

1_Wire sistem za mjerenje temperature

Jovica Ružić
Hidroelektrane na Trebišnjici
Trebinje, BiH, RS
jovica.ruzic@gmail.com

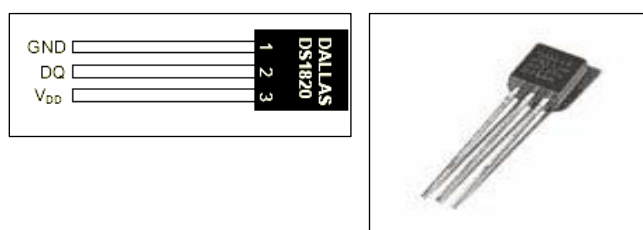
Radovan Stojanović
Elektrotehnički fakultet
Podgorica, Crna Gora
stoxr@ac.me

Sadržaj—U radu su detaljnije opisane hardverske karakteristike i softversko rješenje mjerenja temperature, korištenjem 1_Wire DS1820 temperaturnih senzora i μ P ATmega 16. 1_Wire periferije su jeftini i fleksibilni uređaji koji se lako povezuju na 1-wire sabirnicu (npr. CAT 5). Koriste jedan I-O pin kao intefeks za dvosmjernu komunikaciju, dok su druga dva masa i napajanje (opciono). Projekat je dizajniran za temperaturna mjerenja u opsegu -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$ s tačnošću 0.1°C

Ključne riječi—1_wire ; DS1820 ; ATmega ;

I. UVOD

Za mjerenje temperature korišteni su 1_Wire senzori tipa DS1820 kao na sl 1.



Slika 1 Raspored pinova i fizički izgled temperaturnog senzora

(GND je pin koji se spaja na masu, DQ pin služi za komunikaciju s mikrokontrolerom ili PC računarom, a VDD za napajanje)

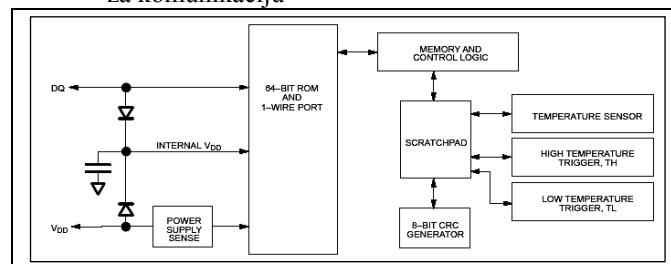
Povezivanje termometara u jedinstvenu mrežu, omogućeno je korištenjem postojeće infrastrukture (telefonskih kablova ili CAT 5 računarskih mreža) koja već postoji u većini objekata i odgovarajućeg 1-Wire protokola koji omogućava jedinstveno, neposredno adresiranje bilo koje tačke unutar mreže

DS1820 je digitalni termometar koji obezbeđuje 9 do 12-bitnu rezoluciju. Ima i alarmnu funkciju s programabilnim gornjim i donjim alarmnim nivoom. DS1820 komunicira preko 1-Wire sabirnice što po definiciji zahtjeva jednu liniju (i masu) za komunikaciju s centralnim procesorom. Mijerno područje mu je od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$, a tačnost od $0,5^{\circ}\text{C}$ u području od -10°C do $+85^{\circ}\text{C}$. Specifično svojstvo ovoga kao i čitave familije 1_wire senzora je da se može napajati direktno s Data linije (DQ) ("parasite power"), što eliminiše potrebu za eksternim izvorom napajanja. Svaki DS1820 ima jedinstven 64-bit serijski kod, tako da dosta DS1820 termometara

funkcioniše na istoj 1-wire sabirnici (100-tinjak), a mikroprocesor lako upravlja s DS1820-ovima postavljenih u širokom prostoru. Aplikacije koje mogu imati koristi od ovoga su HVAC (HVAC Heating, Ventilating, i Air-Conditioning), upravljanje okruženjem, sistem za nadgledanje temperature unutar zgrada, opreme ili aparata, i nadgledanje procesa i upravljačkih sistema.

