

Elektrotehnički fakultet
Osijek

Digitalni sklopovi
Seminarski rad

**Digitalni
Termometar / Termostat**

Igor Bulog , A2605

Ak. god. 2003./2004.

SADRŽAJ

SADRŽAJ	2
UVOD	3
MIKROKONTROLER AT89C2051	3
<i>OSObine</i>	4
<i>RASPORED PINOVA</i>	4
<i>OPIS PINOVA</i>	4
<i>Interna block-shema</i>	6
<i>Neke električne karakteristike</i>	6
I2C SABIRNICA	7
<i>Prednosti I²C sabirnice</i>	7
<i>Primjer primjene I²C sabirnice</i>	8
DS1621 I ² C SENZOR	8
<i>OSObine</i>	8
<i>RASPORED PINOVA</i>	9
<i>OPIS PINOVA</i>	9
<i>Princip rada</i>	9
<i>Block –shema</i>	10
<i>Termostatska regulacija</i>	10
<i>Popis naredbi</i>	11
<i>Komunikacijski protokol</i>	12
<i>Neke električne karakteristike</i>	13
PROJEKTIRANJE	13
<i>HEMA SKLOPA</i>	13
<i>OPIS RADA</i>	14
<i>NAPAJANJE</i>	14
<i>AT89C2051</i>	14
<i>LCD</i>	15
<i>DS1621</i>	15
<i>Program mikrokontrolera</i>	16
SKLAPANJE UREĐAJA	21
<i>IZRADA TISKANE PLOČICE FOTO-POSTUPKOM</i>	21

UVOD

Smisao ovog seminara je pokazati kako efikasno i jeftino izraditi sustav za nadzor i upravljanje. Ja sam se odlučio za mikrokontrolerski sustav jer je to trenutno najpovoljnije rješenje za specifične zahtjeve, pa i za maloserijsku proizvodnju. Mikrokontroler je u principu računalo u jednom čipu koji treba svega 5 – 6 vanjskih elemenata da bi radio. Ljepota mikrokontrolerskog sustava je u tome što se sada promjene i poboljšanja u sustavu sa mukotrpnog lemljenja i hardwareskih zahvata svode na softwareske promjene, odnosno programiranjem mikrokontrolera dobiva se čip koji radi upravo ono što želimo, odnosno ono što smo u programu napisali.

Ja sam izradio digitalni termometar / termostat pomoću čipa DS1621 koji precizno mjeri temperaturu i šalje je u °C mikrokontroleru preko I²C sabirnice. Sklop također vrši termostatsku funkciju tako što aktivira i deaktivira termostatski izlaz ovisno o trenutnoj temperaturi i zadanim vrijednostima T_h i T_l . Za prikaz na dvorednom tekstualnom displayu brine se mikrokontroler AT89C2051, koji je ustvari srce ovog sustava i koji još služi za očitavanje tipki pomoću kojih se unose vrijednosti temperatura T_h i T_l , i za uključivanje i isključivanje pozadinskog osvjetljenja displaya.

Primjer primjene bio bi upravljanje grijanjem ili klima-uređajem gdje bi samo trebalo odrediti u kojim granicama želimo da nam temperatura oscilira (npr. $T_h = 22$ °C i $T_l = 20$ °C).

Mikrokontroler AT89C2051

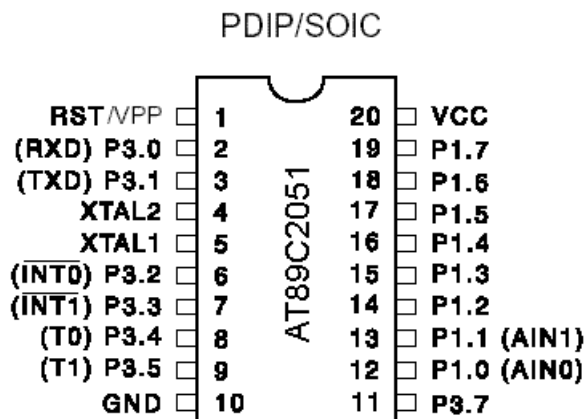


AT89C2051 je nisko naponski, high-performance CMOS 8-bitni mikrokontroler sa 2KB flash programabilne i izbrisive read only memorije (PEROM - Programmable and Erasable Read Only Memory). Ugrađena je atmelova high density nonvolatile memory tehnologija i kompatibilan je sa standardnim industrijskim MCS-51™ setom instrukcija. Kombinacijom 8-bitnog CPU-a sa flashom na monolitnom čipu, Atmel AT89C2051 je snažno mikroracunalo koje omogućava fleksibilnost i jeftinoću rješenja u upravljačkim i kontrolnim sustavima. AT89C2051 opremljen je sljedećim: 2KB flasha, 128 byteova RAM-a, 15 ulazno-izlaznih pinova, dva 16-bitna timera/brojila, pet vektorsko dvo-razinsku interrupt arhitekturu, a full duplex serijski port, precizni analogni komparator, ugrađeni oscilator i taktno sklopovlje. U principu, AT89C2051 je konstruiran sa statičkom logikom za rad na frekvencijama sve do 0Hz, i podržava dva softwareski selektibilna moda za nisku potrošnju. Idle Mode isključuje CPU ali omogućuje da RAM, timeri/brojila, serijski port i interrupt sistem i dalje rade. Power Down Mode osvježava RAM ali isključuje oscilator i onemogućava sve druge funkcije do sljedećeg hardwareskog reseta.

OSOBI NE

- MCS-51™ kompatibilan
- 2KB reprogramabilne Flash memorije
 - Trajnost: 1,000 piši/briši ciklusa
- Raspon napajanja 2.7V do 6V
- Fully Static Operation: 0 Hz do 24 MHz
- Dvije razine zaključavanja programske memorije
- 128 x 8-Bita internog RAM-a
- 15 Programabilnih I/O pinova
- Dva 16-Bitna Timera/Brojila
- Šest izvora interrupta
- Programirajući serijski UART kanal
- Direktno spajanje LED na izlaze
- Ugrađeni analogni komparator
- Low Power Idle i Power Down modovi

RASPORED PINOVA



OPIS PINOVA

VCC
Napajanje.

GND
Masa.

Port 1

Port 1 je 8-bitni dvosmjerni I/O port. Pinovi P1.2 do P1.7 imaju interne pull-up otpornike. P1.0 i P1.1 zahtijevaju eksterne pull-up otpornike. P1.0 i P1.1 također služe kao pozitivni ulaz (AIN0) i negativni ulaz (AIN1) integriranog preciznog analognog

komparatora. Port 1 može dati 20 mA struje prema unutra, i može direktno pogoniti LED display.

Kada su jedinice postavljene na pinove porta 1, oni se mogu koristiti kao ulazi. Kada su pinovi P1.2 do P1.7 korišteni kao ulazi a eksterno su pritegnuti na nisku razinu, oni će vući struju zbog internih pull-up otpornika. Port 1 također prihvaća podatke tokom programiranja i verifikacije Flash memorije.

Port 3

Pinovi Porta 3 P3.0 do P3.5 i P3.7 su 7 dvosmjernih I/O pinova sa internim pull-up otpornicima. P3.6 je interno spojen sa izlazom internog komparatora i nije dostupan kao univerzalni I/O pin. Port 3 može dati 20 mA prema unutra. Kada su jedinice postavljene na pinove Porta 3, oni su pritegnuti na visoku razinu preko internih pull-upova i mogu se koristiti kao ulazi. Kao ulazi, pinovi Porta 3 koji su eksterno pritegnuti na nisku razinu će vući struju zbog internih pull-upova. Port 3 također i prima kontrolne signale tokom programiranja i verifikacije Flash memorije. Port 3 ima i još neke specijalne funkcije kao što je dolje prikazano:

Port	Alternativna funkcija pina
P3.0	RXD (serijski ulazni port)
P3.1	TXD (serijski izlazni port)
P3.2	INT0 (externi interrupt 0)
P3.3	INT1 (externi interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 externi ulaz)
P3.5	T1 (timer 1 externi ulaz)

RST

Reset ulaz. Svi I/O pinovi se postavljaju na jedinice čim RST postavimo na visoku razinu. Zadržavanje RST pina na visokoj razini tokom dva interna ciklusa dok oscilator radi resetira sklop. Svaki interni ciklus traje 12 taktova oscilatora ili kvarca.

