

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za Elektrotehniko

Marko Starašinič

Merilnik temperature s PT sondo

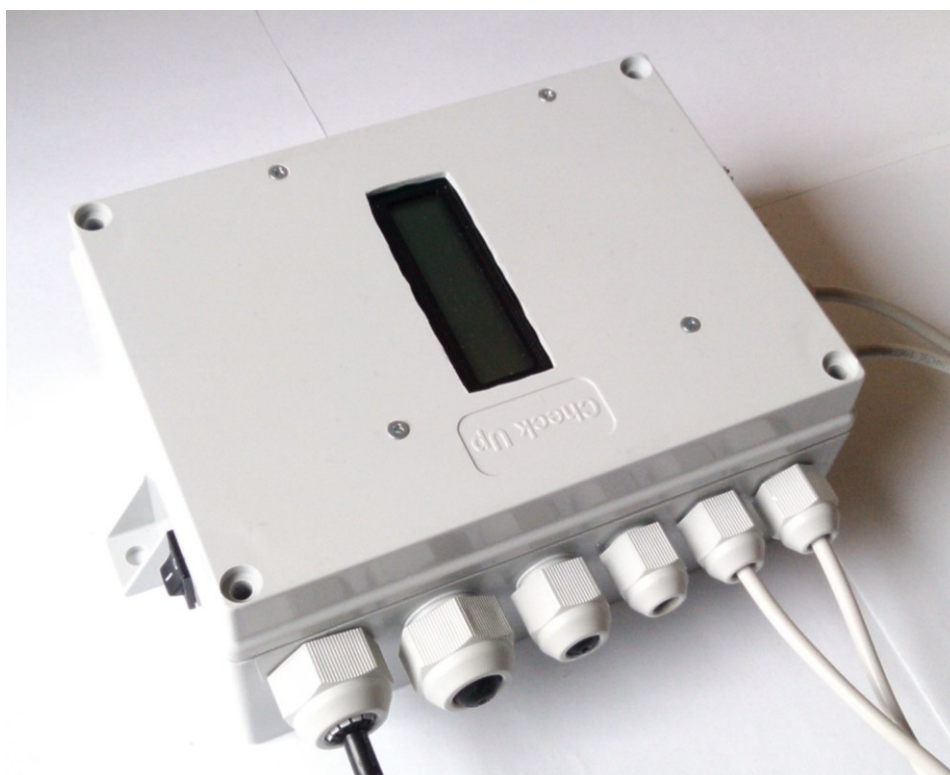
Seminarska naloga
pri predmetu
Seminar

V Ljubljani, Maj 2012



UVOD

Za temo seminarske naloge sem izbral merilnik temperature s PT sondo, ker se mi je ta naprava zdela zanimiva in uporabna. Uporabil sem načrt, ki sem ga našel na internetu, ga nadgradil in izpopolnil. Merilnik meri temperaturo s PT1000 sondo, katere upornost primerja z upornostjo mostiča. Napetost na mostiču z ojačevalnikom ojačimo v napetostno območje primerno za odčitavanje z AD pretvornikom mikrokrmilnika. Naprej sem uporabil sem razvojni sistem š-arm, ki sem ga spoznal med študijem, kasneje pa sem zasnoval vezje brez razvojne ploščice. Mikrokrmilnik iz izmerjene napetosti preračuna temperaturo PT sonde in jo prikaže na prikazovalniku. Mikrokrmilnik izmerjeno temperaturo pošlje tudi preko RS 232 vrat na računalnik, kjer jo s programsko opremo odčitavamo, prikazujemo in obdelujemo. Merilno vezje je zaprto v škatli, napajamo pa ga s omrežno napetostjo 230 V. Ima štiri merilne PT sonde, s katerimi merimo štiri različne temperature v območju od -25°C do 320°C .



Slika 1: Merilnik s PT sondami

RAZISKAVA TRGA

Na trgu imamo ogromno podobnih merilnikov katerih cene se gibljejo od 20 € pa tudi do nekaj 1000 evrov za profesionalno merilno opremo. Večina jih tudi omogoča povezavo in obdelavo izmerjenih vrednosti z računalnikom.



