

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 5063

**UGRADBENI RAČUNALNI SUSTAV ZA
MJERENJE TEMPERATURE I RELATIVNE
VLAŽNOSTI**

Ksenija Marković

Zagreb, lipanj 2017.

SADRŽAJ

Uvod.....	1
1. MSP430G2553 Launchpad	2
1.1 Arhitektura.....	2
1.2 Središnja procesorska jedinica	3
1.3 <i>Flash</i> memorija.....	4
1.4 Oscilator.....	5
1.5 On - board Emulator.....	5
1.6 Vanjski priključci.....	5
1.7 Digitalni ulazno-izlazni priključci	6
1.8 Sklopovlje za detekciju pogrešnog rada (WDT+)	7
1.9 Timer_A	8
1.10 USI	8
2. DHT22 senzor	9
2.1 Način spajanja.....	10
2.2 Način rada.....	11
2.3 Programska podrška	13
3. LCD prikaznik	16
3.1 Vanjski priključci	16
3.2 Osnovne naredbe LCD prikaznika	19
4. I ² C sabirnica	20
5. Električna shema.....	22
6. Vanjski prikaz sustava	23
6.1 Prikaz uključivanja alarma.....	24
6.2 Prikaz utora komponenti	26
7. Zaključak	27
Literatura	28
Sažetak	29
Dodatak.....	30

Uvod

Mikrokontroler je elektronički uređaj koji se koristi u ugradbenim računalnim sustavima. Ugradbeni računalni sustavi koriste se svuda, često se mikrokontroleri koriste kod kontrole proizvodnog lanca, alarmnim sustavima, regulaciji osvjetljenja, mobitelima, televizorima, danas praktički u svi elektronički uređaji.

U ovom radu je opisana izvedba sustava za mjerenje temperature i relativne vlažnosti. Sustav je izveden pomoću senzora DHT22, mikrokontrolera porodice MSP430 i LCD *display-a*. Također je i opisana sva periferija i zadaća perifernih komponenata mikrokontrolera . Podaci koji senzor očitava prikazani su na LCD *display-u*.

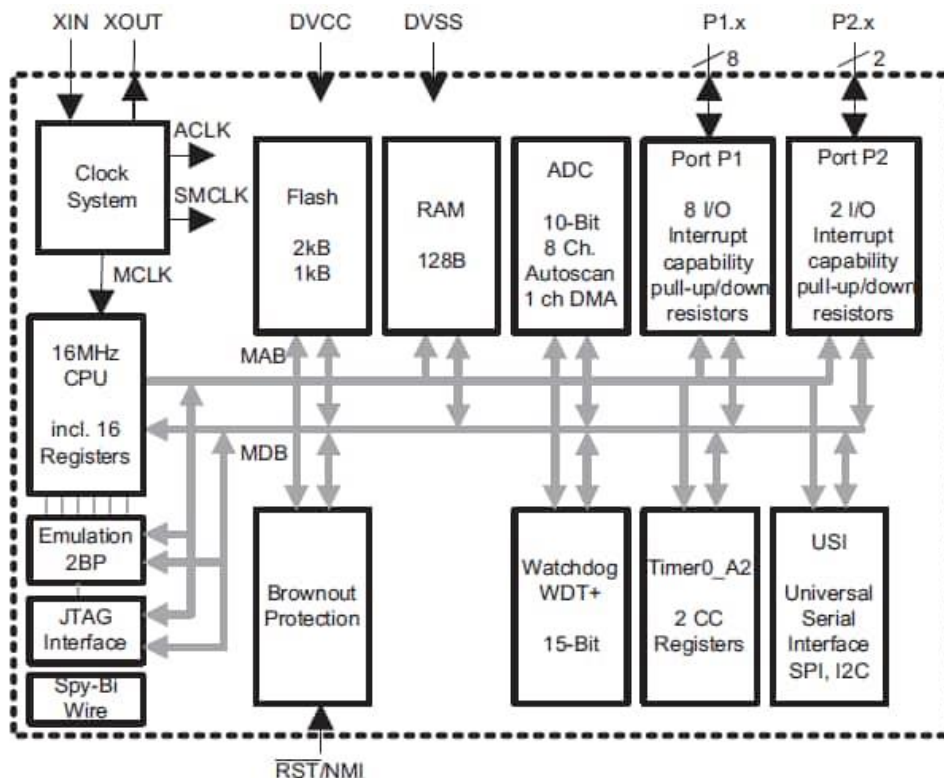
Familija Texas Instruments MSP430 *ultra low power* mikrokontrolera se sastoji od nekoliko uređaja koji predstavljaju različite skupine periferije ciljane za različite primjene. Arhitektura je u kombinaciji s pet nisko energetske (*low power*) načina rada kako bi se produžio vijek trajanja baterije u prijenosnim mjernim aplikacijama. Uređaj posjeduje 16-bitni RISC procesor, 16-bitne registre i stalni generator koji pridonosi maksimalnom učinkovitosti koda. Digitalno kontrolirani oscilator (DCO) omogućuje buđenje iz *low power* načina u aktivan način rada za manje od 1 μ s. MSP430G2x53 serija je *ultra low power* sklop s ugrađenim 16-bitnim brojačem, deset I/O pinova, 10-bitni A/D konverter i pri komunikaciji se mogu koristiti sinkroni protokoli (SPI ili I2C).

1. MSP430G2553 Launchpad

1.1 Arhitektura

MSP430 *Launchpad* je razvojni sustav baziran na 16-bitnom RISC procesoru, sadržanom unutar MSP430G2553 mikrokontrolera. Dvije sabirnice [*Memory Adress Bus (MAB)* i *Memory Data Bus (MDB)*] povezuju procesor, periferije mikrokontrolera i generator takta po principu *von Neumannove* arhitekture, prilagođene za *low power* aplikacije.

Programska memorija (*Flash*) ima kapacitet 2 kilobajta, a podatkovna memorija sadrži 128 bajtova. Odlike porodice sklopova MSP4302x53 je mala potrošnja energije i mogućnost dugotrajnog rada na baterijskom napajanju (ovisno o izvedbi). Ima jedan skup ulazno izlaznih priključaka (*port*) koji služi za komunikaciju mikrokontrolera s vanjskim svijetom. Arhitektura MSP430G2x53 porodice sklopova jer prikazana na slici 1.



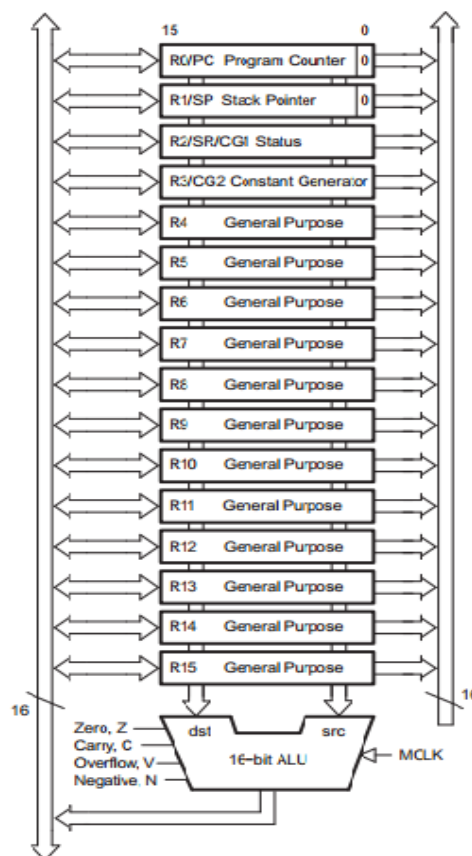
Slika 1: Prikaz arhitekture MSP430G2x53 porodice sklopova

1.2 Središnja procesorska jedinica

Središnja procesorska jedinica (CPU) je dizajnirana u skladu s modernim tehnikama programiranja kao što su tablično procesuiranje i korištenje programskih jezika više razine, poput C-a. RISC arhitektura sadrži sedam adresna izvorna operanda i četiri adresna odredišna operanda.

Procesor sadrži 16 integriranih registara koji smanjuju vrijeme izvođenja instrukcija. Svaki registar obavi svoju operaciju u jednom izvornom taktu. Registri R0, R1, R2 i R3 imaju posebne namjene, dok ostali registri služe za opće namjene. Registar R0 služi kao programski brojač, R1 kao pokazivač stoga, R2 kao statusni registar, a R3 kao stalni generator. Na slici 2. prikazan je blok dijagram CPU-a.

MSP430 procesor ima jedan aktivan način rada i pet softwareskih *low power* načina rada. Prekidi mogu probuditi uređaj iz bilo kojeg *low power* načina rada i vratiti ga ponovo u taj *low power* način rada na povratku iz prekidnog potprograma.



