

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za elektrotehniko

# DIFERENCIALNI TERMOSTAT Z NADZOROM PREKO RAČUNALNIKA

Avtor: Tomo Krivc, 64070284

Mentor: prof.dr. Marko Topič, univ.dipl.inž.el.

Ljubljana, 9. Junij 2011

## Kazalo

1. Uvod .....	3
2. Solarni sistemi .....	3
3. Diferencialni termostat .....	4
4. Ideja .....	4
5. Temperaturna tipala.....	5
6. Mikrokontroler .....	5
6.1. Opis in delovanje programa .....	6
7. USB .....	6
8. Krmiljenje črpalke.....	7
9. Napajanje.....	8
10. Tiskano vezje .....	9
11. Računalniški vmesnik.....	10
11.1. Opis LabVIEW programa.....	10
12. Zaključek.....	11
13. Kazalo slik .....	13
14. Literatura.....	13

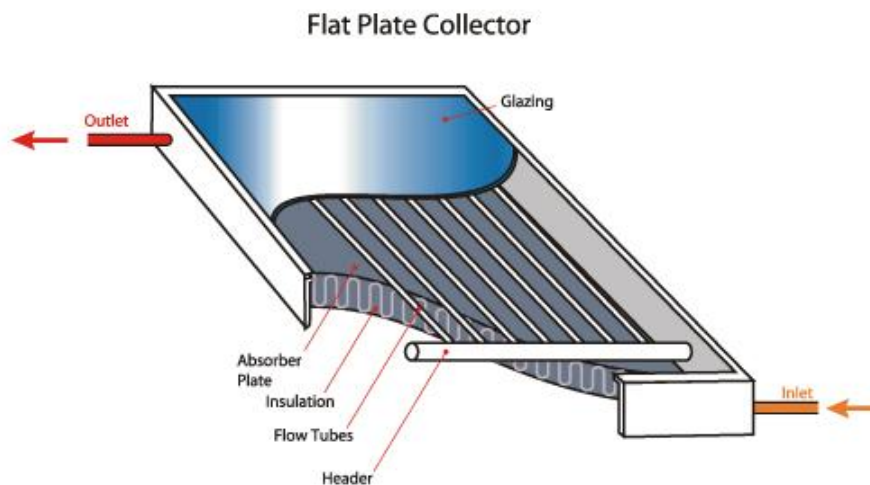
## 1. Uvod

V času globalnega segrevanja je potreba po obnovljivih, »zelenih«, virih energije močno narasla. Enega takih virov predstavlja tudi Sonce. Sonca pa ne izkoriščamo le za generiranje elektrike, temveč tudi za ogrevanje vode. Voda se v posebnih komorah - kolektorjih, izpostavljenih Soncu, ogreje in nato s pomočjo vodne črpalke prenese v zbiralnik, kjer ostane shranjena do uporabe. Za pravilno vklopjanje črpalke pa poskrbi diferencialni termostat, ki konstantno preverja razliko temperatur. Enega takih termostatov sem izdelal tudi sam in ga bom opisal v tej projektni nalogi.

## 2. Solarni sistemi

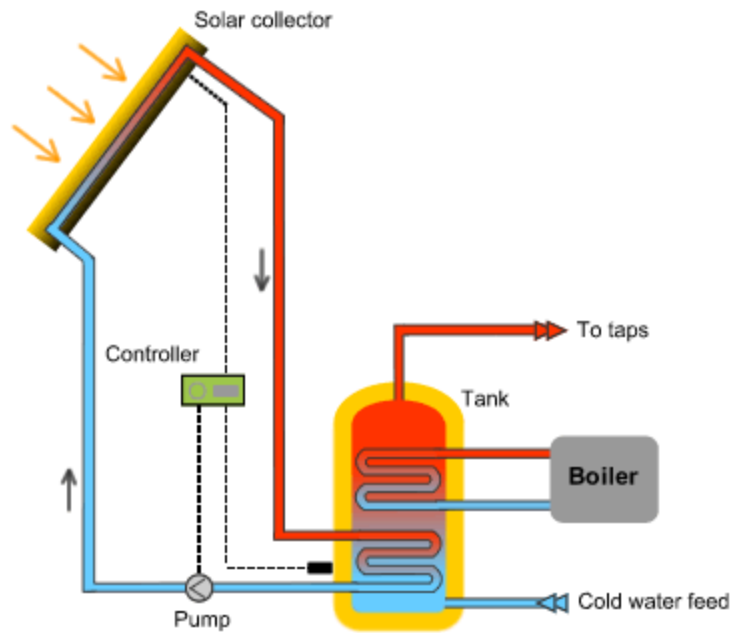
Na nižjih geografskih širinah je več kot 60% tople vode s temperaturo do 60 °C, ki se uporablja za domačo uporabo, pridobljene s pomočjo solarnih sistemov. Leta 2007 je kapaciteta solarnih sistemov za ogrevanje znašala dobrih 150 GW. Od tega je bila skoraj polovica nameščena na Kitajskem.