MERJENJE TEMPERATURE

Poznamo različne metode merjenja temperature:

- indikatorji temperature – pod vplivom temperature spreminjajo obliko ali barvo (temperaturno občutljive barve, topljivi temperaturni indikatorji, miniaturni samolepljivi indikatorji...),
- merjenje s termočleni – pri razliki temperature vzdolž vodnika se pojavi termo napetost, ki je odvisno od razlike temperature med vročim in hladnim spojem termočlena,
- pirometri – predmeti z temperaturo višjo od okolice sevajo elektromagnetno valovanje z valovno dolžino odvisno od temperature telesa (brezkontaktno merjenje),
- optična vlakna – pod vplivom temperature se spreminjajo izgube toplotnega žarka na prepogibih (neobčutljivost na elektromagnetna polja, visoke frekvence, eksplozivna področja) in
- uporovni termometri – prevodnim materialom se pod vplivom temperature se spreminja upornost (termistorji, PT-sonda)...

Prednosti uporovnih termometrov:

- linearna odvisnost med temperaturo in upornostjo,
- uporaba v širokem temperaturnem območju,
- velika časovna stabilnost,
- omogoča točkovno merjenje temperature,
- manjša občutljivost na motnje.

Slabosti uporovnih termometrov:

- relativno majhna sprememba upornosti glede na spremembo temperature;
- vpliv upornosti vodnikov oziroma dodanih vrednosti upornosti v tokokrogu, lahko močno vplivajo na meritev;
- imajo daljši odzivni čas, zaradi same velikosti in mase;
- za merjenje potrebujemo napajanje;
- pri višjih merilnih tokovih lahko pride do lastnega segrevanja.

ZGRADBA MERILNIKA

Merilnik sem naredil z štirimi merilnimi PT sondami. Ker se merilna vezja za posamezni kanal med sabo ne razlikujejo je razširitev merilnika na več merilnih kanalov enostavna. Potrebno bi bilo le narediti več enakih merilnih vezij ter jih vezati na svoj vhodni kanal AD pretvornika. Vsak posamezen sklop merilnika je opisan spodaj.

PT1000 SONDA

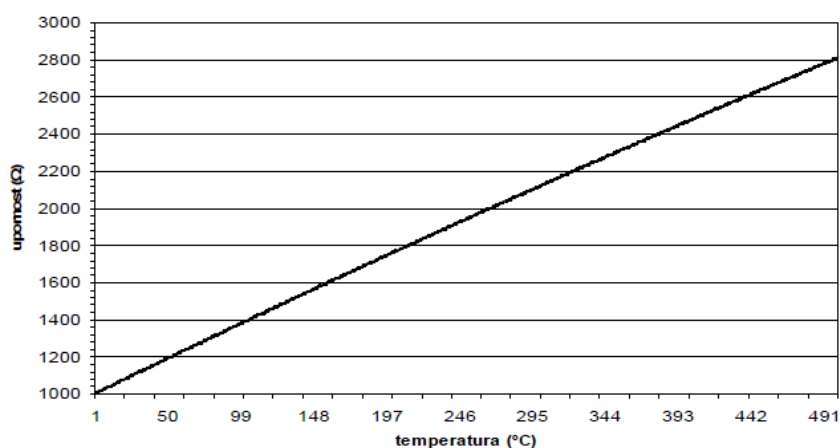
Za indikator temperature sem izbral PT1000 sondo ker ima linearno odvisnost upornosti od temperature, merilni obseg pa se pokriva večji del temperatur, s katerimi se srečujemo v vsakdanjem življenju. PT 1000 sonda ima merilno območje od -70°C do 500°C , njena upornost pa se v tem območju giblje od $730\ \Omega$ do $3000\ \Omega$, kar omogoča uporabo standardnih ter razširjenih komponent, ki jih potrebujemo v merilnem vezja (predupor, mostič).



Slika 2: PT 1000 sonda

Upornost PT1000 sonde se spreminja po enačbi: $R_T = R_0[1 + aT - bT^2 - cT^3(T - 100)]$.

