



Šolski center Celje

Srednja šola za elektrotehniko, kemijo in računalništvo

VEČSTOPENJSKI REGULATOR TEMPERATURE ZALOGOVNIKA

Raziskovalna naloga

Mentor:

Gregor Kramer univ. dipl. inž. el.

Avtor:

Kristjan Plankelj, E-4. b

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2012

1. Kazalo

1. Kazalo.....	2
1.1 Kazalo slik.....	3
2. Povzetek	4
3. Uvod.....	5
3.1 Opis raziskovalnega problema	5
3.2 Hipoteza.....	5
3.3 Opis raziskovalne metode	6
4. Regulator Ogrevanja.....	6
4.1 Zbiranje informacij in primerjanje obstoječih naprav	6
4.2 Delovanje regulacij.....	7
4.2.1 Diferencialni regulator.....	7
4.2.2 Regulator temperature zalogovnika.....	8
4.2.3 Regulator temperature v prostoru	9
4.3 Mešalni in preklopni ventil.....	10
4.3.1 Promix AVC.....	10
4.4 Merilniki temperature.....	11
4.5 Mikrokrmilnik atmega16.....	13
4.6 Delovanje programa	15
4.6.1 Programiranje realne ure	15
4.6.2 Merjenje Temperature	16
4.6.3 Uporabniški vmesnik.....	17
4.7 Izdelava regulacijske naprave.....	18
4.7.1 Izdelava vezja	18
4.8 Razprava.....	21
5. Zaključek	22
6. Viri in literatura	23
7. Zahvala	24

1.1 Kazalo slik

Slika 1: Prikaz Diferencialne regulacije	7
Slika 2: Dvopoložajna regulacija.....	8
Slika 3: Regulator temperature zalogovnika	8
Slika 4: Prikaz delovanja motornega pogona ventila	9
Slika 5: Regulacija temperature v prostoru	9
Slika 6: Motorni pogon ventilov Promatix AVC	10
Slika 7: Pt1000	11
Slika 8: Karakteristika pt1000.....	12
Slika 9: Priklop LM35.....	12
Slika 10: Atmega 16.....	13
Slika 11: Priključki mikrokontrolerja ATmega 16.....	14
Slika 12: Programiranje Vezja z Atmega16.....	15
Slika 13: Nastavitev Timer0.....	16
Slika 14: Programiranje AD pretvornika.....	16
Slika 15: Diagram poteka menijev	17
Slika 16: Shema vezja z Atmega8.....	18
Slika 17: Vezje z Atmega8.....	19
Slika 18: Shema vezja z Atmega16.....	19
Slika 19: Vezje z Atmega16.....	20
Slika 20: Delovanje vezja z Atmega16	20

2. Povzetek

V raziskovalni nalogi je raziskano delovanje regulacijske naprave z diferencialno regulacijo. Idejo za izdelavo naprave sem dobil iz osebnega navdušenja nad avtomatiko in regulacijami. Pri delu sem uporabil metode: deskripcije, komparacije in eksperimenta. Začel sem s primerjanjem že obstoječih naprav podjetja Buderus in Seltron. Iz zbranih informacij in z mentorjevo pomočjo sem nato zasnoval Diferencialno regulacijo, ki je zasnovana tako, da zmanjša izgubne moči na sončnih kolektorjih tako, da v kolektor črpa vedno hladnejšo vodo iz grelnika sanitarne vode ali toplotnega zalogovnika. Pri programiranju, za katerega sem porabil največ časa, sem ugotovil, da je pt1000 brez pravičnega ojačevalnega vezja neuporaben. Ker je njegova cena dokaj visoka, sem ga zamenjal za merilnik LM35.

Z rezultati raziskave sem zelo zadovoljen, saj sem potrdil večino svojih hipotez. Spoznal sem, da bi lahko to napravo z nekaj spremembami uporabil tudi doma pri ogrevanju hiše.

3. Uvod

3.1 Opis raziskovalnega problema

Vedno so me zanimale naprave, ki so delovale avtomatsko, brez človeške roke. V želji po poznavanju teh naprav in njihovega delovanja me je raziskovanje zaneslo k meni najbližjemu sistemu regulacije, to je regulacija ogrevanja objekta. Po krajšem raziskovanju na spletu sem našel Seltron regulatorje in ugotovil, da bi lahko tudi sam izboljšal katero od regulacij, in sicer regulacijo, ki regulira sončni kolektor. Če je sistem izveden kot kombinacija sončnega grelnika sanitarne vode in zalogovnika kot podpore ogrevanju prostorov, prihaja v primeru, ko je sonce dovolj močno do višjih temperatur v kolektorjih. Visoke temperature vode v kolektorjih pomenijo večje toplotne izgube, ker je temperatura okolice nizka. Če bi sistem skrbel, da bi vedno segreval element (grelnik sanitarne vode ali zalogovnik) z nižjo temperaturo, bi bil izkoristek optimalen, tako da bi minimiziral izgubne energije v kolektorjih vode, ne bi pregreval v zalogovniku, ampak bi vodo izmenično (glede na temperaturo) segreval v grelniku sanitarne vode in seveda v toplotnem zalogovniku. Tako bi optimalno izkoriščal potencial sončnih kolektorjev; saj nižja kot je temperatura vode, ki se vrača v kolektor, večji je izkoristek odvzema toplote sončnemu kolektorju in okolici.

3.2 Hipoteza

Izdelati sem želel regulator centralnega ogrevanja, ki bi ustrezal mojim finančnim in tehničnim zmožnostim in z naslednjimi značilnostmi:

- prijazen nastavljen uporabniški vmesnik z vsemi potrebnimi nastavitvami in realno uro, ki bo prikazoval tudi delovanje samega ogrevanja;
- meritev temperature z industrijskim merilnikom pt1000, ki bi bila dovolj natančna za uspešno regulacijo;
- možnost izbire med tremi regulacijski programi: diferencialni regulator, regulator temperature zalogovnika in regulator temperature v prostoru.

3.3 Opis raziskovalne metode

Tema , ki sem jo izbral, je bila precej zahtevna. Uporabljal sem različne metode raziskovanja. Najprej sem pregledal že obstoječe naprave podjetja Seltron in Buderus. Naprave sem med sabo primerjal in ugotovil, da ima podjetje Seltron regulatorje veliko bolj široke za uporabo v različnih regulacijah kot Buderus. Nato sem načrtoval regulacije: Diferencialno regulacijo, regulacije temperature v zalogovniku, ter regulacijo temperature v prostoru. Sledilo je pisanje osnovnega programa. Kmalu sem naredil testno vezje z mikrokrmilnikom Atmega8 in ga uporabil za preizkušanje programa, ki je kmalu presegel kapaciteto pomnilnika Atmege8, zato sem moral narediti novo vezje z večjim in zmogljivejšim mikrokrmilnikom Atmega16.