Najbolj pogosti tip kolektorjev so cevasti vakuumski in ravni. Prvi predstavljajo okoli 44% in drugi 34% vseh.



Slika 1: Ravni tip kolektorjev v prerezu

Voda, ki jo želimo ogrevati, ne teče direktno skozi kolektorje, temveč se posredno ogreva v zbiralniku, kamor preko zaprte zanke dovajamo prejeto toploto. V tej zanki pa kroži voda, zmešana s sredstvom proti zmrzovanju (antifriz), ki poskrbi, da nam voda v kolektorjih pozimi ne bi zmrznila in tako lahko celo uničila celoten sistem.



Slika 2: Solarni sistem za ogrevanje vode

Za kroženje mešanice vode in antifrizja pa skrbi vodna črpalka. Ta ne sme delovati vedno, saj bi na primer ponoči toploto le oddajali v okolje in ne prejekali. Za pravi čas vklopa poskrbi termostat.

### 3. Diferencialni termostat

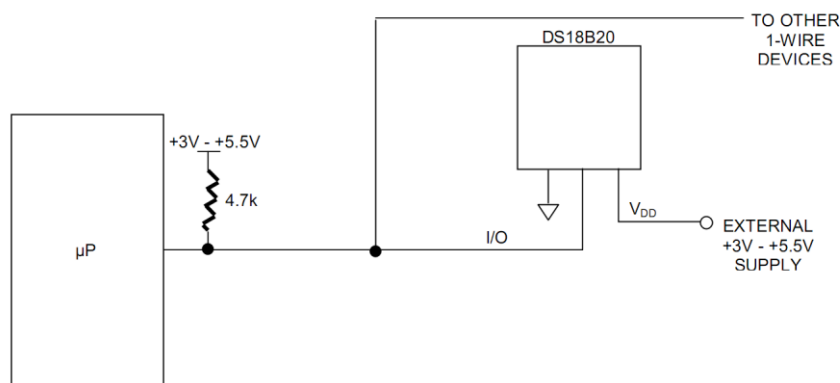
Diferencialni termostat je naprava, ki primerja vsaj dve temperaturi in na podlagi razlike vklaplja in izklaplja določene naprave. V mojem primeru termostat primerja temperaturo vode v kolektorjih s temperaturo vode v zbiralniku. Ko je razlika med tema temperaturama ( $T_{\text{kolektorjev}} - T_{\text{zbiralnika}}$ ) večja od nastavljene vrednosti, vklopi črpalko. Ko pa se temperatura v zbiralniku dovolj približa temperaturi v kolektorju, pa črpalko izklopi. Diferencialni termostat bi lahko nadziral tudi delovanje dodatnega električnega grelnika, ki bi grel vodo v primeru slabega vremena. Krmiljenje bi tudi tokrat potekalo popolnoma enako kot za vklopjanje črpalke.

### 4. Ideja

Začetni pogoji za načrtovanje so bili popolnoma znani. Vezje mora imeti vsaj dva vhoda za temperaturna tipala, krmilni del za črpalko ter vmesnik za komunikacijo z osebnim računalnikom, ki bo skrbel za nadaljnjo obdelavo podatkov in omogočal ročno upravljanje.

## 5. Temperaturna tipala

Obstaja kopica različnih tipov temperaturnih senzorjev, ki so prilagojeni za različna področja uporabe. V mojem primeru ni potrebe po kakšnih zelo preciznih ali temperaturno zelo obstojnih tipalih. Merjena temperatura namreč le redko preseže 90 °C. Tako sem izbral digitalne temperaturne senzorje DS18B20 podjetja Dallas Semiconductor, ki sem jih že poznal in omogočajo natančno merjenje temperature v območju od -55 °C pa tja do 125 °C. Ker imajo digitalni izhod, za delovanje razen enega »pull-up« upora ne potrebujejo nobenih zunanjih elementov, kar omogoča lažje odpravljanje morebitnih napak, ki bi nastale po dolgotrajni uporabi. Zajete podatke o temperaturi DS18B20 pošilja preko 1-Wire vmesnika, kar pomeni, da za prenos informacij potrebujemo le dve liniji – eno podatkovno in maso. Seveda pa ne smemo pozabiti tudi na napajanje. To je lahko speljano po svoji žici, kot sem to storil jaz, ali pa je združeno s podatkovno povezavo. Senzor v tem primeru deluje v načinu s parazitnim napajanjem. Slednje nam pride zelo prav v primeru, ko že imamo povezave do morebitnih starih, analognih tipal, ki bi jih radi zamenjali z novimi. Za pretvorbo 16-bitnih podatkov iz dvojiških komplementov v računalniku prijazno obliko pa bo potreben še en vmesni korak – mikrokontroler.