Naslednja slika prikazuje odvisnost upornosti PT1000 sonde od temperature. Vidimo, da je odvisnost skoraj linearna.

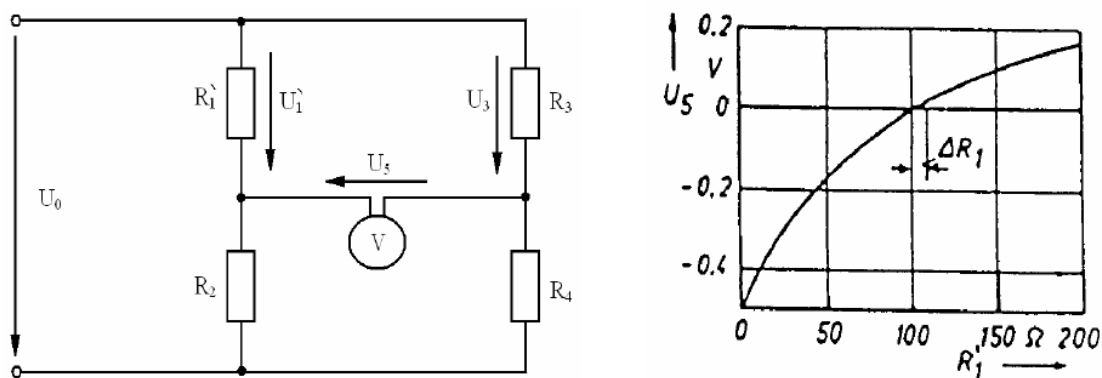


Slika 3: Odvisnost upornosti od temperature PT1000 sonde

MOSTIČNO VEZJE

Mostično vezje sem izbral, ker je z njim lažje nastaviti območje izhodne napetosti, kot pri navadni vezavi senzorja s preduporom. Mostično vezje pa je tudi manj občutljivo na nihanje napajalne napetosti, saj se ne meri le napetost na sondi, ampak razlika napetosti na mostiču.

Naslednja slika prikazuje odvisnost izhodne napetosti od upornosti člena mostiča.

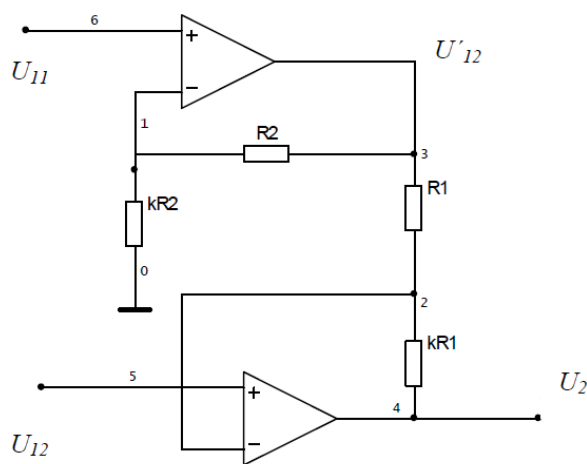


Slika 4: statična karakteristika četrtinskega mostiča

Za ostale upore mostiča sem vzel 909Ω da so upornosti približno enake PT sonde a manjše, ker AD pretvornik pretvarja samo pozitivne napetosti.

OJAČEVALNIK

Z ojačevalnikom sem izhodno območje mostiča priredil vhodnem območju AD pretvornika mikrokontrolerja. Izbral sem elektrometrski diferencialni ojačevalnik, ker ima veliko vhodno upornost in tokovno ne bremeni mostiča.