4. Regulator Ogrevanja

4.1 Zbiranje informacij in primerjanje obstoječih naprav

Informacije sem začel zbirati kar po spletu s pomočjo iskalnika Google. Našel sem datasheete več izdelkov podjetja Seltron. Regulatorji so (sodeč po teh podatkih) izdelani tako, da so prilagodljivi več ogrevalnim sistemom, kot je ogrevanje na trdo gorivo, plin, električne grelce s pomočjo zalogovnikov toplote in sončnimi korektorji . Imajo uporabniški vmesnik, ki je enostaven za uporabo z nastavljivimi parametri. Uporabnik najprej izbere regulacijsko shemo svojega ogrevanja, nastavi parametre, zveže senzorje in aktuatorje. Regulacijo lahko spremlja na danem prikazovalniku in nastavlja parametre, če je to potrebno. Seltron ima v ponudbi 3 regulatorje ogrevanja, razlikujejo se v ceni in zmogljivosti.

Dane podatke sem primerjal z Buderusovimi regulatorji, kajti na slovenskem trgu nisem našel regulatorjev, ki bi se lahko po zmogljivosti primerjali s Seltronovimi. Buderusov regulator nima v osnovi toliko možnosti za različne regulacije. Pri vsaki napravi jih je na voljo 8 ali manj. Buderusov uporabniški vmesnik ni tako enostaven in regulator je omejen na Buderusove peči in naprave. Shema je že vnaprej določena in ni mogoča kasnejša izbira sistemov in regulacij. V ponudbi je več Buderusovih regulatorjev, vendar po zmogljivosti Seltronovega ne prekaša nobeden.

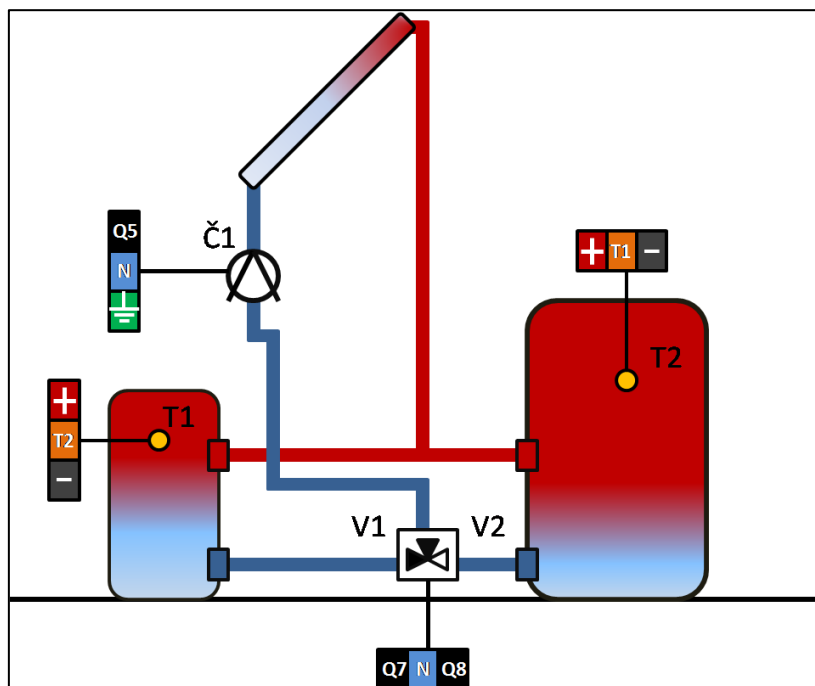
4.2 Delovanje regulacij

4.2.1 Diferencialni regulator

Regulacije sem zasnoval glede na uporabnost in inovativnost. Prva regulacija se imenuje diferencialna regulacija in regulira pot tople vode iz sončnih kolektorjev glede na temperaturo v grelcu sanitarne vode in toplotnem zalogovniku. Ta regulacija nam omogoča optimalni izkoristek odvzema toplote in čim manjše izgubne moči. Sodeč po spodnji enačbi so izgube v zimskem času največje, zaradi nizke temperature okolice in visoke temperature vode v kolektorjih. Regulacija regulira tok vode, tako da v sončni kolektor črpa vodo, ki je najhladnejša, iz zalogovnika ali iz grelca sanitarne vode.

$$P = \Lambda \left(\frac{S}{d} \right) \Delta T$$

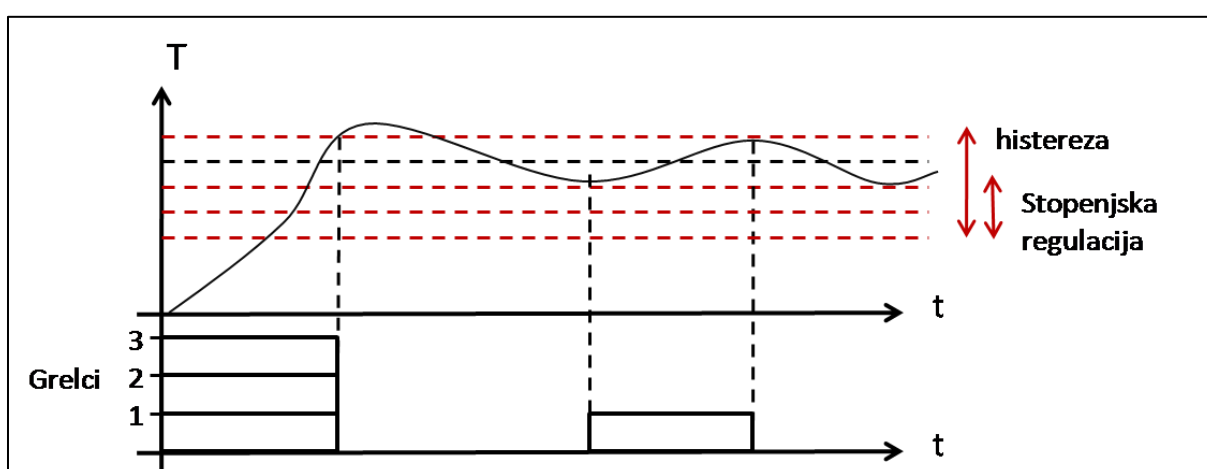
Za kroženje vode skrbi črpalka Č1. Za menjavo poti tople vode pa skrbi preklopni vodni ventil s priključki V1 in V2. Sončni kolektor ob zagonu segreva grelec sanitarne vode in ko je razlika temperatur med grelcem in toplotnim zalogovnikom 5 °C (v prid grelnika sanitarne vode), bo ventil spremenil smer toka in se bo začel segrevati toplotni zalogovnik. Grelac sanitarne vode in toplotni zalogovnik se bosta izmenično segrevala do vrednosti termostata, to lahko definiramo med delovanjem ali na začetku, preko regulatorjevega uporabniškega vmesnika.



