

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U BEOGRADU

Katedra za elektroniku



Ivana Radičević, 3374/2012

Tema: Digitalni termometar za bezkontaktno merenje

Mentor:

Prof. Dr Dragan Vasiljević

Asistent dipl. ing. Nenad Jovičić

Beograd, maj 2013

1 Sadržaj

2	Slike	3
3	Tabele	4
4	Uvod	5
5	Zahtevi projekta	6
6	Hardverska platform	7
6.1	Mikrokontroler	7
6.2	IrThermo click 3.3V.....	8
6.3	COG 2x16 LCD Board	9
6.4	3.3V-5V Voltage Translator Board.....	10
7	Softverska realizacija	11
8	Rezultati testiranja	15
9	Zaključak.....	16

2 Slike

<i>Slika 1. Električna šema sistema.....</i>	<i>6</i>
<i>Slika 2. Evaluaciona pločica.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 3. Moduo IrThermo click 3.3V.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 4 .Električna šema modula IrThermo click 3.3V.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 5. LCD Board.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 6. Električna šema LCD modula</i>	<i>9</i>
<i>Slika 7. 3.3V-5V Voltage Translator Board.....</i>	<i>10</i>
<i>Slika 8. Blok dijagram glavnog programa.....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 9. Izgled displeja sistema u radu.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 10. Izgled displeja sistema u radu(sa uključenim alarmom).....</i>	<i>15</i>

3 Tabele

<i>Tabela 1. Inicijalizacija portova za displej i LED.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 2. Inicijalizacija tajmera Tim2.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 3. Inicijalizacija I2C1.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 4. Generisanje prekida.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 5. Inicijalizacija i podešavanja LCD-a</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 6. Glavni program.....</i>	<i>14</i>

4 Uvod

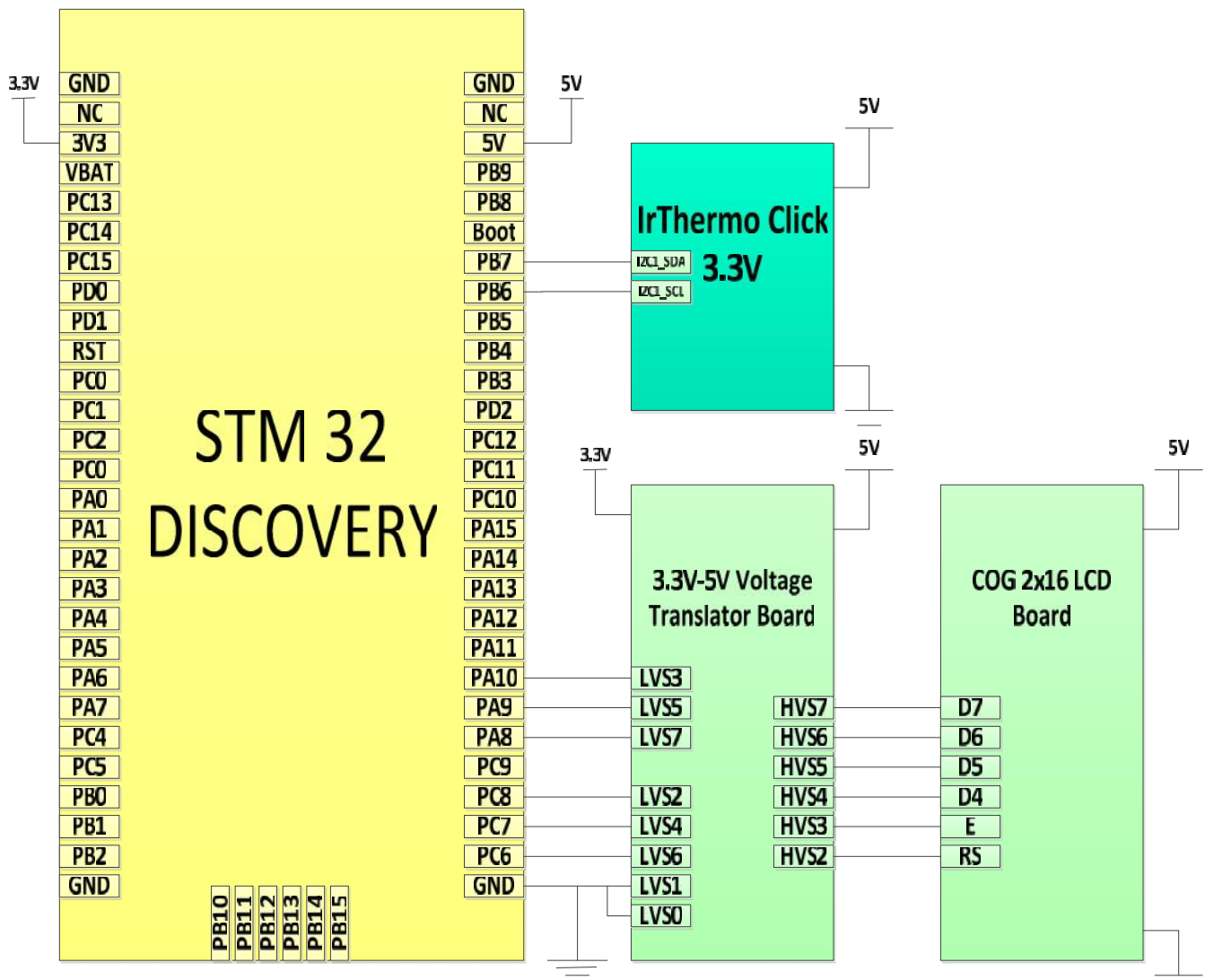
Ovaj rad predstavlja izveštaj o uradjenom projektu iz predmeta 32-bitni mikrokontroleri i primena, na Elektrotehničkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu. U okviru izveštaja dato je kompletno rešenje za realizaciju digitalnog termometra za bezkontaktno merenje. Detaljno će biti opisan hardver i softver sistema, princip rada, korišćene periferije mikrokontrolera, načini komunikacije medju modulima i komunikacija sa korisnikom.