XTAL1

Ulaz u invertirajuće pojačalo oscilatora.

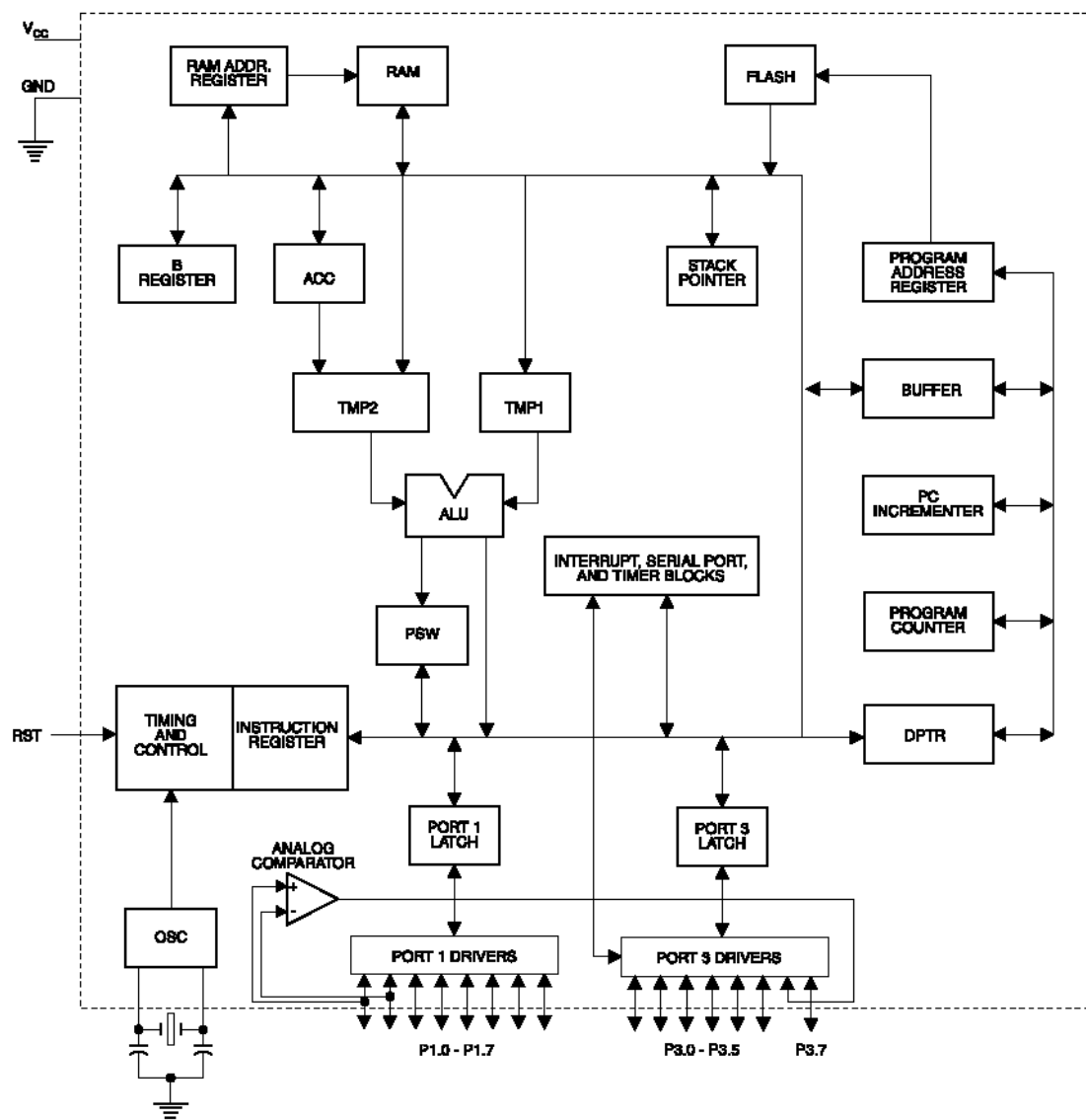
XTAL2

Izlaz iz invertirajućeg pojačala oscilatora.

Karakteristike oscilatora

Možemo koristiti eksterni ili interni integrirani oscilator. Ako želimo koristiti interni oscilator tada moramo eksterno dodati quartz koji određuje frekvenciju, i dva blok-kondenzatora.

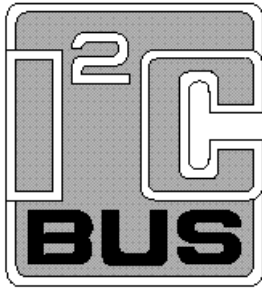
Interna block-shema



Neke električne karakteristike

Simbol	Parametar	Min.	Max.	Jedinica
V _{CC}	Napajanje	2.7	6.0	V
T _A	Radna temperatura	-55	+125	°C
V _{OL}	Izlazna niska razina		0.5	V
V _{OH}	Izlazna visoka razina	2.4		V
I _{OL}	Izl. struja pri niskoj log. razini		20	mA
R _{RST}	Reset pull-down otpornik	50	300	kΩ

I²C sabirnica



U modernim elektroničkim sustavima brojni periferni ICi moraju komunicirati međusobno i s vanjskim svijetom. Da bi povećao efikasnost i pojednostavio razvoj sklopova, Philips je razvio jednostavnu 2-smjernu 2-linijsku, serijsku data (SDA) i serijsku clock (SCL) sabirnicu za među-IC komunikaciju. Budući da I²C-bus podžava bilo koju tehnologiju proizvodnje IC-a, i dostupan je široki spektar I²C-kompatibilnih Philipsovih i ostalih čipova, to je postao industrijski standard diljem svijeta.

Svaki čip se prepoznaje po jedinstvenoj adresi i može raditi ili samo kao receiver-only (npr. [LCD driver](#)) ili kao transmitter koji može i primiti i slati podatke (kao npr. [memorije](#)). Transmitteri i/ili receiveri mogu raditi i u master i u slave modu, ovisno o tome da li čip inicira prijenos podataka, ili je samo adresiran. I²C je multi-master bus, npr. može biti upravljana sa više IC-a.

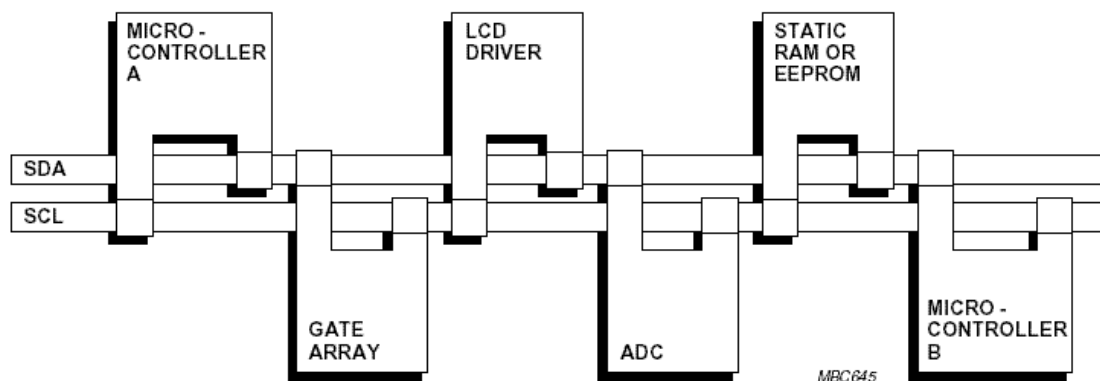
Osnovna I²C sabirnica, sa brzinom prijenosa podataka do 100 kbit/s i 7-bitnim adresiranjem, je predstavljena još prije 20ak godina. Međutim brzine prijenosa podataka i funkcionalnost se rapidno povećala, pa je I²C-bus specifikacija poboljšana i nadograđena sa [Fast-modom](#) i [10-bitnim adresiranjem](#), udovoljavajući zahtjevima za većim brzinama i više adresnog prostora.