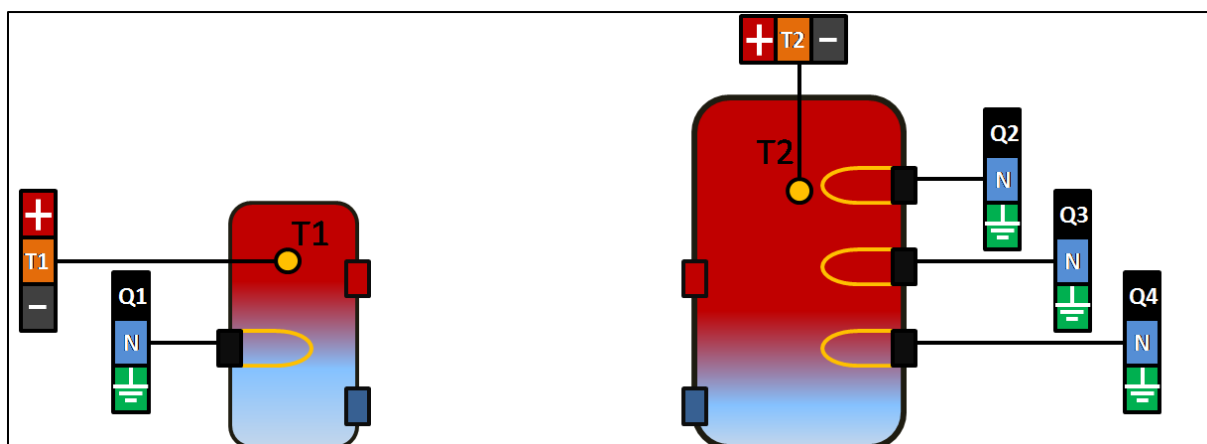
Slika 1: Prikaz Diferencialne regulacije

4.2.2 Regulator temperature zalogovnika

Regulacija je dvo-položajna, kar pomeni, da dejanska temperatura niha v tako imenovani histerezni zanki. Na primer: če je dejanska temperatura (T_1, T_2) manjša od želene temperature in negativnega histereznega odstopanja, se bo grelec vklopil, da bo segrel vodo. Grelec bo segreval do želene vrednosti in prištetelega pozitivnega histereznega odstopanja. Temperatura bo nihala v histerezni zanki. V toplotnem zalogovniku je segrevanje stopenjsko krmiljeno, kar pomeni, da se bodo grelci vklapljali glede na odstopanje T_2 od želene temperature.



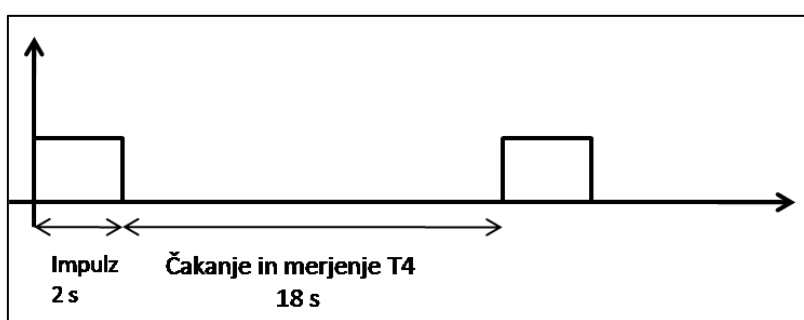
Slika 2: Dvopoložajna regulacija



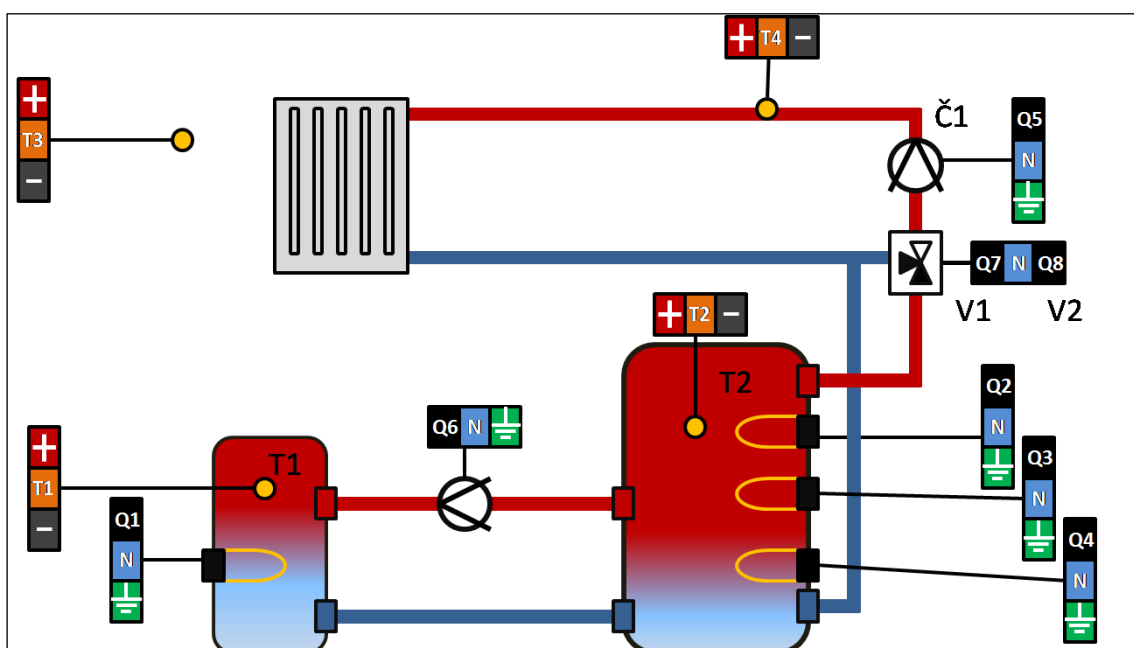
Slika 3: Regulator temperature zalogovnika

4.2.3 Regulator temperature v prostoru

Regulacija temperature v prostoru je v bistvu nadgradnja regulacije temperature zalogovnika. Regulacija regulira temperaturo v grelniku sanitarne vode in zalogovniku glede na vrednost histerize in termostatov T1 in T2 kot v regulaciji temperature zalogovnika. Temperatura v okolici se v regulaciji regulira s P regulatorjem, to pomeni, da če je temperatura T3 manjša od želene, se bo mešalni ventil odpiral tako, da bo v radiatorje priteklo več tople vode. Dokler ne bo temperatura T3 presegala vrednosti želene temperature, se bo mešalni ventil zapiral, dokler T3 spet ne bo presegala želene temperature, to se bo ponavljalo, dokler se regulacija ne bo umirila. Ob spremembi želene temperature bo regulacija ponovno zanihala in nato izpostavila ravnovesje. Mešalni ventil je reguliran z impulzi kot prikazuje spodnji graf.



