

PROJEKAT HRM024

Mikroprocesorski sistemi u telekomunikacijama - ZAVRŠNI

Amar Mehmedović
Damir Muminović
Mahir Terzić

MSUT

23.01.2024.

1 UVOD

2 KOMPONENTE

3 IMPLEMENTACIJA

4 TESTIRANJE

5 LITERATURA

OPIS PROJEKTA

- Glavni cilj projekta je implementacija uređaja, uz pomoć STM32F407 mikrokontrolera i senzora MAX30102 za mjerenje srčane frekvencije.
- Uređaj treba da vrši ispis prosječne vrijednosti izmjerene srčane frekvencije na drugom udaljenom uređaju (u ovom slučaju drugi STM32F407).
- Prijenos podataka na udaljeni uređaj vrši se putem nRF24L01 Transceiver-a.

Korištene komponente:

- STM32F407 MCU
- MAX30102 senzor
- nRF24L01 Transceiver
- Display 1602 I2C

U nastavku će biti dat kratak opis komponenti koje su korištene.



1 UVOD

2 KOMPONENTE

3 IMPLEMENTACIJA

4 TESTIRANJE

5 LITERATURA

MAX30102

- MAX30102 senzor posjeduje crvenu LED diodu, infracrvenu LED (IR), i omogućava mjerenje otkucaja srčane frekvencije i zasićenosti kisikom u krvi.
- Uređaj treba da vrši prikazivanja prosječne vrijednosti izmjerene srčane frekvencije na udaljenom uređaju (drugi STM32F407).
- Komunikacija se ostvaruje putem I2C interfejsa.
- -40°C to +85°C Operating Temperature Range
- MAX30102 senzor sadrži konfiguracijske i statusne registre.
- Izlazni podaci mogu se pohraniti u FIFO buffer



MAX30102

Register Maps and Descriptions

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	REG ADDR	POR STATE	R/W
STATUS											
Interrupt Status 1	A_FULL	PPG_RDY	ALC_OVF					PWR_RDY	0x00	0x00	R
Interrupt Status 2							DIE_TEMP_RDY		0x01	0x00	R
Interrupt Enable 1	A_FULL_EN	PPG_RDY_EN	ALC_OVF_EN						0x02	0x00	R/W
Interrupt Enable 2							DIE_TEMP_RDY_EN		0x03	0x00	R/W
FIFO											
FIFO Write Pointer				FIFO_WR_PTR[4:0]					0x04	0x00	R/W
Overflow Counter				OVF_COUNTER[4:0]					0x05	0x00	R/W
FIFO Read Pointer				FIFO_RD_PTR[4:0]					0x06	0x00	R/W
FIFO Data Register	FIFO_DATA[7:0]								0x07	0x00	R/W
CONFIGURATION											
FIFO Configuration	SMP_AVE[2:0]			FIFO_ROLL_OVER_EN	FIFO_A_FULL[3:0]				0x08	0x00	R/W
Mode Configuration	SHDN	RESET				MODE[2:0]			0x09	0x00	R/W
SpO ₂ Configuration	0 (Reserved)	SPO2_ADC_RGE [1:0]		SPO2_SR[2:0]			LED_PW[1:0]		0x0A	0x00	R/W
RESERVED									0x0B	0x00	R/W
LED Pulse Amplitude	LED1_PA[7:0]								0x0C	0x00	R/W
	LED2_PA[7:0]								0x0D	0x00	R/W
RESERVED									0x0E	0x00	R/W
RESERVED									0x0F	0x00	R/W
Multi-LED Mode Control Registers	SLOT2[2:0]					SLOT1[2:0]			0x11	0x00	R/W
	SLOT4[2:0]					SLOT3[2:0]			0x12	0x00	R/W

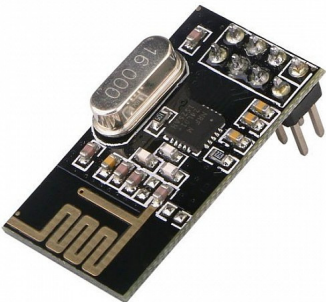
MAX30102

Register Maps and Descriptions (continued)