Slika 5: Elektrometrski diferencialni ojačevalnik

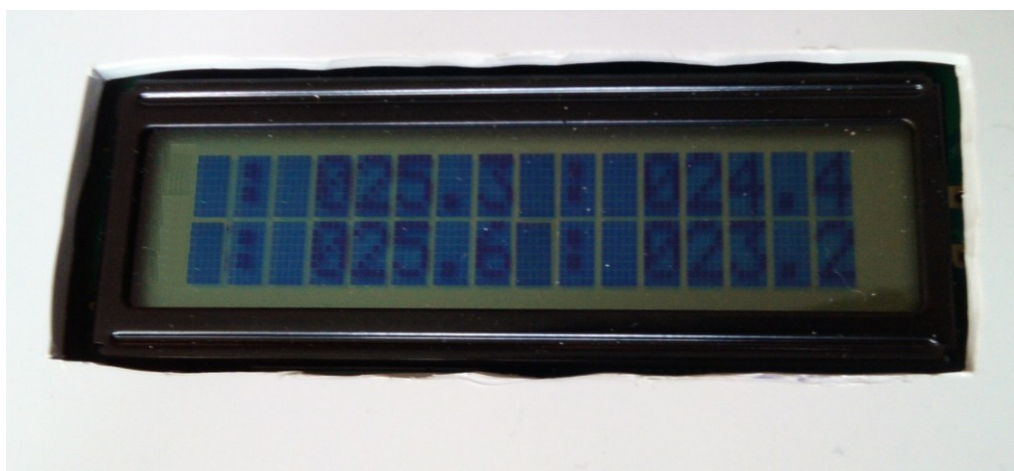
Izhod ojačevalnika se spreminja po enačbi: $U_2 = (1+k) \cdot (U_2 - U_1)$. Upora R_1 in R_2 sem izbral $2,2 \text{ k}\Omega$ ter $4,7 \text{ k}\Omega$, tako da znaša $k=2,13636$, ojačenje ojačevalnika $3,13636$.

Za operacijski ojačevalnik sem izbral vezje LM324, ki vsebuje 4 operacijske ojačevalnike. Po dva sem uporabil za vsak kanal. Ker je pri elektrometrskem ojačevalniku en operacijski ojačevalnik uporabljen kot ojačevalnik razlike, vezje potrebuje $\pm$ napajanje.

MIKOROKONTROLER

Uporabil sem mikrokontroler LPC2138, ki sem ga spoznal med študijem. Za merjenje izhodne napetosti ojačevalnika sem uporabil 10 bitni analogni digitalni pretvornik, ki ga mikrokontroler vsebuje. AD pretvornik spremeni napetosti med 0 V in 3,3 V v 10 bitno binarno vrednost. Ločljivost pretvornika je $3300 \text{ mV}/1024 = 3,2 \text{ mV}$, kar je najmanjša sprememba napetosti, ki jo pretvornik še zazna. AD pretvornik za svoje delovanje potrebuje stabilno napetost 3,3 V, vsako odstopanje pa pomeni napaka pri merjenju. S pomočjo izmerjene vrednosti nato program mikrokontrolerja preračuna upornost PT sonde, iz nje pa temperaturo. Temperaturo prikaže na 32 bitnem LCD prikazovalniku, ki se nahaja na ohišju merilnika. Program vrednost pošilja tudi na RS 232 vrata, preko katerih lahko merilnik povežemo z računalnikom (tudi za programiranje mikrokontrolerja).

Program, ki teče na mikrokontrolerju vsako sekundo prebere vhod AD pretvornikov (štiri kanali – štiri PT sonde), preračuna vrednosti temperatur ter jih prikaže na prikazovalniku in pošlje na RS232 vrata.