Slika 4: Prikaz delovanja motornega pogona ventila



Slika 5: Regulacija temperature v prostoru

4.3 Mešalni in preklopni ventil

V regulaciji sta uporabljena tako mešalni kot preklopni ventil. Razlika je v tem, da preklopni ventil samo preklaplja med dvema izhodoma. Mešalni ventil pa regulira količino vode iz ene in iz druge cevi. Poganja ju elektromotorni pogon, ki je krmiljen iz regulatorja.

4.3.1 Promix AVC

Lastnosti:

- AVC motorni pogon;
- deluje na AC napetosti 230V;
- vrtilni moment 5, 10, 20 Nm;
- kot vrtenja je 90°;
- hitrost vrtenja 90° v 1,2,4,8 minutah;
- krmili lahko mešalne in preklopne ventile.

Za krmiljenje ventilov sem uporabil Seltronov Motorni pogon Promix AVC z vrtilnim momentom 5 Nm in z hitrostjo vrtenja 90°/ 1 min.



Slika 6: Motorni pogon ventilov Promatix AVC

4.4 Merilniki temperature

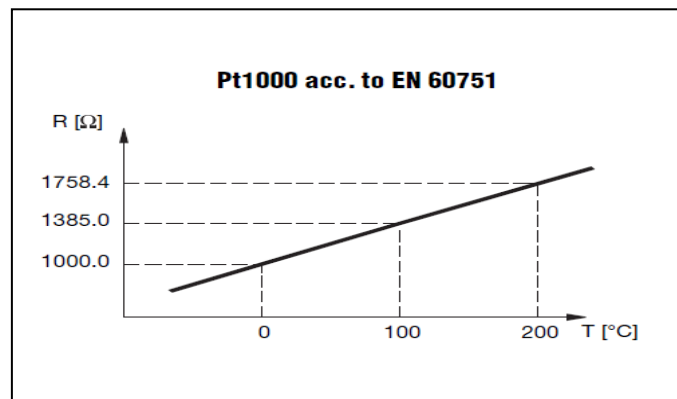
Pt 1000

Lastnosti:

- merilno območje od -200 do 850 °C;
- robustna izdelava;
- upornost pri 0°C je 1000 Ω;
- napaka $\pm 1,2 \Omega$ na 1000Ω;
- sprememba od 0 do 100 °C je 3,85 Ω na °C;
- zapletena ojačevalna vezja potrebna, za natančno delovanje in branje podatkov z mikrokontrolerji.



Slika 7: Pt1000



4.5 Mikrokontroler atmega16

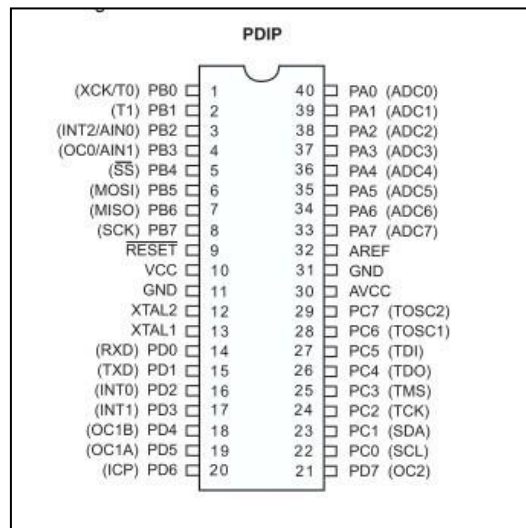
Lastnosti:

- 40 Pinski mikrontroler
- 32 vhod in izhodov
- deluje od 4,5 V -5,5 V;
- hitrost 1Mhz – 8Mhz notranji oscilator do 16 Mhz zunanji;
- 16 kB notranjega pomnilnika;
- 512 B pomnilnika EEPROM
- 1 kB SRAM-A;
- 2* 8-bitna timerja;
- 16 bitni timer;
- 8* 10 bitnih analognih vhodov.



Slika 10: Atmega 16

4.5.1 Priključki mikrokrmilnika



Slika 11: Priključki mikrokontrolerja ATmega 16

Reset – pin, ki omogočajo vrnitev programa na stanje ob zagonu;

Vcc in Gnd – napajanje;

Avcc – napajanje ad pretvornika;

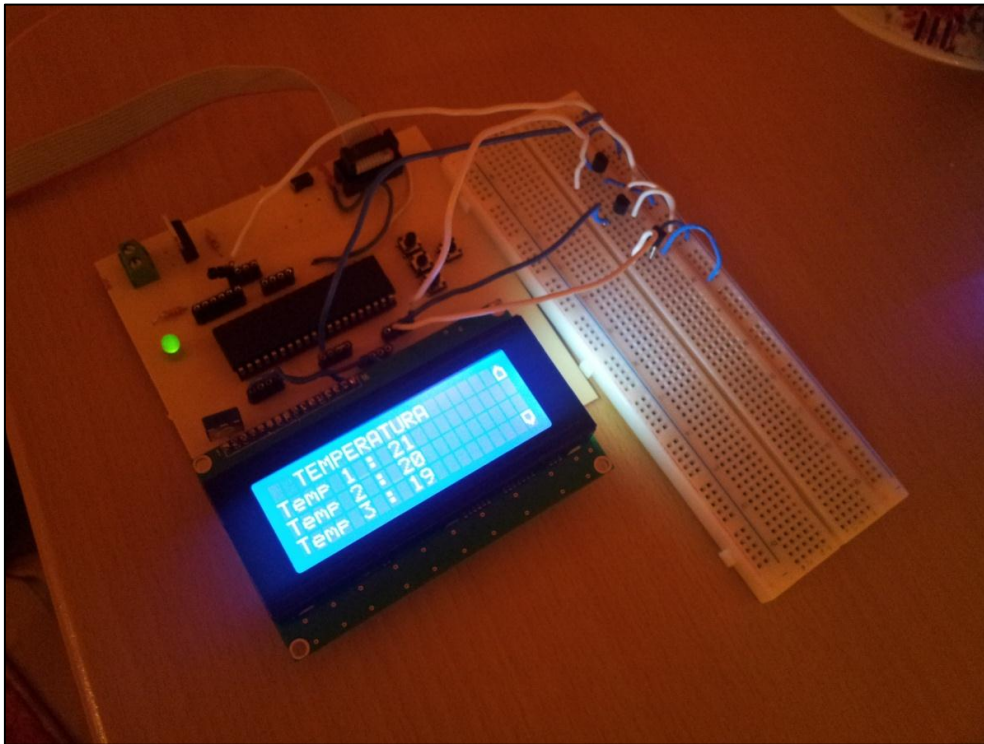
PB, PC, PD, PA – Vhodi in izhodi;

XTAL1 in XTAL2 – priključki za zunanji oscilator;

ADC0 do ADC7 – analogni vhodi.