II. KARAKTERISTIKE SENZORA DS1820

- Svaki ima jedinstven 64-bit serijski kod spremljen u ROMu
- Ne zahtijeva eksterne komponente
- Mogu se napajati s data linije. Napajanje je u rasponu 3.0V do 5.5V
- Mjerenje temperatura od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$
- tačnosti $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ u intervalu -10°C do $+85^{\circ}\text{C}$
- Rezolucija termometra je korisnički programabilna—od 9 do 12 bitova
- Maksimalno vrijeme pretvaranja temperature u 12-bit digitalnu riječ je za 750 μ s
- Korisnički-definisano postavljanje alarma
- **Alarm search command-a** identifikuje i adresira uređaje čija temperatura je van programiranih ograničenja
- Primjenjuju se u aplikacijama za upravljanje termostatima, industrijskim sistemima, potrošačkim proizvodima, termometrima, ili bilo kojim toplotno osjetljivom sistemu
- Maksimalno rastojanje od senzora do mikrokontrolera može iznositi do 200m a dodavanjem posebnih adeptera i do par stotina metara
- Koristi 1-wire protokol firme Dallas Semiconductor za komunikaciju



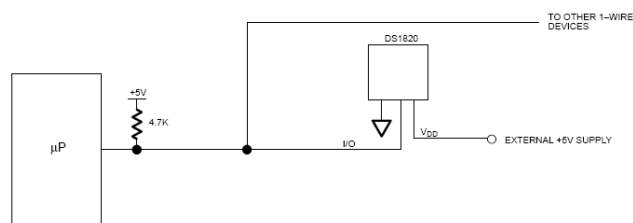
Slika 2 Blok dijagram temperaturnog senzora DS18S20

Blok dijagram (Sl 2) prikazuje osnovne komponente DS1820: 1) 64-bit laserski ROM, 2) temperaturni senzor, i 3) temperaturne alarmne trigere TH i TL. Napaja se preko 1-Wire komunikacione linije punjenjem internog kapaciteta u vrijeme kada je sabirnica na visokom nivou a prestaje za vrijeme niskog. Alternativno, DS1820 se može napajati i iz eksternog 5 voltnog izvora.

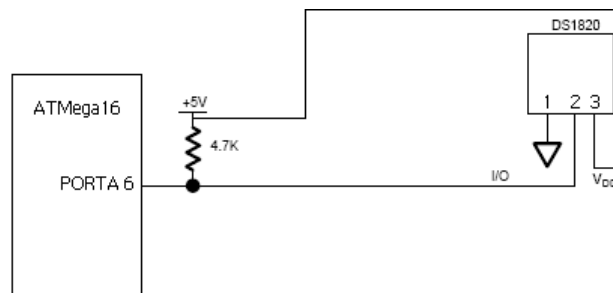
Master mora prvo obezbijediti jednu od pet ROM funkcijskih komandi:

1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, 5) Alarm Search.

Jedna od upravljačkih komandi daje nalog DS1820-u da izvrši mjerenje temperature. Rezultat ovog mjerenja smjestiće se u memoriju DS1820-a, i može se očitavati izdavanjem komandne memorijske funkcije koja očitava sadržaj memorije. Svaki od trigera za temperaturni alarm TH i TL sastoji se od po jednog EEPROM bajta. Ako se ne primjenjuje komanda za alarme (Alarm search command) kod DS1820-a, ovi registri se mogu koristiti kao korisnička memorija opšte namjene. Upisivanje TH-a i TL-a se radi tako što se koristi komandna memorijska funkcija.