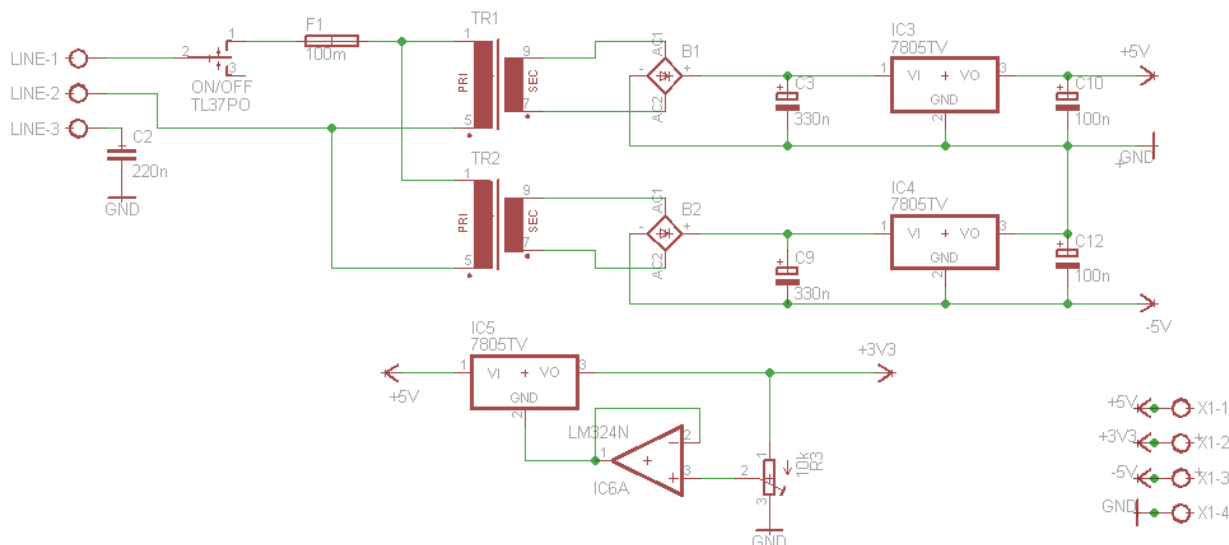
Slika 6: Prikazovalnik merilnika

KOMUNIKACIJA Z RAČUNALNIKOM

Komunikacija poteka samo v eno smer – od mikrokontrolerja proti računalniku. Za branje temperatur z računalnikom sem uporabil program HyperTerminal, ki sprejema poslane temperature in jih sproti shranjuje v tekstovno datoteko. To datoteko lahko nato obdelujemo z poljubnimi programi. Sam sem uporabil Microsoft-ov Excel, s katerim lahko enostavno obdelujemo izmerjene temperature. Na primer lahko preverimo najvišje ali najmanjše izmerjene temperature, povprečne vrednosti izmerjenih temperatur v izbranem časovnem obdobju,... Excel nam tudi omogoča prenašanje temperatur iz tekstovne datoteke v času, ko je meritev v teku.

NAPAJALNI DEL

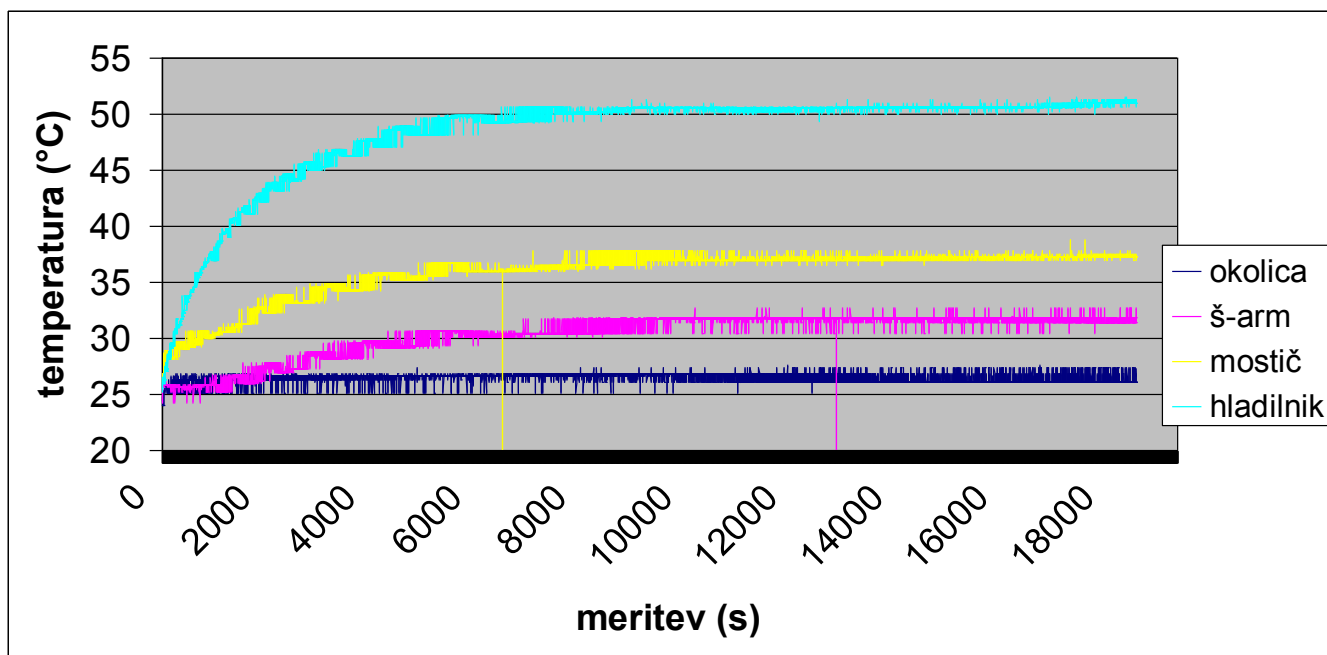
Za napajanje merilnik potrebuje $\pm 5 \text{ V}$ (LCD prikazovalnik, asinhrona komunikacija, elektrometrski ojačevalnik, napajanje mostiča) ter 3,3 V (mikrokontroler z AD pretvornikom). Napajalna stopnja je narejena iz dveh enakih delov za $\pm 5 \text{ V}$ napajanje, dodana je še del za + 3,3 V. Uporabil sem dva transformatorja, ki transformirata napajalno napetost na 9 V nivo, dve usmerniški vezji (gretz) za polnovalno usmerjenje ter napetostna regulatorja LM7805 z gladilnima kondenzatorjema. Za napajalno napetost 3,3 V sem uporabil vezavo z vezjem LM7805 kot je prikazano na sliki spodaj.