I²C-bus drži korak sa novim tehnologijama ali zadržava kompatibilnost unatrag. Sustavi kombinirani sa novim niskonaponskim sklopovljem je podržano mogućnošću konverzije naponskih nivoa. I na kraju je dodan i [High-speed mod](#); sa brzinama do 3.4 Mbit/s osigurava dovoljan kapacitet I²C sabirnice za podršku postojećih i budućih brzih serijskih sklopova kao što su EEPROM and Flash memorije.

Prednosti I²C sabirnice

- Potrebne su samo dvije linije; **Serial Data Line (SDA)** i **Serial Clock Line (SCL)**
- Svaki IC spojen na sabirnicu je softwareski adresibilan po jedinstvenoj adresi i jednostavnoj vezi master/slave koja uvijek vrijedi; master može raditi kao *master-transmitter* ili kao *master-receiver*
- To je *true multi-master bus* sa detekcijom kolizije i zaštitom od pogrešnog prijenosa ako dva ili više mastera istovremeno iniciraju prijenos podataka
- Serijski, 8-bitno orijentirani, dvosmjerni prijenos podataka može se uspostaviti do 100 kbit/s u *Standard-modu*, do 400 kbit/s u *Fast-modu*, ili do 3.4 Mbit/s u *High-speed modu*
- Integrirani filter potiskuje špiceve na *data* liniji
- Broj integriranih krugova koji mogu biti spojeni na istu sabirnicu limitiran je jedino maksimalnim ukupnim kapacitetom sabirnice od 400 pF.

Primjer primjene I²C sabirnice



DS1621 I²C Senzor



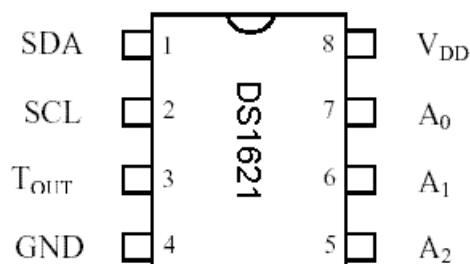
Digitalni termometar i termostat DS1621 omogućuje 9-bitno očitavanje temperature svog kućišta. Termostatski izlaz T_{OUT} je aktivan kada temperatura kućišta dosegne zadanu temperaturu T_H. Izlaz ostaje aktivan dok temperatura ne padne do definirane temperature T_L.

Željene temperature T_H i T_L su spremljene u neizbrisivoj memoriji pa čipovi mogu biti programirani prije ugradnje u sustav. Postavke termostata i očitavanja temperature se vrše preko jednostavnog dvožilnog serijskog interfeasa (I²C bus).

OSOBI NE

- Mjerenje temperature ne zahtijeva eksterne komponente
- Mjeri temperature od -55°C do +125°C u koracima od 0.5°C.
- Temperatura se očitava kao 9-bitna vrijednost (prijenos 2 bytea)
- Široki raspon napona napajanja (2.7V do 5.5V)
- Konvertira temperaturu u digitalni oblik za manje od 1 sekunde
- Termostatske postavke se zadaju, i ne brišu se isključenjem napajanja
- Podaci se čitaju/pišu preko I²C sabirnice (open drain I/O linije)
- Primjenjuje se u industrijskim sustavima, proizvodima široke potrošnje, termostatima, termometrima, ili bilo kakvim termo-osjetljivim sustavima
- 8-pinsko DIP pakiranje, ili SO (150mil i 208mil)

RASPORED PINOVA



DS1621 8-PIN DIP (300mil)

OPIS PINOVA

PIN	SIMBOL	OPIS
1	SDA	Data I/O pin na dvolinijskoj serijskoj sabirnici
2	SCL	Clock I/O pin na dvolinijskoj serijskoj sabirnici
3	T _{OUT}	Termostatski izlaz. Aktivira se kada temperatura dosegne TH; resetira se kada temperatura padne na TL.
4	GND	Masa
5	A ₂	Adresni pin
6	A ₁	Adresni pin
7	A ₀	Adresni pin
8	V _{DD}	Napajanje (+2.7V do +5.5V)

Princip rada

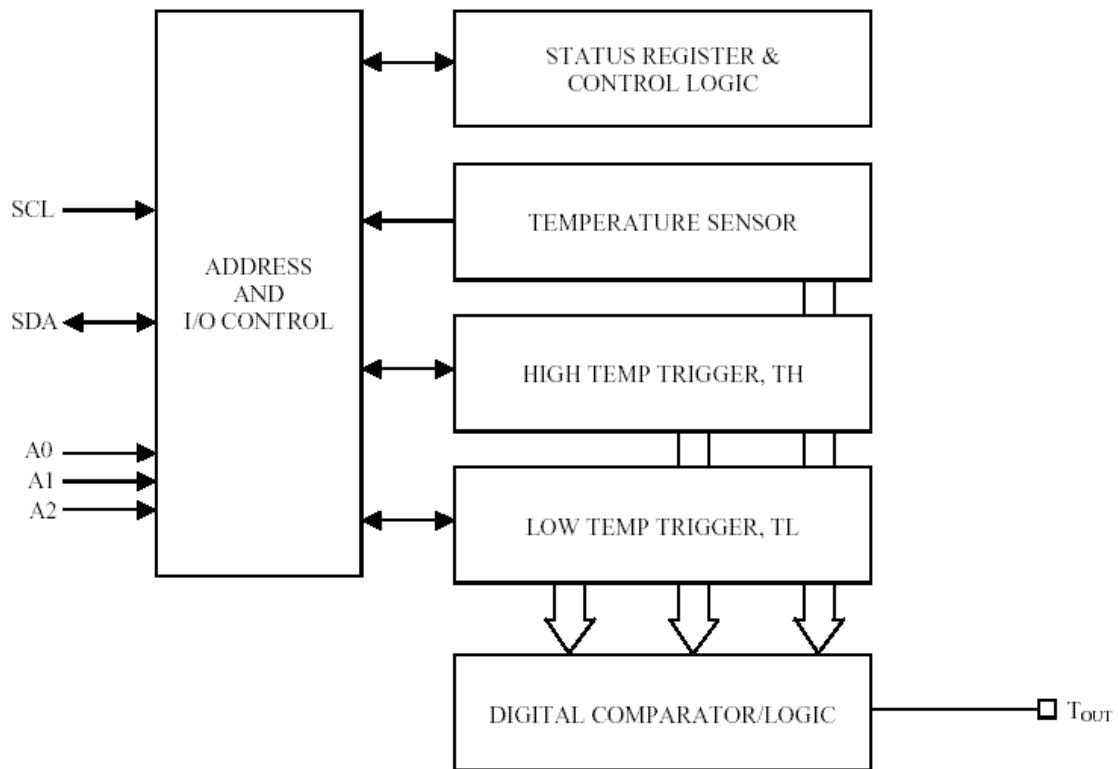
DS1621 mjeri temperaturu pomoću *bandgap* temperaturnog senzora (uspoređuju se frekvencije dvaju oscilatora od kojih je jedan temperaturno nezavisan, a drugom frekvencija ovisi o temperaturi). Delta-sigma A/D pretvarač pretvara izmjerenu temperaturu u digitalnu vrijednost, koja je kalibrirana u °C.

