnetni zapis kao identifikator se koristi kod vozačkih dozvola, članskih karata, kartica ključeva i slično [9, 10].

Identifikacioni sistemi zasnovani na primjeni "pametnih" identifikatora sve su prisutniji u našoj svakodnavici. "Pametni" identifikatori imaju ugrađen jedan ili više mikročipova. Čip može sadržati mikroprocesor sa internom memorijom ili može biti samo memorijski [11, 12]. Prema načinu na koji komuniciraju sa čitačem "pametni" identifikatori mogu biti kontaktni ili bekontaktni. Na slici 2.5 prikazan je kontakti i bekontakti identifikator oblika kreditne kartice [11, 13].



**Slika 2.5** Kontaktne i beskonraktne (RF) kartice

"Pametne" identifikatore karakteriše visoka zaštićenost podataka. U samom čipu ugrađene su funkcije zaštite. Imaju inteligentnu interakciju sa čitačem [11, 14, 15].

Identifikacioni sistemi zasnovani na "pametnim" identifikatorima danas ubrzano dobijaju na popularnosti i sve više potiskuju druge, pobrojane, klasične identifikacione sisteme. Koriste se širom svijeta u finasijskim poslovima, telekomunikacijama, tranzitu, maloprodaji, zdravstvu, kontroli pristupa itd. [16, 17, 18].

U ovom radu, posebna pažnja data je beskontaktnim "pametnim" identifikatorima, odnosno radio-frekvencijskim identifikacionim (RFID) sistemima [19,13]. RFID tehnologija u posljednje vrijeme nalaze sve brojnije primjene. Detaljnijem opisu ove tehnologije posvetio sam poglavlje 1.1.

Biometrijski identifikacioni sistemi koriste se za identifikaciju čovjeka na osnovu prepoznavanja njegovih fizičkih karakteristika ili karakteristika ponašanja. Kod ovih sistema nije potreban dodatni identifikator, već je on sastvani dio čovjeka. Danas postoje biometrijski identifikacioni sistemi koji identifikaciju vrše na osnovu prepoznavanja:

- otiska prsta,
- dužice oka
- mrežnjače oka
- karakteristika lica,
- karakteristika glasa
- karakteristika šake,
- potpisa, itd.

U posljednjih desetak godina ostvaren je bitan napredak u razvoju biometrijskih identifikacionih sistema. Njihovo područje primjene se neprestalno proširuje [20, 21]. I pored sve veće prisutnosti, o njima, još uvijek gotovo da nema raspoložive literature na našem jeziku. Posvećivanjem poglavlja 1.2 biometrijskim identifikacionim sistemima, pokušao sam, u tom smislu, dati svoj doprinos. U poglavlju 1.2 dao sam uporedni pregled postojećih biometrijskih tehnologija sa detaljnijim osvrtom na najčeće primjenjivane tehnologije i tehnologije u čiji razvoj se danas ulažu najveći naponi.

## 1.1 RFID TEHNOLOGIJA (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION)

Jedna od tehnologija koja se u posljednje vrijeme snažno razvija, i nalazi brojne primjene u svakodnevnom životu je RFID tehnologija [22]. Ova tehnologija omogućava identifikaciju uz minimum napora korisnika. Korisnici se mogu identifikovati bez potrebe da pronalaze identifikator (karticu) u svojoj tašni ili novčaniku. Dovoljno je da se kartica nađe u polju čitača i identifikacija je obavljena. Bezkontaktna razmjena podataka doprinosi da radni vijek RF čitača i RF identifikatora bude duži nego što je slučaj sa čitačima i identifikatorima drugih tehnologija. U slučaju RFID tehnologije:

- nema oštećenja kontakata kao kod sistema sa kontaktim karticama,
- nema oštećenja glave čitača kao kod sistema sa magnetskim karticama,
- nema problema sa prljavštinom i ogrebotinama kao kod sistema sa bar kodom i magnetskim zapisom.
- RF čitač i RF identifikator su otporniji na sabotazu.

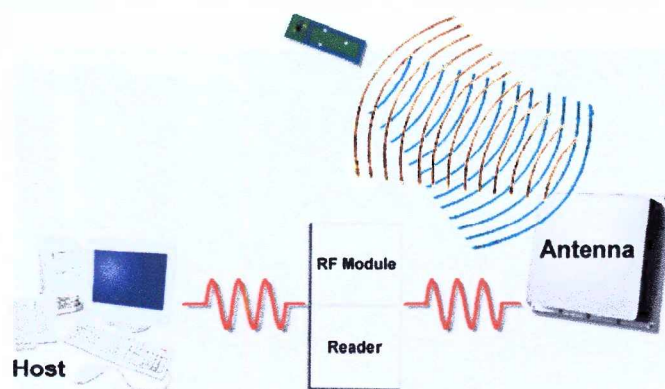
Zahvaljujući prenosu podataka putem radio frekvencija, nije potrebna direktna vidljivost između čitača i RF identifikatora. Ovakvu osobinu ne posjeduje ni jedna do sada razvijena identifikaciona tehnologija [22, 23].

Primjene RFID tehnologije su brojne. Na primjer, elektronska identifikacija, praćenje ljudi, stvari i životinja, označavanje proizvoda, magacinska poslovanja, maloprodajni objekti, bezbjedonosni sistemi, sistemi za potrebe vojske itd [24, 25, 26, 33].

U primjeni, za označavanje proizvoda u distribucionim i maloprodajnim objektima RFID tehnologija sve više potiskuje tehnologiju trakastih kodova [24, 26]. RF identifikatori imaju značajnih prednosti u odnosu na simbol trakastog kod. Neke od prednosti su:

- Za razliku od simbola trakastog koda koji zahtijevju direktnu vidljivost sa čitačem, RF identifikatori mogu se čitati kroz različite supstance, nezavisno od orijentacije prema čitaču. Ovo značajno ubrzava očitavanje identifikatora. Tako, u maloprodajnom objektu, RF identifikatori značajno ubrzavaju process naplate, na zadovoljstvo i prodavca i kupaca
- Više RF identifikatora može biti pročitano odjednom.
- Simboli trakastog koda sadrže fiksnu količinu podataka, dok RF identifikatori osim postojećih podataka imaju i raspoloživi memorijski prostor za daljnju nadogradnju.

Osnovni sastavni djelovi RFID tehnologije su: RF identifikator, RFID čitač i sistem za prikupljanje, distribuciju i upravljanje podacima (Slika 1.1.1) [22].



Slika 1.1.1 Osnovni sastavni djelovi RFID sistema

RF čitač i RF identifikator komuniciraju putem RF signala.

Kompletan RFID sistem, u najkraćem, funkcioniše na sljedeći način:

- Na zahtjev host-a (aplikacije) čitač generiše signal nosilac.
- Preko antene čitača, signal nosilac se dalje prenosi u obliku RF talasa.
- RF talasi pogađaju identifikator.
- Identifikator prima signal, moduliše ga i "vraća nazad" ka čitaču.
- Antena prihvata modulisani signal i prosljeđuje ga čitaču.
- Čitač dekodira podatke.
- Rezultat se vraća host-u.

RF identifikatori predstavljaju se čitaču jedinstvenom šifrom (jedinstvenim identitetom).

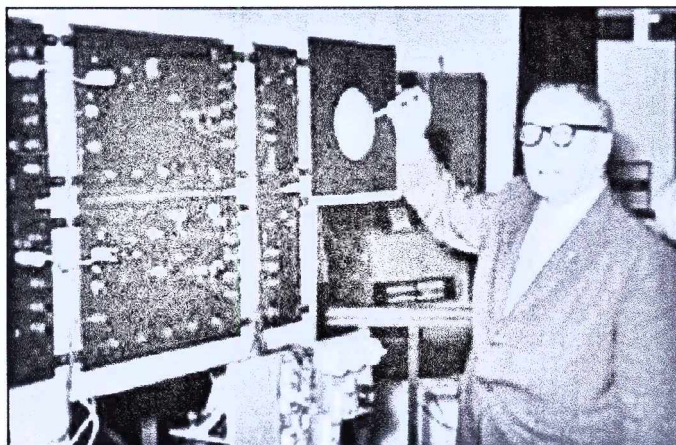
### 1.1.1 ISTORIJAT RAZVOJA RFID TEHNOLOGIJE

Interesantno je osvrnuti se na istorijat razvoja RFID tehnologije. I pored toga što je ova tehnologija u poslednjoj dekadi dostigla svoj puni zamah, ona ipak nije sasvim nova. Prve primjene datiraju još iz vremena drugog svjetskog rata. Tada su se RF identifikatori koristili u avionima za prepoznavanje prijatelja - Foe sistemi (Slika 1.1.2). Foe sistemi su dali značajnu prednost savezničkoj floti [27].



**Slika 1.1.2** Saveznički avion opremljen Foe sistemom

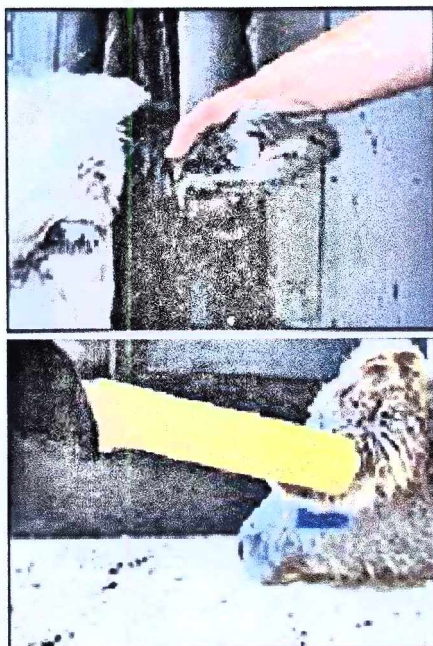
23-eg Januara 1973 registrovan je prvi američki patent za aktivni RF identifikator sa rewriteble-nom memorijom (Slika 1.1.3). Sedamdesetih godina RFID sistemi nalaze primjenu i u telemetriji [28].



**Slika 1.1.3** Prvi američki patent za aktivni RFID tag

## 1.1 RFID tehnologija

Kasnijih 1970-ih RF identifikatori se u ograničenoj primjeni javljaju sistemima za upravljanje inventarom. Sredinom 80-ih RFID tehnologija počinje da se ubrzano komercijalizuje. Razvijeni su pasivni RFID tagovi za praćenje stoke (Slika 1.1.4).



**Slika 1.1.4** RFID tag upotrijebljen za praćenje stoke

Ranih 1990-ih IBM je razvio i patentirao ultra-high frequency (UHF) RFID sistem. Od 1999 do 2005 više od 100 velikih end-user kompanija, U.S Department of Defense i mnogi trgovci prhvataju RFID tehnologiju. Na slici 1.1.5 data su predviđanja koliko će RF identifikatora, u narednom periodu, trebati nekim od vodećih kompanija u SAD-u.

Kompanija	RFID (milijarde)
CHEP	0.2
Johnson & Johnson	3.0
Kimberly Clark	10.0
WestVaco	10.0
Gillette	11.0
YFY	15.0
Tesco	15.0
Proctor & Gamble	20.0
Unilever	25.0
Altria	30.0
Wal-Mart	53.0
International Paper	53.0
Coca-Cola	200.0
Pod suma	412.2
(Over-counting 15%)	-61.8
US Postal Service	200.0
Ukupno	555.4

**Slika 1.1.5** Predviđanje broja RF identifikatora potrebnih odabranim kompanijama

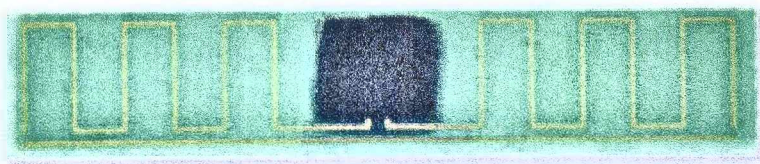
### 1.1.2 RF IDENTIFIKATORI

RF identifikatori su mali ili minijturni čipovi koji sadrže podatke o objektu ili biću na koje se odnose. Mogu biti različitih oblika i dimenzija (Slika 1.1.6).



**Slika 1.1.6** RFID identifikatori različitih oblika i dimenzija

Osnovni sastavni djelovi RF identifikatora su mikročip i antenna (Slika 1.1.7) [22].



**Slika 1.1.7** Razni oblici antenna kod RF identifikatora

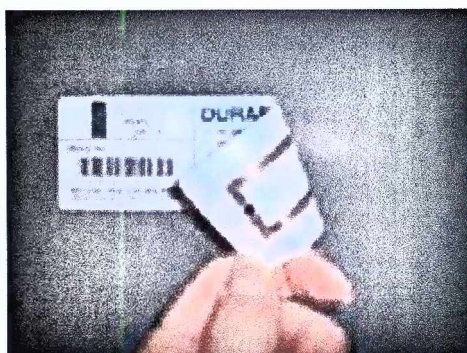
Prema tipu memorije koju sadrže, RF identifikatori mogu biti:

- Read-Only (fabrički programirani),
- WORM (write ones read multiple),
- Reprogrammable (field programmable) ili
- Read/Write (mogu se programirati u toku upotrebe) [29, 30, 31].

U Read/Write identifikatorima podaci se mogu prepisivati više od 100000 puta. Read-Only identifikatori obično sadrže samo šifru na osnovu koje se u bazi podatka pronalaze informacije o onome na što se identifikator odnosi.

RF identifikatori mogu biti zakačni na bilo koji objekat ili biće. Na primjer na:

- paletama ili omotu proizvoda (Slika 1.1.8),
- automobilima,
- imovini preduzeća ili personalu,
- artiklima kao što su odjeća, prtljag, veš za pranje, ...
- ljudima, stoci ili kućnim ljubincima,
- kompjuterima, televizorima, kamerama, ...



**Slika 1.1.8** RFID tag nalijepljen na omotu proizvoda

Prema načinu na koji se napajaju RF identifikatori se dijele na aktivne, polu-pasivne i pasivne (Tabela 1.1.1) [22, 29].

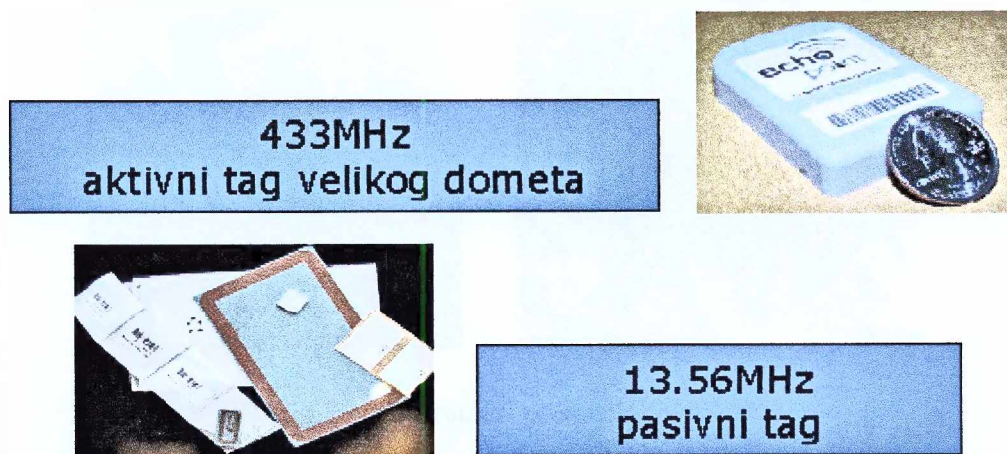
	<b>Passive</b>	<b>Semi-Passive</b>	<b>Active</b>
<b>Power Source</b>	Passive	Battery	Battery
<b>Transmitter</b>	Passive	Passive	Active
<b>Max Range</b>	10 M	100 M	1000 M

**Tabela 1.1.1** Podjela RF tagova prema načinu napajanja

Aktivni identifikatori sadrže bateriju iz koje se napajaju. Oni mogu inicirati komunikaciju sa čitačem ili sa drugim identifikatorom. Imaju domet do 100 metara (Slika 1.1.9).

Polu-pasivni identifikatori imaju bateriju ali ne mogu inicirati komunikaciju već samo odgovarati na primljeni zahtjev.

Pasivni identifikatori se u potpunosti napajaju iz polja čitača i naravno ne mogu inicirati nikakvu komunikaciju. RF čitači "dozivaju" pasivne RF identifikatore i zatim izvlače podatke iz rezultujućeg eha. Pasivni RF identifikatori su u potpunosti neaktivni u odsustvu polja čitača. Pasivni RF identifikatori imaju znatno kraći domet nego aktivni i polu-pasivni (ali i znatno duži vijek trajanja). Domet pasivnih tagova kreće se u opsegu do 5 metara [30,31] (Slika 1.1.9).



Slika 1.1.9 Primjeri aktivnih i pasivnih RF identifikatora

### 1.1.3 RF ČITAČI

RF čitači obavljaju sljedeće funkcije:

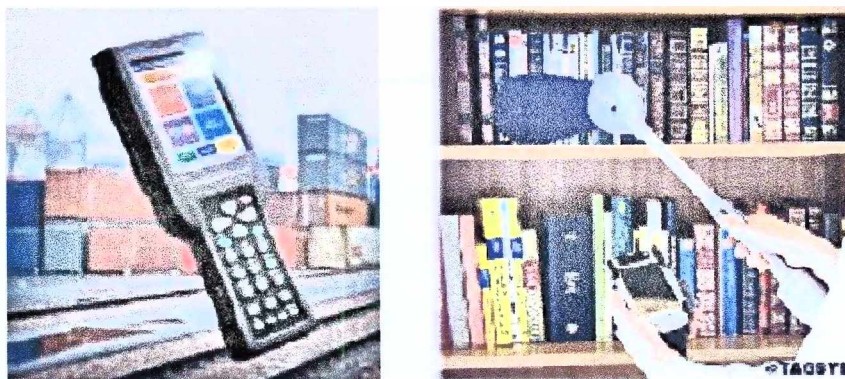
- slanjem upitnog signala aktiviraju RF identifikatore,
- napajaju pasivne identifikatore,
- kodiraju signale podataka koji idu ka identifikatorima i
- dekodiraju primljene podatke poslate od strane identifikatora (Slika 1.1.10) [22, 32].



Slika 1.1.10 RF čitač i RF identifikator

Da bi obezbijedili dodatnu funkcionalnost, RF čitači mogu sadržati internu memoriju za smještanje podataka, mogu imati mogućnost obrade podataka, a mogu se povezati i sa personalnim računarom odnosno softverom za prikupljanje, distribuciju i obradu podataka.

U praksi RF čitači mogu biti prenosivi uređaji ili postavljeni na fiksnu lokaciju (Slika 1.1.11).



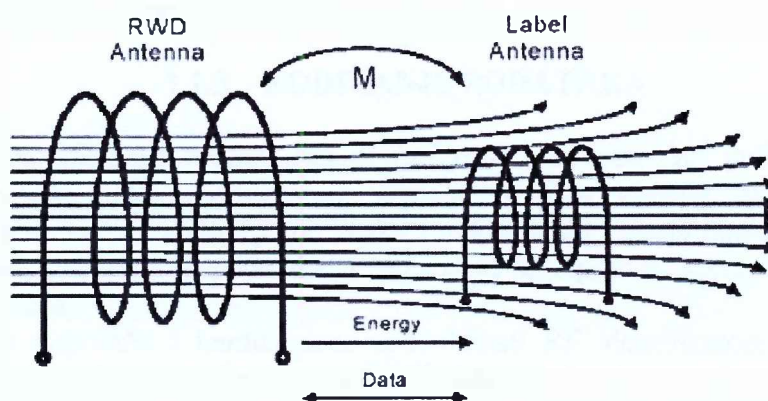
Slika 1.1.11 Primjeri prenosivih RF čitača

Jedna od primjena nepokretnog čitača je "pametna polica". Pametna polica detektuje kada je koji predmet dodat ili oduzet. Pametna polica bi mogla imati ključnu ulogu u real-time sistemu za popis inventara.

U osnovi, RF čitači su sasvim jednostavni i mogu biti ugrađeni u mobilne uređaje kao što su telefoni. Troškovi izrade osnovnog RF čitača već su ispod 5 dolara.

### 1.1.4 SPREZANJE(POVEZIVANJE) RF ČITAČA I RF IDENTIFIKATORA

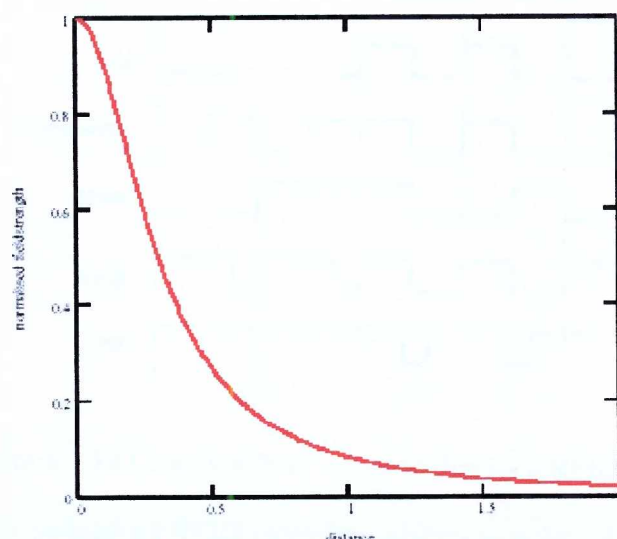
Pasivni RF identifikatori se napajaju koristeći energiju iz elektromagnetskog polja čitača. Identifikatori moraju uzimati napajanje i komunicirati unutar uskog opsega radio frekvencija, specificiranog od strane regulatornih agencija poput FCC (Federal Communication Commision) i ERO (European Radiocommunication Office). U daljem tekstu centar frekvencijskog opsega će biti označen sa  $f$ .



Slika 1.1.12 Induktivna sprega između RF čitača i RF identifikatora

Induktivna sprega između RF čitača i RF identifikatora radi ako transformator sa slabo spregnutim namotajima (Slika 1.1.12), s tim što je kod identifikatora, induktivni namotaj vezan sa kondenzatorom i formira selektivno rezonantno kolo podešeno na učestanost nosioca. Na ovo kolo je dalje vezan diodni ispravljač koji obezbjeđuje napajanje ostatku identifikatora. Induktivna sprega je efikasna jedino u bliskom polju čitača, t.j. na rastojanjima do  $\lambda/10$ , gdje je  $\lambda$  - talasna dužina signala.

Radni napon induktivno spregnutog identifikatora zavisi od gustine fluksa na datom rastojanju od čitača. (Slika 1.1.13).



**Slika 1.1.13** Zavisnost jačine magnetskog polja od rastojanja identifikatora i čitača

Osim induktivnom spregom, RF identifikatori mogu se napajati iz udaljenog polja. U oba slučaja, bilo da imamo napajanje iz bliskog ili udaljenog polja, snaga raspoloživa identifikatoru opada proporcionalno kvadratu rastojanju od čitača ( $1/d^2$ ).

Pošto se ista učestanost koristi i za prenos snage i za prenos podataka, javljaju se određeni problemi. Prvi problem je taj što bilo kakva modulacija signala smanjuje snagu napajanja RF identifikatora. Drugi problem je što se modulisanjem sinusoide širi frekventni opseg signala. Širina frekventnog opsega (bočni opseg) i maksimalna snaga prenosa, obično su ograničeni propisima od strane regulatornih vlasti, čime se ograničava i količina informacija koja se može prenijeti od čitača prema identifikatoru i obrnuto.

### 1.1.5 KODIRANJE PODATAKA

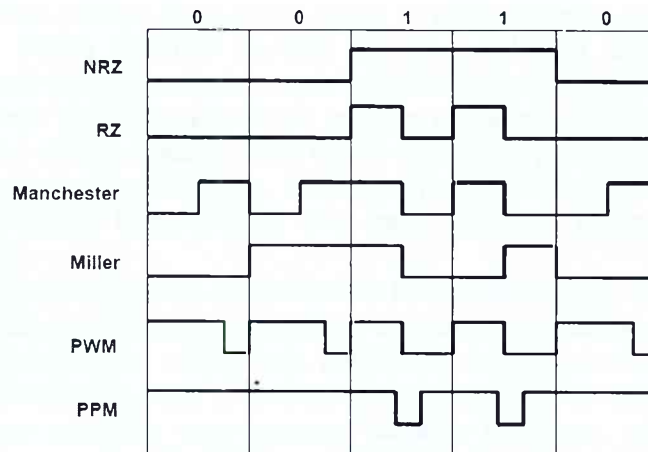
Podaci RF identifikatora moraju biti poslani čitaču na pouzdan način. Kodiranje ovih podataka i prenos preko modulisanog signala su dva ključna elementa pouzdnosti komunikacije. Izbor načina kodiranja podataka i modulisanja signala nosioca određuje širinu propusnog opsega, integritet podataka i potrošnju energije u komunikaciji između RF identifikatora i čitača.

Snaga kojom raspolažu i modulacione sposobnosti RF identifikatora određuju koje su metode kodiranja i modulacije prihvatljive za RFID sisteme.

Dva široko upotrijebljena načina kodiranja u RFID sistemima su kodiranje nivoima (*level codes*) i kodiranje prelaskom (*transition codes*). Ranije šeme kodiranja predstavljale su binarne vrijednosti određenim naponskim nivoom, dok su kasnije šeme bitove predstavljale promjenom naponskog nivoa. Kodovi prelaska su znatno robustniji od kodova nivoa. Nekoliko šema kodiranja prikazano je na slici 1.1.14.

Pulse Pause Modulation (PPM) je jednostavan kod u kojem vrijeme između dva impulsa reprezentuje vrijednost bita. PPM kod ima uzan spektar i jednostavan je za primjenu, ali ima malu brzinu prenosa.

Manchester kod predstavlja 1-e i 0-e kao negativne i pozitivne prelaze između dva naponska nivoa, respektivno. Manchester kod ima veću brzinu prenosa podataka u odnosu na PPM kod ali i širi spektar.



**Slika 1.1.14** Često korišteni načini kodiranja u RFID sistemima

Tehnika kodiranja podataka u RFID sistemima odabira se poštujući sljedeća tri kriterijuma:

1. Kodiranje mora trošiti što je moguće manje snage RF identifikatora.
2. Kodiranje ne smije uzrokovati veliku širinu spektra signala
3. Kolizija mora biti detektovana.

Prvi kriterijum favorizuje PPM i PWM kodove, zbog njihovog relativno stabilnog signala. PPM i PWM kodovi takode zadovoljavaju i drugi kriterijum. Međutim detektovanje kolizije favorizuje Manchester kod.

Jedno rješenje je upotrijebiti PPM kodiranje u smjeru od čitača ka identifikatoru, a Manchester kodiranje u smjeru identifikator čitač. Ovo je pogodno zbog toga što PPM štedi snagu i ima uzan spektar, a kolizija može biti detektovana ako više identifikatora odgovore sa Manchester kodom. S druge strane, povratni kanal radi sa znatno manjim snagama, tako da širok spektar Manchester koda ne predstavlja problem.

### 1.1.6 MODULACIJA

Dok kodiranje određuje predstavljanje podataka, modulacija upravlja načinom komuniciranja RF identifikatori i RF čitača. Karakteristično za RF komunikaciju je da se sastoji od nosećeg talasa modulisanog podacima. Postoje tri osnovna tipa digitalnih modulacija. To su amplitudska (ASK), frekencijska (FSK) i fazna modulacija (PSK). Svaki tip ima svoju vlastitu potrošnju, pouzdanost i širinu spektra.

Bitna razlika u snazi između RF identifikatora i RF čitača predstavlja poseban problem za RFID sisteme. U nekim prilikama, povratni signal prema čitaču može biti nadvladan signalom koji šalje čitač. Da bi se to izbjeglo, povratni signal je ponekad modulisan na različitoj frekvenciji (podnosilac). Na primjer, u ISO 15693 standardu za 13.56MHz RFID, upotrijebljen je podnosilac na učestanosi  $13.56\text{MHz}/32 (=423.75\text{ KHz})$  [34].

### 1.1.7 ANTI KOLIZIONE METODE KOD RF IDENTIFIKATORA

RF čitači često moraju pročitati jedan RF identifikator između mnogo prisutnih. Kada više RF identifikatora istovremeno odgovaraju na upit čitača, njihovi različiti signali mogu izazvati interferencu. Ova interferenca je nazvana kolizija i ona onemogućava komunikaciju.



Čitači i identifikatori moraju posjedovati metod za prevazilaženje kolizije, odnosno anti-kolizionni algoritam. Sličan kolizionni problem postoji u ćelijskoj telefonskoj mreži ili u Ethernet lokalnoj mreži i takođe se rješava anti-kolizionnim algoritmom [35].

RFID sistemi imaju nekoliko specifičnih osobina u pogledu kolizije. RF identifikatori imaju ograničenu moć obrade signala i teške uslove rada (zbog promjenjive jačine signala) te teško mogu nadvladati problem kolizije. Dalje, pretpostavlja se da identifikatori nijesu u mogućnosti da međusobno komuniciraju. Ovo znači da punu odgovornost za detekciju kolizije snosi RF čitač.

Anti-kolizini algoritmi mogu biti probablistički ili deterministički. Poznati probablistički algoritam je Aloha scheme [36, 37] upotrijebljen u Eternet lokalnim mrežama. U kontekstu identifikator-čitač, identifikatori izbjegavaju koliziju sa drugim identifikatorima, slučajnim kašnjenjem njihovih odgovora. Ako se kolizija ipak pojavi, čitač će obavijestiti sve prisutne identifikatore i krivci će, prije nego nastave, sačekati još jedan, obično duži, slučajni vremenski interval. Veća gustina identifikatora rezultiraće u većoj učestalosti kolizije i samim tim degradaciji performansi sistema. ISO 15693 standard za RFID podržava Aloha način za anti-koliziju [34].

Jednostavan deterministički algoritam je šema binarnog šetanja (binary tree-walking). U ovom algoritmu, čitač od svakog identifikatora u svojoj blizini traži bit po bit njihovog ID-a. Ako su iz grupe identifikatora prenesene dvije različite vrijednosti bita, čitač će detektovati koliziju. Čitač dalje odlučuje da li će nastaviti komunikaciju sa identifikatorima koji su emitovali 0-bit ili identifikatorima koji su emitovali 1-bit. U stvari, čitač bira granu u binarnom stablu ID vrijednosti. Identifikator koji nije obuhvaćen čitačevim izborom prekinuće sa učešćem u komunikaciji. Tako će se sve više smanjivati broj identifikatora koji su još aktivni. Ako svi identifikatori imaju jedinstven ID, na kraju će samo jedan identifikator ostati u komunikaciji sa čitačem. Ovaj proces adresiranja i izdvajanja jednog identifikatora je poznat kao *singularizacija*. Na kraju singularizacije, čitač zna cijeli ID identifikatora sa kojim komunicira.

Prilikom ocjene kvaliteta anti-kolizionnog algoritma, prevladavaju sljedeći kriterijumi:

1. Performanse.
2. Domet (range).
3. Širina propusnog opsega (Bandwidth requirements).
4. Cijena primjene.
5. Otpornost na šum i greške.
6. Sigurnost.

Snaga binarnog šetanja je u efikasnosti i jednostavnoj primjeni u identifikatorima. Međutim, ova metoda sadrži bitan neostatak jer unosi prijetnju sigurnosti RFID sistema. U komunikaciji čitač-identifikator postoji nesimetrija u pogledu jačine signala kojeg emituje čitač i signala koji potiče od RF identifikatora. Svaki bit ID-a odabranog identifikatora emituje čitač. Signal čitača je jak i može biti uhvaćen od strane prisluškivača sa distance do 100m. Da bi se ovo preduprijedilo razvijene su sigurniji algoritmi u odnosu na normalno binarno šetanje. To su:

- Prekidno binarno šetanje (Blinded Tree-Walking) i
- Maskirano binarno šetanje (Randomized Tree-Walking)

U algoritmu Prekidnog binarnog šetanja čitač šalje ID identifikatora samo u slučaju kolizije. Ukoliko kolizije nema čitač samo traži sljedeći bit [39, 40]. Osnovna ideja u algoritmu Maskiranog binarnog šetanja sastoji se u tome da identifikatori privremeno, tokom procesa singularizacije, generišu slučajni pseudo-ID. Kada identifikator bude odabran, on će slati normalan ID prema čitaču. Međutim, to će ići povratnim kanalom čija je snaga znatno manja pa prema tome udaljeni prisluškivač ga neće moći čuti [41].

Regulacija širine propusnog opsega je najvažniji parametar prilikom izbora anti-kolizionog algoritma. Kako probablistički algoritmi imaju užu propusni opseg, koriste ih identifikatori koji rade u strogo kontrolisanom opsegu (13.56MHz). Identifikatori koji rade u manje kontrolisanom opsegu (915MHz), najčešće koriste determinističke algoritme.

### 1.1.8 FREKVENCIJE I REGULATIVA

Regulacija elektromagnetskog spektra od strane regulatornih vlasti utiče na karakteristike RFID sistema. Mnogi RFID sistemi rade u ISM (Industrial-Scientific-Medical) opsezima koji su slobodni za sisteme male snage i kratkog dometa. Ovi opsezi su definisani od strane ITU (International Telecommunication Union) [42]. Pregled ove regulative može se naći i u [43].

U SAD-u, RFID sistemi najčešće koriste ISM propusne opsege 13.56MHz i 902-928 MHz. Nešto manje frekvencijskih licenci je raspoloživo za opseg od 9kHz – 135kHz. Uređaji koji rade u ovim opsezima potpadaju pod različite regulative u odnosu na maksimalnu dozvoljenu snagu emitovanja i maksimalni propusni opseg.

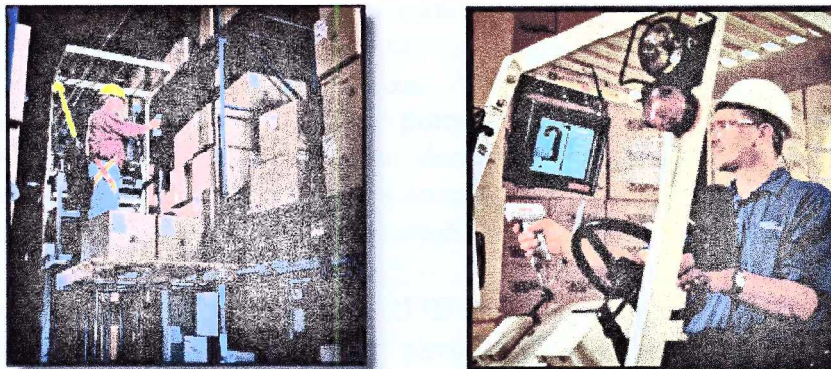
Na primjer, direktni kanal sistema koji rade na frekvenciji 13.56MHz limitiran je propusnim opsegom od 14kHz. Povratni kanal može koristiti širi propusni opseg, jer je njegova snaga znatno manja.

Nasuprot tome, ISM opseg 915MHz nije tako strogo regulisan. Na raspolaganju je nekoliko opcija za komunikaciju od čitača prema identifikatoru. Opcija koja predviđa veći domet čitanja, zahtijeva od čitača da "skače" između 50 kanala svakih 0.4sec. Svaki kanal ima širinu propusnog opsega do 250kHz. "Skokovi" izazivaju prekide u komunikaciji čitač-identifikator jer identifikatori ne mogu imati neprekidnu komunikaciju u tim uslovima. Kontinuirana komunikacija čitač/identifikator mora biti ograničena na maksimalno 0.4sec. Transakcija mora biti kompletirana unutar tog perioda, inače će biti prekinuta frekvencijskim skokom.

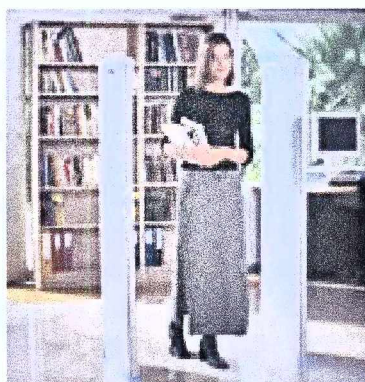
### 1.1.9 PRIMJENE RFID TEHNOLOGIJE

Primjene RFID tehnologije su sve brojnije. Wal-Mart i ostali lideri u distribucionoj i maloprodajnoj industriji SAD-a počeli su uvoditi RFID tehnologiju u njihov lanac snadbijevanja. Food and Drug administracija SAD-a dala je preporuku za masovnu upotrebu RFID tehnologije u farmaceutskoj industriji. Potencijalne koristi za ekonomiju i potrošače su ogromne. RFID tehnologija može dramatično smanjiti troškove u upravljanju lancima snadbijevanja, unaprijediti magacinsko poslovanje, automatizovati uvid u stanje zaliha, povećati tačnost i efikasnost popunjavanja zaliha robe, smanjiti krađu, poboljšati prevenciju od stavljanja u promet falsifikovanih proizvoda (lijekova na primjer), i još mnogo drugih prednosti.

Da bi se ilustrovale koristi koje RFID sistemi donose, posmatrajmo RFID sistem primijenjen u nekom magacinu, odnosno skladištu. Primjenom RFID sistema svaki artikl u magacinu dobija RF identifikator. RF identifikator sadrži identifikacione podatke kao što su kod proizvođača, kod za tip proizvoda, kao i jedinstveni serijski broj proizvoda. U magacinu, u kojem je apliciran RFID sistem, police, sredstva za preтовar robe i vrata opremljeni su RF čitačima. Zahvaljujući tome police "znaju" svoj sadržaj i mogu da prepoznaju kada je neki artikl dodat ili oduzet. Slično, sredstva za preтовar robe "znaju" što su prenijela a i vrata "znaju" koji artikli su unijeti ili iznijeti (Slika 1.1.16,17,18). Svaka od ovih akcija se bilježi u bazi podataka čime se dobija detaljan prikaz kompletne istorije svakog pojedinačnog artikla. Dodatni podaci kao što su informacije o proizvodu, računi i drugo takođe se mogu pratiti [44].



**Slika 1.1.16** Sredstva za pretovar usklasištene robe opremljena RF čitačima



**Slika 1.1.17** Vrata u biblioteci opremljena RF čitačima



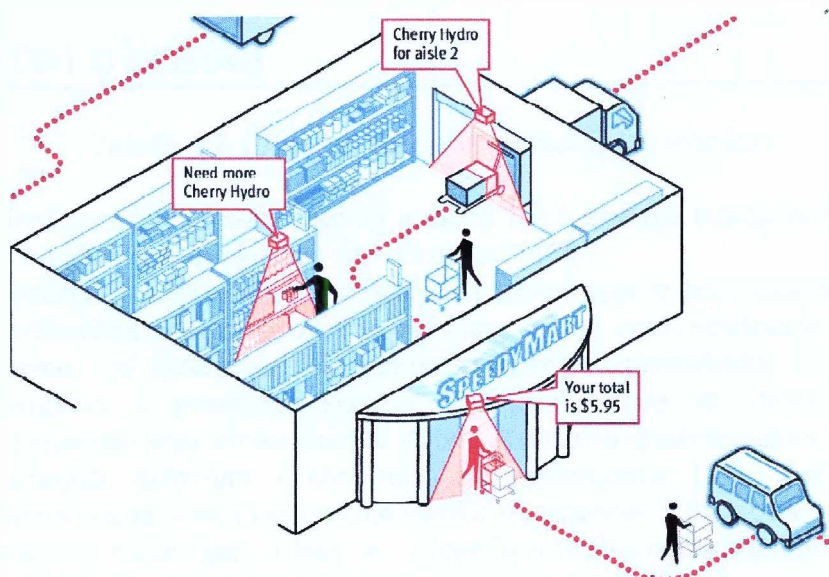
**Slika 1.1.18** Pokretna traka opremljena RF čitačima

Na osnovu navedenog može se zaključiti da zahvaljujući mogućnostima RFID tehnologije stanje magacina, u kome je primijenjen RFID sistem, može biti ažurirano u realnom vremenu, t.j. u svakom trenutku, svaki artikl u magacinu može biti automatski lociran. Ovlašteno lice može pomjerati artikle po policama bez potrebe da bilježi gdje je nova pozicija artikla. Polica će to uraditi umjesto njega. Automatska analiza pomjeranja i razmještaja artikala pomože u optimizaciji organizacije magacina. Konačno, stalni nadzor inventara značajno redukuje kalo, što donosi značajne uštede proizvođačima [45].

RFID tehnologija omogućava najbolje premoštavanje jaza između digitalnog i realnog svijeta. U drugim identifikacionim sistemima nije moguće uspostaviti tako čvrstu vezu

između podataka o objektima i samih objekata. Unošenje u bazu podataka informacije o pristigloj robi i to da je određeni objekat smješten na određenoj lokaciji je, zapravo, ništa više od fotografije uzete u određenom trenutku. Ako se objekat pomjeri, informacije u bazi podataka više nijesu tačne. Neko je i dalje potreban da stvarno verifikuje prisutnost objekta. RFID tehnologija omogućava automatsku identifikaciju fizičkog objekta i omogućava da inventar jednom popisan bude dalje praćen automatski. Kontinulno ažuriranje baze podataka pruža bolji prikaz realnog svijeta. Drugim riječima, "fotografija" se zamjenjuje "prenosom uživo".

Zahvaljujući opisanim mogućnostima, RFID tehnologija nalazi i brojne druge primjene. Veliki američki trgovinski lanac Wal Mart planira uvođenje tzv. "brzih" marketa. Radi se o prodavnicama u kojima nebi postojala kasa za naplatu. Umjesto da kupac kod kase čeka red za naplatu, on bi jednostavno izašao iz prodavnice. Pomoću RF čitača naplaćivanje bi se izvršilo automatski, skidanjem odgovarajuće svote sa kreditnog RF identifikatora u džepu kupca (Slika 1.1.19). Nepostojanje potrebe za naplatnim kasama smanjuje prodajne troškove a samim tim utiče povoljno i na cijenu proizvoda. Osim automatizacije procesa naplate, "brzi" marketi donose brojne pogodnosti i u procesu snabdijevanja. Zahvaljujući postojanju RF čitača na svakoj polici, svakom ulazu u market, kao i u svakom transportnom sredstvu proces evidencije nabavke kao i kontrole snabdijevenosti je kompletno automatizovan. Štaviše, "pametne" police same dojavljuju da je određeni artikl gotovo rasprodat i da treba izvršiti dopunu. Više se vlasniku marketa ne može desiti da neblagovremeno sazna za nestašicu nekog od artikala.



Slika 1.1.19 Speedy Mart

Banke razmatraju ugrađivanje RF identifikatora u novčanice u cilju sprječavanja falsifikovanja. Jednostavno je provjeriti poklapa li se kod RF identifikatora sa oštampanim serijskim brojem na novčanici. Međutim, opasnost od narušavanja privatnosti čini neizvjesnom ovu primjenu RF identifikatora [39, 47].

RFID sistemi se takođe koriste i za prećenje ljudi i životinja [46]. Koriste se u vojne svrhe. Na primjer prilikom spasavanja posade oborenih aviona i slično [19, 48]. Upotrebljavaju se u sistemima kontrole pristupa, sistemima evidencije radnog vremena i mnogim drugim.

## 1.2 BIOMETRIJSKI IDENTIFIKACIONI SISTEMI

U biometrijskim identifikacionim sistemima prepoznavanje korisnika vrši se na bazi njegovih fizičkih i/ili karakteristika ponašanja.

Biometrijski sistemi se mogu podijeliti u dvije osnovne kategorije i to:

- sistemi zasnovani na prepoznavanju fizičkih karakteristika i
- sistemi zasnovani na prepoznavanju karakteristika ponašanja.

Trenutno ima preko 10 različitih biometrijskih identifikacionih tehnika (Tabela 1.2.1).

<b>Biometrija</b>	
<b><u>Fizičke karakteristike</u></b> <b>Otisak prsta</b> <b>Prepoznavanje lica</b> <b>Geometrija šake</b> <b>Skenir. dužice oka</b> <b>Skeniranje mrežnjače</b> <b>DNA</b> <b>Vaskularni obrasci</b>	<b><u>Ponašanje</u></b> <b>Prepoznavanje glasa</b> <b>Potpis</b> <b>Način hodanja</b>

**Tabela 1.2.1** Pregled osnovnih biometrijskih tehnika

Biometrijske identifikacione tehnike koje su u tabeli 1.2.1 ispisane tamnijom bojom, danas se najviše koriste i u njihov razvoj ulažu se najveći naponi [49].

Jedna od najstarijih i najpoznatijih biometrijskih tehnologija je prepoznavanje otiska prsta [50]. Prvi identifikacioni sistemi ovog tipa razvijeni su još ranih šesdesetih godina prošlog vijeka. Do nedavno, ovi sistemi su dominantno korišteni u kriminalistici. Razvoj računarske tehnologije omogućio je proširenje spektra aplikacija. Danas su identifikacioni sistemi zasnovani na prepoznavanju otiska postali dobra alternativa tradicionalnim identifikacionim sistemima u mnogim državnim i komercijalnim aplikacijama [51]. Pravilno korištena, tehnologija prepoznavanja otiska omogućuje visoku pouzdanost. Čitači otiska prsta mogu biti veoma mali, relativno niske cijene i lako se integrišu u tradicionalne identifikacione sisteme. Ipak, postoje i problemi. Jedan vid problema posljedica je velike izloženosti prstiju djeinstvu spolješnje sredine. Posjekotine ili prljavština često otežavaju proces prepoznavanja. Drugi vid problema posljedica je mogućnosti relativno jednostavnog falsifikovanja otiska. Čitači otiska prsta, često, osim samog skeniranja otiska, raznim metodama pokušavaju prepoznati falsifikat (temperaturni test, test pulsa, test provodljivosti, itd.) [52, 53].

Prepoznavanje lica je jedna od najnovijih biometrijskih identifikacionih metoda. Njene osnovne prednosti su jednostavnost korištenja, nepostojanje potrebe za fizičkim kontaktom sa čitačem i mogućnost relizacije sistema na bazi korištenja postojeće tehnike široke namjene (u prvom redu web kamera) [54]. Međutim, postoje brojne poteškoće u procesu prepoznavanja lica. U odnosu na otisak prsta i dužicu oka, lice posjeduje manje detalja na osnovu kojih je moguće vršiti identifikaciju. Dodatan problem predstavlja velika vremenska promjenjivost karakteristika lica [55]. Ova tehnologija u posljednje vrijeme bilježi napredak, ali ipak do sada ima ograničenog uspjeha u praktičnim aplikacijama [56].

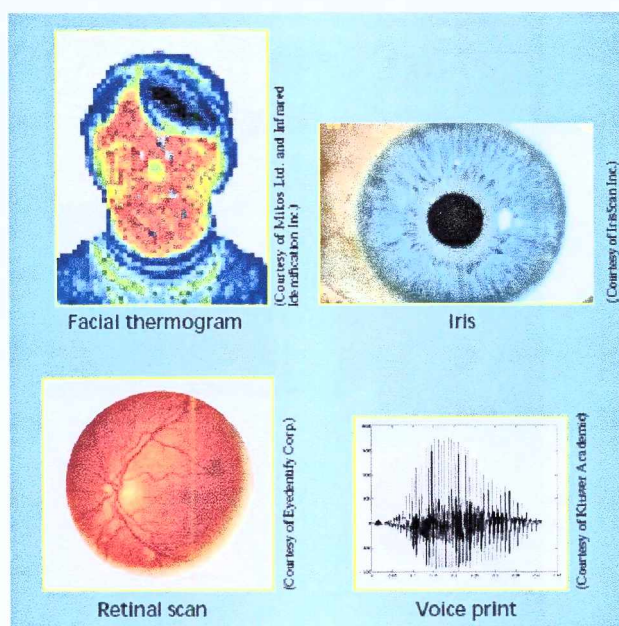
U tehnologiji geometrije šake prepoznaju se fizičke karakteristike šake i prstiju. Geometrija šake pruža dobar balans između mogućnosti i jednostavnosti upotrebe. Identifikacioni sistemi zasnovani na geometriji šake najčešće se koriste za kontrolu pristupa i u time/attendance sistemima [57]. Velika dimenzija skenera šake ograničava primjenu ove tehnologije. Tako, na primjer, tehnologija prepoznavanja geometrije šake najčešće se ne primjenjuje u kontroli pristupa kompjuterima ili kompjuterskim mrežama [58].

Tehnologijom skeniranja mrežnjače može se ostvariti visoka tačnost identifikacije. Međutim, prihvatanje od strane korisnika može predstavljati problem. Jedna od reakcija korisnika može biti - "Ne dozvoljavam da laserski zrak usmjeravate u moje oko!". U stvarnosti, u skeniranju mrežnjače ne koristi se laserski zrak, već vrlo nizak intenzitet svjetla koji se smatra sasvim bezbjednim. Osnovna mana ove tehnologije je u potrebi za direktnim kontaktom korisnika sa čitačem. Ovo je prilično nepogodno za ljude koji nose naočari. Takođe, u javnim aplikacijama, postoji mogućnost prenošenja raznih infekcija među korisnicima. Drugi problem je što se korisnik mora fokusirati na datu tačku, jer svaka neoptimalnost u tom pogledu značajno smanjuje tačnost prepoznavanja [57, 59].

Tehnologija skeniranja irisa prevazilazi mnoge probleme koji postoje u tehnologiji skeniranja mrežnjače. Kako je iris vidljiv i sa odstojanja ne zahtijeva se direktni kontakt sa čitačem a nije neophodno ni skidanje naočala. Tehnologija je zasnovana na prepoznavanju jedinstvenog obrasca irisa. Interesantno je da metod ne zavisi od boje irisa. Ovo je važno, zbog široko rasprostranjenog korištenja obojenih kontaktnih sočiva. Neki proizvođači tvrde da će njihov sistem raditi čak i u prisustvu tamnih sućanih naočala [57, 60].

Zbog jednostavnosti upotrebe prepoznavanje glasa je, moguće, najpoželjniji metod od strane korisnika [61]. Međutim, implementacija je ekstremno teška. Iako se, u posljednje vrijeme, tehnologija prepoznavanja glasa značajno unaprijedila i dalje obiluje problemima [62]. Lokalna akustičnost, pozadinski šum, kvalitet mikrofona, nazez, zabrinutost, užurbanost, ljutnja, svi ovi faktori mogu do te mjere izmijeniti čovječiji glas da njegovo prepoznavanje bude gotovo nemoguće. Osim toga, sistemi za prepoznavanje glasa su najzahtjevniji u pogledu vremena potrebnog za upis i prepoznavanje korisnika, kao i u pogledu potrebnog memorijskog prostora za smještanje profila glasa [63].

Na slici 1.2.1 dati su primjeri različitih biometrijskih karakteristika.



**Slika 1.2.1** Primjeri različitih biometrijskih karakteristika

Korištenje bilo kojeg tipa biometrijskih identifikacionih sistema sadrži dvije etape. Prva etapa je proces upisivanja korisnika a druga etapa je proces prepoznavanja korisnika [58, 64].

U etapi upisivanja korisnika sistem se podučava da identifikuje datu osobu. Tokom ove faze biometrijski senzori skeniraju fizionomiju osobe i kreiraju njenu digitalnu reprezentaciju. Iz dobijene digitalne reprezentacije izdvajaju se najbitnije, najkompaktnije, najizraženije karakteristike koje se nazivaju profil. Profil svakog korisnika se smješta u bazu podataka i dalje koristi za prepoznavanja. Baza podataka biometrijskog sistema može biti centralizovana ili distribuirana. Čest slučaj distribuirane baze podatka je kada se profil korisnika nalazi na njegovoj "pametnoj" ID kartici.

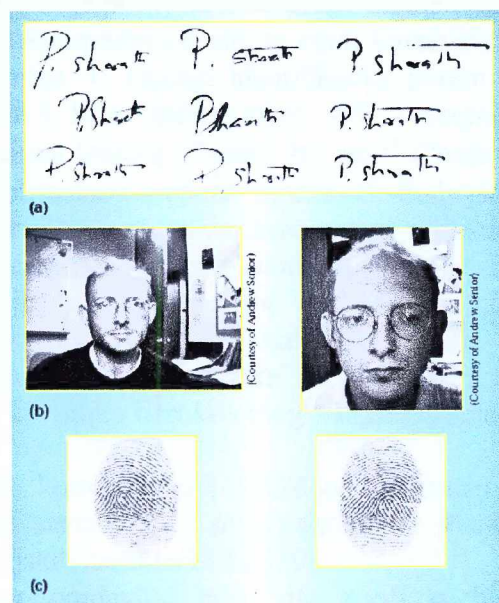
Da bi profil bolje odgovarao realnosti, biometrijske karakteristike se skeniraju više puta. Kada je riječ o prepoznavanju otiska prsta, da bi se dobio profil koji je u znatnoj mjeri nezavistan od položaja prsta prema skeneru, skeniranje se vrši tri do četiri puta za različite orijentacije prsta prema skeneru [53].

Obzirom, da je memorijski prostor za smještanje informacija o profilu, u ovim sistemima često ograničen (npr. u sistemima u kojima se informacije o profilu smještaju u "pametu" karticu), uobičajeno je da se podaci profila kompresuju prije upisivanja [65].

U identifikacionoj fazi vrši se prepoznavanja korisnika. U toku identifikacije profil trenutno skenirane osobe se poredi sa profilima iz baze podataka. U slučaju poklapanja karakteristika sa nekim od snimljenih profila zaključuje se da je osoba prepoznata i dozvoljava joj se zahtijevana akcija. U nekim slučajevima, umjesto poređenja sa snimljenim profilima, vrši se samo verifikacija je li se osoba tačno predstavila [64].

I pored prednosti koje biometrijski identifikacioni sistemi imaju u odnosu na klasične identifikacione sisteme potrebno je uložiti još puno napora za njihovo unapređenje. To se u prvom redu odnosi na pouzdanost, brzinu rada, cijenu kao i jednostavnost upotrebe [66].

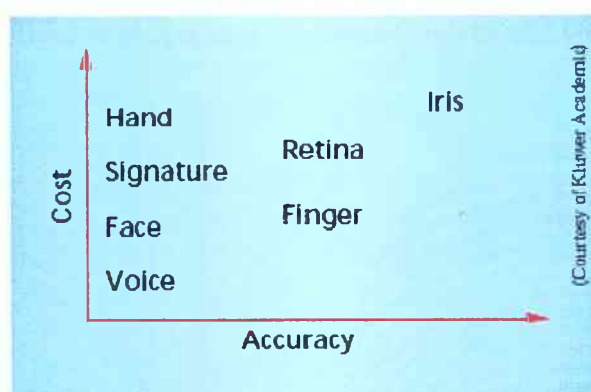
U klasičnom identifikacionom sistemu sa lozinkom, unošenje tačne lozinke uvijek rezultira prihvatanjem od strane sistema. Međutim, u biometrijskim identifikacionim sistemima ne može se garantovati da će identifikacija uvijek biti uspješno obavljena. Ovo zavisi od puno faktora, među kojima su, šum kod biometrijskih senzora, ograničenja primijenjene metode za obradu podataka, i možda i najviše, varijacije u biometrijskim karakteristikama [58]. Na slici 1.2.2 ilustrovane su moguće varijacije u potpisu, licu i otisku prsta jedne te iste osobe.



**Slika 1.2.2** Promjenjivost je nerazdvojivo vezana sa svim tipovima biometrijskih karakteristika

Varijacije biometrijskih karakteristika čine neophodnim definisanje određene margine greške između posmatranih i snimljenih karakteristika iste osobe. Uvođenje margine greške povećava mogućnost obmanjivanja sistema. Drugim riječima, može se desiti da sistem prihvati osobu koja nema to pravo. Definisanje optimalne margine nije jednostavan posao. Ako se predvidi premala margina greške, sistem će često odbacivati i osobe koje treba prihvatiti, dok u slučaju dopuštanja prevelike margine greške, osobe bez prava će biti prihvatane. Procenat odbacivanja osoba koja imaju pravo na datom sistemu naziva se FRR (False Reject Rate). Procenat prihvatanja osoba bez prava naziva se FAR (False Accept Rate). Prilikom realizacije biometrijskog sistema, cilj je minimizirati kako FRR tako i FAR. Nažalost ova dva odnosa nijesu nezavisna. Optimalna margina greške se mora tražiti uzimajući u obzir specifičnosti same aplikacije [67, 68].

Poređenje cijene implementacije i pouzdanosti različitih tipova identifikacionih sistema dato je na slici 2.2-3.



**Slika 1.2.3** Poređenje cijene primjene i tačnosti rada pojedinih biometrijskih identifikacionih metoda

U praksi, biometrijski identifikacioni sistem se često kombinuje sa nekim klasičnim identifikacionim sistemom. Na primjer, u kontroli pristupa, često se istovremeno koriste RF identifikator i otisak prsta (fingerprint) ili nek drugi biometrijski identifikacioni mehanizam. Za autentifikaciju korisnika kompjutera često se osim korisničkog imena i lozinke zahtijeva i provjera otiska prsta korisnika. U slučaju identifikacije putem telefonske linije često se uz čovjekovo znanje (lozinka i lične informacije) vrši i prepoznavanje čovjekovog glasa. Korištenjem dva identifikaciona faktora - "nešto što znaš" ("nešto što posjeduješ") i "nešto što si" omogućuje dobijanje optimalnog stepena sigurnosti. Sadjejtstvom klasičnih i biometrijskih identifikacionih sistema umnogome se prevazilaze mnogi nedostaci kako jednih tako i drugih. Klasični identifikacioni sistem potpomognut biometrijskim sistemom oslobađa se nedostatka jednostavne kompromitacije koja se ogleda u povjeravanju neovlaštenom licu tuđeg korisničkog imena i lozinke ili ustupanjem tuđe ID kartice. S druge strane biometrijski identifikacioni sistemi potpomognuti klasičnim ID sistemom lakše prevazilaze nedostatak nesigurnog prepoznavanja korisnika uzrokovanog varijacijom biometrijskih karakteristika [22, 69].

Osim sistema dobijenih kombinacijom klasičnog i biometrijskog načina identifikacije, postoje i multibiometrijski sistemi. U ovim sistemima identifikacija se vrši na osnovu prepoznavanja više biometrijskih karakteristika [70].

U daljem tekstu, ovog poglavlja, biće više riječi o biometrijskim identifikacionim metodama prepoznavanja oriska prsta, prepoznavanja dužice oka, prepoznavanja karakteristika lica i prepoznavanja karakteristika glasa.

### 1.2.1 PREPOZNAVANJE OTISKA PRSTA

Otisak prsta je jedinstven za svakog čovjeka i može se upotrijebiti za provjeru njegovog identiteta [71]. U prošlosti se otisak prsta najčešće koristio u kriminalistici. Danas, automatsko prepoznavanje otiska prsta postaje sve popularnije. Uređaji za prepoznavanje otiska koriste se u sistemima za kontrolu pristupa fizičkim lokacijama, kompjuterskim mrežama, bankovnim računima, ili registraciju prisustva radnika u preduzećima [53, 72].

Prepoznavanje otiska prsta prostim poređenjem sa drugim, već poznatim otiscima, nije preporučljivo jer često ne daje tačan rezultat. Razlozi za pojavu greški su smetnje prilikom uzimanja otiska, ogrebotine i druga oštećenja kože u dijelu sa kojeg se uzima otisak, zatim različita pozicija prsta prema skeneru, kao i deformacija otiska tokom procedure skeniranja. Mnogo bolji način prepoznavanja otiska je izdvajanje detalja, takozvanih karakterističnih tačaka sa slike otiska prsta. Karakteristične tačke su tačke gdje se linije otiska granaju ili završavaju (Slika 1.2.4). Prepoznavanje otiska se vrši upoređivanjem skupa karakterističnih tačaka trenutno uzetog otiska sa skupovima karakterističnih tačaka već poznatih otisaka.



**Slika 1.2.4** Karakteristične tačke sa otiska prsta

Uopšte uzevši otisak prsta sadrži oko 100 karakterističnih tačaka, dok dio otiska koji se obuhvata skenerom ima između 30 i 40 karakterističnih tačaka. Već preko 100 godina pravosudni organi kao i kriminalističke službe čitavog svijeta koriste karakteristične tačke na otisku prsta za identifikaciju osoba. U evropskim sudovima identifikacija se smatra vjerodostojnom ukoliko se najmanje 12 karakterističnih tačaka identifikuje u otisku. Izbor 12 karakterističnih tačaka često se naziva "pravilo 12 tačaka" [73]. Pravilo 12 tačaka je ekperimentalno definisano, na bazi činjenice da u uzorku od čak 10 miliona ljudi nije bilo dva čovjeka sa istih 12 karakterističnih tačaka [74]. Najveći broj trenutno komercijalno raspoloživih skenera prepoznaje otisak prsta na osnovu 8 karakterističnih tačaka. Sa ovim brojem karakterističnih tačaka proizvođači garantuju FAR odnos 1:1000000.

Obrada slike otiska prsta zahtijeva sofisticirane algoritme za, eliminisanje šuma, izdvajanje karakterističnih tačaka i obezbjeđenje rotacione i translacione tolerancije. Istovremeno, algoritmi moraju biti što je moguće brži da bi se mogli uspješno primijeniti u aplikacijama sa velikim brojem korisnika. U slučaju kada se algoritmi za prepoznavanje otiska žele primijeniti u mikročipu, kompaktnost algoritma i mali utošak memorije takođe postaju važni [53].

Do sada su predloženi mnogi algoritmi za prepoznavanje otiska [75, 76, 77]. Neurotehnologija, Vilnius, Lithuania, razvila je softver za prepoznavanje otiska prsta, VeriFinger. On može za manje od 0.4sec da prepozna otisak prsta upoređujući ga sa 30000 uzoraka iz baze [78].

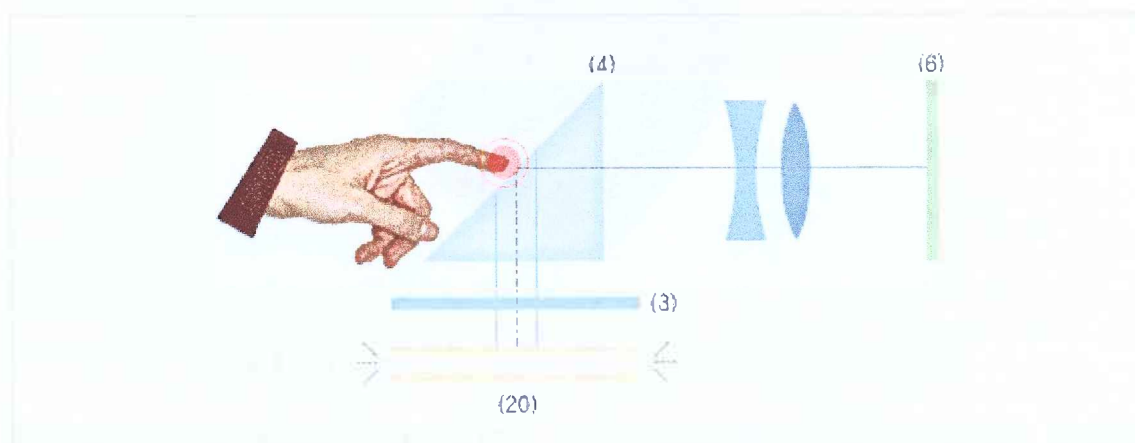
### 1.2.1.1 Tehnologija skeniranja otiska prsta

Čitači otiska prsta pojavili su se sredinom osamdesetih godina. Prva generacija čitača bila je zasnovana na upotrebi optičke tehnike za skeniranje prsta. Današnji čitači su zasnovani na različitim tehnikama [53, 79]. Najčešće se srijeću sljedeći tipovi senzora:

- optički senzori sa CCD ili CMOS kamerama,
- ultrasonični senzori,
- poluprovodnički senzori električnog polja,
- poluprovodnički kapacitivni senzori,
- poluprovodnički temperaturni senzori.

Poluprovodnički senzori su dovoljno malih dimenzija da se mogu ugraditi u gotovo svaki uređaj. Mogu čak biti toliko tanki da se mogu smjestiti i u plastičnu karticu kao npr. kreditnu karticu i sl..

Kada se koristi optički senzor, prst se pristisne na, za to predviđenu, pločicu. Nakon tog prst se osvijetli sa LED izvorom svjetlosti. Kroz prizmu i sistem sočiva slika se projektuje na kameru (Slika 1.2.5). Kamera može biti CCD ili modernija CMOS. Upotrebom frame-grabber tehnike slika se snimi i spremna je za dalju analizu.



**Slika 1.2.5** Sistem sočiva kod optičkih fingerprint senzora

Ultrasonična tehnika je zasnovana na postojanju razlike u akustičnoj impedansi na koži prsta. Senzori koji se koriste u ovoj tehnici nijesu novi. Već se dugi niz godina koriste u medicini za pravljenje eho-snimka. Frekventni opseg koji ovi senzori upotrebljavaju je od 20KHz pa do nekoliko GHz. Vršne frekvencije moraju biti u mogućnosti da skeniraju kožu prsta sa rezolucijom od oko 500dpi (oko 200 tačaka po cm). Ova rezolucija je neophodna da bi se mogle prepoznavati karakteristične tačke na koži prsta.

Senzori električnog polja su poluprovodnički senzori veličine pečata. Ovi senzori stvaraju električno polje i pomoću niza piksela mjere varijacije u polju. Varijacije su posljedica naboranosti kože prsta. Zavisno od proizvođača varijacije električnog polja se detektuju u provodnom sloju kože, ispod površine kože ili u epidermu.

Kapacitivni senzori su, kao i senzori električnog polja, veličine pečata. Kada se prst postavi na senzor, niz piksela mjeri varijacije u kapacitivnosti između senzora i prsta. Varijacije su,

takođe, posljedica postojanja brazdi na koži prsta, odnosno razlike u kapacitivnosti između kože i senzora.

Senzori koji mjere temperaturu prsta mogu biti manji od samog prsta. Podaci o temperaturi mogu se dobiti prelaskom prsta preko senzora. Senzori sadrže niz tačaka kojima se može detektovati razlika temperature kože (bore na koži prsta) i vazduha (udubljenja na koži prsta).

