

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni preddiplomski studij računarstva

Ugradbeni računalni sustavi - završni projekt

Projektna dokumentacija

"RiRead"

Mentor: doc. dr. sc. Mladen Tomić

Rijeka, svibanj 2015.

B. Kružić, L. Švast, E. Terzić, F. Tuco

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
1.1.	Opis	1
1.2.	Članovi projektnog tima.....	2
2.	HARDVERSKJE KOMPONENTE SUSTAVA	3
2.1.	AVR Mega 16/32 mini razvojna pločica.....	3
2.2.	3.2" TFT LCD displej modul	4
2.3.	SU90 čitač magnetnih kartica	5
2.3.1.	PS/2 konektor.....	7
2.3.2.	USART	7
2.4.	USB programator	9
3.	SHEMA SPAJANJA	11
4.	O MAGNETNIM KARTICAMA	12
4.1.	Osnove.....	12
4.2.	Projektom podržane kartice.....	16
4.2.1.	RealTerm.....	16
5.	FUNKCIONALNOSTI I KORISNIČKI PRIRUČNIK	20
5.1.	Upute za provlačenje kartice	20
5.2.	Welcome screen	21
5.3.	Login screen	21
5.4.	Card screen.....	23
5.5.	Info screen	24
5.5.1.	Info screen - X-ica.....	26
5.5.2.	Info screen - HAK.....	26
5.5.3.	Info screen - HZZO Obvezno	26
5.5.4.	Info screen - HZZO Dopunsko	26
5.6.	Prekidne linije	27
5.7.	Iskorištenost memorije	28
5.8.	Dokumentiranje kôda	28
6.	ZAKLJUČAK.....	29
	LITERATURA.....	30
	POPIS OZNAKA I KRATICA	32
	PRILOZI.....	33

1. UVOD

1.1. Opis

U sklopu završnog projekta iz kolegija "Ugradbeni računalni sustavi" dodijeljena nam je sljedeća oprema: ATmega32A mikrokontroler, 3.2" TFT LCD displej modul, SU90 čitač magnetnih kartica i USB programator. Navedena oprema će biti pobliže specificirana u nastavku ovog dokumenta. Projektni zadatak nije bio točno definiran, tako da smo kao grupa imali "slobodne ruke" po pitanju odabira teme. Iako je prilikom preuzimanja opreme intuitivno bilo jasno da će se čitač magnetnih kartica koristiti kao ulaz za podatke, a LCD modul poslužiti za ispis tih istih podataka, trebalo je detaljnije osmisliti te razraditi ideju kompletnog sustava.

Nakon zaduživanja opreme, sljedeći korak sastojao se od prikupljanja dokumentacije o komponentama i principu njihovog rada, programskih knjižnica te ostalih materijala vezano uz magnetne kartice. Poslije boljeg upoznavanja s teorijom i pronalaskom odgovora na neka od pitanja kao npr. kako omogućiti komunikaciju između čitača kartica i mikrokontrolera, koliko magnetnih traka je čitač u stanju pročitati, te ima li mogućnost zapisivanja na magnetnu karticu, tek tada moglo se krenuti s pokušajem primjene naučenog u praksi.

Praktični dio je započeo pojedinačnim osposobljavanjem i testiranjem komponenti. Ponajprije se pokušalo ispisati sadržaj kartica u terminalu spojivši čitač kartica *USB to Serial RS232* pretvaračem na računalo, zatim ispisati dio podataka na već poznati nam znakovni 16x2 LCD, da bi se kasnije migriralo na 32 pinski 3.2" TFT LCD. S uspješnim ispisom *raw* podataka s kartice, došlo je vrijeme da se sustav počne unaprjeđivati u detalje. Integriranjem funkcionalnih pojedinačnih dijelova, uvođenjem autentikacije te omogućavanje više razina pristupa uspjelo se je realizirati zadovoljavajuće rješenje, koje je dakako bilo opet nužno testirati s ciljem otklanjanja mogućih preostalih bugova.

Ukratko, zamišljeni tijek procesa sustava je bio sljedeći:

- 1.) *Welcome screen* - Prikaz poruke dobrodošlice na LCD ekranu
- 2.) *Login screen* - Prijava korisnika provlačenjem studentske iskaznice (X-ica) kroz čitač

3.) *Card screen* - Prikaz glavnog screena s popisom podržanih kartica, imenom prijavljenog korisnika i njegovom privilegijom

4.) *Info screen* - Ispis podataka ovisno o privilegiji korisnika nakon provlačenja podržane (!) kartice

1.2. Članovi projektnog tima

Projektni tim čine četiri člana: Bogomil Kružić, Luka Švast, Edo Terzić i Ferhad Tuco. Prilikom raspodjele zaduženja unutar tima u obzir su se uzimale individualne sposobnosti i vještine studenta kako bi zadatak bio što efikasnije i kvalitetnije odrađen.

2. HARDVERSKÉ KOMPONENTE SUSTAVA

2.1. AVR Mega 16/32 mini razvojna pločica

AVR mega16/32 mini razvojna pločica (slika 2.1.) je gotovo, integrirano hardversko rješenje kojim se olakšava razvoj ugradbenih sustava koristeći Atmelove mega16/32 mikrokontrolere visokih performansi. Razvojna pločica sadrži ISP i JTAG portove za programiranje i *debuggiranje*, 8 MHz kvarcni kristalni oscilator, UART (RS-232 DB-9 konektor), 8 statusnih ledica, 4 korisničke tipke, INT0 i INT1 vanjske prekidne linije.

Atmel AVR ATmega32A je *low-power* CMOS¹ 8-bitni mikrokontroler baziran na unaprijeđenoj AVR RISC² arhitekturi, koji kombinira 32KB programabilne flash memorije, 2KB SRAM³-a, 1KB EEPROM⁴-a, 8 kanalni 10-bitni A/D pretvarač i JTAG sučelje za *on-chip* debuggiranje. Uređaj podržava propusnost od 16 MIPS⁵ na 16 MHz i radi na naponu između 4.5 - 5.5 volti. Izvršavanjem instrukcija u jednom clock ciklusu uređaj postiže propusnost približno 1 MIPS-a po MHz balansirajući tako potrošnju energije i brzinu obrade.



Slika 2.1. AVR Mega16/32 mini razvojna pločica

¹ *complementary metal oxide semiconductor*

² *reduced instruction set computer*

³ *static random access memory*

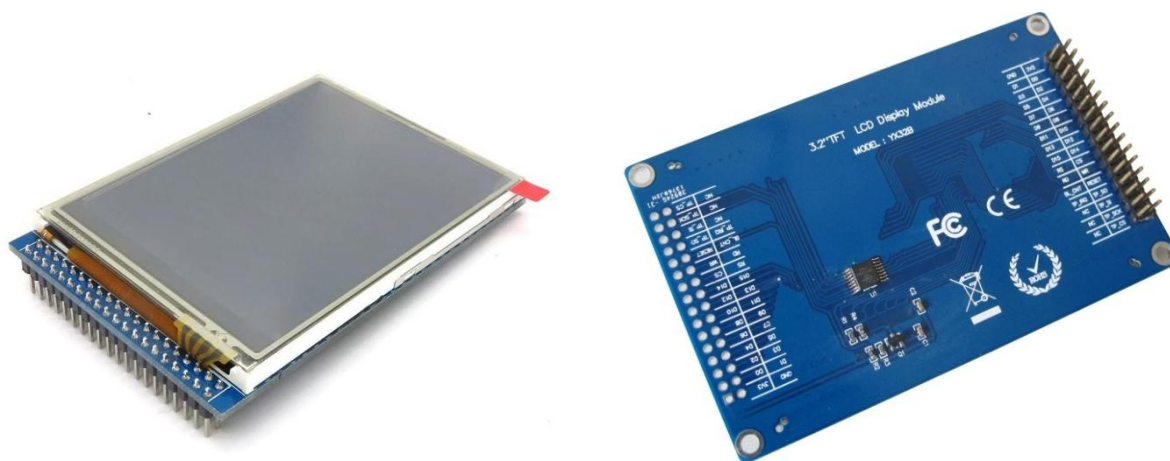
⁴ *electrically erasable programmable read-only memory*

⁵ *million instructions per second*

2.2. 3.2" TFT LCD displej modul

Na slici 2.2. prikazan je 3.2" TFT⁶ LCD modul model YX32B; to je grafički LCD displej rezolucije 320x240 piksela s LED pozadinskim osvjetljenjem. Za njegovo upravljanje koriste se dva mikrokontrolera, jedan odgovoran za prikaz grafičkog sadržaja - SSD1289, a drugi za *touch-screen* funkcionalnost preko SPI⁷ - ADS7843.

LCD sučelje podržava 16-bitni način rada, dok za povezivanje s ostatkom sustava koristi 32-pinsko sučelje koje se može uočiti na poledini modula. Od ukupnih 32 pina, "RiRead" sustav trenutno koristi 23 od kojih se 16 odnose na podatkovne linije, 4 su kontrolna pina (RS, RD, WR, CS) te ostala 3 su GND, 3.3V i RESET.



Slika 2.2. Prikaz prednje i stražnje strane 3.2" TFT LCD modula

Spajanje LCD pinova s pinovima Atmega32A mikrokontrolerom vidljivo je u tablici 2.1. koja se nalazi među ostalim priložima pri kraju dokumenta, a shema spajanja prikazana je u sljedećem poglavlju. Tablični prikaz *pinouta* TFT LCD-a s dodatnim pojašnjenjem funkcije svakog pina također je moguće pronaći među priložima u tablici 2.2.