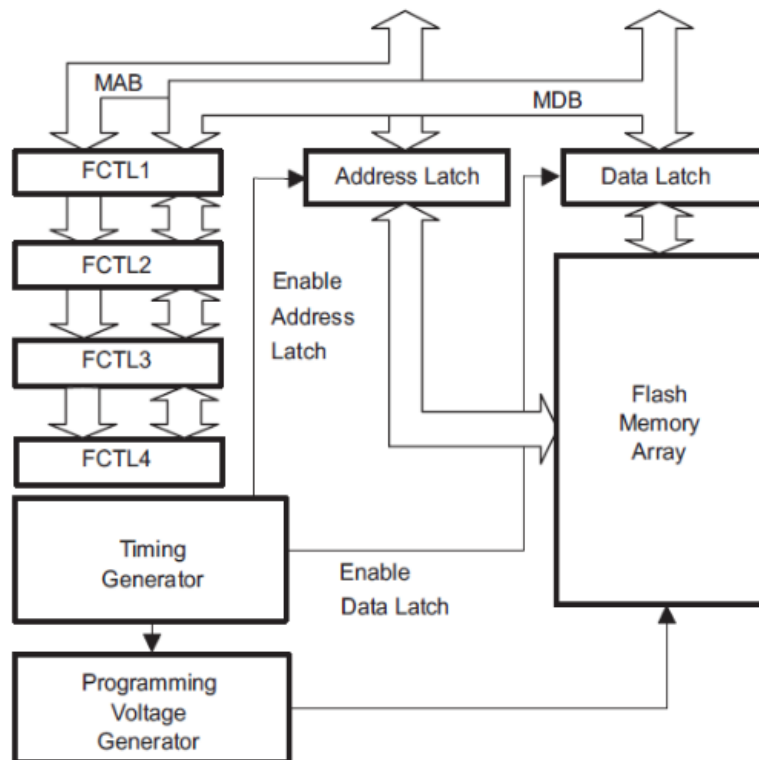
Slika 2: Blok dijagram CPU-a

1.3 Flash memorija

Flash memorija je u velikoj mjeri zamijenila električki izbrisiv, programibilni ROM (EEPROM). Može se programirati i brisati više puta i to se izvodi električki te je danas daleko najčešći tip memorije. Praktična razlika EEPROM je u tome što može izbrisati proizvoljne lokacije, a *Flash* može brisati samo po blokovima. Većina MSP430 uređaja koristi *Flash* memoriju.

Početna adresa *Flash* memorije ovisi o njegovoj dostupnosti i varira ovisno o uređaju. Krajnja adresa *Flash* memorije je 0x0FFFF za uređaje s manje od 60 kilobajta *Flash* memorije, što uključuje i korišteni mikrokontroler MSP430G2553 koji sadrži 2 kilobajta *Flash*-a. Procesor na *flash* memoriju može spremati bajt ili riječ (4 bajta ili 32 bita). Sama *flash* memorija ima kapacitet 2 kB. Blok shema *Flash* memorije je na slici 3.

Minimalno napajanje tokom pisanja ili brisanja memorije je 2.2 V i ako vrijednost napajanja padne ispod navedene razine, rezultat odabrane operacije biti će nepredvidiv.



Slika 3: Blokovski prikaz *Flash* memorije

1.4 Oscilator

Sam takt procesorske jedinice omogućuje *Basic Clock Module+* koji podržava nisku cijenu sustava i ultra nisku potrošnju energije. Koristeći tri unutarnja takta signala, korisnik može odabrati najbolju ravnotežu performansi i niske potrošnje energije. Može se konfigurirati da radi bez ikakvih vanjskih komponenti, s jednim vanjskim otpornikom, s jednim ili dva vanjska kristala, pod potpunom softwareskom kontrolom.

Unutarnji digitalno kontrolirani oscilator (DCO) omogućuje brzo paljenje i stabiliziranje unutar jedne mikrosekunde. DCO radi na frekvenciji od 1 MHz.

Sastoji se od tri izvora takta:

- ACLK- izvor je 32768 Hz kristal kvarca
- MCLK –koristi takt procesora
- SMCLK-koristi periferne podsustave za takt

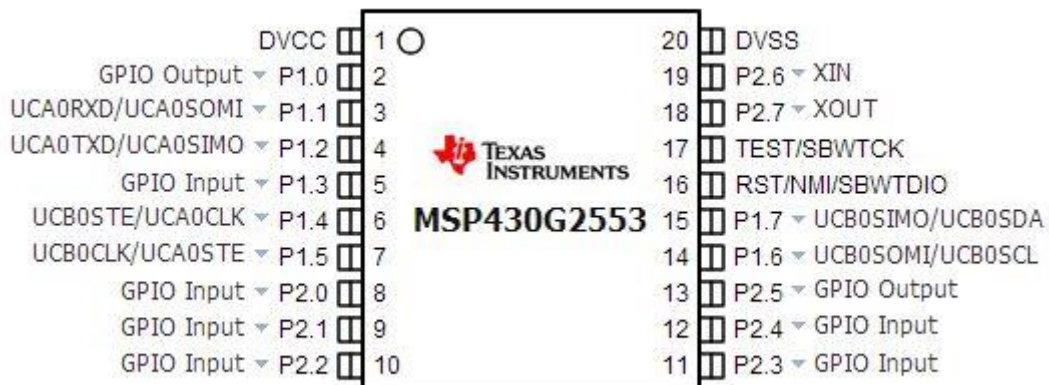
1.5 On - board Emulator

On – bord emulator omogućava programiranje i služi za debugging podržanih MSP430 uređaja. On nudi više opcija koje su omogućene preko dvožičanog JTAG sučelja nazvanog *Spy-Bi-Wire*. Unutar *datasheeta* MSP-EXP430G2 navedeni su mikrokontroleri koji su podržani sa strane *on-board* emulatora: F20xx, F21x2, F22x2, G2x01, G2x11, G2x21, G2x31 i G2x53.

1.6 Vanjski priključci

Vanjski priključci mikrokontrolera korisniku mogu biti na raspolaganju kao ulazno-izlazni ili kao priključci posebne funkcije. Svakom priključku možemo individualno zadati dali je ulazni ili izlazni (I/O). Imaju mogućnost postavljanja prekida (*interrupt*) na rastući ili padajući brid signala takta. Dva priključka služe za napajanje i masu. Za generiranje signal takta, potrebno je izvana priključiti kristal kvarca na XIN i XOUT (koji ujedno mogu biti i I/O). Jedan priključak služi za *reset*

sustava i tu je još TEXT priključak koji ulaze tijekom programiranja mikrokontrolera. Shema priključka MSP430G2553 prikazana je slikom 4.



Slika 4: Shema priključaka mikrokontrolera porodice MSP430G2x53

1.7 Digitalni ulazno-izlazni priključci

MSP430G2553 ima 14 digitalnih ulazno-izlaznih priključaka (P1.0-P1.7 i P2.0-P2.5). Njima se upravlja preko programske podrške načinima objašnjenim u nastavku.

- Ulazni registar P1IN

Određuje stanje u kojem se nalazi ulazni signal na određenom pinu.

Bit=0: Ulazni signal je u niskoj razini

Bit=1: Ulazni signal je u visokoj razini

- Izlazni registar P1OUT

Definira stanje u koje želimo postaviti izlazni signal na određenom pinu.

Bit=0: Izlazni signal je u niskoj razini

Bit=1: Izlazni signal je u visokoj razini

- Registar smjera P1DIR

Služi za postavljanje digitalnog priključka u stanje ulaznog ili izlaznog priključka, odnosno definira smjer priključka.

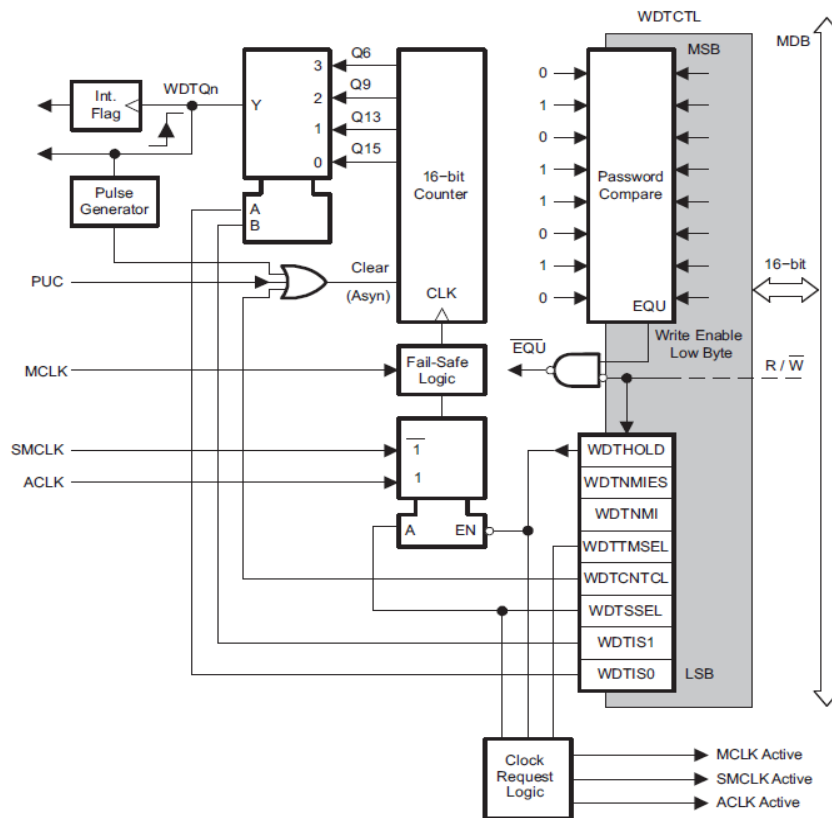
Bit=0: Postavlja priključak u stanje ulaza

Bit=1: Postavlja priključak u stanje izlaza

1.8 Sklopovlje za detekciju pogrešnog rada (WDT+)

U praksi postoje slučajevi kada se traži velika pouzdanost elektroničkog uređaja. Kad se sklop nalazi u radnim uvjetima često je izložen nekakvim smetnjama, kao što su šiljci u napajanju (*spike*), elektromagnetsko zračenje i slično, pa sklop zbog tih smetnji može početi raditi neregularno. Da bi se to izbjeglo koristi se sklopovlje za detekciju pogrešnog rada (*watchdog*). I porodica MSP430 mikrokontrolera ima svoj *watchdog timer* (WDT+) i njegova blok shema je na slici 5.

WDT+ modul se može konfigurirati ili kao *watchdog timer* ili kao klasični *timer*, ovisno o tome što se upiše u WDTCTL registar. WDTCTL registar uz to sadržava kontrolne bitove za konfiguraciju RST/NMI priključka. Bilo kakvo upisivanje u WDTCTL mora u gornjim bitovima sadržavati 0x05A, ili WDT pokreće potpuni sistemski *reset*. Kada radi kao brojač, može ga se koristiti za periodično pokretanje interruptova. WDTTMSSEL bit se postavlja u jedinicu, što pretvara WDT+ u klasični brojač. Brojač odbrojava od postavljene vrijednosti, te se WDTIFG zastavica postavlja u jedinicu na kraju svakog odbrojavanja, time pokrećući prekid.