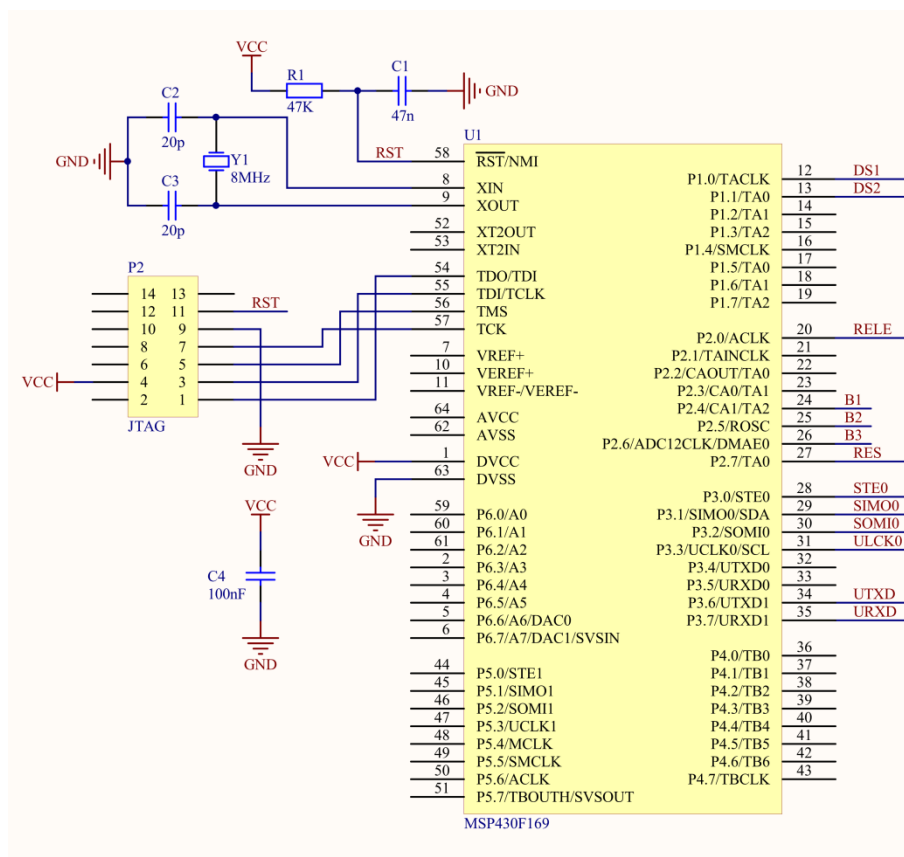
Slika 3: Vezava temperaturnega tipala

## 6. Mikrokontroler

Izbira mikrokontrolerja v tem primeru ni ravno ključnega pomena. Zadostoval bi praktično vsak z vsaj nekaj I/O vrati in 2kB spomina. Zaželena je le strojna podpora UART komunikaciji, preko katere bo mikrokontroler kasneje komuniciral z računalnikom. Sam sem izbral zelo zmogljiv mikrokontroler MSP430F169 podjetja Texas Instruments, za katerega imam zelo dobro razvojno okolje, ki mi je omogočilo lažje delo. Družina MSP430 pa ima še eno dobro lastnost – majhno porabo, ki bi pripomogla k varčnemu delovanju naprave v primeru, da bi izvzeli nadzor preko računalnika. V ta namen bo vezje vsebovalo tudi nekaj razširljivih mest, kamor bi lahko v prihodnosti priključil zaslon in nekaj tipk, kar bi omogočalo samostojno delovanje naprave.