Slika 3 Eksterno (preko VDD pina) napajanje



Slika 4 Šema parazitnog spajanja DS1820 sa ATmega16

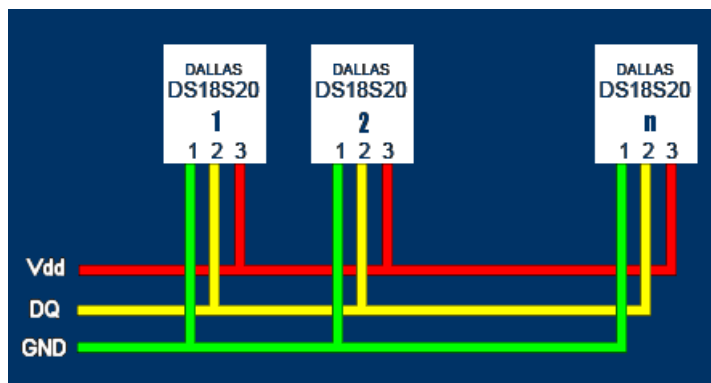
III. PARAZITNO NAPAJANJE

Blok dijagram (Slika 4) prikazuje krug parazitnog napajanja. Ovaj krug „krade“ energiju u slučaju kad su I/O ili VDD pinovi na visokom nivou. I/O će obezbijediti dovoljno napajanja sve dotle dok se ispunjavaju vremenski i naponski zahtjevi. Parazitno napajanje ima dvostruku prednost: 1) nije potreban lokalni izvor napajanja za daljinsko mjerenje temperature, i 2) ROM se može čitati i kada nema normalnog napajanja. Da bi DS1820 mogao izvršiti tačnu konverziju temperature, mora se obezbijediti dovoljno energije preko I/O linije za vrijeme konverzije temperature. Budući da je radna struja DS1820 do 1 mA, I/O linija neće imati dovoljno snage zbog 5K pull-up otpora. Ovaj problem je naročito akutan ako je nekoliko DS1820-ova na istoj I/O i pokušavaju istovremenu konverziju. Postoje dva načina da se obezbijedi da DS1820 ima dovoljno struje za vrijeme konverzionog ciklusa.

Prvi način je da se obezbijedi dovoljno snažan pull-up na I/O liniji za vrijeme temperaturne konverzije

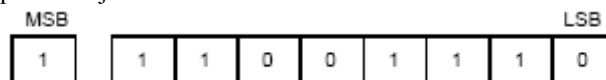
Drugi metod obezbjeđivanja struje za DS1820 je korištenje vanjskog strujnog izvora povezanog sa VDD pinom, kao na Sl3. Prednost ovog metoda je u tome što nije potreban pull-up na I/O liniji, i bus master ne mora da drži tu liniju visoko za vrijeme temperaturnih konverzija. Ovo omogućava prenos ostalih podataka 1-Wire bus-om za vrijeme konverzije. Dodatno, bilo koji broj DS1820 može biti spojen na 1-wire bus, i ako svi koriste vanjski izvor napajanja, svi mogu istovremeno izvršiti temperaturne konverzije tako što izdaju komandu SkipROM a onda komandu Convert T.

IV. PRINCIPI MJERENJA



Slika 5 Vezivanje više temperaturnih senzora na sabirnicu

DS1820 mjeri temperaturu upotrebom vlastite on-board tehnike mjerenja temperature. DS1820 mjeri temperaturu tako što broji oscilacije oscilatora sa niskim temperaturnim koeficijentom za vrijeme ulaznog perioda koji je određen oscilatorom s visokim temperaturnim koeficijentom. Čitanje temperature je obezbijeđeno putem dva 16-bitna, sign-produžena dvo komplementarna čitanja. Podaci se serijski prenose putem 1-Wire interfejsa. Obratite pažnju na to da se temperatura predstavlja kod DS1820 po $1/2^{\circ}\text{C}$ LSB-a, čime se postiže sljedeći 9-bit-ni format:



= -25 °C

Najznačajniji bit se duplira na sve bit-ove na memoriji gornjeg MSB-a dvo-bit-nog temperaturnog registra. Ova „sign-ekstenzija“ doprinosi 16-bit-nom temperaturnom očitavanju. Veće rezolucije mogu se postići sljedećim postupkom. Najprije, očitajte temperaturu, a onda odbijte 0.5°C bit (to je LSB) od očitane vrijednosti. Ova vrijednost je TEMP_READ. Zatim se može očitati vrijednost koja je ostala u brojaču. Ova vrijednost je ostatak nakon prestanka ulaznog perioda (COUNT_REMAIN). Posljednja potrebna vrijednost je broj brojanja po jednom stepenu C(COUNT_PER_C) pri toj temperaturi. Stvarana temperatura se može izračunati utrebom sljedeće formule:

$$\text{Temperatura} = \text{Procitana } aT - 0.25 + \frac{(\text{Obracun} - \text{po} - ^\circ \text{C} - \text{Ostatak_obracuna})}{\text{Obracun} - \text{po} - ^\circ \text{C}}$$

ProcitanaT - temperatura upisana u LSB bajtu,
Obracun-po-°C - sadržaj 7 bajta i **Ostatak obračuna** - sadržaj 8 bajta.

Četvrti i peti bajt su rezervisani i sadrže sve jedinice. Bajt TH i TL su bajtovi u koje se može upisati alarmna temperatura pri čemu je TH više bajt a TL niži bajt.

V. SIGNALIZIRANJE ALARMA

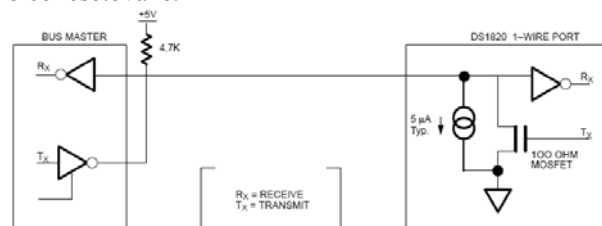
Nakon što je DS1820 izvrši konverziju temperature, vrijednost temperature se upoređuje sa vrijednostima trigeru spremljenim u TH-u i TL-u. Budući da su ovi registri samo 8-bit-ni, ignoriše se 0.5°C bit kod poređenja. Najznačajniji bit TH-a i TL-a direktno odgovara sign bit-u 16-bit-nog temperaturnog registra. Ako je rezultat mjerenja temperature viši od TH-a ili niži od TL-a, alarmni fleg je postavljen. Ovaj fleg se ažurira prilikom svakog mjerenja temperature. Sve dok je alarmni fleg postavljen, DS1820 će odgovoriti na komandu alarm search. Ovo omogućava da se **više** DS1820-ova konektuje paralelno i istovremenim mjere temperaturu. U slučaju da temperatura prelazi ove limite, alarmni uređaji se mogu identifikovati i odmah čitati bez obaveze čitanja uređaja koji nisu pod alarmom

VI. MJERENJE TEMPERATURE

A. KONFIGURACIJA HARDVERA

1-Wire bus ima po definiciji samo jednu liniju; važno je da svaki uređaj na busu može da se stavi u funkciju u odgovarajuće vrijeme. Da bi se ovo omogućilo, svaki uređaj na 1-Wire basu mora imati open drein ili 3-strukturne izlaze. 1-Wire port DS1820-a (I/O pin) je open dren sa internim strujnim kolom koji je ekvivalentan onome prikazanom u SI 6. Multidrop bas se sastoji od više slejvova koji su na njega nakačeni. 1-Wire bus zahtijeva pullup rezistor od otprilike 5KΩ. Stanje mirovanja 1-Wire busa je visoko. Ako se iz bilo kog razloga transakcija mora prekinuti, bus se mora postaviti u idle stanje (praznog hoda), da se transakcija može nastaviti. Nakon toga može se desiti neodređeno vrijeme oporavka između bit-ova onoliko dugo koliko je 1-Wire bus u neaktivnom stanju za vrijeme recovery perioda. Ako se ovo ne

desi a bus se ostavi nisko duže od 480 μs, sve komponente na busu biće resetovane.