Slika 5: Blok shema WDT+ sklopa

1.9 Timer_A

Timer_A je 16-bitno brojilo s 2 *capture/compare* registra. Podržava više simultanih *capture/compare* operacija, može se koristiti za PWM izlaze, te svakakve operacije koje se moraju obavljati periodično. Svaki od *capture/compare* registara, te i sam *timer* mogu pozvati vlastiti prekid. 16-bitno brojilo smješteno u TAR registru dekrementira ili inkrementira ovisno o jednom od 4 moda rada (STOP, UP, CONTINUOUS, UP/DOWN), na svako povišavanje razine generatora takta.

Za generator signala se mogu izabrati ACLK, SMCLK i MCLK izvori takta, te se svaki može podijeliti s 2, 4 i 8 preko IDx bitova. Ovisno o modu rada, mogu se postaviti generalna TAIFG *interrupt* zastavica, te dvije TACCIE zastavice ako se koriste *capture/compare* registri s time da se mora paziti na to da TACCIE0 zastavica ima najveći prioritet.

1.10 USI

USI modul podržava osnovnu funkcionalnost za sinkronu serijalnu komunikaciju. U osnovi USI je 8 ili 1 bitni posmačni registar koji se može koristiti za izlazni prijenos te uz manje softwareske preinake može se koristiti za serijalnu komunikaciju, pošto moduli ugrađeni u MSP430 porodicu sklopova, imaju već ugrađene hardwareske dodatke za olakšavanje SPI i I²C komunikaciju. Dodatno, USI moduli uključuju i mogućnost *interrupta*.

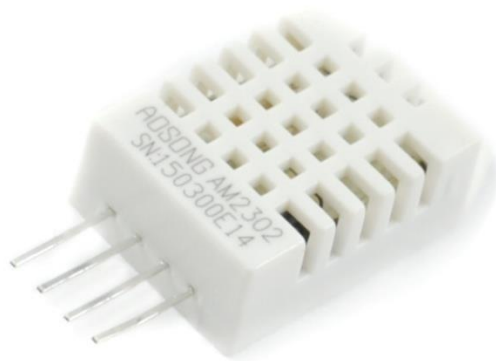
Ugrađeni brojač bitova dekrementira vrijednost uzorkovanih bitova spremnih za prijenos, te kada USICNTx registar stigne do nulte vrijednosti, sklop postavlja *interrupt* zastavicu USIIFG. Posmični registar i brojač bitova rade ovisni o istom generatoru takta. Pri promjeni razine takta, s niske na visoku, USICNTx dekrementira, a USISR uzrokuje sljedeći bit, dok se na padajućoj razini signala takta dotad uzorkovani bitovi prenose prema izlazu.

2. DHT22 senzor

DHT22 ili AM2303 je kapacitativni senzor relativne vlažnosti zraka i temperature zraka. Vrlo je jednostavan za korištenje, ali zahtjeva najmanje dvije sekunde da uči nove vrijednosti temperature i vlage. Senzor je male dimenzije, male potrošnje i prenosi podatke na velike udaljenosti (veće od 20m) što ga čini primjenjivim mnoštvu uređaja. Na slici 6. prikazan je senzor DHT22. U odnosu na DHT11 ovaj senzor je precizniji, radi u većem rasponu temperature i vlage, ali je veći i skuplji.

Glavne karakteristike DHT22 senzora:

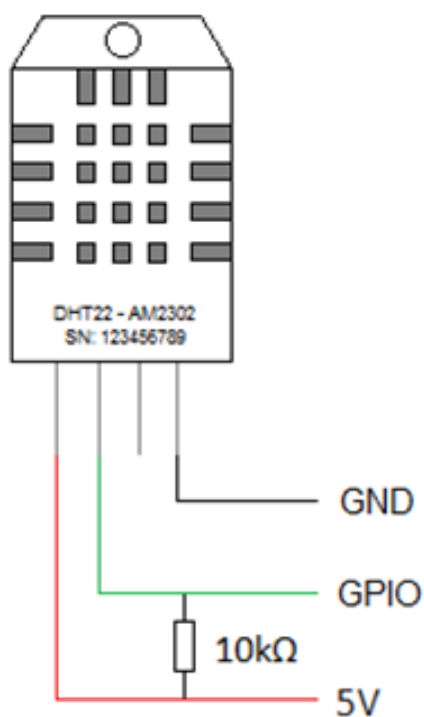
- Niska cijena
- Napajanje 3V –5V
- Max. struja 2.5mA
- Raspon očitavanja vlažnosti 0% –100%
- Tolerancija učitane vlažnosti 2% –5%
- Raspon očitavanja temperature -40°C – +80°C
- Tolerancija učitane temperature 0.5°C
- Frekvencija 0.5 Hz
- Dimenzije 27 mm x 59 mm x 13.5 mm



Slika 6: DHT22 senzor

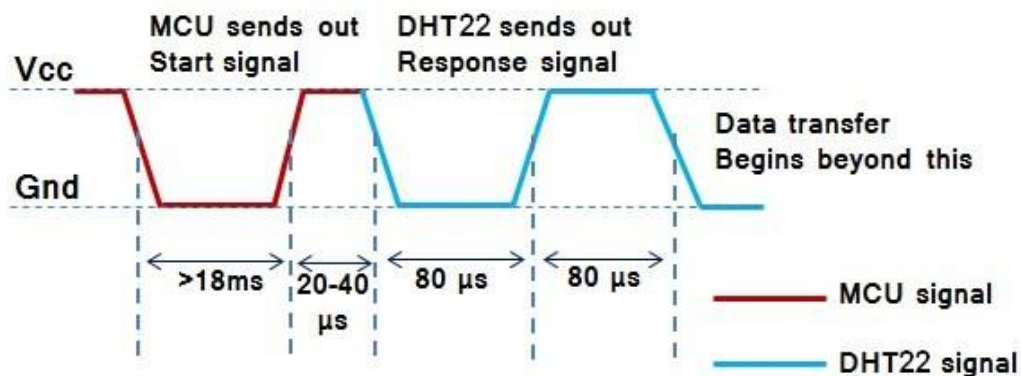
2.1 Način spajanja

Prvi pin s lijeva spaja se na napajanje (Vcc 3.3 - 5V), drugi pin (*serial data*) služi za prijenos podataka između senzora i mikrokontrolera, treći pin je NC (*not connected*), četvrti pin spaja se na masu (*ground*), kako je prikazano na slikama 7. i 8. Zbog svoje *master/slave* strukture, SDA pinu je potreban vanjski pull-up otpornik. Vrijednost otpornika ovisi o duljini kabla između mikrokontrolera i senzora. Preporuka je koristiti 10kohma otpornike za 5V napon, dok za duljine kabla veću od 20m nije potreban otpornik. Ukoliko se koristiti 3.3V napon duljina kabla može biti do 1m maksimalno.



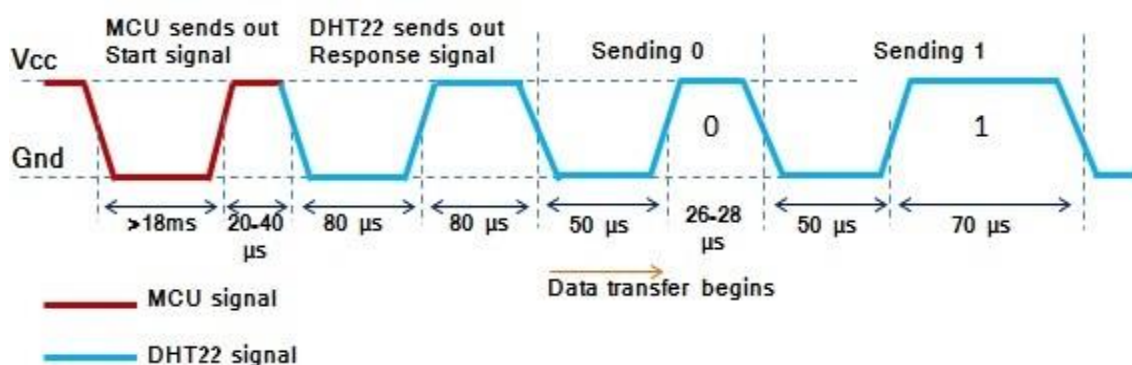
Slika 7: Prikaz pinova DHT22 senzora

šalje 40 bita (5 bajtova) podataka kontinuirano u liniji podataka. Tijekom prijenosa bajtova senzor najprije šalje najznačajniji bit.



Slika 9: Dijagram slanja "Start" i "Response" signala

Podaci se sastoje od decimalnih i cijelih dijelova broja. Kompletan prijenos podataka je dug 40 bitova. Oblik podataka je sljedeći: podaci o relativnoj vlažnosti od 16 bita + podaci o temperaturi od 16 bita + 8 bitova rezerviranih za provjeru uspješnosti prijenosa (*Check-sum*). Ako je prijenos podataka uspješan, suma za provjeru od 8 bitova mora biti jednaka zbroju prenesenih 16 bitova podataka o temperaturi i 16 bitova podataka o relativnoj vlažnosti. Ako ta jednakost nije zadovoljena prijenos podataka nije bio uspješan. DHT22 je digitalni senzor pa šalje 1 i 0, ali je vrlo važno znati na koji način šalje digitalne podatke. Slika 10. pokazuje kako senzor šalje svoje podatke.



Slika 10: Prikaz prijenosa digitalnih podataka senzora

Na sljedećem primjeru je pokazan prethodno opisani ispravan prijenos podataka.