4.6 Delovanje programa

Program je napisan v programskem jeziku Bascom. Mikrokontroler sem programiral z USBASP programatorjem preko programa Khazama AVR programmer.



Slika 12: Programiranje Vezja z Atmega16

4.6.1 Programiranje realne ure

Uro sem sprogramiral preko časovnika Timer0. Da sem jo lahko sprogramiral natančno, sem moral še prej narediti nekaj izračunov. Iz frekvence sem moral izračunati periodo programa, ki sem jo potem množil z delilnikom 1024. Nato sem si določil čas, pri katerem mi bo timer0 »klical« prekinitev. Ta je znašal 100 ms. Ta čas sem nato delil s prejšnjim rezultatom in dano vrednost odštel od 255. Dobil sem vrednost TCNT0, ki je znašala 157.

<pre> TCCR0 = 5 Enable Interrupts Enable Timer0 On Ovf0 , Casovnik TCNT0 = 157 </pre>	<pre> 'določanje preddelilnika 5 (1024) 'omogočanje prekinitev 'omogočanje timerja0 'definiranje prekinitve in podprograma 'Izračunana vrednost prekinitve </pre>
---	---

Slika 13: Nastavitev Timer0

4.6.2 Merjenje temperature

Za meritev temperature sem moral najprej konfigurirati AD pretvornik in nato dobljeno spremenljivko pretvoriti v stopinje. AD pretvornik je 10 biten in ker je bila napetost 5V in se je temperatura spreminjala po lastnostnih LM35 merilnika, in sicer 10 mV na 1°C, je bila resolucija 0,5 °C na en bit.

$$\frac{U}{res} = k$$

$$\frac{5V}{1024b} = 0,0048 V/b$$

Mikrokontroler izmeri temperaturo med vsakim ciklom timerja0 in sicer izmenično T1 in T2, ker sem med meritvijo ugotovil, da je meritev popačena, če temperaturo merim zaporedoma.

Spodnja slika prikazuje: konfiguracije ADC, branje napetosti, ter pretvorba v °C.

```

Config ADC = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Sr = Sr + 1

If Sr = 1 Then
Tm1 = Getadc(2)
Tm1 = Tm1 / 2
Tm1 = Tm1 - 3
T1 = Tm1
End If

If Sr = 2 Then
Tm2 = Getadc(3)
Tm2 = Tm2 / 2
Tm2 = Tm2 - 3
T2 = Tm2
Sr = 0
End If

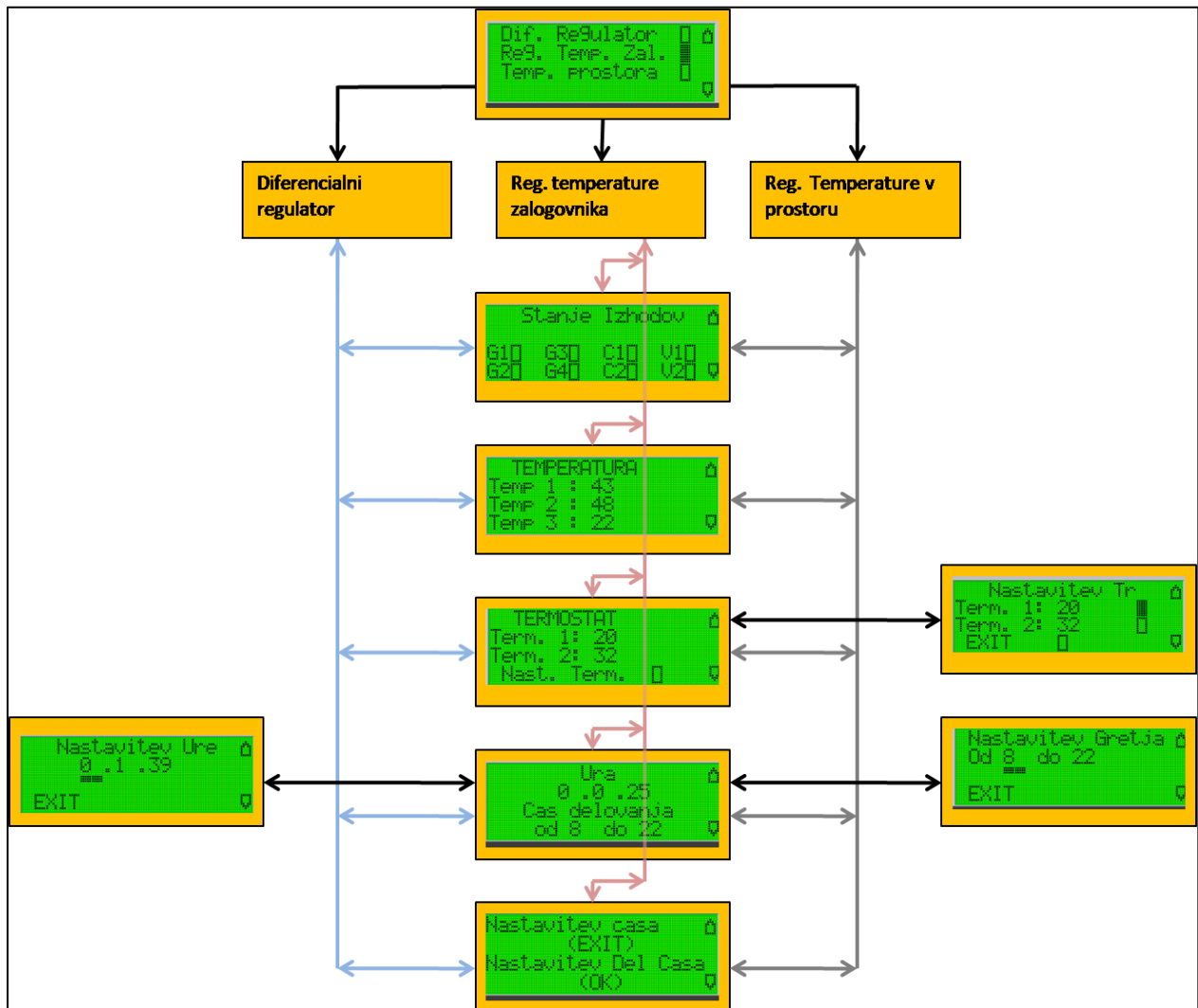
Return

```

Slika 14: Programiranje AD pretvornika

4.6.3 Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik je sestavljen iz LCD prikazovalnika in 4 tipk. Na LCD prikazovalniku se izpisujejo podatki, kot so temperatura, termostat, ura, delovanje in stanje aktuatorjev. Ker se vsi podatki ne morejo izpisovati naenkrat, sem sestavil menijski sistem, ki je prikazan v spodnjem diagramu.