### 1.2.1.2 Falsifikovanje otiska prsta

Najveći problem tehnologije prepoznavanja otiska prsta jeste mogućnost falsifikovanja otiska. Nijedan od trenutno raspoloživih čitača nije u mogućnosti da pouzdano razlikuje stvarni prst od dobro urađene kopije. Kopija otiska može se uraditi uz saradnju vlasnika ili bez nje. Tehnologija prepoznavanja otiska, je u poređenju sa drugim biometrijskim tehnologijama, najpodložnija mogućnosti dobijanja kopije otiska bez znanja vlasnika [53, 79, 80].

Na slici 1.2.6 prikazana je tanka silikonska oblada koja predstavlja kopiju otiska prsta. Ovakav falsifikat moguće je napraviti bez puno opreme za nekoliko sati. Prilično se lako može nalijepiti na prst, i veoma ga je teško detektovati [81].



**Slika 1.2.6** Tanka silikonska oblada kao kopija otiska prsta

Glavni izazov koji se postavlja pred proizvođače čitača je razlikovanje vještačkog materijala od prirodnog epidermisa prsta. Rade se mnoga istraživanja sa ciljem da se obezbijedi da samo prst bez ikakvih dodatnih vještačkih dijelova može biti identifikovan. Pažnja se usredsređuje na osobine kao što su temperatura, provodljivost, puls, krvni pritisak, itd..

U sobnom okruženju temperatura epiderma prsta je oko 8-10 stepeni veća od spoljašnje temperature (18-20 stepeni). Upotrebom silikonskog omotača temperatura prsta koju detektuje senzor je za oko 2 stepena niža. Međutim, senzori koji su namijenjeni da rade i na vanjskim temperaturama najčešće imaju širi opseg prihvatljivih temperatura prsta. Čak i u slučaju kada je izvršena kompenzacija senzora, sama činjenica da je upotrijebljen u vanjskim uslovima, može usloviti da silikonska oblada na prstu ne bude detektovana.

U cilju detektovanja falsifikata, u mnogim čitačima otiska prsta, dodati su senzori koji mjere provodljivost prsta. Provodljivost prirodnog prsta je veoma zavistna od tipa kože (normalna ili suva). Normalna provodljivost je oko 200K $\Omega$ . Međutim, isti prst će imati provodljivost od nekoliko M $\Omega$  tokom suvog i hladnog zimskog vremena, kao i svega nekoliko K $\Omega$  tokom ljeta, kada je oznojen. Granice senzora moraju biti veoma široke. Stavljanje malo

pljuvačke na silikonsku oblandu može da navede čitač da povjeruje da je riječ o prirodnom prstu.

Neki proizvođači čitača tvrde da uspijevaju detektovati prirodni prst na bazi mjerenja pulsa. Ovo je prilično moguće, ali ipak postoje problemi. Ljudska aktivnost, naročito sportska, uzrokuje prilično velike promjene pulsa. Da bi mogao vršiti detekciju u svim tim uslovima čitač bi morao imati široke granice prihvatljivog srčanog ritma, što bi u znatnoj mjeri umanjilo njegovu sposobnost detektovanja falsifikata. Druga mogućnost je da korisnik sačeka uspostavljanje normalnog pulsa prije nego pokuša da se identifikuje. Međutim, kod mnogih osoba prisutna su povremena odstupanja u srčanom ritmu. U ovim slučajevima čekanje na uspostavljanje normalnog ritma može da potraje nepredvidivo dugo.

Neki proizvođači izrađuju čitače koji detektuju razliku relativne dielektrične konstante (RDC) ljudske kože i vještačkih materijala. Međutim, slično kao i na provodljivost na relativnu dielektričnu konstantu kože utiče vlažnost. Da bi se izbjegao veliki FRR, granice prihvatljivosti RDC moraju biti prilično široke. Stavljenjem nešto špirita na silikonsku oblandu, prije nego što će se prinijeti skeneru može se zavarati dielektrični senzor. Špirit se sastoji od 90% alkohola i 10% vode. Relativne dielektrične konstante alkohola i vode su 24 i 80 respektivno, dok je relativna dielektrična konstanta prsta negdje između ove dvije vrijednosti. Kako alkohol brže isparava od vode, RDC silikonske oblande će rasti dok ne upadne u opseg koji skener prihvata. Tada će i silikonska oblanda biti prihvaćena kao normalni prst.

Postoje senzori kojima se na osnovu dodira sa dvije različite tačke ljudskog tijela može mjeriti krvni pritisak. Ovaj senzor, u primjeni za prepoznavanje prirodnog prsta, ima iste nedostatke kao i senzor pulsa. Neki senzori detektuju oblik linija ispod epiderma prsta. Linije u ovom sloju su identične kao i linije na otisku. Neke metode koriste činjenicu da je sloj ispod epiderma savitljiviji (ultrasonični senzori), dok druge metode se fokusiraju na veću provodljivost ovog sloja. Ipak, kada postane poznato koju osobinu senzor koristi, moguće je silikonsku oblandu prilagoditi tome. Ima slučajeva kada proizvođači razvijene metode drže kao poslovnu tajnu i na taj način pokušavaju otežeti "razbijanje" sistema.

Kao zaključak se može kazati da i pored postojanja brojnih metoda razvijenih u cilju razlikovanja vještačkog i stvarnog prsta, mogućnost falsifikovanja nije eliminisana. Usljed potrebe da čitač ispravno radi za prilično široke granice svih opisanih parametara, prst na koji je nalijepljena tanka silikonska oblanda, ipak može zavarati dodatne testove. Prema tome, za dobijanje višeg stepena sigurnosti identifikacije, poželjno je biometrijski identifikacioni sistem zasnovan na prepoznavanju otiska kombinovati sa nekim klasičnim identifikacionim sistemom (korisničko/lozinka, "pametna" kartica, itd.) [53, 79].

### 1.2.1.3 Primjene tehnologije prepoznavanja otiska

Biometrijska identifikaciona tehnologija zasnovana na prepoznavanju otiska prsta ima brojne primjene. Čitači otiska koriste se:

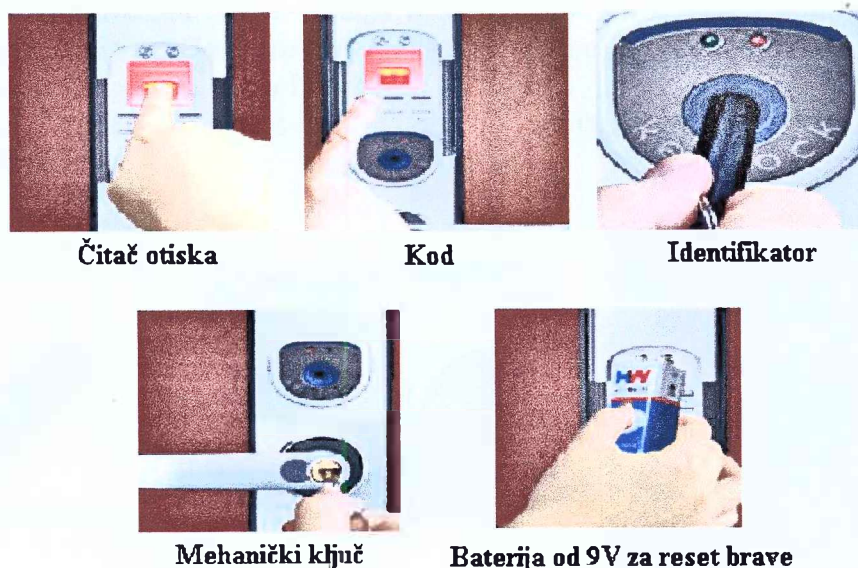
- kao sastavni dio brave,
- u sistemima za kontrolu pristupa,
- u sistemima za evidenciju prisutnosti,
- u sefovima,
- na PC miševima i USB fleš diskovima,
- akt tašnama itd.

Na slici 1.2.7 prikazana je brava (Fingerprint Door Lock 6600-92 – [82]) koja kao jedan od ključeva koristi i čitač otiska prsta. Čitač može sadržati do 78 profila otiska prsta, visokog kvaliteta. FAR čitača je manji od 0.0001% dok je FRR manji od 1%.



**Slika 1.2.7** Fingerprint Door Lock 6600-92

Osim čitača otiska brava ima i mogućnost unošenja lozinke, kontaktni identifikator kao i mehanički ključ (Slika 1.2.8).



**Slika 1.2.8** Ključevi Fingerprint Door Lock 6600-92 brave

Kontrola pristupa se ostvaruje kombinacijom raspoloživih načina identifikovanja. Ova brava se može primijeniti za osiguranje vila, kancelarija, vojnih ojekata itd.

Na slici 1.2.9 prikazan je uređaj za evidenciju prisustva i kontrolu pristupa REXECU-5100 [83]. Uređaj za identifikaciju koristi čitač otiska prsta. U cilju povećanja pouzdanosti identifikacije, REXECU-5100 se može integrisati sa klasičnim identifikacionim čitačima kao što su čitači trakastog koda, proksimiti čitači, čitači kontaktnih čip kartica i drugi.

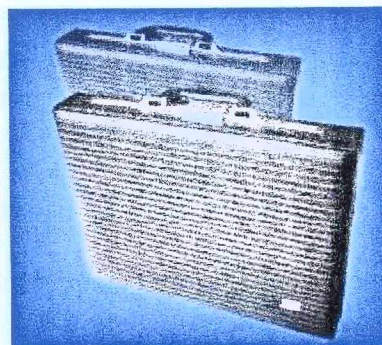
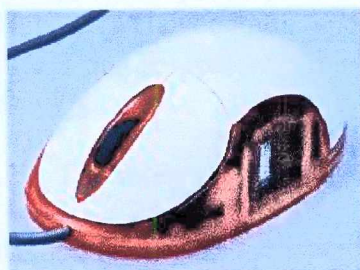


**Slika 1.2.9** Uređaj za evidenciju prisustva i kontrolu pristupa REXECU-5100

Uređaj može sadržati do 6000 profila, veličine 256 okteta. FRR mu je manji od 0.01% a FAR manji od 0.00001%. Može se koristiti za evidenciju i kontrolu prisustva u prostorijama za sastanke, kompjuterskim salama, depozitnim prostorijama, evidenciju prisustva radnika u preduzećima itd..

Biometrijsku tehnologiju prepoznavanja otiska počinju da koriste i proizvođači mobilnih telefona. Japanska firma *DoCoMo* predstavila je telefon s oznakom F505i, koji vlasnika prepoznaje po otisku prsta, a ne po PIN kodu.

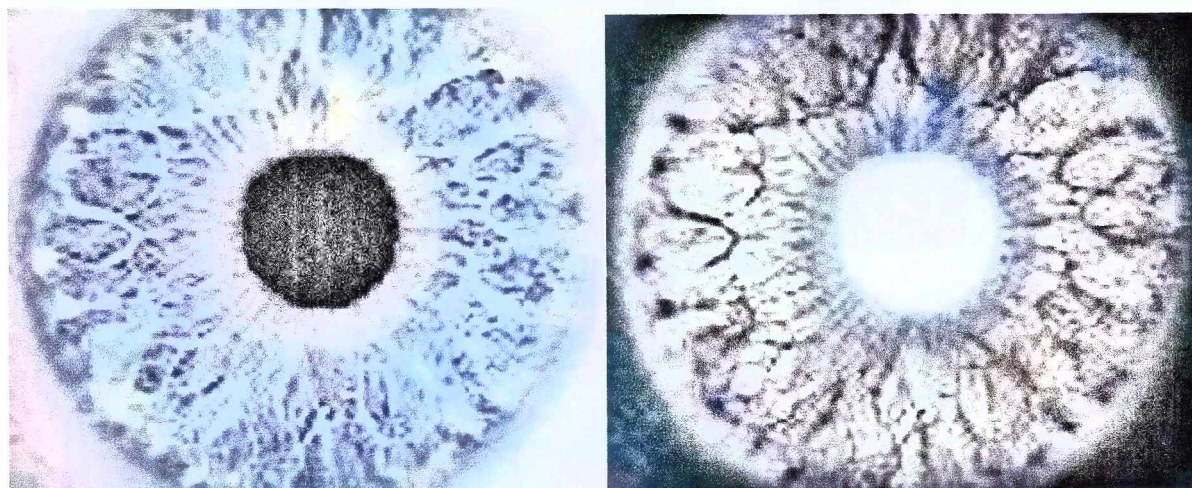
Na slici 1.2.10 prikazane su još neke primjene čitača otiska prsta (na USB fleš disku, PC mišu i akt tašni).



**Slike 1.2.10** Još neke primjene tehnologije identifikacije otiska prsta.

### 1.2.2 PREPOZNAVANJE DUŽICE OKA

Dužica oka je obojeno tkivo koje okružuje zjenicu (Slika 1.2.11). Dužica posjeduje preko 200 detalja koji se mogu upotrijebiti za poređenje. [84, 58].



**Slika 1.2.11** Dužica oka slikana sa malog odstojanja i njen negativ

Čitači dužice koriste običnu video kameru. Ne zahtijevaju kontakt sa korisnikom. Skeniranje se može obaviti sa odstojanja i do 1m.

Mogućnost da dužica oka bude upotrijebljena za identifikaciju, najprije je sugerisana od strane oftamologa [85, 86]. Oni su kroz klinički praksu uočili da dužica ima veliki broj detalja koji su jedinstveni i ostaju nepromijenjeni tokom vremena. 1936 godine oftamolog Frank Burch prvi sugerise upotrebu dužice za personalnu identifikaciju. Ova ideja se tokom osamdesetih godina pojavljuje u filmovima Džemsa Bonda. 1987 godina, dva oftamologa, Aran Safir i Leonard Flom, daju njenu javnu prezentaciju. Dvije godine kasnije Dr. John Daugman, profesor na Harvard Universitetu, počinje sa razvojem algoritama za prepoznavanja dužice. 1994, Dr. Daugman patentirao je ove algoritme [87, 88, 89]. Patenti su danas vlasništvo Iridian Technologies, Inc.

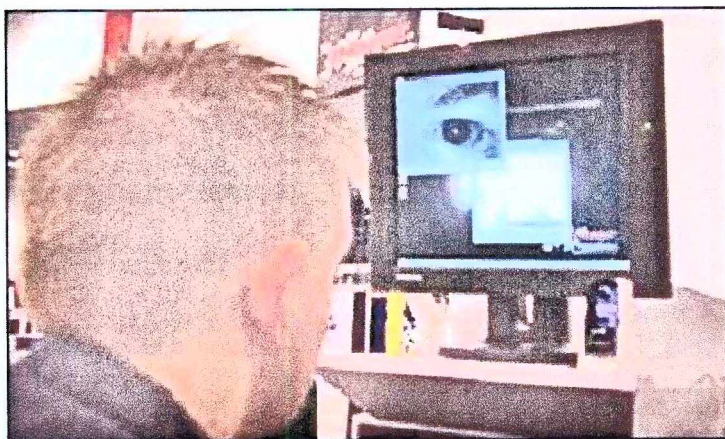
#### 1.2.2.1 Tehnologija skeniranja dužice oka

Prilikom skeniranja dužice oka, korisnik staje ispred čitača, na način da na uređaju može vidjeti refleksiju svojih očiju (Slika 1.2.12). Vrijeme verifikacije je obično manje od 5 sekundi.

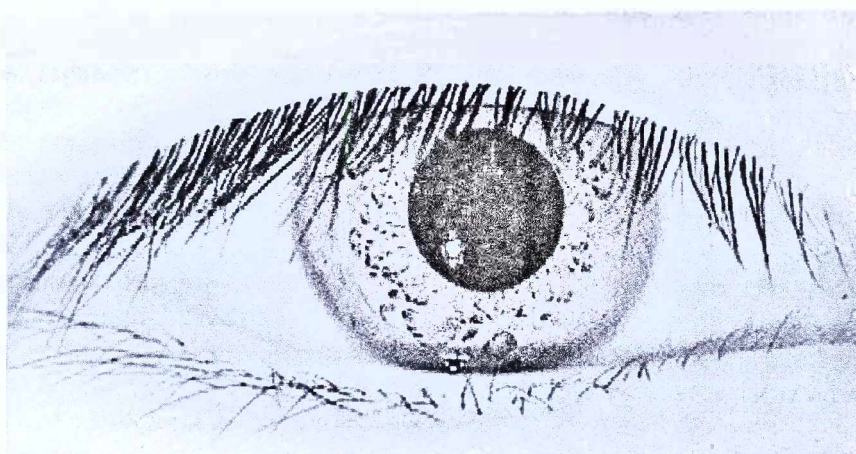
Skeniranje dužice najčešće se vrši infracrvenim svjetlom [89]. Vidljiva svjetlost se rjeđe koristi jer izaziva dilataciju zjenice oka. Dilatacija zjenice uzrokuje neelastične deformacije dužice čime otežava identifikaciju. Na slici 1.2.13 prikazana je šara dobijena iz tamno braon dužice osvijetljene infracrvenim svjetlom.

Nakon izvršenog skeniranja, čitač uključuje vidljivu svjetlost i varira njen intenzitet. To radi u cilju detekcije dilatacije zjenice. Dilatacija zjenice je prirodna osobina oka koja ne može prenijeti na falsifikat. Ukoliko dilatacija postoji čitač sa sigurnošću konstatuje da je riječ o prirodnom oku [84].

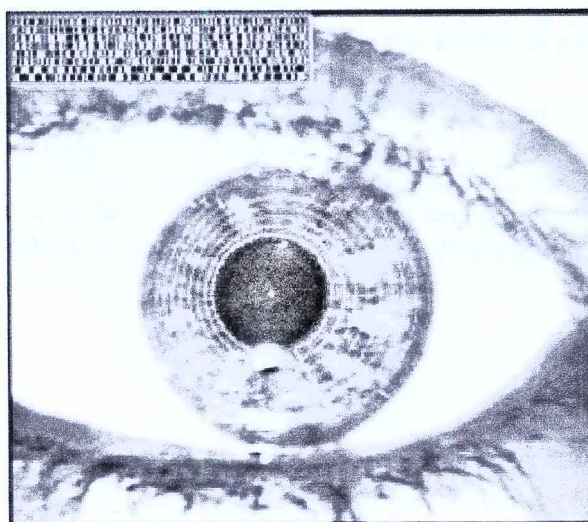
Prepoznavanje dužice oka bazira se na njenim vidljivim karakteristikama. Dužicu karakteriše slučajna morfogeneza karakterističnih detalja. Osim anatomskog oblika ne može se dati neki generalni opis ovog organa. Šara dužice je stohastična [90].



**Slika 1.2.12** Korisnik ispred skenera za prepoznavanje dužice oka



**Slika 1.2.13** Šara dobijena iz tamno braon dužice osvijetljene infracrvenim svjetlom



**Slika 1.2.14** Skeniranje dužice primjenom koncentričnih krugova

Detalji morfogeneze dužice zavise od početnih uslova u mezodermu embriona iz kojeg se razvija. Jedinstvenost dužice zagarantovana je bez obzira na genotip. Karakteristični detalji dvije dužice nijesu u korelaciji, čak i u slučaju kada one imaju isti genotip [84, 90].

Proces identifikacije započinje utvrđivanjem ima li oka u vidokrugu čitača [87, 89]. Ukoliko se detektuje, vrši se precizno lociranje unutrašnjih i spoljašnjih granica dužice (zjenice i limbusa). Zahvaljujući podesnoj kružnoj geometriji, određivanje granica dužice može se izvršiti na sirovoj slici dobijenoj od strane skenera. U cilju pronalaženja prelazaka sa dužice na limbus i sa dužice na zjenicu, vrši se radijalno pretraživanje slike korištenjem integro-diferencijalnih operatora [87] (Slika 1.2.14). Nakon određivanja granica sprovodi se analiza, odnosno, pronalaženje karakterističnih tačaka po površini dužice [91]. Dr. Daugman-ov algoritam obezbjeđuje 3-4 bita podataka po kvadratnom milimetru (prečnik dužice je oko 11 milimetara) [88]. Na kraju analize, vidljive karakteristike dužice konvertuju se u 512-oktetni IrisCode profil. U slučaju upisivanja korisnika, dobijeni profil se zapisuje, smješta u bazu podataka, i dalje koristi za identifikaciju i/ili verifikaciju. U slučaju identifikacije profil se poredi sa drugim raspoloživim profilima.

### 1.2.2.2 Prednosti i nedostaci tehnologije skeniranja dužice

U odnosu na ostale biometrijske identifikacione tehnologije, tehnologija skeniranja dužice ima bitnih, prednosti.

Jedna od prednosti je izolovanost i zaštićenost dužice od spoljašnje sredine. Ova osobina donosi prednost u odnosu na, recimo, tehnologiju prepoznavanja otiska prsta.

Šara irisa posjeduje visok stepen slučajnosti:

- 244 stepena slobode.
- 3.2 bita podataka po kvadratnom milimetru [88, 89].

Šara dužice je nezavisna od genetskog porijekla. Šare dvije dužice koje potiču od istog genotipa razlikuju se.

Fiziološka reakcija dužice na svjetlo predstavlja prirodni test za detekciju falsifikata. Slična povoljnost ne postoji kod drugih dijelova čovječijeg tijela, koji se koriste za identifikaciju. Ova osobina čini da je identifikacija na osnovu prepoznavanja dužice jedna od najpouzdanijih biometrijska identifikacija danas.

Falsifikovanje, dužice, hirurškom intervencijom je veoma komplikovano i nose neprihvatljiv rizik za gubljenje vida. S druge strane, hirurške intervencije sa ciljem falsifikovanja znatno su izvodljivije, na prstu ili čovječijem licu.

Karakteristike dužice se ne mijenju sa protokom vremena [84,85]. U ovom pogledu dužici može parirati jedino glas. Na slici 1.2.15 može se uočiti koliko se protokom vremena mijenja lice osobe, dok dužica ostaje nepromijenjena.

Šara dužice je vidljiva i sa rastojanja što donosi prednost u odnosu na tehnologiju identifikacije mrežnjače [58].

Enkodiranje i prepoznavanje dužice se može prilično lako realizovati. Vrijeme koje je potrebno za analizu slike može se svesti i na oko jednu sekundu, dok brzina pretraživanja, uz upotrebu procesora 300MHz je oko 100,000 IrisCode profila u sekundi.





**Slika 1.2.15** Slike iste osobe iz različitih perioda života

Kao nedostatak, može se navesti to što je veličina dužice svega 1cm pa njeno skeniranje zahtijeva striktnu saradnju korisnika. Za vrijeme skeniranja korisnik mora stajati mirno u propisanom položaju.

Skeniranje dužice, dalje, otežava njena pokretljivost. Povremeno spuštanje očnih kapaka takođe ometa proces skeniranja.

Promjene veličine zjenice izazivaju neelastične deformacije dužice [89]. Usljed toga prilikom skeniranja najčešće se koristi infracrvena svjetlost.

Još uvijek postoji neskad između tvrdnji o tačnosti i pouzdanosti tehnologije skeniranja dužice i onoga što je ova tehnologija, danas, u stanju da pruži.

### 2.2.2.3 Primjene tehnologije skeniranja dužice

Brojne su primjene tehnologije skeniranja dužice. Primjenjuje se:

- kao zamjena za pasoše i identifikacione kartice,
- za obezbjeđenje sigurnosti u vazduhoplovstvu,
- za kontrolu pristupa određenim prostorima na aerodromu,
- za kontrolu pristupa bazama podataka i prijavljivanje na kompjuterske mreže,
- za kontrolu pristupa zgradama i kućama,
- za evidencije i kontrole pristupa u bolnicama,
- za provjeru identiteta na graničnim prelazima,
- itd..

Jedna od najvećih primjena tehnologije skeniranja dužice realizovana je od strane Ministarstva unutrašnjih poslova Ujedinjenih Arapskih Emirata (UAE). Na svih 17 zračnih, zemaljskih i morskih luka u UAE vrši se prepoznavanje dužice oka svih putnika koji ulaze u zemlju. IrisCode profil svakog putnika poredi se sa više od pola milliona IrisCode profila ljudi protjeranih iz UAE. IrisCode protjeranih uzet je prilikom protjerivanja i smješten u centralnu bazu podataka. Vrijeme koje je potrebno da bi se izvršila pretraga baze je oko jedna sekunda. Prosječno se dnevno izvrši provjera dužice za oko 7000 putnika. Na slici 1.2.16 prikazan jedan od kontrolnih punktova u UAE [93].



**Slika 1.2.16** Jedan od kontrolnih punktova u UAE za identifikaciju na osnovu prepoznavanje dužice oka

Više aerodroma širom svijeta imaju instalisane identifikacione sisteme zasnovane na prepoznavanju dužice. Ovi sistemi služe, za provjeru putnika u cilju kontrole imigracije. Neki od aerodroma u kojima postoje ovi sistemi su London Heathrow, Amsterdam Schiphol, Frankfurt, Athens i nekoliko kanadskih aerodroma (Toronto, Vancouver, ...). Na slici 1.2.17 prikazan je uređaj za prepoznavanje dužice na amsterdamskom aerodromu Schiphol [94].



**Slika 1.2.17** Uređaj za prepoznavanje dužice na amsterdamskom aerodromu Schiphol

Komisija Ujedinjenih Nacija za izbjeglice, poslije pada Talibanskog režima, kontroliše, i novčano potpomaže, povratak Afganistanskih izbjeglica iz susjednih zemalja. Umjesto dokumentacije kao što su lična karta, pasoš i sl., za identifikaciju i evidenciju izbjeglica koriste se sistemi za prepoznavanja dužice oka. Kroz ovaj program prošlo je više od 450.000 hiljada ljudi i dobijeno je isto toliko IrisCode profila. Na slici 1.2.18 prikazana je prostorija za skeniranje dužice u Takhtabaig Voluntery Repatriation centru, na Pakistansko-Avganistanskoj granici. Sistem koji je ovdje primijenjen je Bio-ID, a prikazana kamera je LG IrisAccess-2000 [94].



**Slika 1.2.18.** Prostorija za skeniranje dužice u Takhtabaig Voluntery Repatriation centru, na Pakistansko-Avganistanskoj granici.

U Velikoj Britaniji, u srednjoj školi u mjestu Sanderlend, postavljen je čitač koji može da prepozna osobu na osnovu snimka dužice oka. Čitač je postavljen u školskoj kantini s ciljem da se učenicima omogući dobijanje obroka bez plaćanja gotovim novcem. Za prepoznavanje učenika dovoljno je nekoliko sekundi snimanja oka i još nekoliko trenutaka za upoređivanje rezultata s bazom podataka učenika škole. Po istom principu, uređaj će biti postavljen i u školskoj biblioteci (Slika 1.2.19) [96].



**Slika 1.2.19** Skener za identifikaciju na osnovu prepoznavanja dužice, postavljen u školskoj kantini u srednjoj školi u Sanderland-u

### 1.2.3 PREPOZNAVANJE LICA

Lice je dio čovjekove spoljašnjosti na osnovu kojeg se ljudi međusobno prepoznaju. Ljudi imaju urođenu sposobnost prepoznavanja lica. U poslednjih desetak godina čine se intenzivni napori da se takva sposobnost razvije i kod kompjutera [97, 98].

Osim u slučaju identičnih blizanaca, svako lice posjeduje skup jedinstvenih fizičkih karakteristika, koje je moguće mjeriti i međusobno porediti [99].

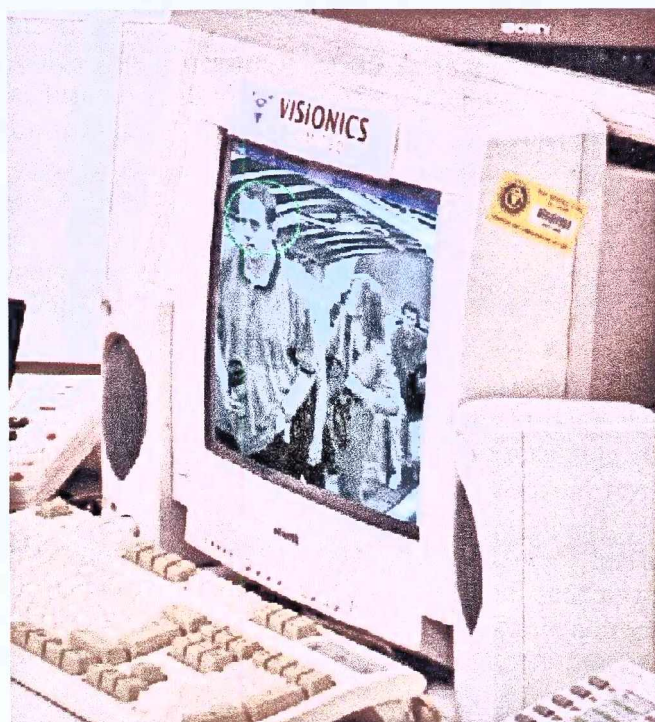
U procesu prepoznavanja lica ne zahtijeva se fizički kontakt sa skenerom (kamarom). Prilikom implementacije sistema za prepoznavanje lica koristi se postojeća oprema kao što je web kamera, sigurnosna kamera itd. [100].

Lice nije u toj mjeri jedinstveno kao što je to slučaj sa otiskom prsta ili dužicom oka, pa je i njegova pouzdanost prepoznavanja nešto niža. Međutim, uzevši u obzir jednostavnost korištenja ova tehnologija ipak nalazi brojne primjene. Često se koristi u kombinaciji sa tehnologijom identifikacije otiska prsta ili drugom biometrijskom tehnologijom koja pruža veći nivo sigurnosti identifikacije [70].

Multi-biometrijski koncept identifikacionih sistema predstavlja dobro rješenje za obezbjeđenje visoke pouzdanosti identifikacije. Poznato je da u biometrijskim sistemima, usljed potrebe postojanja margine greške, sa porastom broja korisnika dolazi do povećanja FAR-a. Ovaj procenat može postati neprihvatljivo velik u aplikacijama sa velikom bazom podataka. U ovim situacijama često se pribjegava multi-biometrijskom sistemu u kojem se kao dopuna osnovnoj metodi često koristi tehnologija prepoznavanja lica.

Danas se u svijetu veliki broj kompanija i naučnih ustanova bavi razvojem tehnologije prepoznavanja lica. Razvijeno je više algoritama [101, 102, 103, 104].

Na primjer, kompanija Visionics iz New Jersey-a je razvila softver za prepoznavanje lica, nazvan FaceIt, dok je kompanija Biometrix nudi softver BioFace. Ovi softveri su u stanju da izaberu lice iz svjetine, izdvoje to lice iz ostatka scene, izmjere njegove karakteristike i poredi ih sa karakteristikama drugih lica iz baze podataka (Slika 1.2.20) [105, 106].



Slika 1.2.20 Slika ustupljena od strane Visionics-a

Od naučnih ustanova, može se naglasiti, Colorado State University, gdje je razvijeno više algoritma za prepoznavanje lica [107, 108].

Tokom 90-tih godina prošlog vijeka, tačnije od 1993 do 1997 godine, organizovano je više skupova za procjenu mogućnosti i trenutnog razvoja tehnologije prepoznavanja lica (tzv FERET Evaluations) [109]. Od 2000 godine periodično se vrši procjena dostignuća u ovoj oblasti, kroz organizovanje Face Recognition Vendor Test-ova (FRVT). U ovom testiranju učestvuju više komercijalnih firmi koje se nezavisno bave razvojem tehnologije prepoznavanja lica. Testiranje omogućuje procjenu kvaliteta i nedostataka pojedinih rješenja iz ovog domena kao i određivanje smjernica daljeg razvoja. Do sada je ovakvo testiranje održano 2000, 2002 i 2005 godine [110, 111, 112, 113].

Kao rezultat povećanog angažovanja tehnologija prepoznavanja lica bilježi stalni napredak.

### 1.2.3.1 Tehnologija prepoznavanja lica

Kao što je već rečeno, svako lice ima svoje osobene karakteristike koje mu daju prepoznatljivost. Karakteristike lica koje se mogu mjeriti i koristiti za kasniju identifikaciju u daljem tekstu će se nazivati ključni detalji. Postoji oko 80 ključnih detalja na ljudskom licu. Neki od tih detalja su:

- Rastojanje između očiju,
- Širina nosa,
- Dubina očnih udubljenja,
- Jagodice,
- Vilična linija,
- Brada,
- ...

Ključni detalji se mjere i formira se numerički kod, odnosno niz brojeva, koji predstavlja lice u bazi podataka - "faceprint" (Slika 1.2.21). Obično algoritmi za prepoznavanja lica ne koriste svih osamdeset ključnih detalja. Na primjer, Visionics-ov FaceIt softver koristi svega 14 do 22 ključna detalja [105].

Kao i kod drugih biometrijskih identifikacionih sistema i ovdje razlikujemo proces upisivanja i proces identifikacije.

Faza upisivanja obično traje nekih 20 do 30 sekundi, tokom kojih se uzima nekoliko fotografija istog lica. Idealno je da se fotografije uzimaju sa blago različitim uglovima lica prema kameri. Nakon uzimanja fotografija, izdvajaju se karakteristične osobine lica i kreira faceprint [100].

Postoje različiti algoritmi za prepoznavanja lica ali, uglavnom, svi oni sadrže sljedeće faze:

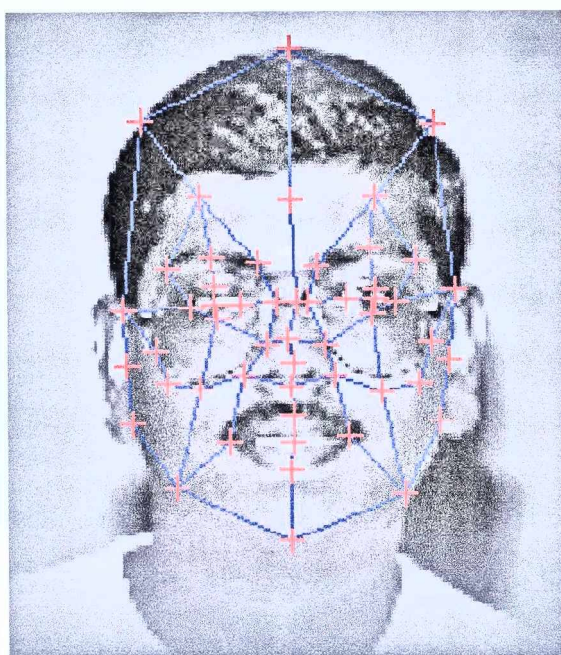
1. Fazu detekcije
2. Fazu podešavanja
3. Fazu normalizacije
4. Fazu kodiranja i
5. Fazu komparacije.

U fazi detekcije softver za prepoznavanje lica, traži lice u polju vidljivosti kamere. Ova pretraga se vrši sa niskom rezolucijom slike. Tek kada se detektuje oblik koji podsjeća na ljudsku glavu, softver prebacuje kameru u režim rada sa visokom rezolucijom. Pouzdanost identifikacije veoma zavisi od kvaliteta fotografije.

Nakon faze detekcije prelazi se na fazu podešavanja. U ovoj fazi određuje se pozicija, veličina i orijentacija glave. Zatim se vrši prevođenje trodimenzionalnog prikaza glave u dvodimenzionalnu nefrontalnu sliku. Na kraju, dvodimenzionalna nefrontalna slika se prevodi u dvodimenzionalnu frontalnu sliku.

Najveći broj sistema za prepoznavanje lica vrši prepoznavanje iz tzv. "mirne slike". Pod "mirnom slikom" se podrazumijeva frontalna slika, sa uobičajenim izrazom čovječijeg lica. U odnosu na korištenje "žive slike", ovo, u prvom redu, značajno smanjuje veličinu numeričkog koda kojim se slika predstavlja u bazi podataka [97]. Da bi se dobila "mirna slika" nakon faze podešavanja potrebno je normalizovati frontalnu sliku. Pod normalizacijom se podrazumijeva statistička tehnika kojom se vrši korekcija razlika u licu istog čovjeka na različitim slikama. Normalizacione korekcije donekle umanjuju razlike i između različitih lica. Ipak, dosadašnja ispitivanja su pokazala da sistemi koji za identifikaciju koriste tzv. "živu sliku" ne postižu značajno bolje rezultate [113].

Nakon faze normalizacije pristupa se fazi kodiranja, koja je i ključna faza u procesu prepoznavanja lica. U fazi kodiranja vrši se mjerenje, odnosno prevođenje ključnih detalja sa normalizovane dvodimenzionalne frontalne slike glave u jedinstveni digitalni kod (Slika 1.2.21) [100].



**Slika 1.2.21** Faza kodiranja – mjerenje ključnih detalja lica

Dobijeni digitalni kod (faceprint), se u fazi komparacije koristi za poređenje sa drugim raspoloživim kodovima iz baze podataka.

Pouzdanost sistema za prepoznavanja lica je funkcija kvaliteta slike, kao i demografskih karakteristika populacija koja koristi sistem. Experimenti su pokazali da je lakše prepoznati muškarce nego žene, kao i da je lakše prepoznati starije nego mlađe ljude. Rezultati takođe pokazuju da razlike u lakoći prepoznavanja, muškaraca i žena, opadaju sa njihovim starenjem [111, 113].

Poznato je da protok vremena uslovljava stalne promjene na licu. Usljed toga, od trenutka upisivanja faceprinta u bazu podataka, pouzdanost prepoznavanja lica opada [97, 100, 110]. U ovom pogledu tehnologija prepoznavanja lica zaostaje u odnosu na tehnologiju prepoznavanja dužica i tehnologiju prepoznavanja otiska prsta.

Kao i u slučaju tehnologije prepoznavanja otiska prsta i tehnologija prepoznavanja lica je prilično ugrožena mogućnošću falsifikovanja [113].

### 1.2.3.2 Neke primjene tehnologije prepoznavanja lica

Prvi korisnici sistema za prepoznavanje lica bile su organizacije za sprovođenje zakona kao što su policija, sudovi itd.. Policija ove sisteme često koristi za nadzor određenih prostora. Nadzor se sastoji u provjeri identiteta slučajno odabranog lica iz svjetine. Na slici 1.2.22, prikazana jedna policijska kontrolna soba, iz koje se, može uzeti fotografija slučajno odabranog lica [114]. Fotografija se zatim prevodi u feceprint koji se poredi sa faceprint-ovima iz baze podataka. Baza podataka sadrži faceprint-ove ljudi koji su povezani sa raznim kriminalnim aktivnostima.



**Slika 1.2.22** Upotreba Visionics FaceIt softvera za prepoznavanje lica u policijskoj kontrolnoj sobi

Poznatiji sistemi za sigurnosni nadzor koji koriste tehnologiju prepoznavanja lica su Virginia Beach Surveillance, City of Brentwood Police Department, Zurich Airport Face, Manchester NH Viisage, itd. [115].

Osim za sigurnosni nadzor sistemi za prepoznavanje lica se koriste i za druge namjene kao što su:

- sprečavanje lažnog glasanja na izborima,
- provjera identiteta prilikom upotrebe automata za keširanje novca,
- umjesto lozinke za pristup kompjuteru.

Jedan od prvih, značajnijih, primjena sistema za prepoznavanje lica u cilju sprečavanja lažnog glasanja na izborima, bila je od strane Meksičke vlade, za predsjedničke izbore 2000. godine. Da bi se što više uticalo na ishod izbora mnogi ljudi su bili registrovani pod različitim imenima i mogli su glasati više puta. Konvencionalni metodi za sprečavanje ovakvih postupaka nijesu davali željene rezultate. Upotrebom tehnologije prepoznavanja lica, u trenutku glasanja, mogla se vršiti pretraga za duplikatima po glasačkoj bazi podataka. Novi faceprint se upoređivao sa već zabilježenim i tako se otkrivao onaj koji je pokušao glasati pod lažnim imenom.

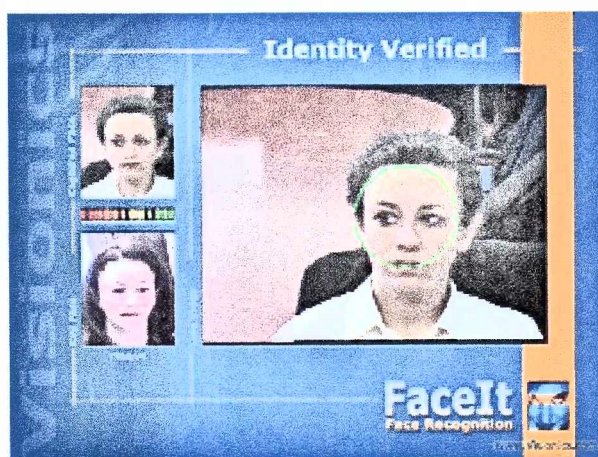
Provjera identiteta, korištenjem tehnologija prepoznavanja, lica mogla bi povećati sigurnost korištenja aparata za keširanje novca. Ukoliko bi pored identifikacione kartice i PIN

koda bila vršena i provjera faceprint-a korisnika, mogućnost krađe i neovlaštenih transakcija bila bi znatno smanjena (Slika 1.2.23) [115].



**Slika 1.2.23** Uređaj za keširanje opremljen sistemom za prepoznavanje lica

Biometrijska tehnologija prepoznavanja lica može se upotrijebiti i za kontrolu pristupa kompjuteru. Montiranjem web kamere na kompjuter i instalacijom softvera, korisnikovo lice može zamijeniti lozinku za pristup kompjuteru (Slika 1.2.24). IBM je ugradio ovu tehnologiju unutar screensaver-a za A, T i X serija Thinkpad laptop-ova [116].



**Slika 1.2.24** Softver za prepoznavanje lica može biti upotrijebljen za kontrolu pristupa kompjuteru

### 1.2.4 PREPOZNAVANJE GLASA

Od biometrijskih identifikacionih tehnologija zasnovanih na karakteristikama ponašanja, najveći se napor ulaže u razvoj tehnologije prepoznavanja glasa.

Upotreba sistema za prepoznavanje glasa je veoma jednostavna i jeftina. Intefejs između korisnika i sistema, može biti bilo koji audio uređaj, uključujući mobilne/fiksne telefone, PC mikrofone itd..

Prepoznavanje glasa se najčešće koristi u okruženju u kojem je glas jedini raspoloživi biometrijski identifikator. To su situacije kada je korisnik udaljen od identifikacionog centra.

Sistemi za prepoznavanje glasa nailaze na dobro prihvatanje od strane korisnika jer je glas najprirodniji način komunikacije za čovjeka.

Prepoznavanje glasa se često pogrešno poistovjećuje sa prepoznavanjem govora. U stvari, tehnologija prepoznavanja govora prevodi što je korisnik rekao, dok tehnologija prepoznavanja glasa, verifikuje identitet individue koja govori. Ipak, ove dvije tehnologije su često povezane. Na primjer, u nekom sistemu, prepoznavanje govora se može koristiti da se izgovorene riječi transformišu u, recimo, broj računa, a prepoznavanje glasa da se verifikuju vokalne karakteristike onoga ko je izgovorio te riječi [61].

#### 1.2.4.1 Tehnologija prepoznavanja glasa

Osobine glasa dominantno su zavistne od oblika vokalnog trakta. Osijenčenim površinama na slici 1.2.25 prikazan je prostor u ljuskom tijelu koji se naziva vokalni trakt<sup>2</sup>.

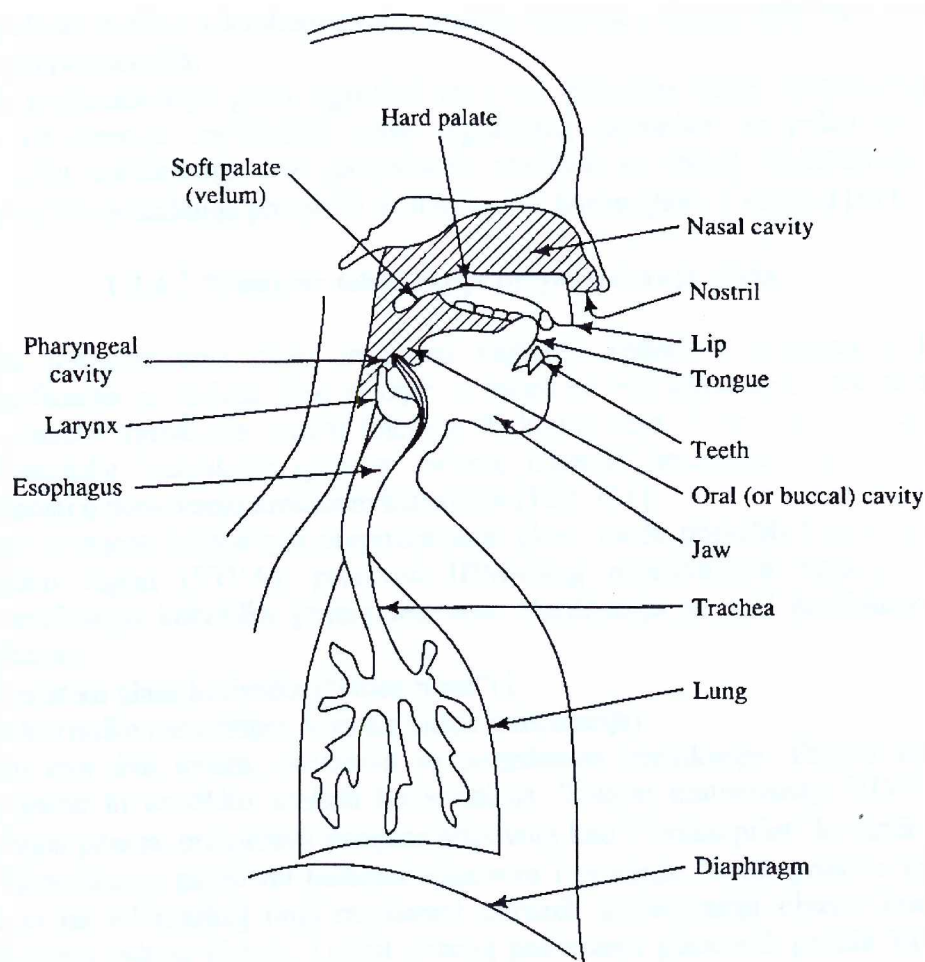
Generisanje glasa započinje na glasnim žicama. Između glasnih žica postoje prorezi. Kada započnemo sa govorom, mišići koji kontrolišu glasne žice, zatežu se. Kao rezultat toga, glasne žice se sužavaju. Prolazak našeg daha kroz proreze između glasnih žica proizvodi glas. Jedinstvene karakteristike glasa oblikuju se prolaskom akustičnog talasa kroz vokalni trakt. Vokalni trakt modifikuje spektrani sadržaj glasa na način što neke harmonike pojačava dok druge prigušuje [117].

Prepoznavanje glasa vrši se digitalizacijom karakteristika ljudskog glasa i stvaranjem niza digitalnih podataka koji opisuju glas ("voice print" ili "profil glasa"). Digitalizacijom se svaka izgovorena riječ svodi na segmente sastavljene od dominantnih frekvencija (formanta). Svaki segment ima nekoliko formanta. Svi formanti zajedno predstavljaju jedinstveni profil glasa [61, 118].

Kao i kod drugih biometrijskih identifikacionih sistema i kod sistema za prepoznavanje glasa razlikuju se faza upisivanja i faza identifikacije.

U fazi upisivanja od osobe se zahtijeva da izgovori neku rečenicu i/ili niz brojeva. Korisnik, obično, ne govori duže od nekoliko sekundi. Odabir prekratke rečenice može rezultirati nemogućnošću prikupljanja dovoljne količine podataka o vokalnim karakteristikama glasa, dok preduga rečenica može donijeti obrnut efekat. U toku izgovaranja rečenice vrši se izdvajanje i digitalizacija glasovnih formanta i kreira profil glasa. Dobijeni profil se upisuje u bazu podataka i kasnije koristiti u identifikacijama. Da bi se dobio što bolji profil glasa, od korisnika se zahtijeva da više puta ponovi rečenicu. Potreba za višestrukim ponavljanjem čini da process upisivanja duže traje nego kod drugih biometrijskih identifikacionih sistema [20].

<sup>2</sup> Vokalni trakt se sastoji od: grkljana (ispod epiglotisa), grla (iza jezika, između epiglotisa i jednjaka, iza jednjaka, zadnji kraj nosne šupljine), usne šupljine (ispred jednjaka, ograničena usnama) i nosne šupljina (iznad nepca, produžena od pharynx-a do nozdrva).



**Slika 1.2.25** Vokalni trak - osijenčene površine na slici

Sistemi za prepoznavanje glasa mogu biti tekst zavisni, tekst nezavisni ili kombinacija ove dvije vrste [118, 119].

U tekst zavisnim sistemima, prilikom identifikacije, korisnik izgovara unaprijed definisane riječi ili rečenice. Ove rečenice, poznate kao "pristupne rečenice", mogu biti sastavljene od informacija kao što su ime, grad rođenja, omiljene boje, niz brojeva itd.. Glasovni profil dobijen iz pristupnih rečenica na mjestu identifikacije, poredi sa glasovnim profilom istih tih rečenica dobijenim u procesu upisivanja.

U tekst nezavisnim sistemima ne koriste se unaprijed definisane pristupne rečenice. U ovim sistemima prepoznavanje se vrši na bazi signala govora dužeg trajanja. Veća dužina govora omogućuje sistemu da prepozna specifične glasovne karakteristike kao što su jačina, takt, tonalitet itd. [119].

Profil ljudskog glasa veoma je zavistan od zdravlja i emocionalnog stanja čovjeka. Da bi korisnik mogao biti prepoznat, on mora govoriti normalnim glasom, koji je koristio i prilikom kreiranja profila. Ako korisnik ima zdravstveni problem, kao što je nazeb ili je neuobičajeno uzbuđen ili depresivan, njegov glasovni profil se neće moći prepoznati.

Postoje i drugi faktori koji mogu uticati na rezultat prepoznavanja glasa. Pozadinski šum i loš kvalitet ulaznog uređaja (mikrofona) mogu stvoriti probleme. Ukoliko se identifikacija

vrši putem telefona, razlika u kvalitetu zvuka između mobilne i fiksne telefonije može uticati na uspješnost prepoznavanja.

Sistemi za prepoznavanje glasa ugroženi su i od pokušaja lažne identifikacije. Lažna identifikacija, na osnovu snimljenog glasa regularnog korisnika, je jedan od najčešćih slučajeva. U cilju sprečavanja ove mogućnosti razvijeni su mnogi sofisticirani algoritmi kojima se nastoji što pouzdanije provjeriti da li se radi o živom glasu ili snimku [61].

### 1.2.4.2 Primjene tehnologije prepoznavanja glasa

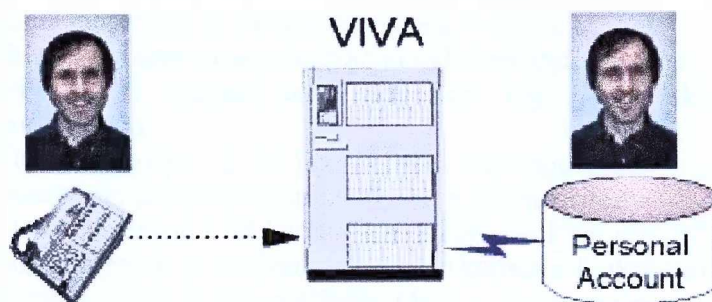
Tehnologija prepoznavanja glasa se danas najčešće koristi u sistemima u kojima se zahtijeva identifikacija na daljinu. Kao primjer se mogu navesti automatizovani pozivni centri i sistemi za obradu transakcija putem telefona ili kompjutera. Popularne aplikacije iz ove oblasti su finansijske transakcije (pristup računu, transfer sredstava, plaćanje mjenica) i podrška sigurnosti u poslovanju kreditnim karticama [120, 121].

Kao primjer primjene tehnologije prepoznavanja glasa, može poslužiti Voice Identification and Verification Agent (VIVA), proizvod IBM-ovog istraživačkog tima [121]. VIVA omogućuje verifikaciju korisnika putem telefona. Verifikacija se vrši kombinovanjem dva izvora informacija:

- 1) Karakteristika glasa korisnika ("voice print") i
- 2) Znanja korisnika (na primjer, lozinka i lične informacije)

Kombinacijom ova dva izvora, povećava se pouzdanost verifikacije. Proces verifikovanja sastoji se iz jedne ili nekoliko kratkih konverzacija. Tokom konverzacije VIVA korisniku postavlja slučajna pitanja, provjerava dobijene odgovore kao i "voice-print" korisnika.

Trajanje identifikacije zavisi od tačnosti odgovora i procjene "voice-print"-a korisnika. U slučaju kada je na telefonskoj liniji regularni korisnik konverzacija obično kratko traje i sastoji se od svega jednog pitanja. Usljed dobrog poklapanja glasovnih profila VIVA odmah zaključuje da je riječ o pravom korisniku (Slika 1.2.26).



Slika 1.2.26 Vokalni trak - osijenčene površine na slici

U slučaju pokušaja lažnog predstavljanja konverzacija traje znatno duže. Usljed nepoklapanja glasovnih profila VIVA postavlja više pitanja sve dok prevarant ne da pogrešan odgovor ili VIVA ne zaključi da su glasovni profili definitivno različiti.

Eksperimentalno je utvrđeno da VIVA ima FAR manji od 0.00001% i FRR oko 3%.

## GLAVA II

### 2. DOPRINOSI RAZVOJU IDENTIFIKACIONIH SISTEMA

#### 2.1 UVOD

U ovoj glavi prezentirao sam doprinose koje sam postigao tokom rada na razvoju identifikacionih sistema u periodu od 1999-te do 2006-te godine.

Doprinosi sam svrstao u sljedeće kategorije:

- Doprinosi direktno povezani sa identifikacionom tehnikom.
- Doprinosi u domenu povezivanja identifikacionih uređaja u funkcionalne cjeline (komunikacioni domen).
- Doprinosi iz oblasti preteće tehnike neophodne za razvoj identifikacionog sistema do nivoa primjene.
- Doprinosi kroz realizaciju i implementaciju konkretnih identifikacionih sistema.

U domenu identifikacione tehnike razvio sam i prezentirao:

- Čitač čip kartica male potrošnje [122].
- Multifunkcionalnu mikroperiferiju [123] i
- RF čitači Mifare kartica (RF čitač Mifare kartica male potrošnje) [124].

U komunikacionom domenu razvio sam:

- LSR komunikacioni protocol [125, 126] i
- 1 wire komunikacioni protocol [127],

U domenu prateće tehnike razvio sam:

- EIA232 Hub [128] i
- Multiprocesorski logger [129].

Integracijom navedenih komponenti realizovao sam sljedeće identifikacione sisteme:

- Identifikacioni sistem za rudimentarne periferije,
- Off-line RF identifikacioni sistem za kontrolu pristupa [124],
- RF identifikacioni sistemi za evidenciju radnog vremena i,
- RF identifikacioni sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe.

Navedeni doprinosi su prezentirani redoljedom koji je u skladu sa njihovom funkcionalnom povezanošću.

Na samom startu, u poglavlju 2.2, dat je opis čitača male potrošnje.

Poglavlje 2.3 posvećeno je opisu multifunkcionalne mikroperiferije.

U poglavlju 2.4 prezentiran je LSR komunikacioni protocol.

LSR protokolom izvršeno je povezivanje čitača čip kartica u funkcionalnu cjelinu nazvanu: Identifikacioni sistem za rudimentarne periferije. Opis ovog sistema dat je u poglavlju 2.5.

U poglavlju 2.6 opisan je EIA232 hub. Ovaj uređaj predstavlja realizaciju multi-port EIA232 interfejsa, primjenom LSR komunikacionog protokola. Multifunkcionalne mikroperiferije se EIA232 hub-om mogu povezati sa centralnim procesorom. Time je omogućena realizacija identifikacionih sistema različitih namjena.

U poglavlju 2.7 dat je opis čitača RF kartica. Kreiranje RF čitača je bio moj prvi korak u pravcu realizacije RF identifikacionih sistema.

U poglavlju 2.8 opisan je 1W232 komunikacioni protocol. Protokol je namijenjen povezivanju mikrokontrolera unutar istog uređaja.

U poglavlju 2.9 prezentiran je multikontrolerski logger. Za povezivanje mikrokontrolera unutar logera upotrijebljen je 1-Wire komunikacioni protocol. Multiprocesorski logger se može povezati sa PC-em, a na njega se može povezati više RF čitača kartica.

Razvojem softverske podrške na PC-u i kombinacijom odgovarajuće verzije RF čitača kartica, Multiprocesorskog logera i drugog pratećeg hardvera, realizovao sam i implementirao: Off-line RF identifikacioni sistem za kontrolu pristupa, RF identifikacioni sistemi za evidenciju radnog vremena i RF identifikacioni sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe. Opis ovih sistema dat je u poglavljima 2.10, 2.11, 2.12, respektivno.

Na kraju ovog dijela rada je poglavlje 2.13 posvećeno pravcima daljeg razvoja. U ovom poglavlju naveo sam koji bi trebali biti moji sljedeći koraci u radu na razvoju identifikacionih sistema.

## 2.2 KONTAKTNI ČITAČ MALE POTROŠNJE

Smanjivanje potrošnje struje procesorskih uređaja danas je svjetski trend. Za to postoje brojni razlozi. Elektronska kola svakim danom postaju sve kompleksnija što kao posledicu povlači povećanje potrošnje struje. Na primjer, procesori 286 nisu imali potrebu za hlađenjem, procesori 486 su se hladili malim aluminijskim hladnjakom bez ventilatora, dok novi procesori imaju složene sisteme hlađenja vazduhom, vodom, bakarnim cijevima itd. Proizvođači svim silama nastoje da što više smanje potrošnju struje i postižu rezultate u tome. Da je ostala ista potrošnja po jedinici tranzistora, ko što je to bilo recimo u procesoru 286, savremene procesore ne bi bilo moguće realizovati.

U mikrokontrolerskoj tehnici posvećuje se velika pažnja smanjenju potrošnje struje [130, 131]. U tom cilju, omogućavaju se različiti režimi rada mikrokontrolera, u kojima im je potrošnja značajno redukovana ("sleep" režimi rada). U ovim režimima isključuju se neaktivni resursi mikrokontrolera i potrošnja struje svodi na neophodni minimum. Na primjer, mikrokontroleri firme ATMEL, AVR serija, imaju 6 i više sleep režima rada [131].

Osim prevođenja u sleep režim, smanjenju potrošnje mikrokontrolera doprinosi i trend spuštanja napona napajanja. Tako su danas česti mikrokontroleri koji normalno rade i sa naponom napajanja ispod 3V.

Kod identifikacionih sistema ista je situacija. Trend smanjenja potrošnje značajan je zbog sve brojnijih zahtjeva za prenosnim identifikacionim uređajima koji rade na baterijsko napajanje. S druge strane, postoji potreba za identifikacionim sistemima sa velikim brojem identifikacionih uređaja, kao na primjer hoteli sa velikim brojem soba. Obzirom da se potrošnja jednog uređaja množi sa velikim brojem komada, svaki miliamper postaje značajan. Ukoliko bi, u hotelu sa 100 soba potrošnja pojedinog uređaja premašivala 100mA, potrošnja kompletnog sistema bi dostigla 10A. Međutim, ukoliko se potrošnja pojedinog uređaja svede na red jednog mA, čitav sistem bi trošio 100mA i mogao bi se napajati iz manjeg akumulatora.

### 2.2.1 OPIS ČITAČA

Koristeći osmopinski, osmobitni mikrokontroler PIC12CL509 realizovao sam jednostavni, ekonomičan, čitač kontaktnih čip kartica, minimalne potrošnje [122]. Čitač ima potrošnju od oko 1.2mA i može se napajati sa telefonske parice, a da pritom ne ometa rad telefona. Čitač istu paricu koristi i za napajanje i za slanje podataka ka višoj instanci (na primjer PC-ju)<sup>3</sup>. Čitač ima ugrađenu funkciju brojanja promjena na jednom digitalnom ulazu.

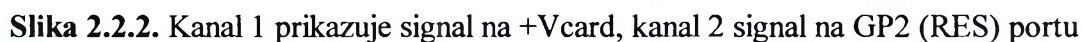
Bez potrebe za posebnim ožičenjem, čitač se može primijeniti svugdje gdje postoji telefonska infrastruktura. Primjena ovog čitača je ekonomski atraktivna tamo gdje je potreban veliki broj čitača. Čitač je namijenjen za evidenciju/kontrolu upotrebe telefona u preduzeću i evidenciju/kontrolu ulazaka u hotelske sobe. Zahvaljujući ulazu za brojanje, čitač se može koristiti i za razne evidencije u proizvodnji, saobraćaju, u kontroli upotrebe fotokopir-aparata, kafemata itd

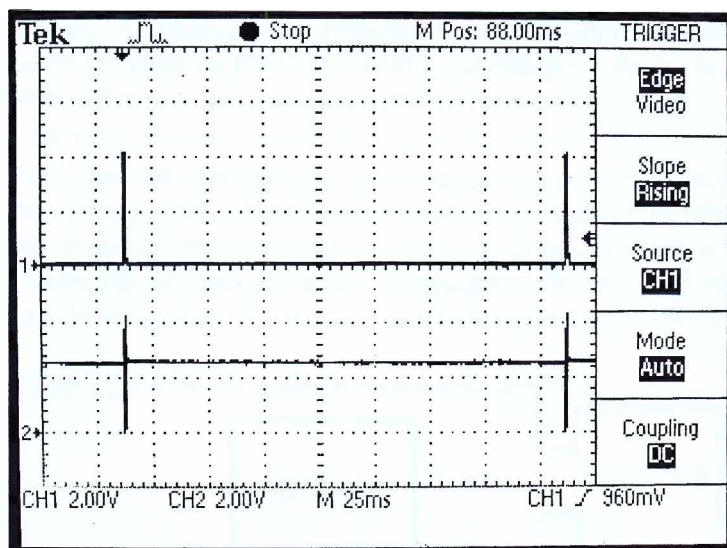
Kompletna električna šema čitača prikazana je na slici 2.2.1.

Čitač, kao izvor takta, koristi interni RC oscilator mikrokontrolera PIC12CL509 [130]. Zbog toga je učestanost takta neprecizna u opsegu  $\pm 10\%$  od nominalne vrijednosti (4MHz) i promjenljiva sa temperaturom i drugim uslovima ambijenta. Zauzvrat, korištenjem internog RC oscilatora, pinovi 2 i 3 se mogu koristiti kao portovi GP4 i GP5. Na taj način sve navedene funkcije se mogu ostvariti pomoću ovog jednostavnog mikrokontrolera.

<sup>3</sup> Ostavrena je jednosmjerna komunikacija čitač→viša instanca. Obrnut smjer nije podržan.

Portovi GP0 (DIO), GP1 (CLK) i GP2 (RES) upotrijebljeni su za čitanje telefonske čip kartice. Pin GP2, osim što obezbeđuje RESET signal čip kartici, upravlja radom tranzistora Q<sub>5</sub>. Ovaj tranzistor uključuje napajanje čip kartice samo kada se želi pročitati njen sadržaj (Slika 2.2.2). Ukoliko bi +Vcard pin bio direktno spojen na V<sub>DD</sub> umetanjem kartice u prorez čitača, struja napajanja bi znatno porasla. Čitanje kartice traje veoma kratko (oko 1ms) i uzima zanemarljiv dio procesorskog vremena, tako da potrošnja čitača ostaje približno ista kao i kada neme kartice u prorezu (Slika 2.2.3).

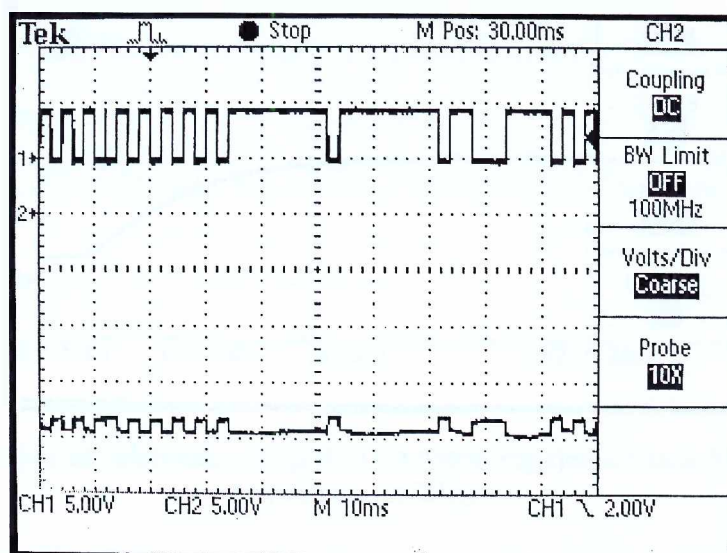




**Slika 2.2.3.** Ilustracija koliki mali dio procesorskog vremena uzima čitanje kartice (kanal 1 prikazuje signal na +Vcard, kanal 2 prikazuje signal na GP2 (RES) portu).

Port GP3 je konfigurisan kao /MCLR i kada je na njemu nizak naponski nivo resetuje se mikrokontroler [130].

Čitač šalje podatke serijski asinhrono preko porta GP4 (Slika 2.2.1). Tranzistor  $Q_1$  pretvara naponski signal u strujni koji se linijom dalje prenosi (Slika 2.2.4). Na ovaj način je omogućeno da čitač šalje podatke i da se napaja preko iste linije.



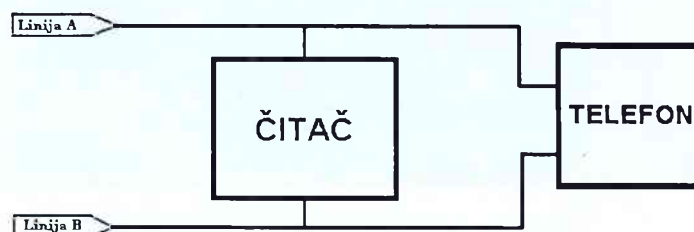
**Slika 2.2.4.** CH1 (kanal 1) prikazuje signal na GP4 portu a CH2 (kanal 2) signal na liniji

Port GP5 predstavlja galvanski odvojen digitalni ulaz.