Slika 7: Napajalni del

PRESKUŠANJE DELOVANJA

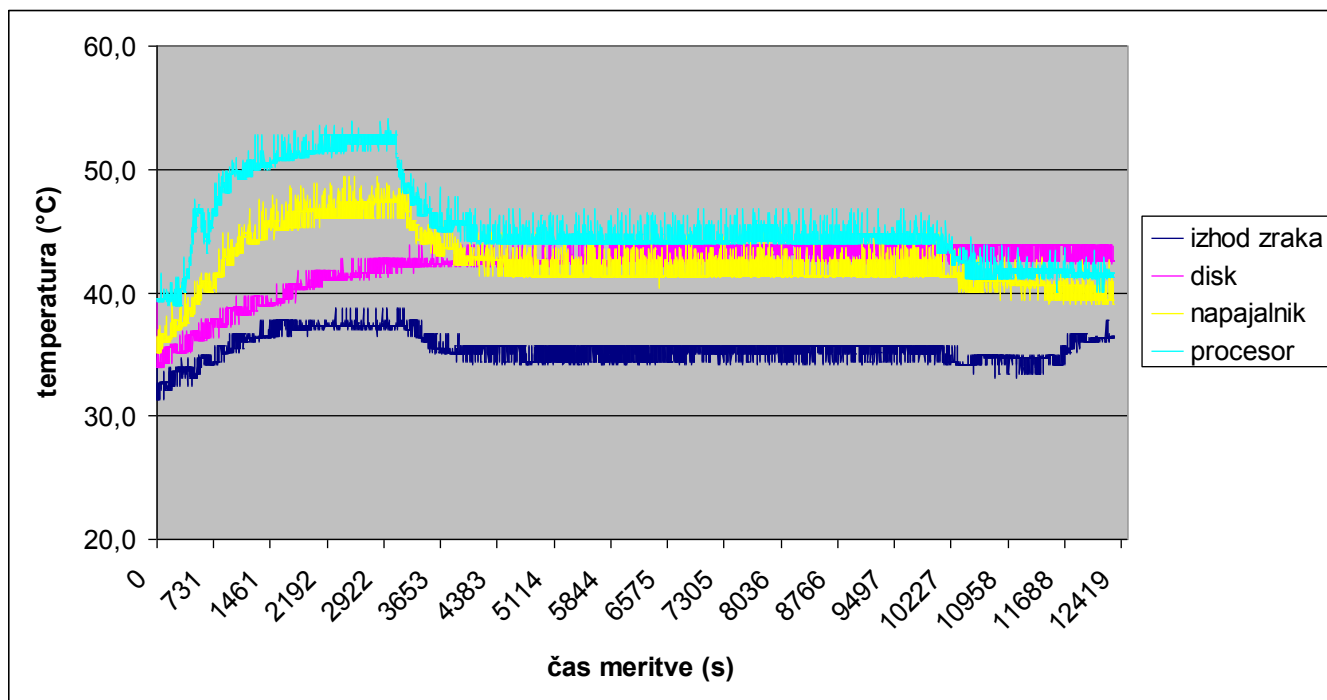
Delovanje merilnika sem preskusil na dveh primerih. Merilnik sem povezal z računalnikom, izmerjene temperature pa sprejemal z HyperTerminalom ter jih obdeloval za Excel-om. Najprej sem pomeril delovne temperature samega merilnika v delovanju. S merjenjem sem tudi potrdil, da se komponente merilnika ne segrevajo prekomerno. Iz poteka izmerjenih temperatur pa je tudi razvidno, da se izmerjena temperatura bistveno ne spreminja s segrevanjem merilnika na delovno temperaturo pri merjenjih v daljših časovnih obdobjih.