Očitavanje temperature je 9-bitno, vrši se izvršavanjem naredbe READ TEMPERATURE. Podaci se prenose preko I²C sabirnice, prvo se prenosi MSB. DS1621 može mjeriti temperature u rasponu od -55°C do +125°C, u koracima od 0.5°C.

Budući da se preko I²C sabirnice prvo prenosi MSB, temperatura se može očitavati/pisati i kao jedan byte (sa rezolucijom 1°C) ili kao 2 bytea. Drugi byte sadržava vrijednost najmanje značajnog (0.5°C) bita temperature, a ostalih sedam bitova su sve nule.

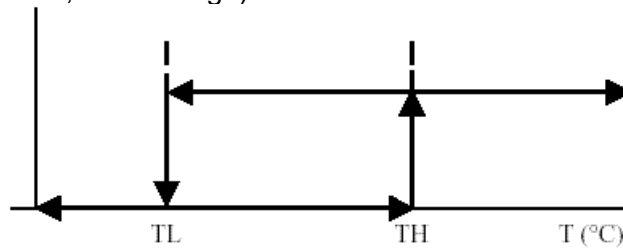
TEMPERATURA	BINARNI OBLIK	HEXADEC. OBLIK
+125°C	01111101 00000000	7B00h
+25°C	00011001 00000000	1900h
+0.5°C	00000000 10000000	0080h
0°C	00000000 00000000	0000h
-0.5°C	11111111 10000000	FF80h
-25°C	11100111 00000000	E700h
-125°C	11001001 00000000	C900h

Block –shema



Termostatska regulacija

DQ (Termostatski izlaz, Active=High)



Za termostatsku regulaciju u TH i TL registrima moraju biti upisane željene vrijednosti.

Config/status registar također definira na koji će način DS1621 biti upotrijebljen u određenoj aplikaciji.

Config/status registar:

MSb	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 4	Bit 2	Bit 1	LSb
DONE	THF	TLF	NVB	X	X	POL	1SHOT

DONE = Conversion Done bit. “1” = Konverzija završena, “0” = Konverzija u toku

THF = Temperature High Flag. Ovaj bit će biti postavljen na jedinicu kada je temperatura veća ili jednaka vrijednosti TH. Ostatak će na jedinici dok se ne upiše “0” na ovu lokaciju, ili dok se ne isključi napajanje. Ovo omogućuje da se provjeri da li je ikad temperatura dosegla TH, od uključivanja napajanja.

TLF = Temperature Low Flag. Ovaj bit će biti postavljen na “1” kada je temperatura manja ili jednaka vrijednosti TL. Ostatak će “1” dok se na tu lokaciju ne upiše “0” ili dok se ne isključi napajanje. Ovo omogućuje da se provjeri da li je ikad temperatura dosegla TL, od uključivanja napajanja.

NVB = Nonvolatile Memory Busy Flag. “1” = pisanje u E² memoriju u toku, “0” = pisanje u memoriju nije u toku. Pisanje u E² memoriju može trajati do 10ms.

POL = Output Polarity Bit. “1” = active high, “0” = active low. Ovaj bit se ne briše nestankom napajanja.

1SHOT = One Shot Mode. “1” = DS1621 će izvršiti jednu konverziju temperature po primitku naredbe *Start Convert T*. “0” = DS1621 će kontinuirano izvršavati konverzije temperature. Ovaj bit se ne briše nestankom napajanja.

X = Rezervirano.

Za tipičnu termostatsku regulaciju DS1621 će raditi u kontinuiranom modu. Ipak, u aplikacijama gdje je dovoljno jedno očitavanje tokom dužeg vremena, ili ako je potrebno štediti energiju, može se koristiti i one-shot mod.

Termostatski izlaz (T_{OUT}) ostaje u stanju u kojem je bio nakon zadnje ispravne konverzije kada radi u one-shot modu.

Popis naredbi

Read Temperature [AAh]

Ova naredba čita zadnji rezultat temperaturne konverzije. DS1621 šalje 2 bytea u već opisanom formatu.

Access TH [A1h]

Ako je R/W' = “0” ova naredba piše u TH registar. Nakon izvršenja ove naredbe, sljedeća 2 bytea upisana u DS1621 u istom formatu u kojem i očitavamo temperaturu, će postaviti zadanu temperaturu za rad T_{OUT} izlaza. Ako je R/W' = “1”, vrijednost u TH registru će biti pročitana.

Access TL [A2h]

Ako je R/W' = “0” ova naredba piše u TL registar. Nakon izvršenja ove naredbe, sljedeća 2 bytea upisana u DS1621 u istom formatu u kojem i očitavamo temperaturu, će postaviti zadanu temperaturu za rad T_{OUT} izlaza. Ako je R/W' = “1”, vrijednost u TL registru će biti pročitana.

Access Config [ACh]

Ako je R/W' = "0" ova naredba piše u config registar. Nakon izvršenja ove naredbe, sljedeći data byte je vrijednost koja će biti upisana u config registar. Ako je R/W' = "1" sljedeći pročitani data byte je vrijednost spremljena u config registru.

Read Counter [A8h]

Ova naredba čita vrijednost Count_Remain. Ova naredba je ispravna samo ako je R/W' = "1".

Read Slope [A9h]

Ova naredba čita vrijednost Count_Per_C. Ova naredba je ispravna samo ako je R/W' = "1".

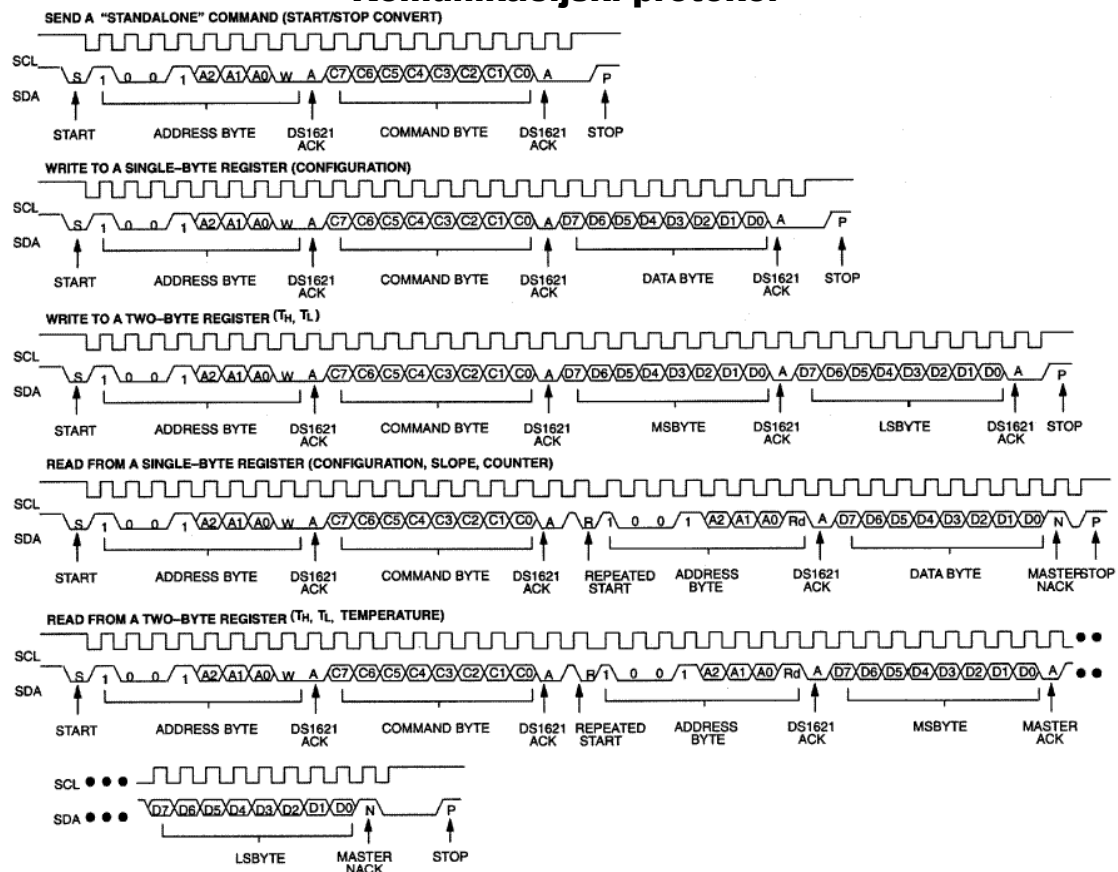
Start Convert T [EEh]

Ova naredba pokreće konverziju temperature. Ne zahtijeva nikakve podatke. U one-shot modu konverzija temperature se izvrši i DS1621 nastavlja biti neaktivan. U kontinuiranom modu ova naredba uzrokuje kontinuirane konverzije jednu za drugom.