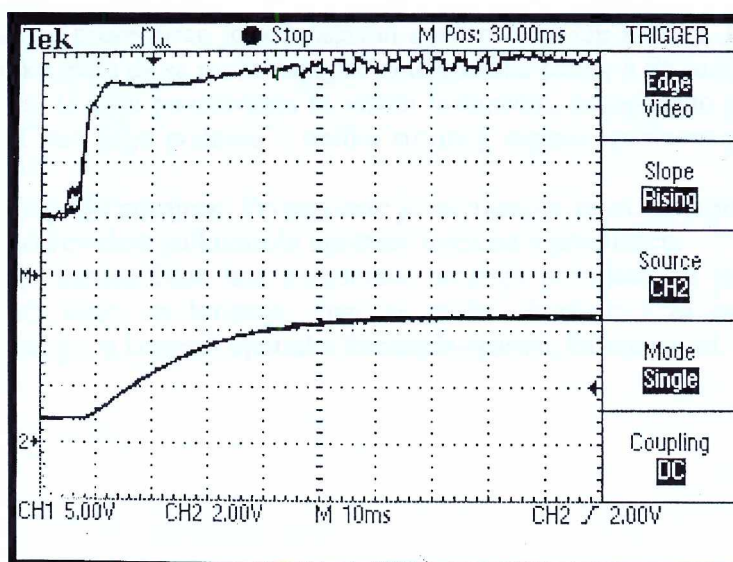
Cener diode  $D_5$  i  $D_6$ , tranzistor  $Q_2$  i otpornik  $R_1$  čine kolo za stabilizaciju napona napajanja čitača. Kada napon na liniji postane veći od  $V_{ZD5} + V_{ZD6} + 2V_D$  (oko 27V) tranzistor  $Q_2$  će provesti. Daljim povećanjem napona na liniji, napon napajanja čitača ostaje konstantan i približno jednak 5V. Mjerenjem je utvrđeno da potrošnja čitača, kada ne provodi tranzistor

$Q_1$ , iznosi oko 0.8mA. Uključivanjem tranzistora  $Q_1$  potrošnja čitača se udvostručava. Obzirom da tranzistor  $Q_1$  služi za prenos podataka, smatraćemo da on maksimalno provodi 50% ukupnog vremena. Prema tome, srednja potrošnja čitača iznosi 1.2mA.

Ukoliko napon na liniji postane manji od  $V_{ZD6} + 2V_D$  diode  $D_5$  i  $D_6$  i tranzistor  $Q_2$  neće provoditi pa se čitač praktično isključuje i njegova potrošnja postaje zanemarljiva. Ovo je posebno interesantno kada je čitač vezan na telefonsku liniju zajedno sa telefonskim aparatom (Slika 2.2.5). Naime, podizanjem telefonske slušalice napon na telefonskoj liniji opada. Cener dioda  $D_6$  se bira tako da ne provodi kada je podignuta slušalica. Time se obezbeđuje isključivanje čitača i on ne predstavlja smetnju za korištenje telefona (Slika 2.2.6).



Slika 2.2.5. Blok šema povezivanja čitača na telefonsku paricu.

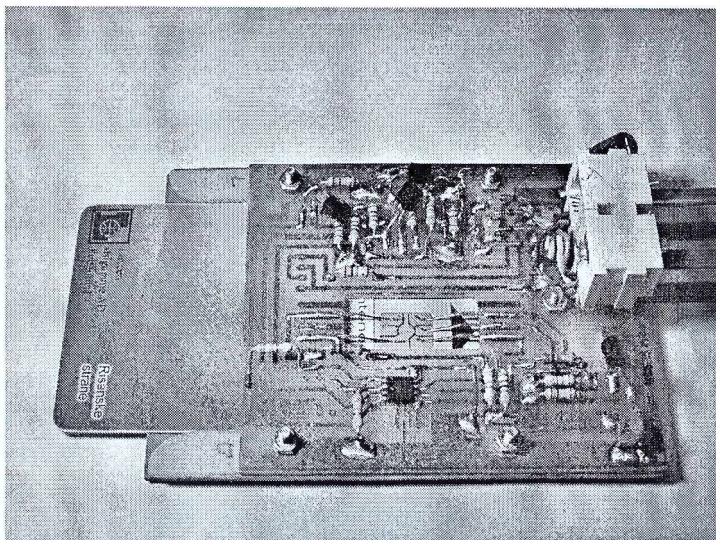


Slika 2.2.6. Napon na telefonskoj liniji (CH1) i napon napajanja čitača (CH2) u trenutku spuštanja slušalice.

Čitač ciklično obavlja sljedeće operacije:

- Očitava čip karticu.
- Provjerava stanje na digitalnom ulazu i broji uočene promjene.
- U obliku paketa šalje podatke ka centralnom računar. Paket podataka sadrži zaglavlje, šifru kartice, podatak o broju promjena na digitalnom ulazu i dva kontrolna okteta (CRC16).

Slika 2.2.7 pokazuje fizičku realizaciju opisanog čitača.



Slika 2.2.7. Izgled realizovanog čitača

### 2.2.2 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju prezentiran je jednostavan i jeftin čitač čip kartica. Pokazano je da je potrošnja čitača tako mala da se može napajati sa telefonske parice a da se to ne detektuje kao podignuta slušalica. U cilju povezivanja sa višom instancom, omogućeno je slanje podataka od strane čitača. Čitač šalje podatke u obliku strujnog signala, paricom preko koje dobija napajanje.

Čitač ima široko polje primjene. Prvenstveno je namijenjen za evidenciju/kontrolu ulazaka u hotelske sobe kao i evidenciju/kontrolu upotrebe telefona u preduzeću.

Osim očitavanja kartica čitač ima mogućnost brojanja promjena na jednom digitalnom ulazu. Zahvaljujući ulazu za brojanje, čitač se može koristiti i za razne evidencije u proizvodnji, saobraćaju, u kontroli upotrebe fotokopir-aparata, kafemata itd.

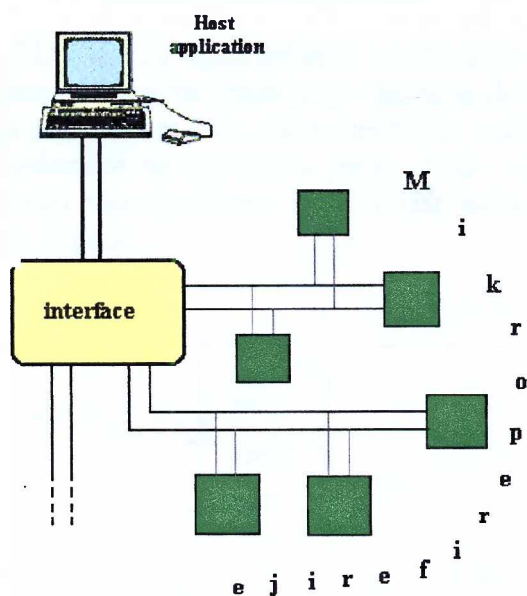
## 2.3 MULTIFUNKCIONALNA MIKROPERIFERIJA

Danas se u sistemima za evidenciju i kontrolu procesa koristi veliki broj različitih vrsta perifernih uređaja (senzora, aktuatora i sl). Pomoću njih se dobijaju informacije neophodne za evidenciju toka procesa i vrši upravljanje procesom. Od svih perifernih uređaja se zahtijeva da imaju dobre performase, da su pouzdani i niske cijene. Svi ovi aspekti su značajno poboljšani uvođenjem digitalne tehnologije. Osim unapređenja postojećih osobina i poboljšanja pouzdanosti, digitalizacija perifernih uređaja je znatno proširila njihove mogućnosti. Mnogo fleksibilnije i lakše konfigurisanje i kalibrisanje, mogućnost linearizacije i kompenzacije na nivou uređaja i jednostavna dijagnostika su samo neke od tih novih mogućnosti.

U skladu sa naznačenim trendom razvoja perifernih uređaja upotrebom mikrokontrolera AT90S2313 realizovao sam multiunkcionalni mikrokontrolerski uređaj - multifunkcionalnu mikroperiferiju [123]. Ovaj uređaj u sebi sadrži čitač čip kartica. Za razliku od čitača opisanog u prethodnom poglavlju, ovaj uređaj ima dva slot-a za očitavanje čip kartica i još omogućava sljedeće:

- upravljanje sa dvije električne brave,
- zadavanje infracrvenih komandi uređajima kao što su klima uređaj, TV, i dr.,
- ispisivanje odgovarajućih poruka na LCD ekranu,
- prijem i slanje paketa podataka i
- zvučnu signalizaciju.

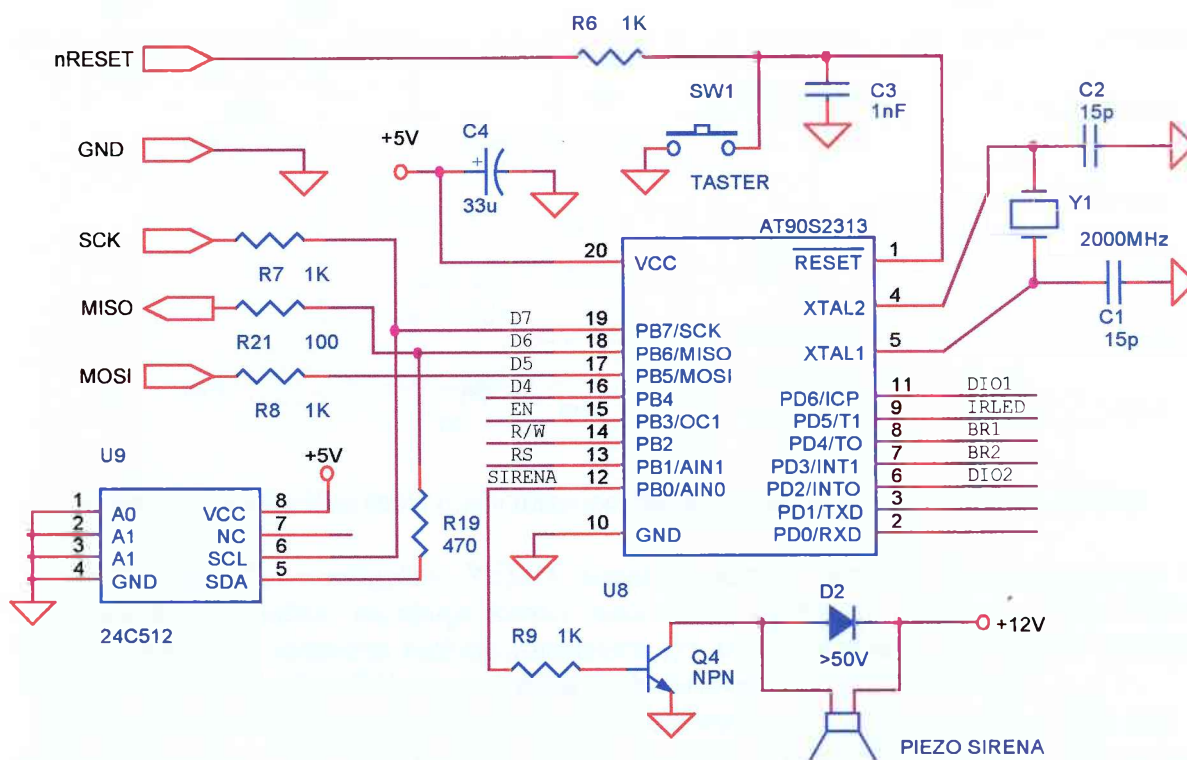
Mikroperiferija se može koristiti u različitim sistemima kao što su sistemi za evidenciju i kontrolu pristupa objektima, evidenciju radnog vremena, ali je prvenstveno namijenjen kao sobni kontroler u sistemima za automatizaciju hotelskog poslovanja. Takvi sistemi formiraju se povezivanjem više mikroperiferija na centralni računar. Na slici 2.3.1 povezivanje je izvršeno pomoću interfejsa koji ima ulogu da prihvata signalne pakete podataka od strane centralnog procesora i mikroperiferija, prilagođava ih i proslijeđuje prema istim [125, 128]. Mikroperiferije su na interfejs povezane preko jedne parice kojom dobijaju napajanje i vrše prenos podataka prema centralnom procesoru. Na ovaj način mikroperiferija ispunjava IEC/ISA zahtjev u pogledu povezivanja na centralni procesor [132].



Slika 2.3.1 Jedan način povezivanja više mikroperiferija na centralni računar

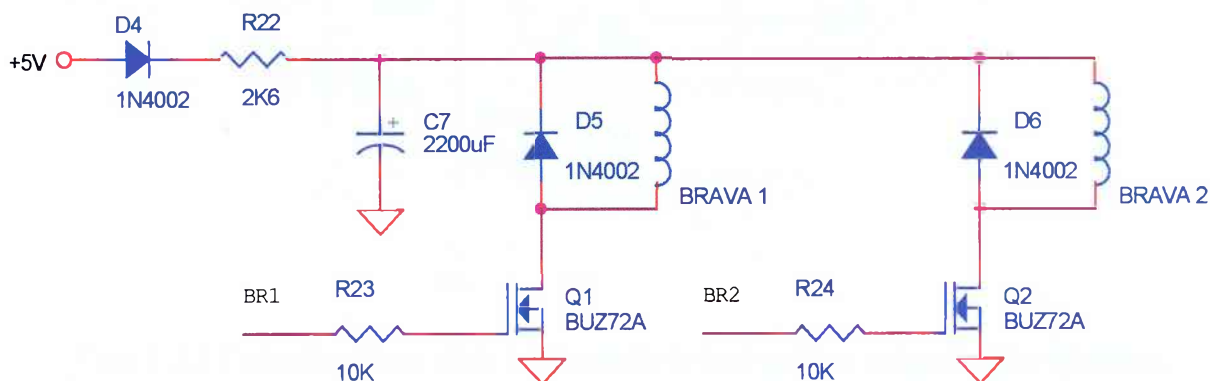
## 2.3.1. OPIS MULTIFUNKCIONALNE MIKROPERIFERIJE

Na slici 2.3.2 prikazana je električna šema mikrokontrolera kao centralnog dijela multifunkcionalne mikroperiferije, sa nazačenim portovima za priključenje ostalih djelova uređaja.



**Slika 2.3.2** Električna šema mikrokontrolera sa nazačenim portovima za priključenje ostalih djelova mikroperiferije.

Portovi PD4 (BR1) i PD3 (BR2) upotrijebljeni su za upravljanje električnim bravama. Električna šema dijela mikroperiferije za upravljanje bravama data je na slici 2.3.3. Sa slike 2.3.3 se vidi da se energija potrebna za aktiviranje električne brave uzima iz kondenzatora C7. Nakon otvaranja brave kondenzator se dopunjava preko diode D4 i otpornika R22. Ovim je postignuto da struja napajanja mikroperiferije bude uvijek mala, a da se električnoj bravi, ipak, može poslati jak strujni impuls.

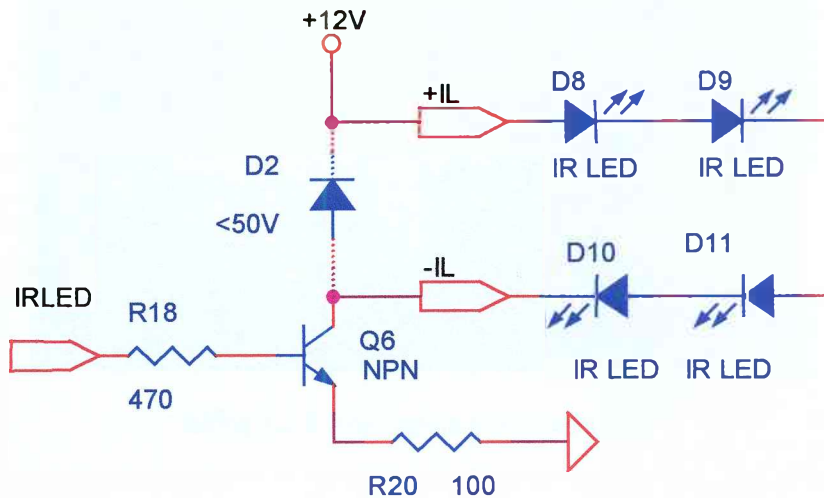


**Slika 2.3.3** Električna šema dijela mikroperiferije koji upravlja električnim bravama



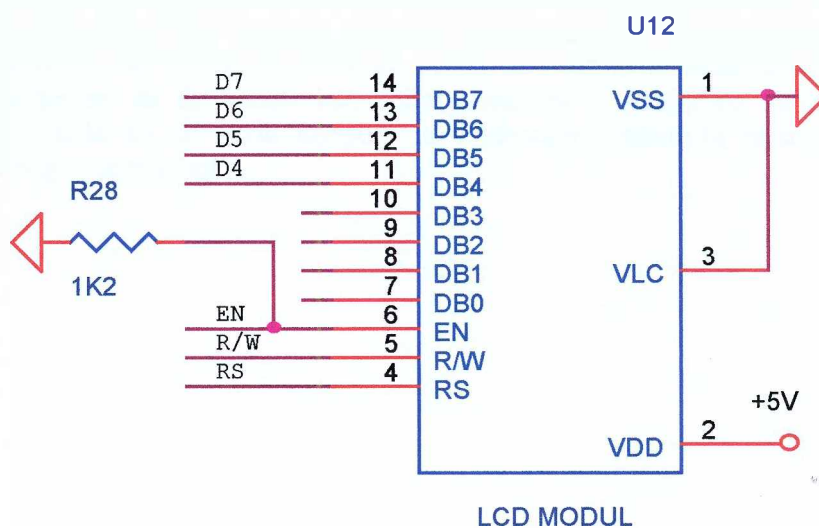
## 2.3 Multifunkcionalna mikroperiferija

Port PD5 (IRLED) koristi se za uravljanje, odnosno slanje signala, putem infracrvenih LED (Slika 2.3.6). Upotrijebljene su 4 infracrvene LED fizički postavljene tako da osvjetljavaju što veći prostorni ugao i omogućе prenos komande do raznih uređaja u prostoriji. EEPROM sa slike 2.3.1 prvenstveno je postavljen da bi se u njemu zapisale komande za slanje putem infra LED.



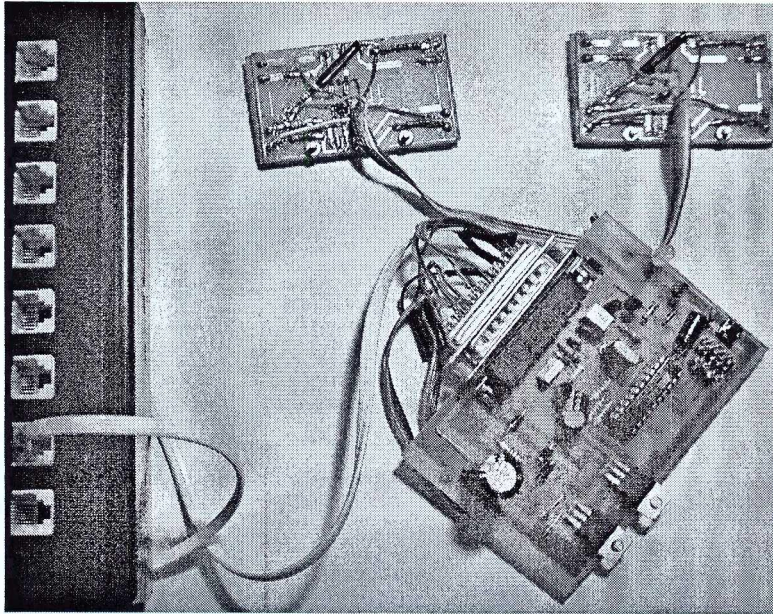
**Slika 2.3.6** Dio multifunkcionalne mikroperiferije za slanje komandi putem infra LED.

Preostali portovi mikrokontrolera iskorišteni su za ispisivanje podataka na LCD ekranu (Slika 2.3.7).



**Slika 2.3.7** LCD modul mikroperiferije

Na slici 2.3.8 prikazana je izgled realizovane multifunkcionalne mikroperiferije.



Slika 2.3.8 Realizovna mikroperiferija

### 2.3.2 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju prikazan je mikrokontrolerski uređaj koji je zbog brojnih funkcija koje može da obavlja nazvan multifunkcionalna mikroperiferija. Dat je detaljan opis uređaja.

Pokazano je da uređaj ima dva proreza za čitanje čip kartica, LCD displej, mogućnost upravljanja sa dvije električne brave, mogućnost zadavanja komandi okruženju pomoću infra crvenih LED, mogućnost prijema i slanja podataka prema višoj instanci i dr.. Uređaj koristi istu paricu i za napajanje i za razmjenu podataka sa okruženjem. Time zadovoljava osnovni kriterijum postavljen od strane IEC/ISA za periferne uređaje u industrijskim sistemima. Uređaj je namijenjen da se koristi kao sobni kontroler u sistemima za automatizaciju hotelskog poslovanja ali se može koristiti za evidenciju i kontrolu pristupa objektima, evidenciju radnog vremena, itd.

## 2.4. LOW SAMPLE RATE (LSR) KOMUNIKACIONI PROTOKOL

U ovom poglavlju opisan je novi komunikacioni protocol, koji sam nazvao LSR (Low Sample Rate protocol) [125, 126]. Protokol je namjenjen povezivanju velikog broja različitih perifernih uređaja na centralni procesor. Periferni uređaji mogu biti krajnje prosti čak i bez kvarcno stabilnog takta. LSR protocol omogućuje realizaciju krajnje jednostavnog multi-port EIA232 interfejsa.

### 2.4.1. UVOD

EIA232 interfejs (ranije poznat kao RS232) je najstariji komunikacioni interfejs. Pojavio se 1962. godine, i uprkos predviđanjima o ranom nestanku, još uvijek je u širokoj upotrebi. Njegove glavne odlike su: jednostavnost, signal se lako generiše i ima veliku marginu smetnji. Prisutan je u svim mikrokontrolerima, kao i u gotovo svim uređajima koji ostvaruju vezu sa računarom (elektroske kase, vage, osciloskopi, itd.) Na osnovu EIA232 interfejsa razvili su se noviji interfejsi kao EIA432, EIA485 i drugi. Iako se danas potencira USB interfejs, opet EIA232 ostaje prisutan. To se vidi i po tome što puno proizvođača danas nude USB/EIA232 interfejse [134].

Jedan od značajnijih nedostataka EIA232 interfejsa je što omogućava konekciju samo između 2 krajnja uređaja. Ranije, u sistemima sa centralnim računarom i velikim brojem periferija, ovaj nedostatak se premošćavao tako što su se pravili sistemi sa zvjezdastom topologijom i velikim brojem EIA232 kontrolera na strani centralnog računara. To je bilo uobičajeno u Main Frame, VAX, Microvax i sličnim starijim računarskim sistemima. Kasnije se prešlo na magistralnu (bus) topologiju gdje se svi periferni uređaji povezuju na zajedničku magistralu preko koje komuniciraju i sa koje se, ponekad, napajaju [135]. U najčešće korištene magistralne interfejse ubrajaju se Ethernet [136], ProfiBus [137, 138], Modbus [139], WorldFIP [140], Foundation Fieldbus [141], HART [142], CAN [143], AS-i i dr. Prednost povezivanja preko magistrale je u minimalnom ožičenju, dok je nedostatak što kvar jednog uređaja sa magistrale može da izazove zastoj kompletnog sistema [144]. Zbog tog nedostatka se prestalo sa upotrebom tipičnog magistralnog Etherneta sa 50Ω koaksijalnim kablom i prešlo na zvjezdastu konfiguraciju sa UTP kablovima i switch-evima. Ponekad se nijedan od pomenutih magistralnih protokola ne može primijeniti, na primjer, kada treba, na centralni računar, povezati raznorodne uređaje kao što su elektronske kase, vage, informacione displej-table, razne senzore i dr.. Uređaji realizovani pomoću malih mikrokontrolera, sa malo programske memorije, često nemaju dovoljno kapaciteta za podršku složenih magistralnih protokola, i kao jedino raspoloživo rješenje ostaje EIA232. Za takve situacije potrebno je da centralni računar ima veliki broj EIA232 portova (multi-port EIA232 interfejs).

Razvijajući sistem za automatizaciju raznih usluga u hotelima i sličnim objektima, imao sam potrebu da povežem sa centralnim računarom, veliki broj različitih perifernih uređaja, kao što su: uređaji za otvaranje brava, uređaji za davanje komandi klima uređajima, TV aparatima i sl., uređaji za evidenciju i kontrolu upotrebe kafemata, fotokopir aparata, štampača, itd.. Svi ti uređaji imaju na sebi EIA232 port i u cilju njihovog povezivanja razvio sam LSR protokol, koji omogućava ostvarenje veoma jednostavnog multi-port EIA232 interfejsa.

### 2.4.2. OPIS PROTOKOLA

Poznato je da uobičajeni UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) interfejsi, prilikom prijema podataka, uzimaju 16 odbiraka po jednom bitu [131]. Toliki broj

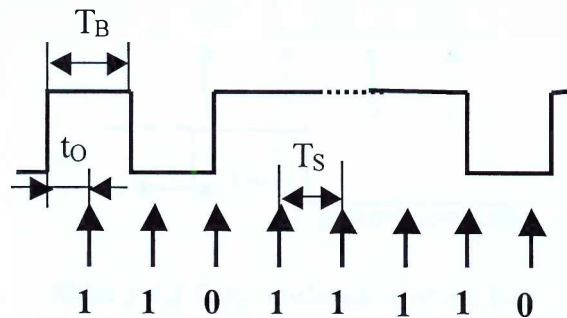
odbiraka uzima se radi blagovremenog detektovanja startnog bita i sinhronizacije prijemnika. Za realizaciju multiport prijemnika potrebno je da se svaki od prijemnika sinhronizuje na svoj ulazni signal što se na kraju svodi na realizaciju većeg broja UART-a.

Novina koju donosi LSR protokol je da njegov prijemnik uzima između 1-2 odbiraka po bitu i ne sinhronizuje se sa prijemnim signalom. Zahvaljujući ovim osobinama LSR protokol omogućuje realizaciju jednostavnog multiport EIA232 prijemnika zasnovanog na upotrebi multipleksa.

LSR protokol se može upotrijebiti za prenos različitih tipova paketa podataka. Za analizu sam izabrao pakete sa CRC-om (control redundancy code), zato što se takvi paketi danas najčešće koriste.

#### 2.4.2.1. Prijem podataka

Prijem podataka LSR protokolom vrši se tako što se uzimaju odbirci signala u jednakim vremenskim intervalima, ali je nailazak paketa podataka asinhron u odnosu na trenutke odabiranja [12]. Prema tome, nije moguće unaprijed znati poziciju odbiraka unutar bitova podataka. Na slici 2.4.1 prikazan je signalni paket na jednom kanalu multipleksa kao i trenuci u kojima se uzimaju odbirci signala.



Slika 2.4.1 Odabiranje signala

Paket podataka je poznate dužine, ali je njegov početak u odnosu na trenutke odabiranja asinhron.  $T_B$  označava trajanje bita,  $T_S$  je perioda odabiranja i  $t_0$  je pozicija prvog odbirka unutar prvog bita.

Prijemnik mora rekonstruisati pakete podataka iz serije odbiraka. Uočava se potreba za razvojem rekonstrukcionog algoritma koji bi omogućio sljedeće:

- rekonstrukciju paketa podataka iz što je moguće manjeg broja odbiraka po bitu
- rekonstruisanje paketa podataka različitih brzina;
- brzu rekonstrukciju i
- jednostavanu rekonstrukciju sa isključivo protočnom obradom podataka (bez vraćanja unazad radi ispravke).

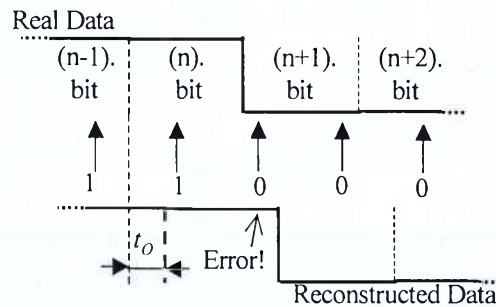
#### 2.4.2.2 Rekonstrukcioni algoritam

Da bi bilo moguće rekonstruisati signal iz odbiraka, očigledno je da se mora uzeti makar jedan odbirak iz svakog bita, odnosno mora biti

$$T_S \leq T_B \quad (1)$$

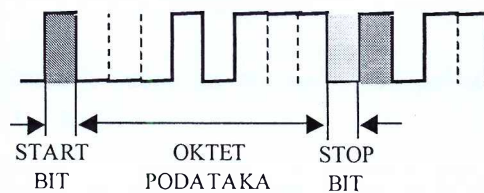
Rekonstrukciju ću vršiti smatrajući da nam je poznat odnos  $T_S/T_B$ . Odnos  $T_S/T_B$  može se dobiti kao  $N_b/N_s$ , gdje je  $N_b$  poznati broj bita u paketu, a  $N_s$  je broj odbiraka u paketu. Veća tačnost odnosa postiže se u slučaju dužeg paketa. Svaki naredni paket omogućava iterativno poboljšanje tačnosti odnosa  $T_S/T_B$ .

Kada bi bio poznat položaj prvog odbirka unutar prvog bita ( $t_0$ ), znali bismo i položaje svih ostalih odbiraka u odnosu na bitove poruke. Na osnovu toga, bilo bi poznato koji odbirak pripada kojem bitu, odnosno poruka bi bila jednoznačno rekonstruisana. Dakle, rekonstrukcija poruke se svodi na određivanje  $t_0$ . Jedini način da se odredi  $t_0$  je da se pretpostavi njegova vrijednost i da se pokuša rekonstrukcija poruke. Ukoliko se u toku rekonstrukcije dobije protivrečnost, jasno je da polazna pretpostavka za  $t_0$  nije bila dobra. Na primjer, na osnovu pretpostavljenog  $t_0$  može se dobiti da neka dva susjedna odbirka pripadaju istom bitu, a da imaju različite vrijednosti (Slika 2.4.2). To je protivrečnost na nivou bita, koja ukazuje da pretpostavka za  $t_0$  nije bila dobra. Mogu se desiti i situacije da u rekonstrukciji nema protivrečnosti na nivou bita, iako je polazna pretpostavka za  $t_0$  bila pogrešna i dovela do netačne rekonstrukcije poruke. Međuti, kako paket podataka sadrži kontrolne podatke (kontrolne sume ili CRC) protivrečnost će biti detektovana na nivou paketa.



Slika 2.4.2 Protivrečnost na nivou bita

Savremeni mikrokontroleri imaju u sebi hardverski realizovan serijski interfejs predviđen, prvenstveno, za asinhroni prenos. Takva arhitektura upućuje na realizaciju komunikacije sa START/STOP okvirom na nivou okteta<sup>4</sup> (Slika 2.4.3).



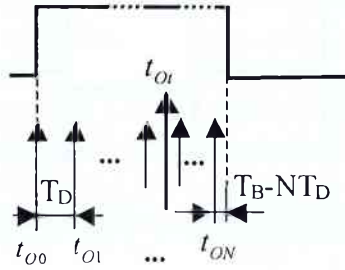
Slika 2.4.3 START/STOP okvir na nivou okteta

START/STOP okvir pomaže rekonstrukciji. On omogućuje uvođenje kontrole ispravnosti rekonstrukcije za svaki oktet. Drugim riječima, tokom rekonstrukcije, može se desiti da ne dobijemo tačan START/STOP okvir što nam ukazuje na pogrešnost pretpostavljenog  $t_0$ . Ovo je protivrečnost na nivou okteta.

LSR protocol predlaže metodu rekonstrukcije koja je algoritamski jednostavna, ima protočnu obradu podataka i u stanju je da rekonstruiše poruku na osnovu malog broja

<sup>4</sup> Paketska komunikacijom bez START/STOP okvira bi bila brža ali se nebi mogao koristiti serijski interfejs, već bi sve funkcije komunikacije morale biti realizovane u domenu softvera.

odbiraka bliskog teorijskom minimumu. Protočna obrada je postignuta na sledeći način. Odmah u startu pretpostavljamo  $N$  različitih  $t_O$  međusobno udaljenih za  $T_D$  (Slika 2.4.4).



Slika 2.4.4 Predpostavljeni  $t_O$

Predpostavljenim  $t_O$  dodjeljujemo vrijednosti na sledeći način

$$t_{Ok} = k \cdot T_D; k = 0 \dots N \quad (2)$$

pri čemu je

$$T_B - NT_D \leq T_D \quad (3)$$

Od svakog predpostavljenog  $t_O$  paralelno započinjemo  $N$  rekonstrukcija, koje ćemo zvati grane rekonstrukcije. Svaki sledeći odbirak poruke obrađujemo u svim granama. U toku obrade u nekim granama ćemo dobiti protivrečnost na nivou bita. Odbirak na kojem smo uočili protivrečnost nećemo pridružiti nijednom bitu, ignorisćemo ga, i nastaviti dalje rekonstrukciju sledećim odbirkom po redu. Ukoliko se, tokom rekonstrukcije, u nekoj grani pojavi protivrečnost na nivou okteta tu granu ćemo odbaciti, odnosno, isključiti iz dalje obrade. Na kraju paketa odbacićemo sve grane u kojima se dobija protivrečnost na nivou paketa. Došao sam do zaključka da, ukoliko je

$$T_D \leq T_B - T_S \quad (4)$$

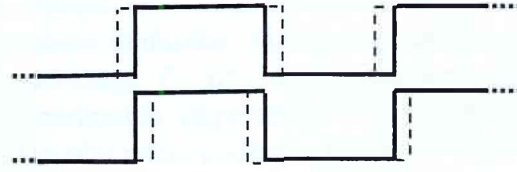
makar jedna grana rekonstrukcije tačno će rekonstruisati paket podataka. Minimalni broj potrebnih predpostavljenih  $t_O$  iznosi

$$N_{\min} = \frac{T_B}{T_B - T_S} \quad (5)$$

Iz (5) se vidi da minimalni broj potrebnih rekonstrukcionih grana,  $N_{\min}$ , naglo raste kada se odnos  $T_S/T_B$  približava jedinici. Povećanje  $N_{\min}$  je nepoželjno obzirom da se radi o obradi podataka u realnom vremenu. Ipak, za prilično visok odnos  $T_S/T_B = 0.9$  (1.1 odbirak po bitu)  $N_{\min}$  iznosi svega 10.

Obratimo sada pažnju na to da su izrazi (4) i (5) dati predpostavljajući da je signal koji odabiramo besprekorno tačno generisan i bez izobličenja prenet do multipleksa. Osim toga smatrali smo da nema varijacija u periodu odabiranja  $T_S$ . Međutim, nemoguće je, prilikom generisanja signala, izbjeći slučajno odstupanje ivica u signalu, kao i prilikom odabiranja slučajna odstupanja periode odabiranja. Uz to, često se u signalu na prijemnoj strani javljaju

izobličenja ilustrovana na slici 2.4.5. Ova odstupanja neophodno je uzeti u obzir prilikom rekonstrukcije signala.



**Slika 2.4.5** Izobličenja signala na prijemnoj strani - nejednaka trajanja jedinice i nule

U daljem tekstu analizirana je situacija kada je signal tačno generisan i bez izobličenja prenet do multipleksa ali se javljaju varijacije u periodu odabiranja  $T_s$ . Rezultati dobijeni na ovaj način mogu se primijeniti i na ostale vrste odstupanja. Uvodim pojam  $T_{Snom}$  koji predstavlja nominalnu (očekivanu) periodu odabiranja i  $\Delta T_{Smax}$  što znači maksimalno odstupanje periode odabiranja od  $T_{Snom}$ . Da bi, u ovim uslovima, postojala makar jedna grana koja će tačno rekonstruisati paket podataka, rastojanje  $T_D$  između predpostavljenih  $t_O$  mora biti

$$T_D \leq T_B - (T_{Snom} + \Delta T_{Smax}) \quad (6)$$

Minimalni broj potrebnih predpostavljenih  $t_O$ , sada, iznosi

$$N_{min} = \frac{T_B}{T_B - (T_{Snom} + \Delta T_{Smax})} \quad (7)$$

Vidimo da pri postojanju odstupanja u periodu odabiranja, raste broj potrebnih predpostavljenih  $t_O$ . Budući da maksimalna perioda odabiranja ne smije biti veća od trajanja bita to maksimalno odstupanje mora biti

$$\Delta T_{Smax} < T_B - T_{Snom} \quad (8)$$

Iz relacije (6) i (7) uočava se da ako su parametri rekonstrukcionog algoritma podešeni za prijem podataka na brzini od, recimo, 1200bps, onda će i svi paketi podataka poslati nižom brzinom biti prihvaćeni bez potrebe za promjenom bilo kojeg parametra rekonstrukcionog algoritma. Drugim riječima, rekonstrukcioni algoritam omogućava prijem signala različitih brzina bez dopodešavanja rekonstrukcionih parametara za svaku brzinu ponaosob. Zahvaljujući rekonstrukcionom algoritmu koji ne zahtijeva sinhronizaciju prijemnika, moguće je istovremeno primati signale iz nekoliko izvora.

Rekonstrukcioni algoritam je jednostavan i pogodan kako za softversku tako i za hardversku realizaciju.

### 2.4.3 SIMULACIONI I EKSPERIMENTALNI REZULTATI

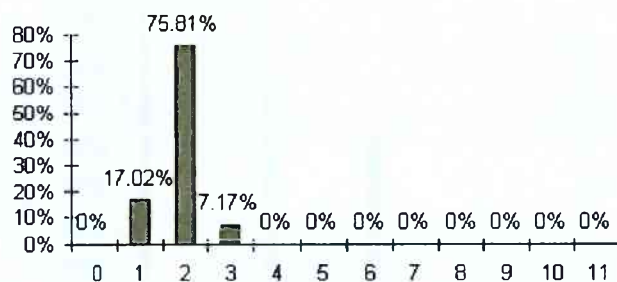
U cilju potvrđivanja tačnosti rekonstrukcionog algoritma testiranje sam izvršio kroz simulacionu i eksperimentalnu fazu.

## 2.4.3.1 Simulacioni rezultati

U simulacionoj provjeri rekonstrukcionog algoritma, PC je upotrijebljen za generisanje, odabiranje i rekonstrukciju paketa podataka. Signal je generisan bez odstupanja ivica, ali su unijete varijacije u periodu odabiranja  $T_s$ . Izvršena je procjena više parametara. Simulaciona provjera je izvedena kroz 2 eksperimena. Ekperiment 1 se sastojao u sljedećem:

- Generisan je slučajni signalni paket podataka dužine 10 bajtova.
- Odabiranje signala vršeno je sa slučajnim položajem prvog odbirka unutar prvog bita.
- Usvojen je odnos  $T_s/T_b=0.813$  (1.23 odbirak po bitu) i maksimalno odstupanje periode odabiranja 12%.
- Na osnovu (8) dobijamo  $N_{min}=10$  i rekonstrukcija je vršena sa tim brojem grana.
- Postupak je ponovljen 200000 puta.

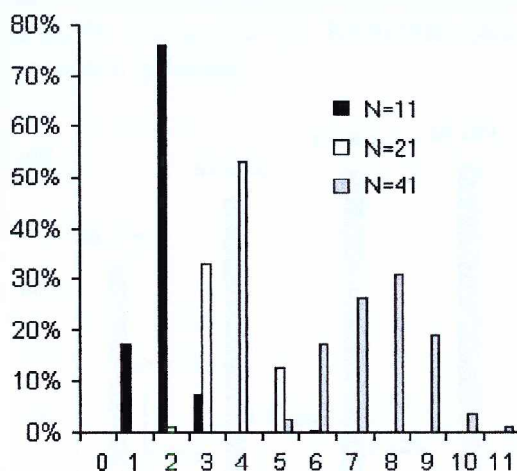
Na slici 2.4.6 pokazani su dobijeni rezultati.



**Slika 2.4.6** Simulacioni rezultati Experimenta 1. Procenat pojavljivanja OK grana u funkciji ukupnog broja pokušaja.

Na horizontalnoj osi dijagrama dat je broj grana koje daju tačno rješenje (OK grane), a po verikalnoj osi njihov procenat pojavljivanja. Sa dijagrama se vidi da je svih 200000 puta postojala bar jedna OK grana, s'tim što su najčešće dobijane dvije OK grane a znatno rjeđe tri. Rezultati eksperimenta potvrđuju ispravnost rekonstrukcionog algoritma.

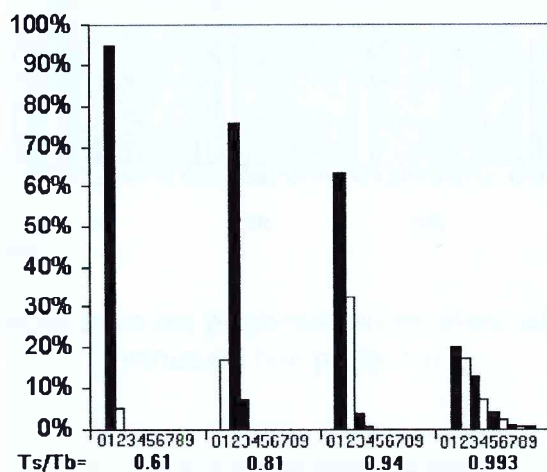
U Eksperimentu 2 vršena je procjena uticaja promjene određenih parametara u postupku generisanja, odabiranja i rekonstrukcije paketa podataka na broj OK grana. Na slici 2.4.7 prikazan je rezultat testiranja uticaja promjene broja startnih grana na broj OK grana.



**Slika 2.4.7** Zavisnost broja OK grana od broja pokušaja, za slučajeve kada je startni broj grana  $N=11$ , 21 ili 41

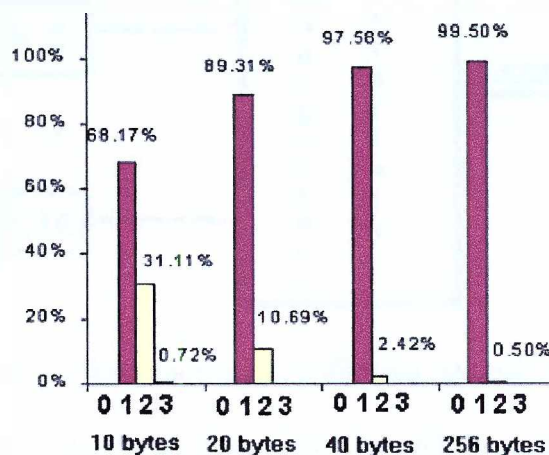
Na slici su zapravo tri dijagrama: sa crnom, bijelom i sivom nijansom, koji predstavljaju tri slučaja startnog broja grana ( $N=11, 21, 41$ ). Kao i kod dijagrama na slici 2.4.6, i u ovom dijagramu po horizontalnoj osi prikazan je broj OK grana, a po verikalnoj osi njihov procenat pojavljivanja. Rezultati pokazuju da sa porastom broja startnih rekonstrukcionih grana, raste broj OK grana i širi se njihov spektar.

Slika 2.4.8 pokazuje rezultate testiranja uticaja odnosa  $T_S/T_B$  na broj OK grana. Testiranje je vršeno generisanjem 10 oktetne poruke sa slučajnom pozicijom prvog odbirka. Rekonstrukcija je vršena sa minimalim brojem potrebnih grana za svaki  $T_S/T_B$  odnos. Vidi se da pri malom  $T_S/T_B$  (0.61) u 95% slučajeva dobijamo jednu OK granu a svega u 5% slučajeva dvije. S druge strane visoko  $T_S/T_B$  (0.993) u 20% slučajeva daje jednu OK granu, 19% slučajeva dvije, itd.. Rezultati pokazuju da povećanjem odnosa širi se spektar broja grana sa tačnim rješenjem.



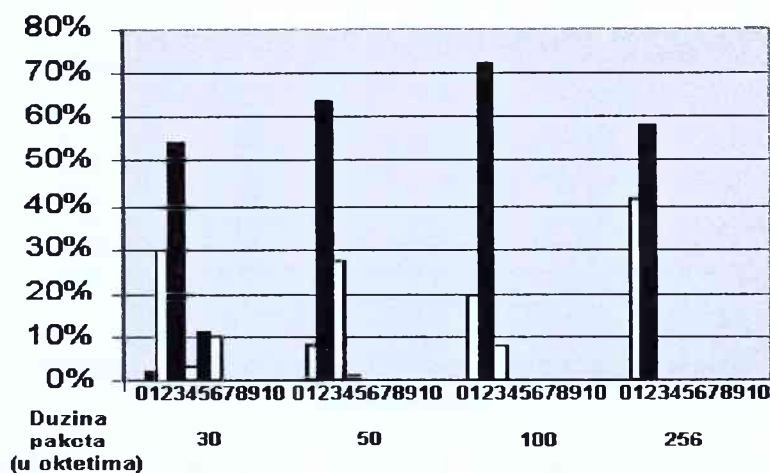
Slika 2.4.8 Zavisnost broja OK grana od odnosa  $T_S / T_B$ .

Sljedeća simulacija u Eksperimentu 2 ispituje uticaj dužine paketa podataka na broj OK grana. Odabiranje je vršeno sa odnosom  $T_S/T_B = 0.94$ , a rekonstrukcija sa  $N_{min}$  grana. Rezultati simulacije prikazani su na slici 2.4.9. Vidi se u slučaju kratke poruke (10 byte) u 68,17% slučajeva dobijamo jednu OK granu, u 31,11% slučajeva dvije OK grane i u 0,72% slučajeva tri OK grane. S druge strane, za dužu poruku (256 byte) u 99.5% slučajeva dobijamo samo jednu OK granu, a svega u 0.5% slučajeva dvije. Rezultati pokazuju da što je paket duži to je češći slučaj samo jedne grane sa tačnim rješenjem.



Slika 2.4.9 Zavisnost broja OK grana od dužine poruke.

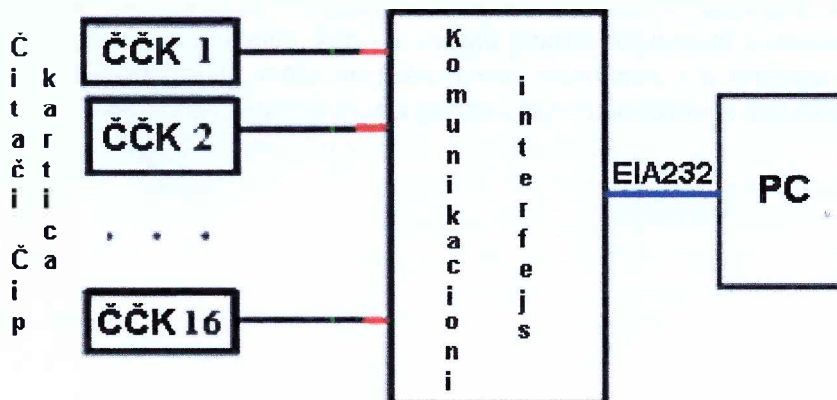
Na slici 2.4.10 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja dužine paketa na broj grana u kojima se ne pojavljuje protivrečnost na nivou okteta. Odabiranje se vršilo sa odnosom  $T_s/T_b=0.813$  a rekonstrukcija sa  $N_{min}=10$  grana. Rezultati pokazuju da, što je duži signalni paket to je manji broj grana u kojima se ne pojavljuje protivrečnost na nivou okteta.



Slika 2.4.10. Zavisnost broja grana bez protivrečnosti na nivou okteta od dužine paketa (uz minimalni broj predp.  $t_0$ ).

### 2.4.3.2 Eksperimantalni rezultati

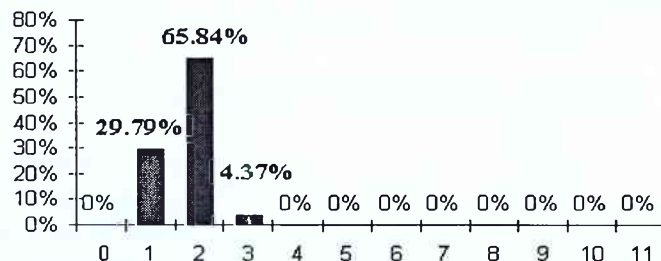
Da bi se ekperimentalno verifikovao rekonstrukcioni algoritam dizajnirao sam realni sistem čiji je blok dijagram prikazan na slici 2.4.11. Kao što se sa slike vidi, sistem se sastoji od 16 klijenata (čitača čip kartica), komunikacionog interfejsa i PC-a. Testni signalni paketi podataka generisani su od strane klijenata, slučajno, sa sljedećim ograničenjem: pauza između dva paketa mora biti duža od trajanja jednog okteta. Usljed korištenja internog oscilatora i različitog okruženja svi klijenti imaju nešto različite brzine prenosa.



Slika 2.4.11 Sistem za ekperimentalnu verifikaciju rekonstrukcionog algoritma.

U cilju lakšeg poređenja ekperimentalnih i simulacionih rezultata, eksperiment je izveden sa parametrima veoma sličnim onim korištenim u simulaciji (Eksperiment 1). Klijenti,

upotrijebljeni u eksperimentu, programirani su da šalju signalne pakete podataka, brzinom od 600bps. Da bi se simuliralo izobličenje signala klijenti i komunikacioni interfejs povezani su kablom dužine 1km. Komunikacioni interfejs je podešen da uzima odbirke signala pojedinog klijenta sa odnosom  $T_s/T_b=0.813$ , odnosno, 1.23 odbirka po bitu. Predloženi rekonstrukcioni algoritam je upotrijebljen na strani PC-a. Upotrijebljen je minimalan broj potrebnih pretpostavljenih vrijednosti za  $t_0$  ( $N_{min}=10$ ). Ovaj broj potrebnih grana dobijen je iz izraza (8) uz maksimalnu pretpostavljenu devijaciju za  $T_s$  od 12%. Izvršena je rekonstrukcija 200000 paketa podataka. Rezultati dobijeni sa jednog od klijenata prikazani su na slici 2.4.12.



**Slika 2.4.12** Eksperimentalni rezultati. Horizontalna osa – broj OK grana, vertikalana osa – procenat pojavljivanja.

Ekperimantalni rezultati potvrđuju ispravnost rekonstrukcionog algoritma. Rezultati dobijeni eksperimentom vrlo su slični simulacionim rezultatima, pri čemu je procenat slučajeva samo jedne OK grane nešto češći u odnosu na simulacione rezultate dobijene u Eksperimentu 1.

#### 2.4.4 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju predložen je novi komunikacioni protokol, nazvan LSR. Predloženi protokol je u stanju povezati veliki broj različitih perifernih uređaja na centralni procesor. Pokazano je da LSR protokol omogućava, upotrebom multipleksa, realizaciju jednostavnog multi-port prijemnika.

U poređenju sa drugim sličnim rješenjima, LSR protokol donosi novinu u prijemu podataka. Naime, LSR prijemnik uzima 1 do 2 odbirka po bitu i ne zahtijeva sinhronizaciju sa prijemnim signalom. Razvijen je jednostavni rekonstrukcioni algoritam kojim se mogu rekonstruisati signali različitih brzina iz uzetog minimalnog broja odbiraka u bitu. Algoritam uspješno izvršava rekonstrukciju signala čak i kada postoje određena odstupanja u generisanom ili prenesenom signalu, kao i u slučaju pojave odstupanja u periodu odabiranja. LSR rekonstrukcioni algoritam može se jednostavno primijeniti i u domenu hardvera i u domenu softvera. Tačnost rekonstrukcionog algoritma ekperimentalno je verifikovana.

## 2.5 KOMUNIKACIONI SISTEM ZA RUDIMENTARNE PERIFERIJE

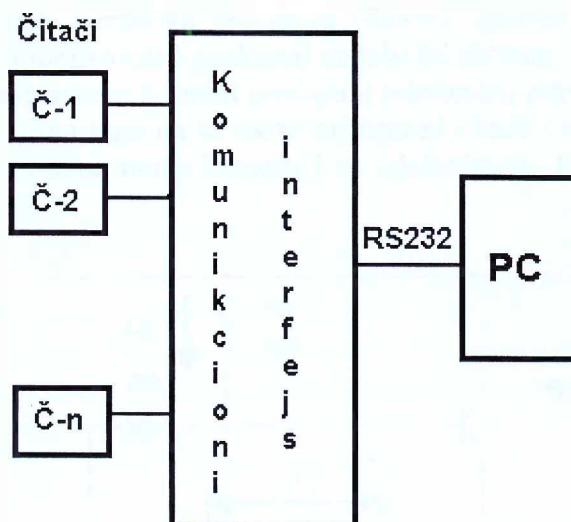
U ovom poglavlju dat je primjer primjene LSR komunikacionog protokola. Zahvaljujući mogućnostima koje LSR protokol pruža, realizovan je jednostavan komunikacioni sistem kojim se, sa centralnim procesorom, može povezati veliki broj rudimentarnih periferija. Pod rudimentarnom periferijom se podrazumijeva veoma jednostavna i nesavršena procesorska periferija koja čak nema ni kvarcno stabilan takt. Nedostatak kvarcno stabilnog takta uzrokuje da je brzina slanja podataka periferija različita i promjenljiva sa temperaturom i drugim uslovima ambijenta. Predloženi komunikacioni sistem prihvata takve signale i omogućuje povezivanje i takvih periferija u multiprocesorski sistem [145, 165].

### 2.5.1 OPIS KOMUNIKACIONOG SISTEMA

Komunikacioni sistem se sastoji od:

- rudimentarnih periferija,
- komunikacionog interfejsa i
- centralnog procesora, odnosno, PC-a.

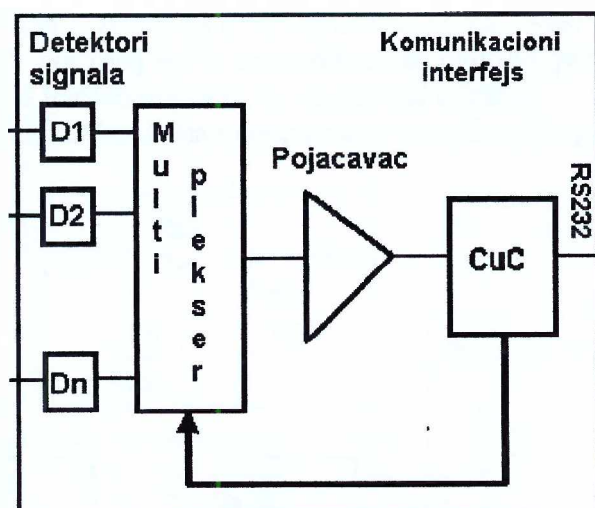
Na slici 2.5.1 data je blok šema sistema.



Slika 2.5.1 Blok šema komunikacionog sistema

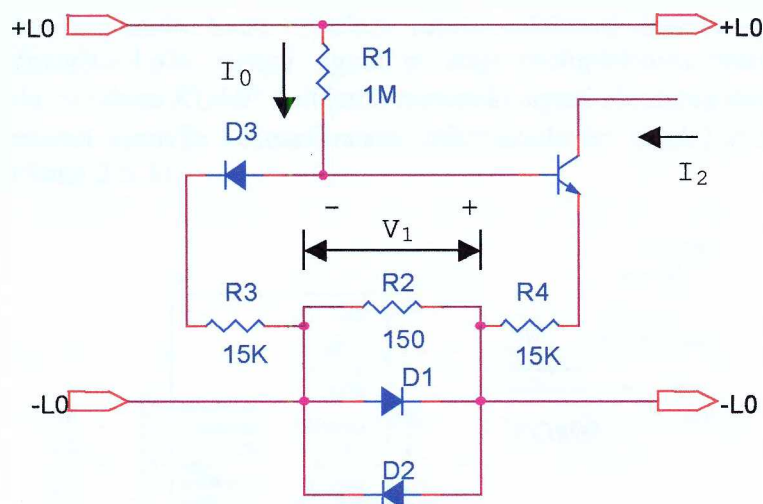
Rudimentarnu periferiju, u ovom sistemu, predstavlja kontakti čitač male potrošnje koji je opisan u poglavlju 2.2. Riječ je zaista o krajnje jednostavnom uređaju koji nema čak ni kvarcno stabilan takt. Za svoj rad koristi interni RC oscillator mikrokontrolera PIC12CL509, zbog čega mu je učestanost takta neprecizna u opsegu  $\pm 10\%$  od nominalne vrijednosti (4MHz) i promjenljiva sa temperaturom i drugim uslovima ambijenta [130]. Čitač šalje pakete podataka ka višoj instanci u obliku strujnog signala i ima potrošnju od oko 1.2mA. Za ostale pojedinosti treba pogledati poglavlje 2.2.

Središnji dio komunikacionog sistema je komunikacioni interfejs. Njegova uloga je da poveže više čitača na centralni procesor. Komunikacioni interfejs sastoji od detektora signala, multipleksera, pojačavača i komunikacionog mikrokontrolera ( $C_{\mu C}$ ). Na slici 2.5.2 data je blok šema komunikacionog interfejsa.



Slika 2.5.2 Blok šema komunikacionog interfejsa

Detektor signala služi da strujni signal sa linije čitača proslijedi na ulaz multipleksera. U sistemima sa velikim brojem perifernih procesora (čitača), njihovo povezivanje na centralni procesor može znatno iskomplikovati i poskupiti instalaciju sistema. Zato je poželjno, svugdje gdje je to moguće, za povezivanje koristiti postojeću telefonsku infrastrukturu. U tom smislu detektor signala je konstruisan tako da se može primijeniti i kada čitači za napajanje i prenos podataka koriste paricu, koje se može koristiti i za telefoniranje. Električna šema detektora signala data je na slici 2.5.3.



Slika 2.5.3 Električna šema datektora signala

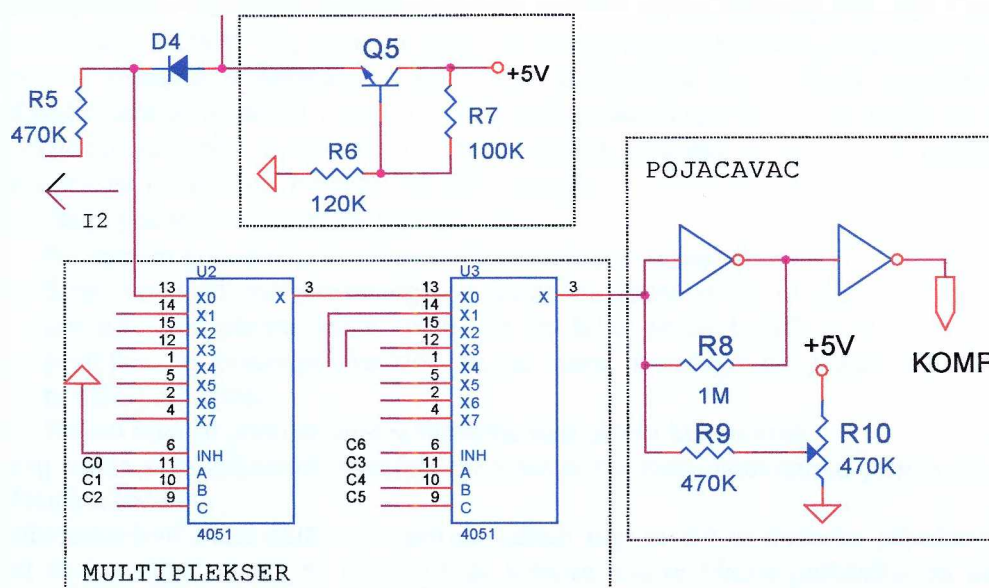
Sa +L i -L označena je linija sa koje se čitač napaja i preko koje prenosi podatke. Lako se pokazuje da je

$$I_2 \approx I_0 - \frac{V_1}{R_2}. \quad (1)$$

## 2.5 Komunikacioni sistem za rudimentarne periferije

Izraz (1) pokazuje da struja  $I_2$  zavisi od struje potrošnje čitača, odnosno od strujnog signala na liniji (koji proizvodi  $V_1$ ). Na ovaj način komunikacioni interfejs preuzima podatke sa linije i pritom, i ukoliko je riječ o telefonskoj liniji, ne ometa rad telefona.

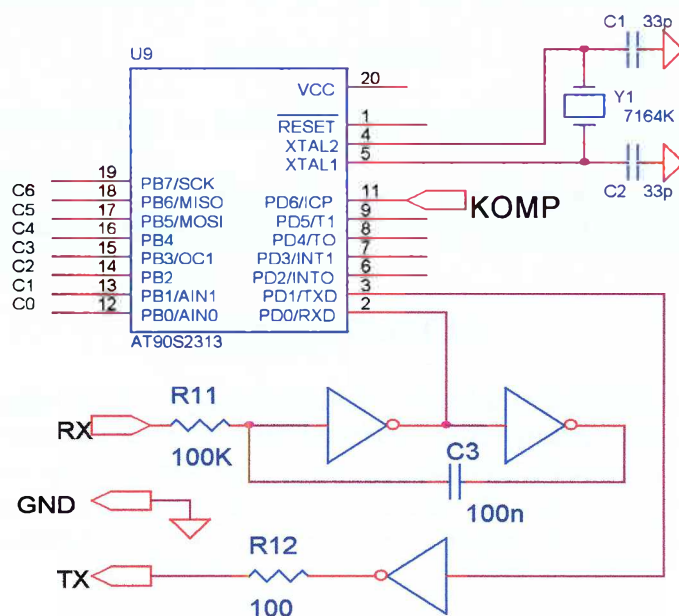
Na slici 2.5.4 data je električna šema multipleksera i pojačavačkog kola.



Slika 2.5.4 Električna šema multipleksera i pojačavačkog kola

Kolo sa tranzistorom  $Q_5$  služi da obezbijedi struju  $I_2$  detektorima signala priključenim na ulaze multipleksera  $U_2$ , onda kada ti ulazi nijesu odabrani (nijesu spojeni sa ulazom pojačavača). Pojačavačko kolo, strujni signal sa linije multipleksera pretvara u naponski i pojačava ga, tako da na izlazu  $KOMP$  dobijamo naponski signal identičan signalu čitača.

Radom multipleksera upravlja komunikacioni mikrokontroler ( $C_{\mu C}$ ) preko svojih izlaznih portova C0 ... C6 (Slika 2.5.5).



Slika 2.5.5 Komunikacioni mikrokontroler ( $C_{\mu C}$ )

C $\mu$ C uzima odbirke signala, ciklično, sa svakog čitača. Zbog postojanja velikog broja čitača i različitih brzina kojom čitači šalju podatke, nije moguće vršiti sinhrono odabiranje. Uzimanje odbiraka se vrši tako što C $\mu$ C postavlja, redom, odgovarajuće kombinacije "0" -a i "1" -ca na izlazima C0...C6 čime, ciklično, detektor signala svakog čitača spaja sa pojačavačkim kolom. Na ulazu KOMP se dobija naponski nivo koji odgovara trenutnoj vrijednosti signala na liniji odabranog čitača. Za svaku kombinaciju "0" -a i "1" -ca na izlazima C0...C6 C $\mu$ C pročitava stanje na ulazu KOMP. To, zapravo, predstavlja uzimanje odbirka signala koje šalju čitači. Odbirci se uzimaju u jednakim vremenskim intervalima ali nailazak signalnog paketa pojedinog čitača je asinhron u odnosu na trenutke odabiranja. Stoga, ne mogu se unaprijed znati položaji odbiraka u odnosu na bitove paketa. Podatke o vrijednosti odbiraka C $\mu$ C EIA232 vezom prosljeđuje računaru na dalju obradu.

C $\mu$ C šalje podatke računaru na sljedeći način:

- Na samom početku C $\mu$ C računaru šalje sinhronizacioni oktet
- Svaki uzeti odbirak predstavlja po jedan bit. Kada se uzmu odbirci sa osam čitača, odnosno kompletira jedan oktet, on se šalje preko UART-a višoj instanci. Ovaj postupak se ponavlja sve dok se ne uzme i pošalje po jedan odbirak sa svih priključenih čitača.
- Nakon toga se ponovo šalje sinhronizacioni oktet i tako u krug.

Na ovaj način komunikacioni interfejs omogućuje računaru istovremen prijem podataka sa svih čitača u sistemu.

Sinhronizacioni oktet služi računaru da odredi koji se bit iz povorke primljenih okteta odnosi na koji čitač, te da na osnovu toga formira nizove bitova (odbiraka) za svaki čitač pojedinačno. Poželjno je da sinhronizacioni okteti imaju vrijednost koja se ne može pojaviti u oktetima koji nose informaciju. Međutim, kako u ovom slučaju, sadržaj okteta koji nose informaciju o odbiracima može biti bilo koji broj od 0 do 255 ne postoji vrijednost za sinhronizacioni oktet koja se ne može pojaviti i u drugim oktetima. Da bi obezbijedili sigurniju detekciju sinhronizacionog okteta opredijelili smo se za promjenjivi sinhronizacioni oktet kod koga se vrijednost sljedećeg sinhronizacionog okteta formira na osnovu prethodnog po određenoj zavisnosti

$$\text{SinOk}_{(n+1)} = f(\text{SinOk}_{(n)}) \quad (2)$$

U ovom sistemu korištena je najjednostavnija zavisnost data formulom (3)

$$\text{SinOk}_{(n+1)} = \text{SinOk}_{(n)} + 1. \quad (3)$$

Iako krajnje jednostavna ona je ipak omogućila uspješno detektovanje sinhronizacionog okteta.

Nizovi odbiraka (signalnih paketa sa svakog čitača) predstavljaju informaciju koju komunikacioni interfejs predaje računaru. Računar, dalje, pomoću LSR algoritma rekunstruiše poruke čitača [125].

## 2.5.2 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju opisan je jednostavni komunikacioni sistem zasnovan na primjeni LSR protokola. Pokazano je da se ovim sistemom može povezati veliki broj rudimentarnih perifernih procesora sa centralnim procesorom (računarom). Pokazano je da se u sistem mogu povezati i periferije koje nemaju kvarčno stabilan takt. Razvijen je i komunikacioni interfejs koji omogućuje centralnom procesoru istovremen prijem podataka sa svih priključenih

periferija. Komunikacioni interfejs je tako koncipiran da se može primijeniti i onda kada periferni procesori za napajanje i prenos podataka koriste telefonsku paricu.

Opisani komunikacioni sistem može se upotrijebiti za evidenciju/kontrolu upotrebe telefona, za evidenciju/kontrolu ulazaka u hotelske sobe, za evidenciju/kontrolu evidenciju i kontrolu pristupa u zaštićene objekta, za evidenciju/kontrolu upotrebe fotokopir aparata, kafemata, itd..