Slika 8: Merjenje temperatur merilnika v delovanju



Za preskus delovanja sem izbral še merjenje temperatur računalnika v delovanju. Meril sem izhod zraka iz napajalnika, disk, ohišje napajalnika in hladilnik procesorja. Med meritvijo sem spreminjal delovanje računalnika. Najprej je na računalniku delovala igra, potem se je predvajal film, na koncu pa je deloval le še Excel ter HyperTerminal, s katerima sem shranjeval izmerjene vrednosti. Na grafu spodaj vidimo spreminjanje temperature glede na spreminjanje obremenitve računalnika. Najvišje izmerjene temperature so pri delovanju igre.



Slika 9: Meritev temperatur računalnika v delovanju

KOSOVNICA

Komponenta	Proizvajalec	Tip	Podatki	Cena	Podatkovni list (datasheet)	Skladnost s standardom
Ohišje	GEWISS	GW44208	200x190x80	~16,00 €		
Priključna vrvica z vtičem	I-SHENG	SP-023 H05VV-F	250 V; 16 A; 3x0,75 mm ² ; C4	~ 3,00 €		VDE IEC/EN 60227
Stikalo za vklop	MARQUARDT	1803 2102	250 V; 6 A; 5E4; T100/55	3,00 €	 Stran 17	DEKRA, ENEC IEC/EN 61058
Tiskano vezje	RADEMACHER	H25PR160	160x100	3,00 €		
Mikroprocesor	NXP	LPC2138	100x96	~50,00 €		*
Transformator (x2)	PETEZE	321202	Prim: 230 V; 50/60 Hz; Sec: 9 V; 250 mA; T70; Class 130;	5,20 €	 Stran 7	SIQ, ENEC IEC/EN 61558



Gretz (x2)	SEMIKRON	B250D	250 V; 1 A; T _j =150°C	2x0,40 €	 Mostično vezje	*
Operacijski ojačevalnik (x3)	STMIKROELECTRONICS	LM 324 DIP14 QUAD	+3 V ÷ +30 V; ±1,5 V ÷ ±15 V; 100 dB; Bias=20 nA	3x0,35 €	 Operacijski ojačevalnik	*
Pt sonda (x4)	HERAESUS	32208571	1000 Ω; 3850 ppm/K	4x4,26€	 PT1000	*
Tokovna varovalka (x2)	ESKA	522.514	0,5 A; 250 V	2x0,18 €	 ESKA	VDE IEC/EN 60127
Napetostni regulator (x3)	STMIKROELECTRONICS	7805	5 V; 1,5 A; T _j =150°C; SVR=68 dB	3x0,50 €	 7805	*
Sponke (x8)	TYCO	0-0282836-2	3 A; 1,5 mm ² ; T105	8x0,47 €	 Tyco	IMQ IEC/EN 60998
Hladilno rebro (x2)	MALI ELEKTRONIKA	HRU 15/15	-	2x1,10 €		*
Elektrolitski kondenzator (x2)	YAGEO	SK series	16 V; 330 nF; T105	2x0,12 €		*
Elektrolitski kondenzator (x2)	YAGEO	SK series	16 V; 100 nF; T105	2x0,12 €		*
Varistor	EPCOS	S07K11	275 V; 330 nF; T85	0,52 €	 EPCOS	VDE IEC/EN 60068
Upor (x8)	YAGEO	MFR-25FTE52-4R7	4700 Ω; 0,25 W; 1 %	8x0,05 €		*
Upor (x8)	YAGEO	MFR-25FTE52-2R2	2200 Ω; 0,25 W; 1 %	8x0,05 €		*
Potenciometer	ACPTECHNOLOGIES	CA9PV10-10K	10 kΩ; 0,15 W; 20 %; T70	0,30 €	 Potenciometer	*