Mikrokontroler za delovanje ne potrebuje veliko zunanjih elementov. Zagotoviti mu je treba le uro in visok nivo na reset vhodu. Za uro je uporabljen 8MHz kvarčni oscilator z dvema 20

pF kondenzatorjema proti masi, ki mu omogočata nihanje. V neposredni bližini kontrolerja pa leži tudi 100 nF blokirni kondenzator za odpravljanje motenj. Za programiranje je uporabljen JTAG vmesnik.



Slika 4: Mikrokontrolerski del

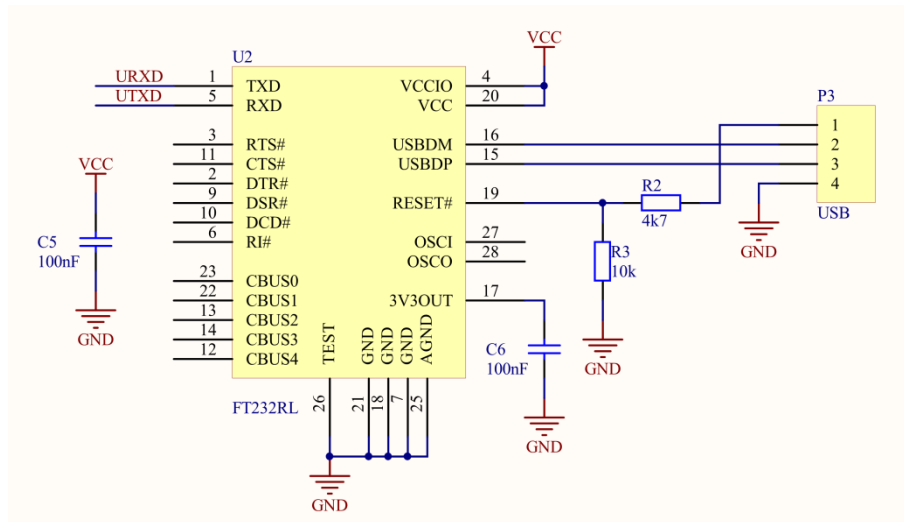
## 6.1. Opis in delovanje programa

Programska koda je napisana v programskem jeziku C z razvojnim okoljem IAR, ki je v omejeni različici brezplačen. Program se začne v funkciji main, kjer najprej poskrbimo za zaustavitev »watchdog« števca in nastavitve kvarčnega oscilatorja. Sledi inicializacija vodila UART ter I/O vrat. Program nato nadaljuje v neskončni zanki, kjer čaka na prejeti ukaz iz računalnika. Glede na prejeti znak, ki je kar črka ali številka zapisana v ASCII kodi, nato kliče ustrezno funkcijo. Če je bil prejet ukaz za poročanje stanja, preberemo obe temperaturi, ju pretvorimo v ustrezno obliko - string in ju skupaj s stanjem releja pošljemo računalniku.

## 7. USB

Za povezavo z računalnikom bi lahko izbral veliko bolj preprosto serijsko komunikacijo in RS232 protokol, a sem se zaradi izumiranja omenjenih priključkov raje odločil za veliko novejšo, a na žalost kompleksnejšo povezavo USB, ki je dostopna na vsakem računalniku. Da pa ne bi zapravljajl preveč časa za študiranje protokola, sem raje uporabil dokaj razširjen čip

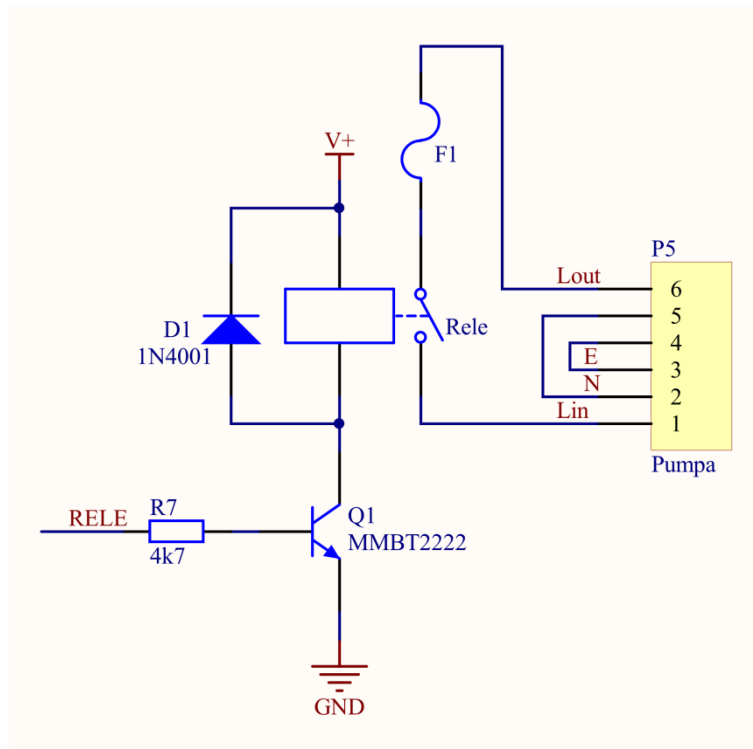
FTDI FT232RL, ki omogoča pretvorbo iz UART-a v USB. Čip omogoča tako 3,3V kot tudi 5V napajanje, kar pomeni, da ga lahko napajamo kar preko računalnika, to pa v tem primeru ni potrebno. Tudi tukaj je potrebno poskrbeti, da vhod reset ostane na visokem nivoju. To storimo preko napetostnega delilnika R2 in R3.