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	REG ADDR	POR STATE	R/W
RESERVED									0x13–0x17	0xFF	R/W
RESERVED									0x18–0x1E	0x00	R
DIE TEMPERATURE											
Die Temp Integer	TINT[7:0]								0x1F	0x00	R
Die Temp Fraction					TFRAC[3:0]				0x20	0x00	R
Die Temperature Config								TEMP_EN	0x21	0x00	R/W
RESERVED									0x22–0x2F	0x00	R/W
PART ID											
Revision ID	REV_ID[7:0]								0xFE	0xFF*	R
Part ID	PART_ID[7]								0xFF	0x15	R

nRF24L01 - RF Transceiver

- 2.4 GHz radio primo-predajnik.
- Bitske brzine od 1 Mbps (1 MHz kanal) i 2 Mbps (2MHz).
- Koristi za komunikaciju na kratkim udaljenostima.
- Koristi GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) modulaciju za bolju otpornost na šum i interferenciju.
- Koristi SPI komunikacijski protokol.



Display I2C 1602

- I2C 1602 displej koristi HD44780U (LCD-II) kontroler.
- I2C (Inter-Integrated Circuit) interfejs za komunikaciju s mikrokontrolerom.
- 2x16 (32 znaka) linija za prikaz teksta, što pruža dovoljan prostor za prikazivanje informacija u slučaju ovog projekta.
- Low power operation support: 2.7 to 5.5V
- HD44780U ima dva 8bitna registra, instrukcijski registar (IR) i data registar (DR).



Display I2C 1602



1 UVOD

2 KOMPONENTE

3 IMPLEMENTACIJA

4 TESTIRANJE

5 LITERATURA

IMPLEMENTACIJA

- Inicijalizacija MAX30102 senzora vrši se na sledeći način: (dio koda funckije MAX_Init())

```
1 I2C_Start();
2 I2C_Send_Addr(MAX30102_W_ADDRESS);
3 I2C_Send8bit(MODE_REG);
4 I2C_Send8bit(HRM_MODE);
5 I2C_Stop();
6 delay_ms(4);
7 //////////////////////////////////////
8 I2C_Start();
9 I2C_Send_Addr(MAX30102_W_ADDRESS);
10 I2C_Send8bit(LED1_PULSE_AMPLITUDE_REG);
11 I2C_Send8bit(LED1_ON);
12 I2C_Stop();
```

IMPLEMENTACIJA

- U gore navedenom kodu putem adrese za pisanje (MAX30102_W_ADDRESS) pristupa se konfiguracijskom registru za mod rada u kojem će senzor raditi.
- **HRM_MODE (0x09)** podešava Heart Rate Mode.
- Vrš se podešavanje i konfiguracija LED1 diode.
- Nakon toga u nastavku konfigurisani su FIFO read, write pointeri.

```
1 I2C_Start();
2 I2C_SendAddr(MAX30102_W_ADDRESS);
3 I2C_Send8bit(FIFO_WRITE_POINTER);
4 I2C_Send8bit(0x00);
5 I2C_Stop();
6 delay_ms(4);
7 I2C_Start();
8 I2C_SendAddr(MAX30102_W_ADDRESS);
9 I2C_Send8bit(FIFO_READ_POINTER);
10 I2C_Send8bit(0x00);
11 I2C_Stop();
12 delay_ms(4);
13 I2C_Start();
14 I2C_SendAddr(MAX30102_W_ADDRESS);
15 I2C_Send8bit(OVERFLOW_COUNTER);
16 I2C_Send8bit(0x00);
17 I2C_Stop();
18 delay_ms(4);
```

IMPLEMENTACIJA

- Potrebno je ukloniti DC komponentu iz dobijenih vrijednosti kako bi se smanjio uticaj niskofrekentnih smetnji a samim time bi bila povećana preciznost i tačnost mjerenja.
- Pored uklanjanja DC komponente potrebno je koristiti i različite filtere kako bi naše vrijednosti učinili pogodnim za očitavanje.

Filteri koji su implementirani u max.c :

- Moving Average Filter - MAF
- Bandpass Filter

IMPLEMENTACIJA

- Nakon obrade očitanih vrijednosti računa se bpm pozivom funkcije **calculateBPM**.
- **calculateBPM** prima tri argumenta (filtered_data, size i sampling_rate).
- Uzimaju se 4 izračunate vrijednosti bpm a zatim se računa njihova prosječna vrijednost koja se konvertuje u string a onda se putem NRF-a šalje na drugi STM32F407.
- Konverzija dobijenih vrijednosti u string prikazana je u nastavku