Mikrokontroler prima sljedećih 40 bitova podataka od senzora:

0000 0010 1000 1100 0000 0001 0101 1111 1110 111 0

Najprije se prvih 16 bitova koji predstavljaju relativnu vlažnost (RH) pretvara iz binarnog sustava u dekadski : 0000 0010 1000 1100 → 652

Zatim dobiveni cijeli broj pretvaramo u decimalni : $RH = 652/10 = 65.2\% RH$

Isti postupak radimo i za sljedećih 16 bitova koji predstavljaju temperaturu (T):

0000 0001 0101 1111 → 351

$T = 351/10 = 35.1^{\circ}C$

Ako je najviši bit temperature jedinica, to znači da je temperatura ispod nule.

Primjer: 1000 0000 0110 0101, $T = - 10.1^{\circ}C$

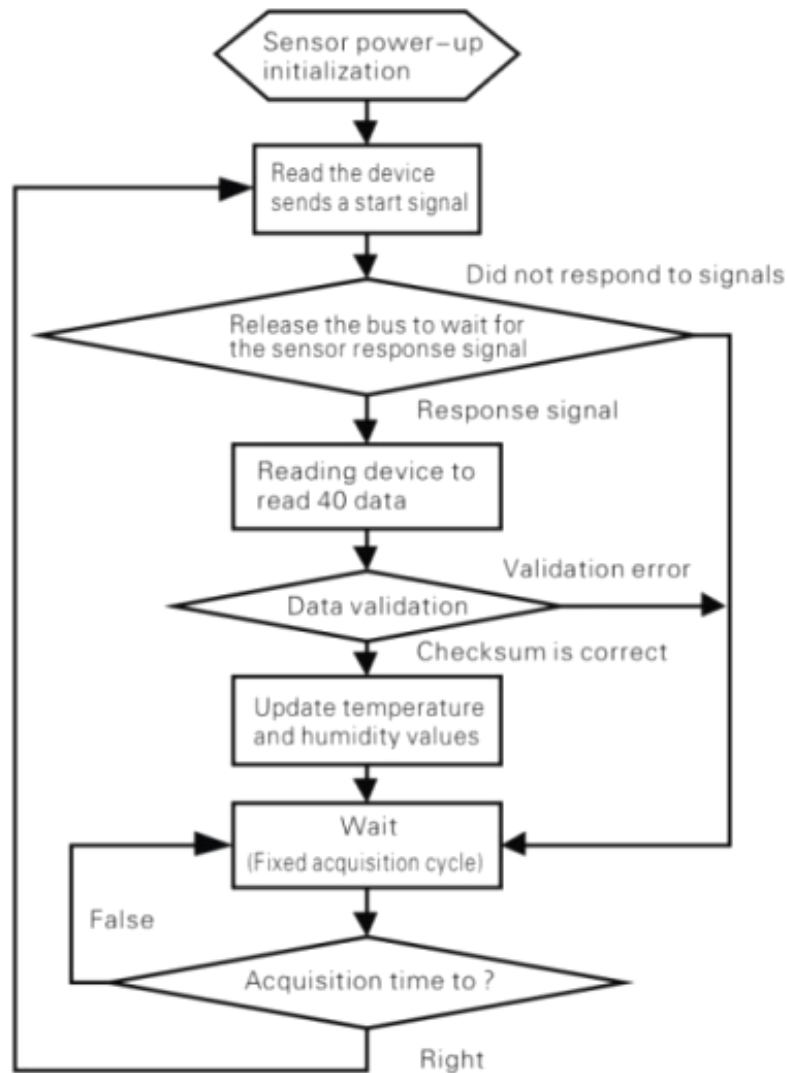
Suma = 0000 0010 + 1000 1100 + 0000 0001 + 0101 1111 = 1110 111 0

Check-sum = posljednjih 8 bitova sume = 1110 1110

2.3 Programska podrška

Programska podrška u potpunosti je izrađena u programu *Code Composer Studio v7*, izdanog od strane *Texas Instruments-a*. *Code Composer Studio* izuzetno je praktičan alat pri *debug*-iranju problema zbog toga što se kod može simulirati korak po korak, liniju po liniju. Istodobno mogu se iščitavati i stanja globalnih varijabli te registara mikrokontrolera, što je vrlo praktično pri analiziranju i traženju greške.

Na slici 11. prikazan je dijagram toka komunikacije senzora i mikrokontrolera. Na osnovu toga izrađen je programski kod ovog sustava. Kompletan *main* program nalazi se u dodatku ovog rada, koji je priložen na kraju rada.



Slika 11: Dijagram toka komunikacije senzora i mikrokontrolera

Programski kod funkcije “Start” kojom mikrokontroler šalje zahtjev senzoru:

```

void start_signal(){
Data_Pin_Direction = 0; // data pin se postavlja kao output
Data_Pin = 0; // data pin output low
delay_ms(25);
Data_Pin = 1; // data pin output high
delay_us(30);
Data_Pin_Direction = 1; // data pin se postavlja kao input
}

```


Programski kod funkcije "Response" kojom senzor odgovara na zahtjev:

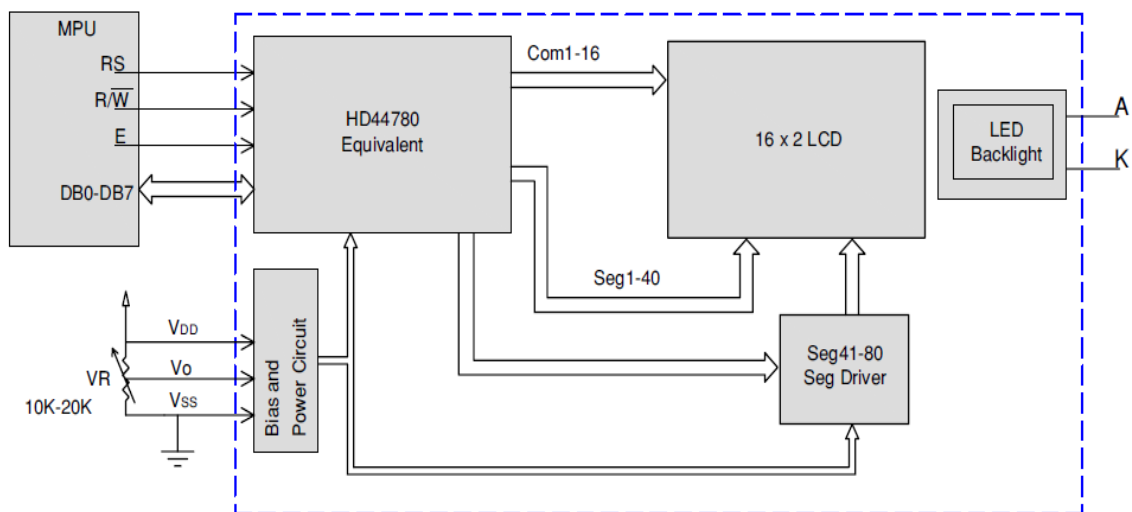
```
short check_response() {
delay_us(40);
if(!Data_Pin) {           // citaj ako je data pin low
delay_us(80);
if(Data_Pin) {           // citaj ako je data pin high
delay_us(50);
return 1;}
}}
}
```

Programski kod kojim se po trajanju duljine impulsa prepoznaje tip bita:

```
unsigned int8 Read_Data() {
// k broji trajanje citanja 1 bita
unsigned int8 i, k, _data = 0;
if(Time_out)
break;
for(i = 0; i < 8; i++){
k = 0;
// cekanje dok pin ne postane high
while(!Data_Pin) {
k++;
if (k > 100) {Time_out = 1; break;}
delay_us(1);}
delay_us(30);
if(!Data_Pin)
bit_clear(_data, (7 - i));
else{
bit_set(_data, (7 - i));
// cekanje dok pin ne postane low
while(Data_Pin) {
k++;
if (k > 100) {Time_out = 1; break;}
delay_us(1);}
}
}
return data;}
}
```

3. LCD prikaznik

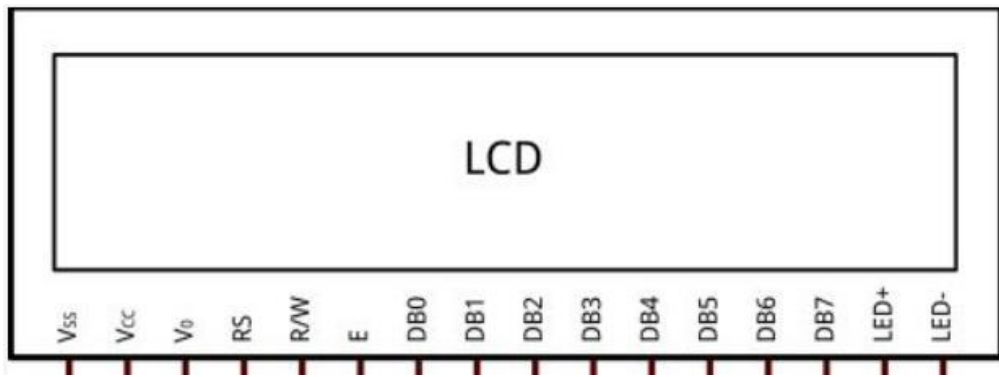
- 16 znakova po 2 linije veličina lcd zaslona
- 4-bitna ili 8-bitni paralelno sučelje
- Standardni Hitachi HD44780 ekvivalentni kontroler
- Prikazuje bijele svjetlosne znakove na plavoj podlozi
- Temperaturno područje: -20°C do +70°C



Slika 12: Sistemska blok dijagram LCD-a

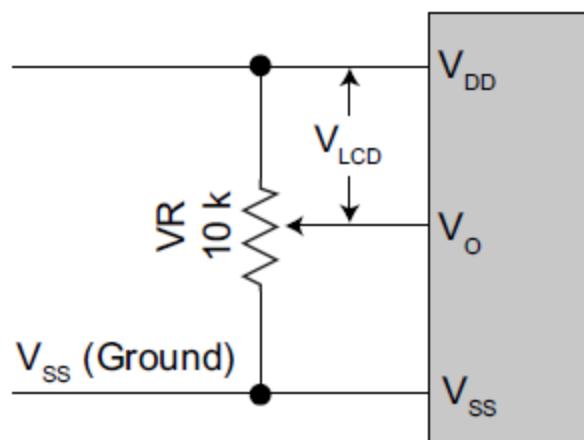
3.1 Vanjski priključci

Lcd ima 16 vanjskih priključaka preko kojih je moguće komunicirati s mikrokontrolerom. Za komunikaciju moguće je birati između 4-bitnog ili 8 bitnog paralelnog sučelja. Na slici 13. prikazani su vanjski priključci lcd prikaznika.