Slika 5: FT232RL in USB

## 8. Krmiljenje črpalke

Krmiljenje črpalke je izvedeno s pomočjo releja, ki ga odpiramo s pomočjo npn tranzistorja. Tranzistor je tukaj uporabljen iz dveh glavnih razlogov. Mikrokontrolerjevi izhodi ne zmorejo dovolj visokega toka, da bi lahko odprli rele. Poleg tega pa se tudi napajalni napetosti razlikujeta, kajti rele deluje na 6V. Vzporedno k releju je v zaporni smeri zvezana tudi dioda, ki poskrbi, da inducirana napetost v tuljavi ob izklopu releja ne bi poškodovala tranzistorja. Na visokonapetostni strani je nameščena tudi varovalka, ki bi v primeru okvare črpalke obvarovala rele in vezje.



Slika 6: Krmiljenje releja in črpalke

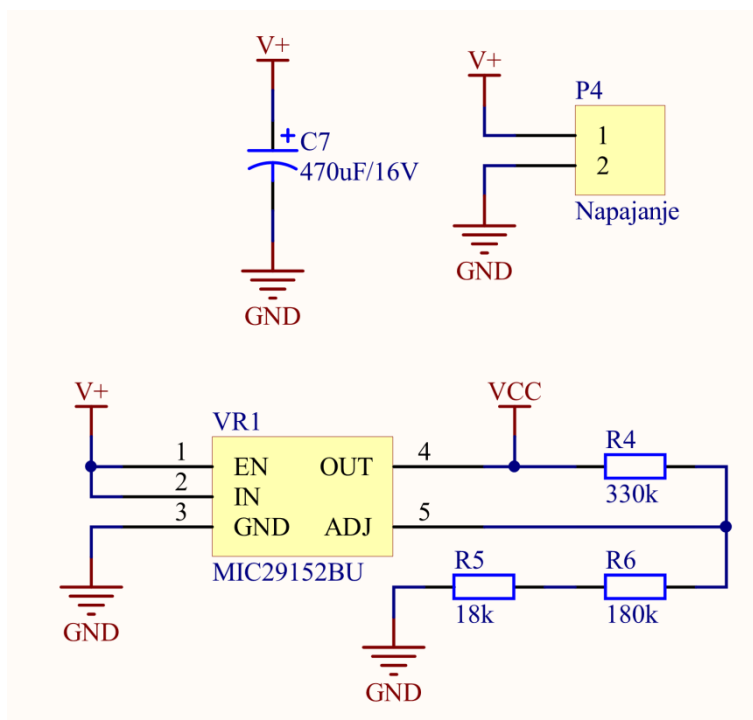
## 9. Napajanje

Za napajanje vseh komponent razen releja je potrebnih 3,3V. Za stabilizacijo je uporabljen nastavljeni »low-drop« napetostni regulator Micrell MIC29152BU, kateremu z napetostnim delilnikom sestavljenim iz uporov R4, R5 in R6 v povratni veji nastavimo izhodno napetost po spodnji enačbi. Namesto uporov R5 in R6 bi lahko uporabil tudi le en upor iz druge lestvice.

$$R_4 = (R_5 + R_6) \left( \frac{V_{OUT}}{1.240} - 1 \right)$$

Za stabilno delovanje regulatorja je priporočljivo na izhod dodati elektrolitski kondenzator, ki pa ga v našem primeru zaradi zelo nizke porabe brez težav izpustimo. Vhodna napetost za regulator je lahko precej višja od izhodne. Na vhodu prenese kar 26V. Kljub temu pa je napajalna napetost celotnega vezja samo 6V. Zaradi tega odpade dodatni napetostni regulator za rele.