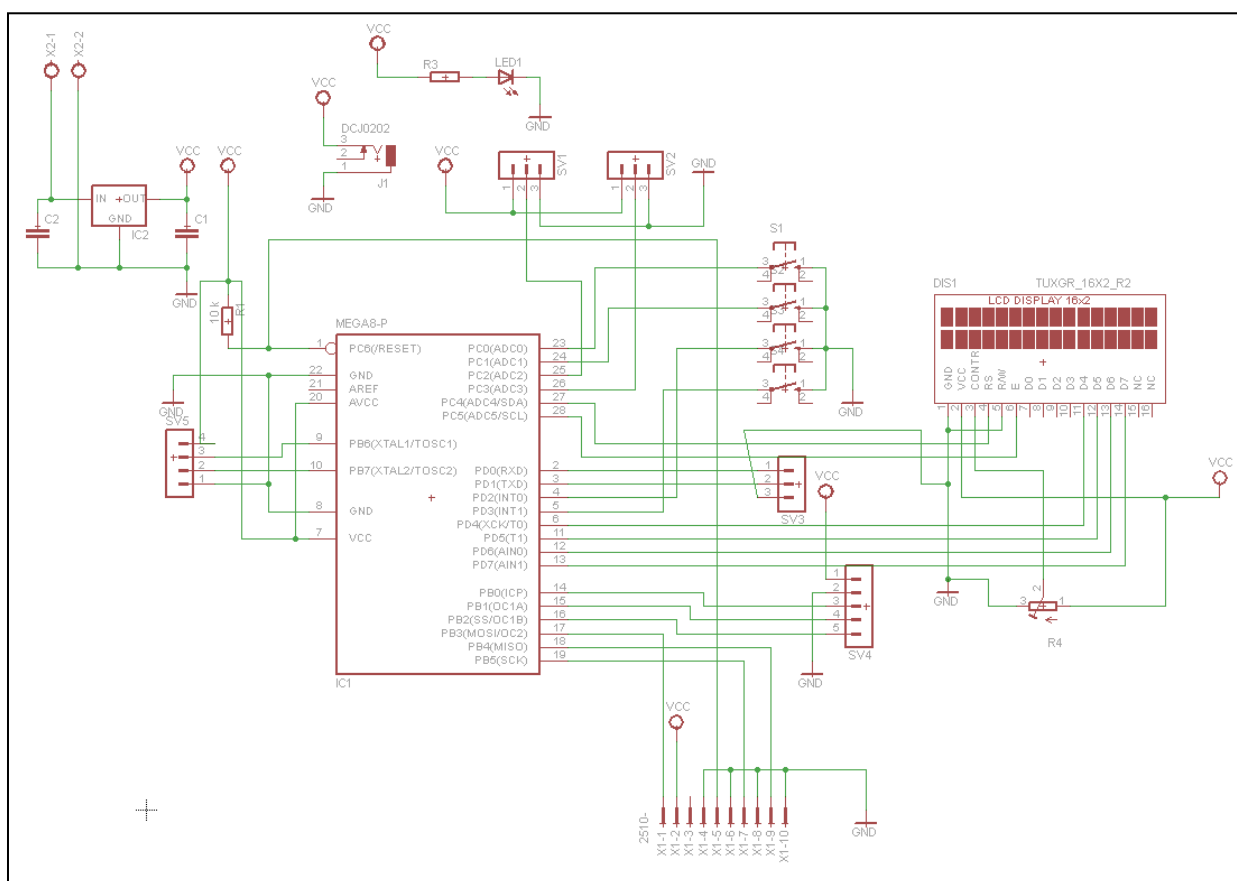


Slika 15: Diagram poteka menijev

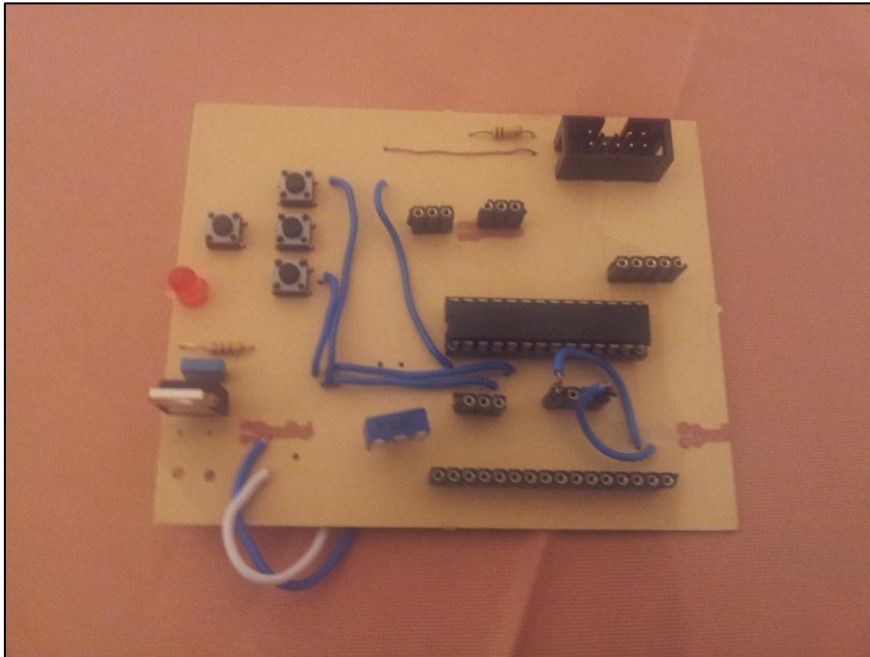
4.7 Izdelava regulacijske naprave

4.7.1 Izdelava vezja

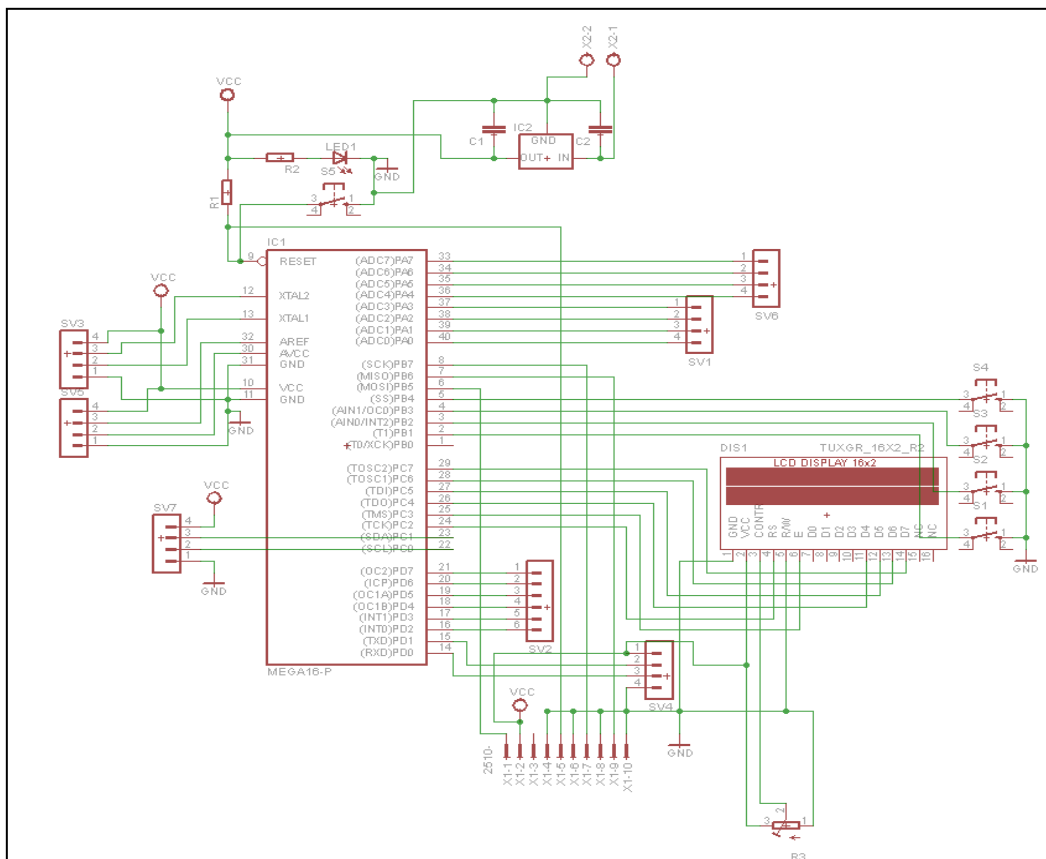
Vežje sem izdeloval v programu Eagle. Izdelal sem 2 testni vežji in sicer je prvo bilo z Atmega8 mikrokontrolnikom, drugo pa za Atmega 16 mikrokontrolnikom. Vežja sem najprej narisal v »schematicu«. Sestavne dele sem vstavljal in jih nato povezal. Vežje sem prenesel na »board«, na katerega sem postavil vse elemente. S funkcijo »autoroot« so se elementi zvezali po shemi iz »schematicu«. Vežje sem nato izdelal preko šolskega CMC stroja, namenjenega za izdelovanje elektronskih vežij. Nato sem na vežje prispajkal potrebne elemente.