Slika 13: Vanjski priključci *lcd* prikaznika

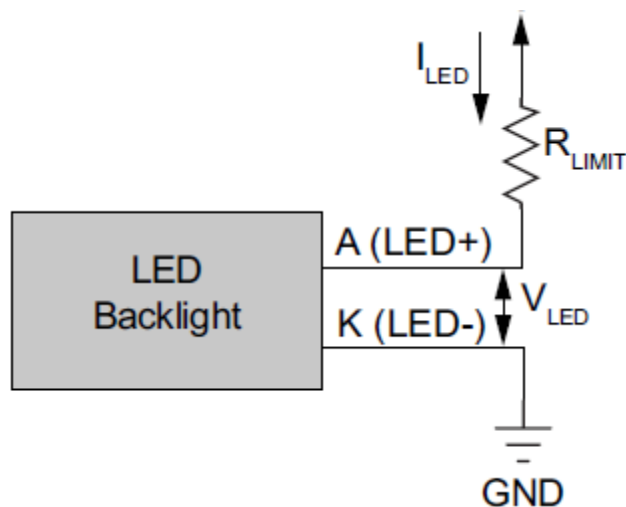
Napajanje *lcd* zaslona je izvedeno preko priključaka V_{ss} , V_{dd} i V_o . Koristi standardni DC izvor od 3.3 V te je specificirano da može radi u granicama od 2.7 do 4.5 V. Struja koja je potrebna za prikaz znakova je 1.2 mA. Često se V_{SS} priključuje na masu, a V_{dd} na izvor napajanja. Priključak V_o služi za podešavanje kontrasta te se na njega spaja 10k potenciometar kako bi se prilagodio zaslon. Shema spajanja potenciometra na vodove napajanja je na slici 14.



Slika 14: Spajanje potenciometra na vodove napajanja

Optimalna vrijednost za V_o će se promijeniti s temperaturom, varijacijom V_{dd} i kutom gledanja. U idealnom slučaju, prilagodba V_o bi trebala biti dostupna korisniku tako da svaki korisnik može prilagoditi prikaz na optimalnu razinu kontrasta. Prilagođavanje kontrasta moguće je i pomoću mikrokontrolera koji ima PWM izlaz. Koristi *LED* pozadinsko osvjjetljenje koje je moguće podešavati pomoću priključaka A (LED +) i K (LED -). U idealnom slučaju za *LED* osvjjetljenje

bi se koristio strujni izvor no u praksi se pokazalo da je jednostavnije imati naponski izvor koji se spaja na priključak A i između njih se spaja otpornik kojeg je lako izračunati. Slika 15. prikazuje nam spajanje LED pozadinskog osvjetljenja.



Slika 15: Spajanje LED pozadinskog osvjetljenja

Ovaj *lcd* prikaznik ima dvije vrste sučelja: 4-bitno i 8-bitno paralelno sučelje. Priključci za prijenos podataka su DB0 do DB7. Kod 4-bitnog paralelnog sučelja, koje će se koristiti u ovom radu, koriste se DB4 do DB7 i 8-bitni podatak šalje se u dva navrata prikazniku tako da se prvo pošalje viših četiri bita te kasnije nižih četiri bita. Tu su još priključci za omogućavanje skeniranja podatkovne sabirnice (E priključak), za biranje između podatkovnog registra za čitanje i pisanje i instrukcijskog registra služi priključak RS. Priključak za biranje između pisanja i čitanja sa *lcd* prikaznika omogućuje nam R/W.

Tablica 1: Pozicija *displaya* DDRAM adrese

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0x06	0x07	0x08	0x09	0xA	0xB	0xC	0xD	0xE	0xF
1	0x40	0x41	0x42	0x43	0x44	0x45	0x46	0x47	0x48	0x49	0x4A	0x4B	0x4C	0x4D	0x4E	0x4F

3.2 Osnovne naredbe LCD prikaznika

Opis osnovnih instrukcija za rad sa *lcd* prikaznikom:

Tablica 2: Brisanje prikaznika

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tablica 3: Povratak pokazivača *lcd-a* na početnu adresu (X nije bitno dali je 1 ili 0)

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	X

Tablica 4: Pomicanje pokazivača u lijevo ili desno

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0	I/D	S

I/D: - "1" pomakne se za jedan u desno i DDRAM adresa se poveća za jedan dok kod "0" se pomakne ulijevo i DDRAM adresa se smanji za jedan

S: "1" pomak u desno , "0" pomak u lijevo

Tablica 5: Uključenje *displaya*

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

D: "1" uključenje i "0" isključenje C: "1" pokazivač vidljiv , "0" nevidljiv pokazivač B: "1" pokazivač *blinka* "0" pokazivač ne *blinka*

Tablica 6: Aktivacija funkcijskog seta

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X

DL: "1" za 8-bitno sučelje i "0" za 4-bitno sučelje paralelne veze N: "1" dvolinijski prikaz, "0" jedno linijski prikaz F: "1" 5x11 točkasti format znakova, "0" 5x8 točkasti format znakova.

4. I²C sabirnica

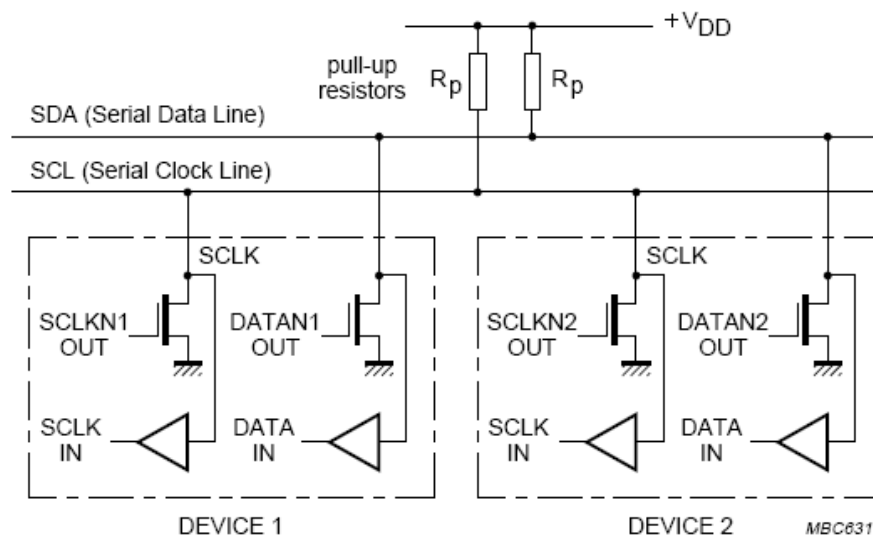
Digitalni elektronički sustavi najčešće su izgrađeni od integriranih komponenata (npr. mikrokontrolera, memorija, senzora, LCD pokazivača, itd.) različitih proizvođača. Prilikom projektiranja takvih sustava veliki problem često predstavlja komunikacija između komponenti. U ovom radu bilo je potrebno povezati mikrokontroler sa senzorom i LCD prikaznikom.

Načelno, komunikacija između komponenti može biti: serijska ili paralelna. Serijska komunikacija omogućava prenošenje samo jednog bita u određenom vremenskom trenutku, tj. bitovi jedan za drugim (serijski), putuju od izvorišta do odredišta. Paralelna komunikacija omogućava istovremeno prenošenje više od jednog bita, najčešće bajt (osam bitova). Zbog navedenog, serijska komunikacija zahtjeva bitno manje komunikacijskih linija nego paralelna. Primjerice, jednosmjerna, asinkrona serijska komunikacija zahtjeva samo jednu liniju, dok svaka paralelna komunikacija zahtjeva barem 8 linija, a često i preko 20 linija. Vrlo rijetko mikrokontroleri opće namjene imaju dovoljan broj priključaka za paralelnu komunikaciju. Prednost paralelne komunikacije je brzina, koja je višestruko veća nego kod serijske. Ipak, serijska komunikacija se češće koristi u komunikaciji između integriranih komponenti na tiskanoj pločici, prije svega zbog mnogo jednostavnije izvedbe. Zbog navedenih mogućnosti mikrokontrolera i činjenice da korišteni senzor šalje podatak samo preko jednog pina ostvarena je serijska komunikacija preko I²C sabirnice. To je sinkrona, serijska sabirnica namijenjena međusobnom povezivanju raznih digitalnih i upravljivih analognih sustava.

Komponente se na I²C sabirnicu spajaju izravno, bez dodatka drugih komponenti (engl. *glue logic*). Broj komponenata koje se smiju spojiti na sabirnicu ograničen je jedino najvećim dozvoljenim kapacitetom na svakoj liniji, a on iznosi 400 pF.