Stop Convert T [22h]

Ova naredba zaustavlja konverziju temperature. Ne zahtijeva nikakve podatke. Ova naredba može poslužiti za zaustavljanje DS1621 u kontinuiranom modu. Nakon izvršenja ove naredbe, trenutno mjerenje će biti završeno i DS1621 će ostati neaktivan do primitka naredbe Start Convert T.

Komunikacijski protokol

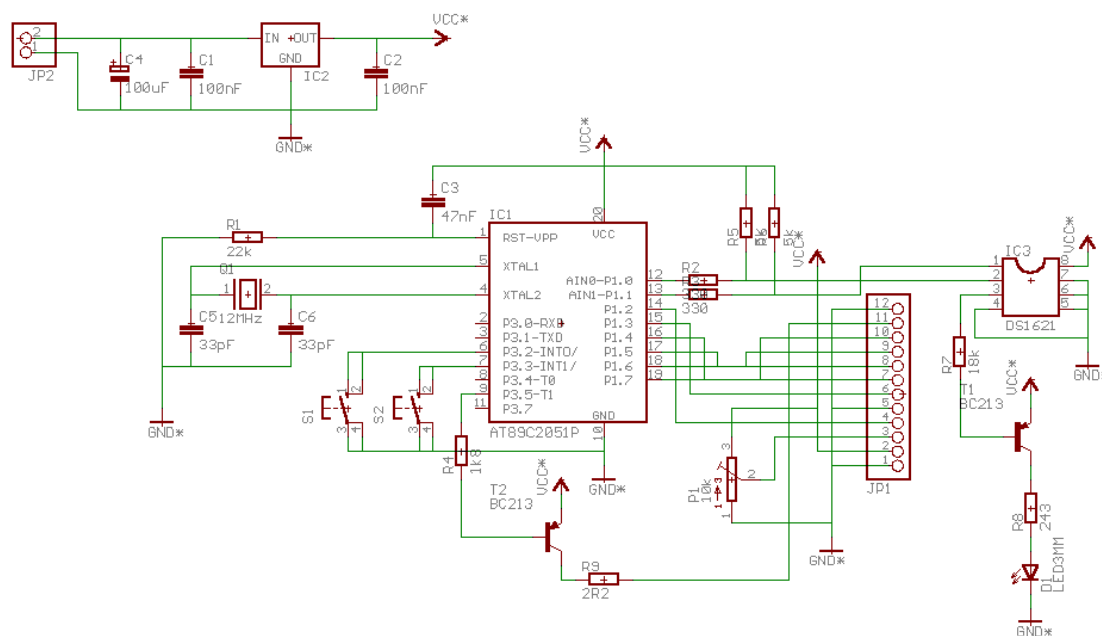


Neke električne karakteristike

PARAMETAR	SIMBOL	UVJETI	MIN	MAX	JEDINICA
Napon nap.	V_{DD}		2.7	5.5	V
Pogreška	T_{ERR}	0°C do 70°C 3.0V ≤ V_{DD} ≤ 5.5V		±0.5	°C
		0°C do 70°C 2.7V ≤ V_{DD} ≤ 3.0V		±1	°C
		-55°C do 0°C i 70°C do 125°C		±2	°C
Rezolucija				12	bit
Napon na T_{OUT}	V_{OH}	1 mA Source	2.4		V
	V_{OL}	4 mA Sink		0.4	V
SCL Clock frekv.	f_{SCL}	Fast Mode	0	100	kHz
		Standard Mode	0	400	kHz

PROJEKTIRANJE

Schema sklopa



OPIS RADA

NAPAJANJE

Svaki elektronički sklop mora imati napajanje koji napon mreže 220V prilagođava zahtjevima sklopa. Pošto čipovi AT89C2051 i DS1621 rade na naponima od 2.7V do 5.5V, a display zahtijeva 5V, najjednostavnije je cijeli sklop napajati sa 5V. Sklop je predviđen za napajanje istosmjernim naponom (8V – 20V) pa nema ispravljač. Istosmjerni napon se dovodi na priključnice JP2. C4 služi za eventualnu filtraciju ako se koristi nekvalitetan ispravljač. Za stabilizaciju je upotrijebljen standardni 5-voltni naponski regulator 7805, koji na izlazu daje stabilnih 5V, a upotrijebljena verzija u TO-220 kućištu daje maksimalnih 1A. To je više nego dovoljno jer sklop u normalnom radu vuče svega nekoliko mA, ali kada se uključi LED pozadinsko osvjetljenje displaya sklop povuče preko 120mA.

7805 ne zahtijeva eksterne komponente, ali su preporučeni blok kondenzatori na ulazu i izlazu koji povećavaju stabilnost, poboljšavaju tranzijentni odziv i smanjuju izlaznu impedanciju napajanja. To su kondenzatori C1 i C2.

AT89C2051

Srce sklopa je opisani mikrokontroler AT89C2051. Njegova uloga je da komunicira s korisnikom na ljudskom jeziku, i sa perifernim sklopovljem pomoću električnih signala. Po uključanju napajanja program u mikrokontroleru se nakon inicijalizacije periferije zavrti u beskonačnoj DO...LOOP petlji u kojoj čita TH i TL registre, te temperaturni registar temperaturnog senzora DS1621 i te podatke ispisuje na LCD-u. Sklop je za interakciju s korisnikom opremljen sa 2 tipke S1 i S2, što je dovoljno za upravljanje termostatom. Pritiskom na bilo koju tipku ulazimo u meni za namještanje temperature TH i TL, i istovremeno se pali pozadinsko LED osvjetljenje displaya. Tipke su na mikrokontroler spojene na pinove P3.2 i P3.3, a to su ulazi opremljeni internim pull-up otpornicima pa ih eksterno nije potrebno dodavati. Kada smo u meniju pomoću tipki prvo namjestimo TH u koracima od 1°C (ovaj korak je moguće smanjiti i na 0.5°C ali je tada program kompliciraniji i zauzima više memorije pa ne stane u raspoloživih 2kB, ali bi recimo sa mikrokontrolerom AT89C4051 koji raspolaže sa 4kB flasha, uz preinakom programa to bilo izvedivo). Nakon toga pričekamo nekoliko sekundi da se pointer spusti i označi TL te na isti način namjestimo i TL. Nakon nekoliko sekundi program će senzoru DS1621 poslati nove vrijednosti TH i TL i vratiti se u glavnu DO...LOOP petlju, gdje će dalje pokazivati trenutnu temperaturu, te zadane TH i TL. Nekoliko sekundi nakon povratka u glavnu petlju isključit će se pozadinsko osvjetljenje displaya. Pozadinsko osvjetljenje se uključuje tako da pin P3.5 spustimo na nultu logičku razinu. Na taj pin je spojena tranzistorska sklopka sa PNP tranzistorom T2 sa otpornikom R4 za ograničenje struje baze, i R9 za ograničenje kolektorske struje, odnosno struje kroz LED diode koje osvjetljavaju display.