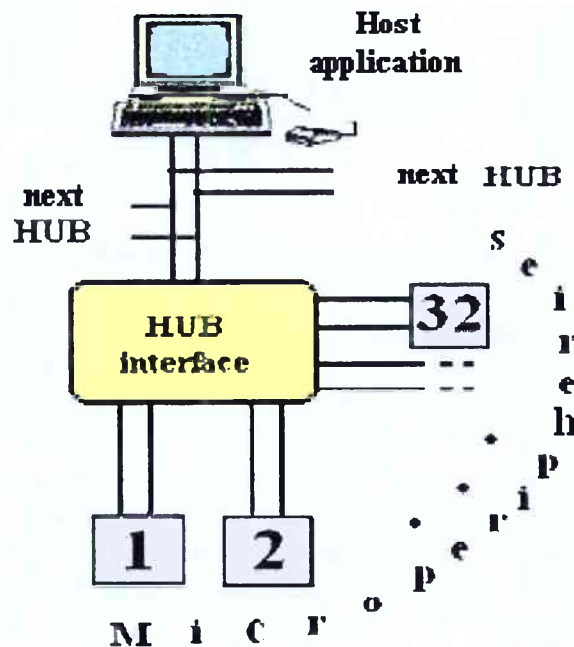
## 2.6 EIA232 HUB

U ovom poglavlju prezentiran je inteligentni multi-port EIA232 interfejs (hub) kojim se može povezati do 32 periferna uređaja na centralni računar. Uređaj je zasnovan na primjeni LSR komunikacionog protokola. Pokazano je da LSR komunikacioni protokol omogućuje jednostavnu realizaciju multi-port EIA232 interfejsa kao i to da periferni uređaji mogu biti krajnje jednostavni, čak i bez kvarcno stabilnog takta. Ostvareno je da svi periferni uređaji priključeni na hub mogu istovremeno slati i primati podatke. Periferni uređaji su sa hub-om spojeni preko dvožične linije preko koje dobijaju napajanje i vrše razmjenu podataka. EIA232 hub podržava dvosmjernu komunikaciju: periferni uređaj-centralni procesor [128].

Osnovna razlika u odnosu na komunikacioni interfejs opisan u prethodnom poglavlju, ogleda su u tome što EIA232 hub sam vrši i odabiranje i rekonstrukciju podataka poslatih od strane perifernih uređaja priključenih na njega. Ovime je pokazano da se LSR komunikacioni protokol može uspješno primijeniti i u uređajima kod koga su procesorski resursi veoma ograničeni (nauporedivo ograničeniji nego što je to slučaj sa PC-em).

### 2.6.1. OPIS HUBA

Na slici 2.6.1 prikazan je EIA232 hub u sistemu sa centralnim računarom i velikim brojem mikroperiferija. U ovakvom sistemu, hub služi da prihvata signalne pakete podataka od strane centralnog procesora i mikroperiferija, prilagođava ih i usmjerava. Njegova funkcija je slična funkciji hub-a u računarskim mrežama.



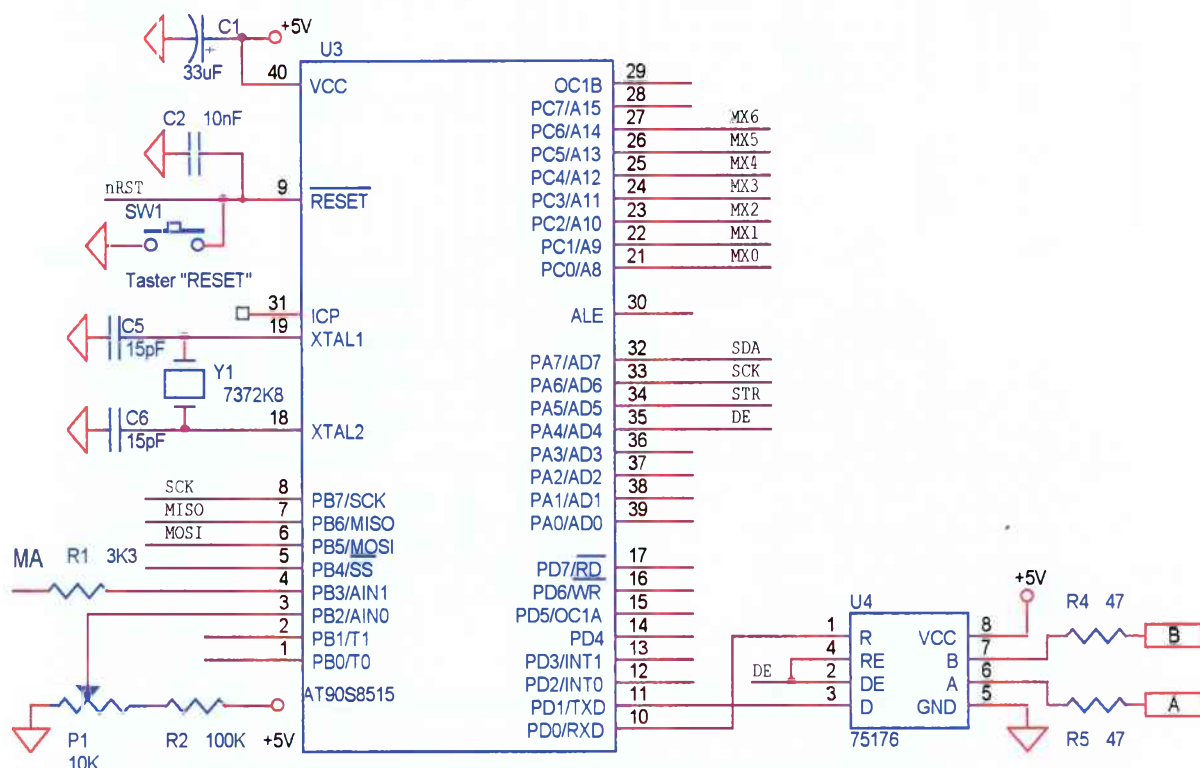
Slika 2.6.1 Realizacija multiprocesorskog sistema pomoću huba

Hub, sa centralnim računarom, ostvaruje vezu pomoću RS485 interfejsa, brzinom od 9600b/s. Prelaz sa EIA232 na RS485 interfejs urađen je pomoću 75176 kola (Slika 2.6.2). Ovime je omogućeno da rastojanje između HUB-a i centralnog računara može iznositi i do 5km žičanih veza, kao i jednostavno povezivanje više hub-ova na centralni računar.

## 2.6 EIA232 hub

Na svaki hub se može povezati do 32 periferna uređaja. Svaki periferni uređaj je sa hub-om povezan preko jedne parice, preko koje dobija napajanje i razmjenjuje podatke. Ovakvo povezivanje perifernih uređaja na hub, u odnosu na rješenja u magistralnim sistemima, je nešto složenije ali omogućava pouzdniji rad ostatka sistema u slučaju kvara pojedinih perifernih uređaja [136].

Osnovu huba čini mikrokontroler AT90S8515. Na slici 2.6.2 prikazan je mikrokontroler sa naznačenim vezama sa ostatkom huba.



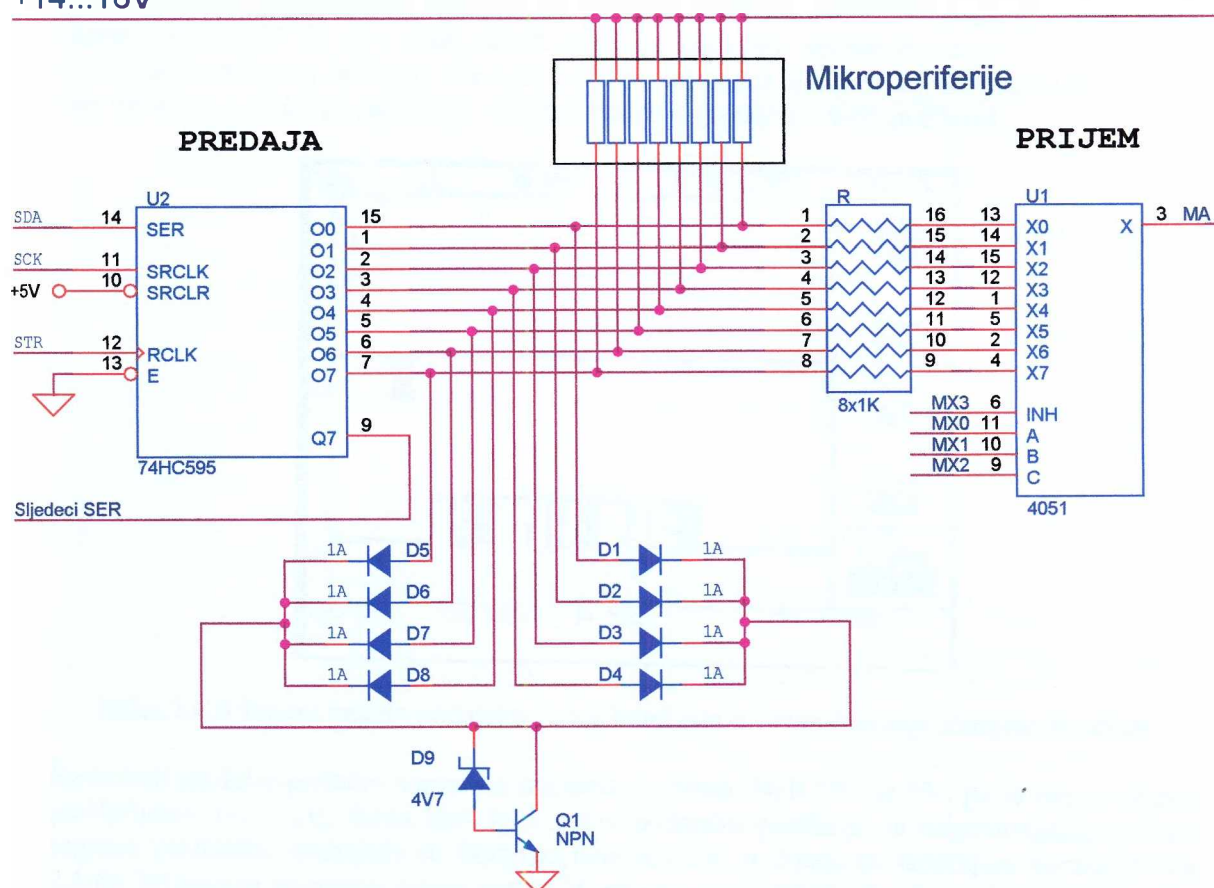
Slika 2.6.2 Mikrokontroler huba

Mikrokontroler AT90S8515 ima integrisan UART komunikacioni interfejs i on se koristi za povezivanje sa centralnim računarom.

U cilju ostvarivanja razmjene podataka sa svim priključenim periferijama hub posjeduje komunikacioni drajver. Na slici 2.6.3 prikazan je dio drajvera za priključenje 8 mikroperiferija. Kompletan drajver sastoji se iz još 3 ovakva modula. Svi moduli koriste iste SCK i STR signale mikrokontrolera. SER ulaz 74HC595 registra, sljedećeg modula spojen sa Q7 izlazom 74HC595 registra predhodnog modula (Slika 2.6.1-2). Izlazi multiplexera sva četiri modula spojeni su međusobno i dovedeni na MA port mikrokontrolera (Slika 2.6.2). Komunikacioni drajver se napaja sa 5V. Diode D1...D9 i tranzistor Q1 služe kao zaštita komunikacionog drajvera za slučaj kvara pojedine periferije. Na slici 2.6.3 prikazan je i način povezivanja mikroperiferija na drajver.

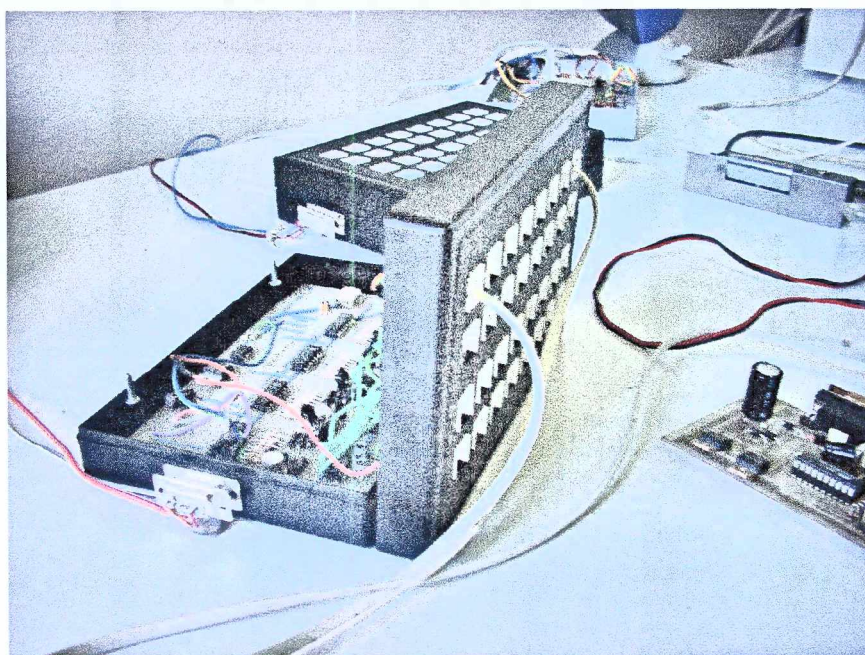
Periferije priključene na hub su multifunkcionalne mikroperiferije opisane u poglavlju 2.3.

+14...16V



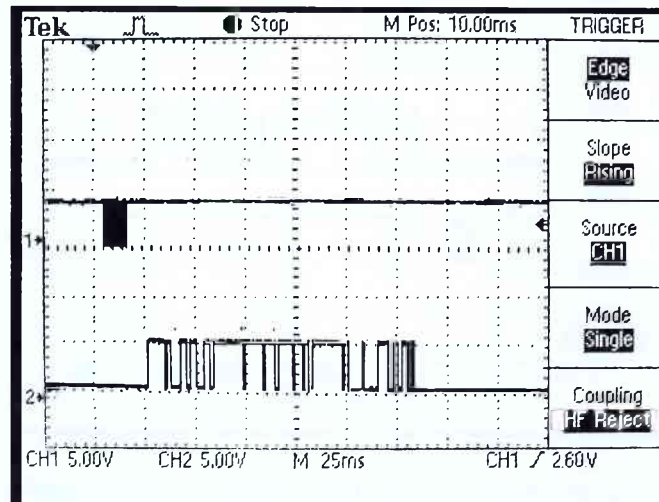
Slika 2.6.3 Komunikacioni drajver huba za 8 mikroperiferija

Na slici 2.6.4 prikazane su spoljašnjost i unutrašnjost realizovanog huba.



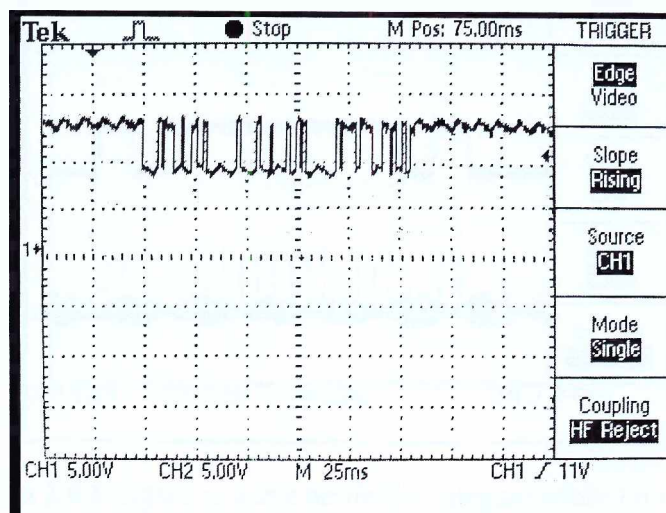
Slika 2.6.4 Realizovani hub

Signal i huba i periferija je jednostavni EIA232 signal koji se lako generiše. Hub šalje podatke prema periferijama, tako što na izlazima registara 74HC595 postavlja odgovarajući naposki nivo (0V ili 5V). Hub od PC-a prima podatke većom brzinom i reemituje ih periferijama manjom brzinom. Na slici 2.6.5 se vidi kako hub prima paket podataka sa baud rate 9600b/s, a zatim ga reemituje manjom brzinom (600b/s) prema periferiji.



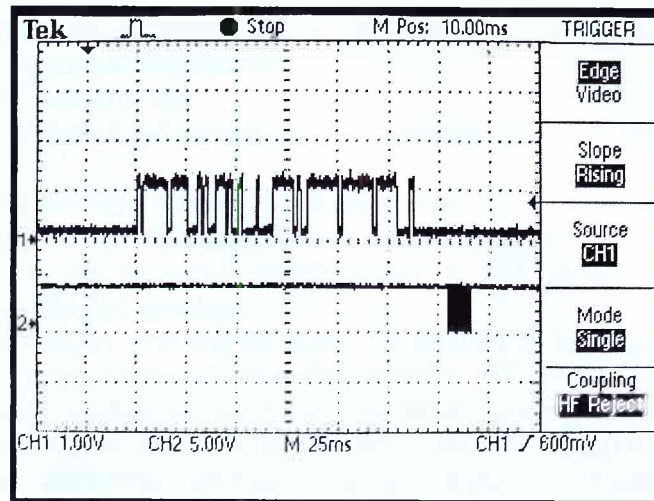
Slika 2.6.5 Prijem paketa podataka većeg baud rate-a i reemitovanje manjom brzinom

Kada hub ne šalje podatke napon na izlazima registara 74HC595 je 0V, pa je napon prema periferijama 14...16V. Kada hub šalje paket podataka periferiji na odgovarajućem izlazu registra 74HC595, smjenjuju se naponski nivoi 0 i 5V, u skladu sa sadržajem poruke (Slika 2.6.6). To izaziva da napon prema periferiji povremeno padne na oko 9...11V ali to je i dalje dovoljno za ispravan rad periferije. Na ovaj način omogućeno je da periferija dobija podatke i napajanje preko iste parice. Ovakav komunikacioni drajver omogućava hub-u istovremeno slanje podataka prema svim priključenim periferijama.



Slika 2.6.6 Signal huba na liniji prema periferiji

Za razliku od hub-a, koji šalje naponski signal, periferije prema hub-u šalju strujni signal. Strujni signal se pretvara u naponski na unutrašnjim otpornostima izlaza registra 74HC595 (Slika 2.6.7)

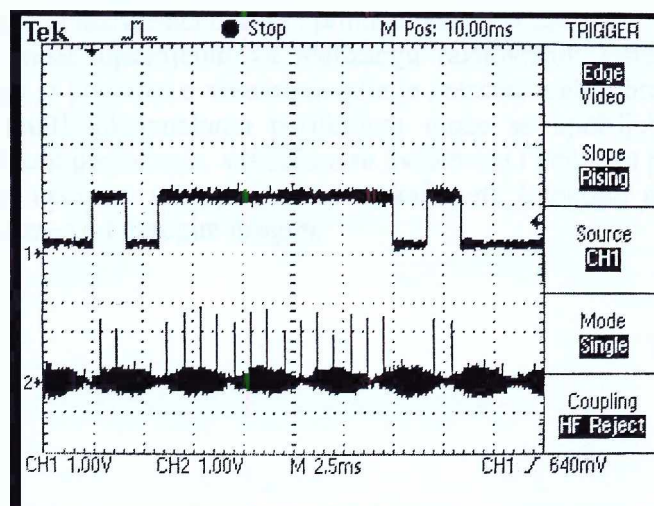


**Slika 2.6.7** Prijem paketa podataka manjeg baud rate-a i reemitovanje većom brzinom. Signal 1 je signal dobijen na unutrašnjoj otpornosti izlaza registra 74HC595.

Prijem podataka sa perifernih uređaja hub vrši tako što, pomoću multipleksera, uzima odbirke signala, ciklično, sa linije svake mikroperiferije.

Na slici 2.6.7 se vidi kako hub prima paket podataka od periferije brzinom 600b/s, a zatim ga reemituje većom brzinom (9600b/s) ka računaru.

Korištenjem komparatora unutar mikrokontrolera AT90S8515 dobija se informacija o naponskom nivou odbirka (Slika 2.6.8).



**Slika 2.6.8** Signal sa jedne periferije i njegovi odbirci u hubu

Zbog postojanja 32 mikroperiferije hub ne može vršiti sinhrono odabiranje. Odbirke uzima u jednakim vremenskim intervalima, ali nailazak signalnog paketa pojedine mikroperiferije je asinhron u odnosu na trenutke odabiranja. Prema tome, ne mogu se unaprijed znati položaji

odbiraka u odnosu na bitove paketa. Povorka odbiraka signalnih paketa sa svake periferije je informacija na osnovu koje hub mora rekonstruisati signalne pakete svih periferija. Da bi se to postiglo u hubu je izvršena softverska realizacija rekonstrukcionog algoritma LSR komunikacionog protokola [125]. Rekonstrukcioni algoritam omogućava hubu:

- ostvarenje rekonstrukcije signalnog paketa, odabranog sa 1 –2 odbirka po bitu,
- rekonstruisanje signala različitih brzina,
- brzo izvršavanje rekonstrukcije,
- jednostavanu rekonstrukciju sa isključivo protočnom obradom podataka (ne vraćanje unazad radi ispravke) i
- istovremen prijem podataka sa svih 32 mikroperiferije.

Zahvaljujući korištenju ovog algoritma hardver komunikacionog drajvera huba je krajnje jednostavan, sastavljen od registra i multipleksera te hub zapravo predstavlja krajnje jednostavni multi-port EIA232 interfejs.

Da bi hub imao dovoljno vremena da uzme 1-2 odbirka iz bita signalnog paketa svake periferije, brzina kojom periferije šalju podatke ne smije biti velika. Hub je realizovan tako da može uspješno vršiti odabiranje i rekonstrukciju paketa podataka sa 32 periferna uređaja ako oni šalju pakete podatke brzinom ne većom od 600b/s. Relativno mala brzina slanja podataka od strane perifernih uređaja, s druge strane omogućava veću udaljenost mikroperiferija od huba i nema potrebe za terminiranje kraja linije karakterističnom impedansom [138]. Eksperimentalno je potvrđeno da hub i periferija mogu biti udaljeni i do 1km.

### 2.6.2 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju dat je opis inteligentnog interfejsa namijenjenog za povezivanje mikrokontrolerskih perifernih uređaja na centralni računar. Inerfejs je nazvan EIA232 hub. Zasnovan je na primjeni LSR komunikacionog protokola. Pokazano je da se ovim interfejsom može povezati do 32 periferna uređaja na centralni računar kao i da se u jedan sistem može povezati više hubova. Takođe je pokazano da hub omogućava svim perifernim uređajima, priključenim na njega, da istovremeno šalju i primaju pakete podataka.

EIA232 hub se može upotrijebiti za realizaciju raznovrsnih sistema za evidenciju i kontrolu. Prvenstveno je pogodan u sistemima gdje je potreban veliki broj perifernih uređaja. U kombinaciji sa multifunkcionalnom periferijom može se upotrijebiti u sistemima za automatizaciju hotelskog poslovanja, sistemima za evidenciju i kontrolu pristupa, sitemima za evidenciju i kontrolu upotrebe uređaja kao što su kafemati, fotokopir aparati, sistemima za evidenciju radnog vremena, i mnogim drugim.

## 2.7 ČITAČ RF KARTICA

U ovom poglavlju opisana je jedna realizacija čitača RF identifikatora. Čitač radi na frekvenciji 13.56MHz i koristi Mifare čip MFRC531 i Mifare identifikacione kartice MF1ICS50 [146, 147, 148, 149]. Čitač može čitati podatke iz kartica i upisivati podatke u karticu [127].

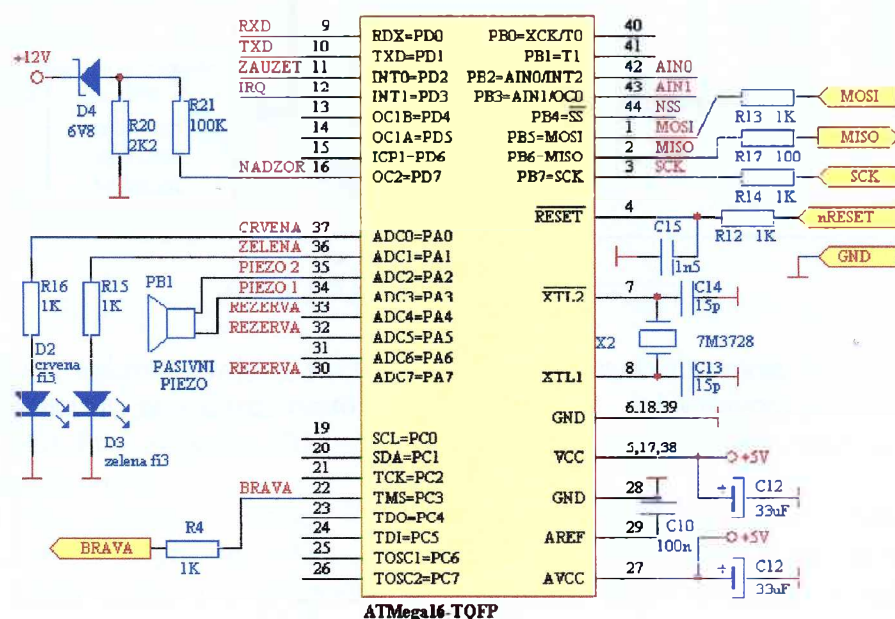
Osim osnovne varijante, realizovana je i varijanta RF čitača male potrošnje.

### 2.7.1 OPIS OSNOVNE VERZIJE RF ČITAČA

Osnovni sastavni djelovi čitača su mikrokontoler ATMega16 i integrisano kolo MFRC531.

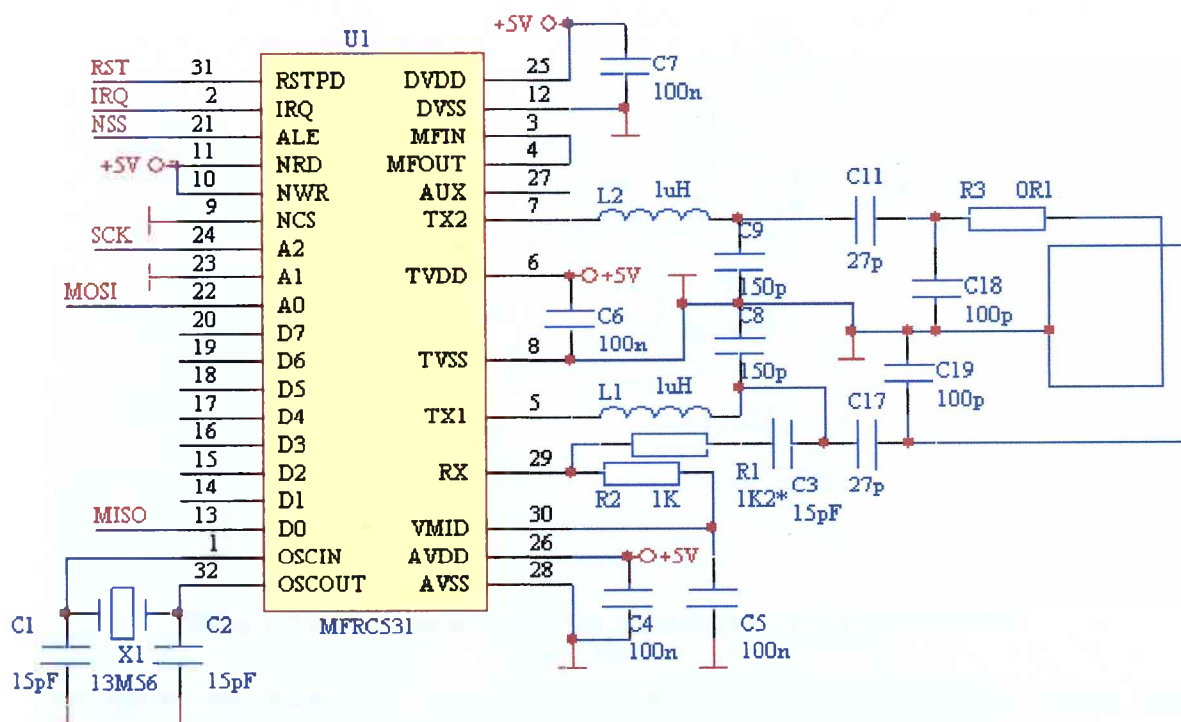
Mikrokontroler je centralni dio čitača (Slika 2.7.1). On upravlja radom kola MFRC531. Pomoću ovog kola čitač ostvaruje beskontaktnu komunikaciju sa identifikacionim karticama (Slika 2.7.2).

Na slici 2.7.3 dat je blok dijagram MFRC531 kola [146]. Ovo integrisano kolo posjeduje modulator i demodulator za sve vrste pasivnih beskontaktnih komunikacionih metoda i protokola na učestanosti 13.56MHz. MFRC531 podržava sve nivoe ISO 14443 standarda, uključujući komunikacione šeme tipa A i tipa B [148]. Podržava beskontaktnu komunikaciju sa brzinama do 424kHz. Analogno kolo unutar MFRC531 sastoji se od predajnika i prijemnika. Predajnik je u mogućnosti da, bez dodatnih aktivnih kola, pogoni antenu dizajniranu za blizinsko očitavanje do 100mm. Prijemnik obezbjeđuje demoduliranje i dekodiranje signala iz ISO 14443 kompatibilnih predajnika. Za povezivanje sa mikrokontrolerom, MFRC531 posjeduje paralelni i serijski SPI interfejs. Oba interfejsa posjeduju bidirekcionni FIFO bafer. Dio za obradu podataka je centralni dio kola. Ovaj dio prihvata podatke od strane mikrokontrolera i/ili RF identifikatora, prilagođava ih i proslijeđuje prema istim. Segment status i kontrola služi da prilagodi MFRC531 okruženju i podesi ga da radi sa najboljim performansama. Za komunikaciju sa Mifare Classic proizvodima, kao što su Mifare Standard Cards i Mifare Light Cards, kolo koristi brzu Crypto 1 jedinicu i sigurni, neuništivi, memorijski ključ [146].

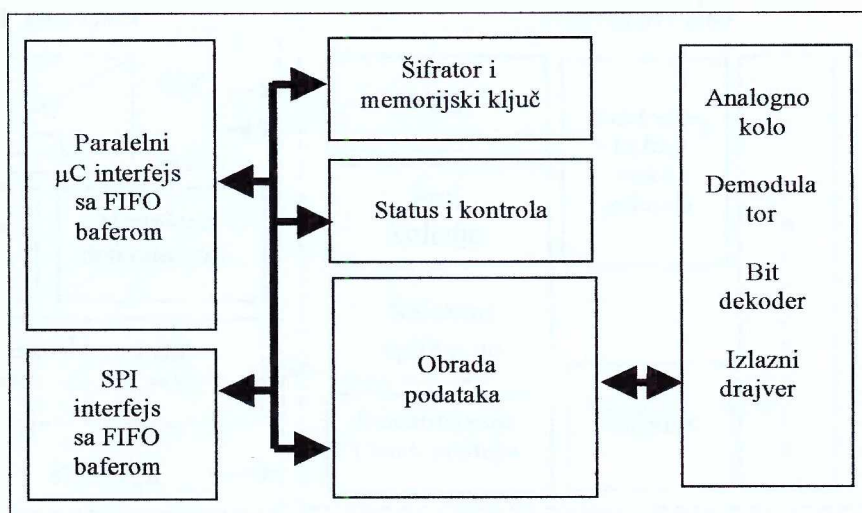


Slika 2.7.1 Električna šema mikrokontrolera sa nazačenim portovima za priključenje ostalih dijelova čitača

## 2.7 Čitač RF kartica



Slika 2.7.2 Dio RF čitača za komunikaciju sa RF identifikatorima

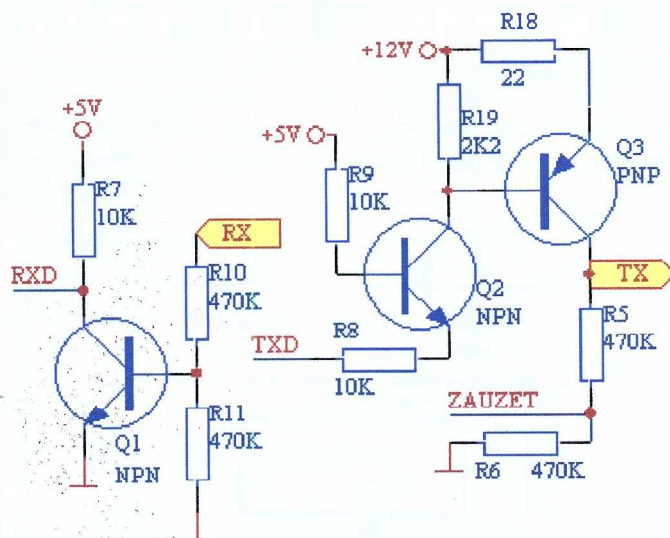


Slika 2.7.3 Blok dijagram MFRC531

U RF čitaču mikrokontroler i MFRC531 povezani su korištenjem SPI interfejsa. To je urađeno, prvenstveno radi uštede portova mikrokontrolera i jednostavnije realizacije čitača.

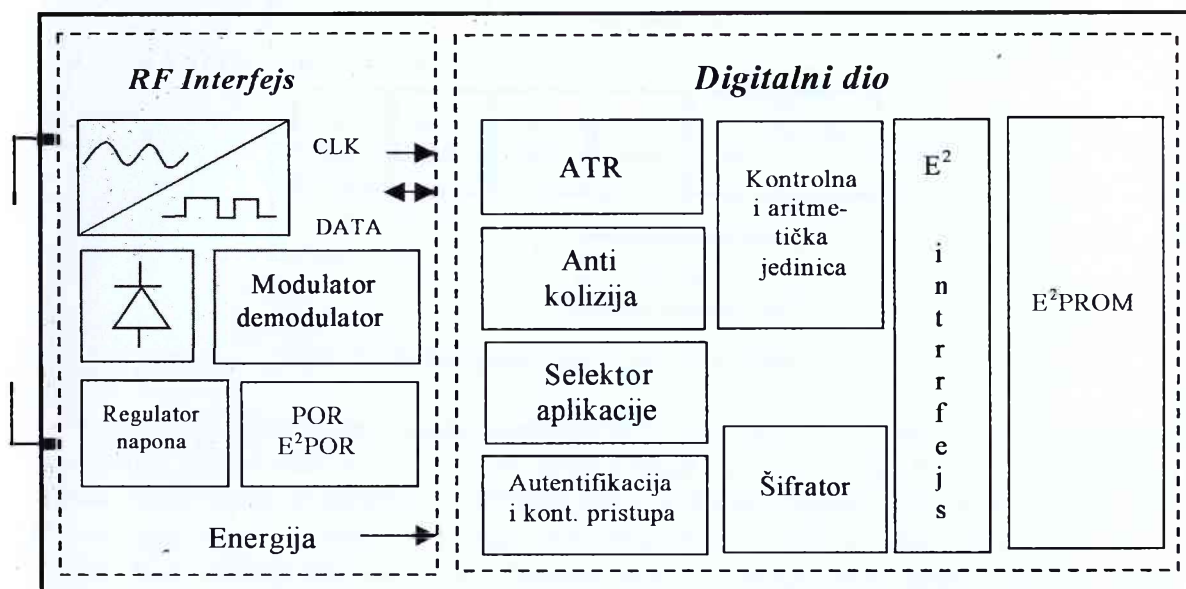
Portovi PA0, PA1 pogone LED indikatore, portovi PA2 i PA3 daju zvučnu signalizaciju i port PC3 pogoni bravu.

Na slici 2.7.4 prikazan je intefejs RF čitača za povezivanje sa višom instancom (PC-em, Logerom,...). Interfejs prevodi RXD i TXD signale mikrokontrolera u signale slično EIA232 standardu. Osim toga, TX priključak je realizovan kao "otvoreni kolektor" čime je omogućeno priključivanje više RF čitača na istu liniju.



Slika 2.7.4 Interfejs RF čitača za povezivanje sa višom instancom

Kao što je već rečeno RF čitač je prvenstveno nemijenjen očitavanju kartica poput MF1ICS50. Na slici 2.7.5 dat je blok dijagram elektronskog dijela ovih kartica.



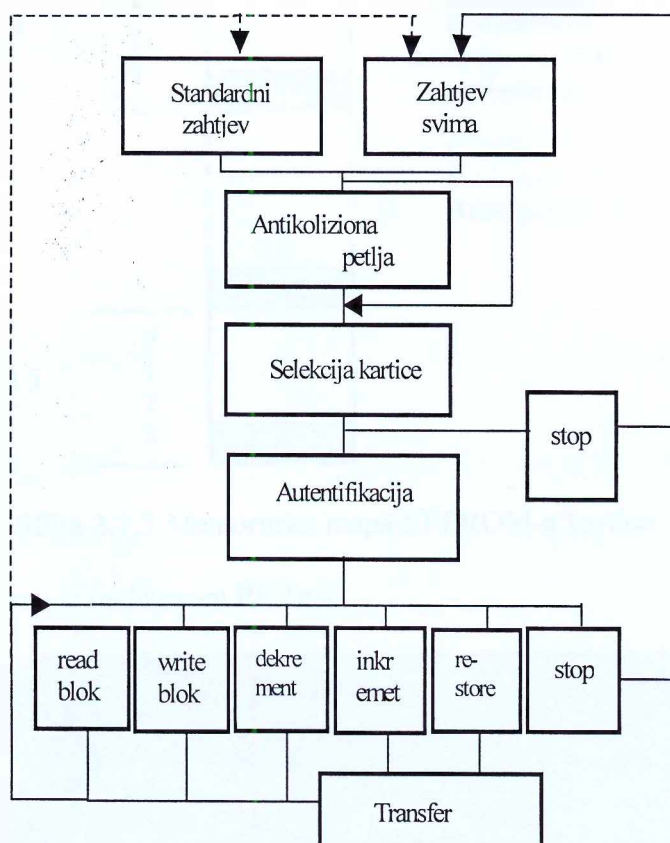
Slika 2.7.5 Blok dijagram elektronske jedinice MF1ICS50 kartice

Sa slike se uočava da se elektronika kartice sastoji od antene, RF interfejsa i digitalnog dijela. Antena je sačinjena od nekoliko namotaja provodnika, i veoma je podesna za integraciju unutar ISO kartice. RF interfejs konvertuje RF signal u digitalni oblik i prosljeđuje ga na dalju obradu digitalnom dijelu [147, 148].

Na slici 2.7.6, u obliku dijagrama toka, prikazana je komunikaciona šeme između RF čitača i MF1ICS50 kartice. Komunikacija se odvija na sljedeći način:

- Sekvencom "zahtjev svima" čitač proziva sve kartice koje su u njegovom polju.
- Ako se neka kartica odazove pozivu, čitač nastavlja komunikaciju antikolizionom petljom. U antikolizionoj petlji vrši se očitavanje serijskog broja kartice.
- Ako ima nekoliko kartica u polju čitač će selektovati jednu od njih. Neselektovane kartice vraćaju se u "stand by" mod i čekaju na novi "zahtjev svima" [148].

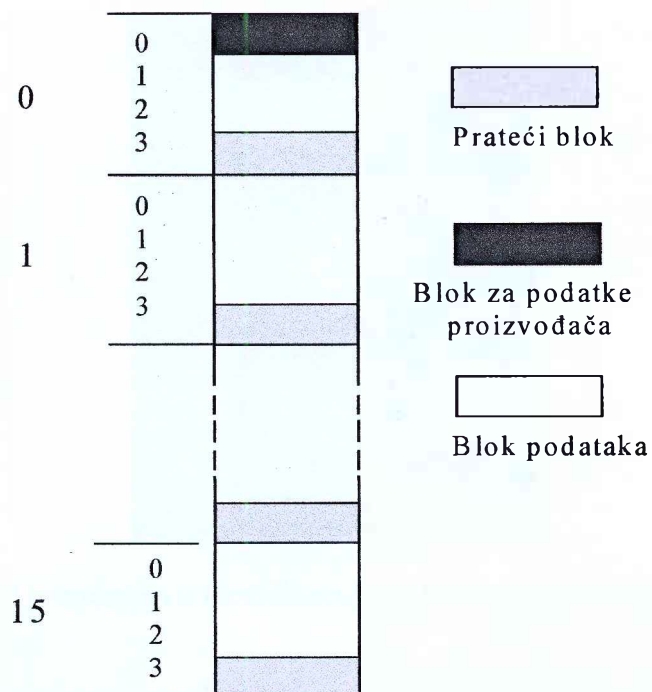
- Nakon selekcije kartice slijedi autentifikacija. Tokom autentifikacije čitač šalje kartici odgovarajući pristupni ključ. Ukoliko ključ odgovara, dalja razmjena podataka sa karticom će biti automatski šifrovana. Ukoliko se ključ čitača ne poklapa sa ključem kartice, kartica neće odgovarati na zahtjeve čitača.
- Poslije uspješne autentifikacije čitač može pročitati podatke iz memorijskog bloka kartice, upisati podatke u memoriski blok kartice kao i druge operacije ilustrovane slikom 2.7.6 [146, 147].



Slika 2.7.6 Dijagram toka komunikacionog protokola

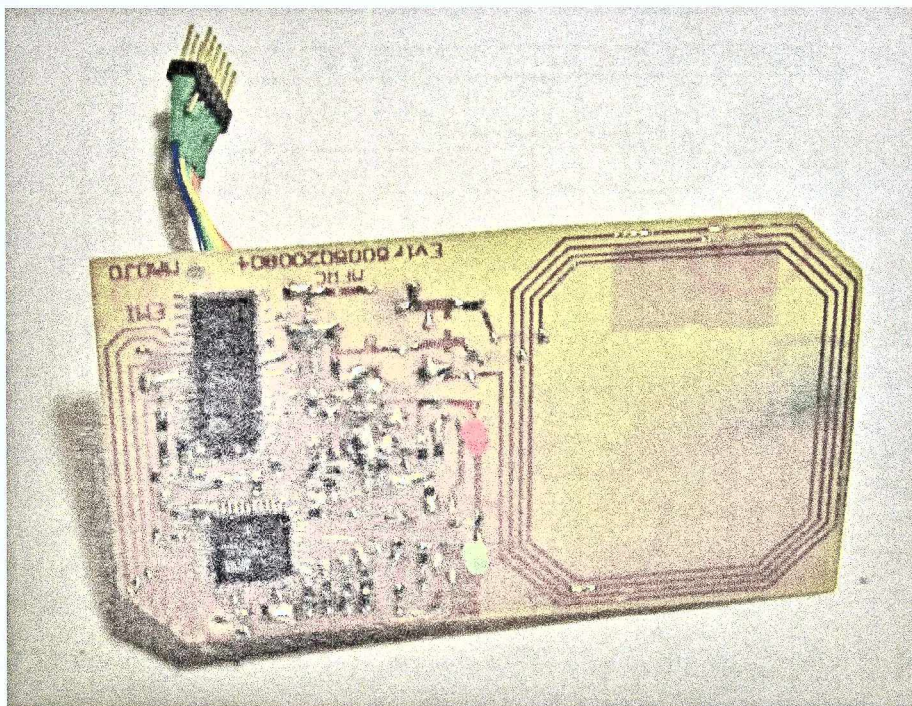
Na slici 2.7.7 data je memorijska mapa EEPROM-a kartice. EEPROM je veličine 1K Oktet i podijeljen je u 16 sektora. Svaki sektor sadrži 4 bloka od po 16 okteta. Prvi blok EEPROM-a kartice rezervisan je za podatke proizvođača kao i za 32-bitni serijski broj kartice. Ovo je blok koji se može samo očitavati. U mnogim dokumentima ovaj blok se označava kao "Block 0". Četvrti blok svakog sektora je tzv. "završni blok". "Završni blok" jednog sektora sadrži pristupni ključ A i opcioni ključ B, kao i uslove pristupa, za sva četiri bloka tog sektora. Ovakva organizacija EEPROM-a kartice omogućava korištenje različitih sektora za različite aplikacije. Svaka aplikacija može koristiti zaseban ključ [147].

## 2.7 Čitač RF kartica



**Slika 2.7.7** Memorijska mapa EEPROM-a kartice

Na slici 2.7.8 prikazan je realizovani RF čitač.



**Slika 2.7.8** Realizovani RF čitač

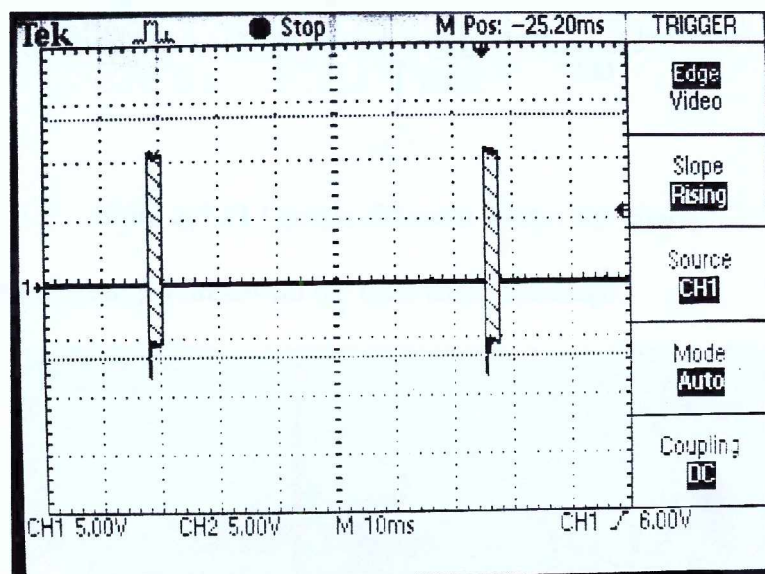
Na slici 2.7.9 prikazan spoljašnji izgled RF čitača u sistemu za evidenciju radnog vremena.



**Slika 2.7.9** RF čitač primijenjen u identifikacionom sistemu za evidenciju radnog vremena

### 2.7.2 MODIFIKACIJA RF ČITAČA U CILJU SMANJENJA POTROŠNJE

Opisani RF čitač predstavlja osnovnu verziju kod koje potrošnja stuje u "mirnom radu" (nema kartice u polju čitača) nije zanemarljiva. Opisana verzija čitača detektuje prisustvo kartice u svom polju tako što periodično uključuje predajnik i šalje sekvencu "zahtjev svima" (Slika 2.7.10).



**Slika 2.7.10** Periodično uključivanje predajnika RF čitača. Signal snimljen na priključku antene.

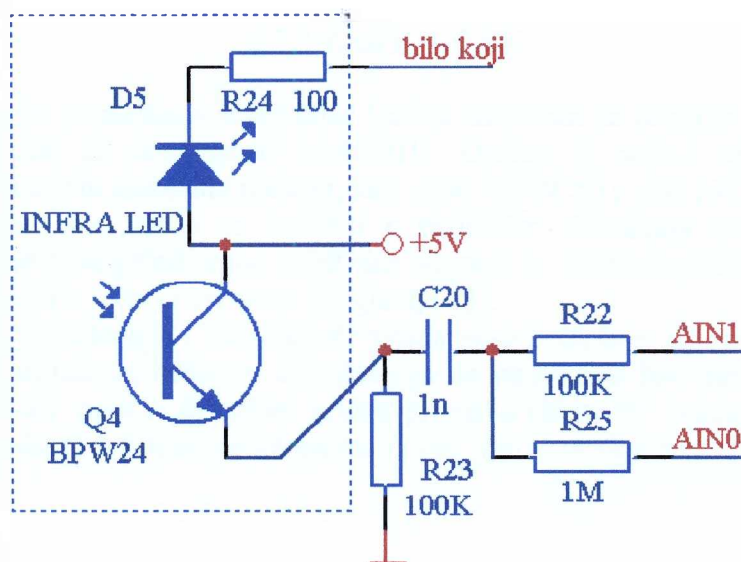
Ukoliko kartica nije detektovana čitač odmah isključuje predajnik i prelazi u stanje čekanja na novu promjenu. Ukoliko je kartica detektovana čitač nastavlja komunikaciju ostavljajući uključen predajnik dok komunikacija traje.

U trenucima kada je predajnik uključen potrošnja čitača dostiže 400mA. U "mirnom radu" srednja potrošnja osnovne verzije RF čitača iznosi oko 30mA. U poređenju sa čitačem čip kartica male potrošnje i multiunkcionalom periferijom to je značajno veća potrošnja. Ovakav

## 2.7 Čitač RF kartica

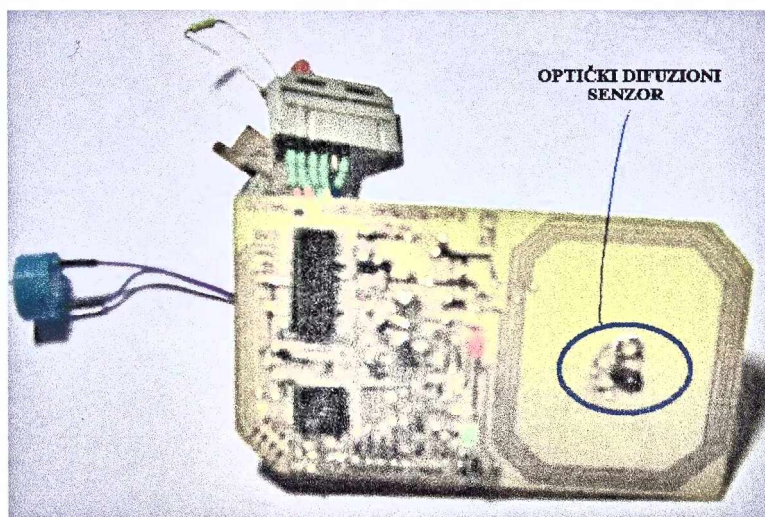
RF čitača teško se može primjeniti u sistemima gdje je mala potrošnja opredjeljujući faktor. (Takvi sistemi su oni u kojima je potreban veliki broj čitača, sistemi u kojima čitač mora imati baterijsko napajanje, i drugi.)

Da bi se RF čitač prilagodio primjeni u sistemima male potrošnje, potrebno mu je bitno redukovati potrošnju u "mirnom radu". U tom cilju, čitač sam unaprijedio dodavanjem optičkog difuzionog senzora prikazanog na slici 2.7.11. Umjesto da se provjera prisustva kartice u polju vrši uključivanjem RF predajnika, pobuđuje se infra LED optičkog difuzionog senzora. Ukoliko je kartica prisutna senzor će detektovati reflektovanu svjetlost. Na ovaj način, omogućeno je da čitač uključuje predajnik samo onda kada je kartica zaista prisutna u njegovom polju. Drugim riječima, otklonjen je glavni uzrok povećane potrošnje čitača u "mirnom radu". Mjerenjem je utvrđeno da se na ovaj način potrošnja čitača svela na oko  $750\mu\text{A}$ .



Slika 2.7.11 Optički difuzioni senzor RF čitača

Na slici 2.7.12 prikazan je realizovani RF čitač male potrošnje.



Slika 2.7.12 RF čitač male potrošnje.

Dodavanje optičkog difuzionog senzora zaista je bitno smanjilo potrošnju RF čitača, ali je u manjoj mjeri ugrozilo prednosti koje donosi RF tehnologija. Naime, optički difuzioni senzor može detektovati reflektovanu svjetlost od tijela svih boja, osim izrazito crne. Ukoliko korisnik svoju identifikacionu karticu drži unutar izrazito crnog omota (crnog novčanika, fascikle, omanje torbe i sl.) moraće da je izvadi i da je tako prinese čitaču.

Dalje usavršavanje RF čitača u smislu smanjenja potrošnje, moguće je izborom nekog drugog blizinskog senzora. Najvažniji uslov je da senzor ima malu potrošnju energije po jednom očitavanju. U tu svrhu osmislio sam jedan jednostavan senzor dodira čija je potrošnja energije čak nekoliko puta manja nego kod optičkog difuzionog senzora. Senzor dodira se sastoji samo od jednog otpornika vezanog na port mikrokontrolera i senzorske površine. Nedostatak mu je što je potreban neposredan dodir da bi senzor reagovao, tako da se ova vrsta senzora ne može koristiti iza stakla ili sličnih prepreka. Detaljniji opis ovog senzora dat je u prilogu 3.

### 2.7.3 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju prezentiran je RF čitač kartica zasnovan na primjeni Philips-ove Mifare tehnologije koja radi na učestanosti 13.56MHz. Opisan je načina rada čitača, date su električne šeme osnovnih sastavnih djelova, kao i opis MFRC531 čipa i MF1ICS50 kartica.

Prezentirani RF Čitač može se koristiti u različitim sistemima evidencije i kontrole pristupa. Do sada je čitač primijenjen u Off-line sistemu za kontrolu pristupa (Poglavlje 10) i u Sistemu za evidenciju radnog vremena (Poglavlje 11).

Osim osnovne, ponuđena je i varijanta RF čitača male potrošnje. Rješenje je zasnovano na primjeni optičkog difuzionog senzora. Utvrđeno je da ukoliko u fazi detektovanja prisustva kartice u polju čitača, optički difuzioni senzor preuzme ulogu RF predajnika, potrošnja RF čitača u mirnom radu se drastično redukuje (sa nekih 30mA na <1mA).

## 2.8 1W232 KOMUNIKACIONI PROTOKOL

U ovom radu opisan je novi serijski komunikacioni protokol nazvan 1W232 (1 wire EIA232). Protokol je namijenjen za povezivanje mikrokontrola na malom odstojanju (unutar istog uređaja). Zasnovan je na principima EIA232 standarda i jednostavan je za realizaciju. Omogućuje priključivanje više mikrokontrolera na magistralu i ima riješen problem arbitraže magistrale. U cilju praćenja komunikacije moguće je koristiti vrlo jednostavan analizator protokola [127].

### 2.8.1 UVOD

Sa razvojem računarske industrije sve se više favorizuje serijski prenos podataka. Skoro svi komunikacioni protokoli definisani poslednje deкаде zasnovani su na principima serijskog prenosa. Za razliku od paralelnog prenosa, serijskim prenosom se šalje i prima samo jedan signal, tako da je hardverska veza maksimalno pojednostavljena (samo nekoliko žica). S druge strane, kada se prenosi samo jedan signal nema problema preslušavanja i neusaglašenog faznog kašnjenja, pa brzine prenosa mogu biti znatno veće. Na primjer, serijski prenos USB2 (sa 480Mbps) ima 20 puta veću propusnu moć nego ECP paralelni prenos. Od nedavno sve češće se serijski prenos podataka primjenjuje i za povezivanje digitalnih komponenti unutar istog uređaja, kao i za povezivanje djelova unutar samih komponenti [150, 151].

Do sada je razvijen velik broj serijskih komunikacionih protokola za razmjenu podataka između digitalnih komponenti na malom odstojanju. U odjeljku 2.8.2 dat je komparativni pregled najčešće korištenih protokola ovog tipa.

Novi, 1W232 serijski komunikacioni protokol, detaljno je opisan u odjeljku 2.8.3. Posebno su naglašene karakteristike protokola koje predstavljaju njegovu prednost u odnosu na postojeća rješenja.

### 2.8.2 PREGLED POSTOJEĆIH SERIJSKIH KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA ZA KOMUNIKACIJU NA BLISKOM ODSTOJANJU

Postoji više različitih protokola koji se primjenjuju za serijski prenos podataka između digitalnih komponenti na bliskom odstojanju. Neki od njih prikazani su u tabeli 2.8.1.

I pored toga što svaki od nabrojanih protokola ima svoje specifičnosti, oni se ipak mogu svrstati u sljedeće tri grupe:

- SPI grupa (SPI/Microwire/McBSP, ...)
- I<sup>2</sup>C grupa (I2C/SMBus/Cbus, ...) i
- 1-Wire grupa (SensorPath, Dallas 1-Wire, ...)

Grupisanje je izvršeno imajući u vidu sličnosti u pogledu povezivanja digitalnih komponenti kao i sličnosti u pogledu osnovnih principa razmjene podataka. Podjelom se, takođe, ukazuje na postojanje većih razlika između protokola iz različitih grupa.

#### 2.8.2.1 Protokoli SPI grupe

Protokoli iz SPI grupe uobičajeno koriste 4 linije (žice) za dvosmjernu komunikaciju ili 3 linije za jednosmjernu komunikaciju. U nekim situacijama koristi se i više linija. Dodatne linije ne utiču na funkcionisanje četiri osnovne. Komunikacija je Master-Slave tipa. Preko svake linije informacije se prenose samo u jednom smjeru. Nazivi osnovnih linija su različiti za različite standarde ali su njihove osnovne funkcije iste. Kod standardnog SPI protokola linije imaju sljedeće nazive: SCLK – Shift CLoCK, MISO – Master In Slave Out, MOSI – Master Out Slave In, SS – Slave Select [152, 131, 154].

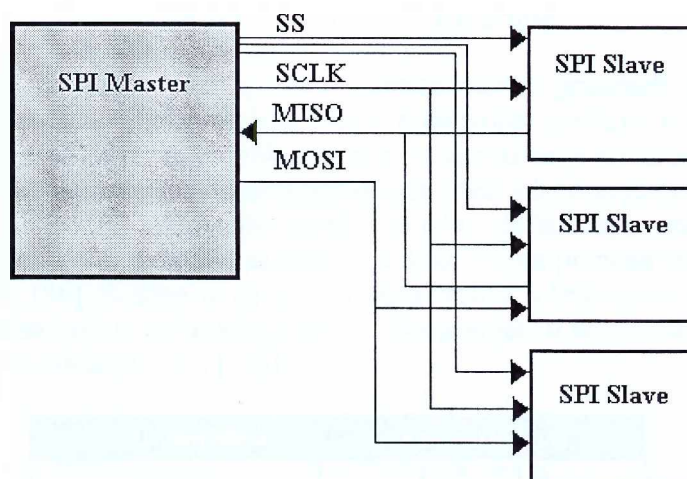
Naziv	Kreator	Opis
I2C	Philips	Za IC komunikaciju. Dvožični bus standard. Tri standardne brzine (100Kbit/s, 400Kbit/s, 3.4Mbit/s).
SMBus	Intel	System Managment Bus. Prvobitno osmišljen za upotrebu u Smart Battery Sistem (SBS).
CBus	Philips	3-wire standard kompatibilan sa I2C. Upotrijebljen je u Philips LCD-driver familiji PCF21xxC.
SensorPath	National Semiconductor	Jenožični sistem prvenstveno razvijen da zamijeni/revitalizuje SMBus na matičnim pločama za nadzor temeperature.
SPI	Motorola	Serial Peripherals Interface (3-wire or 4-wire standard). Master-slave komunikacija. Nema karakteristike prave magistrale. Priključivanjem više Slave uređaja multiplicira se broj SLAVE SELECT linija.
3-Wire	Maxim	Maxim 3-wire funkcioniše na sličan način kao SPI. Glavna razlika je što 3-wire koristi samo jednu liniju za prenos podataka.
I <sup>2</sup> S	Philips	3-wire standard namijenjen za audio aplikacije (Inter IC Sound bus). Iako sličnog imena kao I <sup>2</sup> C, I <sup>2</sup> S je po načinu funkcionisanja sličniji SPI protokolu. U AD/DA prilagođenim za audio često se koristi u paraleli sa SPI protokolom.
McBSP	Texas Instruments	Mucti Channel Buffered Serial Port. Sedmo pinski interfejs koji se može naći u mnogim TI DSP komponentama. Iako ne predstavlja komunikacioni standard, interfejs omogućuje upotrebu 4 svoja pina za pokretanje SPI komunikacije u Mastetr ili Slave modu.
CAN	Bosch	Controller Area Network (ISO 11898). Napredna magistrala podataka, namijenjena prvenstveno auto industriji, najviše upotrebljavana u Evropi. Magistrala se sastoji od dvije linije i radi na brzini do 1Mbit/s.
Dallas 1 wire	Dallas Semiconductor	1 – wire magistrala. Prvenstveno namijenjen za povezivanje programabilnih digitalnih termostata i termometara (DS1821S).

Tabela 2.8.1 Pregled protokola seriskog prenosa podataka

Na slici 2.8.1 prikazan je način povezivanje SPI-Master-a sa nekoliko SPI – Slave komponenti. Sa slike se vidi da postoji posebna SS linija od Master-a do svakog Slave-a. Ovime se limitira broj Slave komponenti na broj raspoloživih izlaznih portova Master-a. Zbog potrebe uvođenja nove SS linije za svaku Slave komponentu, protokoli iz ove grupe ne podržavaju u potpunosti magistralnu arhitekturu. Postojanje zasebnih SS linija čini nepotrebnim adresiranje Slave komponenti što doprinosi povećanju brzine prenosa.

Brzina prenosa zavisi od učestanosti taktovanja SCLK signalom. Učestanost taktovanja, za protokole iz ove grupe, može ići i do nekoliko desetina MHz-a.

Digitalne komponente koje koriste neki od protokola iz SPI grupe često se nazivaju i "DSP (Digital Signal Processing) -kompatibilne" komponente. Time se ukazuje da mnogi DSP-ovi podržavaju protokole SPI grupe [152, 154].



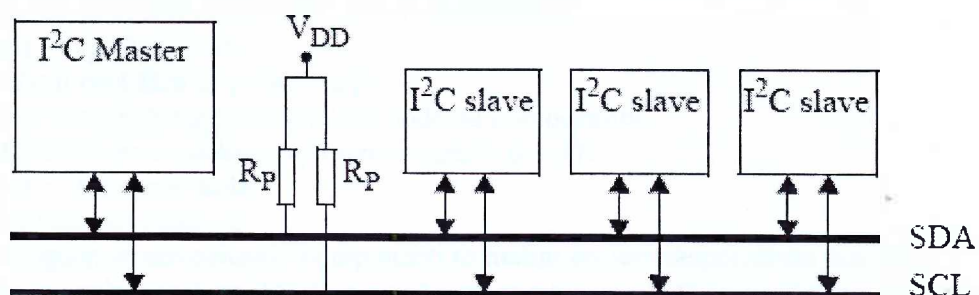
Slika 2.8.1 Povezivanje SPI-Master-a sa nekoliko SPI – Slave komponenti

### 3.8.2.2 Protokoli I<sup>2</sup>C grupe

Protokoli I<sup>2</sup>C grupe podržavaju u potpunosti magistralnu arhitekturu. Za razmjenu podataka između komponenti uglavnom koriste dvije žice (izuzev CBus-a - tri). Korištenja potpune magistralne arhitekture doprinosi manjem ožičenju. Umjesto selekcije pojedine komponente zasebno linijom ovdje se selekcija vrši uvođenjem adrese komponente [131]. Na ovaj način, povećavanjem broja priključenih komponenti ne povećava se broj potrebnih žica za njihovo povezivanje.

Brzina komuniciranja kod I<sup>2</sup>C protokola niža je nego kod protokola iz SPI grupe. Pouzdanost prenosa podataka I<sup>2</sup>C protokolima osigurana je postojanjem signala potvrde. I u protokolima I<sup>2</sup>C grupe komunikacija je Master-Slave tipa. Za razliku od SPI grupe, ovdje je na istu magistralu moguće povezati više Master komponenti [131, 154].

Na slici 2.8.2 prikazana je I<sup>2</sup>C magistrala sa priključenim komponentama.



Slika 2.8.2 I<sup>2</sup>C magistrala

Magistrala se sastoji od SDA linije i SCL linije. SDA linijom vrši se prenos podataka u oba smjera. SCL linijom vrši se taktovanje, odnosno određuje trenutak slanja bita. Brzina prenosa

zavisu od učestanosti taktovanja i nije unaprijed precizno definisana. Trenutno postoje tri moda u kojima I<sup>2</sup>C komponente mogu da rade. To su Standard mod (100Kbit/s), Fast mod (400Kbit/s) i Highspeed mod (3.4Mbit/s).

### 2.8.2.3 Protokoli 1-Wire grupe

Kao što se vidi iz samog naziva, 1-wire komunikacioni protokoli za prenos podataka koriste samo jednu žicu. Ovi protokoli imaju minimalne zahtjeve u pogledu potrebnog ožičenja. Potreban je samo jedan bidirekcionni port za povezivanje komponenti.

Preko jedine linije prenose se podaci u oba smjera i vrši arbitriranje prava pristupa.

Nepostojanje linije za taktovanje uvodi potrebu definisanje brzine prenosa. Kod SensorPath i Dallas 1 Wire komunikacionih protokola brzina prenosa određuje se trajanjem impulsa [152, 155, 156]. Suština je da postoji bitna razlika u trajanju impulsa koji označava logičko '0' i impulsa koji označava logičko '1'. Na primjer, u SensorPath protokolu imamo situaciju ilustrovanu tabelom 2.8.2 [155].

Vrsta impulsa	Trajanje (μs)
'0' bit	11.8 - 17.0
'1' bit	30.7 - 42.5
'START' bit	63.7 - 87
Attention request	130 - 180
Reset	236 - 370

**Tabela 2.8.2** Tipovi signala i tajming kod SensorPath komunikacionog protokola

Zahvaljujući ogromnim razlikama u trajanju impulsa omogućeno je da signale SensorPath i Dallas 1 Wire protokola mogu primati i uređaji koji nemaju kvarcno stabilan takt.

### 2.8.2.4 Završni komentar

Kroz ovaj kratki pregled postojećih komunikacionih protokola može se uočiti da postoji velika raznolikost. Svaki od pomenutih protokola ima svojih prednosti i nedostataka. Tako su prednosti SPI grupe protokola:

- Velika brzina prenosa.
- Puno komponenti na tržištu koje podržavaju neki od ovih protokola.
- Često su podržani od DSP i sličnih komponenti

Prednosti I<sup>2</sup>C protokola su:

- Manji broj žica za povezivanje.
- Ne treba dodatna žica za svaku dodatnu komponentu.
- Kontrola prenosa kroz postojanje signala potvrde

Prednosti 1-Wire protokola:

- Minimalno ožičenje
- Mogućnost povezivanja komponenti sa malim brojem raspoloživih pinova.