Zamisao predmetnog projekta jeste da se izvrši simulacija i testiranje zadatka na mikrokontroleru iz familije STM32 proizvođača ST Microelectronics. Ovi 32-bitni mikrokontroleri su zasnovani na ARM Cortex-M3 jezgri koje odlikuje velika brzina rada (do 120 MHz procesorskog takta), veliki broj periferija, mala potrošnja, kao i poboljšan Thumb-2 instrukcijski set (koji obuhvata 16-bitne i 32-bitne instrukcije zajedno). Razvoj koda i testiranje je rađeno u softveru IAR Embedded Workbench for ARM 6.4.

5 Zahtevi projekta

Ideja ovog rada jeste da se napravi digitalan merač temperature za bezkontaktno merenje . Senzor koji je korišćen je IrThermo click 3.3V, firme Mikroelektronika, podaci su prikazani na COG 2x16 LCD Board-u iste firme, dok je naponski nivo od 5V za napajanje displeja obezbedio translator naponskog nivoa(3.3V-5V Voltage Translator Board).

Na slici 1. prikazana je električna šema sistema. Od periferija su korišćeni tajmeri TIM2 i I2C1 magistrala. Tajmer TIM2 radi u Counter modu, pomoću njega se periodično generiše prekid i u prekidu se postavlja flag “meri” na jedinicu, čime startujemo merenje senzorom. I2C1 magistrala se koristi za komunikaciju sa senzorom.



Slika 1. Električna šema sistema

6 Hardverska platforma

6.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler je zasnovan na ARM arhitekturi, sa 32-bitnom dužinom instrukcije. Radna frekvencija iznosi 24MHz, sa 128KB Flash memorije i 8KB SRAM-a, dva interna i podršku za dva eksterna oscilatora, više komunikacionih interfejsa(I2C, SPI, USART), jedan 12-bitni AD konvertor, dva 12-bitna DA konvertora, 7-kanalni DMA kontroler, šest 16-bitnih tajmera opšte namene, kao i jedan sa naprednijim funkcijama i 51 opštenamenski ulazno-izlazni pin. Nalazi se u 64-pinskom LQFP pakovanju.

Radi lakšeg razvoja koristi se evaluciona pločica STM32 VL DISCOVERY, proizvođača STMicroelectronics. Na njoj se nalazi mikrokontroler STM32F100RB, baziran na ARM Cortex-M3 jezgru. Napaja se preko USB-a, a može i sa 3.3V ili 5V eksternog napajanja. Posедуje i ST-Link debugger /programmer, preko koga se mikrokontroler programira i debuguje, dva taster i dva LED-a. Svi pinovi mikrokontrolera su izvedeni preko nožica, što omogućava jednostavno povezivanje mikrokontrolera sa ostalim hardverom. Prikaz pomenute ploče, dat je na slici 2.