Od eksternih komponenti na AT89C2051 mora se spojiti quartz Q1=12MHz (max. 24MHz) i dva blok kondenzatora 33pF (C5 i C6) koji određuju frekvenciju takta. Još je potrebno spojiti CR član (C3 i R1) na RESET ulaz, koji pri uključivanju resetira procesor, a zatim RST ulaz spušta na masu.

LCD

Korišten je POWERTIP PC1602-H standardni znakovni LCD sa 2*16 znakova, i pozadinskim osvjetljenjem. LCD je spojen s mikrokontrolerom sa 4 data linije, i dvije kontrolne (RS i EN). Kabal kojim je LCD spojen sa sklopom ima 12 vodova. R/W' ulaz na displayu je trajno spojen na masu jer log. "0" na tom ulazu omogućuje pisanje na display. Data pinovi DB0-DB3 nisu spojeni. Display se dakle spaja na sabirnicu JP1 i to pinovi displaya 1-6 na pinove sabirnice 1-6, i pinovi displaya 11-16 na pinove sabirnice 7-12.

Kontrast displaya namiještamo pomoću potenciometra P1, čiji je srednji izvod spojen na 3. pin displaya.

Raspored pinova displaya:

PIN	OPIS
1	V _{SS} (GND)
2	V _{DD}
3	V ₀ (kontrast)
4	RS
5	R/W'
6	E
7	DB0
:	:
14	DB7
15	A (LED B/L +)
16	K (LED B/L -)

DS1621

Ono bez čega bi ovaj sklop svakako bio beskoristan je senzor. Na tržištu postoji mnoštvo digitalnih temperaturnih senzora, ja sam se odlučio za već opisani Dallasov I²C senzor DS1621. On se na I²C sabirnicu spaja preko serijskih otpornika R2 i R3, a obje linije sabirnice moraju biti pritegnute na U_{CC} napajanja preko pull-up otpornika R5 i R6. DS1621 sam konfigurirao tako da kontinuirano mjeri temperaturu. Termostatski izlaz bi trebao upravljati nekom grijalicom, ali za prikaz ove opcije ja sam na taj izlaz stavio LED diodu D1 koja pokazuje da li je T_{OUT} aktivan. LED dioda je spojena na T_{OUT} preko tranzistorske sklopke zbog toga što bi struja LED diode mogla prouzročiti grijanje jezgre čipa, i time pogrešno mjerenje temperature. Sklopka je složena sa PNP tranzistorom T1, i otpornicima R7 i R8.

Nožice 5, 6, i 7 su adresne, i sve su proizvoljno spuštene na masu. Na istu sabirnicu je moguće spojiti max. 8 DS1621 senzora. Adresa kojom mikrokontroler adresira DS1621 kada želi pročitati podatke iz njega je dakle 10010001, a kada želi pisati u njegove registre 10010000. Zadnji bit znači govori da li će biti izvršena operacija čitanja ili pisanja. Tri uzastopne nule su fiksna adresa našeg čipa koju smo odredili tako što smo pinove 5, 6, i 7 spustili na masu. Prva 4 bita (1001) su tvornički kod, i čip moramo adresirati u navedenom formatu.

Program mikrokontrolera

Program koji se o svemu brine, i koji čini ovaj sklop krajnje jednostavnim za upotrebu napisan je u programskom jeziku BASCOM-8051. BASCOM 8051 je jednostavan za upotrebu, i 99% je kompatibilan sa QBASIC-om. Zgodna stvar je što u BASCOMU-8051 postoje naredbe koje maksimalno pojednostavljaju rad sa periferijom, npr. postoji naredba za ispis na LCD, zatim naredbe za generiranje START i STOP uvjeta na I²C sabirnici – I2CSTART i I2CSTOP, kao i naredbe za čitanje i pisanje na I²C sabirnicu – I2CRBYTE i I2CWBYTE itd.

Program koji slijedi je u cijelosti copy/pastean iz BASCOMA-8051:

```
' *****
' * Datum: 28.05.2004. *
' * File: DS1621.BAS *
' * Autor: Bulog Igor, Elektrotehnički fakultet, Osijek *
' * *
' * Projekt: Digitalni termometar/termostat *
' * *
' *****

Declare Sub Val2temp(msbyte As Byte , Lsbyte As Byte)
Declare Sub Read2byte(comm As Byte)
Declare Sub Write2byte(msbyte As Byte , Lsbyte As Byte , Comm As Byte)

' Deklaracija varijabli
Dim 1621read As Byte ' Read address
Dim 1621write As Byte ' Write address
Dim Tempmsb As Byte ' Temperature MSByte
Dim Temp LSB As Byte ' Temperature LSByte
Dim Tempsign As String * 1 ' Temperature Sign
Dim Thmsb As Byte ' TH MSByte
Dim Tlmsb As Byte ' TL MSByte
Dim Msbyte As Byte ' MSBYTE
Dim Lsbyte As Byte ' LSBYTE
Dim Signbit As Bit ' Sign BIT
Dim Sign As String * 1 ' Predznak (ako je minus)
Dim Comm As Byte ' DS1621 Command Byte
Dim I As Word
Dim Time As Word

' Compiler directives
$regfile = "89c2051.dat" ' Mikrokontroler: AT89C2051
$crystal = 12000000 ' 12MHz
```



```

' Pinovi
  Config Sda = P1.1           ' I2C Data pin
  Config Scl = P1.0         ' I2C Clock pin
  Config I2cdelay = 1
  Config Lcd = 16 * 2
  Config Lcdpin = Pin , Db4 = P1.4 , Db5 = P1.5 , Db6 = P1.6 , Db7 = P1.7 , E =
P1.3 , Rs = P1.2

' Pridruživanje početnih vrijednosti
  1621read = &B10010001
  1621write = &B10010000
  I = 0
  Time = 300

' Program start:

Gosub Setconfig              ' Inicijalizacija
Cursor Off                  ' Isključi kursor na displayu
Cls                          ' Obriši display
Do                           ' Glavni program se vrti u ovoj DO...LOOP petlji
  Gosub Gettemp
  Gosub Getth
  Gosub Gettl
  Gosub Visualise
  Debounce P3.2 , 0 , Tipka , Sub           ' Provjerava da li je pritisnuta tipka
  Debounce P3.3 , 0 , Tipka , Sub           ' i poziva potprogram "Tipka"
  If I < Time Then                          ' Kašnjenje za isključivanje svjetla
    Incr I                                   ' na displayu
  Else
    Set P3.5
  End If
Loop
End

' Program end.

' Begin subroutine section:

Setconfig:
  I2cstart                    ' Start I2C
  I2cwbyte 1621write          ' Send write address
  I2cwbyte &HAC                ' Upisi sljedeci byte u configuration register
  I2cwbyte 2                  ' Upisi 2 (&B00000010) u configuration registar
  I2cstart
  I2cwbyte 1621write          ' Upisi sljedeci byte u configuration register
  I2cwbyte &HEE                ' Naredba "Start Convert T" za pocetak konverzije
  I2cstop                     ' Stop I2C
  Waitms 10                   ' Pisanje u EEPROM treba max. 10ms
Return

```

```

Gettemp:
  Call Read2byte(&Haa)                ' Procitaj 2 bytea temperature
  Call Val2temp(msbyte , Lsbyte)     ' Convert the value (if needed)
  Tempmsb = Msbyte
  Temp LSB = Lsbyte
  If Signbit <> 1 Then                ' Ako je temperatura negativna upisuje "-"
    Tempsign = ""                    ' u varijablu "Tempsign"
  Else
    Tempsign = "-"
  End If
Return