Svaka od pobrojanih prednosti u pojedinim primjenama može biti od presudne važnosti za izbor. Zbog toga ne treba očekivati da će neki od postojećih protokola potisnuti ostale iz ponude. Nasuprot tome, postoje i drugi protokoli, kao što su LIN i CAN, koji nijesu svrstani ni u jednu od opisanih grupa, a koji će ostati dominantni u industriji automobila [143].

### 2.8.3 OPIS 1W232 PROTOKOLA

1 Wire EIA232 protokol je moj predlog novog komunikacionog protokola, kojim se nudi jednostavno rješenje za povezivanje više mikrokontrolera unutar istog uređaja.

Glavne karakteristike 1W232 komunikacionog protokola su:

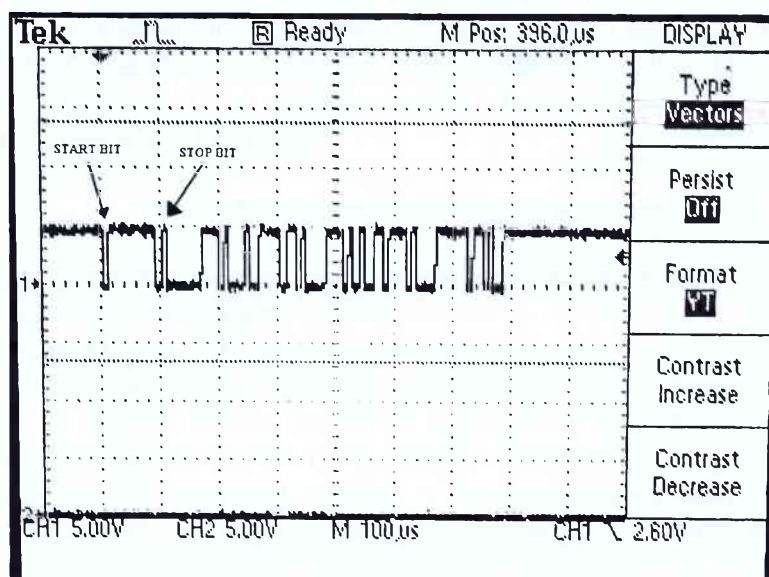
- podaci se prenose u obliku EIA232C signala (log 0=0V, log 1=5V),
- mogućnost povezivanja više mikrokontrolera upotrebom jednožične magistrale,
- arbitriranje magistralom na način da prioritetna poruka bude prenijeta čak i u slučaju pojave kolizije i
- mogućnost praćenja komunikacije jednostavnim analizatorom protokola.

U daljem tekstu biće dat opis svih pomenutih karakteristika kao i primjer softverske realizacije protokola.

#### 2.8.3.1 Signal 1W232 protokola

Signal 1W232 komunikacionog protokola identičan je signalu EIA232C standarda, odnosno signalu UART (USART) mikrokontrolerskog interfejsa [131]. Razlika je samo u tome što u 1W232 interfejsu prijem i slanje signala ide preko iste žice. Na ovaj način naslijeđene su sve osobine EIA232C komunikacionog standarda. Njegove glavne odlike su: jednostavnost, signal se lako generiše, prisutan je u svim računarima, mikrokontrolerima, kao i u gotovo svim uređajima koji ostvaruju vezu sa računarom (elektroske kase, vage, osciloskopi, itd.).

Na slici 2.8.3 prikazan je signal 1W232 protokola snimljen osciloskopom.

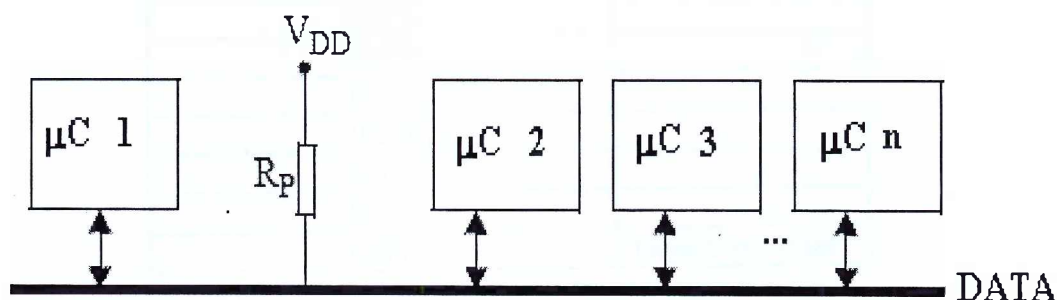


Slika 2.8.3 1W232 signal

Na slici se može uočiti struktura EIA232C signala sa START i STOP bitom na nivou okteta. Brzina razmjene podataka ograničena je samo učestanošću taktovanja mikrokontrolera. Ipak, radi lakšeg nadgledanja podataka na magistrali, preporučljivo je koristiti neku od standardnih EIA232 brzina prenosa.

## 2.8.3.2 1W232 magistrala

Na slici 2.8.4 prikazana je 1 – Wire EIA232 magistrala sa priključenim komponentama.



Slika 2.8.4 1W232 magistrala

Svi mikrokontroleri, priključeni na magistralu, su ravnopravni. Svaki mikrokontroler može započeti komunikaciju sa drugim kontrolerima (nema Master -Slave odnosa). Za povezivanje sa magistralom može se iskoristiti bilo koji ulazno-izlazni port mikrokontrolera.

Kao što je rečeno, magistrala se sastoji i od jedne linije, i nju sam nazvao DATA linija. Kada je magistrala slobodna, na DATA liniji je logičko '1'. Električki ovo znači da su DATA portovi svih mikrokontrolera konfigurisani kao ulazni. U toj situaciji napon na liniji je podignut na visok nivo pomoću pull-up otpotnika  $R_P$ . Logičko '0' na DATA liniji, obezbjeđuje se kada neki od mikrokontrolera svoj port proglasi izlaznim i na njemu postavi nizak naposki nivo. Svaki mikorkontroler može postaviti logičko '0' na DATA liniju. Nasuprot tome, logičko '1' se dobija, jedino, kada je port svakog priključenog mikrokontrolera konfigurisan kao ulazni.

## 2.8.3.3 Arbitriranje 1W232 magistralom

1W232 protokol ima riješen problem arbitriranja magistralom. Arbitriranje se sastoji iz:

- provjere zauzetosti magistrale i
- provjere postavljenog logičkog nivoa na magistrali.

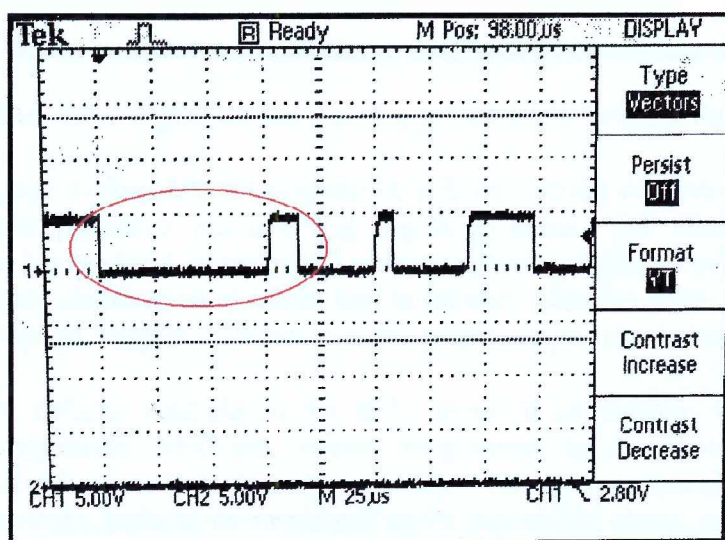
Prije nego započene sa slanjem podataka, svaki mikrokontroler provjerava je li magistrala slobodna. Slanje će započeti ukoliko na DATA liniji pročita logičko '1' u trajanju većem od maksimalno mogućeg trajanja logičke '1'-ce u poruci. Obzirom da se signali na DATA liniji formiraju prema EIA232 standardu logičko '1' ne može trajati duže od vremena koje protekne između START i STOP bita. Za brzinu prenosa od 115200bps jedan bit traje oko  $9\mu s$ , a vrijeme između START i STOP traje 9 puta duže ( $81\mu s$ )

Mikrokontroler šalje oktete na DATA liniju na identičan način kao i UART (USART) interfejs [131] (Slika 2.8.3).

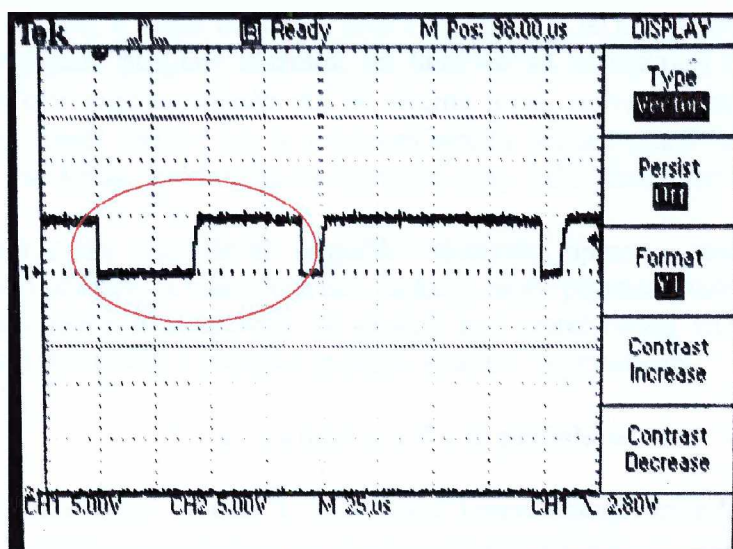
Prvi oktet u paketu podatka određuje prioritet poruke (ili prioritet mikrokontrolera). Oktet može imati jednu od vrijednosti datih u tabeli 2.8.3. Na slikama 2.8.5, 2.8.6 i 2.8.7 prikazani su signali sa DATA linije, za različite vrijednosti prvog okteta. Slike su osciloskopom snimljene na 1-Wire magistrali Multiprocesorskog logera (vidi naredno poglavlje) [129].

Vrijednosti prvog okteta	Značenje
0x00	Najviši prioritet
0x80	
0xC0	
0xE0	
0xF0	
0xF8	
0xFC	
0xFE	
0xFF	Najniži prioritet

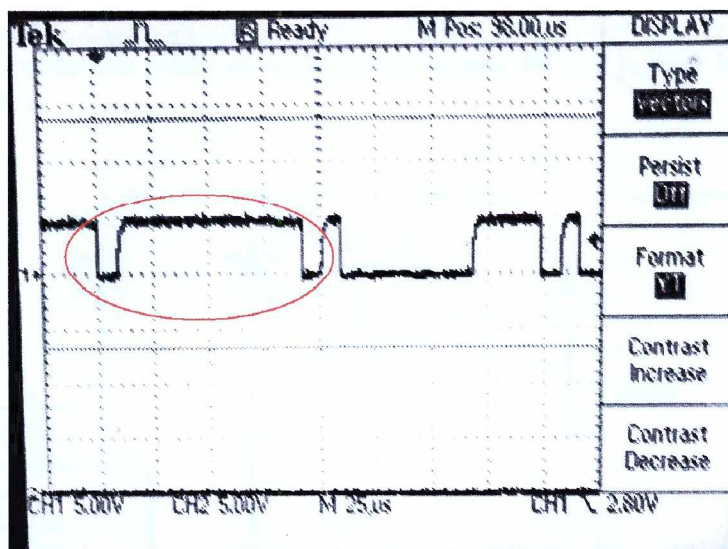
Tabela 2.8.3 Vrijednosti okteta prioriteta



Slika 2.8.5 Signal okteta najvišeg prioriteta (vrijednosti 0x00)



Slika 2.8.6 Signal okteta srednjeg prioriteta (vrijednost 0x0F)



**Slika 2.8.7** Signal okteta najnižeg prioriteta (vrijednost 0xFF)

Nakon postavljanja svakog bita na magistralu, mikrokontroler očitava stanje na magistrali, odnosno provjerava prisustvo postavljenog logičkog nivoa. Od očitanih stanja formira prijemni oktet. Na kraju slanja kompletnog okteta, mikrokontroler provjerava da li je oktet pročitan sa magistrale identičan sa oktetom koji je on slao. Ukoliko jeste, nastavlja sa slanjem. Ukoliko nije, prestaje sa slanjem i prelazi u režim prijema a primljeni oktet smješta u prijemni bufer.

Kao što je već rečeno, mikrokontroler neće započeti sa slanjem ukoliko nije utvrdio neaktivno stanje magistrale. Međutim, postoji mogućnost da dva ili više mikrokontrolera istovremeno zaključče da je magistrala slobodna i istovremeno započnu slanje podataka. Ovaj slučaj dovodi do kolizije, kada se na magistrali može uspostaviti stanje različito od onog koje pojedini mikrokontroler želi. Zahvaljujući provjeravanju postavljenog logičkog nivoa, mikrokontroler će već nakon slanja prvog okteta znati ima li potpunu kontrolu nad magistralom ili ne. Kako, nizak naponski nivo (logičko '0') na DATA liniji može održavati bilo koji mikrokontroler, a visok naponski nivo (logičko '1') se uspostavlja jedino kada svaki mikrokontroler svoj port proglasi ulaznim, na liniji će se uspostaviti onaj prvi oktet koji počinje sa više bitove logičke vrijednosti '0'. Prema tome, najvišeg prioriteta je poruka čiji prvi oktet ima vrijednost '0x00'. Što je u prvom oktetu poruke manji broj '0' bitova, niži je prioritet poruke. Na kraju, sa slanjem će nastaviti onaj mikrokontroler koji nije detektovao koliziju.

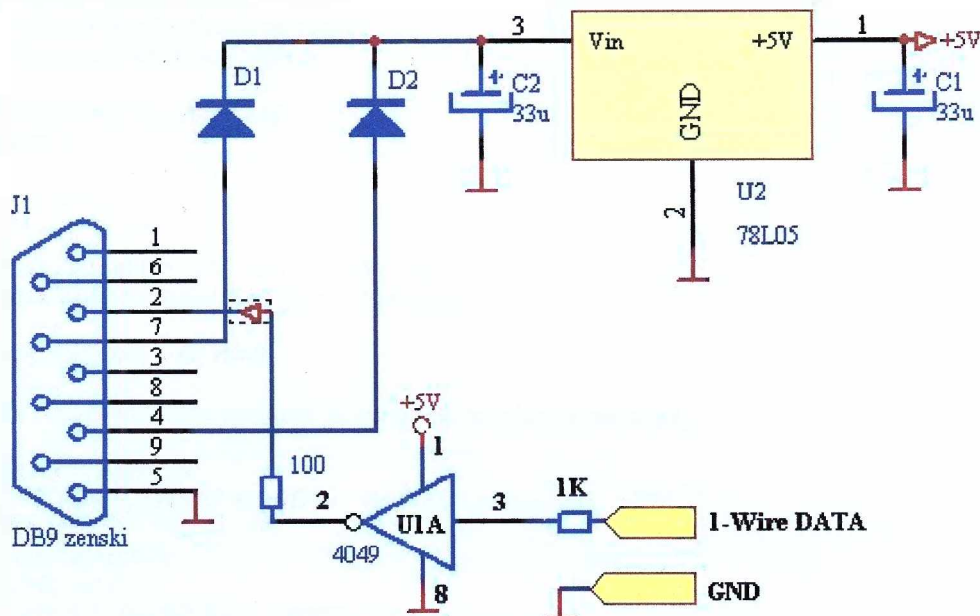
Kako prvi oktet može imati devet mogućih vrijednosti, njime se može definisati 9 nivoa prioriteta. U slučaju potrebe za više nivoa istu funkciju može poprimiti više startnih okteta.

Opisana metoda arbitraže magistrale ne postoji kod standardnog EIA232 protokola, niti kod većine serijskih protokola, i svakako se može smatrati doprinosom.

#### 2.8.3.4 Analizator 1W232 protokola

Analizatori protokola su uređaji koji snimaju komunikaciju između učesnika. Snimak komunikacije je u pogodnom obliku (tekstualni, heksadecimalni ili binarni fajl), a služi za utvrđivanje kako je tekla razmjena podataka. Kao što je osciloskop nezamjenljiv instrument za posmatranje i analizu analognih signala, tako je analizator protokola nezamjenljiv instrument u domenu komunikacija. U slučaju bilo kakvih problema u sistemu, pomoću analizatora protokola može lako da se utvrdi koji učesnik u komunikaciji je „šta rekao“ i da se

„utvrdi čija je krivica“. Zahvaljujući strukturi 1W232 signala preuzetog iz EIA232 standarda, analizator 1W232 protokola može se realizovati pomoću PC-a i jednog krajnje jednostavnog hardvera (Slika 2.8.8).



Slika 2.8.8 Analizator 1W232 protokola

Kao što se sa slike vidi, dovoljno je signal sa 1W232 magistrale, preko invertora, spojiti sa RX pinom serijskog porta računara. Softver na PC-u se svodi na jednostavno očitavanje podataka iz ulaznog bafera serijskog porta. Jedini uslov za primjenu ovako jednostavnog analizatora je da brzina komuniciranja DATA linijom bude jednaka nekoj od standardnih brzina EIA232 protokola. Inače, analizatori drugih komunikacionih protokola mogu biti veoma komplikovani i skupi [158, 159].

### 2.8.3.5 Softverska realizacija 1W232 prorokola

U ovom odjeljku pokazana je softverska realizacija 1W232 protokola, na mikrokontroleru ATMega16. Mikrokontroler je taktovan kvarcnim oscilatorom učestanosti 7.3728MHz. Realizovane rutine prilagođene su brzini prenosa od 115200Kbit/s. Softver je pisan u programskom jeziku C i prilagođen za WinAVR kompajler.

Funkcije Posalji1WirePaket i PutChar predstavljaju softversku realizaciju slanja podataka. Slijedi kompletan programski kod ovih funkcija.

```
//Funkcija kojom Loger salje podatke 1 wire interfejsom
unsigned char Posalji1WirePaket(unsigned char KoKome,
                                unsigned char* buf,
                                unsigned char brOkteta)
{
    unsigned char ch, cnt;

    crc=255;
    RacunajCRC8(KoKome);

    // Cekamo da linija bude mirna oko 200us
```

```

for(cnt=60; cnt; --cnt) {
    if(ch != _1wEnd) { cnt=60; ch=_1wEnd; }
}

if(!PutChar(KoKome)) return(0);
for(ch=0; ch<brOkteta; ++ch) {
    if(!PutChar(buf[ch])) return(0);
    RacunajCRC8(buf[ch]);
}
if(!PutChar(crc)) return(0);
return(1);
}

```

*//Funkcija za slanje okteta 1 wire interfejsom*  
**unsigned char PutChar(unsigned char znak)**

```

{
    unsigned char i, tx, rx=0;

    cli(); // Zabranjujemo interapte da ne bismo sami sebe prekidali

    // Saljemo start bit
    PORTD &= ~_1WIRE; DDRD |= _1WIRE; // postavljamo 'nulu'
    tx=znak;
    DelayKratko(17);
    for(i=9; --i; ) {
        if(tx & 1) DDRD &= ~_1WIRE; //postavljamo 'nulu'
        else DDRD |= _1WIRE; //omogucavamo uspostavljenje 'jedinice'
        tx >>=1;
        asm volatile("nop\n\t" ::); asm volatile("nop\n\t" ::); asm volatile("nop\n\t" ::);
        // primamo signale sa linije
        rx >>=1;
        if(PIND & _1WIRE) rx |= _BV(7);
        DelayKratko(13);
    }
    asm volatile("nop\n\t" ::); asm volatile("nop\n\t" ::); asm volatile("nop\n\t" ::);
    DDRD &= ~_1WIRE;
    PORTD |= _1WIRE; // ukljucujemo interni pull-up
    if(znak==rx) { DelayKratko(14); rx=1; }
    else { // Primili smo nesto drugo od onog sto smo poslali
        _1wBuffer[_1wEnd]=rx; // primljeno smjestamo u preimeni bafer
        if(++_1wEnd >= _1W_SIZE) _1wEnd=0;
        rx=0; //prestajemo sa slanjem
    }
    GIFR |= 0x40;
    sei();
    return(rx);
}

```

Argument KoKome, funkcije PosaljiWirePaket je prvi oktet paketa. Njime se definiše prioritet poruke i ujedno određuje kome je paket upućen.

Prekidna rutina SIGNAL(SIG\_INTERRUPT0) predstavlja softversku realizaciju prijema podataka.

**SIGNAL(SIG\_INTERRUPT0)**

```

{
    unsigned char i, znak;

    //Pozicioniramo se na sredinu prvog DATA bita

```

```

DelayKratko(25);

znak=0;
PORTB &= ~1;
for(i=8;;){
    znak >>=1;
    if(PIND & _1WIRE) znak |= _BV(7);
    if(!--i) break;
    DelayKratko(16);
}
PORTB |= 1;

_1wBuffer[_1wEnd]=znak;
if(++_1wEnd >= _1W_SIZE) _1wEnd=0;

GIFR |= 0x40;
}

```

Pauzom u slanju podataka označava se kraj pojedine poruke, nakon čega slijedi njena obrada.

Prikazane funkcije upotrijebljene su za povezivanje dva ATMegal6 mikorkontrolera i jednog PIC12C509 mikorkontrolera unutar Multiprocesorskog logera, detaljno opisanog u narednom poglavlju.

Zbog ograničenosti programske memorije i niže učestanosti taktovanja PIC12C509 mikorkontrolera, za njega su funkcije pisane u assembleru.

#### 2.8.4 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju predstavljen je novi jednožični (1-Wire) komunikacioni protokol namijenjen za serijsku razmjenu podataka među mikorkontrolerima u istom uređaju.

Protokol je zasnovan je na principima prenosa EIA232 standarda. Pokazano je da se zahvaljujući tome protokol može jednostavno realizovati i nadzirati krajnje jednostavnim analizatorom protokola, jednostavnijim nego kod bilo kojeg drugog serijskog komunikacionog protokola.

Novi protokol podržava magistralnu arhitekturu, bez Master-Slave odnosa između učesnika. Opisano je originalno rješenje za arbitrazu magistrale koje omogućava prenos prioritetne poruke i u slučaju kolizije na magistrali, što nije slučaj kod drugih 1-wire protokola.

Na kraju je data je softverska realizacija protokola.

## 2.9 MULTIPROCESORSKI LOGER

U ovom poglavlju prikazan je uređaj za prikupljanje podataka – loger. Loger ima sopstvenu memoriju za smještanje podataka, što mu omogućava dugotrajni autonomni rad. Memorija se oslobađa tako što se podaci povremeno prebacuju na PC pomoću odgovarajućeg komunikacionog protokola.

Uobičajeno je da se loger realizuje sa jednim mikrokontrolerom [160, 161, 162]. Međutim, ovaj loger je napravljen sa tri mikrokontrolera. Pokazano da ovakva arhitektura uprošćava softver, povećava sigurnost rada logera i smanjuje potrošnju struje. Za komunikaciju između mikrokontrolerima upotrijebljen je 1 wire komunikacioni protokol (Poglavlje 8) [129].

### 2.9.1 UVOD

Loger je uređaj koji samostalno prikuplja podatke i smješta u svoju memoriju. Uz pomoć personalnog računara ti podaci se u bilo kom trenutku mogu preuzeti i dalje obrađivati [161, 162].

U ovom poglavlju predstavljen je multikontrolerski loger. Za ovakvu realizaciju opredijelio sam se uočivši da se funkcije prikupljanja podataka i ostale funkcije logera mogu efikasno razdvojiti i izvršavati zasebnim mikrokontrolerom. Pod ostalim funkcijama misli se na konfigurisanje logera, komunikaciju sa personalnim računarom, i dr.

U logeru su ukupno angažovana tri mikrokontrolera. Jednim mikrokontrolerom vrši se prikupljanje podataka, drugim mikrokontrolerom obavlja se konfigurisanje logera i komunikacija sa PC-em, dok treći mikrokontroler radi kao časovnik (daje realno vrijeme). Pokazano je da ovaj koncept omogućava drastično pojednostavljenje softvera logera te time njegov pouzdaniji i brži rad. Angažovanjem tri mikrokontrolera obezbjeđuje se i veća fleksibilnost u radu logera. Na primjer, loger nesmetano prikuplja podatke i u slučaju kada personalni računar preuzima već prikupljene podatke, pa čak i kada se u ostalim mikrokontrolerima vrši izmjena softvera. Korištenjem više mikrokontrolera obezbjeđuje se i dva puta više procesorskog vremena, više portova, UART-a, A/D konvertora, Tajmera itd.

Ovakav loger je našao primjenu u RF sistemima za evidenciju radnog vremena koji su montirani u preko 10 preduzeća u Crnoj Gori. Opremljen drugim softverom, ovaj loger je poslužio i u sistemu za automatizaciju rada benzinske pumpe (MUP RCG). Treća primjena logera je bila u sistemu za nadzor mrežnog napajanja. Za sve pomenute primjene razvijeni su odgovarajući softveri na PC-u koji vrše inicijalizaciju logera, preuzimaju i obrađuju podatke koje je loger sakupio.

U daljem tekstu dat je detaljan opis logera.

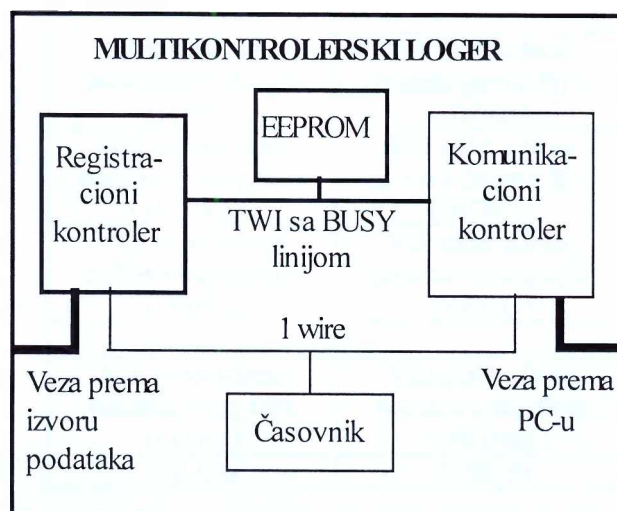
### 2.9.2 OPIS LOGERA

Na slici 2.9.1 data je blok šema multikontrolerskog logera. Sa slike se uočava da su osnovni sastavni dijelovi logera:

- registracioni kontroler
- komunikacioni kontroler
- EEPROM i
- časovnik

Registracioni kontroler je realizovan korištenjem ATmega16 mikrokontrolera [131]. Osnovna uloga registracionog kontrolera je da prihvata podatke od strane izvora podataka i da ih putem two-wire serijskog interfejsa (TWI), zapisuje u EEPROM. Izvori podataka mogu biti vrlo različiti, zavisno od konkretne primjene logera. Recimo, kada se loger koristi u RF sistemu za evidenciju radnog vremena, izvori podataka su čitači kartica (koji su EIA232

vezom povezani sa registracionim kontrolerom). S druge strane, u sistemu za nadzor napajanja, izvor podataka je interfejs preko koga logger dobija uvid u stanje napona na mreži.



Slika 2.9.1 Blok šema multikontrolerskog logera

Komunikacioni kontroler je, takođe, realizovan sa ATMega16 mikrokontrolerom [131]. Njegov osnovni zadatak je da komunicira sa personalnim računarom, i da na osnovu te komunikacije vrši upis i/ili čitanje podataka EEPROM-a. Tako, posredstvom komunikacionog kontrolera, PC može da upiše podataka u željeni dio EEPROM-a ili da pročita podatke iz EEPROM-a. Osim toga PC, posredstvom komunikacionog kontrolera, može da definiše način rada registracionog i komunikacionog kontrolera.

Centralni dio u loggeru je EEPROM kapaciteta 128K napravljen sa 4 kola 24C256 (Slika 2.9.5) [154]. U EEPROM-u se nalaze konfiguracioni podaci koji definišu način rada logera kao i podaci o evidentiranim događajima. Unutar EEPROM-a podaci su raspoređeni (prema svojoj namjeni) u memorijske cjeline, nazvane fajlovi. Na slici 2.9.2 data je memoriska mapa EEPROM-a logera.

DIREKTORIJA
Neiskoršteno
FAJL 1
Neiskorišteno
FAJL 2
Neiskorišteno
FAJL N
Neiskorišteno

Slika 2.9.2 Memorijska mapa EEPROM-a

Na najnižim adresama u EEPROM-u nalazi se fajl Direktorija. Fajl Direktorija daje informaciju na kojoj adresi u EEPROMu se nalaze počeci ostalih fajlova. Na slici 2.9.3 data je memoriska mapa fajla Direktorija.

Niži oktet adrese početka prvog fajla (LOW1)	Viši oktet adrese početka prvog fajla (HIGH1)
Niži oktet adrese početka drugog fajla (LOW2)	Viši oktet adrese početka drugog fajla (HIGH2)
Niži oktet adrese početka trećeg fajla (LOW3)	Viši oktet adrese početka trećeg fajla (HIGH3)
***	
Niži oktet adrese početka n-tog fajla (LOWn)	Viši oktet adrese početka n-tog fajla (HIGHn)
(0)LOW	(0)HIGH

**Slika 2.9.3** Memorijska mapa EEPROM-a

U fajlu Direktorija, adresa početka fajla data je sa dva okteta koji označavaju memorijski segment veličine 16 okteta. Fizička adresa se dobija kao

$$\text{AdresaPočetkaFajla}_n = ((\text{HIGHn}) * 256 + \text{LOWn}) * 16$$

tako da se sa ova dva okteta može adresirati memorijski prostor do 1M. Kraj fajla Direktorija označava se sa dva okteta vrijednosti 0. Okteti od kraja fajla Direktorija pa do prvog okteta sa adresom djeljivom sa 16, biće preskočeni. Njihova vrijednost nije od značaja.

U opštem slučaju između dva fajla može postojati neiskorišten dio EEPROM-a, međutim, iz razloga racionalnosti poželjno je to izbjegavati.

Na slici 2.9.4 data je memorijska mapa EEPROM-a logera kada se on koristi u sistemu za evidenciju radnog vremena.

DIREKTORIJA
Fajl korisnika
Fajl prava
Fajl događaja

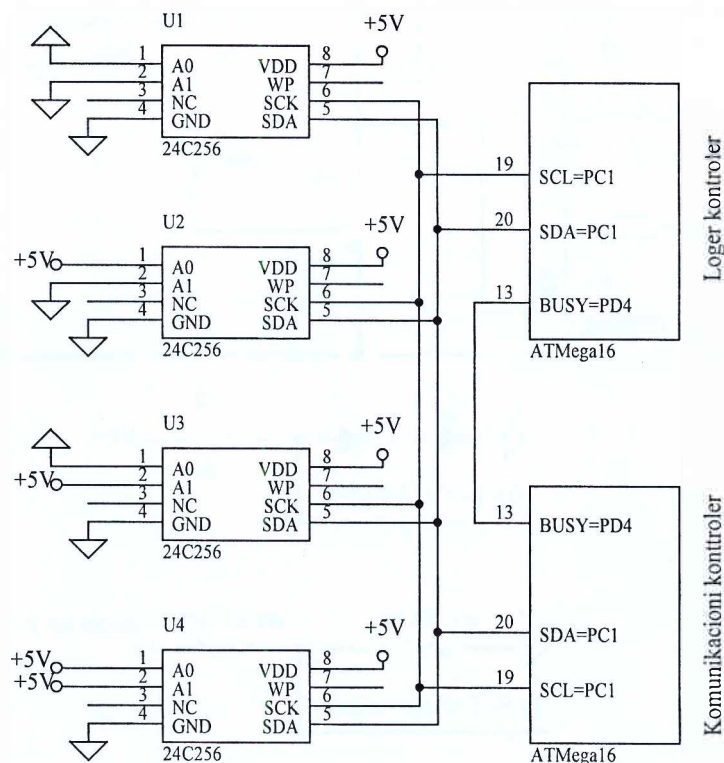
**Slika 2.9.4** Memorijska mapa EEPROM-a kada se logger koristi u sistemu za evidenciju radnog vremena

Svaki fajl u EEPROM-u sastoji se od zapisa. Kraj fajla se označava zapisom u kojem svaki oktet ima vrijednost nula.

U svakoj primjeni logera, poslednji fajl u EEPROM-u (fajl na najvišim adresama) je fajl u koji se upisuju podaci o događajima u procesu koji se prati (Fajl događaja). Za fajl događaja rezervisan je memorijski prostor od naznačenog početka fajla pa sve do kraja EEPROM-a. U fajl događaja registracioni kontroler kružno upisuje podatke pri čemu kraj fajla uvijek označava sa zapisom u kojem svaki oktet ima vrijednost 0.

Podatke sa logera može preuzimati više personalnih računara koji imaju ostvaren komunikacioni put do logera. Svaki PC vodi računa dokle je stigao sa preuzimanjem podataka.

Na slici 2.9.5 prikazan je način povezivanja EEPROM-a sa registracionim i komunikacionim kontrolerom. Za pristup EEPROM-u, kontroleri koriste two-wire serijski interfejs (TWI). TWI je idealan za tipične mikrokontrolerske aplikacije. TWI protokol dozvoljava povezivanje do 128 različitih uređaja korištenjem samo dvije bidirekzione magistralne linije, jednu za takt (SCL) i jednu za podatke (SDA) [152, 154].

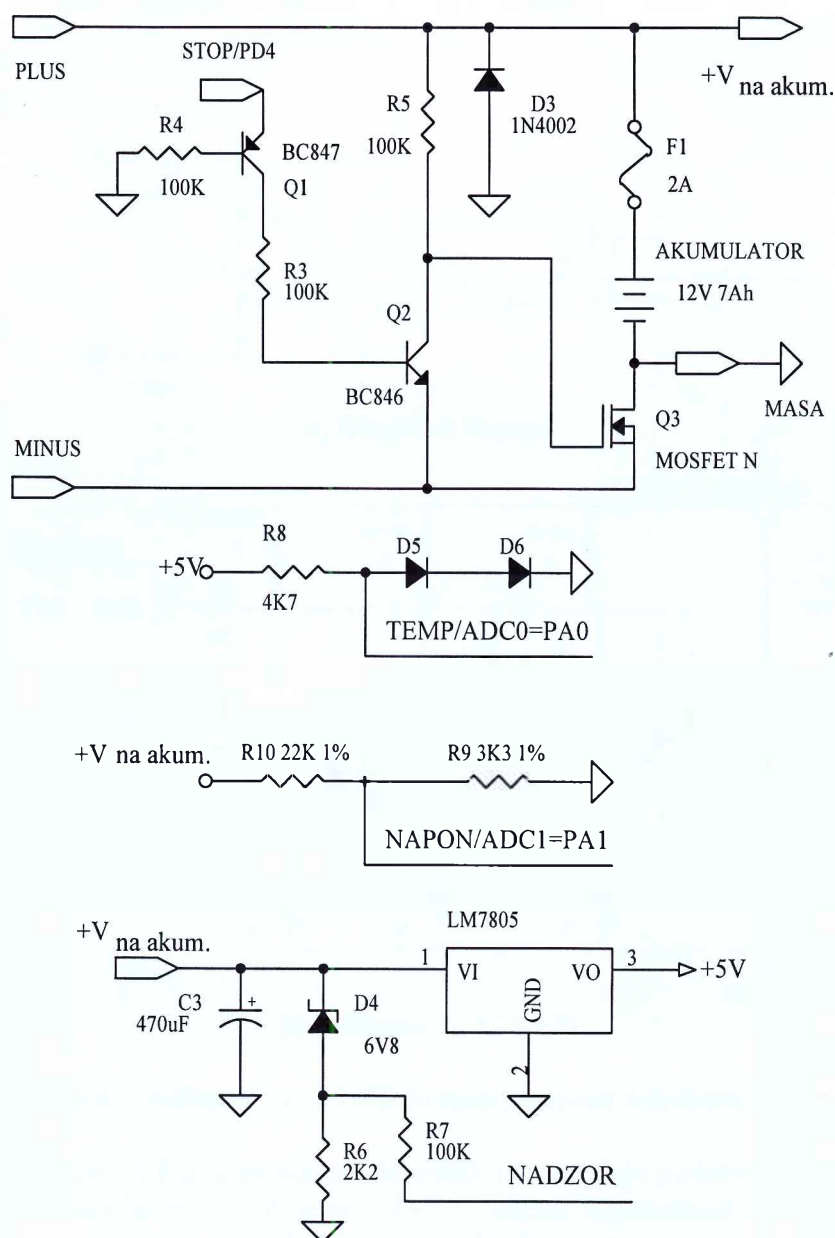


**Slika 2.9.5** Povezivanje EEPROM-a sa komunikacionim i registracionim kontrolerom.

Da ne bi dolazilo do dužeg zastoja u radu registracionog ili komunikacionog kontrolera usljed, čekanja na slobodan pristup EEPROM-u, nijedan kontroler ne smije, u jednom pristupu, dugo zauzeti magistralu EEPROM-a. Za pomenute aplikacije logera, usvojili smo da maksimalno vrijeme jednog zauzimanja EEPROM-a ne smije biti duže od 50ms. Usvojili smo brzinu od 100kHz za TWI jer ona podržava i najsporije EEPROM-e. Ova brzina je dovoljna da se upis 256 okteta u EEPROM može završiti za 25ms. Kako jedan zapis od strane registracionog kontrolera, u navedenim aplikacijama, ne prelazi 32 okteta, njegovo zauzimanje EEPROM-a traje čak znatno kraće. Komunikacioni kontroler u jednom pristupu čita, odnosno upisuje, maksimalno 256 okteta EEPROM-a. Na ovaj način je obezbijeđeno da korištenje istog EEPROM-a komunikacionom i registracionom kontroleru ne predstavlja smetnju za obavljanje njihovih osnovnih funkcija.

Da bi se dobila visoka pouzdanost i mogućnost prikupljanja podataka i u slučaju prestanka mrežnog napajanja, logger se napaja iz akumulatora 12V. Za vrijeme kada je mrežni napon prisutan, akumulator se dopunjava po određenom algoritmu. Na primjer, za hermetički olovni akumulator, algoritam sadrži temperaturnu kompenzaciju  $-4\text{mV}/^{\circ}\text{C}/\text{čeliji}$ . Algoritam punjenja je implementiran u komunikacionom kontroleru. Na slici 2.9.6 je prikazano kako se pomoću

naponskog razdjelnika R10/R9 mjeri napon akumulatora, dalje, sa diodama D5 i D6 se mjeri temperatura, a sa MOSFET-om Q3 uključuje dopunjavanje akumulatora. (Poznato je da diode imaju temperaturnu zavisnost napona direktne polarizacije od  $-2.2\text{mV}/^\circ\text{C}$ .) (Detaljnije u Prilogu 4).



**Slika 2.9.6** Napajanje logera upravljano komunikacionim kontrolerom.

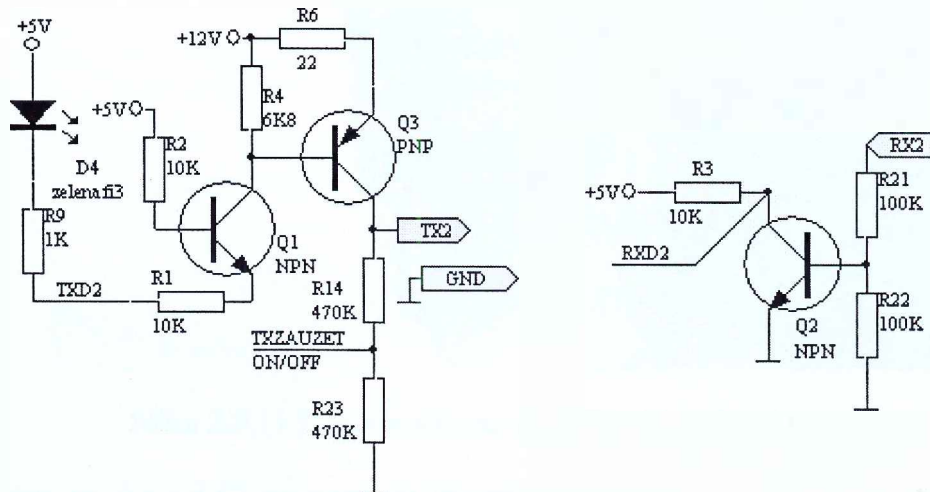
Časovnik realnog vremena je realizovan sa mikrokontrolerom 12F629 (Slika 2.9.7). Vrijeme se čuva i računa u četvorooktetnom formatu, gdje dva viša okteta predstavljaju broj proteklih dana od 1. Januara 1900. godine, a niža dva okteta predstavljaju dio dana. Najmanja jedinica vremena kojom časovnik barata je 1.318sec. Ovaj format vremena olakšava kasniju obradu na personalnom računaru jer se isti takav format koristi u Windows-u (Exel, Access, ...). S druge strane pojednostavljena je obrada i zapisivanje vremena u logeru.

Schottky dioda D<sub>1</sub>, dioda D<sub>2</sub> i litijumska baterija (slika 2.9.7) napajaju časovnik, i onda kada ostatak logera nema napajanje (Power Down mod logera). Potrošnja struje od strane

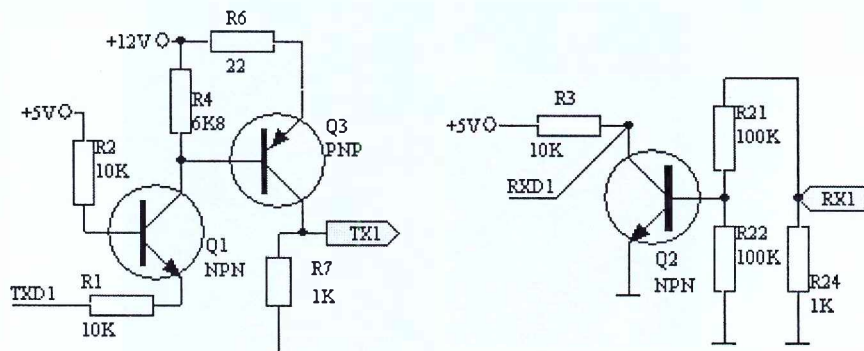


Interfejs prikazan na slici 2.9.8 omogućuje povezivanje komunikacionog mikrokontrolera sa PC-em. Interfejs prevodi RXD i TXD signale mikrokontrolera u signale prema EIA232 standardu. TX priključak je realizovan kao "otvoreni kolektor" tako da se na jedan PC može priključiti više logera. Pomoću signala TXZAUZET komunikacioni kontroler dobija informaciju je li linija slobodna.

Interfejs prikazan na slici 2.9.9 omogućuje povezivanje podređenih mikrokontrolerskih uređaja sa registracionim kontrolerom. I ovaj interfejs prevodi RXD i TXD signale mikrokontrolera u signale prema EIA232 standardu.



**Slika 2.9.8** Interfejs multikontrolskog logera za povezivanje sa višom instancom (PC-em)



**Slika 2.9.9** Interfejs multikontrolskog logera za povezivanje sa podređenim mikrokontrolerskim uređajima

Za razmjenu podataka između kontrolera unutar logera razvijen je komunikacioni protokol tipa 1 wire, koji je opisan u prethodnom poglavlju. Protokol je kompatibilan sa EIA232 standardom. Ovim protokolom moguće je povezati više kontrolera. Svi učesnici u komunikaciji su ravnopravni (nema MASTER-a i SLAVE-a).

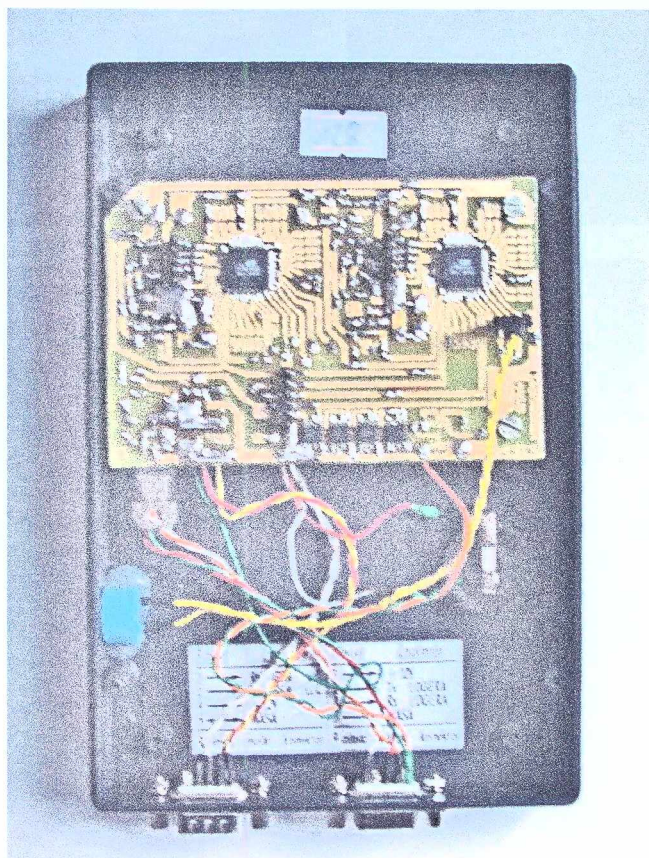
Logger se sa personalnim računarom može povezati na više načina. Moguća je direktna veza kablom na serijski port računara ili posredstvom GSM ili GPRS modema [163].

Na slici 2.9.11, prikazan je logger za evidenciju radnog vremena.



**Slika 2.9.11** Logger u sistemu za evidenciju radnog vremena

Na kraju, na slici 2.9.12, prikazana je unutrašnjost logera.



**Slika 2.9.12** Unutrašnjost logera

### 2.9.3 ZAKLJUČAK

U poglavlju je prikazan logger sa tri mikrokontrolera, gdje jedan obavlja poslove komunikacije, drugi – registracije, a treći radi kao časovnik.

Pokazano je da ovakva organizacija pojednostavljuje softver logera i omogućuje mu veću fleksibilnost i pouzdaniji rad. Logger je u mogućnosti da istovremeno obavlja više poslova. Na primjer, dok registracioni kontroler upisuje događaje u EEPROM memoriju, komunikacioni kontroler može da razmjenjuje podatke sa PC-em. Treći kontroler se brine samo o realnom vremenu.

Razdvajanje ovih procesa na nezavisne djelove, pojednostavilo je softver. Dalje, ovakva koncepcija je pojednostavila i hardver. Oformljene su relativno nezavisne hardverske cjeline koje se mogu odvojeno napajati. Stalno napajanje litijumskom baterijom dovedeno je samo do mikrokontrolera-časovnika.

## 2.10 OFF-LINE MIFARE SISTEM ZA KONTROLU PRISTUPA

U ovom poglavlju prezentiran je realizovani RF sistem za kontrolu pristupa u kojem su upotrijebljene MF1ICS50 kartice i varijanta RF čitača kartica opisanog u poglavlju 2.7. Kontrola pristupa se ostvaruje, off-line (bez povezivanja čitača sa centralnim računarom).

### 2.10.1 UVOD

Sistemi za kontrolu pristupa, bez obzira na primjenjenu tehnologiju, svoju punu snagu razvijaju ukoliko se izvrši povezivanje djelova sistema (terminala) sa centralnim računarom. Međutim postoje situacije kada takvo povezivanje nije neophodno ili je teško realizovati. Savremene tehnologije, kao što je Mifare, nude mogućnosti za ostvarenje zadovoljavajućih i dovoljno fleksibilnih off-line sistema kontrole pristupa. U daljem tekstu slijedi opis off-line sistema kojeg sam razvio i koji se koristi za kontrolu pristupa u prostorijama OSCE-a u Podgorici.

### 2.10.2 OPIS NAČINA RADA SISTEMA

U ovom off-line sistemu, kontrola pristupa vrši se na osnovu zapisa u prvom bloku podataka, prvog segmenta MF1ICS50 kartice [147]. Samo kartice sa odgovarajućim zapisom u ovom segmentu mogu proći kontrolu pristupa. Organizacija zapisa je prikazana na slici 2.10.1.

ŠIFRA FIRME	L V	L N	0	0	0	0	0	0	0	0
----------------	--------	--------	---	---	---	---	---	---	---	---

Slika 2.10.1 Zapis u prvom bloku podataka, prvog segmenta MF1ICS50 kartice

Prvih 6 okteta bloka podataka uporijebljeno za šifru firme. Šifra firme je specifični niz karaktera kojim se identifikuje da kartica pripada datoj firmi. Šifra firme je nepromjenjiva. Sistem ne mijenja ovaj dio zapisa. Sedmi oktet je viši, a osmi je niži oktet lozinke kartice. Vrijednost ostalih osam okteta je nula i oni se ne koriste u kontroli pristupa. Sadržaj dva okteta lozinke kartice može biti promijenjen od strane sistema (čitača kartica).

Kontrola pristupa se ostvaruje tako što čitač pročita pomenuti blok podataka kartice i provjeri naziv firme i lozinku. Svi korisnici imaju istu lozinku. Čitač lozinku vidi kao broj od 0 do 65535.

Mogućnost promjene lozinke kartice ostavljena je da bi se sistem obezbijedio za slučaj da neki korisnik izgubi svoju karticu. Ukoliko bi kompletan identifikacioni zapis kartice bio nepromjenjiv, izgubljena kartica bi i dalje omogućavala pristup, što bi ugrozilo sigurnost sistema. To se spriječava inkrementiranjem lozinke na ostalim karticama i prevođenjem čitača na novu lozinku.

Čitači su napravljeni tako da mogu da se koriste na dva načina. Jedan način je već opisan – čitač kontroliše pristup na osnovu pročitane lozinke sa kartice. Drugi način rada služi za administriranje lozinkom. Čitači su napravljeni jednobrazno, a način rada se mijenja pomoću prekidača i tastera u čitaču. Čitač stalno provjerava stanje prekidača i tastera i na osnovu toga radi u jednom od sljedećih režima rada:

- režimu kontrole pristupa,
- režimu upisa lozinke na karticu i
- režimu promjene vlastite lozinke.

Čitač je u režimu kontrole pristupa, kada su prekidač i taster otvoreni. Ova situacija je identična sa situacijom kada prekidač i taster nijesu ni ugrađeni u čitač. U ovom režimu, čitač provjerava šifru firme sa kartice i ako je ona u redu, pristupa poređenju lozinke sa kartice sa svojom lozinkom. Čitač će dozvoliti pristup vlasniku kartice čija kartica ima identičnu lozinku kao i sam čitač. Dalje, čitač će dozvoliti pristup i vlasniku kartice čija je lozinka algebarski veća od lozinke čitača, s tim što će, u tom slučaju, čitač preći na tu veću lozinku. Ukoliko je lozinka na kartici algebarski manja od lozinke čitača, čitač neće dozvoliti pristup.

Kada se prekidač zatvori, čitač prelazi u režim upisa nove lozinke u karticu. Upis je, ipak, ograničen samo na kartice sa odgovarajućim nazivom firme.

U režim promjene vlastite lozinke, čitač ulazi kada se prekidač zatvori i taster pritisne. Da bi se lozinka inkrementirala taster mora biti pritisnut neprekidno bar 6 sekundi.

Ukoliko se u čitač ne ugrade prekidač i taster on može raditi jedino u režimu kontrole pristupa. Ovakva varijanta čitača se postavlja na mjesta gdje se vrši kontrola pristupa.

Varijanta sa tasterom i prekidačem dodjeljuje se odgovornom licu. Ono, u slučaju potrebe, može takav čitač koristiti za mijenjanje lozinke čitača i kartica.

U slučaju gubljenja neke kartice ovlašćeno lice najprije promijeni lozinku na svom čitaču koji posjeduje taster i prekidač. Zatim na svoju karticu upiše novu, uvećanu lozinku. Sa svojom karticom prođe pored svih čitača u sistemu i aktivira svaki čitač. Svaki čitač će pročitati veću lozinku i podesiti kod sebe, takođe, novu veću lozinku.

Poželjno je da ovlašćeno lice izda i obavještenje da korisnici moraju dostaviti svoju karticu radi izmjene lozinke. Međutim, i bez obavještenje svi ostali korisnici će se javiti ovlašćenom licu kada uvide da više ne mogu da ostvare pravo pristupa zbog nove lozinke.

Sistemom koji funkcioniše na opisani način može se ostvariti kontrola pristupa bez povezivanja čitača na centralni računar. I pored nepostojanja nadzora od strane centralnog računara, sistem pruža ovlašćenom licu mogućnost da korisnicima ukine ili dodijeli pravo pristupa.

### 2.10.3 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju opisao sam realizovani RF identifikacioni sistem kojim se ostvaruje kontrola pristupa bez povezivanja, dijelova sistema sa centralnim računarom (off-line).

Sistem se sastoji od kartica MF1ICS50 i varijante već opisanog RF čitača kartica (Poglavlje 2.7). U sistemu može postojati više RF čitača.

Pokazano je da, i pored nepostojanja veze sa centralnim računarom, sistem daje operateru mogućnost dodjele i ukidanja prava korisnicima.

## 2.11 RF SISTEM ZA EVIDENCIJU RADNOG VREMENA

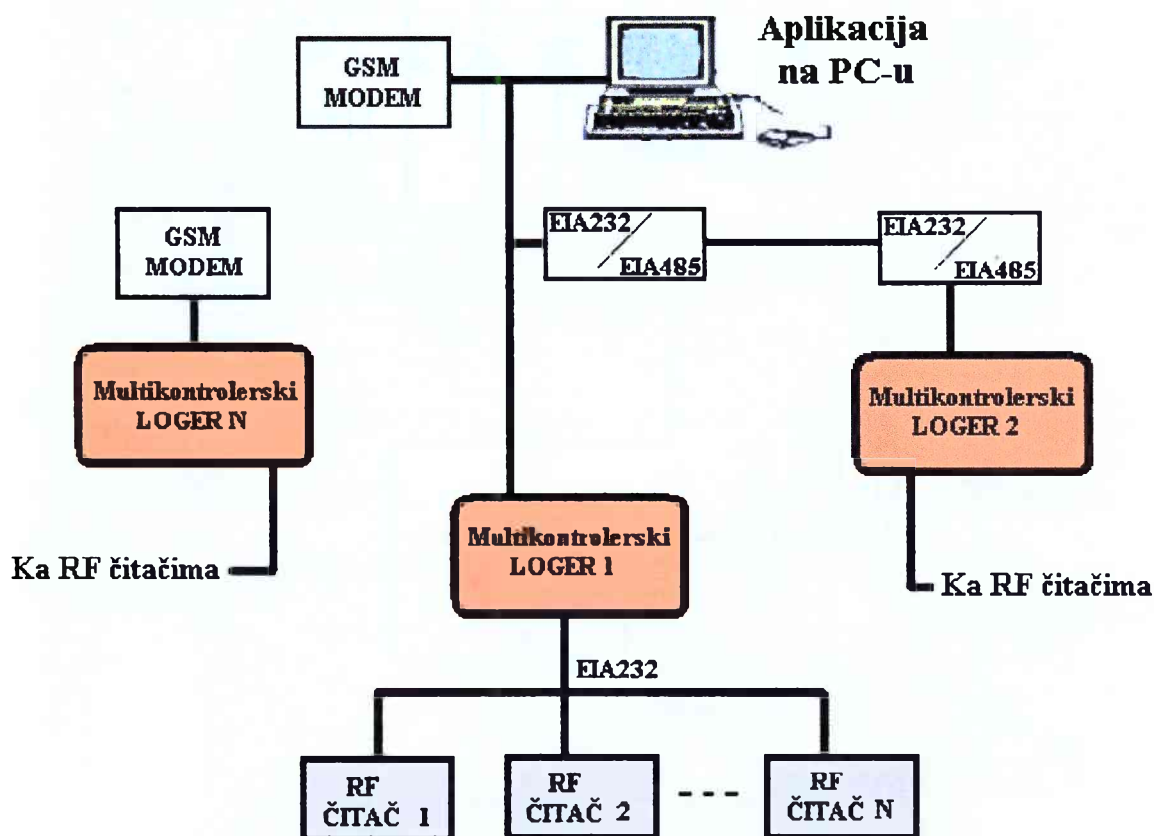
U ovom poglavlju prikazan je realizovani RF sistem za evidenciju radnog vremena. Osnovni sastavni djelovi sistema su:

- Čitač RF karica (poglavlje 2.7),
- MF1ICS50 kartice (poglavlje 2.7),
- Multiprocesorski logger (poglavlje 2.9) i
- Aplikativni softver na PC- u.

(U saradnji sa firmom EMI iz Podgorice organizovana je proizvodnja ovog sistema i on je do sada montiran u dvadesetak radnih organizacija u Crnoj Gori).

### 2.11.1 POVEZIVANJE SISTEMA

Na slici 2.11.1 data je uopštena blok šema RF sistema za evidenciju radnog vremena.



**Slika 2.11.1** Uopštena blok šema sistema za evidenciju radnog vremena.

Kao što se slike 2.11.1 vidi jedan sistem za evidenciju radnog vremena može sadržavati više multiprocesorskih logera.

Na jedan logger moguće je povezati više RF čitača. Svi RF čitači jednog logera vezuju se na istu EIA232 magistralu.

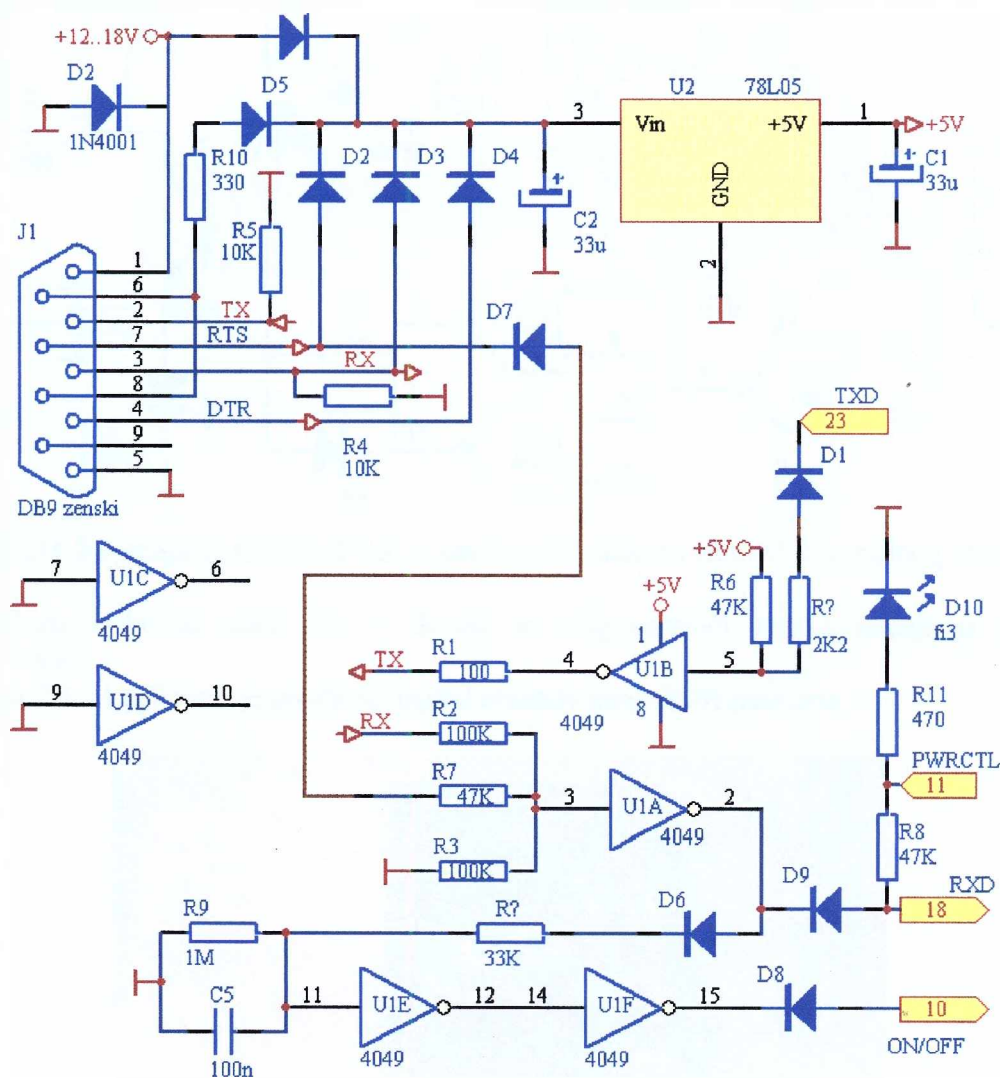
Povezivanje logera sa PC-em može se izvršiti na nekoliko načina i to:

- direktnim vezivanjem,
- pomoću EIA232/EIA485 interfejsa i
- pomoću GSM modema.

Kada su logger i personalni računar na odstojanju manjem od 100m može se izvršiti njihovo direktno povezivanje.

U slučaju kada su logger i personalni računar na odstojanju većem od 100m, ali ih je ipak moguće žičano povezati upotrebljava se EIA232/EIA485 interfejs [164]. EIA232/EIA485 interfejs vrši konverziju EIA232 signala u EIA485 signal (EIA485 signal na brzini 9600bps može se prenijeti na rastojanje do 5km). Osim konverzije signala, ovim interfejsom vrši se i galvansko odvajanje uređaja od EIA485 linije.

U slučaju kada su logger i personalni računar veoma udaljeni ili ih iz drugih razloga nije moguće žičano povezati predviđeno je povezivanje pomoću GSM/GPRS modema. Na slici 2.11.2 data je električna šema interfejsa kojeg sam razvio u cilju omogućavanja povezivanja PC-a, odnosno multiprocesorskog logera na GSM/GPRS modem.

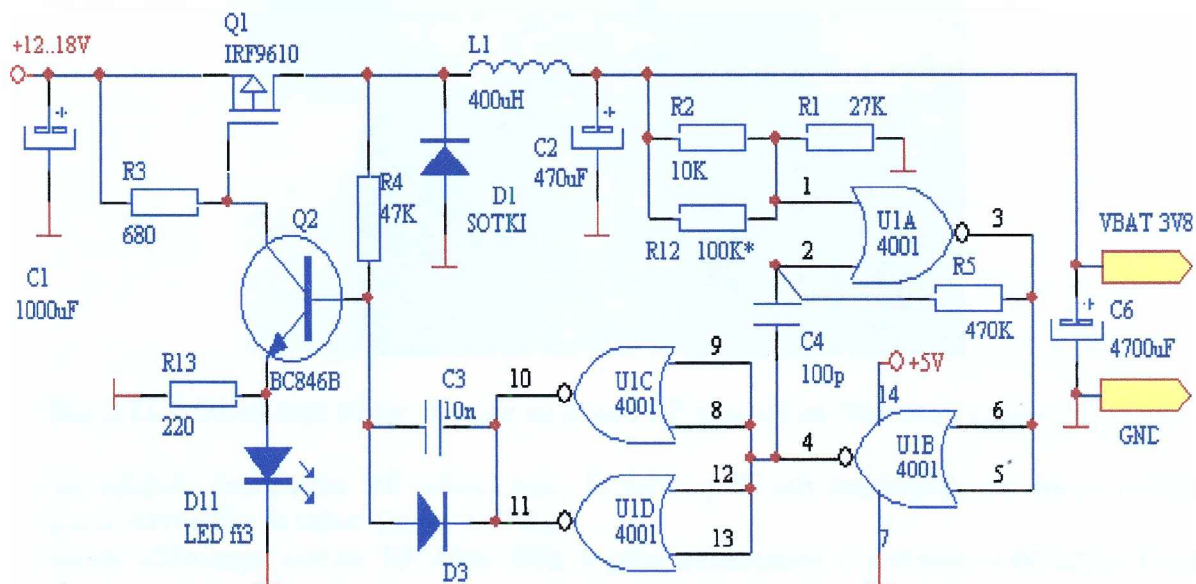


**Slika 2.11.2** Interfejsa za povezivanje PC-a, odnosno multiprocesorskog logera na GSM/GPRS modem.

Priklučki TXD, RXD, ON/OFF i PWRCTL sa slike 2.11.2 su priklučki na koje se vezuje GSM/GPRS modem. Preko ON/OFF priključka omogućeno je naizmjenično uključivanje i isključivanje GSM/GPRS modema. To se radi dovođenjem visokog naponskog nivoa na RXD priključak, u trajanju dužem od 2sec.

Na isti serijski port računara, zajedno sa interfejsom sa slike 2.11.2, može se žičanom vezom priključiti proizvoljan broj logera. Tokom komunikacija sa žičano povezanim logerima na RTS izlaz serijskog porta računara treba dovesti napon  $-12V$ .  $-12V$  sa RTS izlaza, preko diode D7 i otpornika R7, obezbjeđuje nizak naponski nivo na ulazu invertora U1A. Na ovaj način podaci koje PC šalje žičano vezanim logerima ne stižu do GSM/GPRS modema i ne remete njegov rad.

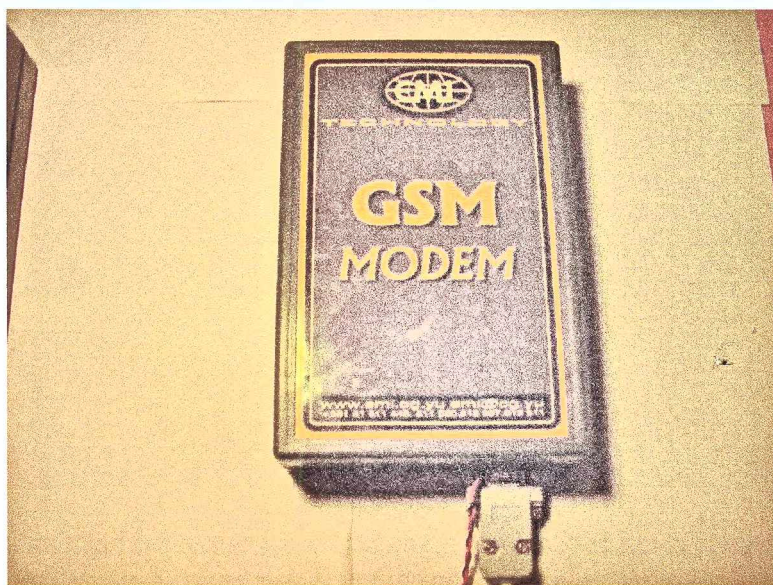
Potrošnja GSM/GPRS modema u trenutku uspostavljanja veze raste i do preko 2A, što je nametnulo potrebu za prekidačkim izvorom napajanja sa brzim odzivom na promjenu struje potrošača. Na slici 2.11.3 prikazana je električna šema takvog izvora.