Slika 2. Evaluciona pločica

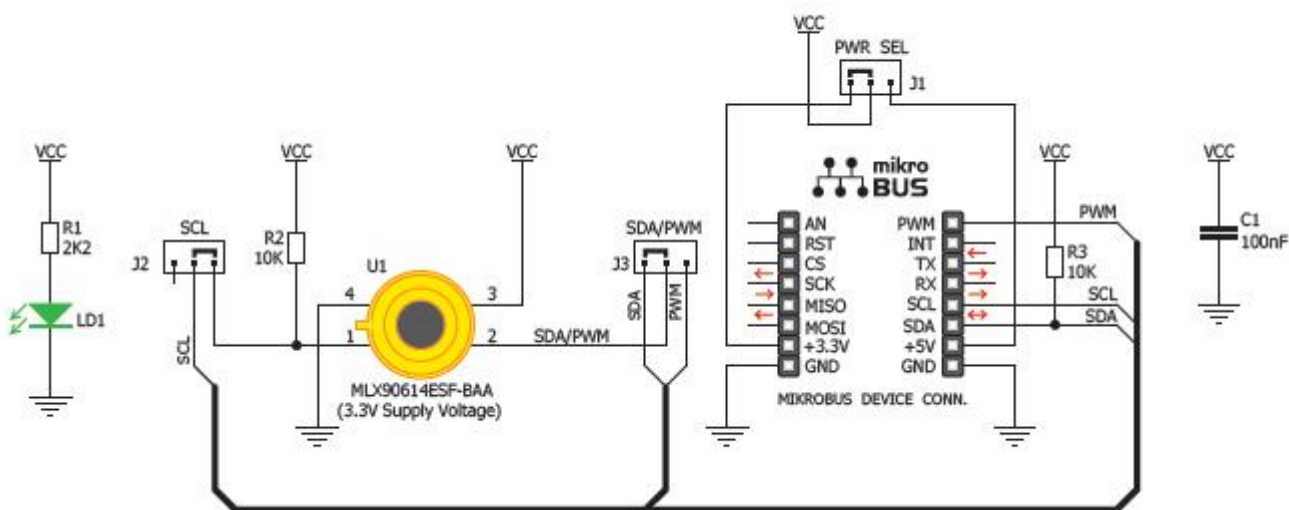
6.2 IrThermo click 3.3V

Na slici 3. prikazan je izgled modula IrThermo click 3.3V.



Slika 3. Moduo IrThermo click 3.3V

IrThermo click 3.3V karakteriše infra-crveni termometar modul za bezkontaktno merenje temperature. Kalibrisan je u širokom temperaturnom opsegu i to od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ za temperature ambijenta i od $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ za temperaturu objekta($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ u PWM modu). IrThermo click 3.3V komunicira sa mikrokontrolerom preko I2C magistrale(preko SCL i SDA) ili preko PWMa. Ove karakteristike čine ovaj sensor veoma pogodnim za industriju, za industrijsku kontrolu temperature, merenje temperature tela, detekciju pokreta, itd. Ovaj sensor je projektovan tako da koristi samo napajanje od 3.3V. Preko linija SCL i SDA dovodi se clock signal, odnosno podaci.