Komunikacija putem I²C sabirnica obavlja se preko dvije linije: SDA (*Serial Data*), kojom se prenose podaci i SCL (*Serial Clock*), kojom se prenosi takt. Naponske razine na ovim linijama gledaju se prema zajedničkoj masi. Izlazni

stupnjevi komponenta koji se spajaju na sabirnicu su u spoju otvorenog kolektora ili otvorenog odvoda. Zato se linije SDA i SCL spajaju na napajanje preko priteznog otpornika (engl. *pull up resistor*), kako je prikazano na slici 16. Iznos otpora ovog otpornika ovisi o karakteristikama komponenta spojenih na sabirnicu, a u praksi iznosi nekoliko kilo ohma. Kad je sabirnica slobodna, linije su u stanju logičke jedinice. Napon napajanja na sabirnici je tipično 5V ili 3,3V, iako standard dozvoljava i više i niže napone. I²C sabirnicu je dobro primijeniti onda kada su jednostavnost i niski troškovi proizvodnje bitniji od brzine prijenosa, iako novije verzije standarda postižu značajnije brzine prijenosa. Najvažnija prednost ove sabirnice je da mikrokontroler može upravljati s mnogo senzora i pokaznika koristeći samo dvije upravljačke linije, odnosno samo dva priključka. Isto tako, komponente je moguće dodavati i skidati sa sabirnice po volji, pa čak i za vrijeme normalnog rada (engl. *hot swapping*). Zbog navedenih prednosti, ova sabirnica je postala vrlo popularna, pa su proizvedeni mikrokontroleri, kao što je i korištena porodica MSP430G, koji imaju ugrađeno I²C sučelje.

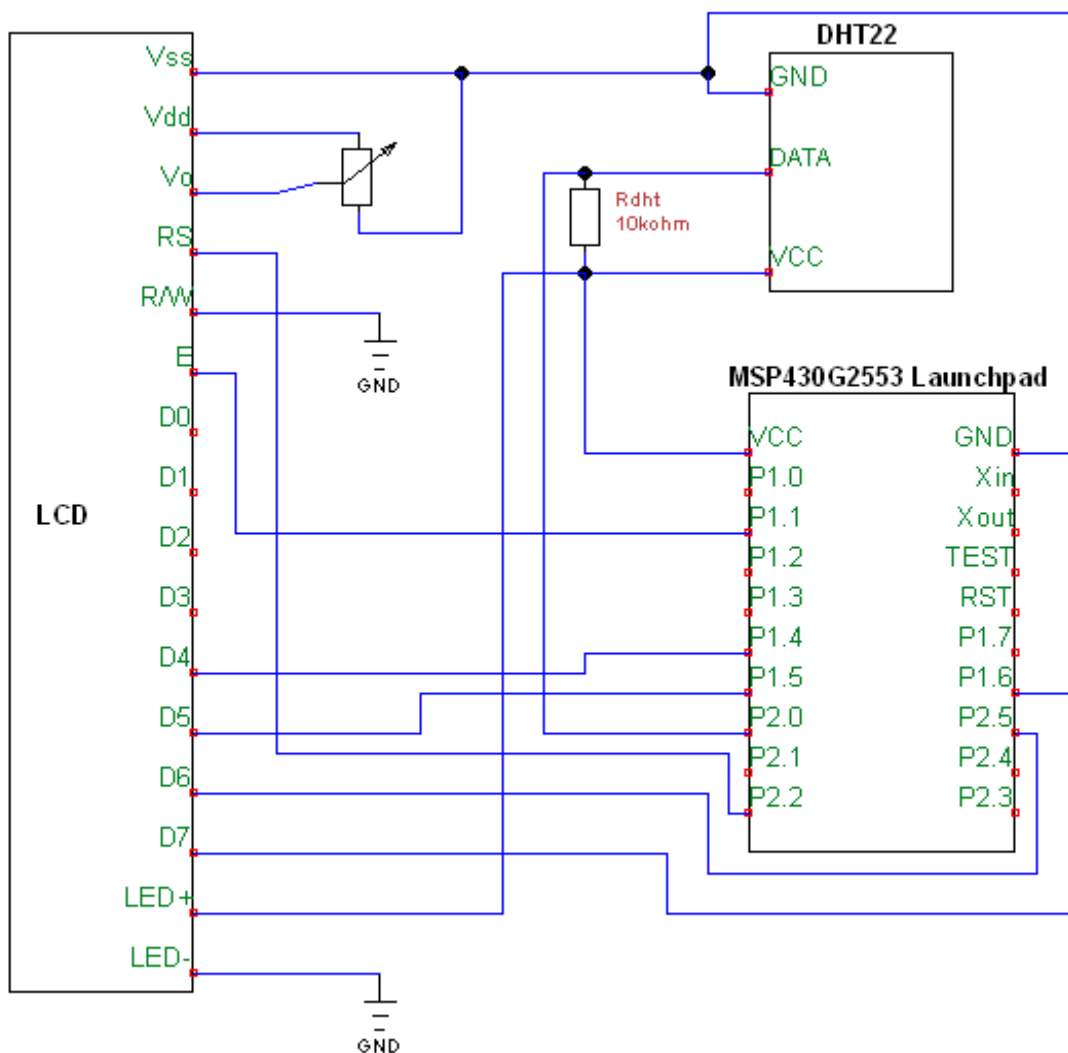


Slika 16: Primjer spajanja komponenta na I²C sabirnicu

Zbog velikog broja osjetila (senzora) koja imaju izlaz kompatibilan s I²C sučeljem pojavila se i potreba spajanja takvih osjetila na osobna računala. Matične ploče osobnih računala danas se, u pravilu, ne proizvode s I²C sučeljem, ali je moguće kupiti prilagodni sklop (najčešće na USB sučelje). S takvim sklopom,

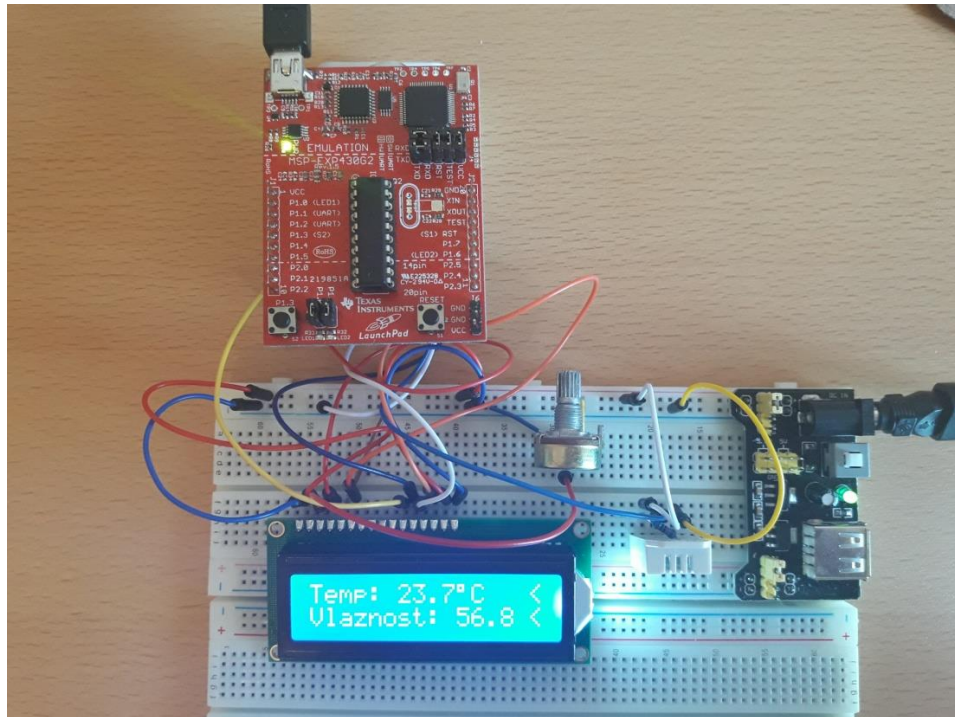
moguće je bilo koji uređaj koji podržava I²C sabirnicu izravno spojiti na osobno računalo. Razvoj takvih mjernih i upravljačkih sustava je danas vrlo korišten. I²C sabirnica je podržana u gotovo svim operacijskim sustavima.