Slika 6 Hardverska konfiguracija

B. TRANSAKCIJSKA SEKVENCA

Protokol za pristup DS1820 preko 1-Wire porta je sljedeći:

1. Inicijalizacija
2. ROM funkcijska komandna
3. Memorijska komandna funkcija
4. Transakcija / podaci

1. INICIJALIZACIJA

Sve transakcije na 1-Wire bus-u počinju inicijalizacionom sekvencom. Inicijalizaciona sekvenca se sastoji od impulsa resetovanja od strane mastera iza koga slijede impuls(evi) prisutnosti od slejva (ova). Presence Puls daje do znanja bus masteru da je DS1820 na bus-u i da je spreman za operacije.

2. ROM FUNKCIJSKE KOMANDE

Čim master otkrije prisutnost, može poslati jednu od pet ROM komandni. Dužina svih ROM komandni je 8 bit-a.:

Read ROM (33h)

Ova komanda omogućava masteru da čita kodove familije od 8 bita DS1820-a, serijski broj od 48 bit-a, i 8-bit-ni CRC. Koristi se samo u slučaju da na bus-u postoji samo jedan DS1820, u suprotnom će se desiti kolizija podataka kada svi slave-ovi pokušaju da transmituju u isto vrijeme.

Match ROM (55h) - omogućava masteru da adresira specifičan DS1820 na multidrop bus.

Skip ROM [CCh] - štedi vrijeme jer omogućava masteru da pristupa memorijskim funkcijama bez obezbjeđivanja ROM koda slejvova.

Search ROM [F0h] - poslije inicijalizuje, master ne mora da zna broj uređaja na 1-Wire bus-u ili njihove ROM kodove. Komanda Search ROM omogućava bus masteru da eliminiše identifikaciju svih slave uređaja na bus-u.

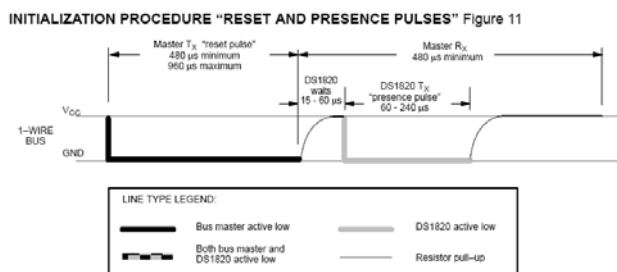
Alarm Search [ECh] - Slična Search ROM komandi, osim što DS1820 odgovara na ovu komandu samo ako se stanje alarma pojavilo pri zadnjem mjerenju temperature. Stanje alarma se definiše kao temperatura viša od TH ili niža od TL. Stanje alarma ostaje podešeno sve dotle dok je DS1820 pod

naponom, ili dok drugo mjerenje temperature ne otkrije ne-alarmnu vrijednost.

C. I/O SIGNALIZACIJA

DS1820 zahtijeva stroge protokole da obezbijedi integritet podataka. Protokol se sastoji od nekoliko tipova signaliziranja na jednoj liniji: reset pulse, presence pulse, write0, write1, read 0, read 1. Sve ove signale, uz izuzetak Presence pulsa, inicira bus master. Dio inicijalizacije koji je potreban za početak bilo kakve komunikacije sa DS1820 pokazan je na SI 7. Reset pulse iza kojeg slijedi presence pulse pokazuje da je DS1820 spreman da šalje ili prima podatke ako se pošalje ispravna ROM i komanda memorijske funkcije. Bus master transmituje(TX) reset pulse (niski signal od najmanje 480 μ s). Bus master zatim oslobađa liniju i ide u Receive mode (RX) (mod za primanje).

1-Wire se vuče (pulled) na visoko stanje putem 5K pull-up otpora. Nakon što se otkrije uzlazna ivica (rising edge) na DS1820 I/O pin-a, DS1820 čeka 15-16 μ s i zatim transmituje presence pulse (niski signal za 60-240 μ s).



Slika 7 I/O inicijalizacija

3. MEMORIJSKE KOMANDNE FUNKCIJE

Write Scratchpad [4Eh]

Ova komanda piše u scratchpad-u DS1820-a, započinjući od adrese 2. Sljedeća dva zapisana bajta biće sačuvana u scratchpad memoriji, na lokacijama adrese 2 i 3. Pisanje se može prekinuti u svakom momemtu izdavanjem reset-a.