**Slika 2.11.3** Napajanje GSM/GPRS modema u RF sistemu za evidenciju radnog vremena.

Na izlazu kola sa slike 2.11.3 dobija se odgovarajući napon napajanja modema (VBAT=3.8V).

Na slici 2.11.4 prikazan je spoljašnji izgled realizovanog GSM modema.



**Slika 2.11.4** Realizovani GSM modem

### 2.11.2 OPIS NAČINA RADA SISTEMA

Da bi korisnik mogao ostvariti pravo na pristup i evidenciju potrebno je da svoju identifikacionu karticu unese u polje čitača (Slika 2.11.5).



**Slika 2.11.5** Očitavanje Mifare kartice na čitaču RF sistema za evidenciju radnog vremena.

Zahvaljujući osobinama RF tehnologije, korisnik prilikom registracije ne mora izvlačiti karticu iz novčanika ili tašne. (Slika 2.11.6).

Nakon očitavanja kartice RF čitač šalje logeru informaciju o izvršenom očitavanju. Loger vrši provjeru da li očitana kartica pripada sistemu i ima li odgovarajuća prava.

Ukoliko kartica ispunjava uslove loger vraća čitaču odgovarajuću poruku. Osim toga, u EEPROM-u logera se upisuju podaci o izvršenoj registraciji. Čitač signalizira korisniku da se uspješno registrovao i otvara bravu, podiže rampu ili samo prosto signalizira slobodan ulaz.



**Slika 2.11.6** Očitavanja Mifare kartice na RF sistemu za evidenciju radnog vremena. Kartica se nalazi unutar novčanika.

### 2.11.3 KOMINIKACIJA IZMEĐU LOGERA I RF ČITAČA

Logger sa RF čitačima komunicira posredstvom registracionog kontrolera.

Komunikacija registracionog kontrolera i čitača obavlja se paketski. Oblik paketa prikazan je na slici 2.11.7. Struktura paketa je ista bilo da ga šalje logger ili RF čitač.

SINHRO 1 oktet	adrREAD 1 oktet	Podaci 8 okteta	CRC8 1 oktet
-------------------	--------------------	--------------------	-----------------

**Slika 2.11.7** Struktura paketa podataka u komunikaciji između registracionog kontrolera logera i RF čitača

Prvi oktet u paketu je sinhronitacioni oktet.

Drugi oktet sadrži adresu čitača.

Podaci paketa počinju od trećeg okteta i ima ih 8. Sadržaj okteta podataka zavisi od razloga zbog kojeg se paket šalje. U slučaju čitanja kartice čitač šalje paket sa serijskim (identifikacionim) brojem kartice.

Na kraju paketa nalazi se CRC8 oktet, kojim se provjerava ispravnost primljenog paketa<sup>5</sup>.

### 2.11.4 EEPROM LOGERA U RF SISTEMU ZA EVIDENCIJU RADNOG VREMENA

U RF sistemu za evidenciju radnog vremena EEPROM logera je podijeljen u sljedeće cjeline: direktorija, fajl korisnika, fajl prava i fajl događaja (Slika 2.11.8).

DIREKTORIJA
Fajl korisnika
Fajl prava
Fajl događaja

**Slika 2.11.8** EEPROM logera u RF sistemu za evidenciju radnog vremena

Odjel DIREKTORIJA je identičan već opisanom u poglavlju 2.9.

Memorijska mapa fajla korisnika data je na Slici 2.11.9.

Z		G		A		LJ	
	A		L		V		E
Serijski broj 4 okteta				ID lokalni 2 okteta		Tab. Pr. 1 oktet	Rezerva 1 oktet
Serijski broj 4 okteta				ID lokalni 2 okteta		Tab. Pr. 1 oktet	Rezerva 1 oktet
...							
0	0	0	0	0	0	0	0

**Slika 2.11.9** Memorijska mapa fajla korisnici.

Fajl, na svom početku ima zaglavlje od 16 okteta koji se ne koriste od strane registracionog kontrolera. Njih postavlja centar i služe za dijagnostiku. Nakon zaglavlja slijede zapisi kartica. Jedan zapis je dugačak 8 okteta. Prva četiri okteta su rezervisani za serijski broj

<sup>5</sup> Detaljan opis paketa, pojedinih komandi, može se vidjeti iz softvera čitača RF kartica, datog u prilogu 2.

kartice, 5. i 6. oktet sadrže lokalni ID broj kartice, 7. oktet kazuje kojoj tabeli prava pripada ovaj korisnik, 8. oktet je rezervisan za buduću upotrebu. Kraj fajla se označava sa jednim zapisom u kojem svaki oktet ima vrijednost 0 (onoliko nula kolika je dužina zapisa).

Zapisi u fajlu korisnika su poređani prema serijskom broju kartice, od najmanjeg prema najvećem. Ovime je logeru omogućeno binarno pretraživanje fajla.

Na slici 2.11.10 data je memorijska mapa fajla prava.

Z			G			A			LJ		
	A			L				V			E
Indeks0			Indeks1			...			IndeksN		
0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Početak prava 1 (indeks 0) 3 okteta				Kraj prava 1 (indeks 0) 3 okteta				Adresa č 1 oktet		Vrsta pr. 1 oktet	
Početak prava 2 (indeks 0) 3 okteta				Kraj prava 2 (indeks 0) 3 okteta				Adresa č 1 oktet		Vrsta pr. 1 oktet	
...											
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Početak prava 1 (indeks 1) 3 okteta				Kraj prava 1 (indeks 1) 3 okteta				Adresa č 1 oktet		Vrsta pr. 1 oktet	
Početak prava 2 (indeks 1) 3 okteta				Kraj prava 2 (indeks 1) 3 okteta				Adresa č 1 oktet		Vrsta pr. 1 oktet	
...											
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...											
Početak prava 1 (indeks N) 3 okteta				Kraj prava 1 (indeks N) 3 okteta				Adresa č 1 oktet		Vrsta pr. 1 oktet	
...											
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Slika 2.11.10** Memorijska mapa fajla prava.

Fajl prava, na svom početku, takođe ima zaglavlje od 16 okteta koje se koristi od strane centra (PC-a) i služi za dijagnostiku.

U fajlu Prava poslije zaglavlja slijede indeksi prava. Indeksi prava, u okviru fajla prava pokazuju na početak pojedine tabele prava. Tako, Indeks 0 pokazuje na prvu tabelu prava, Indeks 1 na drugu, itd. Početak N-te tabele prava izračunava se kao:

$$\text{AdresaPočetkaFajla} = ((\text{adrHIGH}) * 256 + \text{adrLOW}) * 16;$$

$$\text{AdrTN} = \text{AdresaPočetkaFajla} + \text{IndeksN}$$

Prva dva okteta sa vrijednošću 0 predstavljaju kraj indeksa prava. Okteti nakon drugog nula okteta pa do prvog okteta sa adresom djeljivom sa 8 se preskaču i njihove vrijednosti nijesu bitne.

Jedan zapis u tabeli prava je dužine 8 okteta. Prva tri okteta su rezervisani za Datum/Vrijeme početka prava, 4., 5. i 6. oktet sadrže Datum/Vrijeme kraja prava, 7. oktet sadrži adresu čitača, 8. oktet označava vrstu prava. Kraj, pojedine tabele označava se sa jednim zapisom u kojem svaki oktet ima vrijednost 0 (onoliko nula kolika je dužina zapisa). Kraj fajla prava označava se sa jednim klasterom u kojem svaki oktet ima vrijednost 0 (onoliko nula kolika je dužina klastera(16)).

Memorijska mapa fajla Događaja data je na slici 2.11.11.

Z	G		A		LJ		
	A		L		V		E
Adresa 1 oktet	Datum/Vrijeme 3 okteta			ID lokalni 2 okteta		Što i koliko 2 okteta	
Adresa 1 oktet	Datum/Vrijeme 3 okteta			ID lokalni 2 okteta		Što i koliko 2 okteta	
...							
0	0	0	0	0	0	0	0

### 2.11.11 Memoriska mapa fajla događaji

I ovaj fajl na svom početku ima zaglavlje od 16 okteta sa istom namjenom kao i zaglavlje kod prethodnih fajlova. Jedan zapis u fajlu je dužine 8 okteta. Prvi oktet rezervisan je za adresu čitača na kojem se desio događaj, 2., 3. i 4. oktet sadrže datum i vrijeme kada se događaj desio, 5. i 6. oktet sadrže lokalni ID broj kartice, 7. i 8. oktet odnose se na vrstu događaja i količinu događaja. Kraj fajla se označava sa jednim zapisom u kojem svaki oktet ima vrijednost 0 (onoliko nula kolika je dužina zapisa).

Fajlovi korisnika i prava su dio EEPROMA kojeg registracioni kontroler pretražuje prilikom provjeravanja prava očitane kartice. Fajl događaja je dio EEPROM-a u kojem registracioni kontroler upisuje zapise o izvršenim očitanjima prepoznatih kartica.

Odjel direktorija, fajl korisnici i fajl prava kreirani su od strane aplikativnog programa na PC-u, posredstvom komunikacionog kontrolera.

### 2.11.5 KOMUNIKACIJA IZMEĐU PC-a i LOGGER-a

Logger ostvaruje vezu sa PC-em posredstvom komunikacionog kontrolera. PC-a i komunikacioni kontroler podatke razmjenjuje paketski. Na slici 2.11.12 prikazana je struktura paketa.

Sinhro 1 oktet	Adresa 1 oktet	Komanda/ Odgovor 1 oktet	PA/8 2 okteta	VP 2 okteta	Podaci VP okteta	CRC16 2 okteta
-------------------	-------------------	--------------------------------	------------------	----------------	---------------------	-------------------

**Slika 2.11.12** Struktura paketa podataka u komunikaciji između komunikacionog kontrolera logera i RF čitača.

Kao što se sa slike vidi paket osim samih podataka sadrži i zaglavlje. Kraj paketa se definiše pauzom u slanju. Na osnovu podataka u zaglavlju komunikacioni kontroler i aplikativni program PC-a saznaju što se pristiglim paketom podataka od njih zahtijeva. Značenje podataka zaglavlja je sljedeće:

**Sinhro** - označava početak paketa.

**Adresa** – adresa uređaja kojemu je paket upućen (logera ili PC-a).

**Komanda/Odgovor** – Objašnjava značenje paketa podataka. U slučaju kada paket šalje PC ovaj oktet sadrži komandu. U slučaju kada paket šalje logger oktet sadrži odgovor.

**PA/8**– U pojedinim paketima označava početnu adresu u EEPROM-u. Prvo ide niži pa viši oktet.

**VP**– U pojedinim paketima označava broj okteta podataka u paketu. Prvo ide niži pa viši oktet..

**Podaci** – Podaci paketa.

**CRC16** - na kraju svakog paketa nalaze se dva kontrolna okteta.

Razmjena podataka započinje na zahtjev PC-a. PC od komunikacionog kontrolera, najčešće zahtijeva upisivanje bloka podataka na odgovarajuće lokacije EEPROM-a, čitanje bloka podataka iz EEPROM-a i prihvatanje novog datuma i vremena. Detaljan opis ovih i drugih komandi može se vidjeti iz softvera Multiprocesorskog logera u RF sistemu za evidenciju radnog vremena i aplikativnog softvera na PC-u (Prilog 2).

### 2.11.6 APLIKATIVNI SOFTVER NA PC-u

Softverska podrška na PC-ju, kao sastavni dio RF sistema za evidenciju radnog vremena ima ulogu da :

1. pošalje multiprocesorskim loggerima identifikacione kodove kartica radnika koje pojedini logeri treba da prepoznaju i čije prisustvo treba da registruju;
2. pošalje multiprocesorskim loggerima i RF čitačima konfiguracione podatke koji im određuju način rada;
3. preuzima prikupljene podatke iz terminala, formatira ih i upisuje u bazu podataka;
4. daje različite korisne izvještaje kao što su:
  - izvještaj o prisutnosti radnika,
  - izvještaj o zakašnjenju radnika,
  - izvještaje o dnevnim registracijama,
  - izvještaje o dolascima i odlascima radnika;
  - zbirne izvještaje o provedenom vremenu na poslu pojedinog ili grupe radnika,
  - izvještaje o odsustvima radnika,
  - izvještaje o izdatim obrocima u radničkoj menzi,
  - izvještaje o obilascima kruga stražara i slično.

Aplikativni softver šalje identifikacione kodove kartica loggerima prilikom puštanja sistema u rad i uvijek kada se desi neka promjena u strukturi zaposlenih. Promjena može biti izazvana odlaskom radnika u penziju, otpuštanjem radnika, promjenom ID kartice pojedinim radnicima, prijemom novih radnika i slično. Ponovnim slanjem identifikacionih kodova računar obavještava multiprocesorske logere koje kartice (kodove) više ne treba da prepoznaju, odnosno, koje nove kartice trebaju prepoznavati.

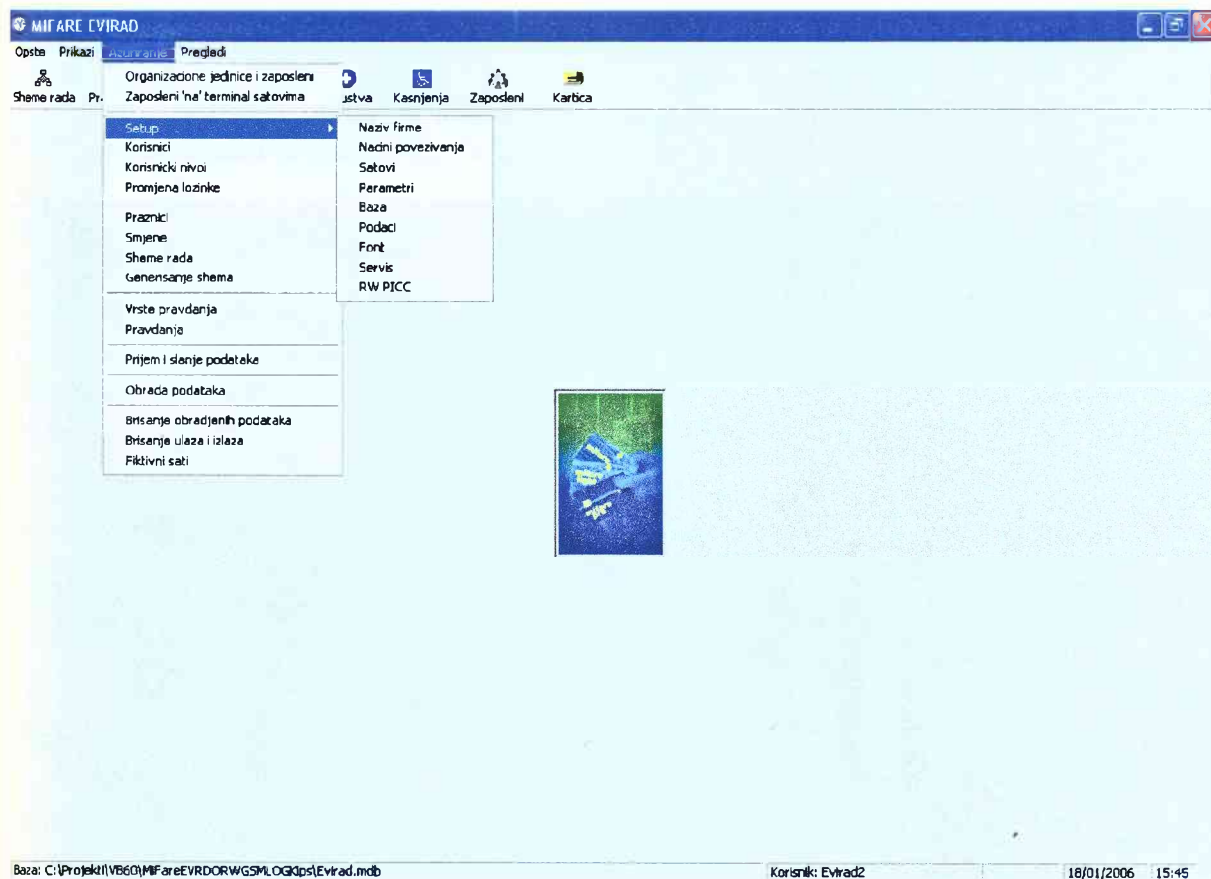
Osim identifikacionih kodova kartica, računar loggerima šalje i konfiguracione podatke. Obzirom da multiprocesorski logeri posjeduju vlastito mjerenje vremena, konfiguracionim podacima može se saopštavati novo vrijeme. Osim toga mogu obezbijediti informacije o datumima prelaska za ljetnje i zimsko računanje vremena. Na osnovu njih logeri mogu sami korigovati svoj časovnik u za to predviđeno vrijeme.

Aplikativni softver je rezultat nagomilanog iskustva, kroz dugogodišnji rad na razvoju sistema za evidenciju radnog vremena. Današnja verzija aplikativnog softvera ima odgovor na gotovo sve, racionalne, zahtjeve krajnjih korisnika. Najbolja potvrda tome je činjenica da je ista verzija aplikativnog softvera instalirana u svim firmama u kojima je sistem primijenjen.

Softver je realizovan korištenjem programskog jezika Visual Basic i Visual C++.

Na slici 2.11.13 prikazana je glavna forma aplikativnog softvera.

## 2.11 RF sistem za evidenciju radnog vremena



Slika 2.11.13. Glavna forma PC softverske podrške RF sistema za evidenciju radnog vremena

### 2.11.7 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju opisan je RF sistem za evidenciju radnog vremena. Pokazano je da je sistem realizovan primjenom RF čitača Mifare kartica (poglavlje 2.7) i Multiprocesorskog logera (poglavlje 2.9). Sastavni dio sistema je i razvijeni aplikativni softver na PC-u. Opisani su načini povezivanja Multiprocesorskog logera sa PC-em. Dat je uopšteni prikaz komunikacije između logera i RF čitača kao i između logera i PC-a. Značajan dio poglavlja podvećen je opisu EEPROM-a logera. Na kraju je dat kratak pregled mogućnosti aplikativnog softvera na PC-u.

Detaljniji informacije o karakteristikama sistema mogu se dobiti iz priloženih softvera, priloga, kao i iz dokumentacije sistema.

## 2.12 SISTEM ZA AUTOMATIZACIJU RADA BENZINSKE PUMPE

U ovom poglavlju opisan je sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe realizovan 2005. godine u MUP-u RCG (Slika 2.12.1).

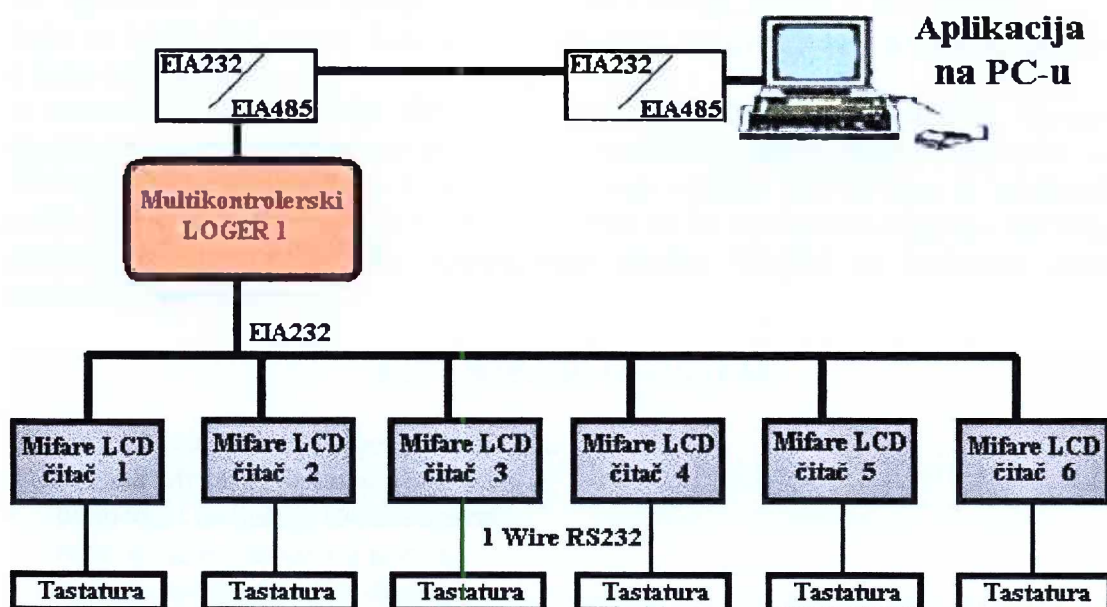


**Slika 2.12.1** Benzinska pumpa MUP-a RCG opremljena RF sistemom za kontrolu točenja

Primjenom ovog sistema, bonovi kao sredstvo za evidentiranje i kontrolu potrošnje goriva zamijenjeni su RF Mifare identifikacionim karticama. Svaki korisnik sistema posjeduje ID karticu pomoću koje ostvaruje pravo na točenje goriva. Umjesto bonova za 10, 20, 30, 50 ili 100 litara, karticama se mjesečno odobrava propisana količina goriva. Korisnik u toku mjeseca može utočiti samo onoliko goriva koliko je dodijeljeno njegovoj ID kartici. Svako točenje goriva se evidentira.

Na slici 2.12.2 data je blok šema sistema. Kao što se sa slike 2.12.2 uočava, osnovni sastavni djelovi sistema su:

- Mifare LCD čitači MF1ICS50 kartica,
- Tastature,
- Miltiprosorski logger (Poglavlje 2.9)
- EIA232/EIA485 interfejs i
- Aplikativni softver na PC- u.

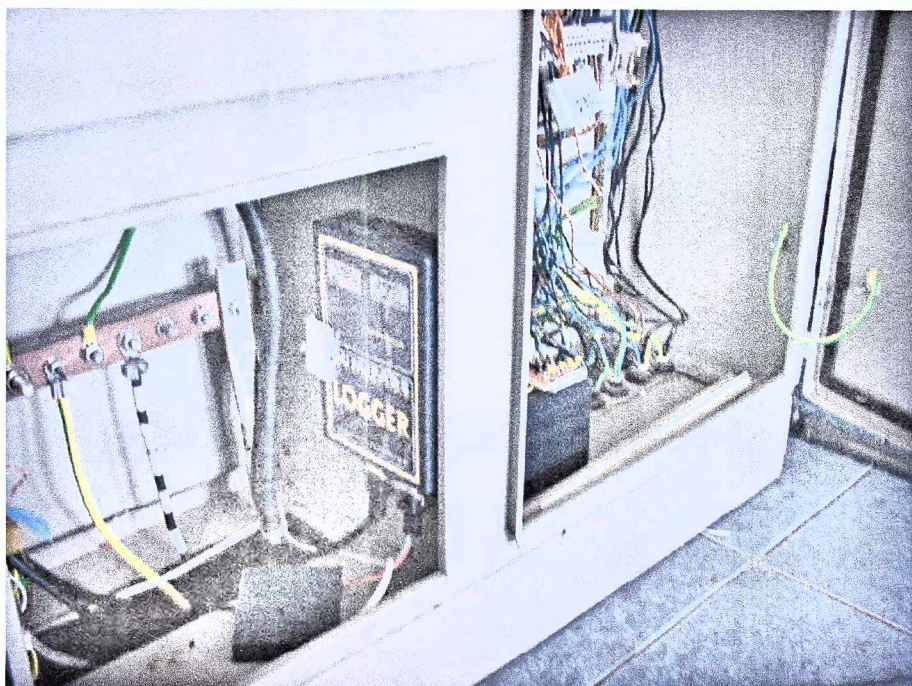


**Slika 2.12.2** Blok šema sistema za automatizaciju rada benzinske pumpe

Kao što se slike 2.12.2 vidi svi Mifare LCD čitači povezani su na isti Multiprocesorski logger putem EIA232 magistrale.

PC je od logera udaljen više od 100m (oko 1000m) i međusobno su povezani pomoću EIA232/EIA485 interfejsa [166].

Centralni dio sistema je Multiprocesorski logger (Slika 2.12.3) (Poglavlje 2.9) [129]. Multiprocesorski logger upravlja radom Mifare LCD čitača i obezbeđuje funkcionalnost sistemu i kada aplikacija na PC-u nije aktivna.



**Slika 2.12.3** Multiprocesorski logger u Sistemu za automatizaciju rada benzinske pumpe

PC aplikativni program definiše način funkcionisanja logera i obezbeđuje neophodne podatke za EEPROM logera. Takođe, PC aplikativni program povremeno preuzima podatke koje loger sakupi [129].

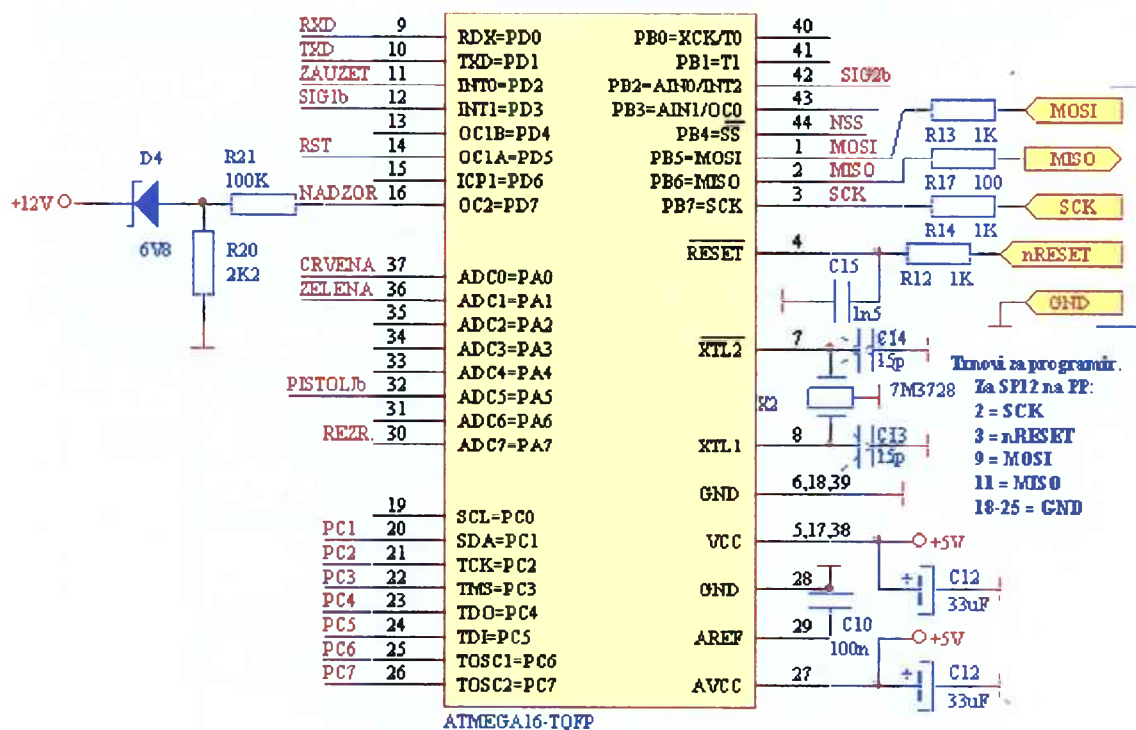
U nastavku ovog poglavlja dat je opis Mifare LCD čitača i tastature. Opisana je i komunikacija između komponenti sistema. Značajan dio poglavlja posvećen je opisu sadržaja EEPROM-a multiprocesorskog logera. Poznavanje sadržaja EEPROM-a je neophodno za razumijevanje funkcionisanja sistema. Dat je i osvrt na PC aplikativni program. Na kraju je, u najznačajnijim crtama, dat opis funkcionisanja sistema. Pregled je ilustrovan slikama iz svakodnevnog upotrebe.

### 2.12.1 MIFARE LCD ČITAČ

Mifare LCD čitač obavlja sljedeće funkcije:

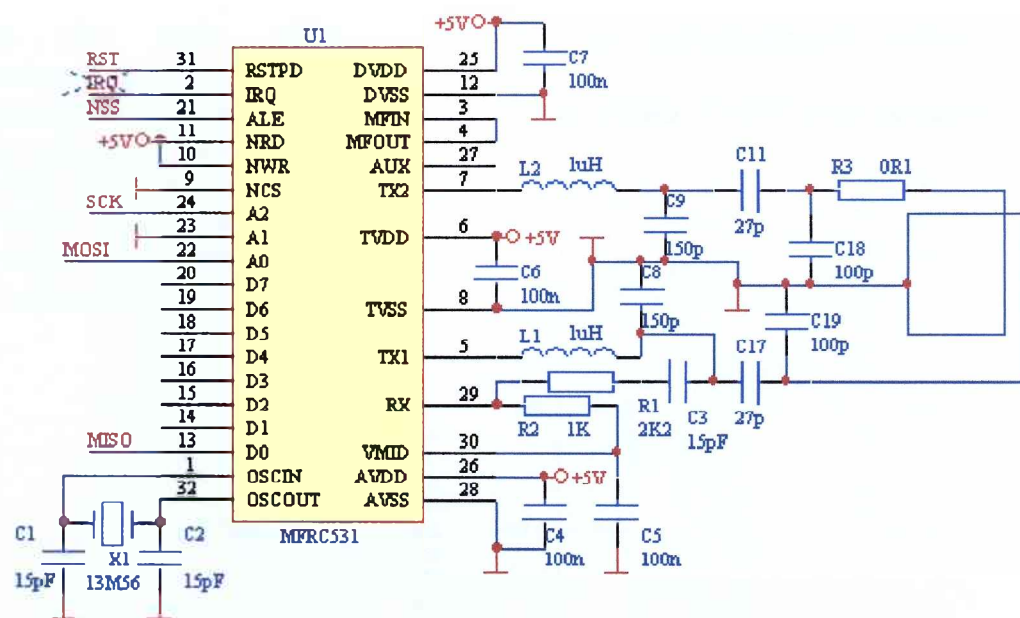
- očitava MF1ICS50 kartice,
- uključuje i isključuje točioni aparat,
- mjeri količinu istočenog goriva,
- ispisuje poruke na LCD displej i
- komunicira sa multiprocesorskim logerom.

Centralni dio Mifare LCD čitača je mikrokontroler ATmega16 (slika 2.12.4).



Slika 2.12.4 ATmega16 mikrokontroler Mifare LCD čitača sa pripadajućim priključcima.

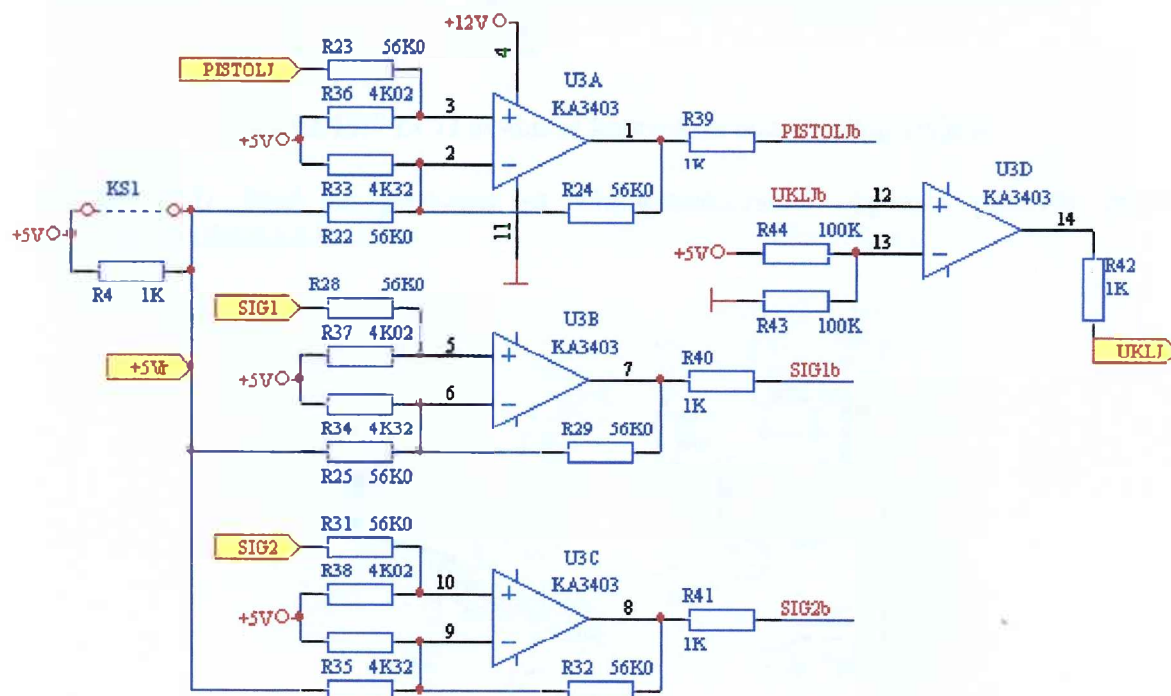
Na slici 2.12.5 prikazan je RF primopredajnik za čitanje Mifare kartica



Slika 2.12.5 RF primopredajnik sa antenskim kolom za čitanje podataka sa Mifare kartica.

Očitavanje kartica odvija se na isti način kao što je opisano kod RF čitača iz poglavlja 2.7.

Na slici 2.12.6 prikazan je ulazni interfejs za obradu signala sa točionog aparata.



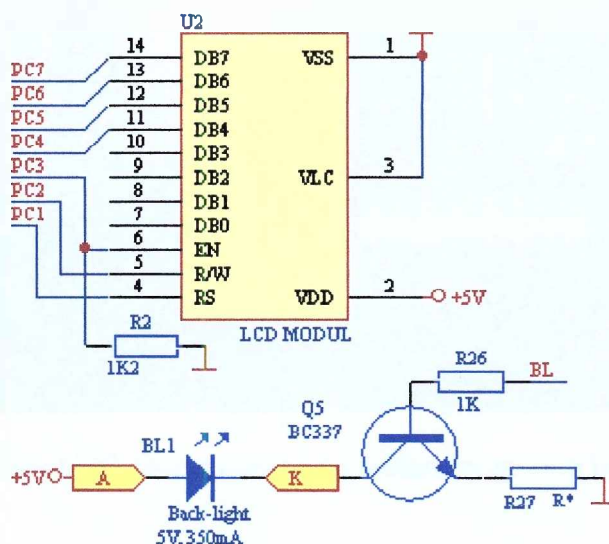
Slika 2.12.6 Interfejs sa diferencijalnim ulazima za prihvatanje signala točenja.

Signali PISTOLJ, SIG1 i SIG2 povezani su na ulazne portove PISTOLJb, SIG1b i SIG2b mikrokontrolera. Signal PISTOLJ daje stanje ruke (pištolja) za točenje - da li je položena ili podignuta. Signali SIG1 i SIG2 su impulsi od inkrementalnog davača protoka goriva. Na slici je prikazan i izlazni stepen za pojačanje signala UKLJb sa TTL nivoa na signal UKLJ sa

nivoom 12V. Preko ovog izlaznog stepena mikrokontroler uključuje/isključuje elektromotornu pumpu za točenje.

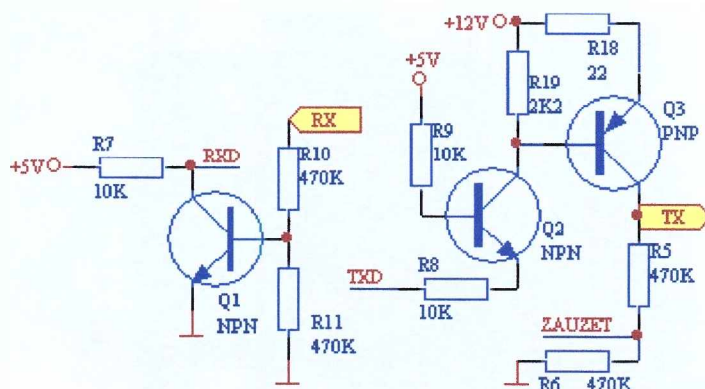
U Mifare LCD čitač je ugrađen LCD displej (Slika 2.12.7) koji prikazuje korisniku različite informacije kao što su:

- ima li korisnik pravo točenja,
- koliko litara goriva mu je preostalo,
- koliko litara je trenutno utočio,
- i slično.



**Slika 2.12.7** LCD modul sa kontrolom pozadinskog svijetla

Mifare LCD čitač se povezuje sa Multiprocesorskim logerom pomoću interfejsa prikazanog na slici 2.12.8.



**Slika 2.12.8** Interfejs za povezivanje Mifare LCD čitača sa multiprocesorskim logerom

Interfejs prevodi RXD i TXD signale mikrokontrolera u signale slično EIA232 standardu. TX priključak je realizovan kao "open collector" čime je omogućeno da se na istu liniju može priključiti više Mifare LCD čitača. Signal ZAUZET daje informaciju o trenutnoj zauzetosti TX linije.

Kompletna električna šema Mifare LCD čitača data je u priligu 1.

Detaljnije informacije o pojedinim funkcijama čitača mogu se dobiti iz softvera Mifare LCD čitala datog u prilogu 2.

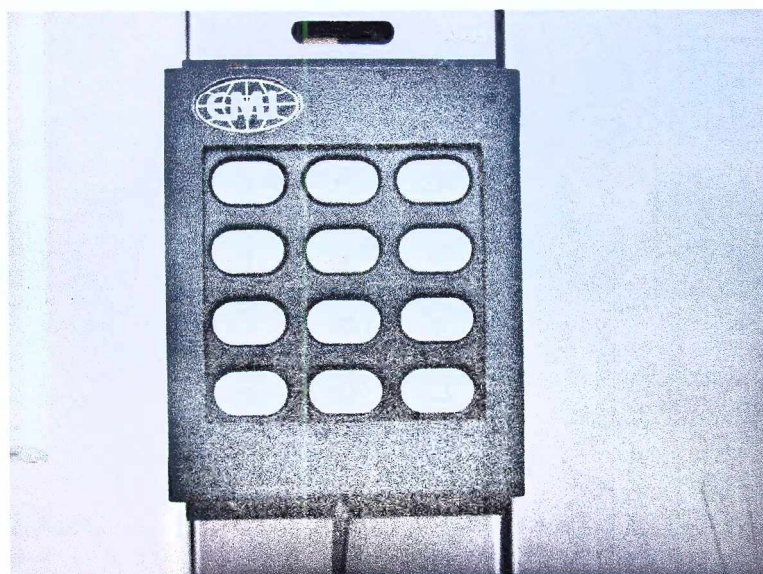


**Slika 2.12.9** Mifare LCD čitač montiran na točionom aparatu benzinske pumpe.

### 2.12.2 TASTATURA

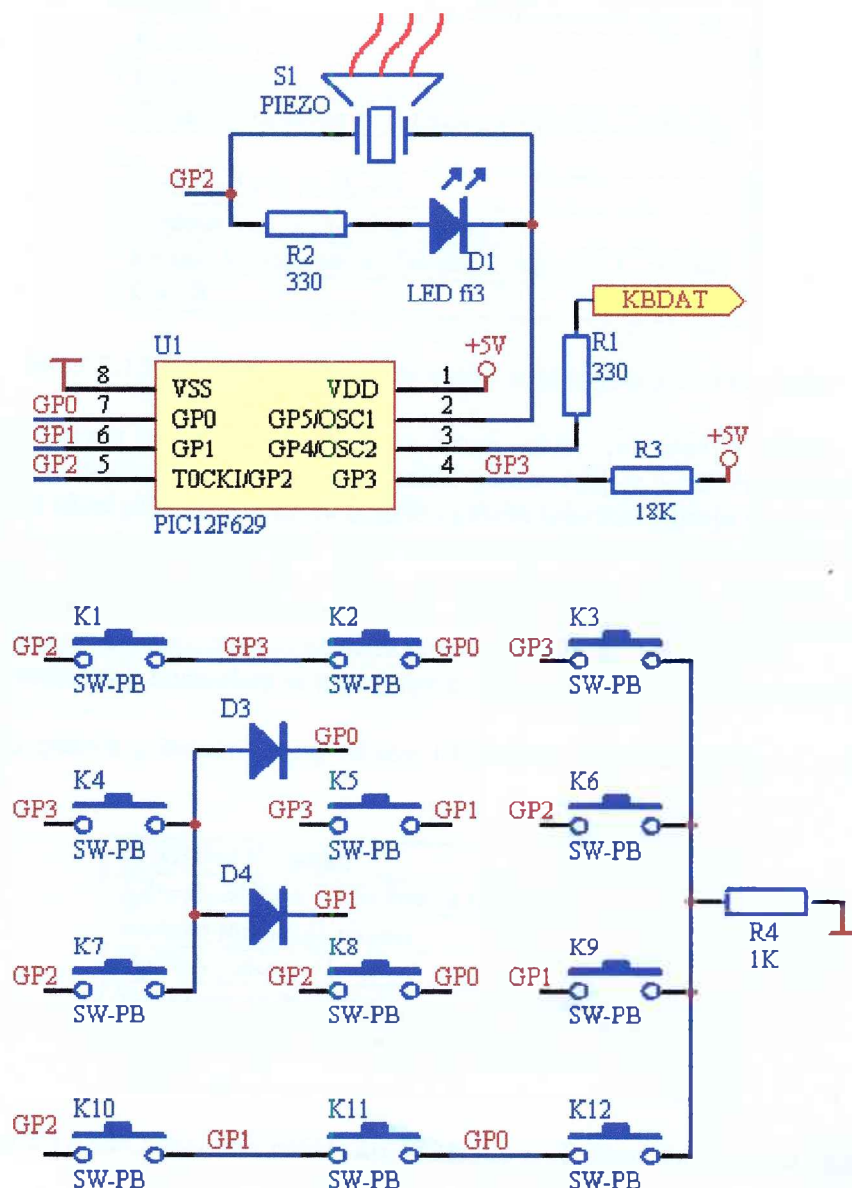
Na svaki Mifare LCD čitač povezana je po jedna mehanička tastatura. Tastatura služi za unos podatka o pređenoj kilometraži za automobil u koji će se utočiti gorivo.

Na slici 2.12.10 prikazana je tastatura montirana na točionom aparatu.



**Slika 2.12.10** Izgled tastature za unos kilometraže.

Na slici 2.12.11 prikazana je električna šema tastature. Kao što se sa slike 2.12.11 vidi tastatura je realizovana upotrebom mikrokontrolera PIC12F629. Portovi GP0, GP1 GP2 i GP3 iskorišteni su za dobijanje informacije o pritisnutom tasteru. Port GP5 služi da generisanje zvučnog signala. kojim se potvrđuje da je tastera pritisnut. Pomoću porta GP4 tastatura razmjenjuje podatke sa Mifare LCD čitačem. Komunikacija tastature i čitača obavlja se prema 1 Wire EIA232 komunikacionom protokolu (Poglavlje 2.8).



**Slika 2.12.11** Električna šema tastature.

### 2.12.3 KOMUNIKACIJA IZMEĐU MIFARE LCD ČITAČA I MULTIPROCESORSKOG LOGERA

Multiprocesorski logger sa Mifare LCD čitačima komunicira posredstvom registracionog kontrolera. Komunikacija se obavlja paketski.

Opšti oblik paketa od strane registracionog kontrolera prikazan je na slici 2.12.12.

SINHRO (1 oktet)
Adresa logera (1 oktet)
Adresa Mifare LCD čitača (1 oktet)
Dužina paketa (1 oktet)
Komanda 1 (1 oktet)
Dužina komande 1 (1 oktet)
Podaci komande 1 (dužina komande 1 okteta)
Komanda 2 (1 oktet)
Dužina komande 2 (1 oktet)
Podaci komande 2 (dužina komande 1 okteta)
...
Komanda N (1 oktet)
Dužina komande N (1 oktet)
Podaci komande N (dužina komande 1 okteta)
CRC8

Slika 2.12.12 Opšti oblik paketa kojeg šalje registracioni kontroler

Prvi oktet u paketu je sinhronizacioni oktet. Drugi oktet predstavlja adresu logera, t.j. adresu izvora podataka. Treći oktet oktet sadrži adresu Mifare LCD čitača kojem je paket upućen. Četvrti oktet pruža informaciju o dužini paketa (ukupnom broju okteta u paketu). Peti oktet je prva komanda u paketu. Šeti oktet označava dužinu komande. Nakon šestog okteta slijedi onoliko podataka komande koliko je specificirano šestim oktetom. Paket može sadržavati više komandi. Struktura svake svake sljedeće komande je identična strukturi prve<sup>6</sup>.

Na kraju paketa registracionog kontrolera nalazi se kontrolni CRC8 oktet.

Paket registracionog kontrolera je promjenjive dužine. Pauzom u slanju signalizira se kraj paketa.

Opšti oblik paketa podataka, kojeg Mifare LCD čitač šalje nazad logeru, prikazan je na slici 2.12.13.

SINHRO (1 oktet)
Adresa Mifare LCD čitača (1 oktet)
Adresa logera (1 oktet)
Dužina paketa (1 oktet)
Značenje podataka paketa (1 oktet)
Podaci paketa (zavisi od značenja)
CRC8

Slika 2.12.13 Opšti oblik paketa kojeg Mifare LCD čitač šalje prema logeru

Prvi oktet u paketu je sinhronizacioni oktet. Drugi oktet predstavlja adresu Mifare LCD čitača (izvor podataka).. Treći oktet oktet sadrži adresu logera (kome su podaci namjenjeni). Četvrti oktet pruža informaciju o dužini paketa (ukupnom broju okteta u paketu). Peti oktet otkriva značenje paketa. Zatim slijede podaci paketa. Na kraju paketa podataka nalazi se

<sup>6</sup> Detaljan opis pojedinih komandi može se vidjeti iz softvera Multiprocesorskog logera u primjeni za automatizaciju rada benzinske pumpe, datog u prilogu 2.

kontrolni CRC8 oktet. Dužina paketa Mifare LCD čitača je promjenjiva i zavisi od značenja paketa. Pauzom u slanju signalizira se kraj paketa <sup>7</sup>.

#### 2.12.4 EEPROM MULTIPROCESORSKOG LOGERA

U Sistemu za automatizaciju rada benzinske pumpe EEPROM logera je podijeljen u sljedeće cjeline: direktorija, konfiguracioni fajl, fajl prava korisnika i fajl transakcija (Slika 2.12.14).



**Slika 2.12.14** Redoslijed podataka u EEPROM-u logera u sistemu za automatizaciju rada benzinske pumpe

Odjel DIREKTORIJA je identičan već opisanom u poglavlju 9. Memorijska mapa konfiguracionog fajla data je na slici 2.12.15.

Z	G		A		LJ		
	A		L		V		E
PP sec	DPT sec	PT sec	TT min	DR	TUK min	KK	BR
TOVl	TOVh	X	X	X	X	X	X
VG 0	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
VG	N	A	Z	I	V		
G	O	R	I	V	A		
VG	N	A	Z	I	V		
G	O	R	I	V	A		
VG	N	A	Z	I	V		
G	O	R	I	V	A		
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

**Slika 2.12.15** Memorijska mapa konfiguracionog fajla

<sup>7</sup> Detaljan opis paketa, pojedinih komandi, može se vidijeti iz softvera Mifare LCD čitača, datog u prilogu 2.

Fajl, na svom početku ima zaglavlje od 16 okteta. Zaglavlje se ne koristi od strane logera. Njih postavlja PC aplikacija i služe za dijagnostiku. U zaglavlju se može upisati naziv fajla, datum i vrijeme zadnjeg ažuriranja podataka u fajlu i slično. Okteti konfiguracionog fajla, nakon zaglavlja, su podaci koje logger koristi i koji određuju način njegovog rada. Na slici 2.12.16 dat je pregled značenja podataka konfiguracionog fajla.

Podaci konfiguracionog fajla	Značenje
PP	Vrijeme (u sekundama) koje smije proteći od očitavanja kartice do podizanja točionog pistolja
DPT	Vrijeme (u sekundama) koje smije proteći od trenutka podizanja točionog pištolja do početka točenja
PT	Vrijeme masimalne pauze u toku točenja (u sekundama)
TT	Vrijeme (u minutama) maksimalnog trajanja točenja
DR	DR=1 dozvoljeni detaljni raporti, DR=0 zabranjeni
TUK	Maksimalno vrijeme za unos kilometraže (u sekundama)
KK	KK≠0 dozvoljena kontrola kilometraže
BR	Broj primjeraka računa
TOV	Maksimalna tolerancija razlike vremena logera i PC-a.
VG 0, ..., VG 5	Šifra vrste goriva pojedinog Mifare LCD čitača.
X	Oktet nije u upotrebi. Njegova vrijednost nije važna.
VG, NAZIV GORIVA	Tri grupe od po 16 okteta. Prvi oktet sadrži šifru vrste goriva (VG), a ostalih 15 okteta je naziv goriva.
16 okteta vrijednosti 0	Kraj konfiguracionog fajla

Slika 2.12.16 Značenje podataka konfiguracionog fajla

Memorijska mapa fajla prava kartica prikazana je na slici 2.12.17.

I ovaj fajl, na svom početku ima zaglavlje od 16 okteta. Namjena zaglavlja je ista kao i u prethodnom fajlu.

Jedan zapis fajla prava kartica je dužine 32 okteta.

Prva četiri okteta su rezervisani za identifikacioni (seriski) broj kartice.

5. i 6. oktet predstavljaju lokalni ID broj kartice. ID broj određuje PC aplikativni program.

7. oktet sadrži vrstu goriva na koju kartica ima pravo.

8. i 9. oktet sadrže količinu goriva koja se sa datom karticom može istočiti. Količina goriva je izražena u decilitrima. Vrijednost ovih okteta se ažurira svaki put kada se pomoću kartice izvrši točenje. Ažuriranje podrazumijeva umanjeње količine goriva za broj istočenih decilitara.

10. oktet sadrži broj transakcije za karticu na koju se odnosi zapis. Svako novo točenje povećava broj transakcije za 1. Ovaj broj se kreće u krug u opsegu od 1 do 255.

Okteti od 11 do 14 sadrže podatak o broju predjenih kilometara vozila na koje se kartica odnosi.

Okteti od 15 do 28 sadrže registracionu oznaku vozila.

Okteti od 29 do 32 sadrže datum i vrijeme zadnjeg ažuriranja količine goriva kartice.

Kraj fajla prava kartica označen je jednim zapisom u kojem svaki oktet ima vrijednost 0 (onoliko nula kolika je dužina zapisa).

Zapisi u fajlu prava kartica su poredani prema serijskom broju kartice, od najmanjeg prema najvećem. Ovime je loggeru omogućeno binarno pretraživanje fajla.

Z	G		A		LJ		
	A		L		V		E
Serijski broj kartice				ID broj kartice		ID	Kolicina
Sn LL	Sn LH	Sn HL	Sn HH	ID Low	ID High	goriva	Low
Kolicina High	Broj transak.	KMetara LL	KMetara LH	KMetara HL	RegT	RegT	RegT
RegT	RegT	RegT	RegT	RegT	RegT	RegT	RegT
RegT	RegT	RegT	RegT	DT LL	DT LH	DT HL	DT HH
***							
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 2.12.17 Memorijska mapa fajla prava kartica

Na slici 2.12.18 prikazana je memorijska mapa fajla transakcija.

U fajlu transakcija zapisuju se podaci o izvršenim točenjima goriva. Jedan zapis opisuje jedno točenje. Zapis se još naziva i transakcija. Dužine je 16 okteta. Struktura zapisa je sljedeća:

- 1. i 2. oktet su niži i viši oktet ID broja kartice, respektivno.
- 3. oktet predstavlja redni broj transakcije kartice (RBT). Za svaku novu transakciju ovaj broj se uvećava za jedan. RBT mijenja vrijednost u krug u opsegu od 1 do 255. Prethodno stanje RBT se pronalazi u zapisu kartice u fajlu prava kartica (Broj transakcije).
- 4., 5., 6., i 7. oktet su okteti koji sadrže datum i vrijeme transakcije (DT okteti),.
- 8. oktet predstavlja adresu točionog aparata na kome je izvršeno točenje (AD TA oktet).
- 9. i 10. su niži i viši oktet ulivene količine goriva (UG – Uliveno gorivo). Ulivena količina goriva je izražena u decilitrima.
- 11. i 12 su niži i viši oktet preostale količine goriva. To je količina goriva na koju je kartica ima pravo poslije izvršenog točenja (PG - Preostalo gorivo). Preostala količina goriva je, takođe, izražena u decilitrima.
- Okteti od 13, 14 i 15. sadrže broj pređenih kilometara auta u koji se gorivo toči.
- 16. oktet je kontrolni CRC8 oktet. Služi da se provjeri integritet podataka unutar zapisa.

Osim zapisa kojima se bilježe podaci o točenju goriva, u fajl transakcija upisuju se i specijalni zapisi. Specijalnim zapisima bilježe se podaci o interesantnim događajima u radu sistema. Takvi događaji su:

- točenje goriva bez korištenja kartice,
- prekoračenje nekog od vremenskih limita definisanih u konfiguracionom fajlu,
- reset Mifare LCD čitača,
- reset Multiprocesorskog logera,
- i slično.

Da je riječ o specijalnoj transakciji označava se time što RBT sadrži vrijednost nula. Ova vrijednost RBT oktetu se ne dodjeljuje u zapisima o točenjima pomoću kartice. Značenje

specijalnog zapisa definiše se vrijednostima njegovog prvog i drugog okteta. Moguća značenja specijalnog zapisa prikazane se na slici 2.12.19<sup>8</sup>.

Z	A	G	L	A	V	LJ	E
ID K L	ID K H	RBT	DT LL	DT LH	DT HL	DT HH	AD TA
UG L	UG H	PG L	PG H	KMetara LL	KMetara LH	KMetara LL	CRC8
...							
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 2.12.18 Memorijska mapa fajla transakcija

Broj sadržan u prva 2 okteta	Značenje
0	Točenje bez kartice
1	Prekoračenje max. broja akcija koje čekaju na izvršenja
2	Podaci koje je loger primio od strane točionih aparata nemaju ispravan CRC8 kontrolni oktet
3	Izgubljen točioni balans
4	Prekoračenje limita točenja
5	Uključenje ili reset točionog aparata
6	Uključenje ili reset logera

Slika 2.12.19 Vrste specijalnih zapisa

### 2.12.5 KOMUNIKACIJA IZMEĐU MULTIPROCESORSKOG LOGERA I PC-a

Loger ostvaruje vezu sa PC-em posredstvom komunikacionog kontrolera. Komunikacija PC-a i logera može se podijeliti na:

- Glavnu komunikaciju i
- Prenos raporta

Pod glavnom komunikacijom se podrazumijeva komunikacija kojom PC upravlja načinom rada logera, upisuje i preuzima podatke iz EEPROM-a logera. U ovoj komunikaciji prenos podataka se obavlja paketski. Razmjena podataka uvijek započinje na zahtjev PC-a. Komunikacija se odvija tako što PC zadaje komandu komunikacionom kontroleru. Komunikacioni kontroler izvršava komandu i šalje odgovor PC-u.

Na slici 2.12.20 prikazana je struktura paketa podataka u glavnoj komunikaciji.

Sinhro 1 oktet	Adresa KK 1 oktet	Komanda/ Odgovor 1 oktet	PA/8 2 okteta	VP 2 okteta	Podaci VP okteta	CRC16 2 okteta
-------------------	-------------------------	--------------------------------	------------------	----------------	---------------------	-------------------

Slika 2.12.20 Struktura paketa podataka koje razmjenjuju komunikacioni kontroler i PC.

<sup>8</sup> Detaljan opis specijalnih zapisa može se vidjeti iz priloženog softvera Multiprocesorskog logera u RF sistemu za automatizaciju rada benzinske pumpe MUP-a RCG, datog u prilogu 2.

Struktura paketa podataka je ista u slučaju kada paket šalje PC kao i u slučaju kada paket šalje komunikacioni kontroler.

Paket podataka sadrži zaglavlje. Podaci zaglavlja su: Sinhro, Adresa logera, Značenje paketa (Komanda/Odgovor), PA/8, VP i CRC16. Značenja podataka zaglavlja data su na slici 2.12.21.

Podaci zaglavlja	Broj okteta	Značenje
<b>Sinhro</b>	1	Označava početak paketa
<b>Adresa KK</b>	1	Adresa komunikacionog kontrolera
<b>Komanda/Odgovor</b>	1	Objašnjava značenje paketa podataka. U slučaju kada paket šalje PC ovaj oktet sadrži komandu. U slučaju kada paket šalje logger oktet sadrži odgovor.
<b>PA/8</b>	2	U pojedinim paketima označava početnu adresu u EEPROM-u. Prvo ide niži pa viši oktet.
<b>VP</b>	2	U pojedinim paketima označava broj okteta podataka u paketu. Prvo ide niži pa viši oktet.
<b>CRC16</b>	2	Kontrolni okteti – služe za provjeru integriteta podataka u paketu

Slika 2.12.21 Značenje okteta zaglavlja

Osnovne komande koje PC-a zadaje su: READ, WRITE i DATE\_TIME. Struktura paketa podataka za komandu READ prikazan je na slici 2.12.22.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa KK</b> 1 oktet	<b>READ</b> 1 oktet	<b>PA/8</b> 2 okteta	<b>VP</b> 2 okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	-----------------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------	--------------------------

Slika 2.12.22 Struktura paketa podataka za READ komandu

Ovom komandom PC nalaže komunikacionom kontroleru da pročita i pošalje, počevši od PA adrese, VP okteta iz EEPROM-a. U ovom paketu podataka ne postoji polje Podaci.

Ukoliko komunikacioni kontroler uspješno odradi odgovara paketom podataka datim na slici 2.12.23.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa KK</b> 1 oktet	<b>WRITE</b> 1 oktet	<b>PA/8</b> 2 okteta	<b>VP</b> 2 okteta	<b>Podaci VP</b> okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	-----------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------

Slika 2.12.23 Odgovor komunikacionog kontrolera na READ komandu u slučaju kada je uspješno izvrši.

U polju **Podaci** nalazi se VP okteta pročitanih iz EEPROMa, počevši od PA adrese.

Ukoliko komunikacioni kontroler ne uspije pročitati podatke odgovara sa paketom prikazanim na slici 2.12.24. ERROR oktetom komunikacioni kontroler obavještava PC-aplikativni program o razlogu zbog kojeg nije uspješno odradio komandu. U ovom paketu PA/8 i VP okteti nemaju značaja i sadrže vrijednost 0.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa</b> <b>KK</b> 1 oktet	<b>ERROR</b> 1 oktet	<b>0</b> 2 okteta	<b>0</b> 2 okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	---------------------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	--------------------------

**Slika 2.12.24** Odgovor komunikacionog kontrolera na READ komandu u slučaju kada je ne izvrši uspješno.

Struktura paketa podataka za komandu WRITE prikazana je na slici 2.12.25.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa</b> <b>KK</b> 1 oktet	<b>WRITE</b> 1 oktet	<b>PA/8</b> 2 okteta	<b>VP</b> 2 okteta	<b>Podaci</b> <b>VP</b> okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	---------------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------	--------------------------------------	--------------------------

**Slika 2.12.25** Struktura peketa podataka za WRITE komandu

Ovom komandom PC nalaže komunikacionom kontroleru da upiše u EEPROM, VP okteta počevši od PA adrese.

Ukoliko komunikacioni kontroler uspješno odradi odgovara paketom podataka datim na slici 2.12.26.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa</b> <b>KK</b> 1 oktet	<b>OK</b> 1 oktet	<b>0</b> 2 okteta	<b>0</b> 2 okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	---------------------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	--------------------------

**Slika 2.21-26** Odgovor komunikacionog kontrolera na WRITE komandu u slučaju kada je uspješno izvrši.

Ukoliko komunikacioni kontroler ne uspije pročitati podatke odgovara paketom prikazanim u na slici 2.12.27.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa</b> <b>KK</b> 1 oktet	<b>ERROR</b> 1 oktet	<b>0</b> 2 okteta	<b>0</b> 2 okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	---------------------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	--------------------------

**Slika 2.12.27** Odgovor komunikacionog kontrolera na WRITE komandu u slučaju kada je ne izvrši uspješno.

ERROR oktetom komunikacioni kontroler obavještava PC-aplikativni program o razlogu zbog kojeg nije uspješno odradio komandu.

U oba paketa, kojima odgovara komunikacioni kontroler, PA/8 i VP okteti nemaju značaja i sadrže vrijednost 0.

Struktura paketa podataka za DATE\_TIME komandu data je na slici 2.12.28.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa</b> <b>KK</b> 1 oktet	<b>WRITE</b> 1 oktet	<b>0xFFFF</b> 2 okteta	<b>4</b> 2 okteta	<b>Datum i</b> <b>vrijeme</b> 4 okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	---------------------------------------	-------------------------	---------------------------	----------------------	--	--------------------------

**Slika 2.12.28** Struktura paketa podataka za DATE\_TIME komandu

Ovom komandom PC nalaže komunikacionom kontroleru da prihvati novi datum i novo vrijeme. Datum i vrijeme se šalje u obliku četiri okteta (vidi Poglavlje 2.9).

Ukoliko komunikacioni kontroler uspješno prihvati datum i vrijeme, odgovara paketom podataka datim na slici 2.12.29.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa</b> <b>KK</b> 1 oktet	<b>OK</b> 1 oktet	<b>0</b> 2 okteta	<b>0</b> 2 okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	---------------------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	--------------------------

**Slika 2.12.29** Odgovor komunikacionog kontrolera na DATE\_TIME komandu u slučaju kada je uspješno odradi

Ukoliko komunikacioni kontroler ne uspije odraditi komandu odgovara sa paketom prikazanim na slici 2.12.30.

<b>Sinhro</b> 1 oktet	<b>Adresa</b> <b>KK</b> 1 oktet	<b>ERROR</b> 1 oktet	<b>0</b> 2 okteta	<b>0</b> 2 okteta	<b>CRC16</b> 2 okteta
--------------------------	---------------------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	--------------------------

**Slika 2.12.30** Odgovor komunikacionog kontrolera na DATE\_TIME komandu u slučaju kada je ne izvrši uspješno

ERROR oktetom komunikacioni kontroler obavještava PC-aplikativni program o razlogu zbog kojeg nije uspješno odradio komandu.

U oba paketa kojima odgovara komunikacioni kontroler PA/8 i VP okteti nemaju značaja i sadrže vrijednost 0<sup>9</sup>.

Drugi vid razmjene podataka između Logera i PC je prenos raporta. Prenos raporta vrši se samo u jednom smjeru, od strane Logera prema PC-u. Komunikacioni kontroler, bez zahtjeva od strane PC-a, šalje ove podatke na liniju.

Raportni podaci služe da u slučaju kvara sistema (u prvom redu logera) pomognu da se rekonstruišu podaci koji su tom prilikom izgubljeni. Raporti se mogu svrstati u dvije grupe i to:

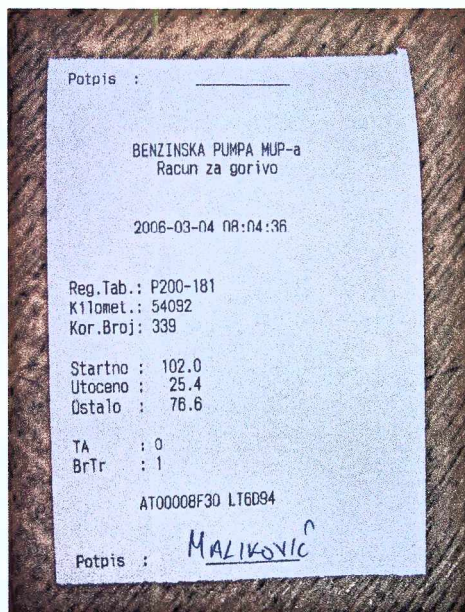
- osnovni raporti i
- detaljni raporti.

Osnovne raporte komunikacioni kontroler uvijek šalje. Ovi raporti su uglavnom sačinjeni od zapisa koje logger upisuje u Fajl transakcija EEPROM-a. To su zapisi o izvršenim točenjima i zapisi o posebno interesantnim događajima (specijalni zapisi).

Detaljni raporti su raporti kojima se izvještava o svakoj aktivnosti logera i točionih aparata. Predviđeno je da ove raporte tumači i koristi proizvođač sistema. Detaljni raporti se mogu dozvoliti ili zabraniti, izmjenom vrijednosti DR okteta u konfiguracionom fajlu (Slika 2.12.16).

<sup>9</sup> Detaljan opis svih paketa podataka koje razmjenjuju logger i PC aplikativni program u glavnoj komunikaciji, može se vidjeti iz priloženog softvera Multiprocesorskog logera i PC aplikativnog programa RF sistema za automatizaciju rada benzinske pumpe MUP-a RCG datog u prilugu 2.

Osnovni raporti, koji sadrže informacije o izvršenim točenjima, formatirani su od strane komunikacionog kontrolera logera i iskorišteni za formiranje računa točenja. Računi se štampaju na za to predviđenom štampaču. Na slici 2.12.31 prikazan je račun za točenje goriva.



**2.12.31** Račun za točenje goriva

Vrijednošću BR okteta u konfiguracionom fajlu, određuje koliko primjeraka računa se želi oštampati (Slika 2.12.16).

### 2.12.6 PC APLIKATIVNI SOFTVER

Softverska podrška na PC-ju, kao sastavni dio Sistema za automatizaciju rada benzinske pumpe ima ulogu da :

1. Kreira u EEPROM-u multiprocesorskog logera konfiguracioni fajl, fajl prava kartice i direktoriju.
2. Povremeno ažurira zapise prava kartica u fajlu prava.
3. Preuzima podatke prikupljene u fajlu transakcija EEPROM-a logera, formatira ih i upisuje u bazu podataka.
4. Daje različite korisne izvještaje kao što su:
  - izvještaj o pravima kartica,
  - izvještaje o dnevnim točenjima ili točenjima u određenom vremenskom periodu,
  - zbirne izvještaje o točenjima za odabrani vremenski period,
  - izvještaje o posebnim dešavanjima i slično.