```

```

Getth:
  Call Read2byte(&Ha1)                ' Procitaj 2 bytea iz TH registra
  Call Val2temp(msbyte , Lsbyte)     ' Convert the value (if needed)
  Thmsb = Msbyte
Return

```

```

Gettl:
  Call Read2byte(&Ha2)                ' Procitaj 2 bytea iz TL registra
  Call Val2temp(msbyte , Lsbyte)     ' Convert the value (if needed)
  Tlmsb = Msbyte
Return

```

```

Visualise:                            ' Ispisuje temperaturu i stanje Th i Tl registara
  Home
  Lcd " T = " ; Tempsign ; Tempmsb ; "." ; Temp LSB ; " " ; Chr(178) ; "C "
  Home Lower
  Lcd "l=" ; Tlmsb ; Chr(178) ; "C h=" ; Thmsb ; Chr(178) ; "C "
Return

```

```

Vis_th:                                ' Ispis dok se nastimava "Th"
  Home
  Lcd "Th = " ; Thmsb ; ".0" ; " " ; Chr(178) ; "C " ; Chr(249) ; " "
  Home Lower
  Lcd "Tl = " ; Tlmsb ; ".0" ; " " ; Chr(178) ; "C"
Return

```

```

Vis_tl:                                ' Ispis dok se nastimava "Tl"
  Home
  Lcd "Th = " ; Thmsb ; ".0" ; " " ; Chr(178) ; "C"
  Home Lower
  Lcd "Tl = " ; Tlmsb ; ".0" ; " " ; Chr(178) ; "C " ; Chr(249) ; " "
Return

```

```

Tipka:                                ' Ako je pritisnuta tipka
  I = 0                                ' Resetiraj "i"
  Reset P3.5                            ' Upali pozadinsko svjetlo na display
  Cls
  Do                                     ' Vrti se neko vrijeme u ovoj DO...LOOP petlji
    Debounce P3.2 , 0 , Minush , Sub    ' Ako je stisnuta lijeva tipka pozovi "Minush"
    Debounce P3.3 , 0 , Plush , Sub     ' Ako je stisnuta desna tipka pozovi "Plush"
    Gosub Vis_th                        ' Pozovi potprogram "Vis_th"
    Incr I                              ' Povecaj "I"
  Loop Until I > Time
  Call Write2byte(thmsb , 0 , &HA1)    ' Posalji novo stanje Th u DS1621 - TH registar
  I = 0
  Cls
  Do
    Debounce P3.2 , 0 , Minusl , Sub    ' Ako je stisnuta lijeva tipka pozovi "Minusl"
    Debounce P3.3 , 0 , Plusl , Sub     ' Ako je stisnuta desna tipka pozovi "Plusl"
    Gosub Vis_tl                        ' Pozovi potprogram "Vis_tl"
    Incr I
  Loop Until I > Time
  Call Write2byte(tlmsb , 0 , &HA2)    ' Posalji novo stanje Tl u DS1621 - TL registar
  I = 0
Return

Plusl:                                ' Potprogram za povecanje Tl
  If Tlmsb < Thmsb Then Incr Tlmsb     ' Ako je Tl < Th povecaj ga za 1
  I = 0
Return

Minusl:                                ' Potprogram za smanjivanje Tl
  If Tlmsb > 0 Then Decr Tlmsb
  I = 0
Return

Plush:                                  ' Potprogram za povecanje Th
  If Thmsb < 125 Then Incr Thmsb
  I = 0
Return

Minush:                                 ' Potprogram za smanjivanje Th
  If Thmsb > Tlmsb Then Decr Thmsb
  I = 0
Return

```

```

Sub Read2byte(comm)          ' Citanje iz dvobytenog registra (Th, Tl, Temperature)
  I2cstart
  I2cwbyte 1621write        ' Send write address
  I2cwbyte Comm            ' Send command byte
  I2cstart
  I2cwbyte 1621read        ' Send DS1621 read address
  I2crbyte Msbyte , 8      ' Read MSBYTE
  I2crbyte Lsbyte , 9     ' Read LSBYTE
  I2cstop
End Sub

Sub Write2byte(msbyte , Lsbyte , Comm)    ' Pisanje u dvobyteni registar (Th, Tl)
  I2cstart
  I2cwbyte 1621write        ' Send write address
  I2cwbyte Comm            ' Send command byte
  I2cwbyte Msbyte          ' Send MSBYTE
  I2cwbyte Lsbyte          ' Send LSBYTE
  I2cstop
  Waitms 10                ' Pisanje u EEPROM treba max. 10ms
End Sub

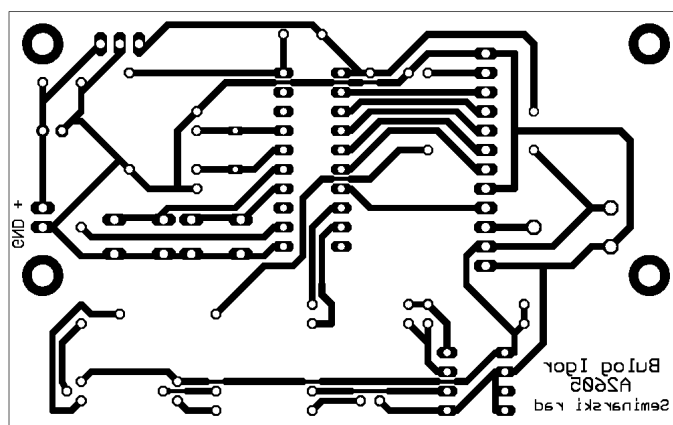
Sub Val2temp(msbyte , Lsbyte)             ' Pretvara procitani MSByte i LSByte u
  Signbit = 0                       ' numeričku vrijednost temperature u °C
  If Msbyte > 127 Then
    Msbyte = Not Msbyte
    Incr Msbyte
    Signbit = 1                      ' Ako je temp.<0 postavi "signbit" na jedinicu
  End If
  Lsbyte = Lsbyte And &B10000000
  If Lsbyte = &B10000000 Then
    Lsbyte = 5
  End If
End Sub

```

SKLAPANJE UREĐAJA

Nakon teoretske razrade možemo pristupiti prikupljanju potrebnih elektroničkih komponenti i sklapanju uređaja. Prvo je potrebno izraditi tiskanu pločicu. Na osnovu električne sheme pomoću programa "EAGLE Layout Editor" se vrlo jednostavno izradi nacrt tiskanih vodova.