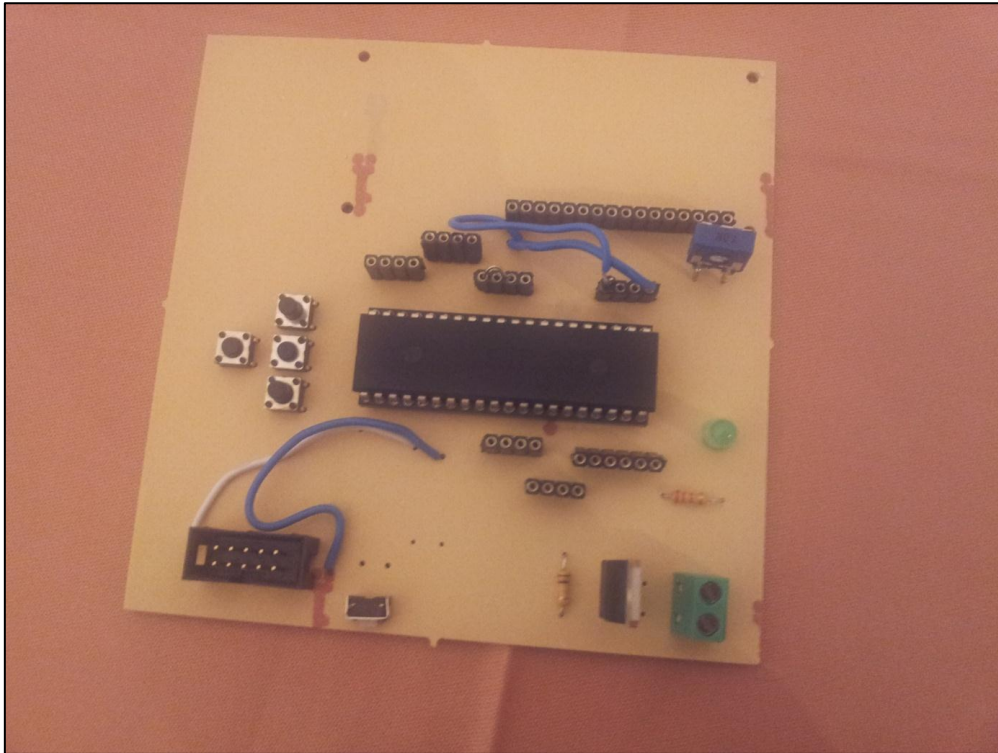
Slika 16: Shema vezja z Atmega8



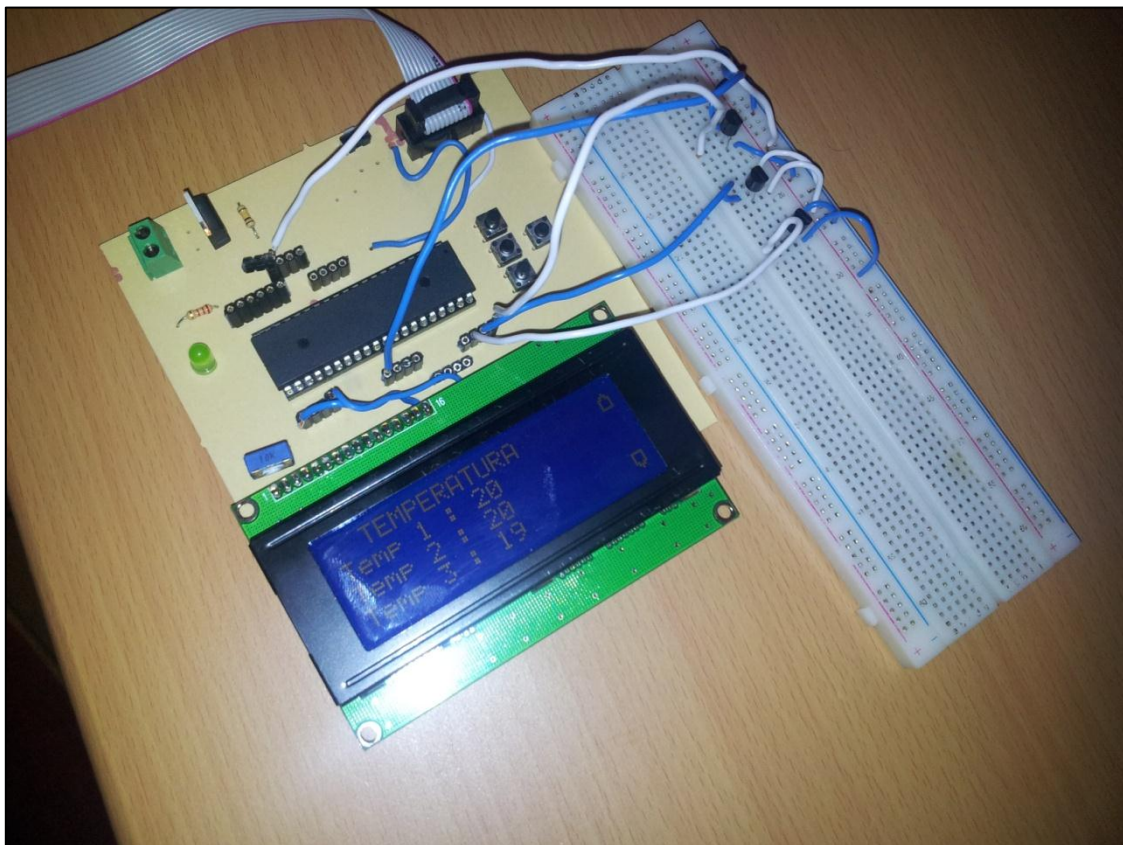
Slika 17: Vezje z Atmega8



Slika 18: Shema vezja z Atmega16



Slika 19: Vezje z Atmega16



Slika 20: Delovanje vezja z Atmega16

4.8 Razprava

V uvodu sem si zadal naslednje hipoteze:

- ***Izdelati regulator centralnega ogrevanja po tehničnih in finančnih zmožnostih.***
Dani cilj sem dosegel, saj regulator ne dosega visoke vrednosti. Regulator sem izdelal sam z znanjem, ki sem ga pridobil v šoli in ga nato z zanimanjem za elektrotehniko nadgrajeval, saj mislim, da osnovno znanje, ki ga pridobimo v šoli, ni dovolj za izdelavo bolj zapletenih projektov.
- ***Prijazen nastavljen uporabniški vmesnik z vsemi potrebnimi nastavitvami in realno uro, ki bo prikazoval tudi delovanje ogrevanja.***
Zadan cilj je bil dosežen, saj ima uporabniški vmesnik skupaj z menijsko strukturo vse potrebne nastavitve, kot tudi prikaze trenutnih veličin.
- ***Meritev temperature z industrijskim merilnikom pt1000, ki bi bila dovolj natančna za uspešno regulacijo.***
Hipotezo sem lahko potrdil deloma, saj sem zaradi časovnih in finančnih problemov zamenjal senzor pt1000 z senzorjem LM35. Po dolgotrajnem iskanju rešitve za enostavnejšo uporabo senzorja pt1000 sem prišel do ugotovitve, da bi se mi izdelava ojačevalnih vezij, ki bi zadostovala za želeno natančnost, kakor tudi nakup samih senzorjev pt1000, finančno in časovno ne bi izplačala. Zato sem raje izbral LM35, ki ga odlikuje nizka cena, enostavnost priključitve in parametriranja. LM35 je tudi dovolj natančen za realno uporabo.
- ***Možnost izbire med tremi regulacijski programi: diferencialni regulator, regulator temperature zalogovnika in regulator temperature v prostoru.***
Hipoteza je potrjena, saj lahko izbiramo med vsemi 3 regulacijskimi programi.