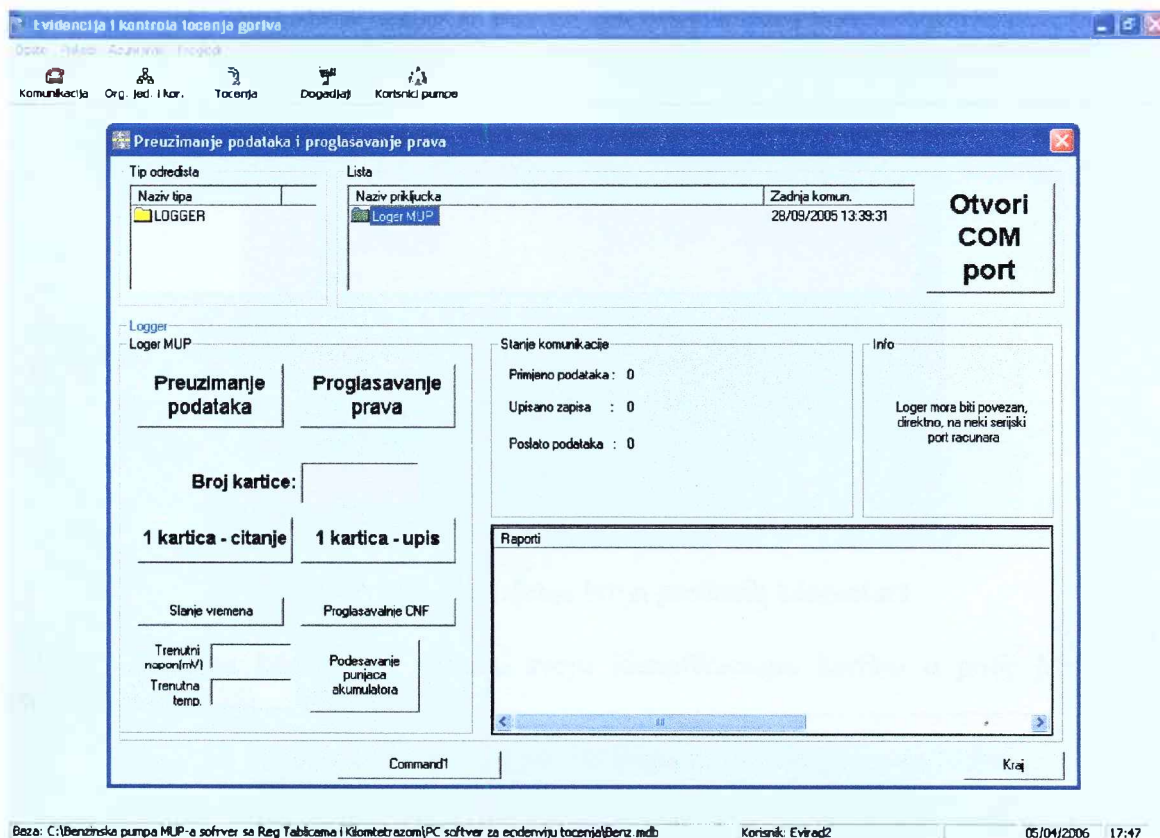
Aplikativni softver kreira konfiguracioni fajl, fajl prava korisnika i direktoriju prilikom puštanja sistema u rad i uvijek kada se desi neka promjena u strukturi zaposlenih. Promjena može biti dodjeljivanje prava novoj ID kartici, ukidanje prava postojećoj ID kartici, zamjena ID kartice i slično.

Aplikativni softver povremeno, najčešće jednom mjesečno, ažurira zapise prava kartica u fajlu prava EEPROM-a logera, u cilju dodjele nove kvote goriva. U slučaju potrebe aplikativni softver može ažurirati zapis i samo jedne kartice.

Softver je realizovan korištenjem programskog jezika Visual Basic i Visual C++.

## 2.12 Sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe

Na slici 2.12.32 prikazana je komunikaciona forma aplikativnog softvera. To je forma pomoću koje se vrši razmjena podataka sa multiprocesorskim loggerom<sup>10</sup>.



**Slika 2.12.32** Komunikaciona forma PC softverske podrške Sistema automatizaciju rada benzinske pumpe.

### 2.12.7 OPIS NAČINA RADA SISTEMA

U periodu kada nema točenja na dupleju Mifare LCD čitača stoji ispisana poruka "UNESITE KILOMETRAZU" (Slika 2.12.33).



**Slika 2.12.33** Ispis na LCD-u čitača u periodu kada nema aktivnosti

<sup>10</sup> Detaljan uvid u PC aplikativni program može se dobiti iz Priloga 3, gdje je priložen kompletan kod ovog programa.

Prije nego započne sa točenjem, korisnik je dužan da, koristeći tastaturu, ukuca broj pređenih kilometara (Slika 2.12.34).



**Slika 2.12.34** Unošenje broja pređenih kilometara

Nakon unošenja kilometraže prinosi svoju identifikacionu karticu u polje Mifare LCD čitača (Slika 2.12.35).



**Slika 2.12.35** Očitavanje kartice na Mifare LCD čitaču

Mifare LCD čitač šalje Multiprocesorskom loggeru serijski broj očitane kartice. Multiprocesorski logger izvrši binarno pretraživanje fajla prava kartica po serijskom broju kartice. Ukoliko logger pronade zapis očitane kartice, šalje Mifare LCD čitaču poruku, kojom na njegovom displeju ispisuje formatirane podatke zapisa. Konkretno, na displeju se ispisuje registracija automobila na koji se kartica odnosi, ID broj kartice, količina i vrsta goriva na koju kartica ima pravo (Slika 2.12.35).

Ukoliko logger ne pronade serijski broj kartice u fajlu prava kartica, šalje Mifare LCD čitaču poruku kojom na njegovom displeju ispisuje da kartica nema prava na sistemu.

Nakon očitavanja kartice i dobijanja podataka o njenim pravima, korisnik pristupa podizanju točionog pištolja. Mifare LCD čitač obavještava logger da je pištolj podignut.

U slučaju da je došlo do podizanja točionog pištolja iako očitana kartica nema prava na sistemu loger šalje poruku kojom na dipleju čitača ispisuje upozorenje "SPUSTITE PISTOLJ" (Slika 2.12.36).

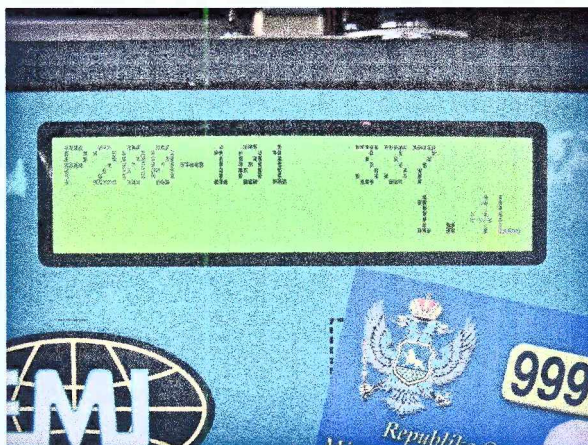


**Slika 2.12.36** Poruka na LCD-u čitača kojom se obavještava da je točioni pištolj podignut bez prava (samo displej).

Ista poruka se ispisuje i kada je pištolj podignut bez prethodnog očitavanja kartice.

Ukoliko je pištolj regularno podignut, loger šalje poruku čitaču kojom uključuje točioni aparat i omogućava započinjanje točenja.

Tokom točenja čitač na svom LCD displeju ispisuje količinu utočenog goriva (Slika 2.12.37).



**Slika 2.12.37** Ispis na LCD-u čitača tokom točenja goriva.

Prilikom točenja mora se voditi računa da se sve radnje obave u za to predviđenom vremenu. Podacima u konfiguracionom fajlu logera definisani su vremenski limiti koji moraju biti ispoštovani (Slika 2.12.15). Tako na primjer, limitirano je vrijeme koje smije protreći od trenutka očitavanja kartice do trenutka podizanja pištolja. Takođe je definisana maksimalna pauza koja se smije napraviti u toku točenja. Ograničeno je i ukupno trajanje točenja.

Ukoliko se prekorači neki od vremenskih limita na displeju Mifare LCD čitača ispisuje se kratkotrajno "PREKORAČEN TOČIONI LIMIT". Sa točenjem se može nastaviti jedino ponavljanjem kompletne procedure.

Nakon završetka točenja korisnik spušta točioni pištolj na za to predviđeno mjesto na očionom aparatu. Spuštanje točionog pištolja Mifare LCD čitač shvata kao kraj točenja i šalje odgovarajuću poruku logeru. Na osnovu dobijenih podataka logger upisuje zapis o izvršenom očenju u fajl transakcija i ažurira zapis kartice u fajlu prava kartica. Ažuriranje zapisa kartice se sastoji od:

- umanjanja raspoložive količine goriva kartice za iznos utočenog goriva,
- inkrementiranja rednog broja transakcije i
- upisivanju datuma i vremena zadnje izmjene zapisa.

Nakon izvršenja pobrojanih radnji logger šalje poruku čitaču kojom na njegovom displeju spisuje formatirani zapis kartice u obliku prikazanom na slici 2.12.38.



**Slika 2.12.38** Ispis na LCD-u čitača nakon završenog točenja

Na displeju se ispisuje registracija automobila na koji se kartica odnosi, ID broj kartice, preostala količina goriva na koju kartica ima pravo i količina utočenog goriva.

I u slučaju prekoračenja točionog limita, nakon kratkotrajne poruke "PREKORAČEN TOČIONI LIMIT", na displeju Mifare LCD čitača ispisuje se formatirani zapis kartice. Na slici 2.12.39 prikazan je ispis na LCD-u Mifare LCD čitača u slučaju kada korisnik nakon očitavanja kartice nije podigao pištolj u za to predviđeno vrijeme.



**Slika 2.12.39** Ispis na LCD-u čitača u slučaju prekoračenja vremenskog limita za podizanje pištolja.

Poruku kojom na LCD-u čitača ispisuje "UNESITE KILOMETRAZU", logger šalje nakon protoka određenog vremena od kraja točenja. Ovo vrijeme je identično maksimalnom vremenu koje smije proteći od trenutka očitavanja kartice do trenutka podizanja pištolja i određeno je PP oktetom u konfiguracionom fajlu EEPROM-a logera.

### 2.12.8 ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju dat je opis osnovnih karakteristika Sistema za automatizaciju rada benzinske pumpe realizovanog u MUP-u RCG.

Pokazano je da je sistem, u osnovi, realizovan upotrebom Multiprocesorskog logera (Poglavlje 9) i RF čitača kartica (Poglavlje 7).

Dat je opis dodatnih mogućnosti RF čitača primijenjenog u ovom sistemu kao i opis njemu pripadajuće tastature. Detaljnije je opisana konfiguracija EEPROM-a Multiprocesorskog logera u Sistemu za automatizaciju rada benzinske pumpe. Opisan je komunikacioni protokol između RF čitača i Multiprocesorskog logera kao i komunikacioni protokol između Multiprocesorskog logera i PC aplikativnog softvera. Takođe je dat i kratak osvrt na PC aplikativni softver.

Na kraju poglavlja opisan je način functionisanja sistema. U tekstu su date i slike snimljene tokom redovne upotrebe sistema.

## 2.13 PRAVCI DALJEG RAZVOJA

Identifikacioni sistemi opisani u poglavljima 2.11 i 2.12 mogu se značajno unaprijediti koristeći dodatne tehnološke mogućnosti.

Jedno od mogućih unapređenja je da se EEPROM memorija unutar Multiprocesorskog logera zamijeni USB fleš diskom. USB fleš diskovi se prave NAND fleš tehnologijom i imaju daleko veći kapacitet uz proporcionalno nižu cijenu. Ujedno oni omogućavaju lakši prenos podataka na personalni računar. Sa tako uvećanim memorijskim prostorom u logeru ne bi bilo prepreke da se identifikacioni sistem proširi sa video kamerama. Fotografije dobijene kamerama bi se pridružile identifikacionim podacima kartice i sve to zajedno moglo bi se smještati na USB fleš disk.

Drugo moguće unapređenje je da se umjesto GSM veze (Poglavlje 2.11) upotrijebi GPRS veza [163]. GPRS veza omogućava isplativiji prenos podataka. Ovaj tip veze bi omogućio ekonomičan prenos u nadređeni centar i identifikacionih podataka i fotografija koje su tom prilikom snimljene.

Za jedan sistem koji je koncipiran da bude u potpunosti daljinski nadziran i da radi preko savremenih komunikacionih veza, bilo bi poželjno da ima i daljinsku izmjenu algoritma rada i/ili programa perifernih jedinica. Daljinsko upisivanje aplikativnog programa u Multiprocesorski loger ili RF čitač bi povećalo upotrebnu vrijednost sistema i olakšalo održavanje softvera (unapređenje softvera i ispravke grešaka).

Upotreba pasivnih identifikatora većeg domata (nekoliko metara) proširila bi spektar primjene već opisanih identifikacionih sistema i otvorila nova područja istraživanja.

Još jedan, potpuno drugačiji, pravac razvoja je primjena LSR algoritma kod brzih komunikacionih intefrejsa. LSR algoritam nije striktno vezan za EIA232 i njemu slične protokole. On je univerzalniji i mogao bi se upotrijebiti i za brže komunikacione protokole (USB, Ethernet, ...) ali bi se morao realizovati sa FPGA [166].

## ZAKLJUČAK

Tema ovog doktorata je identifikaciona tehnologija i njezina primjena. Cilj mi je bio da ispunim tri zadatka: prvo, da opišem i kritički ocjenim postojeće stanje tehnike, drugo, da predstavim svoja originalna rješenja u ovoj oblasti i na kraju da prikazem realizaciju nekoliko kompleksnih sistema. Na osnovu toga je teza napravljena iz tri tematske cjeline.

U prvom dijelu rada je dat pregled postojećih identifikacionih tehnologija. One se mogu podijeliti u dvije kategorije: tehnologije zasnovane na posjedovanju identifikatora i biometrijske tehnologije. Od tehnologija sa identifikatorom, najviše prostora sam posvetio RF identifikatorima i RF čitačima, jer imaju brojne primjene u svakodnevnom životu i u njihov razvoj se najviše ulaže. Osim toga, oni su bili predmet i mojih istraživanja. S druge strane, biometrijska identifikacija se zasniva na prepoznavanju karakteristika osobe, i dugoročno ima bolju budućnost. Kada se razriješe tehničke teškoće, izaće u prvi plan nesumnjive pogodnosti za korisnika. Najviše prostora u radu sam posvetio identifikaciji na bazi: otiska prsta, dužice oka, karakteristika lica i glasa. S druge strane, zanemario sam biometrijske tehnike na bazi: geometrije šake, potpisa, načina hoda, karakteristika mrežnjače, DNK, venskog obrasca i sličnog, jer su one ili prevaziđene ili nesigurne ili još uvijek pretjerano komplikovane i skupe.

U drugom dijelu rada sam predstavio više originalnih rješenja u domenu identifikacionog hardvera. To što su: kontakti čitač male potrošnje, multifunkcionalna mikroperiferija i čitač RF kartica. Čitač male potrošnje je razvijen za sisteme sa velikim brojem čitača, gdje je svaka ušteda struje višestruko značajna, i po pitanju izvora napajanja i kabliranja sistema. Osim toga, ovaj čitač je jednostavan i niske cijene koštanja. Za razliku od njega, multifunkcionalna periferija je složenija i ima: dva proreza za čitanje čip kartica, LCD ekran, pogon dvije električne brave, infracrveni predajnik za upravljanje klimom, TV-om, itd. Ona je predviđena da služi kao sobni kontroler u sistemima za automatizaciju hotelskog poslovanja.

Čitač RF kartica se zasniva na Philips-ovoj Mifare tehnologiji. Razvijeno je nekoliko varijanti ovog čitača zavisno od namjene. Posebno je interesantna primjena u Off-line sistemu za kontrolu pristupa, gdje je osmišljen metod automatskog ažuriranja lozinke. Druga interesantna primjena je u sistemu za evidenciju točenja goriva na benzinskoj pumpi. Dalje, razvijena je varijanta za sisteme evidencije radnog vremena.

Za povezivanje komponenti u sistem, razvijena su dva nova komunikaciona protokola: LSR (Low Sample Rate) protokol i 1W232 (1 wire EIA232) protokol. LSR protokol se pokazao veoma efikasnim kod umrežavanja velikog broja različitih mikroperiferija i čitača. Za razliku od uobičajenih rješenja, novina kod LSR protokola je da prijemnik uzima 1 do 2 odbirka po bitu bez sinhronizacije na prijemni signal. Zahvaljujući ovome, hardver prijemnika je uprošćen do nivoa običnog multipleksa. Nakon uzimanja odbiraka, obrada signala se nastavlja u softverskom domenu. Razvijen je jednostavni rekonstrukcioni algoritam kojim se mogu rekonstruisati signali različitih brzina iz minimalnog broja odbiraka po bitu. Algoritam daje dobre rezultate čak i kada postoje značajna izobličenja signala na prenosnom putu.

Drugi, 1W232 komunikacioni protokol je razvijen za razmjenu podataka među mikrokontrolerima na malom rastojanju (unutar istog uređaja), i to preko jedne linije-žice. Protokol podržava magistralnu arhitekturu sa ravnopravnim učesnicima (bez Master-Slave odnosa). Opisano je originalno rješenje za arbitražu magistrale koje omogućava prenos prioritetne poruke i u slučaju kolizije na magistrali. Pokazane su i druge pogodnosti: jednostavna realizacija, lak nadzor komunikacije, itd.

Oba protokola su implementirana i verifikovana u originalnim uređajima. LSR je upotrebljen kod EIA232 hub-a sa 32 porta, a 1W232 kod multiprocesorskog logera. Multiprocesorski logger je realizovan sa tri mikrokontrolera. Jedan mikrokontroler obavlja poslove komunikacije, drugi – registracije, a treći radi kao časovnik. Pokazano je da ovakva

organizacija pojednostavljuje hardver i softver logera i omogućuje mu veću fleksibilnost, brži i pouzdaniji rad. Osim toga, postignuto je i bolje upravljanje potrošnjom struje.

Treća tematska cjelina opisuje tri kompleksna sistema sa naglaskom na originalna rješenja hardvera i softvera. Opisani su:

- Off-line RF identifikacioni sistem za kontrolu pristupa,
- RF identifikacioni sistemi za evidenciju radnog vremena i,
- Identifikacioni sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe.

Svi sistemi su intenzivno testirani, pri čemu je evidencija radnog vremena postavljena u dvadesetak preduzeća.

Zadnje poglavlje teze daje pravce daljeg razvoja. Značajna poboljšanja se mogu dobiti primjenom novih rješenja za: memorisanje evidencionih podataka, video kontrolu pristupa, mobilne konekcije, nadogradnju funkcija u sistemu. Ukazano je da LSR algoritam može da se koristi kod brzih komunikacija. Predložena je upotreba pasivnih identifikatora većeg domata.

Na kraju, treba ponoviti da se primjena identifikacionih sistema širi na sve aspekte ljudskog života. Nove tehnike identifikacije se intenzivno razvijaju i unapređuju, tako da se svakodnevno otvaraju nova područja istraživanja.

## LITERATURA

- [1] Craig K. Harmon, "Lines of Communication: Bar Code & Data Collection Technologies for the 90s," Helmers Publishing, Maj 1994.
- [2] Roger C. Palmer, "The Bar Code Book: Reading, Printing, & Specification of Bar Code Symbols," Helmers Publishing, Jun 1993.
- [3] Uniform Code Council. Homepage. <http://www.uc-council.org>
- [4] "UPC Coupon Code Guidelines Manual," Uniform Code Council (UCC), 1989.
- [5] Theo Pavlidis and Ynjiun P. Wang, "Two-Dimensional Bar Codes," IEEE Industrial Automations Conference, Toronto 1990.
- [6] Stamps.com. Homepage. <http://www.stamps.com>.
- [7] <http://www.mag-stripe.com/>
- [8] <http://www.magtek.com/>
- [9] Joseph Nsoh Egbe, "Bar codes and magnetic stripes in manufacturing industries," Didax Educational Resources , January 1, 1994.
- [10] "Landp/DOS and Landp/2 Support for Financial Magnetic Stripe Readers/Enciders," IBM Readbooks, IBM, January 1996.
- [11] Wolfgang Rankl, Wolfgang Effing, "Smart Card Handbook," John Wiley & Sons, 3 edition, January 20, 2004.
- [12] Timothy M. Jurgensen, Scott B. Guthery, Tim Jurgensen, Scott Guthery, "Smart Cards: The Developer's Toolkit," Prentice Hall PTR; 1st edition, July 9, 2002.
- [13] Dominique Paret, "RFID and Contactless Smart Card Applications," Dominique Paret, John Wiley & Sons, October 17, 2005.
- [14] Mike Hendry, "Smart Card Security and Applications," Artech House Publishers; 2nd edition, April 2001.
- [15] "HIPAA Compliance and Smart Cards: Solutions to Privacy and Security Requirements," Smart Card Alliance, MarketResearch.com, September 1, 2003.
- [16] Aneace Haddad, "A New Way To Pay: Creating Competitive Advantage Through The Emv Smart Card Standard," Gower Publishing Company, September 2005.
- [17] "Using Smart Cards for Secure Physical Access," Smart Card Alliance, MarketResearch.com, July 1, 2003.

- [18] Chuck Wilson, "Get Smart: The Emergence of Smart Cards in the United States and their Pivotal Role in Internet Commerce," Mullaney Publishing, June 1, 2001.
- [19] Steven Shepard, "RFID", McGraw-Hill Professional; 1 edition, August 16, 2004.
- [20] Anil K. Jain, Sharath Pankanti, Salil Prabhakar, Lin Hong, Arun Ross, James L. Wayman, "Biometrics: A Grand Challenge", Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, Cambridge, UK, Aug. 2004.
- [21] U. Uludag, S. Pankanti, S. Prabhakar, and A. K. Jain, "Biometric Cryptosystems: Issues and Challenges", Proceedings of the IEEE, Special Issue on Enabling Security Technologies for Digital Rights Management, Vol. 92, No. 6, June 2004.
- [22] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook : Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification", John Wiley & Sons; 2 edition, May 9, 2003.
- [23] Manish Bhuptani, Shahram Moradpour, "RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems", Prentice Hall PTR, 2005.
- [24] Robert Kleist, Theodore Chapman, David Sakai, Brad Jarvis, "RFID Labeling: Smart Labeling Concepts & Applications for the Consumer Packaged Goods Supply Chain", Banta Book Group, August 2004.
- [25] Nahid Jilovec, "EDI, UCCnet & RFID: Synchronizing the Supply Chain", 29th Street Press, November 10, 2004.
- [26] <http://www.go-4-best.com/index.php?to=rfid+applications>
- [27] Royal Air Force. History: 1940. <http://www.raf.mod.uk/history/line1940.html>.
- [28] Alfred R Koelle, Steven W. Depp, Jermy A. Landt, and Ronald E. Bobbett, "Short-Range Passive Telemetry by Modulated Backscatter of Incident CW RF Carrier Beams," Biotelemetry, 3:337–340, 1976.
- [29] Auto-ID Center, "Draft Protocol Specification for a Class 0 Radio Frequency Identification Tag," February, 2003.
- [30] <http://www.righttag.com/>
- [31] [www.vanskee.com](http://www.vanskee.com)
- [32] Steven Shepard, "RFID", McGraw-Hill Professional; 1 edition, August 16, 2004.
- [33] Jim Crane, "Benetton Clothing to Carry Tiny Tracking Transmitters," Associated Press, March 2003.
- [34] International Standards Organization. ISO/IEC 15693: Identification cards – Contactless integrated circuit(s) cards - Vicinity cards. <http://www.iso.org>, 2000.

- [35] Charles Spurgeon, "Ethernet: The Definitive Guide", O'Reilly Media, Inc., 1 edition, February 9, 2000.
- [36] Benny Bing, "Broadband Wireless Access," Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [37] Robert M. Metcalfe and David R. Boggs, "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks," Communications of the ACM, 19(5):395–404, July 1976.
- [38] P. Hawkes, "Anti-collision and Transponder Selection Methods for Grouped "Vicinity" Cards and RFID tags", IEE Colloquium on RFID Technology, Ref. No. 1999/123.
- [39] Stephen A. Weis, Sanjay E. Sarma, Ronald L. Rivest, and Daniel W. Engels, "Security and Privacy Aspects of Low-Cost Radio Frequency Identification Systems," Security in Pervasive Computing, 2003.
- [40] Pete Lindstrom, Frank Thornton, "RFID Security," Syngress; 1 edition, November 1, 2005.
- [41] Ronald L. Rivest, "Personal correspondence," May 2003.
- [42] International Telecommunications Union, "Radio Regulations," 1998. Volume 1.
- [43] Tom Ahlqvist Scharfeld, "An Analysis of the Fundamental Constraints on Low Cost Passive Radio-Frequency Identification System Design," Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, August 2001.
- [44] Youngjae Choi, Jinseok Song, Hyoungjun Kang, Sangheon Pack, Byoungwook Lee, and Taekyoung Kwon, "RFID Management System and RFID Tag Location Tracking Scheme: Bi-directional," Korea Patent, No. 2004-0107290, Pending, December 2004.
- [45] I.D. Robertson, M. Blewett, J. Amin, I. Butt, F. Donnelly, P. Harwood, A. Woolven, "A simple radio-frequency system for asset tracking within buildings", IEE Colloquium on RFID Technology, Ref. No. 1999/123.
- [46] Hähnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose, "Mapping and Localization with RFID Technology", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2004.
- [47] Masayuki Iwai, Hideyuki Tokuda, "RFID-Based Location Information Management System with Privacy Awareness", The 2005 Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINT-W'05), January 31 - February 04, 2005, Trento, Italy
- [48] Lynn Hazlewood, "RFID in the Department of Defense the bottom line," : An article from: Defense Transportation Journal, Defense Transportation Journal (Magazine/Journal), February 1, 2006.
- [49] D. Osten, H. Carlin, M. Arneson, B. Blan, "Biometric, Personal Identification System", U.S. Patent 5,719,950, Feb. 17, 1998.

- [50] H. T. F. Rhodes, "Alphonse Bertillon: Father of Scientific Detection," Abelard-Schuman, New York, 1956.
- [51] FVC2004: Fingerprint Verification Competition, <http://bias.csr.unibo.it/fvc2004>.
- [52] A. Ross, S. Dass and A. K. Jain, "A Deformable Model for Fingerprint Matching", Pattern Recognition, 2004.
- [53] Davide Maltoni, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, "Handbook of Fingerprint Recognition", Springer-Verlag; Bk & DVD edition, May 1, 2003.
- [54] W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, and A. Rosenfeld. "Face recognition: A literature survey," ACM Comput. Surv., 35(4):399–458, 2003.
- [55] P. Phillips, P. Flynn, T. Scruggs, K. W. Bowyer, J. Chang, K. Hoffman, J. Marques, J. Min, W. Worek., "Overview of the Face Recognition Grand Challenge," In Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Diego, CA, June 2005.
- [56] Face Recognition Vendor Test 2005. URL: <http://www.frvt.org/FRVT2005/>.
- [57] Anil K. Jain, Sharath Pankanti, Salil Prabhakar, Lin Hong, Arun Ross, James L. Wayman, "Biometrics: A Grand Challenge," Proceedings of International Conference on Pattern recognition, Cambridge, UK, Aug. 2004.
- [58] R. M. Bolle, J. H. Connell, S. Pankanti, N. K. Ratha, A. W. Senior, "Guide to Biometrics," Springer, 2003.
- [59] A. K. Jain and S. Pankanti, "Biometrics Systems: Anatomy of Performance", IEICE Transactions Fundamentals, Vol. E84-D, No. 7, pp. 788-799, 2001.
- [60] Stan Z. Li, Jianhuang Lai, Tieniu Tan, Guocan Feng, Yunhong Wang, "Advances in Biometric Person Authentication: 5th Chinese Conference on Biometric Recognition, SINOBIO METRICS 2004," Guangzhou, China, December 13-14, 2004, Springer; 1 edition, January 12, 2005.
- [61] Harry Hollien, "Forensic Voice Identification," Academic Press, September, 2001.
- [62] S. Furui, "Recent Advances in Speaker Recognition", Pattern Recognition Letters, Vol. 18, No. 9, 1997, pp. 859-872.
- [63] U.V. Chaudhari, J. Navratil, G.N. Ramaswamy, R.D. Zilca, "Future speaker recognition systems: Challenges and solutions," Proceedings of AUTOID-2002, Tarrytown, NY, March 2002.
- [64] D. Osten, H. Carlin, M. Arneson, B. Blan, "Biometric, Personal Identification System," U.S. Patent 5,719,950, Feb. 17, 1998.

- 
- [65] J. L. Wayman, "Technical Testing and Evaluation of Biometric Identification Devices," *Biometrics: Personal Identification in Networked Society*, Kluwer Academic, December 1998.
  - [66] L. O’Gorman, "Comparing passwords, tokens, and biometrics for user authentication", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 91, No. 12, Dec. 2003, pp. 2019-40.
  - [67] James L. Wayman, "Error-Rate Equations for the General Biometric System," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pps 35-48. Vol. 6, No. 1, March 1999.
  - [68] NYC Visit homepage, <http://www.nycvisit.com/content/index.cfm?pagePkey=57>.
  - [69] James Wayman, Anil Jain, Davide Maltoni, Dario Maio, "Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation," Springer, 1 edition, December 16, 2004.
  - [70] A. K. Jain and A. Ross, "Multibiometric Systems," *Communications of the ACM*, Special Issue on Multimodal Interfaces, Vol. 47, No. 1, pp. 34-40, January 2004.
  - [71] S. Pankanti, S. Prabhakar, and A. K. Jain, "On the Individuality of Fingerprints," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 24, No. 8, pp. 1010-1025, August 2002.
  - [72] Nelini Rahta, Ruud Bolle, Nalini K. Rahta, "Automatic Fingerprint Recognition Systems", Springer-Verlag, November 1, 2003.
  - [73] Kingston, C.R. and P.L. Kirk, "Historical Development and Evaluation of the '12 Point Rule' in Fingerprint Identification, " *International Criminal Police Review*, 1965.
  - [74] Ching-Tang Hsieh, Zhuang-Yuan Lu, Tan-Chi Li, Kung-Chen Mei, "An Effective Method to Extract Fingerprint Singular Point," *The Fourth International Conference on High-Performance Computing in the Asia-Pacific Region-Volume 2* , May 14 - 17, 2000, Beijing, China
  - [75] R. Germain, A Califano, and S. Colville, "Fingerprint matching using transformation parameter clustering," *IEEE Computational Science and Engineering*, Vol. 4, No. 4, pp. 42--49, 1997.
  - [76] Bir Bhanu, Xuejun Tan, "Computational Algorithms for Fingerprint Recognition," Springer, 1 edition, November 30, 2003.
  - [77] J.L. Wayman, "Multi-Finger Penetration Rate and ROC Variability for Automatic Fingerprint Identification Systems," N. Ratha and R. Bolle (eds.), *Automatic Fingerprint Recognition Systems*, Springer-Verlag, 2003.
  - [78] <http://www.neurotechnologija.com>
  - [79] Henry C. Lee, "Advances in Fingerprint Technology," Second Edition, CRC, 2nd edition, June 15, 2001.

- [80] S. Prabhakar, S. Pankanti, A. K. Jain, "Biometric Recognition: Security & Privacy Concerns," IEEE Security and Privacy Magazine, Vol. 1, No. 2, pp. 33-42, March-April 2003.
- [81] R. Derakhshani R, S.A.C. Schuckers, L. Hornak, L. O'Gorman, "Determination of Vitality From A Non-Invasive Biomedical Measurement for Use in Fingerprint Scanners," Pattern Recognition, No.2, pp. 383-396, 2003.
- [82] [www.ebioshop.com](http://www.ebioshop.com)
- [83] <http://www.easyintech.com>
- [84] Daugman J., Downing C., "Epigenetic randomness, complexity, and singularity of human iris patterns," Proceedings of the Royal Society, B, 268, Biological Sciences, pp 1737 – 1740, 2001.
- [85] F.H. Adler, "Physiology of the Eye: Clinical Application," fourth ed., London: The C.V. Mosby Company, 1965.
- [86] J. Rohen, "Morphology and pathology of the trabecular meshwork," The Structure of the Eye, Smelser, Ed. New York: Academic Press, 1961," pp. 335-341.
- [87] Daugman, J., "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15(11), pp. 1148-1161., 1993
- [88] Daugman, J., "U.S. Patent No. 5,291,560: Biometric Personal Identification System Based on Iris Analysis," Issue Date: 1 March 1994.
- [89] Daugman J., "How iris recognition works," IEEE Trans. CSVT, vol. 14, no. 1, pp. 21 – 30, 1994.
- [90] Daugman J., "The importance of being random: Statistical principles of iris recognition," Pattern Recognition, vol. 36, no. 2, pp 279-291, 2003.
- [91] Daugman J., "Biometric decision landscapes." Technical Report No. TR482, University of Cambridge Computer Laboratory, 2000.
- [92] Daugman J., "Statistical richness of visual phase information: Update on recognizing persons by their iris patterns," International Journal of ComputerVision 45(1): 25-38, 2001.
- [93] <http://www.irdiantech.com/news.php?page=1&rel=062303>
- [94] <http://www.accessexcellence.org/WN/SU/irisscan.html>
- [95] <http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000/uses.html>
- [96] [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/england/2638075.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/2638075.stm)

- [97] P. Phillips, P. Flynn, T. Scruggs, K. W. Bowyer, J. Chang, K. Hoffman, J. Marques, J. Min, and W. Worek., "Overview of the Face Recognition Grand Challenge," In Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Diego, CA, June 2005.
- [98] Shaohua Kevin Zhou, Rama Chellappa, Wenyi Zhao, "Unconstrained Face Recognition (International Series on Biometrics)", Springer; 1 edition, November 30, 2005.
- [99] Daugman J., "Phenotypic versus genotypic approaches to face recognition", Face Recognition: From Theory to Applications, Heidelberg: Springer-Verlag, pp 108 – 123, 1998.
- [100] Stan Z. Li, Anil K. Jain, "Handbook of Face Recognition", Springer; 1 edition, March 15, 2005.
- [101] H. Moon and P. J. Phillips, "Computational and performance aspects of PCA-based face recognition algorithms," Perception, vol. 30, pp. 303–321, 2001.
- [102] J. R. Beveridge, D. Bolme, B. A. Draper, and M. Teixeira, "The CSU face identification evaluation system," Machine Vision and Applications, 2004.
- [103] V. Blanz, T. Vetter, "Face recognition based on fitting a 3D morphable model," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 25(9):1063–1074, 2003.
- [104] Kyong I. Chang, Kevin W. Bowyer, Patrick J. Flynn, "An evaluation of multi-modal 2d+3d face biometrics," IEEE Trans. PAMI, vol. 27, no. 4, pp. 619–624, 2005.
- [105] <http://www.visionics.com/>
- [106] <http://www.biometrix.at/page21.html>
- [107] <http://www.cs.colostate.edu/evalfacerec/index.html>
- [108] R. Beveridge, B. Draper, "Evaluation of face recognition algorithms," release version 5.0, online: <http://www.cs.colostate.edu/evalfacerec/index.html>.
- [109] Phillips, P. J., P. J. Rauss, and S. Der., "FERET (face recognition technology) recognition algorithm development and test results," Army Research Laboratory technical report, ARL-TR-995, 1996.
- [110] Blackburn, D. M., J. M. Bone, and P. J. Phillips., "FRVT 2000 Report", Technical Report, 2001.
- [111] P.J. Phillips, P.J. Grother, R.J. Micheals, D.M. Blackburn, E. Tabassi, and J.M. Bone, "Face recognition vendor test 2002: Evaluation report", Tech. Rep. NISTIR 6965, National Institute of Standards and Technology, 2003.
- [112] P.J. Grother, "Face recognition vendor test 2002: Supplemental report", Tech. Rep. NISTIR 7083, National Institute of Standards and Technology, 2004.

- [113] Face Recognition Vendor Test 2005. URL: <http://www.frvt.org/FRVT2005/>.
- [114] A. Hampapur, S. Pankanti, A.W. Senior, Y-L Tian, L. Brown, R. Bolle, "Face Cataloger: Multi-Scale Imaging for Relating Identity to Location," IEEE conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, Miami, FL, July 21-22, 2003.
- [115] <http://www.epic.org/privacy/facerecognition/>
- [116] <http://zones.advisor.com/doc/07246>
- [117] Edmund S Crelin, "The human vocal tract: Anatomy, function, development, and evolution," Vantage Press; 1st ed edition, 1987.
- [118] Richard L. Klevans, Robert D. Rodman, "Voice Recognition (Artech House Telecommunications Library)," Artech House Publishers, September 1997.
- [119] J. Liu and Y. Ye, "Conversational Speech Biometrics," E-Commerce Agents Marketplace Solutions, Security Issues, and Supply and Demand, Springer Verlag, 2001, Pages 166-179.
- [120] "An instantiable speech biometrics module with natural language interface: Implementation in the telephony environment," Proc. of the ICASSP 2000, Istanbul, Turkey, June 2000.
- [121] [http://www.research.ibm.com/VIVA\\_Demo/](http://www.research.ibm.com/VIVA_Demo/)
- [122] Nedeljko Lekić, Zoran Mijanović, Rada Dragović Ivanović, "Čitač čip kartica," VII naučno stručni skup Informacione Tehnologije IT Žabljak 2002.
- [123] Nedeljko Lekić, Zoran Mijanović, Rada Dragović Ivanović, "Multifunkcionalna mikropreiferija," VIII naučno stručni skup Informacione Tehnologije IT Žabljak 2003.
- [124] Nedjeljko Lekić, Zoran Mijanović, Rada Dragović-Ivanović, Radovan Stojanović, "Off-line Mifare sistem za kontrolu pristupa," XLVIII konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu fiziku - ETRAN, Čačak 2004.
- [125] Nedjeljko Lekić, Zoran Mijanović, Radovan Stojanović, Desa Gobović, "A novel low sample rate communication protocol," WSEAS Transactions on CIRCUITS and SYSTEMS, Issue 10, Vol.3, December 2004, ISSN: 1109-2777
- [126] Nedeljko Lekić, Zoran Mijanović, Desa Gobović and Rada Dragović –Ivanović, "The Simple Multiprocessor Communication System," 9th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems - ICECS 2002, September 15-18, 2002, Dubrovnik, Croatia.
- [127] Nedjeljko Lekić, Zoran Mijanović, Rada Dragović-Ivanović, Radovan Stojanović, "1W232 komunikacioni protokol," L konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu fiziku - ETRAN, Beograd 2006.

- [128] Nedeljko Lekic, Zoran Mijanovic, Rada Dragovic-Ivanovic, Dragan Filipovic, "The Simple EIA232 Hub," 10th IEEE International Conference on Electronics,Circuits and Systems - ICECS 2003, Sharjah, United, Arab Emirates.
- [129] Nedjeljko Lekić, Zoran Mijanović, Radovan Stojanović, "Multikontrolerski logger," XLIX konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu fiziku - ETRAN, Budva 2005.
- [130] PIC12C508/509 Data Sheet, Microchip Technology, 2003
- [131] "8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash," Atmel Corporation 2005.
- [132] IEC 1158 and ISA S50.02 standards
- [133] ISO7816 Standard, European Committee for Standardization, 1999
- [134] Wiesemann & Theis GmbH (www.WuT.de), USB <math>\leftrightarrow</math> EIA232 interface, Industry , Wittener Straße 312, DE-42279 Wuppertal
- [135] Kai Tadamichi., *"Fieldbus Fundamentals Handbook"*, Ohmsha, pp. 128 (1995)
- [136] Charles Spurgeon, "Ethernet: The Definitive Guide," O'Reilly Media, Inc., 1 edition, February 9, 2000.
- [137] Klaus Bender, Marianne Katz, "Profibus: The Fieldbus for Industrial Automation", Prentice Hall, June 1993.
- [138] Eduardo Tovar and Francisco Vasques, "Real-Time Fieldbus Communications Using Profibus Networks," IEEE Transactions on Industrial Electronics, 46(6): 1241-1251, December 1999.
- [139] John Park, "Practical Data Communications for Instrumentation and Control," Newnes, June 2003.
- [140] Walt Boyes, "Instrumentation Reference Book, Third Edition," Butterworth-Heinemann, 3 edition, November 2002.
- [141] Ian Verhappen, Augusto Pereiro, Augusto Pereira, Marilyn J. Landis, "Foundation Fieldbus: A Pocket Guide," ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society, July 2002.
- [142] Romilly Bowden, "HART Field Communications Protocol," FISHER- ROSEMOUNT, August 1997.
- [143] Wolfhard Lawrenz, "Can System Engineering: From Theory to Practical Applications," Springer Verlag, Book and Disk edition, October 1997.

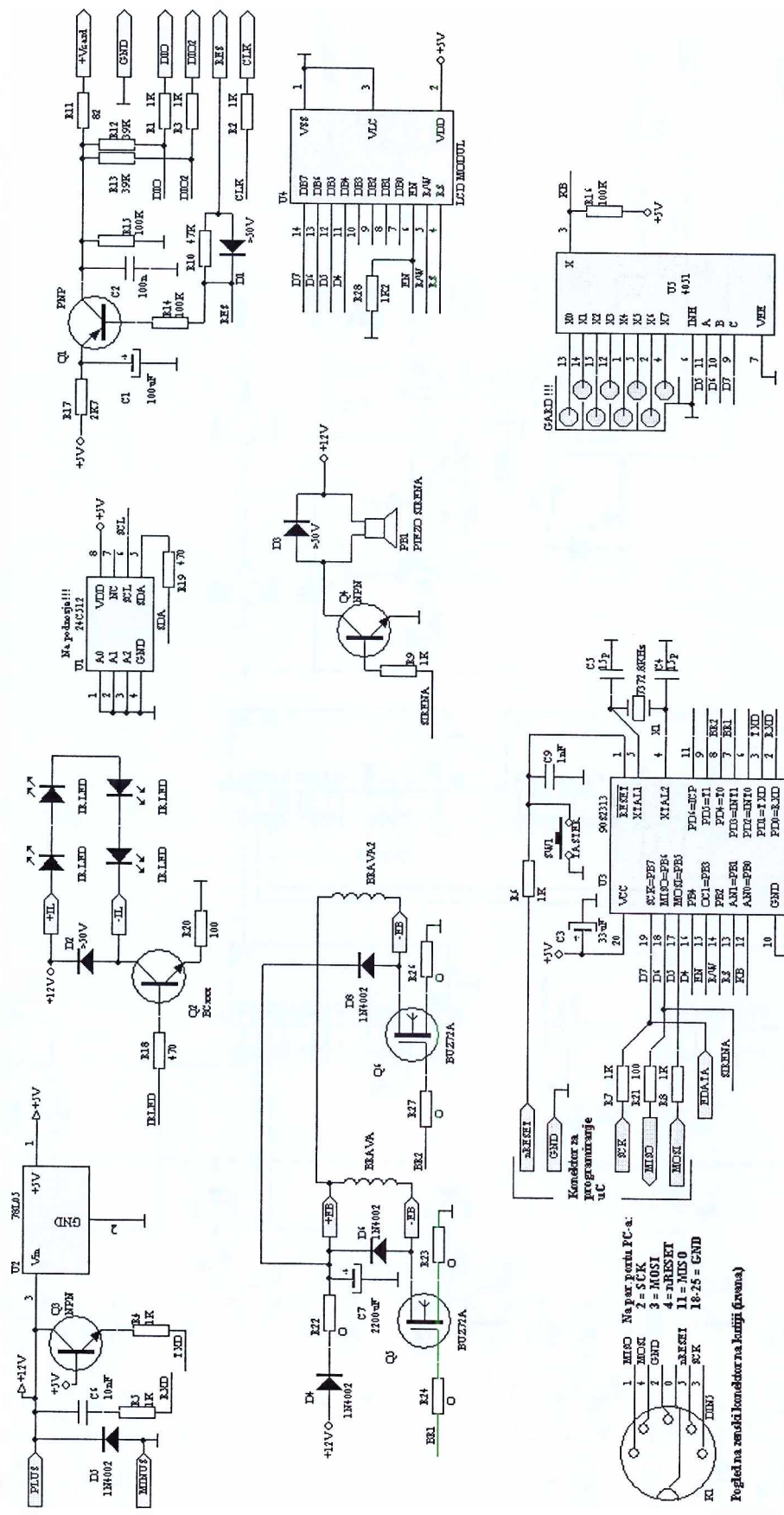
- [144] Gregory C. Walsh, Hong Ye, and Linda G. Bushnell, "Stability Analysis of Networked Control Systems," IEEE Transactions On Control Systems Technology, Vol. 10, No. 3, May 2002.
- [145] Neđeljko Lekić, Zoran Mijanović, Rada Dragović-Ivanović, "Komunikacioni interfejs multiprocesorskog sistema," Kongres metrologa, Beograd 2003.
- [146] "Mifare MF RC531, ISO 14443A Reader IC," Philips Semiconductors Gratkom GmbH, Mikron-Weg, A-8101 Gratkom, Austria.
- [147] "Mifare Standard Card IC MF1 IC S50," Philips Semiconductors Gratkom GmbH, Mikron-Weg, A-8101 Gratkom, Austria.
- [148] ISO/IEC FDIS 14443
- [149] "NASA selects Philips' advanced MIFARE DESFire contactless smart card chip technology to meet its secure facility access needs," Federal Computer Market Report, Millin Publishing, Inc., August 9, 2004.
- [150] Jan Axelson, "USB Complete : Everything You Need to Develop Custom USB Peripherals (Complete Guides series)," Lakeview Research; 3rd edition, August 2005.
- [151] Jan Axelson, "Parallel Port Complete: Programming, Interfacing & Using the PC'S Parallel Printer Port," Lakeview Research; Bk&Disk edition, February 1997.
- [152] <http://www.epanorama.net/links/serialbus.html#i2c>
- [153] "SPI Serial EEPROMs 128K (16,384 x 8) 256K (32,768 x 8) - AT25128A, AT25256A," Atmel Corporation 2005.
- [154] "Two-wire Serial EEPROM 256K (32,768 x 8) - AT24C256B," Atmel Corporation 2004.
- [155] Denton, Emmy Smaragda, "SensorPath[TM] single-wire interface for sensing," Electronic Design, November 2003.
- [156] <http://www.maxim-ic.com/1-Wire.cfm>
- [157] Martin D. Seyer, "Rs-232 Made Easy: Connecting Computers, Printers, Terminals, and Modems," Prentice Hall, 2nd edition, May 1991.
- [158] <http://www.corelis.com/products/BusAnalyzersAndExercisers.htm>
- [159] <http://www.totalphase.com/products/beagle/i2cspi/>
- [160] Neđeljko Lekić, Zoran Mijanović, Gvozden Radičević, "EIA232 LOGGER," XLV konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu fiziku, ETRAN 2001.
- [161] Kevin James, "PC Interfacing and Data Acquisition: Techniques for Measurement, Instrumentation and Control," Newnes, August 10, 2000.

- [162] Kenneth J Leap, "The design of a microprocessor-based data logger (Open-file report / U.S. Geological Survey)," U.S. Geological Survey (1982),
- [163] Timo Halonen, Javier Romero, Juan Melero, "GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTS," John Wiley & Sons, 2 edition, December 2, 2003.
- [164] Nedeljko Lekić, "Sistem za prikupljanje podataka sa trakastim kodom 1 ili 3", Magistarski rad, Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Podgorica, 1999. god.
- [165] Nedeljko Lekić, Zoran Mijanović, Rada Dragović Ivanović, "Komunikacioni sistem za rudimentarne periferije", ETF Journal of ELECTRICAL ENGINEERING (a publication of the EE Department, University of Montenegro), 2004/05.
- [166] Wayne Wolf, "FPGA-Based System Design," Prentice Hall PTR; Bk&CD-Rom edition, June 15, 2004.
- [167] Radovan Stojanović, Nebojsa Šolaja, Nedjeljko Lekić, "Reconfigurable System for Calculation of Laser Spot Position inside 2D Image Sensor", WSEAS TRANSACTIONS on ELECTRONICS, Issue 3, Vol.1, July 2004, ISSN: 1109-9445.
- [168] Stojanović Radovan, Šolaja Nebojša, Nedjeljko Lekić, Stojanović Svetlana, "FPGA-RISC Based System for Real-Time Calibration of Laser Spot Position Inside 2D Image Sensor", Proceedings of International Conference Applied Electronics 2005, IEEE, IEE, Pilsen, Sept. 2005, pp 317-320.
- [169] Ljubisa Stankovic, Rada Dragovic-Ivanovic, Zoran Mijanovic, Nedjeljko Lekic, "A precise DA converter realised with imprecise resistors", WSEAS TRANSACTIONS on CIRCUITS and SYSTEMS, Issue 2, Vol.3, April 2003, ISSN: 1109-2734.
- [170] R. Dragović -Ivanović , Z. Mijanović , LJ. Stanković and N. Lekić, "Optimal Resistor Ratio in the DAC with Low Precision Resistors - Statistical Approach", 9th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems - ICECS 2002, September 15-18, 2002, Dubrovnik, Croatia.
- [171] Noureddine Benabadji, "PIC microprocessor drives 20-LED dot- or bar-graph display", EDN, 9/1/2006.

## **PRILOG 1**

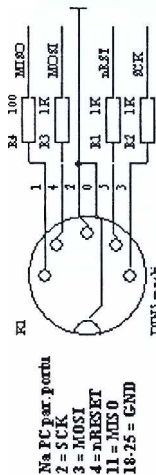
### **ELEKTRIČNE ŠEME**



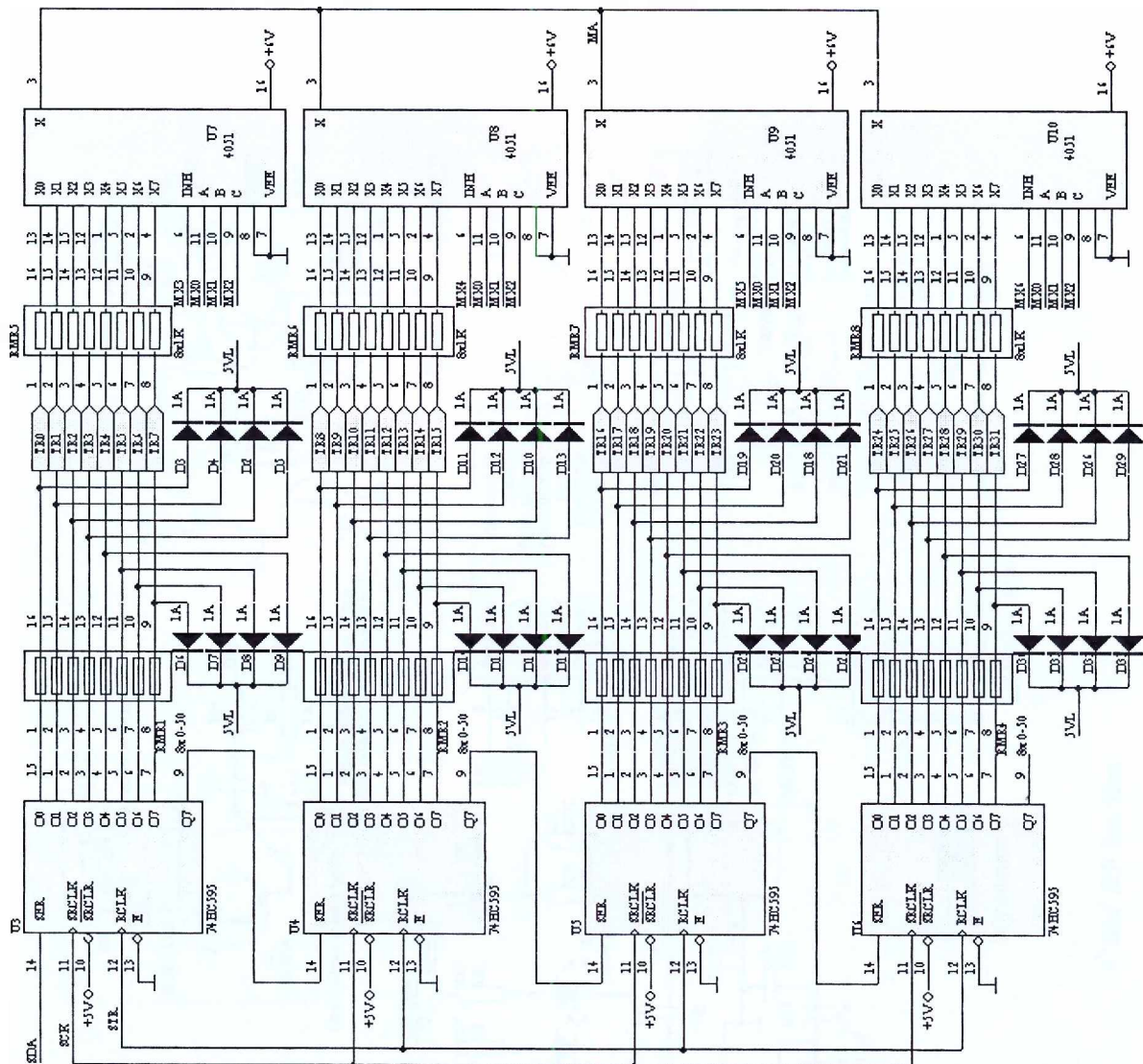
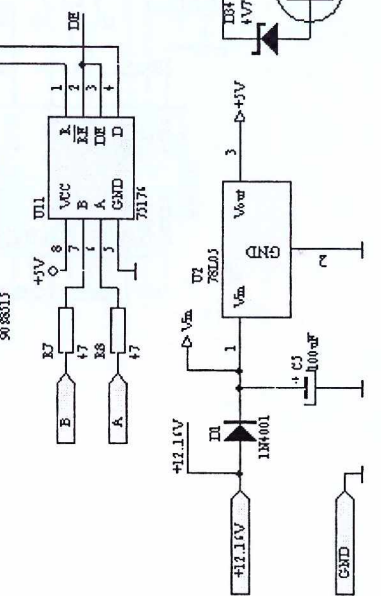
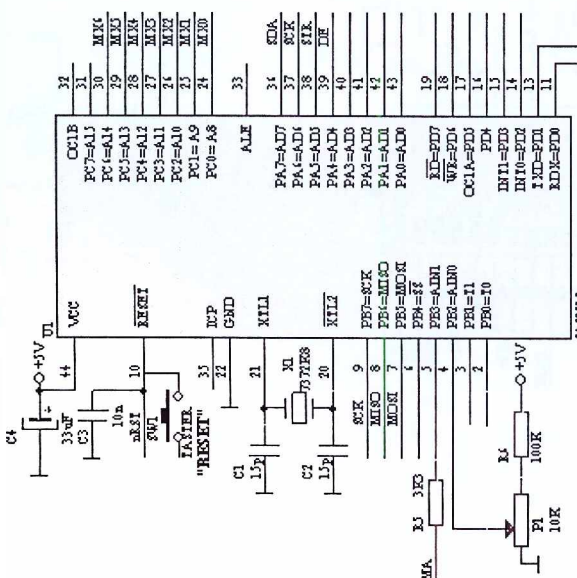


Multifunkcionalna mikroperiferija

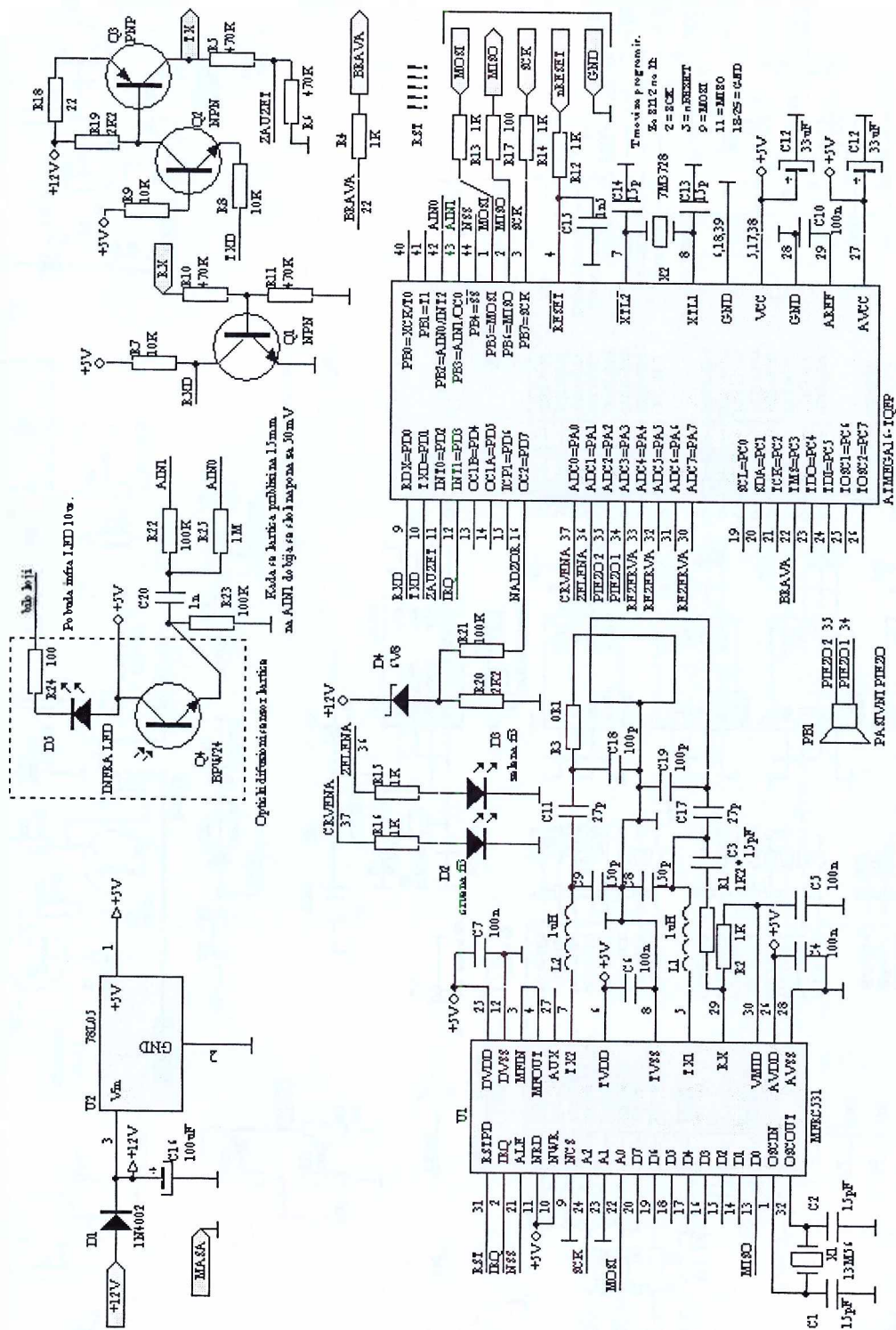


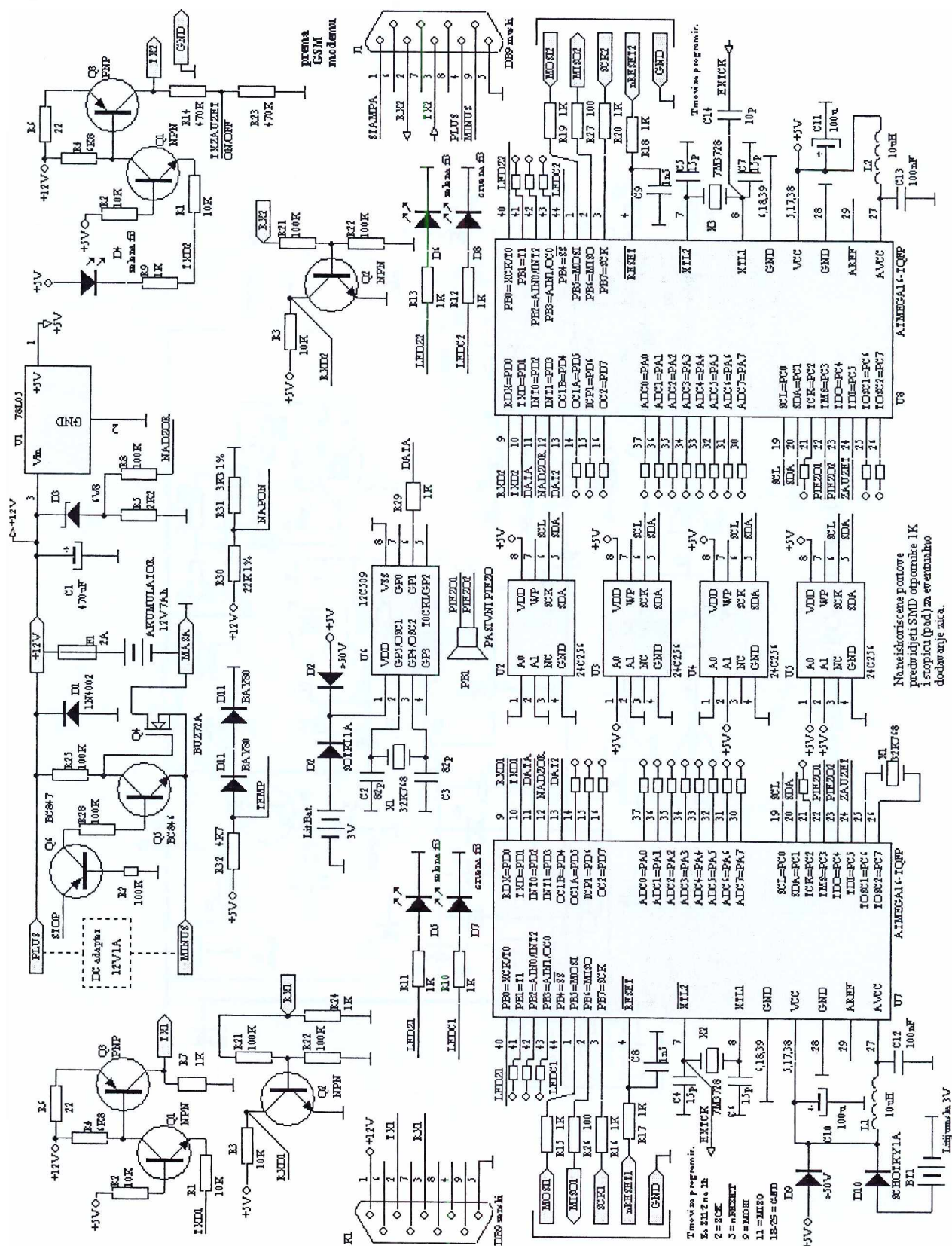


Regulacja napięcia

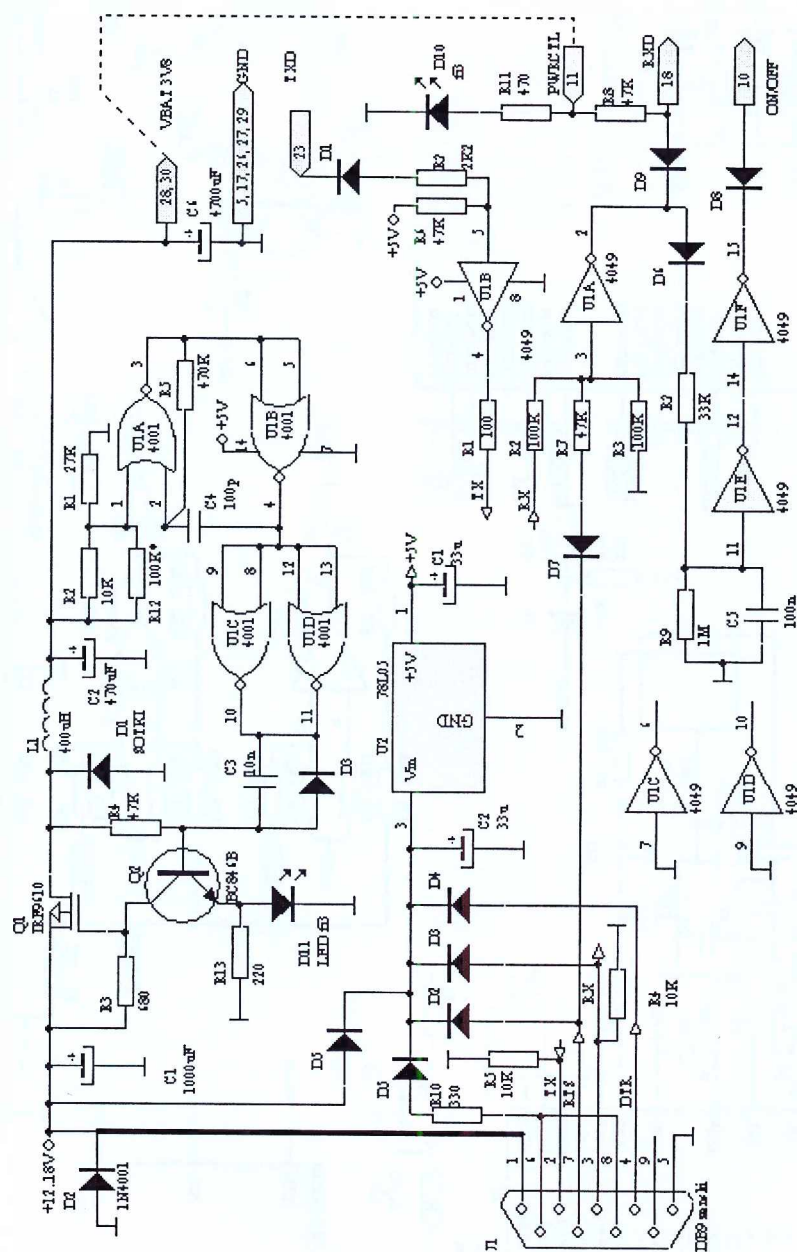


RS232 hub





Multiprocesorski logger



# Interfejs za povezivanje PC-a i GPRS-GSM modema



## PRILOG 2

**CD**

Na CD-u je priložen sljedeći materijal:

- Kompletan tekst teze, zajedno sa priložima.
- Softveri uređaja i sistema opisanih u tezi.
- Publikovani naučni radovi proistakli iz rada na tezi.

### **PRILOG 3**

## **SENZOR DODIRA**

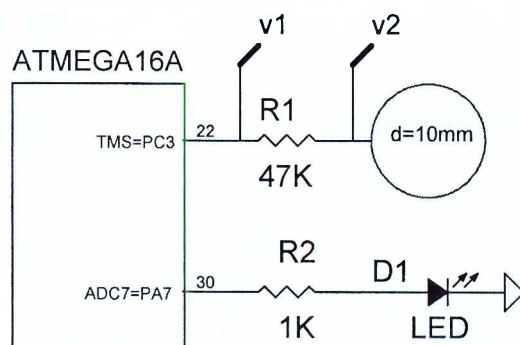
U ovom prilogu prezentirana je realizacije jednog jednostavnog senzora dodira, zasnovanog na mikrokontrolerskom portu. Hardver senzora je krajnje jednostavan. Jedina potrebna spoljašnja komponenta je otpornik. Softver senzora je takođe jednostavan i sastoji se od svega 10-tak instrukcija.

## 1. UVOD

Interfejs čovjek-mašina se najčešće realizuje u vidu tastera ili senzora dodira. Predloženi mikrokontrolerski sensor dodira je daleko jednostavnije konstrukcije nego ostali slični senzori [1, 2, 3]. Princip rada ovog senzora zasnovan je na razlici njegove kapacitivnosti u slučaju dodirnuti i nedodirnuti senzorske površine. Kada senzorska površina nije dodirnuta kapacitivnost je nekoliko pF. Kada se senzorska površina dodirne kapacitivnost poraste nekoliko puta.

## 2. OPIS SENZORA

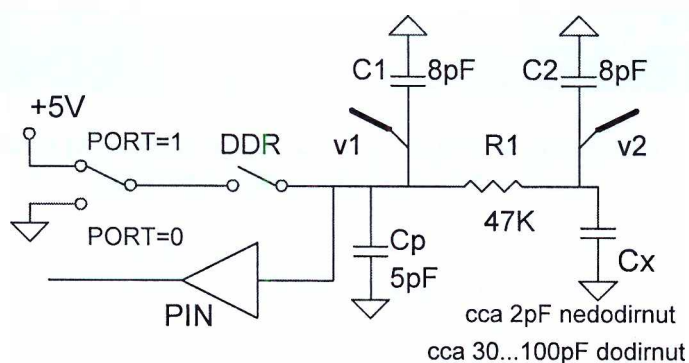
Na slici 1 prikazana je električna šema senzora dodira.



**Slika 1.** Električna šema senzora dodira

Senzor se sastoji od bidirekcionog mikrokontrolerskog porta (u ovom slučaju port Atmel-ovog mikrokontrolera ATMEga16), softverske podrške u mikrokontroleru, otpornika  $R_1=47K$ , i provodne senzorske površine. LED služi samo za indikaciju, odnosno, da pokaže kako je mikrokontroler pročitao senzor.

Na slici 2 prikazane je ekvivalentna šema senzora.

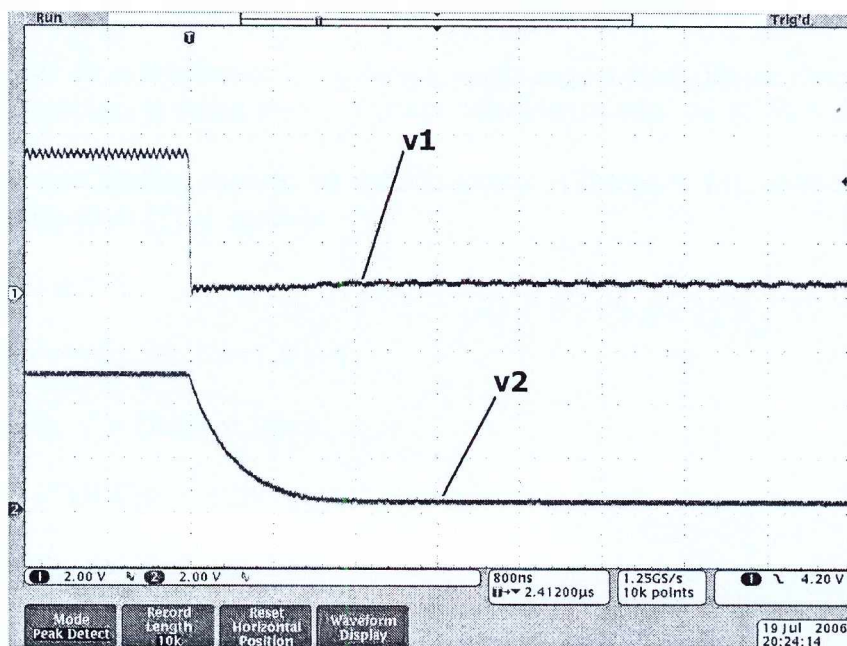


**Slika 2.** Ekvivalentna šema senzora dodira

Kapacitivnost  $C_X$  sa slike 2, predstavlja kapacitivnost senzorske površine. Eksperimentalno je određeno da je  $C_X$  oko 2pF kada sensor nije dodirnut i raste do između 30...100pF kada je sensor dodirnut.  $C_1$  i  $C_2$  predstavljaju kapacitivnost sonde osciloskopa, dok  $C_P$  predstavlja kapacitivnost porta. Za mjerenje su korištene sonde Tek P6139A 500MHz 8.0pF 10M $\Omega$  10x. Kada se sonde uklone, kapacitivnosti  $C_1$  i  $C_2$  nestaju, čime se poboljšava osjetljivost senzora. Mikrokontrolerski port je ekvivalentiran sa PORT i DDR prekidačima i PIN ulaznim baferom za digitalizaciju ulaznog signala (Slika 2).

Softver ispituje stanje senzora na sljedeći način. Na startu ispitivanja je PORT=1 i DDR prekidač zatvoren. Naponi  $v_1$  i  $v_2$  imaju asimptotsku vrijednost od +5V. Zatim softver resetuje PORT na 0 čime započinje pražnjenje kondenzatora. Ovo stanje traje vrlo kratko, oko 750ns. Sljedeći korak je otvaranje DDR prekidača, i zaustavljanje pražnjenja kapacitivnosti. Nakon otvaranja DDR prekidača, sačeka se još 750ns da bi kolo dostiglo stacionarno stanje. Drugim riječima, čekamo da se potencijali na oba kraja otpornika izjednače. Zavisno od kapacitivnosti  $C_X$ , napon  $v_1$  će biti viši ili niži. Sa odgovarajućim tajmingom, dodirnut i nedodirnut sensor će dati  $v_1$  iznad i ispod praga odlučivanja PIN bafra, sa optimalnim marginama. Na kraju, mikrokontroler postavlja PORT na 1 i zatvara DDR prekidač s namjerom da pripremi sensor za sljedeće očitavanje.

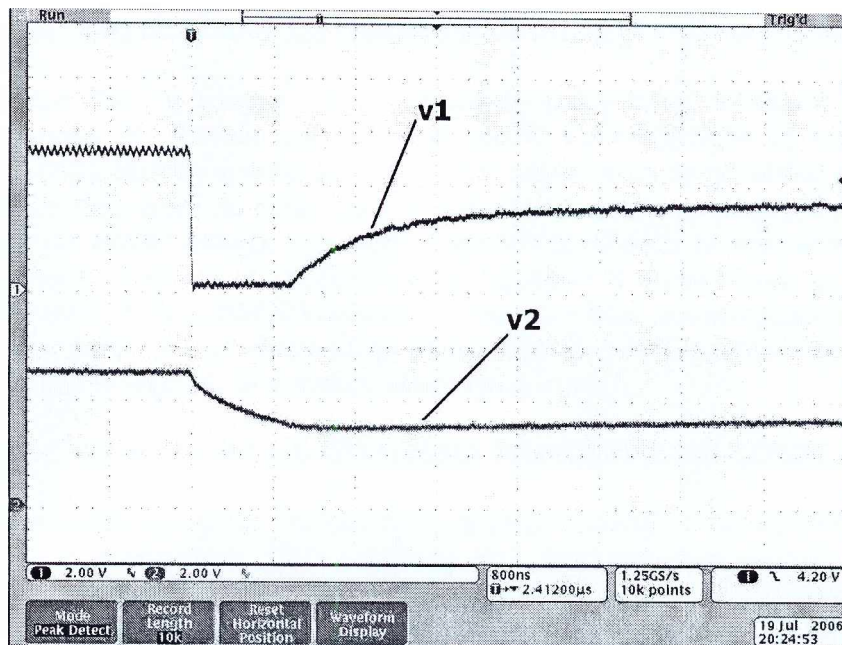
Na slici 3 prikazani su naponi  $v_1$  i  $v_2$  tokom očitavanja senzora, kada on nije dodirnut.



**Slika 3.** Napon na portu mikrokontrolera ( $v_1$ ) i napon na kondenzatoru  $C_X$  ( $v_2$ ), tokom očitavanje senzora, kada on nije dodirnut.

Sa slike se vidi da se kondenzator  $C_X$ , za 750ns, gotovo potpuno ispraznio. Napon na portu mikrokontrolera je jasno ispod logičkog praga odlučivanja, tako da ga PIN bafer vidi kao logičku nulu.

Na slici 4 prikazani su, takođe, naponi  $v_1$  i  $v_2$  tokom očitavanja senzora, ali u slučaju kada je senzor dodirnut.



**Slika 4.** Napon na portu mikrokontrolera ( $v_1$ ) i napon na kondezatoru  $C_X$  ( $v_2$ ), tokom očitavanja senzora, kada je sensor dodirnut.

Slika 4 pokazuje da se kondezator  $C_X$  ispraznio, manje nego u predhodnom slučaju. Napon na portu mikrokontrolera je iznad logičkog praga odlučivanja, tako da ga PIN bafer vidi kao logičku jedinicu.

Softver senzora dodira, napisan za mikrokontroler ATMega16 [4], upotrebom WinAvr GNU GCC kompajlera [5], je sljedeći:

```
// Initially PORT=1

PORTC &= ~TOUCH; // PORT=1

short_delay(); // Delay of 750ns

DDRC &= ~TOUCH; // DDR=open. Touch port set as input

short_delay(); // Delay of 750ns

if(PINC & TOUCH) PORTD |= LED; // If PIN is high turn on LED

else PORTD &= ~LED; // else turn off LED

PORTC |= TOUCH; // Touch port=1

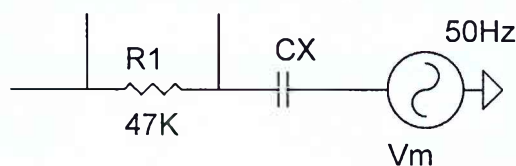
DDRC |= TOUCH; // DDR=close. Touch port set as output
```

### 3. KRITERIJUM ZA IZBOR VRIJEDNOSTI OTPORNIKA $R_1$

Otpornik  $R_1=47\text{K}\Omega$  je izabran u cilju optimalnog zadovoljenja određenih kompromisa. Namjena otpornika  $R_1$ , između ostalog, je da zaštiti mikrokontroler od elektrostatičkog pražnjenja [6]. Port, izabranog mikrokontrolera, bez pojave latch-up problema, može izdržati struju do 40mA. Ovo znači da preko otpornika  $R_1=47\text{K}\Omega$  možemo na port mikrokontrolera dovesti napon do 1000V. Manja vrijednost otpornosti  $R_1$  izložila bi mikrokontroler većem riziku od oštećenja izazvanih elektrostatičkim pražnjenjem. S druge strane, veće vrijednosti otpornosti otpornika  $R_1$  povećale bi vremenske konstante u kolu, povećavajući uticaj šuma od strane električne mreže (mrežni šum). Drugi razlog zašto je poželjno da vremenske konstante u kolu budu manje je skraćivanje vremena očitavanja senzora.

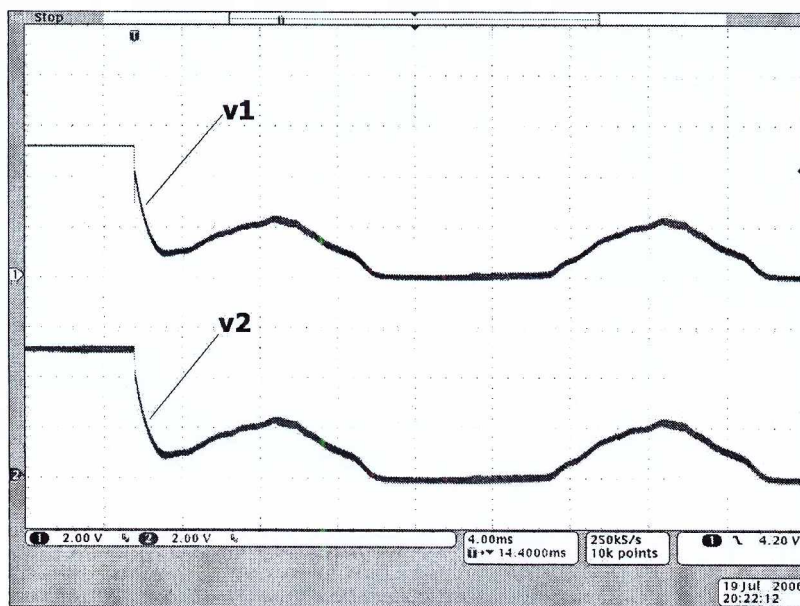
### 4. SENZOR DODIRA U USLOVIMA PRISUSTVA MREŽNOG ŠUMA

U prisustvu električne mreže, ljudsko tijelo se može predstaviti kapacitivnošću koja je u seriji povezana sa generatorom 50Hz amplitude  $V_m$ . Amplituda  $V_m$  se kreće u opsegu od 50V do 300V (Slika 5).



Slika 5. Ekvivalentna šema senzora dodira u prisustvu mrežnog šuma.

Oscilogram na slici 6 pokazuje da se, kada je sensor u stanju visoke impedanse, i dodirnut prstom, na ulazu PIN bafera indukuje sporopromjenjivi mrežni šum.



Slika 6. Napon na portu mikrokontrolera ( $v_1$ ) i napon na kondenzatoru  $C_X$  ( $v_2$ ), u slučaju kada je port mikrokontrolera u stanju visoke impedanse i senzor je dodirnut prstom.

U odnosu na spore promjene mrežnog šuma, vrijeme očitavanje senzora je veoma brzo, cirka  $1\mu s$ . Za vrijeme od  $1\mu s$ , mrežni šum unese promjenu manju od 0.1V. Ovo znači da se tokom očitavanja senzora signal mrežnog šuma može smatrati kao DC signal, koji nema uticaja na očitavanje senzora.

Dalja unapređenja senzora dodira moguća su unapređenjem njegovog softvera, upotrebom odgovarajućeg adaptivnog metoda očitavanja.

## L I T E R A T U R A

1. WILSON, JON S.: 'Sensor Technology Handbook', Newnes; Bk&CD-Rom edition (December 8, 2004)
2. CROWDER, R.M.: 'Tactile sensing', The University of Southampton, January 1998, (<http://www.soton.ac.uk/~rmc1/robotics/artactile.htm>).
3. BERTETTO, A.M., RUGGIU, M.: 'Low cost resistive based touch sensor', Mechanics Research Communications Pergamon Press, ed. B. Boley, 30 pp.101-107, 2003.
4. [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2466.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf)
5. <http://winavr.sourceforge.net>
6. 'MIL-STD-883 - TEST METHOD STANDARD MICROCIRCUITS', U.S. government and military standard, 02/28/06.

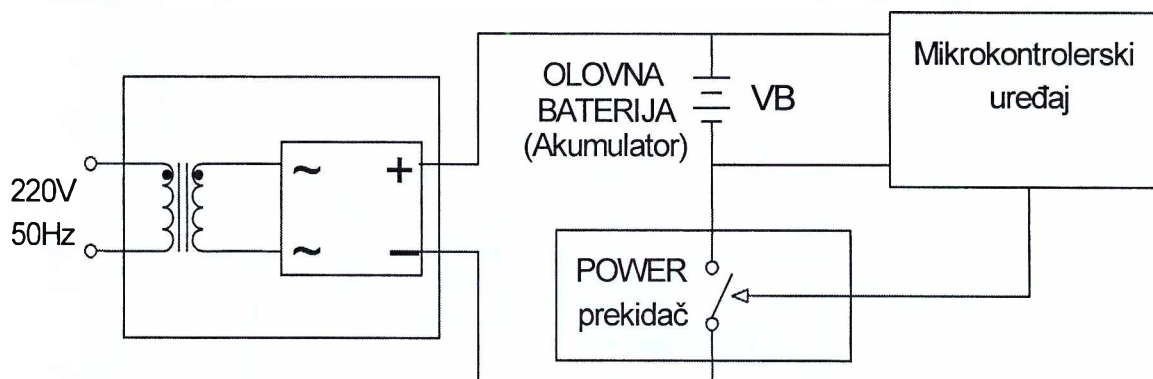
## **PRILOG 4**

### **PUNJAČ OLOVNIH BATERIJA KAO PODFUNKCIJA MIKROKONTROLERSKOG UREĐAJA**

Osnovna namjena ovoga dizajna je realizacija punjača baterije kao podfunkcije u uređajima čija glavna funkcija može biti bilo što drugo, čak mnogo kompleksnije. Ovim dizajnom se obezbjeđuje da uređaj dobija napajanje sa iste baterije i neprekidnost napajanja. Kako je proces punjenja baterije je veoma spor, podfunkcija punjenja uzima zanemarljivo procesorsko vrijeme i ne remeti izvršenje osnovnog zadatka uređaja.

## 1. BLOK DIJAGRAM PUNJAČA

Na slici 1 prikazan je blok dijagram punjača.



Slika 1. Blok dijagram punjača olovnih baterija

Srktura punjača prikazana na slici 1, upotrijebljena je da obezbijedi neprekidno napajanje uređaju. U zavisnosti od stanja baterije, razlikuju se tri slučaja:

1. Baterija je u redu;
2. Baterije je prazna;
3. Nema baterije.

U prvom slučaju, mikrokontroler, u cilju obezbjeđenja optimalnog režima rada baterije, mora da nadgleda napon baterije i temperaturu. U drugom slučaju se podrazumijeva da je napon baterije nedovoljan da obezbijedi regularan rad mikrokontrolera. Mikrokontroler je zaustavljen pa POWER prekidač mora biti uključen. U trećem slučaju, takođe, POWER prekidač mora biti uključen. U ovom slučaju napon na uređaju je značajno veći nego u drugim slučajevima. Kao što se može vidjeti, ulazni napon uređaja, može se koristiti za detekciju svakog od navedena tri slučaja.

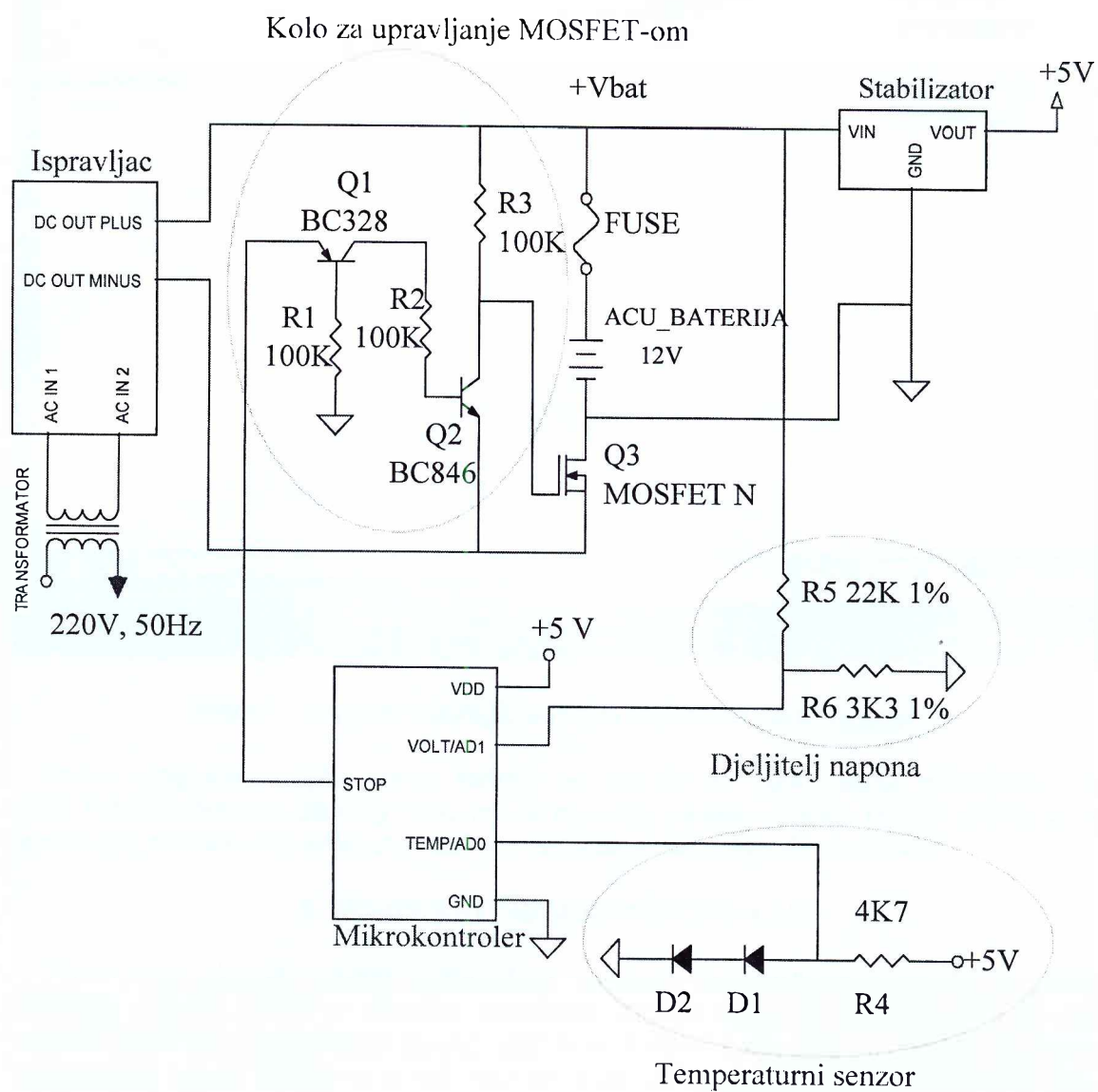
## 2. DETALJNA ELEKTRIČNA ŠEMA I NAČIN FUNKCIONISANJA PUNJAČA

Na slici 2 data je detaljna električna šema punjača. Šema se sastoji iz sljedećih dijelova:

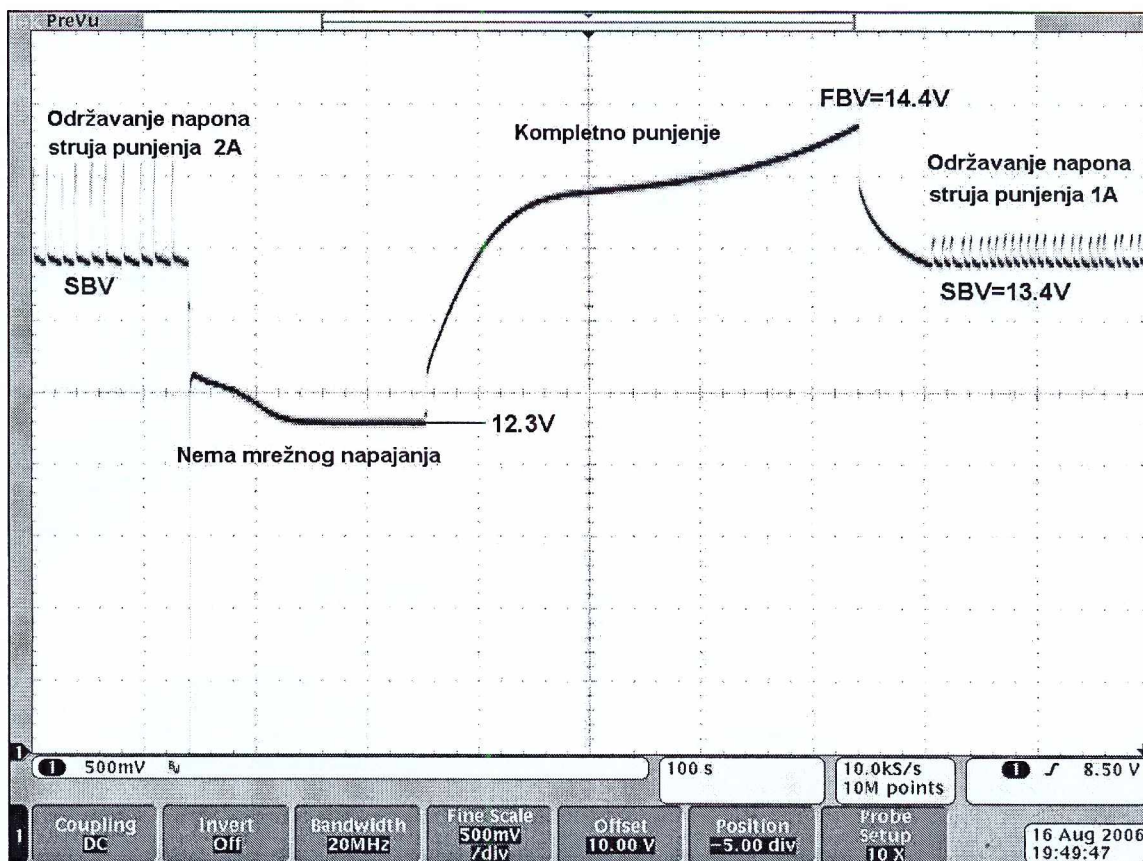
- naponskog djeljitelja,
- temperaturnog sensora,
- MOSFET-a i kola za upravljenje MOSFET-om,
- mikrokontrolerskih portova TEMP/AD0, VOLT/AD1, STOP i
- algoritma punjenja (realizovanog u softveru mikrokontrolera).

Algoritam punjenja obezbjeđuje dva načina punjenja: kompletno punjenje (full charging mode) i održavanje napona (stand by mode). Kada se ispravljač uključi algoritam odradi kompletno punjenje baterije. U ovom modu baterija se mora napuniti na napon između 14.4V i 15V. Ovaj napon se naziva 'puni napon baterije' (FBV – full battery voltage). Nakon dostizanja FBV-a, algoritam punjenja prelazi u režim održavanja napona na bateriji. Napon

održavanja (SBV – stand by voltage) se kreće između 13.5V i 13.8V. Sve ovo se može vidjeti iz dijagrama napona snimljenog digitalnim osciloskopom (Slika 3).



Slika 2. Punjač akumulatora



**Slika 3.** Dijagram punjenja, snimljen digitalnim osciloskopom.

Preko razdjelnika  $R_5/R_6$  napon baterije se dovodi do ADC ulaza mikrokontrolera (VOLT/AD1). Pomoću internog ADC vrši se mjerenje ulaznog napona. U cilju dobijanja što preciznijeg rezultata mjerenja, otpornici  $R_5$  i  $R_6$  trebaju biti temperaturno stabilni.

### 3. TEMPERATURNNA KOMPENZACIJA

Proizvođači olovniha baterija preporučuju uvođenje temperaturne korekcije u proces punjenja. Poznato je da se olovnim baterijama mijenja napon sa temperaturom za oko  $-4\text{mV}/^\circ\text{C}/\text{Cell}$  [1]. Uslijed toga punjač, čije je električna šema data na slici 2, posjeduje temperaturni sensor. Sensor se sastoji od dvije diode ( $D_1$  i  $D_2$ ) i jednog otpornika ( $R_4$ ). Izlaz senzora je povezan sa ADC ulazom mikrokontrolera (TEMP/AD0). Napon na ovim, direktno polarisanim, diodama mijenja se sa temperaturom za oko  $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ . Dvije diode su upotrijebljene u cilju dupliranja naponskog signala. Ova vrsta temperaturnog senzora može se upotrijebiti za mjerenje temperature u opsegu od  $-20^\circ\text{C}$  do  $+150^\circ\text{C}$  [2], što je za ovu namjenu sasvim dovoljno.

### 4. OBEZBJEDJENJE NEPREKIDNOSTI NAPAJANJA

Kolo za upravljanje radom MOSFET-a (Slika 2), obezbjeđuje neprekidnost napajanja. Naime, u slučaju prazne baterije, ovo kolo će uključiti MOSFET i obezbijediti punjenje baterije. U slučaj kada je baterija otkaćena, mikrokontroler će detektovati veoma visok ulazni napon i držaće MOSFET stalno ukljućen.



## 5. SOFTVER PUNJAČA

Agoritam pinjenja je realizovan upotrebom Atmel-ovog ATMegal6 mikrokontrolera [3] i WinAvr GNU GCC kompajlera [4]. U nastavku je dat listing softvera.

```
#define FULL_MODE      1 // Full charging mode
#define STAND_BY_MODE  0 // Stand by mode
#define MosfetOff()    PORTD |= _BV(4)
#define MosfetOn()     PORTD &= ~_BV(4)

//ADC function
unsigned int Adc(unsigned char input){
    unsigned int result;

    // Reading ADC input
    ADMUX=0xC0+input; // Internal REF 2,56V, Right adjusted result
    ADCSRA=0xC7; // ADEN, ADSC, -ADATE, -ADIF, -ADIE, ADPS2, ADPS1, ADPS0
    // Waiting for conversion end
    while(!(ADCSRA & _BV(ADIF)));
    // First read ADCL
    result = ADCL + (ADCH<<8);
    return(result);
}

//Charging algorithm
void ChargerSubfunction(void){
    int voltage, temperature; // Input device voltage,
    static char ChargeMode=FULL_MODE;

    //ADC of input device voltage
    voltage=Adc(1)*2.5*7.666; // 1LSB=2.5mV, divider (22K+3K3)/3K3= 7.666

    //Temperature correction
    temperature=(518-Adc(0))*0.625; // 518 corresponds to 0°C
    //Two diodes gives 2*2mC/C, 1LSB=2.5mV => 2.5mV/4mV=0.645
    voltage += temperature*4*6; // 4mV/C/Cell, battery have six cells

    //Checking of input device voltage
    if(voltage > 17000)MosfetOn(); // if V>17000mV MOSFET turns-on
    else {
        if(CHARGE_MODE == FULL_MODE){
            if(voltage > 15000){
                MosfetOff(); // if V>15000mV MOSFET turns-off
                ChargeMode = STAND_BY_MODE;
            }
            else MosfetOn();
        }
        else if(CHARGE_MODE == STAND_BY_MODE){
            if(voltage < 13000){
                MosfetOn(); // if V<13000mV MOSFET turns-on
                ChargeMode = FULL_MODE;
            }
            else if(voltage < 13800) MosfetOn();
            else if(voltage > 14000) MosfetOff();
        }
    }
}
```

Sa taktom od 8MHz, ChargerSubfunction uzima približno 2.1ms procesorskog vremena, sa periodom ponavljanja oko 5-10sec. Prema tome, algoritam punjenja uzima manje od 0.00042% procesorskog vremena.

Na kraju, može se napomenuti, da ovakav punjač može biti realizovan i kao zaseban uređaj.

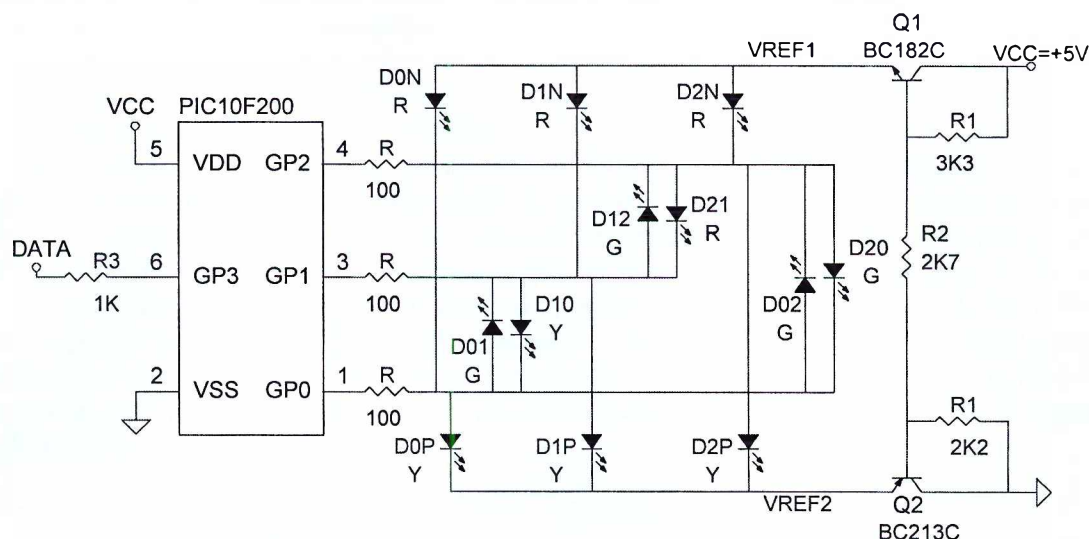
## L I T E R A T U R A

1. D. Berndt, "Maintenance-Free Batteries: Aqueous Electrolyte Lead-Acid, Nickel/Cadmium, Nickel/Metal Hydride", Research Studies Press; 3rd edition (October 2003)
2. Adel S. Sedra and Kenneth C. Smith, "Microelectronic Circuits", Oxford University Press, USA; 5 edition (November 27, 2003).
3. [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2466.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf)
4. <http://winavr.sourceforge.net>

## **PRILOG 5**

### **1W232 INDIKATOR SA 12 LED**

Električna šema 1W232 indikatora sa 12 LED prikazana je na slici 1.



Slika 1. Električna šema 1W232 indikatora sa 12 LED.

Indikator sa slike 1 koristi samo tri mikrokontrolerska porta za pogon 12 LED. Iako je kolo u prvoj namjeni predviđeno da služi kao indikator kod multikontrolerskog logera njegova moguća primjena je daleko šira.

Ulazni DATA signal preko otpornika  $R_3$  dolazi na ulazni port GP3. Otpornik  $R_3$  svojom velikom otpornošću omogućava zaštitu od eventualnih ulaznih prenapona i tako sprečava latch-up kod mikrokontrolera PIC10F200. Indikator koristi mali i po cijeni vrlo povoljni Microchip-ov mikrokontroler sa samo tri I/O porta i jednim isključivo ulaznim portom. GP3 je isključivo ulazni port i ovdje se koristi kao ulaz za DATA 1W232 signal. Softverska podrška 1 wire prijema je identična onoj kod časovnika, realizovanog sa PIC12F629 mikrokontrolerom, ili kog logera, realizovanog sa ATmega16 mikrokontrolerom. Portovi GP0, GP1 i GP2 pogone 12 LED, koje, zavisno od primjene, mogu biti organizovane u obliku linije, kružnice ili na neki drugi pogodan način. U odnosu na portove mikrokontrolera, diode su postavljene kao 6 srednjih, spojenih između 2 porta, i 6 spoljašnjih LED spojenih između jednog porta i  $V_{REF1}$  ili  $V_{REF2}$ . Sa otpornicima  $R$  možemo podešavati osvijetljaj srednjih 6 LED, dok sa otpornicima  $R_1$  i  $R_2$  možemo podešavati osvijetljaj spoljašnjih 6 LED.

Ovo rješenje se može smatrati poboljšanjem već poznatog rješenja prezentiranog u publikaciji navedenoj u literaturi pod [171]. Generelno, sa ovim poboljšanjem,  $N$  I/O portova može da pogoni  $N(N-1)+2N$  LED, dok u rješenju iz [171], sa  $N$  portova pogoni se  $N(N-1)$  LED.

12 LED, indikatora sa Slike 1, sasvim je dovoljno da prikaže raznovrsna stanja koja se mogu pojaviti kod logera. Indikator nije predviđen da signalizira samo greške u sistemu već i da prati i normalne aktivnosti. Indikator sadrži 4 zelene LED, 4 žute LED i 4 crvene LED.

Zelene LED indiciraju uobičajene operacije logera:

- prijem podataka sa čitača ili točionih aparata,
- prijem podataka od strane PC-a i
- prijem podataka od strane časovnika, itd.

Žute LED služe kao upozorenja. One signaliziraju događaje koji označavaju da postoje smetnje u radu logera:

- primljen neispravan paket od strane čitača (točionog aparata),
- primljen neispravan paket od strane časovnika i

- primljen neispravan paketa od strane PC-a.

Crvene LED služe da indiciraju kvarove u sistemu, odnosno, alarmna stanja:

- nedostatak mrežnog napajanja,
- prekid komunikacije sa nekim od čitača (točionih aparata),
- prekid komunikacije sa PC-em i
- prekid komunikacije sa časovnikom.

Softver indikatora organizovan je oko Timera 0, podešenog da prevali svakih 512μs. Ovaj period predstavlja jedan vremenski interval, odnosno jednu fazu multipleksiranja. Imamo ukupno 8 vremenskih intervala. Jedan vremenski interval se koristi da pogoni tri gornje LED, dok se drugi vremenski interval koristi da pogoni tri donje LED. Da bi se dobila jednostavnost u softveru, preostalih 6 vremenskih intervala pogone 1 po jednu srednju LED. Na početku glavne petlje, dok Tajmer 0 prevali, očekujemo i, preko 1W232 interfejsa, primamo pakete podataka. Nakon što Tajmer 0 prevali, postavljamo portove za sljedeću fazu multipleksa. Svakih 8 fazi multipleksa portovi dobijaju ponovljeno stanje. U nastavku je dat kompletan softver indikatora.

```
// Project: Indikator sa 12LED
// Autori: Nedjeljko Lekic, Zoran Mijanovic
// Kompajler: MPLAB IDE sa CC5
// Kontroler: PIC10F200
// Konfiguracija: MCLRE spojeno interno na VDD, WD
```

```
unsigned char timeSlot, UpperLeds, MiddleLeds, LowerLeds;
```

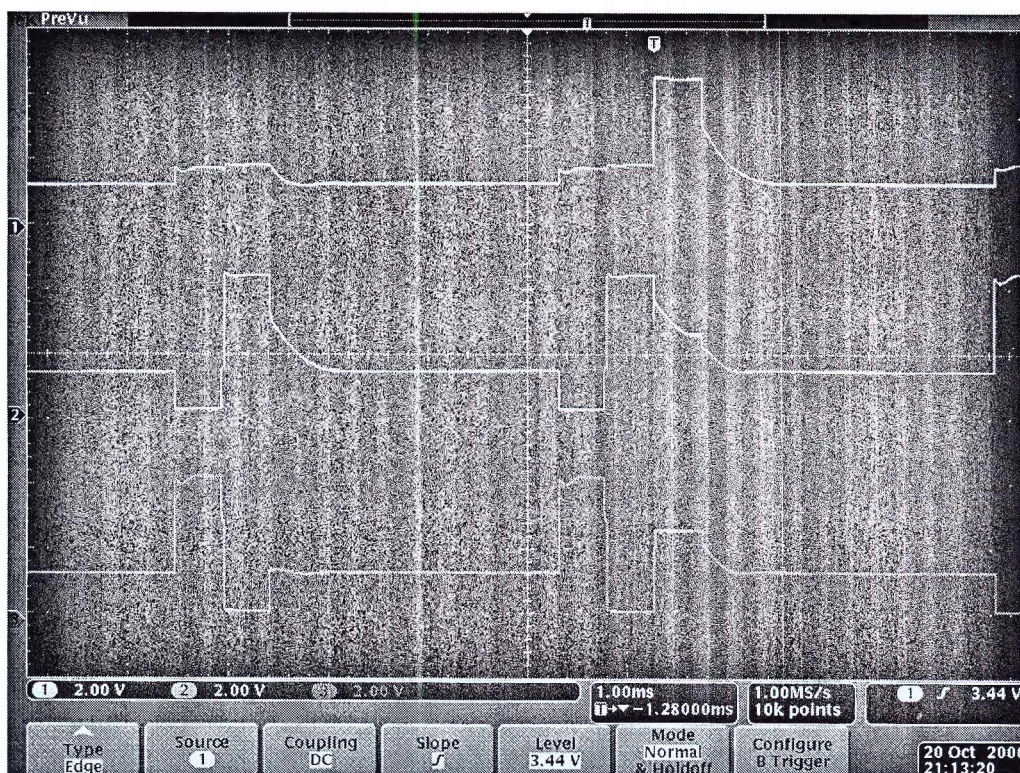
```
extern void Prijem1W232Podataka(unsigned char* pc1, pc2, pc3);
```

```
// Eksterna funkcija koja, kada primi ispravan paket,
// postavlja nove vrijednosti za pc1, pc2 i pc3
```

```
void DriveLeds(){
    TRISGPIO=7; // Gasimo sve portove dok ne namjestimo novo stanje
    switch(timeSlot){
        case 0: GPIO=7; TRISGPIO= ~UpperLeds; break;
        case 1: GPIO=0; TRISGPIO= ~LowerLeds; break;
        case 2: if(MiddleLeds & 1) { GPIO=1; TRISGPIO= ~3; } break;
        case 3: if(MiddleLeds & 2) { GPIO=2; TRISGPIO= ~3; } break;
        case 4: if(MiddleLeds & 4) { GPIO=1; TRISGPIO= ~5; } break;
        case 5: if(MiddleLeds & 8) { GPIO=4; TRISGPIO= ~5; } break;
        case 6: if(MiddleLeds & 16) { GPIO=2; TRISGPIO= ~6; } break;
        default: if(MiddleLeds & 32) { GPIO=4; TRISGPIO= ~6; } break;
    }
}
```

```
void main( void){
    unsigned char k;
    // INICIJALIZACIJA
    OPTION = 0b.1101.0000;
    // Wake-up and pull-ups disabled
    // TMR0 clock source internal, Prescaler 1:2 is assigned to the TMR0
    while(1){ // Glavna petlja
        clrwdt(); // watchdog reset
        while(TMR0 < 0x80) Prijem1W232Podataka( &UpperLeds, &MiddleLeds, &LowerLeds);
        while(TMR0 >= 0x80) Prijem1W232Podataka( &UpperLeds, &MiddleLeds, &LowerLeds);
        DriveLeds();
    }
}
```

Na slici 2 su pokazani GP0, GP1 i GP2 talasni oblici snimljeni pomoću digitalnog osciloskopa.



DPO4034 - 21:05:04 20.10.2006

**Slika 2.** GP0, GP1 i GP2 talasni oblici (od vrha ka dnu) snimljeni digitalnim osciloskopom.

Na slici 2 se može primijetiti prelazak iz jednog u drugi LED obrazac. Promjena se dešava nakon prijema paketa podataka, putem 1W232 interfejsa.

## **PRILOG 6**

### **DOPUNSKA OBJAŠNENJA**

Ovaj prilog je formiran nakon što je komisija za ocjenu pregledala tezu. U prilogu su data dopunska pojašnjenja nekih djelova doktorske teze, nastala kao rezultat konstruktivnih zapazanja i predloga komisije.

## 1. ČITAČ ČIP KARTICA MALE POTROŠNJE

Kod uređaja male potrošnje nastoji se da mikrokontroler što više vremena provede u Sleep ili Power down modu. U tim režimima redukovane potrošnje isključuju se svi dijelovi mikrokontrolera koji u tom trenutku nijesu neophodni. Srednja potrošnja struje ovih uređaja može se aproksimirati kao potrošnja u aktivnom stanju pomnoženo sa faktorom ispune. Faktor ispune je procentualno vrijeme aktivnog stanja prema periodu ponavljanja tog aktivnog stanja.

U tom smislu veoma je značajno da se period aktivnog stanja ne produžava bez potrebe. To je zapravo najvažniji razlog zašto je u Čitaču čip kartica male potrošnje kao izvor takta upotrijebljen interni RC oscilator. Obzirom da je interni RC oscilator realizovan kao relaksacioni oscilator, mikrokontroler je već sa prvim taktom funkcionalno sposoban i može odmah da izvršava instrukcije. Dakle, interni oscilator omogućuje mikrokontroleru da odmah po buđenju iz Sleep odnosno Power down moda bude operativan. S druge strane, buđenje kod mikrokontrolera sa kvarcnim kristalom uvijek traje duže i to do nekoliko desetina ms. Naime, kvarcnom oscilatoru, za dobijanje stabilnih oscilacija potrebno je nekoliko hiljada perioda. Poređenja radi, ako je mikrokontroleru za obavljanje nekog posla dovoljno 10 $\mu$ s aktivnog režima, sa internim oscilatorom će to trajati upravo toliko, dok se sa kvarcnim kristalom to produžava za još 10ms, odnosno trajaće 1000 puta duže.

Postoje i druge pogodnosti koje donosi upotreba internog RC oscilatora, umjesto kvarcnog oscilatora. Tu se može pomenuti ušteda na portovima. Priključenje kvarcnog oscilatora zahtijeva dva porta mikrokontrolera. Prema tome, u slučaju kvarcnog oscilatora, mikrokontroler PIC12C509 nebi mogao biti upotrijebljen za realizaciju Čitača čip kartica male potrošnje, već bi se morao koristiti mikrokontroler sa većim brojem portova. Osim toga, gabariti kvarcnog oscilatora su često nekoliko puta su veći od gabarita samog mikrokontrolera.

Na žalost, upotreba internog RC oscilatora, osim pomenutih prednosti, donosi problem nepreciznog takta. Učestanost takta internog oscilatora nalazi se u opsegu  $\pm 10\%$  od nominalne vrijednosti i mijenja se sa temperaturom i drugim uslovima ambijenta. Za prevazilaženje ovog nedostatka mogu se koristiti razne tehnike kalibracije na bazi dolaznog signala. Međutim, to opet zahtijeva složeniji softver u mikrokontroleru, što bi zauzelo više programske memorije. Za ovakvu situaciju, LSR komunikacioni protokol dolazi kao razrješenje svih ovih teškoća. On omogućava prijem signala sa uređaja koji nemaju kvarcno stabilan takt i omogućava izradu jednostavnog huba, zasnovanog na multiplekseru.

U Tabeli 1 dat je uporedni pregled potrošnje Čitača čip kartica male potrošnje i drugih kontaktnih čitača čip kartica, razmatranih tokom istraživanja u ovom radu i navedenih u literaturi.

Naziv čitača	Potrošnja
Čitač čip kartica male potrošnje [predloženo rješenje]	1.2mA
ACS - ACR91 [1, 3]	35mA
ACS - ACx38 series [1, 3]	<50mA
<i>Beijin Ypeng Technology Co.,Ltd, D4 Smart card reader [5]</i>	<50mA
Philips' Contact Smart Card Reader ICs [4]	55mA
OMNIKEY - CardMan CM31xx, CM30xx series [1, 2]	100mA
ACS - ACx30 series [1, 3]	100mA
AMAG Technology, S720/S721 Contact Smart Card Readers [6]	<150mA

**Tabela 1.** Uporedni pregled potrošnje Čitača čip kartica male potrošnje i drugih kontaktnih čitača čip kartica

## 2. EIA232 HUB I LSR KOMUNIKACIONI PROTOKOL

Za EIA232 hub, koji je u tezi opisan u poglavlju 2.6, može se precizirati da je u pitanju rješenje zasnovano na originalnom LSR komunikacionom protokolu, i u tom smislu se ne može valjano uporediti sa nekim hubom opisanim u dostupnoj literaturi. EIA232 hub nije hub koji se uobičajeno pretpostavlja pod tim izrazom. EIA232 hub ne služi za vezu među računarima po Ethernet standardu. U pitanju je hub namijenjen za razgranavanje mreže po EIA232 protokolu.

Za razmjenu podataka između huba i periferija odabrana je brzina od 600b/s. Prilikom njenog odabira, prvenstveno se vodilo računa o vremenu odziva identifikacionog sistema<sup>11</sup>. U principu, poželjno je da sistem što brže reaguje, odnosno da je vrijeme odziva što kraće. Ipak, glavno mjerilo je subjektivni osjećaj korisnika. Skraćivanje vremena odziva ispod 300ms nema značaja, jer korisnik to ne osjeća. Brzina od 600b/s je zadovoljila ovaj kriterijum i nije bilo potrebe za njenim uvećavanjem.

S druge strane, mala brzina prenosa podataka pruža druge pogodnosti. Jedna od njih je - olakšana realizacija huba. Tako je, korištenjem mikrokontrolera AT90S8515, pogonjenog taktom učestanosti 7.3728MHz, realizovan hub na koji se mogu priključiti 32 periferna uređaja.

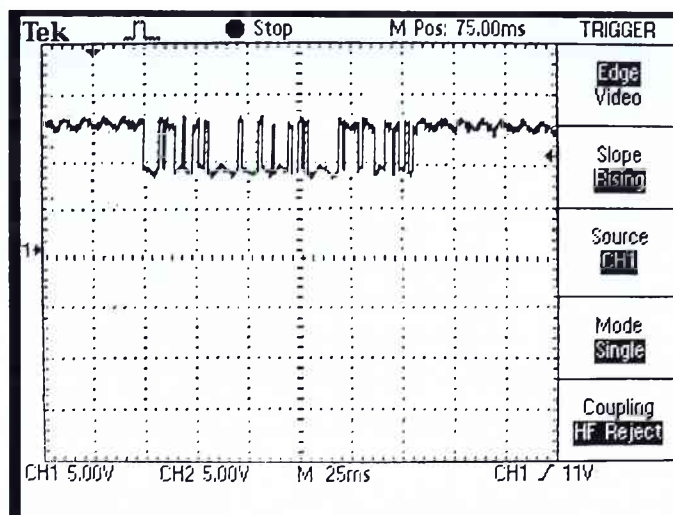
Mala brzina prenosa omogućila je i veća rastojanja između huba i periferija. Poznato je da su brzina prenosa podataka i rastojanje na koje se ti podaci mogu prenijeti, približno u recipročnoj zavisnosti. U tom smislu, ovdje se može istaći mogućnost primjene huba za prenos podataka na velika rastojanja. Eksperimentalno je provjereno da se sa kablom dužine 1km, pri brzini 600b/s, ostvaruje komunikacija bez grešaka u prenosu (bit error rate jednak nuli). Ipak, treba naglasiti da su eksperimenti vršeni u idealnim uslovima, bez izvora smetnji koji su mogući u realnim prilikama.

Signal između huba i periferije je u jednom smjeru naponski, a u drugom smjeru strujni.

U smjeru od huba prema periferiji signal je naponski sa nivoima: 14...16V logička jedinica i 9...11V logička nula. Nivoi su tako izabrani da bi periferija uvijek imala dovoljan napon i na taj način mogla da se neprekidno napaja i komunicira preko iste parice (Slika 1.).

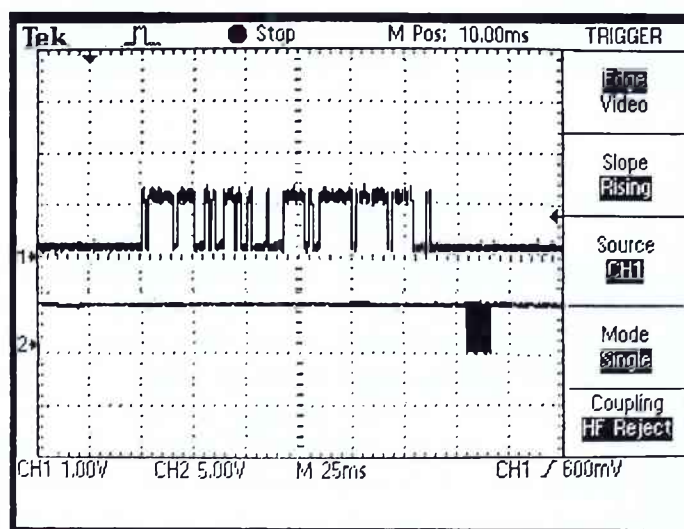
<sup>11</sup> Vrijeme odziva je vrijeme koje je potrebno identifikacionom sistemu da odgovori na zahtjev korisnika.





**Slika 1.** Signal huba na liniji prema periferiji

U suprotnom smjeru, od periferije prema hubu, prenos podataka se ostvaruje strujnim signalom od 5mA. Periferije priključene na hub su male potrošnje (ispod 5mA), i logička nula se prenosi uvećanjem struje za 5mA (Slika 2.).



**Slika 2.** Signal 1 je signal poslan od strane periferije, dobijen na unutrašnjoj otpornosti izlaza registra 74HC595.

### 3. RF ČITAČ MALE POTROŠNJE

Kod RF čitača male potrošnje razlikuju se dva dometa. Jedan je domet samog RF čitača a drugi je domet difuzionog senzora. Domet RF čitača je približno 4 do 5cm. Međutim, domet difuzionog senzora, u velikoj mjeri, zavisi od boje objekta koji mu se približava. Za svijetle objekte domet je oko 4cm, dok za izrazito tamne objekte domet je svega 0.5cm.

U Tabeli 2 dat je uporedni pregled potrošnje i dometa mojeg RF čitača sa difuzionim senzorom i drugih RF čitača iste kategorije (MIFARE 13.56MHz).

RF čitač	Potrošnja RF čitača	Domet čitača
RF čitač sa difuzionim senzorom [predloženo rješenje]	750 $\mu$ A	4cm
HID <i>iCLASS</i> <sup>TM</sup> FIPS 201 Readers [7]	50mA	do 7.62cm
ACR120 Contactless Mifare Reader [8]	80mA	5cm
PRW106 Cash Card Issuer/Programmer [9]	100mA	3cm
HMS814 / HMS816 Portable Reader/Writers [10]	100mA	0.7cm - 1.5cm
DF900 Contactless Smart Card Reader [12]	120mA	2cm – 6cm
miP5 Contactless Smart Card Reader [12]	120mA	2cm – 6cm
AC906 Cash Card Access Terminal [9]	150mA	3cm

**Tabela 2.** Uporedni pregled potrošnje i dometa RF čitača iz kategorije MIFARE 13.56MHz

Različito reagovanja na svjetlije i tamnije objekte ograničava primjenu RF čitača sa difuzionim senzorom. Međutim, u sistemima u kojima je potreban veliki broj RF čitača, kao što su sistemi za automatizaciju hotelskog poslovanja, potrošnja pojedinog čitača je opredjeljujući faktor. Na primjer, u hotelu sa 200 soba, ukoliko bi, potrošnja jednog RF čitača iznosila 100mA, potrošnja kompletnog sistema bi dostigla 20A. S druge strane, ukoliko potrošnja jednog čitača iznosi 1 mA, čitav sistem bi trošio 200mA i mogao bi se napajati iz manjeg akumulatora. U ovakvim sistemima, neprepoznavanja kartice unutar izrazito crnog omota je manje važan nedostatak nego što je dobit od smanjenja potrošnje. Osim toga, u hotelu, gost mora da izvuče identifikacionu karticu iz omota, i da je stavi na određeno mjesto u sobi i time uključi struju, vodu, klimatizaciju, itd. Prema tome, nedostatak RF čitača sa difuzionim senzorom, u ovakvim primjenama nije od značaja.

#### 4. MULTIKONTROLERSKI LOGER

Upotreba više mikrokontrolera unutar jednog logera, dovela je do nešto složenijeg harvera, ali je to višestruko vraćeno pojednostavljenjem softvera, njegovim lakšim održavanjem i paralelizmom u radu logera. Paralelizam dolazi do izražaja kroz mogućnost nesmetanog prikupljanja podataka od strane registracionog mikrokontrolera, čak i kada se u komunikacionom mikrokontroleru mijenja softver. Takođe, registracioni mikrokontroler nesmetano prikuplja podatke i kada PC preuzima podataka

Sve ovo bi bilo veoma teško realizovati upotrebom samo jednog mikrokontrolera. U tom slučaju, javili bi se razni teški uslovi u softveru, u smislu potrebe za istovremenim opsluživanjem više zahtjeva. Morale bi se razmatrati vremenski kritične situacije. Osim toga, i u domenu hardvera, javio bi se nedostatak UART-a. Naime, kao što se moglo vidjeti iz opisa logera (Poglavlje 2.9) UART registracionog mikrokontrolera upotrijebljen je za vezu sa RF čitačima, dok je UART komunikacionog mikrokontrolera upotrijebljen za vezu sa višom instancom, odnosno PC-em. U slučaju realizacije logera sa jednim mikrokontrolerom, morao bi se upotrijebiti mikrokontroler sa dva UART-a koji je dva puta skuplji.

U pogledu upotrebe trećeg mikrokontrolera, čija je funkcija - praćenje realnog vremena, ovdje se može reći da su realizovane dvije varijante logera. U jednoj varijanti funkcija praćenja realnog vremena realizovana je unutar registracionog mikrokontrolera, upotrebom asinhronog tajmera. U drugoj varijanti za praćenje realnog vremena upotrijebljen je zasebni mikrokontroler. Obije varijante su u eksploataciji. Međutim, utvrđeno je, da se kod logera sa zasebnim mikrokontrolerom za praćenje realnog vremena, potrošnja časovnika može učiniti manjom. Veoma je važno da potrošnja časovnika bude što manja, da bi se u situacijama kada logger izgubi mrežno napajanje, moglo što duže nastaviti praćenje realnog vremena napajajući

se iz pomoćne baterije. Konkretno u logeru je upotrijebljena litijumska baterija 3V CR 2032. Osim toga, pokazalo se, da se sa zasebnim mikrokontrolerom, postiže veća pouzdanost u praćenju realnog vremena. Na primjer, u fazi razvoja softvera registracionog mikrokontrolera, dešavalo se da usljed neke softverske greške, mikrokontroler zablokira. U tom slučaju, watchdog resetuje mikrokontroler i on nastavi sa normalnim radom, ali, što je ozbiljan problem, izgubi tačno vrijeme. Čak i kada je softver potpuno razrađen, usljed veće složenosti registracionog mikrokontrolera, mogućnost njegovog zastoja u radu je veća nego kod prostog mikrokontrolera čija je jedina funkcija praćenje realnog vremena.

## REFERENCE

- [1] <http://www.smartcardfocus.com/shop/ilp/se~10/p/index.shtml>
- [2] <http://www.omnikey.com>
- [3] <http://www.acs.com.hk/>
- [4] <http://www.nxp.com/products/identification/readers/contact/index.html>
- [5] [http://www.diytrade.com/directory/global/buy/products/1703621/China\\_Manufacturers\\_D4\\_Smart\\_card\\_reader.html](http://www.diytrade.com/directory/global/buy/products/1703621/China_Manufacturers_D4_Smart_card_reader.html)
- [6] [http://www.amag.com/documents/AMAG%20S720\\_721%20Contact%20Smartcard%20Readers%20V5.pdf](http://www.amag.com/documents/AMAG%20S720_721%20Contact%20Smartcard%20Readers%20V5.pdf)
- [7] <http://www.hidcorp.com/products/readers.php>
- [8] <http://www.scdeveloper.com/Readers/ACR120.htm>
- [9] [http://www.gigatms.com.tw/upload/product/catalog/catalog\\_82.pdf](http://www.gigatms.com.tw/upload/product/catalog/catalog_82.pdf)
- [10] [http://www.ictglobal.ch/de/produkte/rfid/HMS-Serie/db\\_hms814\\_816.pdf](http://www.ictglobal.ch/de/produkte/rfid/HMS-Serie/db_hms814_816.pdf)
- [11] [http://www.gaotek.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=570&cPath=118\\_125](http://www.gaotek.com/index.php?main_page=product_info&products_id=570&cPath=118_125)
- [12] [http://www.bqtsolutions.com/resources/tenderSpecifications/tenderspec\\_DF900\\_desfire.pdf](http://www.bqtsolutions.com/resources/tenderSpecifications/tenderspec_DF900_desfire.pdf)



<sup>1</sup> Podatak o signaturi (lokaciji) može ispuniti biblioteka organizacione jedinice/Univerzitetska biblioteka

Prevod naslova disertacije na engleski jezik

Contributions to the development of modern identification systems

Mentor i članovi komisija (za ocjenu i odbranu)

dr Ivo Kostić, red. profesor, ETF Podgorica, predsjednik,  
dr Zoran Mijanović, red. profesor, ETF Podgorica, mentor,  
dr Milo Tomašević, vanred. profesor, ETF Beograd, član,  
dr Srđan Stanković, red. profesor, ETF Podgorica, član,  
dr Radovan Stojanović, docent, ETF Podgorica, član.

Sažetak\*

Poseban prilog.

Sažetak na engleskom (njemačkom ili francuskom) jeziku

Poseban prilog.

Ključne riječi Poseban prilog

Ključne riječi na engleskom jeziku Poseban prilog.

Naučna oblast/uža naučna oblast

Elektronika

Naučna oblast/uža naučna oblast na engleskom jeziku

Electronics

Ostali podaci

\* Ukoliko je predviđeni prostor za polja Sažetak, Sažetak na engleskom jeziku, Ključne riječi i Ključne riječi na engleskom jeziku nedovoljan, priložiti

## SAŽETAK

Prvi dio ovog rada posvećen je komparativnom pregledu postojećih identifikacionih tehnologija. Od tehnologija baziranih na posjedovanju identifikatora najveća pažnja posvećena je beskontaktnoj RFID tehnologiji. Zatim slijede biometrijske identifikacione tehnologije. Među njima su najvažnije i najdetaljnije opisane tehnike prepoznavanja otiska prsta, dužice oka, lica i glasa.

U drugom dijelu teze opisani su naučni i stručni doprinosi koje sam ostvario na razvoju identifikacionih sistema. Opisani su:

- doprinosi direktno vezani sa identifikacionim tehnikama (Kontaktни čitač male potrošnje, Multifunkcionalna mikroperiferija, Čitač RF kartica),
- novi komunikacioni protokoli (LSR komunikacioni protokol, 1 wire EIA232 komunikacioni protokol)
- i drugi doprinosi (EIA232 hub i multikontrolerski logger).

Navedeni doprinosi su našli primjenu u većem broju preduzeća gdje sam realizovao sisteme kao što su:

- Off-line Mifare sistem za kontrolu pristupa
- RF sistem za evidenciju radnog vremena i
- Sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe.

Opis ovih sistema ima težište na obradi identifikacionih podataka.

Na kraju rada su dati pravci daljeg razvoja i moguća poboljšanja.

## KLJUČNE RIJEČI:

Identifikacioni sistemi, RFID, biometrija, orisak prsta, dužica oka, čitač kontaktnih kartica, čitač RF identifikatora, multifunkcionalna mikroperiferija, LSR komunikacioni protokol, EIA232 Hub, multikontrolerski logger, 1W232 komunikacioni protokol, 1W232 indikator, senzor dodira, Off-line Mifare sistem za kontrolu pristupa, RF sistem za evidenciju radnog vremena, Sistem za automatizaciju rada benzinske pumpe.

Podgorica, 2018-12-21.

Prof. dr Nedeljko Lekić



## ABSTRACT

The first part of this thesis presents a comparative survey of existing identification technologies. It covers several existing technologies with emphasis on contactless RFID technology. The biometrical identification technologies, such as Fingerprint Verification, Iris Scanning, Facial Recognition and Voice Recognition are described also.

The main contributions of the thesis are presented in the second part, and can be summarised as follows:

- contributions which are related to the identification process (Small power consumption chip card reader, Multifunctional micro-periphery, RF card reader),
- new communication protocols (LSR communication protocol, 1 wire EIA232 communication protocol),
- and others (EIA232 hub, Multiprocessor logger).

The presented approaches are verified through many practical projects in industry, as:

- Off-line Mifare access control system,
- RF system for the evidence of working hours,
- System for gas station control.

These implemented systems, are described in terms of processing identification data.

There are many secondary contributions, in thesis, also.

At the end, the direction for future developments and improvements are elaborated.

## KEY WORDS:

Identification systems, RFID, biometric, fingerprint, iris print, contact card reader, RF card reader, multifunctional micro-periphery, multiprocessor logger, LSR communication protocol, EIA232 Hub, 1 wire EIA232 communication protocol, 1W232 indicator, touch sensor, Off-line Mifare access control system, RF system for the evidence of working hours, System for gas station control.

Podgorica, 2018-12-21.

Prof. dr Nedeljko Lekić



## IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku da u **Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore** unese doktorsku disertaciju pod naslovom

Doprinosi razvoju savremenih identifikacionih sistema.

koja je moj autorski rad.

Doktorska disertacija, pohranjena u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore, može se koristiti pod uslovima definisanim licencom Kreativne zajednice (Creative Commons), za koju sam se odlučio/la<sup>1</sup>.

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>

Autorstvo

Autorstvo – bez prerada

Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

Autorstvo – nekomercijalno

Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada

Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima

Potpis doktoranda

*N. Džević*

u Podgorici,

21/12/2018

---

<sup>1</sup> Odabrati (čekirati) jednu od šest ponuđenih licenci (kratak opis licenci dat je na poledini ovog priloga)

**Autorstvo**

Licenca sa najširim obimom prava korišćenja. Dozvoljavaju se prerade, umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio).

Djelo se može koristiti i u komercijalne svrhe.

**Autorstvo – bez prerada**

Dozvoljava se umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Djelo se ne može mijenjati, preoblikovati ili koristiti u drugom djelu.

Licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela.

**Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima**

Dozvoljava se umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Ukoliko se djelo mijenja, preoblikuje ili koristi u drugom djelu, prerade se moraju distribuirati pod istom ili sličnom licencom.

Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.

**Autorstvo – nekomercijalno**

Dozvoljavaju se prerade, umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio).

Komercijalna upotreba djela nije dozvoljena.

**Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada**

Licenca kojom se u najvećoj mjeri ograničavaju prava korišćenja djela. Dozvoljava se umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Djelo se ne može mijenjati, preoblikovati ili koristiti u drugom djelu.

Komercijalna upotreba djela nije dozvoljena.

**Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima**

Dozvoljava se umnožavanje, distribucija, javno saopštavanje i prerada djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Ukoliko se djelo mijenja, preoblikuje ili koristi u drugom djelu, prerada se mora distribuirati pod istom ili sličnom licencom.

Djelo i prerade se ne mogu koristiti u komercijalne svrhe.