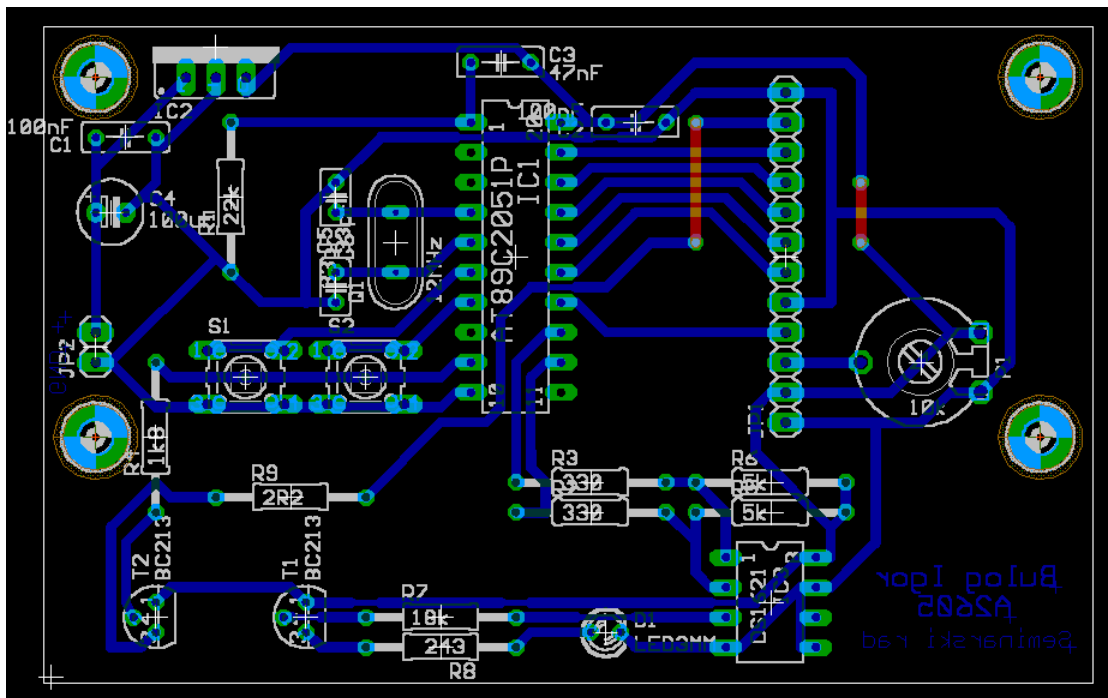
Sljedeća slika prikazuje donju stranu tiskane pločice u prirodnoj veličini:



IZRADA TISKANE PLOČICE FOTO-POSTUPKOM

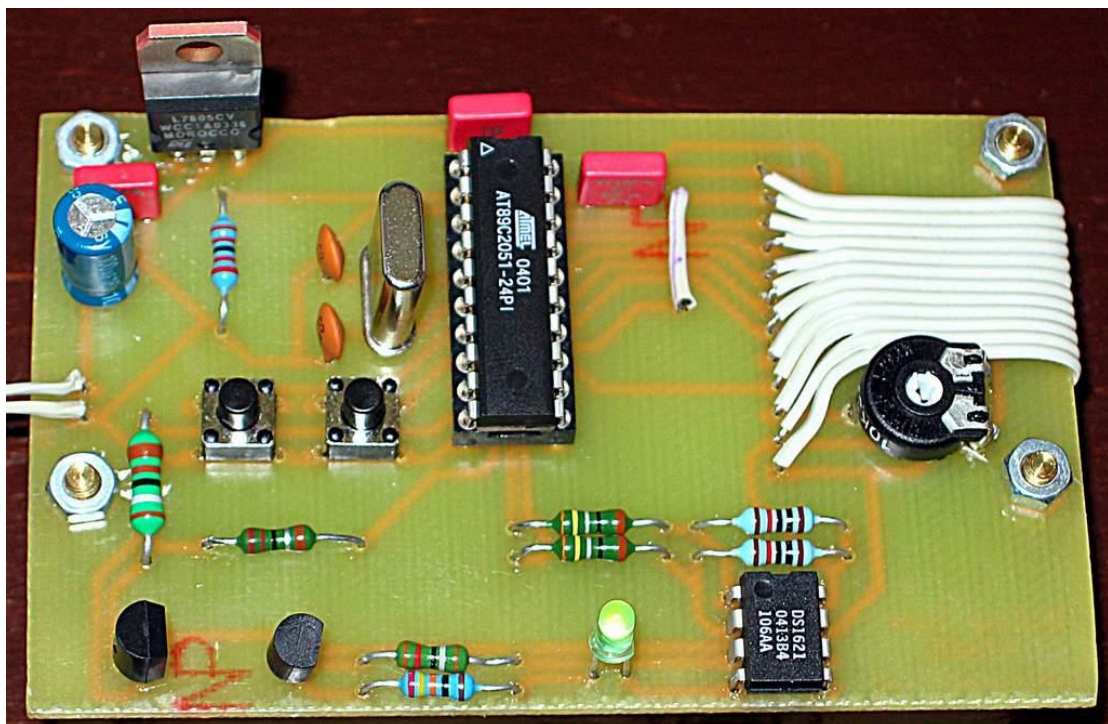
1. Kupimo foto – oslojenu vitroplast (ili pertinaks) pločicu
2. Izrežemo komad dimenzija 9 x 5.5 cm
3. Isprintamo gornju sliku na foliju
4. Skinemo zaštitu sa pločice i foliju pričvrstimo pleksiglasom
5. Izvršimo ekspoziciju kvarcnom (UV) lampom u trajanju 10 - 15 min.
6. Razvijemo pločicu u vodenoj otopini natrij-hidroksida (10 g / l)
7. Izvršimo jedkanje bakra u otopini solne kiseline (HCl) i vodik-peroksida (H₂O₂) u omjeru 10 : 1
8. Alkoholom uklonimo ostatak foto-laka
9. Izbušimo rupe svrdlom promjera 0.8 mm
10. Svrdlom 3 mm izbušimo rupe za montažu displaya.

Na ovako pripremljenu pločicu lemilicom se zaleme komponente na za to predviđeno mjesto prema montažnoj shemi na sljedećoj slici:

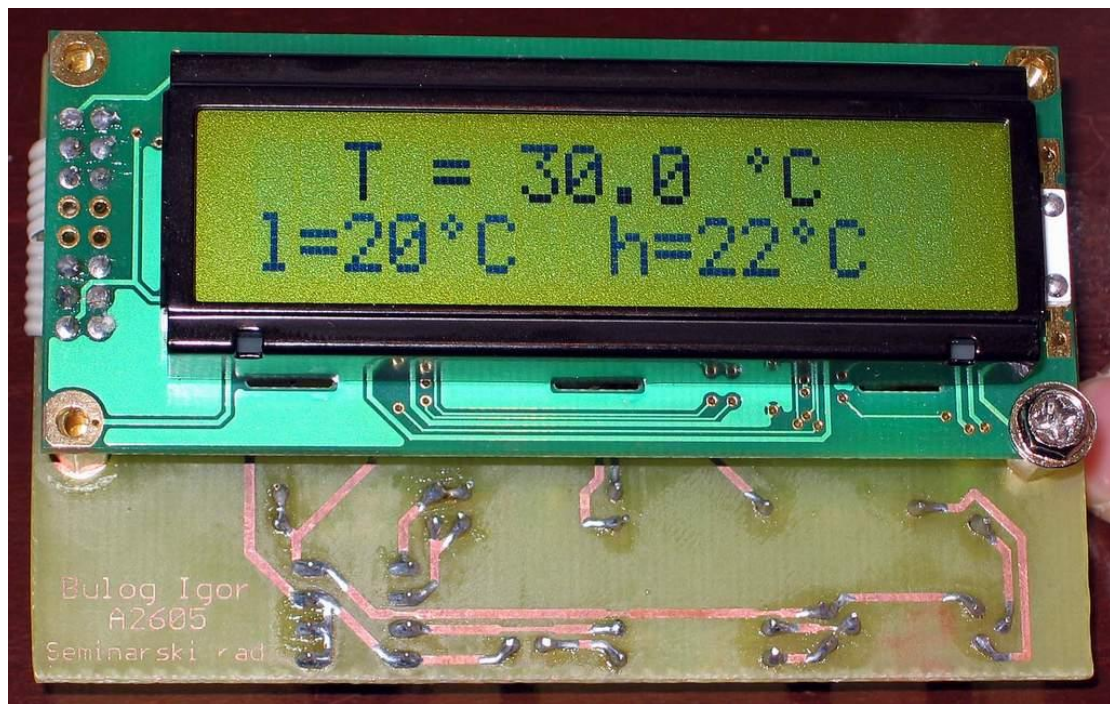


Crvenom bojom označeni su kratkospojnici.

Fotografija gornje strane pločice:



Fotografija donje strane pločice na koju je pričvršćen display, u normalnom radu:



Meni, kada nemještamo temperaturu TL:

