



## **Izveštaj projektnog zadatka br. 15**

Namenski računarski sistemi

13E044NSS

*Student:*

Mihailo Grbić  
2017/0047

*Profesor:*

dr Ivan Popović

*Asistent:*

mr Strahinja Janković

19. februar 2021.

# Sadržaj

1	Projektni zadatak	2
2	Šema razvojnog sistema	2
2.1	Opis hardvera i povezivanje . . . . .	2
2.2	Korišćeni softver . . . . .	3
3	LCD displej	3
3.1	Registri . . . . .	3
3.2	Instrukcije . . . . .	4
3.3	Inicijalizacija po instrukcijama . . . . .	6
4	AD konverzija	7
4.1	Mod konverzije . . . . .	7
4.2	ADC12CT0 registar . . . . .	7
4.3	ADC12CT1 registar . . . . .	8
4.4	ADC12MCTLx i ADC12IE registri . . . . .	8
5	Implementacija	8
6	Rezultati	8
7	Literatura	11

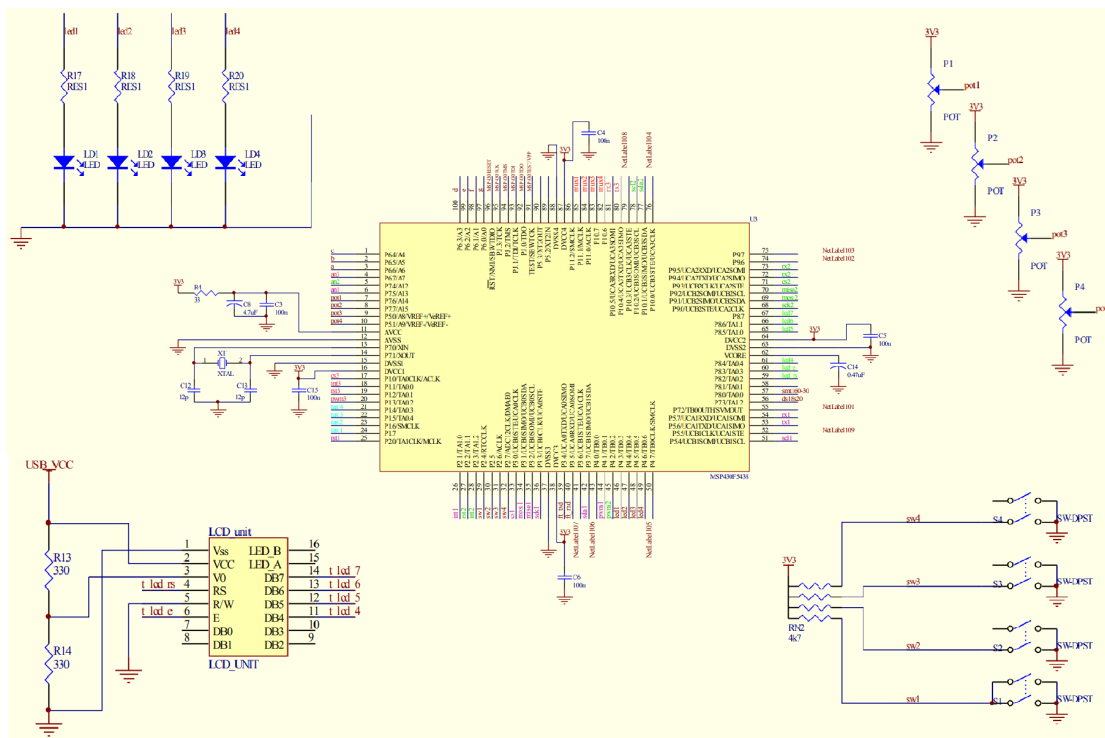
# 1 Projektni zadatak

Napisati program kojim se implementira funkcionalnost električne brave za bicikle. Otključavanje brave se vrši unošenjem odgovarajuće četvorocifrene šifre. Šifra se unosi preko četiri kanala AD konvertora, gde jedan kanal služi za podešavanje jedne cifre. Prikaz trenutne kombinacije je na LCD displeju. Ukoliko je uneta ispravna šifra, brava je otključana i svetli jedna LED dioda. Za vreme dok je brava otključana moguće je započeti unos nove šifre pritiskom na jedan taster. Kada se uđe u režim unosa nove šifre, potrebno je uključiti drugu diodu i pomeranjem potencijometara moguće je zadati novu šifru. Ponovnim pritiskom istog tastera, nova šifra se pamti.