IMPLEMENTACIJA

```
13 p_msg[11] = '0' + (avgBPM / 100);  
14 p_msg[12] = '0' + ((avgBPM / 10) p_msg[13] = '0' + (avgBPM  
15 if (p_msg[11] == '0')  
16 {  
17 p_msg[11] = ' ';  
18 }  
19 ...
```

IMPLEMENTACIJA

- Na drugoj strani NRF radi u Slave modu i čeka prijem podataka.
- U trenutku prijema podataka vrši se ispis na displeju uz pomoć funkcije **LCD_Send_String**.

```

20 while (node_type == NRF24L01_NODE_TYPE_RX)
21 {
22   setTxAddrNRF24L01(c_nrf_master_addr);
23   res = dataReadyNRF24L01();
24   if (res == NRF_DATA_READY)
25   {
26     rxDataNRF24L01(nrf_data);
27     LCD_Clear();
28     LCD_Send_String((char *)nrf_data);
29     message_received = 1;
30   } }

```

IMPLEMENTACIJA

- Funkcija **LCD_Send_String** ispisuje karaktere sve dok je cnt manje od 16, a nakon toga pozivom funkcije **LCD_Cursor(1,0)** prelazi u novi red. (I2C Displej može maksimalno prikazati 16 simbola u jednom redu, a ima 2 reda).
- Pozivom funkcije **LCD_Write_Data(LCD_ADDR, *str++)** svaki karakter se šalje na LCD ekran. Nakon slanja karaktera, pokazivač na string se povećava za jedan kako bi se prešlo na sljedeći karakter.



IMPLEMENTACIJA

```
31 void LCD_Send_String(char *str)
32 {
33     uint8_t cnt = 0;
34     while (*str)
35     {
36         if (cnt >= 16)
37         {
38             LCD_Cursor(1, 0);
39             cnt = 0;
40         }
41         LCD_Write_Data(LCD_ADDR, *str++);
42         cnt++;
43     }
```

1 UVOD

2 KOMPONENTE

3 IMPLEMENTACIJA

4 TESTIRANJE

5 LITERATURA

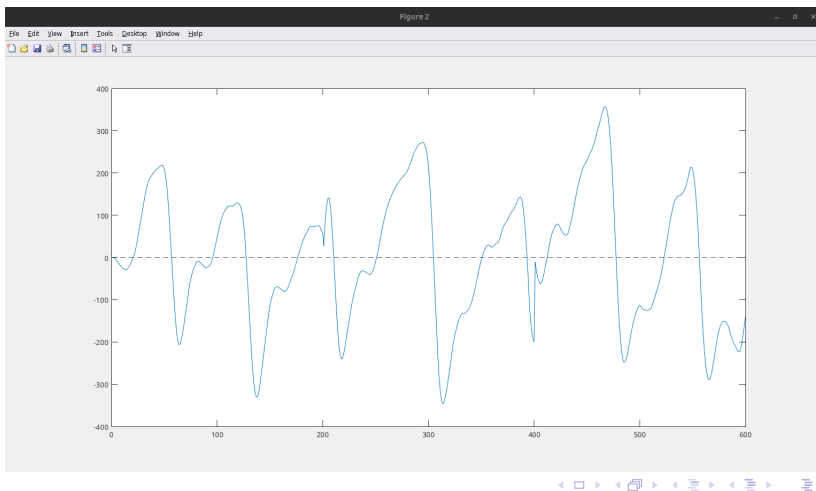
TESTIRANJE

- Nakon implementacije uređaja izvršeno je testiranje očitavanja srčanog ritma pri različitim opterećenjima.
- Jasno se vide razlike pri različitim intenzitetima aktivnosti osobe koja mjeri puls.
- U normalnim aktivnostima dobivene vrijednosti bpm-a su u rasponu od **60-80**.
- Pri inteziviranom opterećenju porast bpm-a je jasno vidljiv, što ukazuje na povećanu fizičku aktivnost ili opterećenje.
- HRM024 **ne garantuje** tačnost mjerenja ali može detektovati velike promjene što ukazuje na povećanu aktivnost srca.

23 / 26

TESTIRANJE

- Plot u MATLAB-u prilikom mjerenja.



1 UVOD

2 KOMPONENTE

3 IMPLEMENTACIJA

4 TESTIRANJE

5 LITERATURA

LITERATURA

- [1] MAX30102 Datasheet.
- [2] STM32F407xx Datasheet.
- [3] RM0090 Reference manual.
- [4] HD44780U (LCD-II).