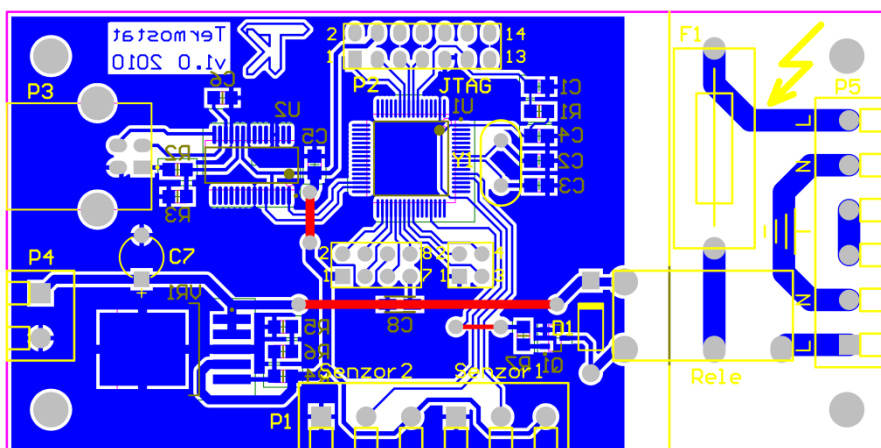




Slika 7: Napajanje

## 10. Tiskano vezje

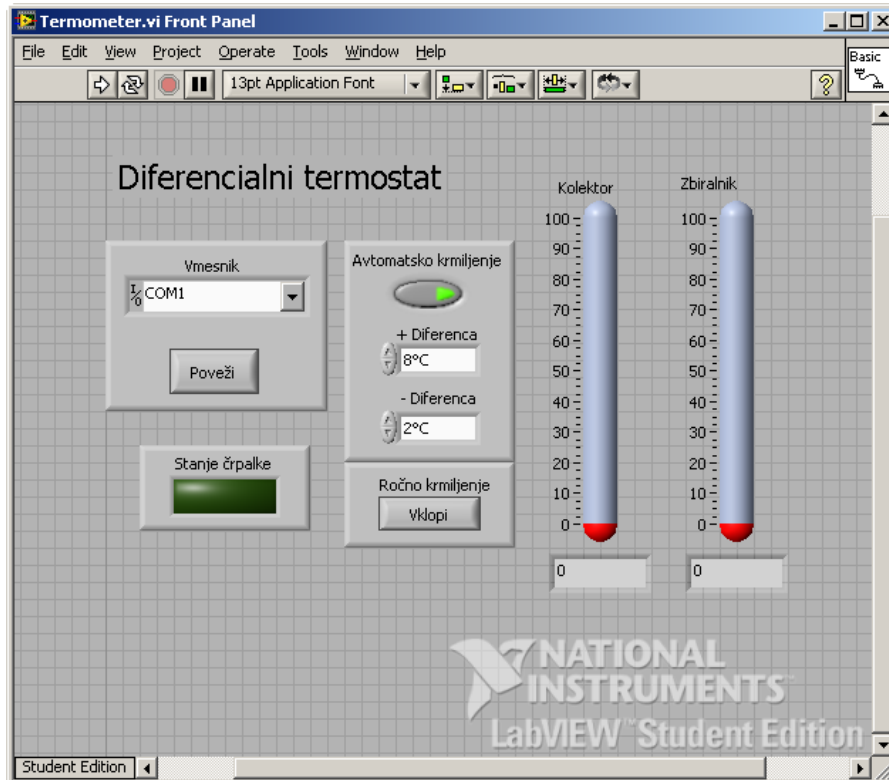
Tiskano vezje je zaradi lažje izdelave narisano enostransko, a z nekaj prevezavami, ki so realizirane s pomočjo žičk. Večina elementov je v SMD ohišju in tako ležijo na spodnji strani vezja. Zaradi prisotnosti omrežnih napetosti je potrebno malce več pozornosti nameniti ustreznim razdaljam med visokonapetostnim in nizkonapetostnim delom vezja, da ne bi prišlo do preboja in s tem do uničenja samega vezja ali celo računalnika.