## 2 Šema razvojnog sistema

### 2.1 Opis hardvera i povezivanje

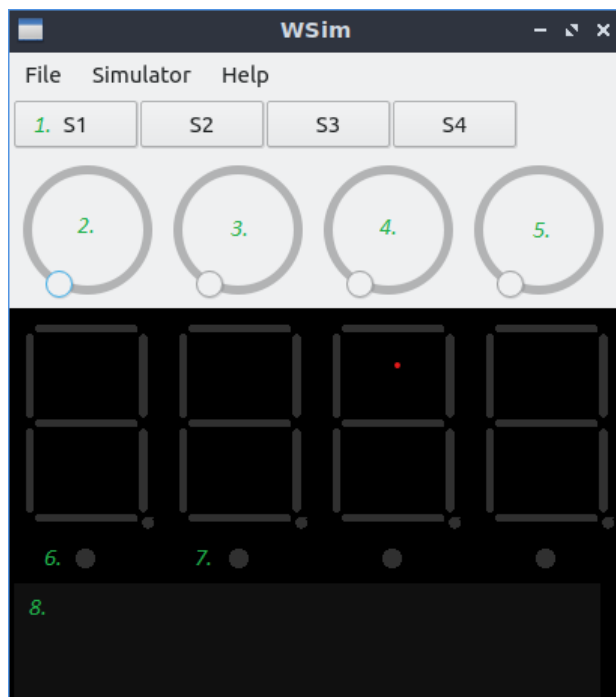
Projektni zadatak realizovan je za mikrokontroler MSP430F5438A sa periferijskim modulima. Zadavanje šifre se vrši pomoću četiri potencijometra, analogni signali obeleženi sa pot1, pot2, pot3, pot4, dovedenim na P7.6, P7.7, P5.0, P5.1 pinove mikrokontrolera, respektivno. Upotrebom dvanaestobitne AD konverzije ovi signali se koriste za zadavanje šifre. Neophodne indikatore predstavljaju dve LED diode. Njihovi signali su obeleženi sa led1 i led2 i povezani sa mikrokontrolerom preko pinova P4.3 i P4.4, respektivno. Taster koji omogućuje zadavanje nove šifre ukoliko je brava otključana je signalom sw1 povezan preko pina P2.4. Prikaz lozinke omogućen je korišćenjem LCD modula (HD44780) sa mogućnosti prikaza 16x2 karaktera. Pinovi DB4 - DB7 na LCD jedinici su povezani preko signala t\_lcd\_4 - t\_lcd\_7 do P8.4 - P8.7 pinova mikrokontrolera. Ovi signali služe za razmenu podataka i komandi između LCD-a i mikrokontrolera. Dodatno, signali sa LCD-a t\_lcd.e i t\_lcd.rs dovedeni su na pinove P8.3 i P8.2 mikrokontrolera.



Slika 1: Šema mikrokontrolera sa korišćenim periferijama

## 2.2 Korišćeni softver

Kod je implementiran u razvojnom okruženju Code Composer Studio 9.3.0 i testiran upotrebom simulatora.



Slika 2: Simulator mikrokontrolera sa obeleženim korišćenim periferijama

Navedene korišćene periferije su simulirane na način prikazan na Slici 2 i obeleženi su:

1. Taster za unos nove šifre i potvrdu unete šifre.
2. Potenciometar za određivanje prve cifre.
3. Potenciometar za određivanje druge cifre.
4. Potenciometar za određivanje treće cifre.
5. Potenciometar za određivanje četvrte cifre.
6. LED indikator pogodne šifre.
7. LED indikator stanja unosa nove šifre.
8. LCD displej za prikaz trenutne šifre.

## 3 LCD displej

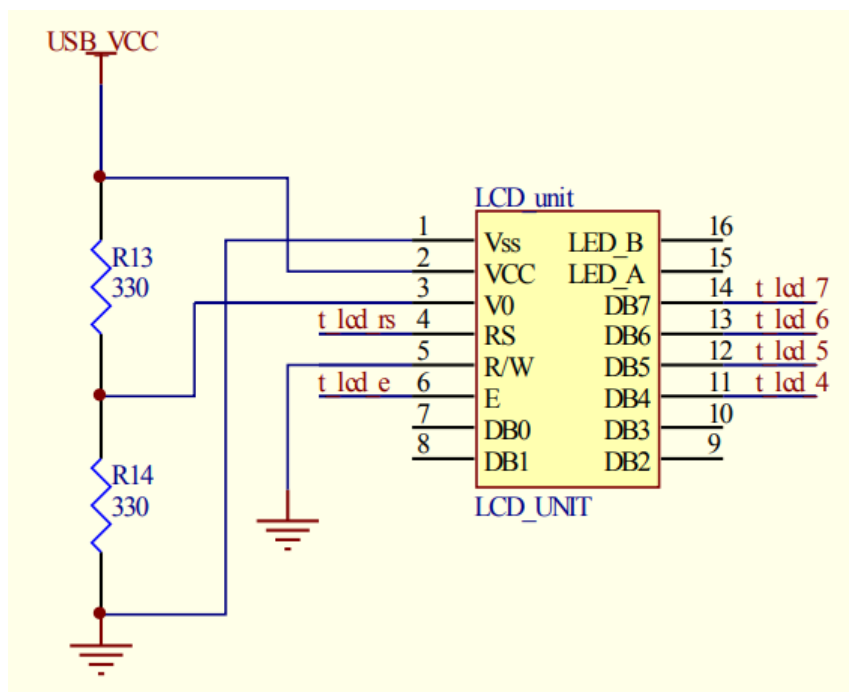
Prikazivanje rezultata je realizovano pomoću 16x2 LCD displeja HD44780. Displej je sa mikrokontrolerom povezan preko 4 signala za prenos poruka i 2 signala za dozvolu i odabir registra.

### 3.1 Registri

HD44780U ima dva 8-bitna registra, instrukcijski registar (IR) i registar podataka (DR). IR sadrži instrukcijske kodove kao što su brisanje sadržaja sa displeja i pomeranje

Signal	Broj konekcija	Funkcija
RS	1	Selekcija registra
E	1	Početak čitanja/pisanja podataka
DB4-DB7	4	Bidirekciona magistrala podataka

Tabela 1: Signali između mikrokontrolera i LCD displeja



Slika 3: Šematski prikaz LCD modula

kursora i u njega se može upisivati samo iz mikrokontrolera. DR privremeno smešta podatke koje treba upisati u DDRAM (Display Data RAM) ili CGRAM (Character Generator RAM) ili učitati iz DDRAM-a ili CGRAM-a. Izbor registra vrši se pomoću signala RS na način prikazan u Tabeli 2.

Logčki nivo	RS
0	Instrukcijski registar (IR)
1	Registar podataka (DR)

Tabela 2: RS signal

### 3.2 Instrukcije

Razmena podataka vrši se podrazumevano od mikrokontrolera ka LCD displeju preko magistrala DB4-DB7. Kako se istovremeno mogu poslati samo 4 bita, 8-bitne instrukcije i podaci se prosleđuju slanjem prvog gornja četiri, a zatim donja četiri bita. U Tabeli 3 navedene su korišćene instrukcije i način na koji se one prosleđuju LCD displeju uz uključenje signala dozvole nakon svakog nibla.

#### Brisanje sadržaja displeja

Kod praznog (blanko) karaktera 20H se upisuje u sve DDRAM adrese. Adresa 0 DDRAM-a se postavlja na adresni brojač i vraća displej na originalni status ako je pomeren. I/D se postavlja na 1 (inkrementalni mod) u ulaznom modu, dok se S ne menja.

Naziv instrukcije	Kod instrukcije				
Brisanje sadržaja displeja	RS	DB7	DB6	DB5	DB4
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1
Povratak na početnu poziciju	RS	DB7	DB6	DB5	DB4
	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	*
Ulazni mod	RS	DB7	DB6	DB5	DB4
	0	0	0	0	0
	0	0	1	I/D	S
Uključenje/Isključenje displeja	RS	DB7	DB6	DB5	DB4
	0	0	0	0	0
	0	1	D	C	B
Pomeranje kursora ili displeja	RS	DB7	DB6	DB5	DB4
	0	0	0	0	1
	0	S/C	R/L	*	*
Funkcijski set	RS	DB7	DB6	DB5	DB4
	0	0	0	1	DL
	0	N	F	*	*

Tabela 3: Set instrukcija

### Povratak na početnu poziciju

Adresa 0 DDRAM-a se postavlja na adresni brojač i vraća displej na originalni status ako je pomeren.

### Ulazni mod

Bit I/D određuje da li će se adresa DDRAM inkrementirati (I/D=1) ili dekrementirati (I/D=0) nakon čitanja iz DDRAM. Kursor se pomera udesno ukoliko se inkrementira za 1, ili ulevo ako se dekrementira za 1.

Bit S koji služi sa pomeranje celog displeja u desnu stranu (I/D=1) ili levu stranu (I/D=0). Ukoliko je bit S=1 displej će se pomerati i delovaće kao da se kursor ne pomera, dok se za S=0 displej ne pomera.

### Uključenje/Isključenje displeja

Bitom D se uključuje displej (D=1) ili isključuje (D=0). Isključivanjem displeja, podaci se čuvaju DDRAM-u i mogu se prikazati trenutno setovanjem bita D na 1.

Bit C određuje da li će kursor biti prikazan i bit B da li će prikazani kursor blinkati ili ne. Kako poslednje dve mogućnosti nisu podržane u simulatoru, neće biti više reči o njima.

### Pomeranje kursora ili displeja

Instrukcija za šift displeja ili kursora po potrebi može da se osposobi na različite načine prikazane na Tabeli 4.

### Funkcijski set:

Bit DL setuje interfejs dužine podataka. Ako su podaci dužine 8 bita (DB7-DB0) onda je DL=1, dok je za mod 4 bita (DB7-DB4) DL=0.

Bit N određuje broj linija displeja. Za N=1 koriste se 2 linije, dok je se za N=0 koristi jedna linija.

Bitom F se postavlja font karaktera ispisanih na LCD displeju.

Ova instrukcija se izvršava na početku programa pre bilo koje instrukcije. Nakon toga,

S/C	R/L	Opis
0	0	Pomeranje kursora ulevo (Adresni brojač je dekrementiran).
0	1	Pomeranje kursora udesno (Adresni brojač je inkrementiran).
1	0	Pomeranje displeja ulevo. Kursor prati pomeranje displeja.
1	1	Pomeranje displeja udesno. Kursor prati pomeranje displeja.

Tabela 4: Moguće postavke pomeranja kursora i displeja u zavisnosti od bita

instrukcija ne može biti izvršena osim u slučaju promene moda (4-bit i 8-bit).

**Napomena:** Zvezdicom su obeleženi biti čija vrednost ne igra nikakvu ulogu u kodu instrukcije. Drugim rečima, njihova vrednost je proizvoljna i može uzeti bilo koju vrednost; 0 ili 1

### 3.3 Inicijalizacija po instrukcijama

Koraci pri inicijalizaciji instrukcijama za 4-bitni mod dati su u datasheet-u LCD displeja i podrazumevaju redosled instrukcija koje treba izvršiti pre upotrebe displeja.

1. Uključenje napajanja

2. Sačekati više od 15ms nakon što  $V_{cc}$  dostigne 4.5V (sačekati više od 15ms nakon što  $V_{cc}$  dostigne 2.7V)

3. Funkcijski set (8-bitni interfejs)

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	1	1

4. Sačekati više od 4.1ms

5. Funkcijski set (8-bitni interfejs)

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	1	1

6. Sačekati više od 15us

7. Funkcijski set (8-bitni interfejs)

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	1	1

8. Funkcijski set (8-bitni interfejs)

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	1	1

9. Funkcijski set (4-bitni interfejs)

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	1	1
0	N	F	*	*

10. Displej je isključen

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	0	0
0	1	0	0	0

11. Brisanje sadržaja displeja
 

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	0	0
0	0	0	0	1
12. Ulazni mod
 

RS	DB7	DB6	DB5	DB4
0	0	0	0	0
0	0	1	I/D	S
13. Kraj inicijalizacije!

Do prelaska u 4-bitni mod (korak 9.) šalju se instrukcije dužine 4 bita i pravi se pauza između instrukcija. Nakon prelaska u 4-bitni mod (na kojem se ostaje do kraja rada) instrukcije se šalju u delovima, kako je već objašnjeno, a vreme izvršavanja je na nivou obične instrukcije.

## 4 AD konverzija

### 4.1 Mod konverzije

Zadatak zahteva istovremenu konverziju sa četiri kanala. Mikrokontroler MSP430F5438A podržava 12-bitnu konverziju u više modova konfigurisanim u ADC12CTL0 i ADC12CTL1 registrima. Izvor takta konverzije mogu biti SMCL, MCLK, ACLK i ADC12OSC (MODCLK, 5Mhz) i dalje se mogu deliti. Postoji 16 ADC12MEMx registara, od kojih je dovoljno koristiti 4 za smeštanje rezultata AD konverzije. Svaki od ADC12MEMx registara konfigurisan je odgovarajućim ADC12MCTLx kontrolnim registrom. Bit ADC12EOS definiše kraj sekvence. U modovima sequence-of-channels ili repeat-sequence-of-channels CSTARTADDx pokazuje na prvu ADC12MCTLx lokaciju u sekvenci (Tabela 5). Brojač koji nije softverski vidljiv se automatski inkrementira nakon svake završene konverzije sve do kontrolnog registra obeženog sa ADC12EOS. Nakon što je rezultat konverzije završen i upisan u ADC12MEMx registar, postavlja se odgovarajući fleg u ADC12IFGx registru.

ADC12CONSEQx	Mod
00	Jedan kanal je konvertovan jednom
01	*Sekvenca kanala je konvertovana jednom
10	Jedan kanal je konvertovan uzastopno
11	Sekvenca kanala je konvertovana uzastopno

Tabela 5: Modovi AD konverzije (\*korišćeni mod)

Za realizaciju projekta korišćena je sekvenca kanala pokrenuta setovanjem ADC12SC bita u prekidnoj rutini tajmera mikrokontrolera. Kako bi se AD konvertor konfigurisao tako da vrši sukcesivne automatske konverzije ADC12MSC bit u ADC12CT0 kontrolnom registru se mora postaviti na 1. Čitanje rezultata konverzije je implementirano u prekidnoj rutini ADC12 u koju se ulazi nakon svakog skladištenja konverzije u neki od ADC12MEMx memorijskih registara. Proveravanjem flagova ADC12IFGx trenutni rezultat konverzije se čuva u lokalnu promenljivu neometajući dalju konverziju.

### 4.2 ADC12CT0 registar

Za skladištenje rezultata konverzije korišćeni su registri ADC12MEM0-ADC12MEM3. Biti za podešavanje ovog kontrolnog registra prikazani su na Tabeli 6.



Bit	Polje	Opis
11-8	ADC12SHT0x	0001b = 8 ADC12CLK taktova za ADC12MEM0-ADC12MEM3
7	ADC12MSC	1b = Uzlazna ivica SHI pokreće konverziju, ostale su automatske
4	ADC12ON	1b = Uključenje AD konverzije
1	ADC12ENC	1b = Omogućavanje konverzije

Tabela 6: Podešavanje ADC12CT0 registra

### 4.3 ADC12CT1 registar

U kontrolnom registru ADC12CT1 biraju se mod AD konverzije kao i izvorišni takt. Ova podešavanja su prikazana na Tabeli 7.