Slika 4. Električna šema modula IrThermo click 3.3V

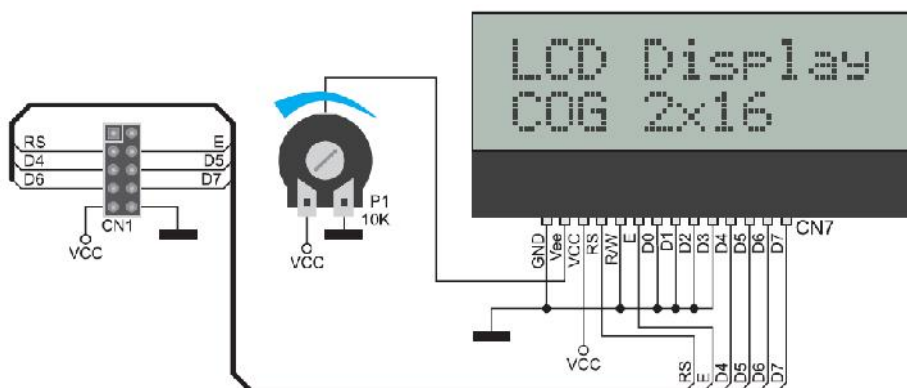
6.3 COG 2x16 LCD Board

Na slici 5. Prikazan je izgled ovog modula



Slika 5. LCD Board

Ova pločica se koristi za prikaz informacija putem tekstualnih poruka. COG (Chip-on-Glass) 2x16 LCD Pločica se može lako povezati sa mikrokontrolerom. Na pločici se nalazi potencijometar za podešavanje kontrasta. Ispis na displeju se vrši u dva reda po šesnaest karaktera.



Slika 6. Električna šema LCD modula

Modul se povezuje preko 2x5 ženskog konektora CN1 na razvojni sistem na 2x5 muški konektor. Funkcije njegovih pinova su:

RS - Register selection. Dovođenjem logičke jedinice na pin selektuje se data registar. Dovođenjem logičke nule na pin selektuje se instrukcijski registar.

Vee -Regulator kontrasta displeja, promenom položaja potencijometra P1 menja se napon napajanja.

R/W -Reading/Writing selekcija. Dovođenjem logičke jedinice na pin, vršiće se čitanje sa displeja. Dovođenjem logičke nule na pin podaci će se ispisivati na displej.

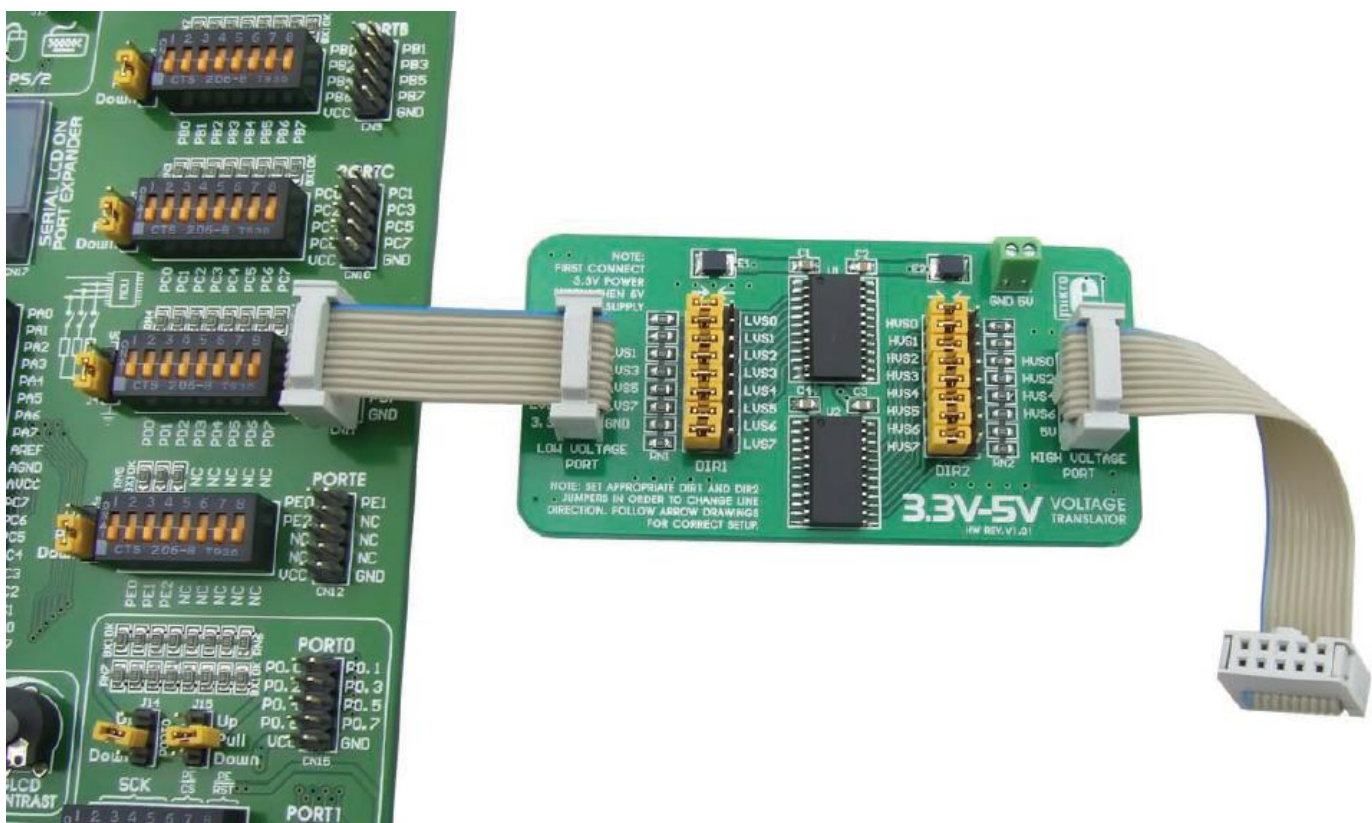
E -I/O dozvola.