5. Električna shema

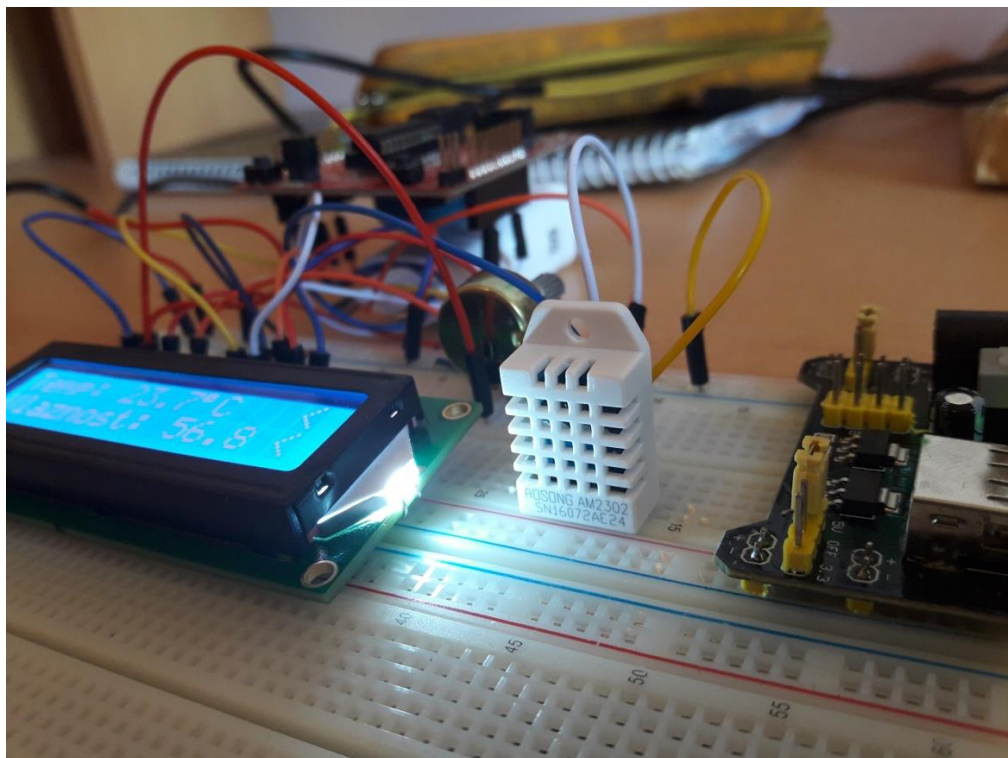


Slika 17: Realizirana shema sustava

6. Vanjski prikaz sustava



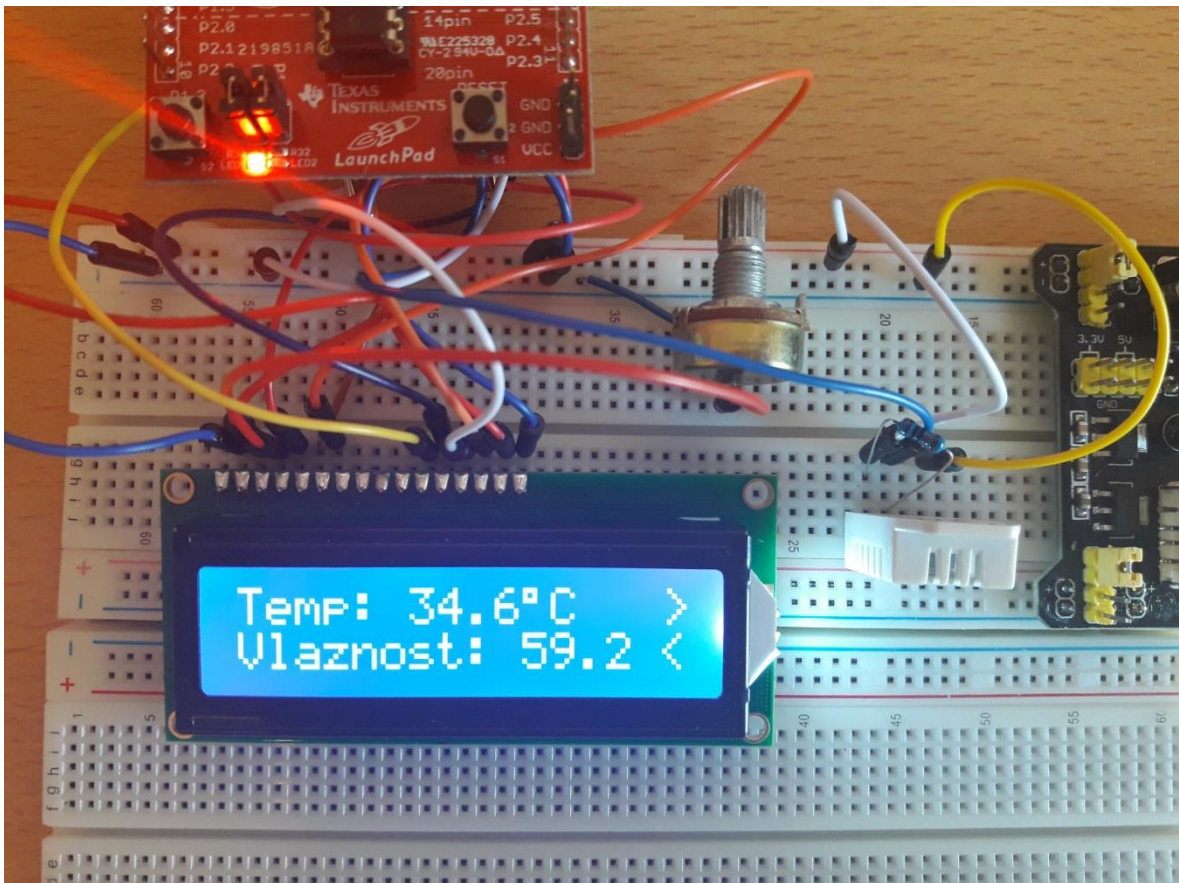
Slika 17: Vanjski prikaz sustava



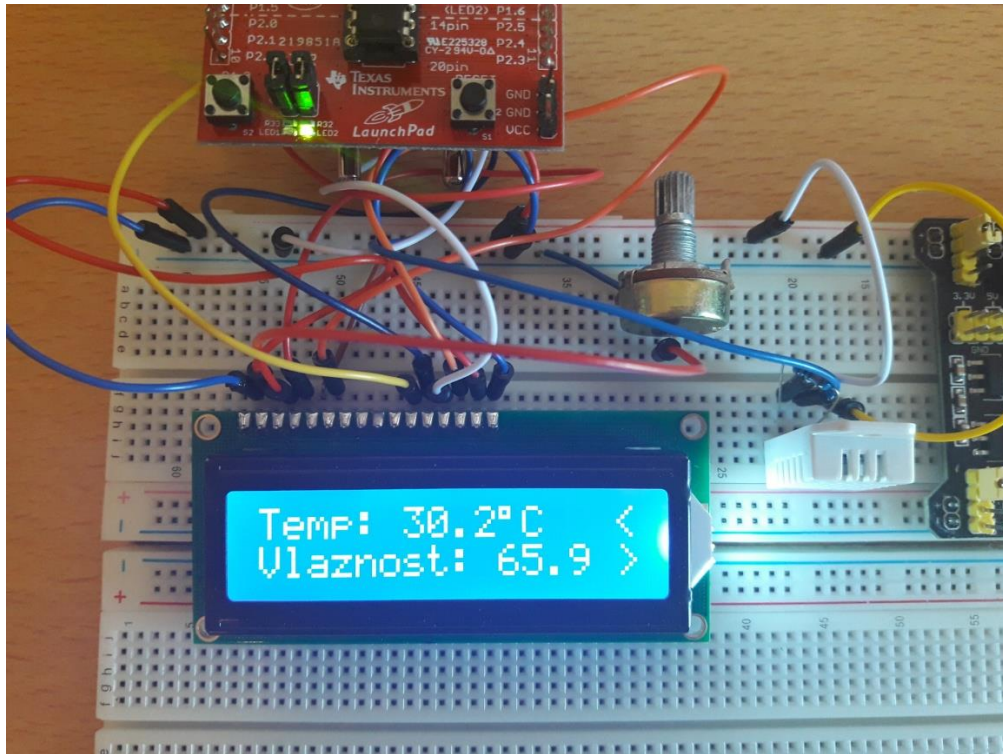
Slika 18: Vanjski prikaz sustava

6.1 Prikaz uključivanja alarma

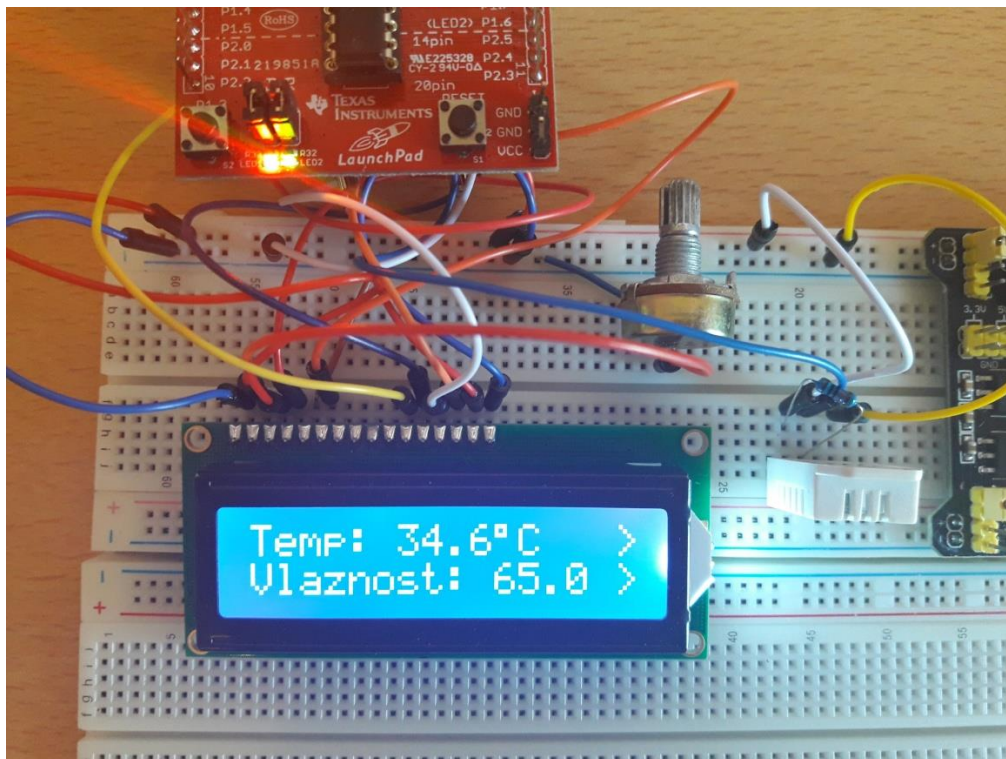
U MSP430G2553 ugrađene su dvije ledice, s kojima se upravlja preko P1.0 i P1.6. U ovom radu ledice su iskorištene kao alarmi. LED1 (crvena boja) označava alarm za vrijednost temperature, a LED2 (zelena boja) označava alarm za vrijednost relativne vlažnosti. U *main* funkciji postavljene su *tresh hold* vrijednosti za varijable temperature (32°C) i relativne vlažnosti (62%). Na sljedećim slikama (slike 19., 20. i 21.) prikazano je paljenje alarmnih ledica mikrokontrolera za slučajeve kada temperatura nadmašuje 32°C i kada relativna vlažnost nadmašuje 62%.