Bit	Polje	Opis
9	ADC12SHP	1b = SAMPCON signal dolazi od tajmera za odabiranje
2-1	ADC12CONSEQx	1b = Sekvenca kanala

Tabela 7: Podešavanje ADC12CT1 registra

### 4.4 ADC12MCTLx i ADC12IE registri

Preko kontrolnih registara za memoriju konverzije su definisani analogni kanali čije će vrednosti nakon konverzije biti smešteni u određene memorijske registre. Takođe, ovim registrima se određuje kraj sekvence, tj. poslednji memorijski registar u kojem će biti smeštena vrednost konverzije i nakon čega će se sekvenca završiti. Registrom ADC12IE omogućava se ulaz u prekidnu rutinu pri smeštanju vrednosti konverzije u memorijskim registrima ADC12MEM0-ADC12MEM3 postavljanjem bitova ADC12IE0-ADC12IE3 na 1.

## 5 Implementacija

Kod rešenja je podeljen u četiri skripte. Glavni program (*main.c*) sadrži inicijalizaciju, logiku za promenu stanja i ispis na LCD displeju. Asemblerski kod (*isr.asm*) sadrži naredne tri prekidne rutine.

- Prekidna rutina nastera na portu 2 koja se izvršava pod uslovom da je šifra tačna. Ukoliko je promenljiva *flag* setovana u glavnom programu (sve cifre se poklapaju), iz stanja pogađanja šifre prelazi se u stanje zadavanje nove. Kada se sa promenom šifre završi, pritiskom na taster se prelazi ponovo u stanje pogađanja.
- Prekidna rutina tajmera se periodično poziva i pokreće AD konverziju setovanjem *Start Conversion* (SC) bita.
- Prekidna rutina AD konverzije u kojoj se proverava ADC12IFGx bita i skladišti vrednost završene konverzije u globalu promenljivu.

Fajl *function.h* sadrži deklaracije funkcija (definisane u *function.c*) i definicije makroa korišćenih za inicijalizaciju i upotrebu LCD displeja.

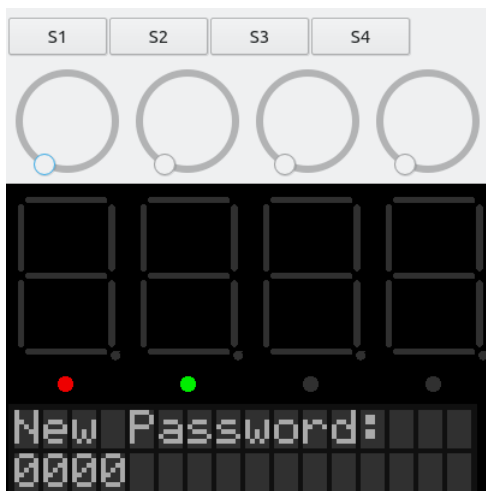
## 6 Rezultati

Nakon uspešno izvršene inicijalizacije, brava se smatra otkučanom i korisnik je u režimu zadavanja nove šifre. Promenom položaja potencijometara zadaje se vrednost u

opsegu 0-9 na adekvatnoj poziciji. Prva linija LCD displeja ukazuje na to u kom režimu se korisnik trenutno nalazi:

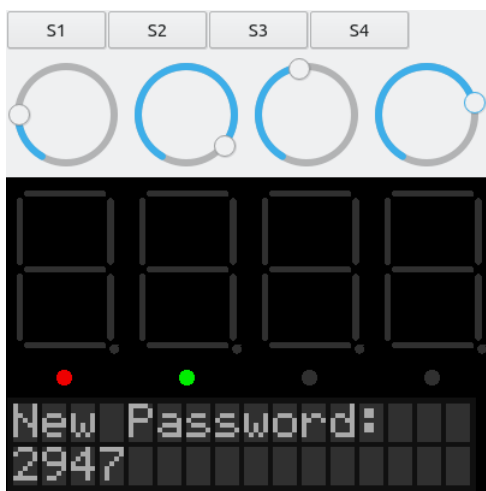
- **“New Password:“** - režim zadavanja nove šifre (inicijalno stanje)
- **“Combination:“** - režim pogađanja šifre

dok se u drugoj liniji nalazi trenutna šifra (važi za oba režima). Dioda svetle kako je rezultat AD konverzije jednak trenutnoj kombinaciji, a druga dioda jer je inicijalno stanje stanje zadavanja šifre (Slika 4).