D0-D1 -Pinovi koji se koriste za slanje podataka LCD-u.

Pinovi D4,D5,D6 i D7 primaju podatke poslate od strane mikrokontrolera kada su pinovi D0,D1.D2 i D3 na logičkoj nuli.

6.4 3.3V-5V Voltage Translator Board

Modul odlikuju dva 8-bitna neinvertujuća promopredajnika LVXC3245. Svi ulazi i izlazi su tolerantni na 5V. LVXC3245 je proizveden u naprednoj CMOS tehnologiji. Ovaj primopredajnik sadrži dve odvojene spojnice što omogućava tranziciju od 3.3V do 5V. Ovaj primopredajnik je idealan za asihronu komunikaciju izmedju dve magistrale(A i B). On prenosi podatke od A do B, ili obrnuto, u zavisnosti od logičkog nivoa na direkcionom kontrolnom ulazu(DIR input). Output- enable(OE) ulaz može biti iskorišćen da desejbluje uređaj. Na slici 7 prikazan je izgled ovog modula.

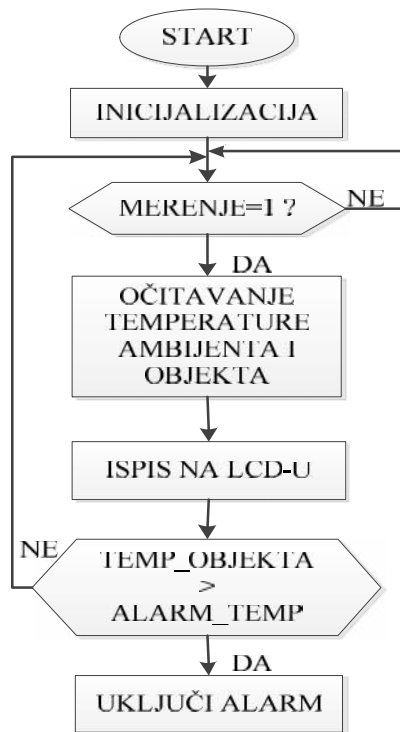


Slika 7. 3.3V-5V Voltage Translator Board

3.3V-5V Voltage Translator se jednostavno može povezati na razvojni sistem preko 2x5 CN! Konektora i flet kabla sa prikladnim IDC10 konektorima, što je takodje prokazano na slici 7.

7 Softverska realizacija

Program je realizovan u vidu glavnog programa i prekidne rutine. Na sledećoj slici prikazan je blok dijagram toka izvršavanja programa.



Slika 8. Blok dijagram glavnog programa

Po startu programa vrši se inicijalizacija periferija. U narednim tabelama dati su delovi koda programa.

```
1. //inicijalizacija portova za LCD
2. //PA8 -> DB7, PA9 -> DB5, PA10 -> E
3. GPIO_StructInit(&GPIO_InitStructure);
4. GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8 + GPIO_Pin_9 + GPIO_Pin_10;
5. GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
6. GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
7. GPIO_Init( GPIOA, &GPIO_InitStructure );
8.
9. //inicijalizacija portova za LCD i LED
10. //LCD: PC6 -> DB6, PC7 -> DB4, PC8 -> RS
11. //LED: PC9 -> Alarm LED
12. GPIO_StructInit(&GPIO_InitStructure);
13. GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_6 + GPIO_Pin_7 + GPIO_Pin_8 + GPIO_
    Pin_9;
14. GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
15. GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
16. GPIO_Init( GPIOC, &GPIO_InitStructure );
```