Slika 8: Tiskano vezje

## 11. Računalniški vmesnik

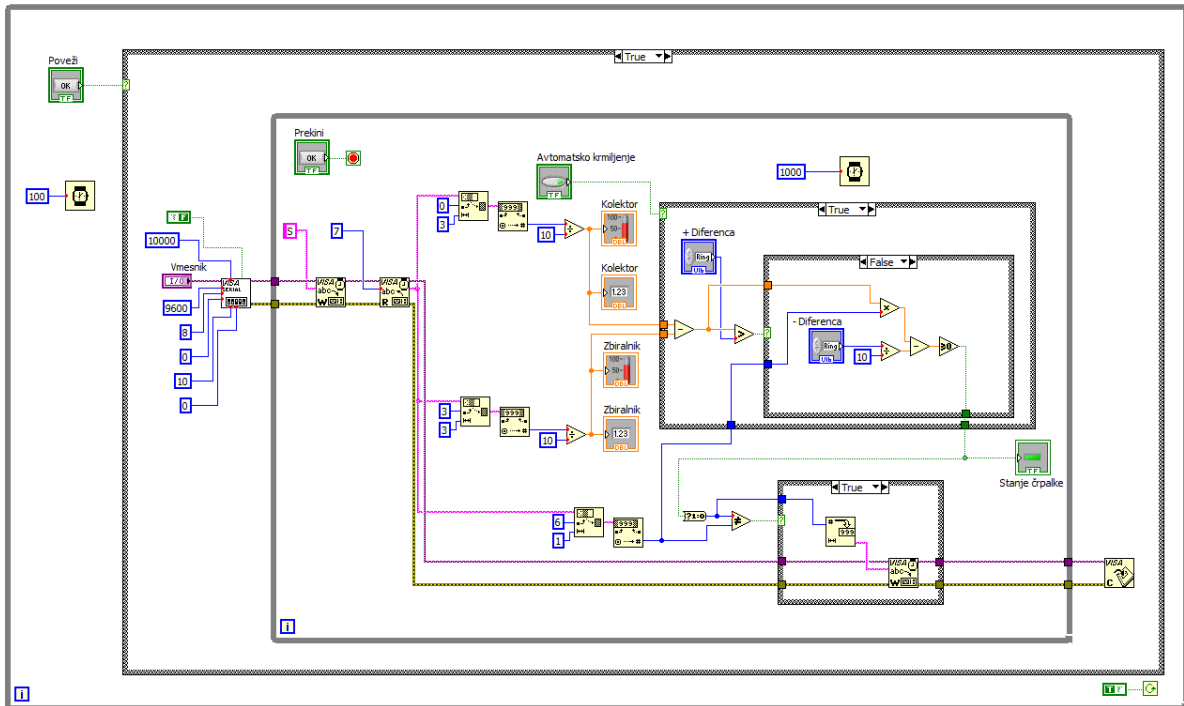
Program, ki teče na računalniku, nam nudi preprost in pregleden uporabniški vmesnik, preko katerega lahko spremljamo trenutno temperaturo in stanje črpalke. Hkrati pa vsebuje vse potrebno za popolnoma avtonomno delovanje termostata. V primeru testiranja in odkrivanja napak pa nudi tudi možnost ročnega delovanja. Narejen je s pomočjo razvojnega sistema LabVIEW, ki je odličen za razvoj prototipnih aplikacij.



Slika 9: LabView vmesnik

### 11.1. Opis LabVIEW programa

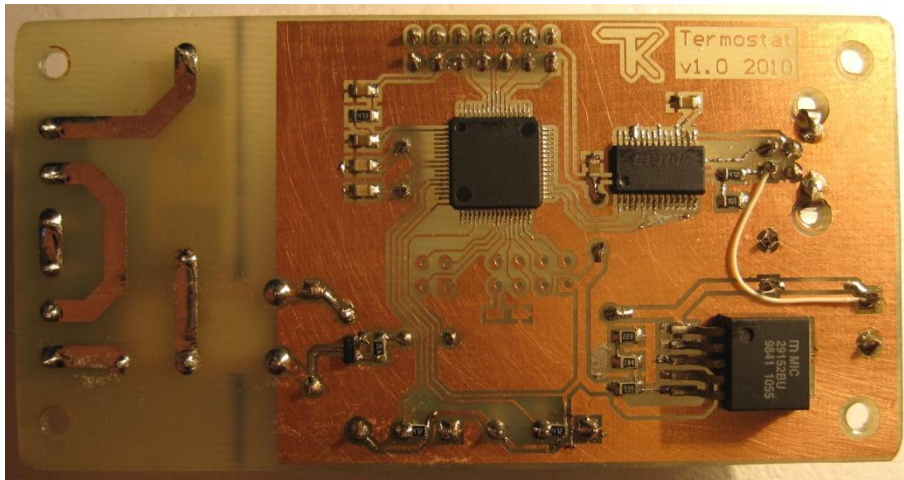
Po inicializaciji serijskih vrat program pošlje mikrokontrolerju poizvedbo o stanju ter prebere prejeto besedo. Prejete znake iz ASCII kode nato prevede v številke ter dobljene vrednosti pošlje indikatorjem. Zadnji v seriji sedmih prejetih znakov pove trenutno stanje releja. Iz dobljenih temperatur nato izračuna razliko, na podlagi katere se potem odloči za morebitni vklop ali izklop črpalke. Če pride do spremembe, se ta prenese do indikatorja in preko virtualnih serijskih vrat nazaj do mikrokontrolerja. V primeru ročnega nadzora se računanje difference zamenja s preverjanjem stanja vklopne tipke. Celoten cikel se ponovi vsako sekundo.