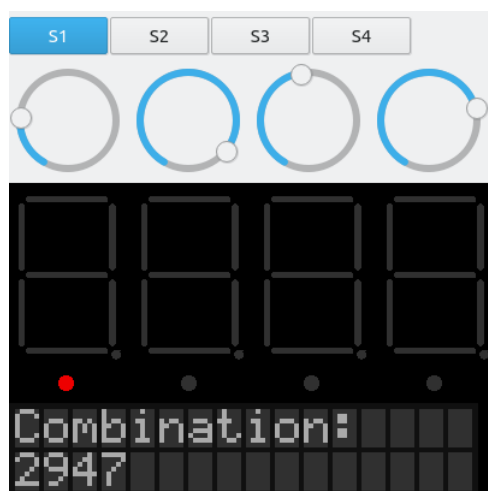
Slika 4: Inicijalno stanje

Nakon što korisnik odabere šifru pomoću potenciometara (primer dat na Slici 5), pritiskom na taster *S1*, potvrđuje se završen unos nove šifre i prelazi se u režim pogađanja (Slika 6). Da bi proces pogađanja bio to što jeste, poželjno je da korisnik nakon zadavanja šifre ostavi potenciometre u nasumično izabranom položaju (Slika 7), ili ih vrati u inicijalni položaj (0000).

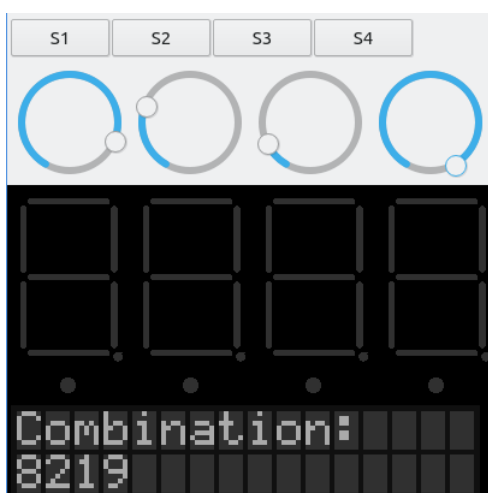


Slika 5: Zadata šifra

Nakon što korisnik koji pogađa šifru pogodi zadatu kombinaciju, ponovnim pritiskom na taster *S1* se prelazi u stanje zadavanja šifre.



Slika 6: Prelazak u režim pogađanja



Slika 7: Pogrešna šifra

## 7 Literatura

- [1] MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide,  
<https://www.ti.com/lit/ug/slau208q/slau208q.pdf?ts=1612448948407>
- [2] HD44780U (LCD-II), (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver), ADE-207-272(Z), '99.9, Rev. 0.0, <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [3] Uputstvo za korišćenje simulatora,  
[http://tnt.etf.bg.ac.rs/oe4nrs/pdf/vezbe/wsim\\_etf5438a\\_uputstvo.pdf](http://tnt.etf.bg.ac.rs/oe4nrs/pdf/vezbe/wsim_etf5438a_uputstvo.pdf)
- [4] Šema razvojnog sistema [http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/pdf/RS\\_MSP430F5438A\\_sch.pdf](http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/pdf/RS_MSP430F5438A_sch.pdf)
- [5] Vezbe na tabli - prezentacija 1, <http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/pdf/nrs1.pdf>
- [6] Vezbe na tabli - prezentacija 2, <http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/pdf/nrs2.pdf>
- [7] Vezbe na tabli - prezentacija 3, <http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/pdf/nrs3.pdf>
- [8] Vezbe na tabli - prezentacija 4, <http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/pdf/nrs4.pdf>
- [9] Dodatni materijali, <http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/pdf/advanced.pdf>
- [10] Beleške sa predavanja, [http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/index\\_files/Page323.html](http://tnt.etf.bg.ac.rs/os4nrs/index_files/Page323.html)