Tabela 1. Inicijalizacija portova za displej i LED

```

1.
2. //INICIJALIZACIJA TIMER2 PERIFERIJE KOJA CE DA GENERISE PERIODICNI PREKID
3. //Konfiguracija vremenske baze za TIMER2 periferiju
4. TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_Period = 540;
5. TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_Prescaler = 8880;
6. TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_ClockDivision = 0;
7. TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
8.
9. //Inicijalizacija TIMER2 periferije
10. TIM_TimeBaseInit(TIM2, &TIM_TimeBaseInitStruct);
11.
12. //Dozvola generisanja prekida na nivou periferije
13. TIM_ITConfig(TIM2,TIM_IT_Update, ENABLE);
14.
15. //Startovanje TIMER2 periferije
16. TIM_Cmd(TIM2, ENABLE);
17.

```

Tabela 2. Inicijalizacija tajmera Tim2

```

1.
2. // Configure I2C1 pins: PB6->SCL and PB7->SDA
3. GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_6 | GPIO_Pin_7;
4. GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
5. GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_OD;
6. GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
7.
8. I2C_DeInit(I2C1);
9. I2C_InitStructure.I2C_Mode = I2C_Mode_I2C;
10. I2C_InitStructure.I2C_DutyCycle = I2C_DutyCycle_2;
11. I2C_InitStructure.I2C_OwnAddress1 = 0x30;
12. I2C_InitStructure.I2C_Ack = I2C_Ack_Enable;
13. I2C_InitStructure.I2C_AcknowledgedAddress = I2C_AcknowledgedAddress_7bit;
14. I2C_InitStructure.I2C_ClockSpeed = 50000; // 50KHz
15.
16. I2C_Cmd(I2C1, ENABLE);
17. I2C_Init(I2C1, &I2C_InitStructure);
18. I2C_AcknowledgeConfig(I2C1, ENABLE);
19.

```

Tabela 3. Inicijalizacija I2C1

```

1.
2.     //DOZVOLA GENERISANJA PREKIDA
3.     //Dozvola generisanja prekida od strane TIM2 periferije
4.     NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = TIM2_IRQn;
5.     NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
6.     NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 1;
7.     NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
8.
9.     //Inicijalizacija NVIC periferije
10.    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
11.

```

Tabela 4. Generisanje prekida

```

1.
2.     //Inicijalizacija i podesavanje displeja
3.     LCD_Init();           //inicijalizacija displeja
4.     LCD_Send_Instr(0x28); //Function Set - 4-bit, Dual Line
5.     LCD_Send_Instr(0x06); //Entry Mode Set - Increment, Display Shift Off
6.     LCD_Send_Instr(0x10); //Display/Cursor Shift - Move Cursor
7.     LCD_Send_Instr(0x01); //Display Clear
8.     LCD_Send_Instr(0x02); //Display/Cursor Home
9.     LCD_Send_Instr(0x0C); //Display On, Underline Off, Blink Off
10.
11.    Tamb[12] = 223;       // stepen C
12.    Tobj[12] = 223;      // stepen C
13.
14.    //ispis zaglavlja
15.    for (i=0; i<14; i++)
16.        LCD_Send_Data(Tamb[i]);
17.    LCD_Send_Instr(0xC0); // novi red
18.    for (i=0; i<14; i++)
19.        LCD_Send_Data(Tobj[i]);
20.

```

Tabela 5. Inicijalizacija i podešavanja LCD-a

Potom se ispituje uslov za početak merenja, ako je uslov ispunjen pristupa se merenju. Uslov se resetuje. Upotrebom određenih konstanti , na osnovu izmerenih veličina izračunavaju se vrednosti izmerene temperature ambijenta, odnosno temperature objekta. Podaci se pripremaju za ispis na LCD-u. Ispituje se da li je izmerena temperatura objekta veća od zadate kritične temperature, ako jeste uključuje se alarm, a ako nije - program se izvršava od početka, odnosno od ispitivanja uslova za merenje. Tabelom 6. dat je deo koda glavnog programa.

```

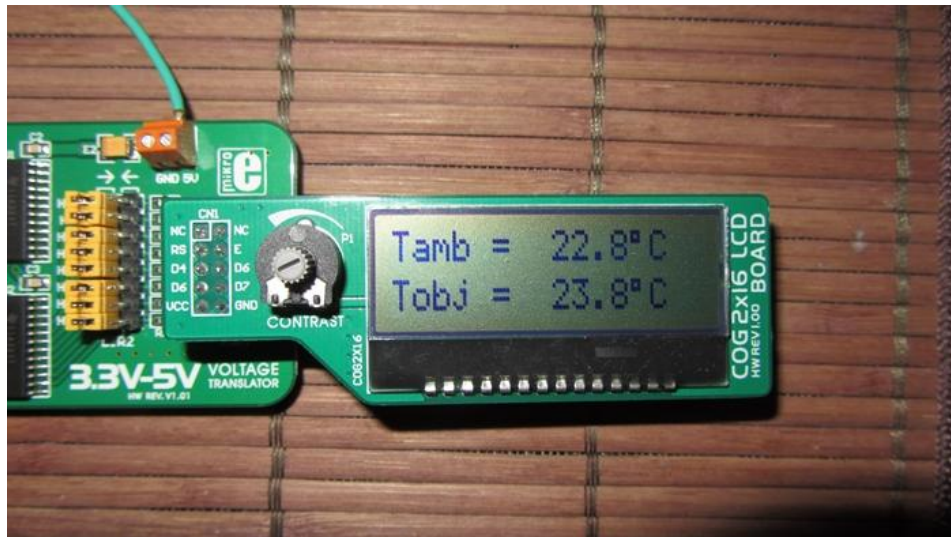
1. while(1)
2. {
3.     if (merenje)
4.     {
5.         merenje = 0;
6.
7.         Temp_A = ReadSensor(I2C1, AMB_TEMP);    // Read Ambient temperature
8.         Temp_A = (Temp_A * 0.02 - 273.15)*10;    // Convert result in Celsius degrees
9.
10.        Temp_O = ReadSensor(I2C1, OBJ_TEMP);    // Read Ambient temperature
11.        Temp_O = (Temp_O * 0.02 - 273.15)*10;    // Convert result in Celsius degrees
12.
13.        //ispis temperature ambijenta
14.        int_to_string(Temp_A, temp_char);
15.        LCD_Send_Instr(0x87);                    //pozicioniranje gde se vrsi ispis, prvi red
16.
17.        for (i=0; i<5; i++)
18.            LCD_Send_Data(temp_char[i]);
19.
20.        //ispis temperature objekta
21.        int_to_string(Temp_O, temp_char);
22.        LCD_Send_Instr(0xC7);
23.        for (i=0; i<5; i++)
24.            LCD_Send_Data(temp_char[i]);
25.
26.        if (Temp_O > Alarm_Temp*10)              // ispitivanje alarma
27.        {
28.            GPIO_SetBits(GPIOC, GPIO_Pin_9);
29.            LCD_Send_Instr(0xCF);
30.            LCD_Send_Data('!');
31.        }
32.        else
33.        {
34.            GPIO_ResetBits(GPIOC, GPIO_Pin_9);
35.            LCD_Send_Instr(0xCF);
36.            LCD_Send_Data(' ');
37.        }
38.
39.        //ovde idu dodatni poslovi mikrokontrolera
40.
41.    }
42.
43. }

```

Tabela 6. Glavni program

8 Rezultati testiranja

Na slikama 9 i 10 su prikazana dva rezultata merenja temperature ambijenta i temperature objekta, sa tim što je na slici 10 uključen alarm, jer je temperatura objekta prešla zadatu temperature alarma.



Slika 9. Izgled displeja sistema u radu



Slika 10. Izgled displeja sistema u radu(sa uključenim alarmom)

9 Zaključak

U ovom projektu obradjen je problem digitalnog merača temperature ambijenta i temperature objekta. Ideja je bila napraviti sklop koji može imati primenu u realnom svetu.

Postoji mnogo mogućnosti za nadogradnju projekta, na primer, dodavanjem potrebnih modula rezultat bi mogao da se šalje bežično na neki drugi uređaj. Takođe, rezultat merenja mogao bi da kontroliše otvaranje ili zatvaranje ventila, zatim da kontroliše releje.. Mogućnosti su velike uz dodavanje željenog hardvera i manje promene u kodu.