Read Scratchpad [BEh] - čita sadržaj radne memorije (scratchpad-a.). Čitanje će započeti od 0-tog bajta, i nastaviće se kroz radnu memoriju dok se pročita deveti bajt (bajt 8, CRC).

Copy Scratchpad [48h] - kopira scratchpad na E2 memoriju DS1820-a, smještajući bajtove triger temperature u postojanu memoriju

Convert T [44h] - započinje konverzija temperature. Kada se konverzija izvrši, DS1820 ide u stanje praznog hoda.

Recall E2 [B8h] - povlači vrijednosti temperaturnog triger pohranjenog u E2 na Scratchpad. Ova operacija povlačenja dešava se automatski nakon dizanja napona (power-up) i kod DS1820-a, tako da su validni podaci dostupni u scratchpad-u čim je uređaj uključen. Svaki put kad se izda read data time slot nakon što se pošalje ova komanda,

uređaj će postaviti svoj fleg da je temperaturni konverter zauzet

„0“ = busy, „1“ = ready.

Read Power Supply [B4h] – traži od DS1820 njegov mod napajanja : „0“ = parazitno napajanje, „1“ = eksterno napajanje obezbijeđeno.

VII. PROGRAM ZA MJERENJE TEMPERATURE

Jedna od osnovnih dijelova ovoga projekta je Atmelov mikrokontroler ATmega 16, programiran u C jeziku koji mjeri temperaturu okoline pomoću digitalnog temperaturnog senzora DS1820. Objašnjenje je dato s jednim temperaturnim senzorom mada je u radu eksperimentisano s više DS1820 senzora na jednoj sabirnici. Mikrokontroler i izlazni uređaji su povezani kao na slici 4 i 5.

Komunikacija započinje **RESET** signalom (logička nula u trajanju 480 μ s) koji generiše *master* i nakon toga prelazi na čitanje. Na RESET periferne komponente odgovaraju signalom prisutnosti (logička nula u trajanju od 60 do 240 μ s, nakon pauze od 15 do 60 μ s). Nakon toga *master* adresira pojedine komponente u mreži i uspostavlja komunikaciju s njima. Za uspješnu komunikaciju *master* mora unaprijed poznavati adrese svih komponenti u mreži. U slučaju da se u mreži nalazi samo jedna periferna komponenta adresiranje se može preskočiti a komunikacija se uspostavlja neposredno.

Na početku programa definiše se pin preko kojega se vrši 1-wire komunikacija. Moguće je koristiti bilo koji slobodni pin, mikroprocesora, za 1-wire komunikaciju. U našem slučaju komunikacija se odvijala preko pinova PA6 i PA5.

Opis programa je dat pseudo kodom.

Configure 1_wire = PA6

Na taj se pin sada spajaju sve 1-wire komponente. Svaka komunikacije počinje se s **RESET** signalom (1_wreset). Kada je spojen samo jedan temperaturni senzor komunikacija je znatno pojednostavljena, pa se naredbom **1_wwrite & HCC (Skip ROM)** preskače interni ROM, i naredbom **1_wwrite & H44 (Konvert T)** daje naredba mikrokontroleru za konverziju temperature. Programski kod je:

1_Wreset

1_wwrite & HCC // Skip ROM

1_wwrite & H44 // Konvert T

Pošto konverzija temperature traje do 500 μ s potrebno je u programa staviti naredbu čekanja od 500 μ s prije očitavanja mjerenja.

Waitms 500

1_wreset

1_wwrite & HCC // Skip ROM

1_wwrite & HBE //Read Scratchpad

TEMPL = 1_wread() // Čitanje Low bajta

TEMPH = 1_wread() // Čitanje High bajta

1_wreset

Rezultat mjerenja čita se naredbom ***1_wwrite & HBE*** i smješta u varijable deklarirane na početku programa. Koriste se dvije varijable od po jednog byte-a, jer je podatak 16 bitni. Potprogramom ***Setint*** se pravi 16-bitna varijabla tipa *integer* u kojoj se nalazi procitana digitalna vrijednost.

T = Setint (TEMPL , TEMPH)

Procedurom dole se razdvaja cijeli i decimalni dio temperature

Temperatura = T / 2

Temperatura_dec = T - Temperatura

Temperatura_dec = Temperatura_dec - Temperatura

Temperatura_dec = Temperatura_dec * Temperatura_dec

Temperatura_dec = Temperatura_dec * 5

PROGRAM

Deklaracija promjenljivih

Declare T As Integer , Temperatura As Integer ,

Temperatura_dec As Integer

Declare TEMPL As Byte , TEMPH As Byte

Declare N As Byte

U drugom koraku se određuje konfiguracija sabirnice i određuju pinovi koji će se koristiti za 1-wire komunikaciju

Config 1_wire = PA6

Config Lcd = 16 * 2

Config Lcdbus = 4

„Konfiguracija LCD displeja i pina za 1-wire komunikaciju“

U trećem koraku se stavlja petlja koja osigurava da se temperatura konstantno mjeri. U protivnom bi se temperatura izmjerila samo jedno.

Do

Mjerenje

Proracun

Ispis

Loop

End

Poslije izvršenog mjerenja podatak se sprema u dvije bajtne varijable koje se preko potprograma ***Setint*** spaja u jednu *integer* varijablu a nakon toga slijedi obrada podatka.

Po izvršenom proračunu, podatak se ispisuje na displeju. Napisan je i program koji upozorava na grešku koja se javlja u 1-wire komunikaciji, kao i program koji vrši korekciju ako je temperatura negativna, tako što se temperatura pretvori u pozitivnu vrijednost, a minus se samo ispiše na LCD display-a kao predznak.

VIII. ZAKLJUČAK

Konverzija temperature traje do 500 μs. Nakon primanja Convert T protokola, ako taj dio ne primi napajanje iz VDD pin-a, I/O linija DS1820-a se mora držati visoko najmanje 500μs da se obezbijedi napajanje za vrijeme procesa konverzije. Kao takva, nijedna druga aktivnost se ne može desiti na 1-Wire bus-u u toku najmanje ovog perioda nakon što se izda komanda Convert T.

Nakon prijema Copy Scratchpad protokola, ako taj dio ne napaja struja iz VDD pin-a, I/O linija DS1820-a se mora držati visoko najmanje 10 μs da bi se obezbijedilo napajanje za vrijeme procesa kopiranja. Nijedna druga aktivnost ne može se desiti na 1-Wire bus za najmanje ovaj period nakon što se izda Copy Scratchpad komanda.

S obzirom na nisku cijenu i već razvijenu interfejsnu strukturu (CAT5 kablove) koja već postoje u mnogim objektima, 1_wire termometre je moguće iskoristiti u razvoju automatskih, inteligentnih sisteme i drugih sistema za upravljanje u radnom i životnom okruženju.

LITERATURA

- [1] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>
- [2] http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf
- [3] Maxim/Dallas Application Note 162 Interfacing the
- [4] <http://www.picprojects.net/ds1820/index.html>
- [5] Introduction to 1-Wire networks
<http://www.btinternet.com/~jon00/onewireintro.shtml>
- [6] Transmitting data and power over one-wire bus
<http://people.netfarm.it/~guyver1/ProgettiNetFarm/iButton/AppDesing/onewirebus.pdf>

ABSTRACT

Paper further describes the characteristics of hardware and software solution of measuring temperature by 1_wire temperature sensors DS1820 and μP ATmega 16. 1_Wire peripherals are cheap and flexible devices that can be easily connected to the 1-wire bus (eg, CAT 5). Used as an IO pin interface for two-way communication, while the other two are masses and the power supply (optional). This project was design to measure and control temperature in range of -55°C to +125°C with 0.1°C accuracy.

1_Wire temperature measuring system

Jovica Ružić

Radovan Stojanović