Samo delovanje regulacije je naslednje: pri vključitvi naprave si izberemo želeno regulacijo, nato v meniju nastavimo uro, delovni čas in zelene parametre. Regulacija nato deluje med nastavljenim delovnim časom. Med delovanjem lahko nastavljamo parametre in spremljamo dogajanje v regulaciji.

5. Zaključek

Potrdil (ali deloma potrdil) sem vse hipoteze. Z izdelkom in z regulacijo sem zadovoljen. Regulator bi lahko sicer še nadgradil z uporabo senzorja pt1000 in z daljinsko postajo, iz katere bi lahko krmilil regulacijo in nastavljal parametre. Postaja bi bila lahko povezana z wifi-jem preko UART komunikacije. Senzorji temperature bi lahko bili brezžično povezani na regulator preko Wifi – brezžičnega interneta. Regulator bi lahko opremil še z povezavo (Wifi) na računalnik, iz katerega, bi preko interneta lahko krmilil in spremljal regulacijo kjerkoli po svetu.

Pri tem projektu sem spoznal, kako pomembno je nadgrajevati svoje v šoli pridobljeno znanje o elektrotehniko.

6. Viri in literatura

Osnove Bascom AVR. Dostopno na:

<http://www.elektron.si/forum/download.php?id=459>

Atmega8. Dostopno na:

<http://www.atmel.com/Images/doc2486.pdf>

Atmega16. Dostopno na:

<http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf>

Seltron regulatorji. Dostopno na:

http://www.seltron.si/docs_products/1WDC2000000-SL0_Navodila_za_uporabo.pdf

Buderus regulatorji. Dostopno na:

<http://www.buderus.si/regulacijski-sistemi.html>

Osnove EAGLE. Dostopno na:

http://freeweb.siol.net/msmiha01/Eagle_-_navodila.pdf

7. Zahvala

Najprej bi se rad iskreno zahvalil mentorju Gregorju Kramerju univ. dipl. inž. el., za vse ideje, potrpežljivost in strokovno pomoč pri delu.

Zahvalil bi se rad tudi Janiju Holobarju, ki mi je omogočil izdelavo vezja.

Zahvala tudi vsem sošolcem, ki so mi svetovali glede programiranja mikrokrmilnikov.