Slika 19: Uključivanje alarma za temperaturu

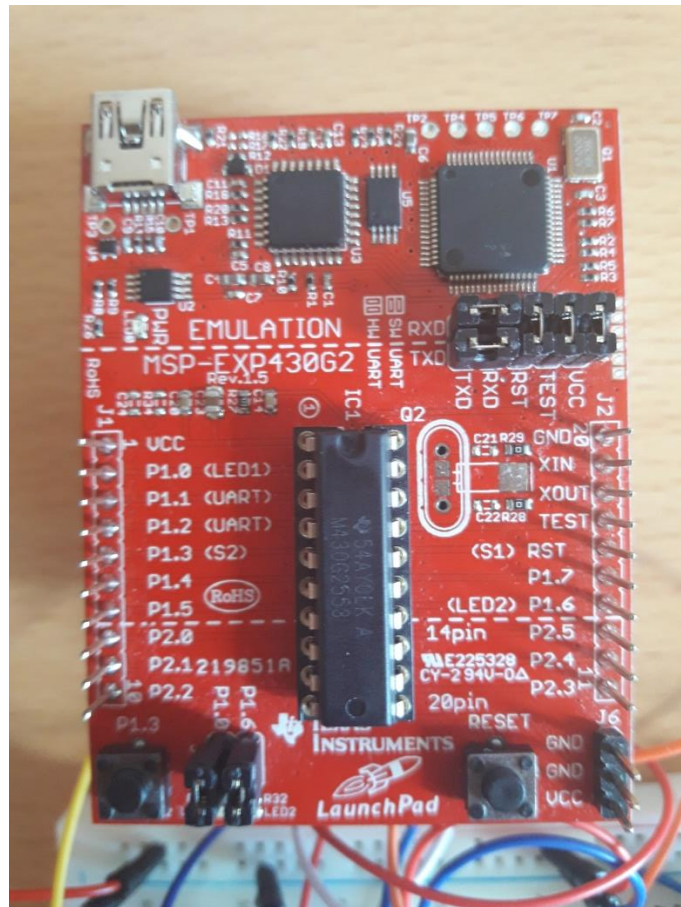


Slika 20: Uključivanje alarma za relativnu vlažnost

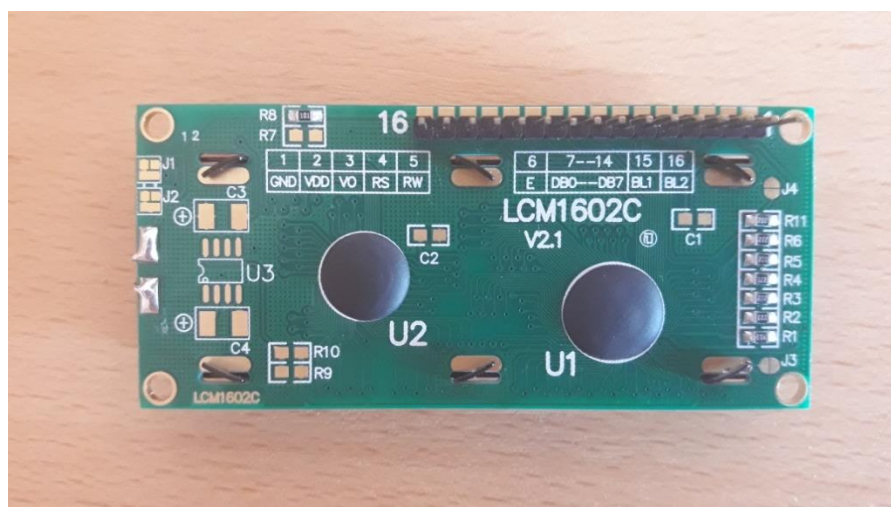


Slika 21: Uključivanje oba alarma

6.2 Prikaz utora komponenti



Slika 22: Prikaz utora mikrokontrolera MSP430G2553



Slika 23: Prikaz utora LCD-a Hitachi HD44780

7. Zaključak

U ovom radu realiziran je sustav za mjerenje temperature i relativne vlažnosti pomoću DHT22 senzora, mikrokontrolera MSP430G2553 te LCD prikaznika. Senzor je vrlo precizan, a zbog malih dimenzije, male potrošnje i prijenosa podataka na velike udaljenosti primjenjiv je na mnoštvu uređaja. Koristi se *one-wire* komunikacija između senzora i mikrokontrolera te je korištena I²C sabirnica koju je dobro primijeniti kada su jednostavnost i niski troškovi proizvodnje bitniji od brzine prijenosa. Za vezu sa LCD-om mikrokontroler koristi 4-bitno paralelno sučelje.

Mikrokontroleri imaju veliku primjenu u današnjem svijetu i razvoj cijelog svijeta ovisi o njima. Kako bi se poboljšali potrebno je razviti što brži rad sklopa ili brži algoritam izvođenja programa, ali mislim da je najvažniji aspekt što manja potrošnja energije uz solidnu brzinu rada.

Literatura

- [1] *Character lcd module specifications*, Crystalfontz America Incorporated, 2008.
- [2] *MSP430x2xx Family User's Guide*, Texas Instruments Incorporated, 2008.
- [3] *MSP430G2x53*, Texas Instruments Incorporated, 2011.
- [4] Mladen Vučić, *Upotreba mikrokontrolera u ugradbenim računalnim sustavima*, Zagreb, 2007.
- [5] akizukidenshi.com/download/ds/aosong/AM2320.pdf, *Digital Temperature and Humidity Sensor, AOSONG*
- [6] Cache, *Interface MSP430 Launchpad with LCD Module (LCM) in 4 bit mode*, 27 svibanj 2017., <http://cacheattack.blogspot.com/2011/06/quick-overview-on-interfacing->

Ugradbeni računalni sustav za mjerenje temperature i relativne vlažnosti

Sažetak

U radu je realiziran sustav za mjerenje temperature i relativne vlažnost i pomoću mikrokontrolera MSP430G2553, DHT22 senzora i 2x16 LCD prikaznika. Komunikacija između senzora i mikrokontrolera odvija se preko SDA (*serial data*) pina na DHT-u i I/O pina na mikrokontroleru, te tako čine pojednostavljenu *single-bus (one-wire)* komunikaciju. Korištena je I²C sabirnica. Za vezu sa LCD-om mikrokontroler koristi 4-bitno paralelno sučelje.

Ključne riječi: MSP430G, LCD 2x16, DHT22, I²C

Embedded System for Relative Humidity and Temperature Measurement

Abstract

This paper describes the implementation of system for measuring temperature and relative humidity using the microcontroller MSP430G2553, DHT22 sensor and 2x16 LCD display. Communication between sensor and microcontroller is single-bus (one-wire), through SDA (serial data) pin on DHT and I/O pin on the microcontroller. A serial protocol - I²C was used. For connection to the LCD, the microcontroller uses a 4-bit parallel interface.

Key words: MSP430G, LCD 2x16, DHT22, I²C

Dodatak

dht22_lcd.h

```
/* Ukljucivanje potrebnih biblioteka */
#include "libdht.h"
#include <LiquidCrystal.h>

/* Definicije svi potrebnih GPIO pinova koji se koriste u programu */
#define LED_1 P1_0
#define LED_2 P1_6
#define DHT_INPUT_PIN P2_0
DhtBuffered mydht(DHT_INPUT_PIN, true);
LiquidCrystal lcd(P2_1, P1_1, P1_4, P1_5, P2_5, P1_7);

float temp_TH = 32.0; // ThreshHold vrijednost za temperaturu
float hum_TH = 60.0; // ThreshHold vrijednost za vlagu

void setup() { // Funkcija setup poziva se samo jednom i to prilikom
               // pokretanja programa, prije loop funkcije */
    initPin(DHT_INPUT_PIN); // Inicijalizacije objekta DHT
    lcd.begin(16, 2); // Inicijalizacije LCD displaya
    pinMode(LED_1, OUTPUT); // Inicijalizacije LED dioda
    pinMode(LED_2, OUTPUT);

    digitalWrite(LED_1, LOW); // Postavljanje inicijalne vrijednosti za LED diode
    digitalWrite(LED_2, LOW); }

/*
 * Ulazni parametri:
 * ui: podatak koji se zeli ispisati- u obliku integer
 * primjer: int broj 302 oznacava float vrijednost 30.2
 * mark: zastavica koja oznacava radi li se o temperaturi ili vlaznosti
 */
void printDec(uint32_t ui, char mark){ // Funkcija koja ispisuje vrijednosti na LCD
    if (!mark){
        // Print temperature
        lcd.setCursor(0,0); // Postavi kursor na LCDu
        lcd.print("Temp: ");
        lcd.print(ui/10); // Ispisi cijeli dio vrijednosti
        lcd.print(".");
        lcd.print(ui%10); // Ispisi decimalni dio vrijednosti
        lcd.print("\337C "); // Ispis znaka za stupnjeve
        if(ui > temp_TH * 10){ // Ako je temperaturu veca od temp_TH, upali alarm
            lcd.print(">");
            digitalWrite(LED_1, HIGH); // Upali ledicu koja signalizira alarm
        }
        else{
            lcd.print("<");
            digitalWrite(LED_1, LOW); // Ugasi ledicu koja signalizira alarm
        }
    }
}
```



```

else{
    // Print humidity
    // Analogna logika kao i za temperaturu
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Vlaznost: ");
    lcd.print(ui/10);
    lcd.print(".");
    lcd.print(ui%10);
}
if(ui > hum_TH * 10){
    lcd.print(" >");
    digitalWrite(LED_2, HIGH);
}
else{
    lcd.print(" <");
    digitalWrite(LED_2, LOW);
}
}

void loop(){
    boolean actualReadingMade = false; // Zastavica koja oznacava je li se citalo iz buffera
                                        // senzora ili real time podatak
    if(mydht.update(&actualReadingMade)){ // Ako je citanje uspjesno
        // Citanje je uspjesno
        printDec(mydht.temperature(), 0); // Dohvati trenutnu temperaturu i s tim parametrom
                                        // pozovi printDec funkciju
        printDec(mydht.humidity(), 1); // Dohvati trenutnu vlaznost i s tim parametrom
                                        // pozovi printDec funkciju
        delay(500); // Delay jer nije potrebno očitavati visokom frekvencijom,
                    // ali i zbog sporosti LCDa
    }
}

```