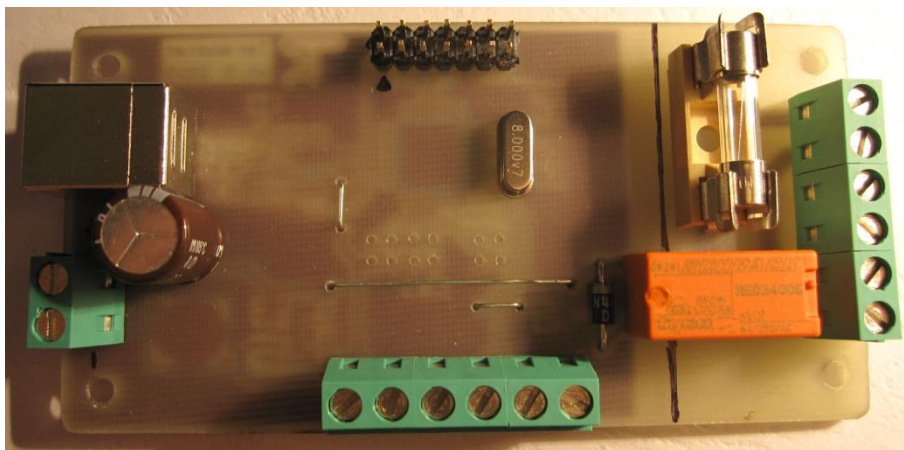
Slika 10: LabView program

## 12. Zaključek

Vezje sem izdelal z metodo prenosa tonerja in jedkanjem. Po izgradnji ni potrebna nobena kalibracija, saj so temperaturni senzori že v osnovi dovolj točni. Test delovanja sem preveril kar z vžigalnikom, tako da sem ogreval vsak posamezen senzor ter spremljal dogajanje v vezju ter na računalniku. Tako vezje kot tudi program imata možnost popravkov in prilagoditev s katerimi se lahko prilagodita željam in zahtevam vsakega posameznika. Tako sem med časom preizkušanja z majhno prevezavo omogočil napajanje kar iz USB-ja, kar pa drugače zaradi nižje napetosti ni priporočljivo.



Slika 11: Sestavljeno vezje s spodnje strani (vidna je tudi prevezava za napajanje iz USB-ja)



Slika 12: Zgornja stran sestavljenega vezja

### 13. Kazalo slik

Slika 1: Ravni tip kolektorjev v prerezu .....	3
Slika 2: Solarni sistem za ogrevanje vode.....	4
Slika 3: Vezava temperaturnega tipala.....	5
Slika 4: Mikrokontrolerski del.....	6
Slika 5: FT232RL in USB .....	7
Slika 6: Krmiljenje releja in črpalke .....	8
Slika 7: Napajanje .....	9
Slika 8: Tiskano vezje .....	9
Slika 9: LabView vmesnik.....	10
Slika 10: LabView program .....	11
Slika 11: Sestavljeno vezje s spodnje strani (vidna je tudi prevezava za napajanje iz USB-ja)	12
Slika 12: Zgornja stran sestavljenega vezja .....	12

### 14. Literatura

- MSP430F15x, MSP430F16x, MSP430F161x mixed signal microcontroller, Texas Instruments, 2002
- MSP430x1xx Family User's Guide, Texas Instruments, 2006
- DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer, Dallas Semiconductor
- MIC29150/29300/29500/29750 Series High-Current Low-Dropout Regulators, Micrel, 2000
- FT232R USB UART IC Datasheet, FTDI, 2009
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_water\\_heating](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_water_heating)
- <http://www.ni.com/labview/>