⁶ *thin film transistor*

⁷ *serial peripheral interface*

2.3. SU90 čitač magnetnih kartica

SU90 (slika 2.3.) je kompaktan i jednostavni trotračni (eng. *three-track*) čitač magnetnih kartica s RS-232 sučeljem; na računalo se spaja standardnim DB-9 konektorom za serijsku komunikaciju i PS/2 konektorom za napajanje, a na izlazu ispisuje 9600 bps 8N1 ASCII serijski niz karaktera. Omogućava dvosmjerno čitanje kartica, u skladu s ISO 7811 i ISO 7812 standardima, prilikom kojeg svjetlosni indikator potvrđuje uspješnost potpunog čitanja kartice. Trodimenzionalna magnetna glava čitača koja dolazi u kontakt s magnetnom vrpcom na kartici izrađena je od legure platine i mangana te ima procijenjeni životni vijek od preko 800.000 čitanja.



Slika 2.3. SU90 čitač magnetnih kartica

Blagodat čitača magnetnih kartica jest u činjenici da su “*self-clocking*”, što znači da imaju vlastiti clock, koji se još naziva i “*strobe*”, kojeg je moguće lako sinkronizirati s povezanim mikrokontrolerom. Drugim riječima, to bi značilo da se korisnik ne mora brinuti o signalu takta, što svakako ima smisla ako uzmemo u obzir da svatko provlači karticu različitom brzinom.

U tablici 2.3. specificirani su uvjeti rada, a tablica 2.4. preglednije prikazuje značajnije tehničke karakteristike uređaja.

Tablica 2.3. Uvjeti rada uređaja

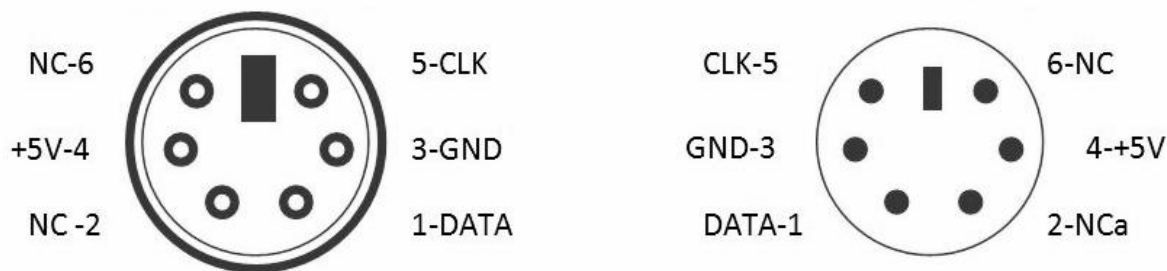
Radna temperatura i vlažnost	0 - 50 °C , 20 - 90% RH
Temperatura i vlažnost skladištenja	-30 do 70 °C , < 95% RH
Vibracije	amplituda 2 mm , 2G , 10-55Hz/min u smjeru x,y,z
Otpornost na udarce	do 30 G, 11 ms

Tablica 2.4. Pregled tehničkih karakteristika uređaja

Dimenzije i težina	90 x 27 x 28 mm, 130 g		
Podržani standardi	ISO 7811, ISO 7812		
Metoda dekodiranja	F2F		
Početni karakter (eng. <i>Start sentinel</i>)	Traka 1 '%'	Traka 2 ';'	Traka 3 '+'
Čitanje podataka	Traka 1 79 7-bit karakter	Traka 2 40 5-bit karakter	Traka 3 107 5-bit karakter
Debljina kartice	0.2 – 0.84 mm		
Prikladan raspon napona	DC 5 ± 0.5V		
Prikladna brzina provlačenja kartice	15 – 120 cm/s		
Vijek trajanja magnetne glave	> 800,000 čitanja		
Učestalost pogreške	< 0.5%		
Podržana sučelja	RS232, USB, PS/2		

2.3.1. PS/2 konektor

Razvijen od IBM-a, PS/2 konektor (slika 2.4.), iz obitelji *mini-DIN* sa šest pinova, inicijalno je korišten s istoimenom linijom osobnih računala, nakon čega je širom usvojen od strane drugih proizvođača te korišten za povezivanje tipkovnica i miševa. Iako danas već poprilično istisnut s tržišta te zamijenjen USB konektorom, njegova primjena ostaje prisutna kod nekih perifernih uređaja.



Slika 2.4. Prikaz ženskog i muškog PS/2 konektora, respektivno, s pripadajućim pinovima

2.3.2. USART

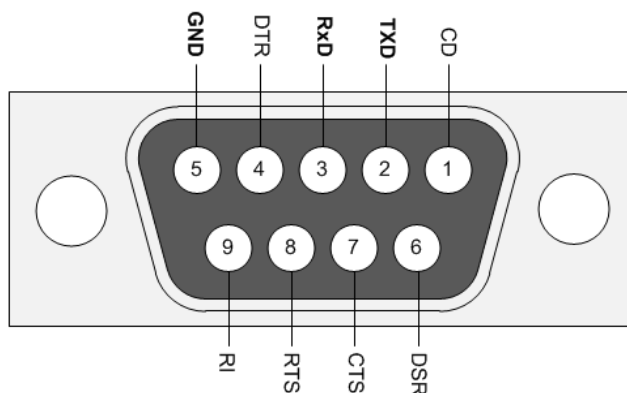
USART⁸ je visoko fleksibilni serijski komunikacijski uređaj, točnije mikročip koji olakšava komunikaciju koristeći serijski port računala pomoću RS-232-C protokola. Za razliku od UART-a, USART nudi mogućnost sinhronog načina rada koji zahtijeva da svaki kraj razmjene podataka korespondira bez pokretanja nove komunikacije. Nasuprot tome, asinhroni način rada označava da proces djeluje neovisno o drugim procesima.

Praktične razlike između sinhronog (moguće isključivo USART-om) i asinhronog načina rada (moguće UART-om ili USART-om) mogu se navesti u par kratkih crtica:

- Sinhroni način zahtijeva *clock* i podatkovnu liniju, dok asinhroni način zahtijeva samo podatkovnu liniju.
- U sinhronom načinu rada, podaci se prenose fiksnom brzinom, dok u asinhronom nužno ne moraju.
- Sinhroni podaci se obično prenose u blokovima, dok se asinkroni prenose bajt po bajt.
- Sinhroni način omogućuje višu brzinu prijenosa podataka nego asinkroni način (pod uvjetom da su svi drugi faktori nepromijenjeni).

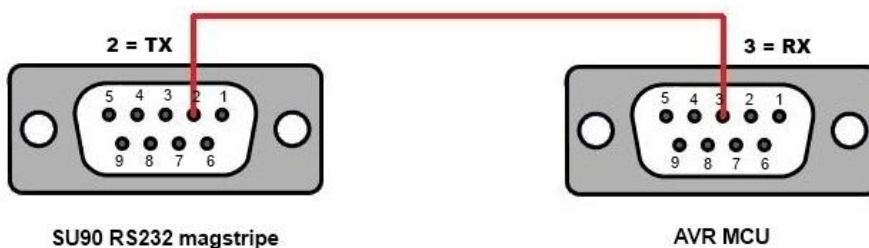
⁸ Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter

Veza razvojne pločice prema vanjskim uređajima ostvaruje se pomoću MAX232 primopredajnika (eng. *transceiver*) koristeći DB-9 (DE-9) port (slika 2.5.).



Slika 2.5. Ženski DB-9 (DE-9) port s pripadajućim pinovima

Budući da su splotom okolnosti korišteni ženski DB-9 konektor i port, za ostvarivanje uspješne komunikacije bilo je dovoljno žicom manualno spojiti PIN2 (TX) s čitača kartica na PIN3 (RX) od AVR mikrokontrolera, kao što je prikazano na slici 2.6.



Slika 2.6. Spoj između ženskog DB-9 konektora i porta

USART se sastoji od tri glavna dijela: *clock* generatora, predajnika i prijamnika te kontrolnih registara. Podržava četiri načina *clock* operacija: normalni asinhroni (eng. *normal asynchronous*), dvostruko brži asinhroni (eng. *double speed asynchronous*), glavni sinhroni (eng. *master synchronous*) i podređeni sinhroni (eng. *slave synchronous*). Ovisno o odabiru, formulama se računaju BAUD ili UBRR vrijednosti, kako je navedeno u tablici 2.5. Već gotovi izračun vrijednosti za frekvenciju oscilatora od 8.0000 MHz, korištenog u sklopu projekta, moguće je pronaći među ostalim priložima u tablici 2.6.

Tablica 2.5. Formule za izračun BAUD i UBRR vrijednosti

Operating Mode	Equation for Calculating Baud Rate	Equation for Calculating UBRR Value
Asynchronous Normal Mode (U2X = 0)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16BAUD} - 1$
Asynchronous Double Speed Mode (U2X = 1)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8BAUD} - 1$
Synchronous Master Mode	$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2BAUD} - 1$

Note: 1. The baud rate is defined to be the transfer rate in bit per second (bps).

BAUD Baud rate (in bits per second, bps)

f_{osc} System Oscillator clock frequency

UBRR Contents of the UBRRH and UBRRL Registers, (0 - 4095)

USART mora biti inicijaliziran prije nego komunikacija može započeti, a taj korak se uglavnom sastoji od postavljanja BAUD vrijednosti i formata okvira te omogućavanja prijmnika/predajnika, ovisno o potrebi. Funkcije, postavke registara i ostale detalje vezano uz USART moguće je pronaći u sklopu Doxygen dokumentacije u zasebnoj istoimenoj datoteci.

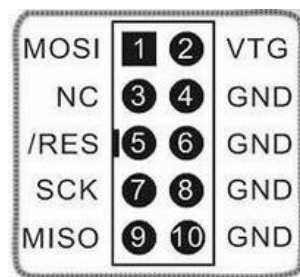
2.4. USB programator

Baite EvUSBasp je USB programator vidljiv na slici 2.7. To je elektronički uređaj kojim se povezuje računalno i razvojna pločica, odnosno mikrokontroler, te služi za njegovo programiranje i napajanje. Kompajler pretvara C kôd u binarni kôd koji je strojno čitljiv (eng. *machine-readable*); za AVR to je .hex datoteka.



Slika 2.7. Baite EvUSBasp programator

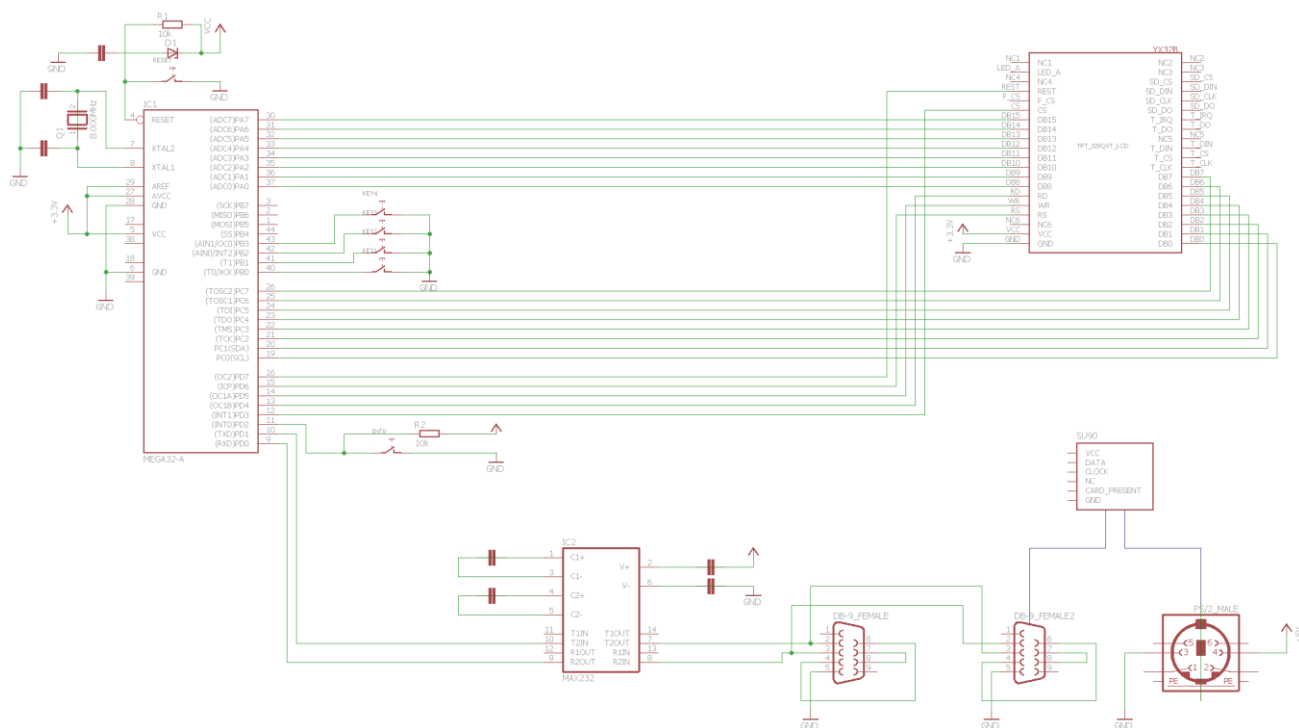
Za komunikaciju s mikrokontrolerom, programator koristi 6-pinski ISP konektor (slika 2.8.) te preko istog zapisuje programski kôd u flash memoriju mikrokontrolera.



Slika 2.8. 6-pinski ISP konektor

3. SHEMA SPAJANJA

Schema spajanja komponenti prikazana na slici 3.1. u cijelosti je dizajnirana i izrađena koristeći softverski alat EAGLE Light, verzija 7.3.0.



Slika 3.1. Shema spajanja komponenti

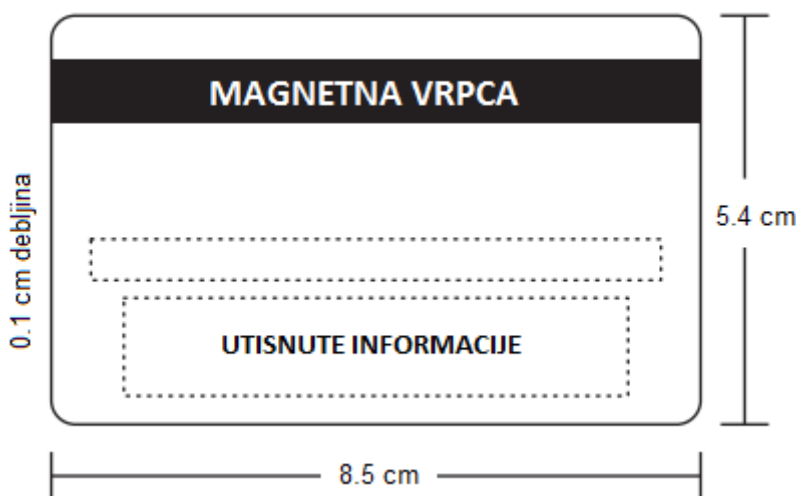
4. O MAGNETNIM KARTICAMA

4.1. Osnove

Budući da su magnetne kartice neizostavni dio ovog projekta, nužno je spomenuti njihove osnove, stoga je ovo poglavlje posvećeno karakteristikama i principu rada ovog medija za pohranu podataka, prikazano na primjeru financijske magnetne kartice.

Magnetne kartice (eng. *magnetic stripe card*, *swipe card*) su plastične kartice (slika 4.1.) s komadićem magnetne vrpce za pohranu manje količine podataka. Danas se uobičajeno koriste za identifikaciju korisnika, a svoju primjenu su pronašle u nizu različitih područja, gdje prednjače bankarski i transportni sektori.

Magnetna vrpca koja se nalazi 5.66 mm od gornjeg ruba kartice sadrži sitne čestice željeza ili drugog metala čijom promjenom magnetizma je omogućena pohrana podataka. Čitanje zapisanih podataka se vrši provlačenjem (eng. *swiping*) kartice s magnetnom vrpcom uz magnetnu glavu čitača.



Slika 4.1. Prikaz kartice s magnetnom vrpcom/trakom (dimenzije)

Format zapisa podataka i fizička svojstva kartica kao što su veličina, fleksibilnost, lokacija magnetne trake i dr., definirani su brojnim ISO standardima od kojih su neki:

- ISO 7810 Fizičke karakteristike veličine kartice
- ISO 7811-1 Utiskivanje podataka (eng. *embossing*)

- ISO 7811-2 Magnetna traka - niska magnetna koercivnost ⁹(eng. *coercivity*)
- ISO 7811-3 Lokacija utisnutih karaktera
- ISO 7811-4 Lokacija magnetne trake 1 i 2
- ISO 7811-5 Lokacija magnetne trake 3
- ISO 7811-6 Magnetna traka - visoka magnetna koercivnost
- ISO 7812 Identifikacija izdavalatelja kartica
- ISO 7813 Kartice za financijske transakcije

Od navedenih ISO standarda, model čitača koji je korišten u ovom projektu u skladu je s ISO 7811 i ISO 7812 standardima te prilikom njegovog korištenja s karticama nisu zamijećene nikakve nepravilnosti.

Standard ISO 7811 specificira format u kojem su informacije pohranjene na karticama. Magnetna vrpca sadrži oko 1024 bita informacija, koji su podijeljeni u tri trake, svaka širine 0.110 inča (2.79 mm) kao što je vidljivo na slici 4.2. Prva traka sadrži 76 alfanumeričkih znakova kodiranih u 7 bita po karakteru, a druge dvije trake sadrže 37 i 104 numeričkih znakova, kodiranih s 5 bitova po karakteru. S prve dvije trake moguće je isključivo čitati, dok se po trećoj može i pisati.

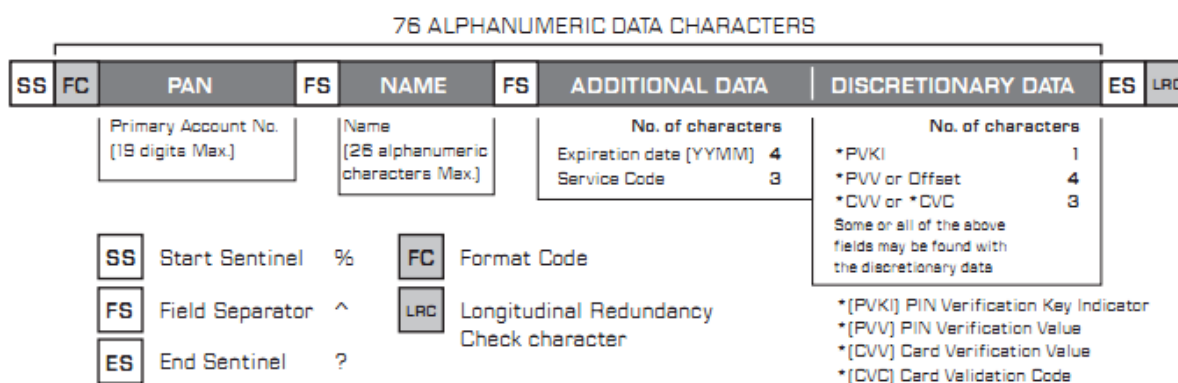
Track			Recording Density (bits per inch)	Character Configuration (including parity bit)	Information Content (including control characters)
0.110"	1	IATA	210	7 bits per character	79 alphanumeric characters
0.110"	2	ABA	75	5 bits per character	40 numeric characters
0.110"	3	THRIFT	210	5 bits per character	107 numeric characters

Slika 4.2. Prikaz kodiranja podataka po pojedinoj magnetnoj traci

Traka 1 zapisana je kôdom DEC SIXBIT plus paritetni bit i ima veću gustoću bitova od trake 2, točnije 210 bita po inču naspram 75 bita po inču, te je jedina traka koja može sadržavati tekstualni zapis, a time ujedno i jedina koja sadrži ime vlasnika. Informacije na toj traci mogu biti sadržane u nekoliko formata (A, B, C-M), od kojih je najučestaliji format B kojeg ujedno koriste i kartice koje su podržane u ovom projektu, zato nastavljamo njegovim opisom u nastavku.

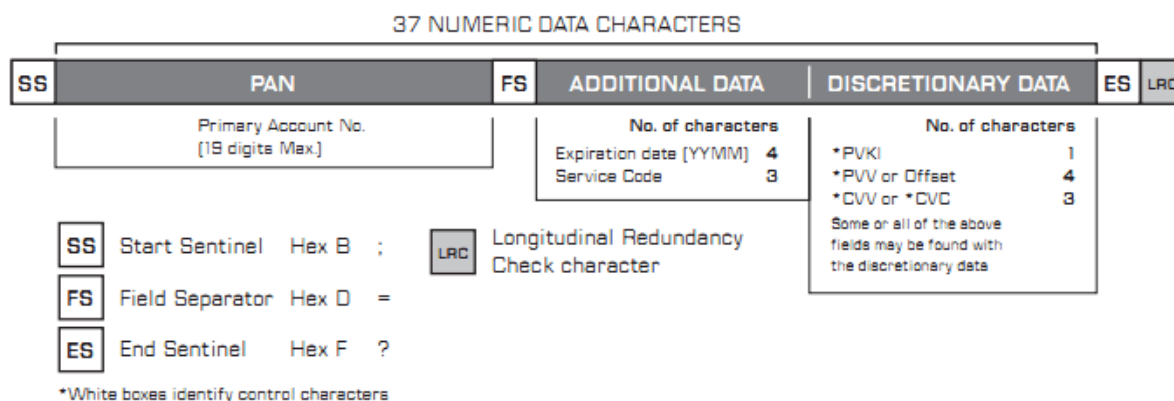
⁹ otpor magnetnog materijala na promjene u magnetizaciji

Slika 4.3. grafički olakšava prikaz formata podataka na traci 1. Kao što je vidljivo, početni znak, tzv. “početni stražar” SS (start sentinel) je karakter '%', kôd formata FC (format code) je u našem slučaju karakter ‘B’, PAN (Primary account number) je broj od maksimalno 19 karaktera i obično odgovara višeznamenkastom broju koji se nalazi na prednjoj strani kartice (npr. broj kreditne kartice i sl.). Separator polja FS (field separator) jest karakter ‘^’, nakon čega slijedi polje rezervirano za ime vlasnika kartice od maksimalno 26 alfanumeričkih karaktera. Nakon drugog separatora moguć je zapis dodatnih podataka kao što su datum isteka (4 karaktera u formatu GGMM) i servisni kôd od 3 karaktera. Diskrecijski podaci mogu uključivati PVKI (Pin Verification Key Indicator) od jednog karaktera, PVV (PIN Verification Value) od 4 karaktera, CVV (Card Verification Value) ili CVC (Card Verification Code) od 3 karaktera. “Završni stražar” ES (eng. *end sentinel*), kao završni znak je karakter '?'. LRC karakter je uobičajeno '<' iako on nije naveden standardom.



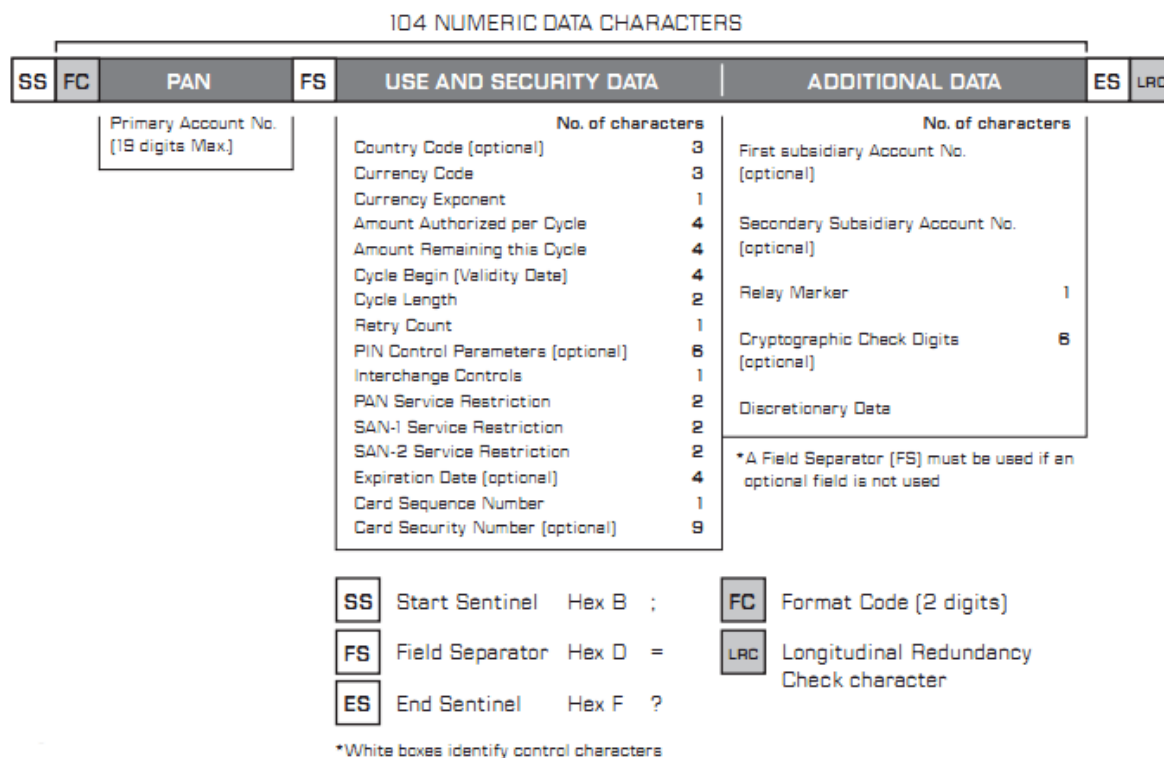
Slika 4.3. Format podataka sadržan na traci 1

Izvorno razvijena od strane bankarskog sektora, traka 2 ima gustoća zapisa (eng. *recording density*) od 75 bita po inču, 5 bita po karakteru (4 bita podataka + 1 paritetni bit) kojim je omogućen maksimalni zapis šesnaest karaktera koji tvore kôdove koje je jednostavno preslikati u ASCII u rasponu od 0x30 do 0x3F. Ukupni sadržaj informacije može se sastojati od 40 numeričkih znakova, uključujući kontrolne karaktere. Format zapisanih podataka slijediti strukturu prikazanu na slici 4.4. Usporedbom s prijašnjom slikom vidljiva je sličnost formatu trake 1, s različitim “početnim stražarom” SS koji je ‘;’ i separatorom polja FS koji je ‘=’.



Slika 4.4. Format podataka sadržan na traci 2

Traka 3, po standardu ISO 4909, prikazana na slici 4.5., za početni karakter SS sadrži ‘;’, dok su kartice korištene u okviru našeg projekta kao SS sadržavale ‘+’, a FC (format code) nije bio naveden. Ostalo je identično prethodno navedenim trakama. Nužno je spomenuti kako se traka 3 rjeđe koristi, a često niti nije fizički prisutna na kartici, što je lako uočljivo po užoj magnetnoj vrpici na pozadinskoj strani kartice. Čitači kartica gotovo uvijek čitaju traku 1 ili traku 2, često oboje, u slučaju da jednu od traka nije moguće pročitati. Minimalna količina informacija potrebna za dovršetak neke transakcije često je prisutna na obje trake. U to smo se uvjerali prilikom ispisa i u našem slučaju. Određeni numerički podaci bili su zapisani na više lokacija, bilo na traci 2 i/ili traci 3.



Slika 4.5. Format podataka sadržan na traci 3 (ISO 4909)

4.2. Projektom podržane kartice

Odluka o tome koje točno kartice će biti podržane u okviru projekta nije bila problematična, već bi se moglo reći da se nametnula sama od sebe; učinilo se logičnim da to upravo budu kartice koje su bile u posjedu svakog ili minimalno dva člana grupe. Tim kriterijem odabrane su sljedeće kartice, koje su također prikazane na slici 4.6.:

- studentska iskaznica (tzv. X-ica)
- kartica obveznog zdravstvenog osiguranja
- kartica dopunskog zdravstvenog osiguranja
- HAK članska iskaznica



Slika 4.6. Kartice podržane projektom

4.2.1. RealTerm

Budući da se u početnoj fazi projekta trebalo vidjeti i uvjeriti što je i kako zapisano na magnetnim karticama, najjednostavniji i najbrži put ka tome bio je ispis na računalu. Kako suvremenija računala više ne podržavaju serijski port, nabavkom USB u RS232 pretvarača (slika 4.7.) uspješno je priključen čitač magnetnih kartica. Za ispis podataka korišten je "RealTerm", serijski/TCP terminal program. Iako bogatih značajki, za naše potrebe bilo je dovoljno pod tabom "Port" namjestiti odgovarajuće postavke, uvjetovane modelom čitača kartica, navedene u tablici 4.1. te zatim ispravno provući željenu karticu.



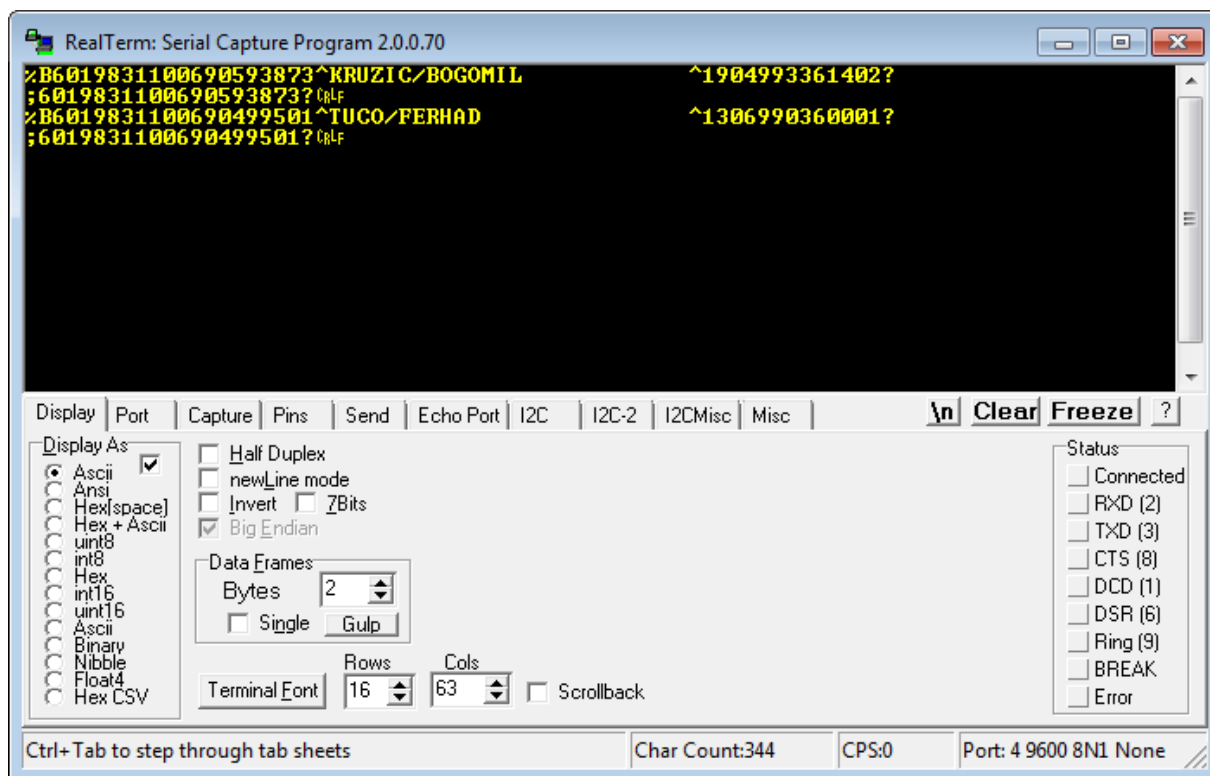
Slika 4.7. USB u RS232 pretvarač

Nakon provlačenja studentske iskaznice, ispis u RealTermu (slika 4.8.) otkriva sadržaj koji je zapisan na njenoj magnetnoj vrpci. Treba napomenuti da se u ovom slučaju radi o ispisu dvaju kartica (ako to možda odmah nije primjetno).

Tablica 4.1. Postavke RS232 komunikacijskog sučelja

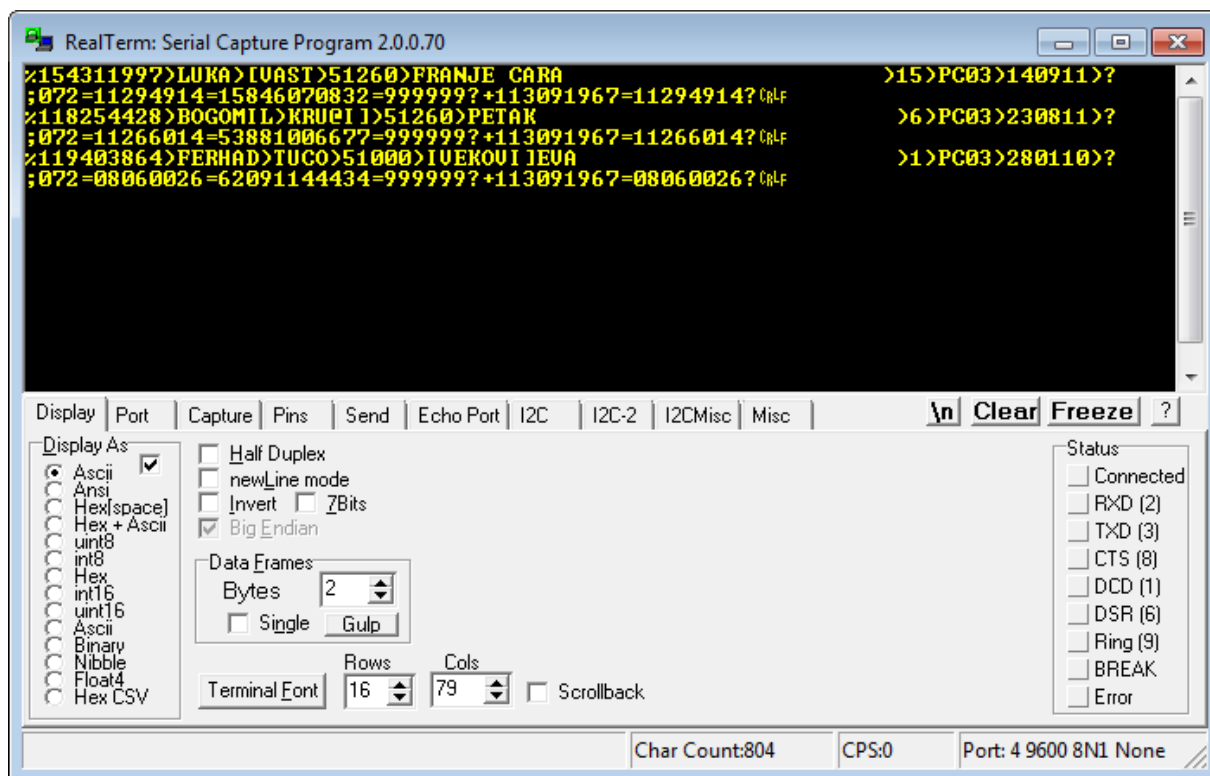
Baud rate	9600bps
Data bit	8 bit
Check bit	None
Stop bit	1 bit

Prisjetimo li se formata zapisa podataka iz prijašnjeg potpoglavlja, primjećuje se ‘%’ kao ‘početni stražar’, iza kojeg slijedi kôd formata ‘B’ i PAN koji je za X-icu 19-znamenasti broj koji u sebi sadrži JMBAG. Zatim, nakon separatora ‘^’ dolaze prezime i ime te nakon drugog separatora, JMBG i ‘?’ koji označava kraj trake 1. U traci 2 koja započinje SS karakterom ‘;’ ponovo je zapisan PAN. Karakter CRLF, koji je zapravo kombinacija dva karaktera LF (eng. *line feed*) i CR (eng. *carriage return*) u ASCII modu označavaju kraj linije teksta (eng. *line terminator*).



Slika 4.8. Ispis podataka sa studentske iskaznice (X-ica) u RealTermu

U drugom primjeru ispisa podataka u RealTermu provučene su tri kartice dopunskog zdravstvenog osiguranja. Opet se uviđa kako početak trake 1 počinje sa SS karakterom '%', nakon čega slijedi MBO (matični broj osiguranika) kao PAN, separator polja ovdje je ')' umjesto '^'. U narednim tekstualnim poljima za prezime, ime i adresu nisu podržani hrvatski dijakritički znakovi, no treba spomenuti da je taj problem unutar projekta riješen programski. Ono što je znakovito kod ovog primjera ispisa, je to što je vidljiva traka 3, čiji je početni stražar '+', a sadrži dvije brojčane vrijednosti između separatora '=' od kojih je jedna broj iskaznice, zapravo ponovljena vrijednost iz trake 2. Prikaz je vidljiv na slici 4.9. koja se nalazi na narednoj stranici.



Slika 4.9. Ispis podataka sa iskaznice dopunskog zdravstvenog osiguranja

5. FUNKCIONALNOSTI I KORISNIČKI PRIRUČNIK

U ovom poglavlju opisane su funkcionalnosti i korisničke upute za svaki od koraka koji se pojavljuju pri radu sa sustavom. Prikazi su izvedeni i grafički i tekstualno te su navedeni dijelovi korisničkog sučelja. Pod funkcionalnostima su navedeni tehnički detalji i opisi rada pojedinog zaslona (eng. *screen*) dok su pod korisničkim uputama opisani detalji korištenja za krajnjeg korisnika uređaja.

5.1. Upute za provlačenje kartice

Prije svega nužno je izvršiti provjeru magnetnog čitača kartica. Ako je čitač pravilno spojen na izvor napona njegova indikacijska LED lampica će kontinuirano svijetliti zelenom bojom. Ukoliko je kartica pravilno provučena lampica će jednom zatreperiti, u suprotnome indikacijska lampica će kontinuirano tri puta zatreperiti.

Pri provlačenju kartice kroz čitač potrebno je pridržavati se određenih pravila:

1. Karticu treba umetnuti u označenom smjeru, a brzina provlačenja trebala bi biti ujednačena.
2. Korištene kartice moraju biti u skladu s ISO 7811 standardom.
3. Pazite da magnetna vrpca na kartici ne sadrži strani materijal ili ogrebotine.
4. Kartice ne bi trebalo stavljati u blizinu izvora jakih magnetskih polja kako bi se izbjeglo demagnetiziranje signala na kartici.
5. Ako imate problema s provlačenjem kartice, molimo očistite magnetnu glavu pomoću kartica za čišćenje (eng. *cleaning cards*).

5.2. Welcome screen

Funkcionalnosti:

“Welcome screen” (slika 5.1.) ne sadrži nikakvu značajniju funkcionalnost osim što služi korisnicima kao zaslon dobrodošlice gdje su prikazani naziv i logotip aplikacije. Nakon kašnjenja (eng. *delay*) od 3 sekunde sustav prelazi na sljedeći zaslon, “Login screen”.

Korisničko sučelje:

1. Logotip projekta
2. Ime projekta
3. Akronim imena autora projekta



5.1. Welcome screen

5.3. Login screen

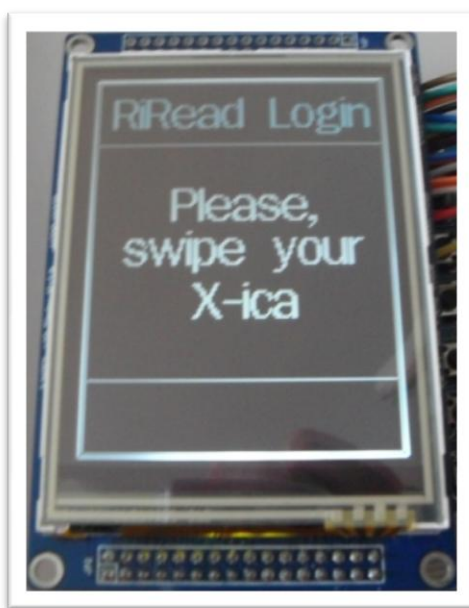
Funkcionalnosti:

“Login screen” (slika 5.2.) ima funkciju autentikacije korisnika provlačenjem studentske iskaznice kroz čitač. Korištenjem čitača magnetnih kartica dolazimo do informacija poput ukupnog broja znakova kojim je određena vrsta provučene kartice. Ovisno o tom identifikacijskom broju, koji je dobiven čitanjem do CRLF (Carriage Return & Line Feed) oznaka, prepoznamo studentsku iskaznicu koja ima ukupno 85 znakova.

Osim ukupnog broja znakova kojim se validira tip kartice, ekstrahira se i korisnikov JMBAG na temelju kojeg je određena njegova privilegija te njegovo ime koje se ispisuje uz pozdravnu poruku na narednom screenu. U slučaju uspješne validacije studentskom iskaznicom, u polju za ispis statusne poruke pojaviti će se “SUCCESS”, a u neuspjelom slučaju, tj. provlačenjem neke druge kartice, u istom polju ispisati će se poruka “ERROR” nakon čega se zaslon "čisti", te se screen ponovo učitava. Ukoliko je validacija provedena uspješno, korisniku je omogućen pristup glavnom “Card screenu”.

Korisničko sučelje:

1. Naziv trenutnog screena
2. Uputa za korisnika
3. Polje za ispis statusne poruke



5.2. Login Screen

Korisnički priručnik:

Nakon prikazivanja zaslona za prijavu provucite svoju studentsku iskaznicu kroz čitač magnetnih kartica pazeći pritom na korake navedene u uputama za provlačenje kartice. Ukoliko ste provukli neodgovarajuću karticu, u statusnom polju pri dnu ekrana prikazat će vam se poruka “ERROR”, a ako ste se pak uspješno prijavili biti ćete obaviješteni o tome ispisom “SUCCESS” poruke u istom polju, nakon čega će vas sustav proslijediti u glavni “Card screen”.

5.4. Card screen

Funkcionalnosti:

Na “Card Screenu” (slika 5.3.) ispisuju se informacije o korisniku (ime i privilegija), koje su bile spremljene prilikom autentifikacijskog procesa, te izbornik sustavom podržanih kartica koje možemo provući kroz čitač kako bi dobili detaljne informacije o istima. Identifikacija kartice se također vrši preko ukupnog broja znakova na kartici gdje imamo; studentska iskaznica (X-ica) s 85 ukupnih znakova, HAK članska iskaznica s 101 brojem znakova, kartica obveznog zdravstvenog osiguranja s ukupnih 139 znakova i kartica dopunskog zdravstvenog osiguranja koja sadrži ukupnih 133 znakova. Ovisno o jedinstveno determiniranom broju znakova, sustav prelazi u prikladan “Info screen” koji se detaljnije opisuje u narednom potpoglavlju. U slučaju provlačenja kartice koja nije trenutno podržana sustavom, na ekranu se ispisuje poruka “*Nepodržana kartica!*” i sustav se vraća na “Login screen”.

Korisničko sučelje:

1. Polje s ispisom pozdravne poruke, imenom i privilegijom korisnika
2. Izbornik podržanih kartica i uputa za daljnje korištenje



Slika 5.3. Card screen

Korisnički priručnik:

Nakon pojave “Card screena”, opet prateći korake navedene u uputama za provlačenje kartice, provucite jednu od kartica koje su naznačene u izborniku podržanih kartica. Ukoliko provučete neodgovarajuću karticu, sustav će vas o tome obavijestiti odgovarajućom porukom te ćete biti vraćeni na zaslon za prijavu. Ukoliko provučete jednu od kartica koje su podržane biti ćete preusmjereni na odgovarajući “Info screen” , shodno provučenoj kartici.

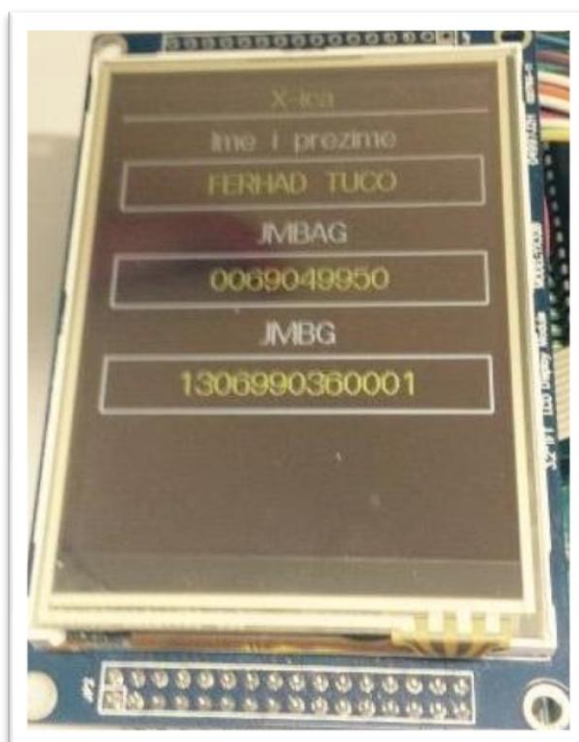
5.5. Info screen

Funkcionalnosti:

Glavna funkcionalnost “Info screena” je ispis pročitanih informacija u “Card screenu”. Količina informacija koje su prikazane direktno korespondiraju razini privilegije korisnika gdje “ADMIN” ima najveće privilegije što mu omogućuje uvid u potpune informacije, “MODERATOR” ima mala ograničenja dok je “GUEST” najviše ograničen u tom pogledu. Ovisno o kartici za koju se prikazuju informacije, screenove možemo podijeliti na:

- Info screen - X-ica
- Info screen - HAK
- Info screen - HZZO Obvezno
- Info screen - HZZO Dopunsko

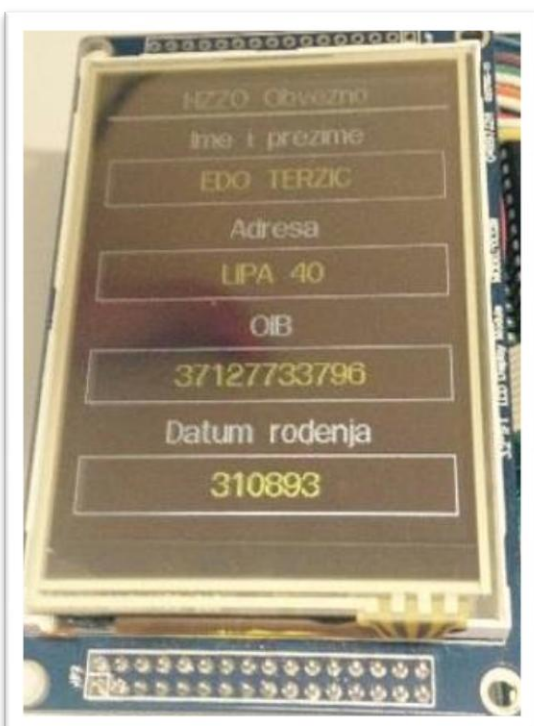
Zajednički grafički prikaz svih "Info screenova" s pregledom korisničkih podataka s administratorskim privilegijama nalazi se na sljedećoj stranici.



Slika 5.4. Info screen - X-ica



Slika 5.5. Info screen - HAK



Slika 5.6. Info screen - HZZO Obvezno



Slika 5.7. Info screen - HZZO Dopunsko

5.5.1. Info screen - X-ica

Na slici 5.4. nalazi se prikaz informacija sadržanih na studentskoj iskaznici. Korisnik s “ADMIN” privilegijama ima uvidi u sve informacije, a to su ime, prezime, JMBAG i JMBG korisnika. Korisnik sa “MODERATOR” privilegijama nema pristup JMBG-u, već ima pristup samo imenu i prezimenu korisnika te njegovom JMBAG-u. Najograničeniji prikaz ima GUEST koji vidi samo ime i prezime korisnika.

5.5.2. Info screen - HAK

Screen na slici 5.5. prikazuje informacije vezane za korisnika HAK autokluba, a to su ime i prezime, kojeg mogu vidjeti svi korisnici, broj autokluba kojeg vide “ADMIN” i “MODERATOR” te članski broj i datum isteka kartice koji su vidljivi samo “ADMIN-u”.

5.5.3. Info screen - HZZO Obvezno

Prikaz informacija korisnika HZZO obveznog osiguranja je vidljiv na slici 5.6.; standardno sadrži podatke ime i prezime koji su vidljivi svima, adresu korisnika koja nije vidljiva pod privilegijom “GUEST” te korisnikov OIB i datum rođenja koji su vidljivi isključivo korisniku sa stupnjem privilegija “ADMIN”.

5.5.4. Info screen - HZZO Dopunsko

Poput prethodnog, screen na slici 5.7. sadrži informacije o osiguranicima HZZO-a, ali dopunskog osiguranja. Podaci poput imena i prezimena su vidljivi svim korisnicima, “MODERATOR” osim tih podataka ima pristup i korisnikovom OIB-u, dok su svi ostali podaci, točnije šifra police i od kada kartica vrijedi, vidljivi samo korisniku s “ADMIN” privilegijama.

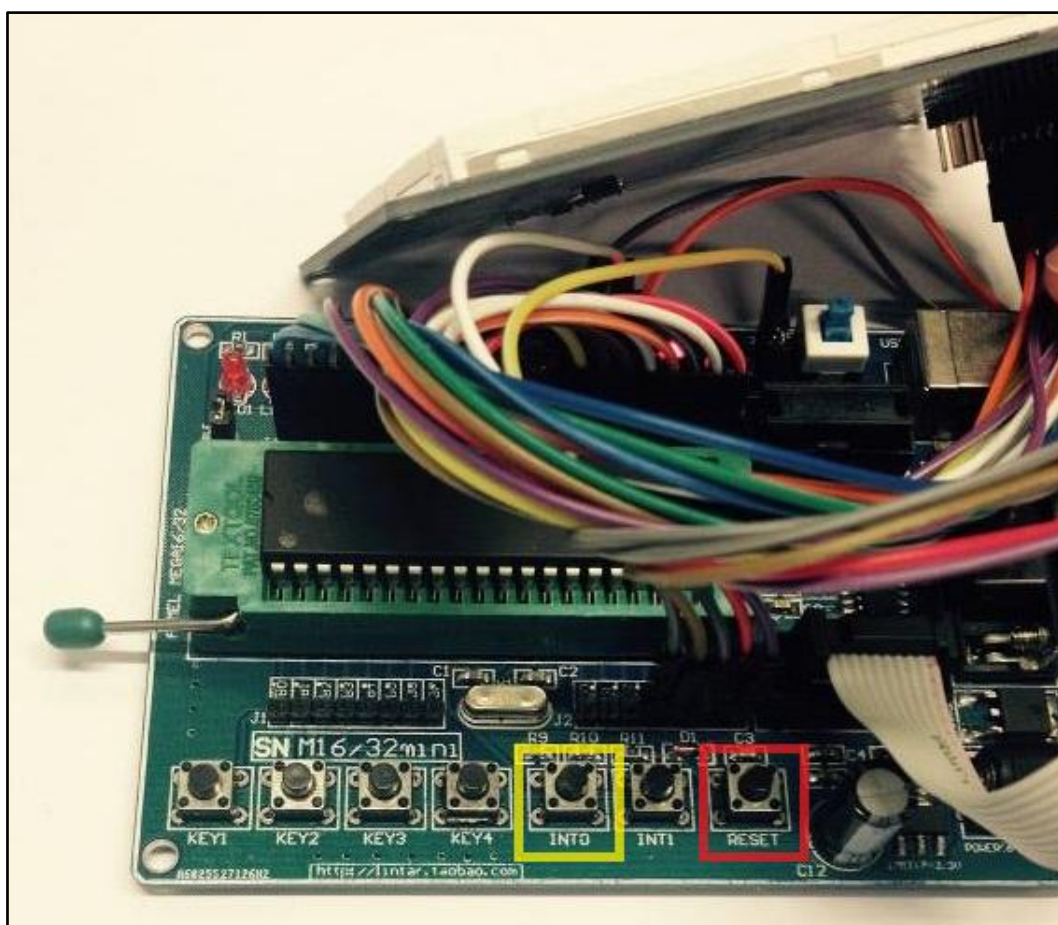
5.6. Prekidne linije

Funkcionalnosti:

S obzirom na to da je unutar projekta postojala potreba za vanjskim prekidima, a kako postojeća prekidna RESET linija nije zadovoljavala tražene zahtjeve, uvedena je dodatna funkcionalnost vektorskim prekidom INT0, koji postavlja vrijednosti jedne varijable u nulu te grana izvođenje programa na ili zaobilazeći "Welcome screen", čije učitavanje je poželjno samo na početku pokretanja sustava. Bilo je nužno zapisivanje i čitanje varijable vršiti u EEPROM-u čija svrha jest zapis početnih parametara ili vrijednosti čiji se sadržaj ne smije izgubiti prilikom gubitka napajanja.

Korisničko sučelje:

- RESET - prekid koji mikrokontroler postavlja u poznato početno stanje
- INT0 - obavlja softverski *hard reset*, te učitava "Welcome screen" kao početni screen



Slika 5.8. Prikaz razvojne pločice s korisničkim tipkama i prekidnim linijama

Korisnički priručnik:

Prilikom pokretanja sustava prvo bi vam se trebao pojaviti "Welcome screen" s porukom dobrodošlice. Nakon toga on se više neće učitavati, nego će početni screen biti "Login screen" , kojem ujedno možete u svakom momentu pristupiti pritiskom na RESET prekidnu liniju. Ako želite učitati "Welcome screen" mora se obaviti *hard reset* pritiskom na vanjski prekid INT0.

5.7. Iskorištenost memorije

ATmega32A mikrokontroler je određen preciznim vrijednostima memorijskih segmenata, stoga je nužno napomenuti da firmware ne smije koristiti više od 32 KB flash programske memorije, 1 KB EEPROM-a i 2 KB interne SRAM memorije. U zadnjoj verziji iskorišteno je 18262 B , što je oko 56% od ukupnog kapaciteta flash memorije.

5.8. Dokumentiranje kôda

Izvorni C kôd projekta dokumentiran je Doxygen alatom za generiranje dokumentacije u dvije verzije; on-line HTML dokumentaciju i off-line ~~L~~^AT_EX priručnik. Naglasak je stavljen na optimizaciju kôda kroz njegovu modularnost i izbjegavanje hardkodiranja s ciljem olakšavanja potencijalne buduće izmjene i/ili nadogradnje programskog koda. Uz korištenje ugrađenih Doxygen mogućnosti komentiranja, izvorni kôd je dodatno komentiran na mjestima gdje je smatrano da je dodatno pojašnjenje od važnosti.

6. ZAKLJUČAK

Zaključno možemo konstatirati kako je izrada projekta bila jedinstvena prilika za detaljnije izučavanje materije vezane uz ugradbene računalne sustave. Naučeno je mnoštvo novina o magnetnim karticama, koje danas gotovo svatko koristi, mada nužno i ne poznaje princip rada, dok nas je implementacija praktičnog dijela projekta zasigurno potakla na kritičko razmišljanje, što je pristup koji je izuzetno cijenjen u okviru projektne organizacije, a zasigurno korisno u daljnjem školovanju te traženo kod većine poslodavaca.

Iz tog razloga smatramo kako smo ovim načinom rada stekli neprocjenjivo vrijedno iskustvo gdje je naglasak ipak na praktičnom dijelu umjesto čistog, ponekad suhoparnog, teorijskog štiva.

Optimizacijom programskog kôda pokušala se postići njegova modularnost i visoka čitljivost, na čemu bi svaki budući projektant bio zahvalan jer bi time daljnja nadogradnja i održavanje bilo znatno olakšano. Izmjene i moguće dorade, poput dodavanja novih podržanih kartica, dodavanja korisničkih privilegija s lakoćom se mogu obaviti u vrlo kratkom roku.

Nadamo se da će ovaj rad biti poziv ostalima koji su zainteresirani za otkrivanje svijeta *embedded* sustava te da će ih uspjeti idejno inspirirati za izradu sličnih i poboljšanih rješenja.

Na kraju, možemo ustvrditi kako je realizacija početnih postavki projekta uspješno realizirana.

LITERATURA

- doc.dr.sc. Tomić, Mladen: “Prezentacije s predavanja”
- Datasheets:
 - ATmega32A documentation
 - AVRmega16/32 mini kit board manual
 - SSD1289 Product Review, Solomon Systech Semiconductor technical data
 - SU90 RS232 Interface Magnetic card reader manual
 - Magtek magnetic stripe readers technical reference manual
 - I/O Interface for TTL magnetic stripe readers technical reference manual, Magtek
- Internet:
 - 3.2” TFT LCD, GeTech Wiki, 2015.
 - http://www.geeetech.com/wiki/index.php/3.2TFT_LCD
 - Magnetic stripe card, Wikipedia.org
 - http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_stripe_card
 - Magnetic card reader, Sparkfun.com
 - <https://www.sparkfun.com/products/11096>
 - RS232 Communication with PIC Microcontroller, picprojects.net
 - http://www.picprojects.net/rs232_communication/index.html
 - Magnetic Stripe Card Reader
 - <http://hackmiami.org/2008/12/21/magnetic-stripe-card-reader/>
 - Low level magstripe reader, Adafruit.com
 - <https://learn.adafruit.com/low-level-magstripe-reader/low-level-magstripe-reading>

- Turn your Arduino into a magnetic card reader
 - <http://www.instructables.com/id/Turn-your-Arduino-into-a-Magnetic-Card-Reader/>

- Embedded Systems and Software, The University of Iowa, Spring 2011.
 - http://old.iuhr.uiowa.edu/~hml/people/kruger/Teaching/ece_55036_2011/Resources.php

- RealTerm: Serial/TCP Terminal
 - <http://sourceforge.net/projects/realterm/>
 - <http://realterm.sourceforge.net/>

POPIS OZNAKA I KRATICA

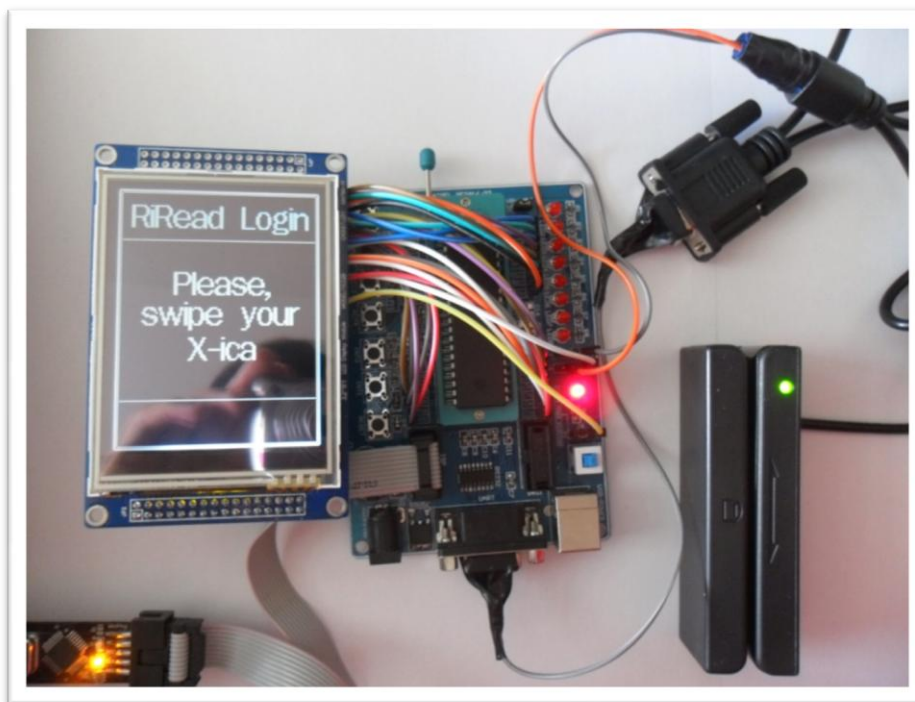
LCD	Liquid Crystal Display
TFT	Thin Film Transistor
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
SPI	Serial Peripheral Interface
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
SRAM	Static Random Access Memory
RISC	Reduced Instruction Set Computer
MIPS	Million Instructions Per Second
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter
BAUD	<i>broj simbola u sekundi ili broj pulseva u sekundi</i>

PRILOZI

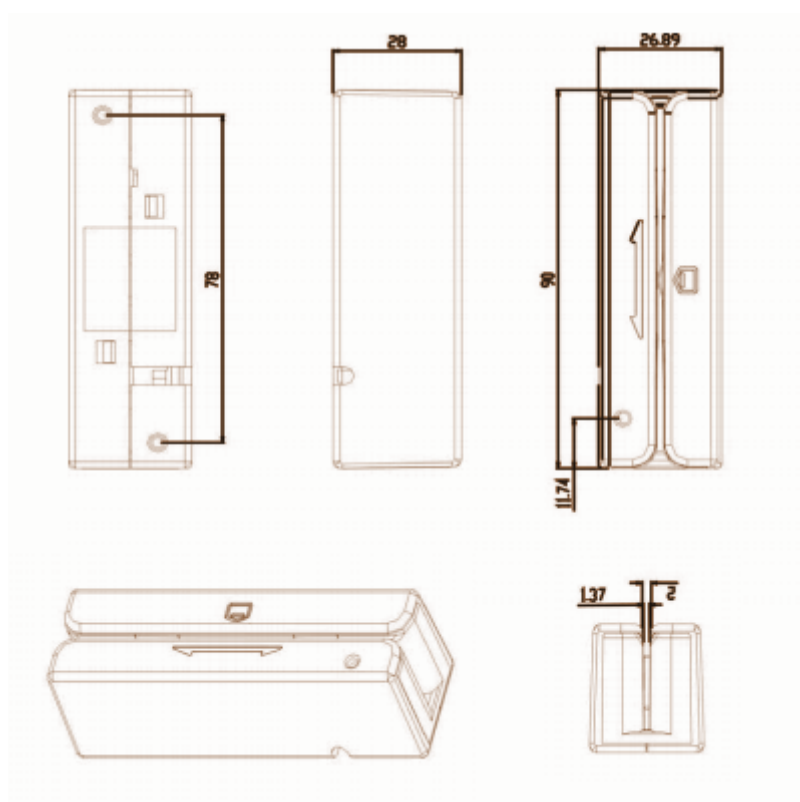
A) RiRead logotip



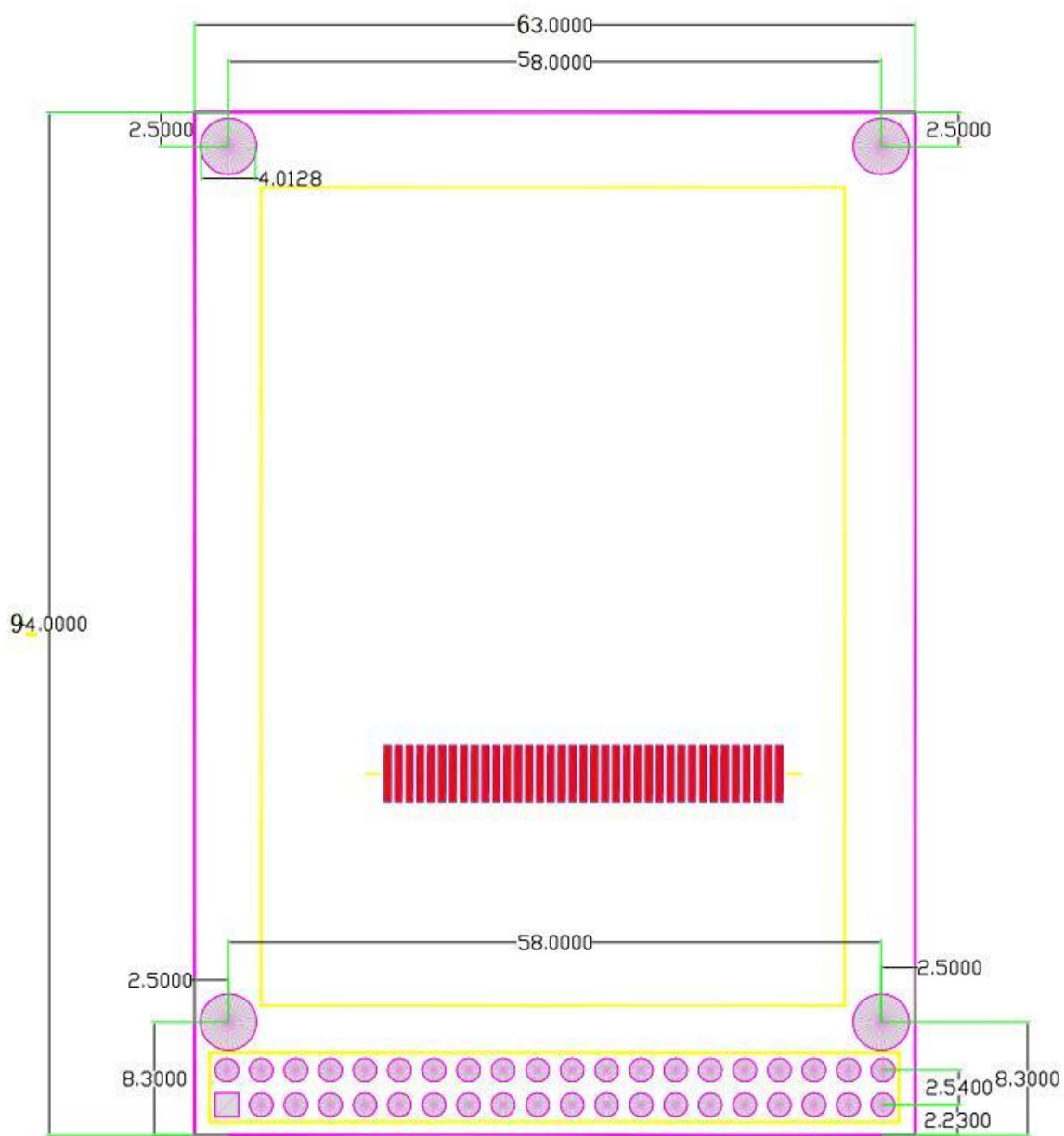
B) RiRead sustav



B) Ortogonalna projekcija SU90 čitača magnetnih kartica



C) Nacrt i dimenzije 3.2" TFT LCD displej modula



Tablica 2.1. Način spajanja LCD-a i MCU-a

BR. PINA	LCD PIN	MCU PIN
1	3.3V	3.3V
2	GND	GND
3	D0	PC0
4	D1	PC1
5	D2	PC2
6	D3	PC3
7	D4	PC4
8	D5	PC5
9	D6	PC6
10	D7	PC7
11	D8	PA0
12	D9	PA1
13	D10	PA2
14	D11	PA3
15	D12	PA4
16	D13	PA5
17	D14	PA6
18	D15	PA7
19	CS	PD3
20	RS	PD6
21	WR	PD5
22	RD	PD4
23	RESET	PD2

Tablica 2.2. Pinout LCD-a s pojašnjenjem i funkcijom pojedinog pina

BR. PINA	SIMBOL	OPIS	FUNKCIJA
1	3.3V	3.3V power supply	Powered from 3.3V supply,
2	GND	Ground	GND
3	D0	Data lines	D0-D15
4	D1		
5	D2		
6	D3		
7	D4		
8	D5		
9	D6		
10	D7		
11	D8		
12	D9		
13	D10		
14	D11		
15	D12		
16	D13		
17	D14		
18	D15		
19	CS	LCD chip select	Low active
20	RS	Instruction/Data register selection	RS = 1 : Instruction Register
			RS = 0 : Data Register
21	WR	Write	WR = 0, RD = 1
22	RD	Read	WR = 1, RD = 0
23	RESET	Reset the controller chip	Low active
24	BLCNT	Backlight brightness adjustment	Control the backlight brightness via PWM
25	TP_SO	Touch screen SPI data output	connects to SPI MISO
26	TP_IRQ	Touch screen interrupt	Low level while the touch screen detects pressing
27	TP_SI	Touch screen data input	connects to SPI MOSI
28	NC	Dangling	Dangling
29	TP_SCK	Touch screen SPI clock	connects to SPI SCK
30	NC	Dangling	Dangling
31	TP_CS	Touch screen chip select	Low active
32	NC	Dangling	Dangling

D) Tablica s izračunatim UBRR vrijednostima u odnosu na BAUD vrijednost

Tablica 2.6. UBRR postavke za frekvenciju oscilatora od 8.0000 MHz

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 8.0000\text{MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	207	0.2%	416	-0.1%
4800	103	0.2%	207	0.2%
9600	51	0.2%	103	0.2%
14.4k	34	-0.8%	68	0.6%
19.2k	25	0.2%	51	0.2%
28.8k	16	2.1%	34	-0.8%
38.4k	12	0.2%	25	0.2%
57.6k	8	-3.5%	16	2.1%
76.8k	6	-7.0%	12	0.2%
115.2k	3	8.5%	8	-3.5%
230.4k	1	8.5%	3	8.5%
250k	1	0.0%	3	0.0%
0.5M	0	0.0%	1	0.0%
1M	–	–	0	0.0%
Max ⁽¹⁾	0.5Mbps		1Mbps	