* - varnost aparata ni odvisna od komponente

Opomba: pri menjavi varnostnih komponent torej komponent, ki skrbijo za varnost aparata ter pri odpovedi varnostne komponente lahko aparat postane nevaren za uporabnika, zato je potrebno biti pozoren na nazivne podatke ter skladnost s standardom zamenjane komponente.

Cene komponent so vzete iz spletne strani prodajalca www.ic-elect.si dne 2012-04-06. Pri izdelku sem uporabil tudi nekaj komponent, ki sem jih že imel. Seštevek cen v tabeli zgoraj: 109,01 €



TEHNIČNI PODATKI

Priključitev na omrežje: 230 V; 50/60 Hz; 0,3 A
Izolacijski razred: Razred I (funkcionalna ozemljitev)
Merilno območje: -25°C do 320°C
Merilni kanali: 4 (štiri PT1000 sonde; dolžina: 180 cm)
Prikazovalnik: LCD prikazovalnik
Povezava z računalnikom: RS232 priključek
Programska oprema: HyperTerminal, Microsoft Office Excel
Mere: 200x180x80 mm
Masa: 500 g

NAVODILA ZA UPORABO

Uporaba merilnika temperature je enostavna. Samo vklopi se in že deluje. Izmerjena temperatura se prikazuje na prikazovalniku. Merilnik ima možnost povezave z računalnikom. Povezava se vzpostavi s pomočjo RS232 priključka. Za prikaz izmerjenih vrednosti temperatur je potrebno imeti ustrezno programsko opremo, ki prikazuje podatke pridobljene preko serijske povezave s COM priključkov. Primeren je HyperTerminal, za obdelavo podatkov (in grafični prikaz) pa se podatke iz HyperTerminala izvozi v MS Excel, ki je primeren za obdelavo podatkov in prikazovanje izmerjenih vrednosti s pomočjo grafov.

Merilnik temperature z PT sondo meri temperaturo s pomočjo štirih PT sond. Sonde postavijo na želeno mesto, kjer želimo meriti temperaturo. Priporočena je uporaba lepilnega traku, s katerim fiksiramo sondo. Če se pri postavljanju dotikamo sonde z rokami, moramo pred merjenjem počakati vsaj 5 min, da se PT sonda ohladi na temperaturo okolice, oziroma na temperaturo merjenja.

Merilna sonda z dodatnim kovinskim ohišjem je primernejša za merjenje medija kot je zrak ali voda, ker meri nekakšno povprečje temperature znotraj kovinskega ohišja in ni primerna za točkasto merjenje. Pri merjenju temperature v določeni točki sta bolj primerni PT sondi, ki nista v kovinskem ohišju. PT sondi sta zaščitena s termo-skrčno božirko, nahajata pa se na koncu božirke. Konec božirke pritrdimo na točko, ki jo želimo meriti.

Pri pritrdjevanju PT sond moramo biti pazljivi da s pritrdjevanjem ne vplivamo na širjenje toplote (lepilni trak) in s tem spreminjamo razmere, ki bi bile sicer brez našega posega. Vsak vneseni material predstavlja dodatno izolacijo, ki spremeni širjenje toplote.

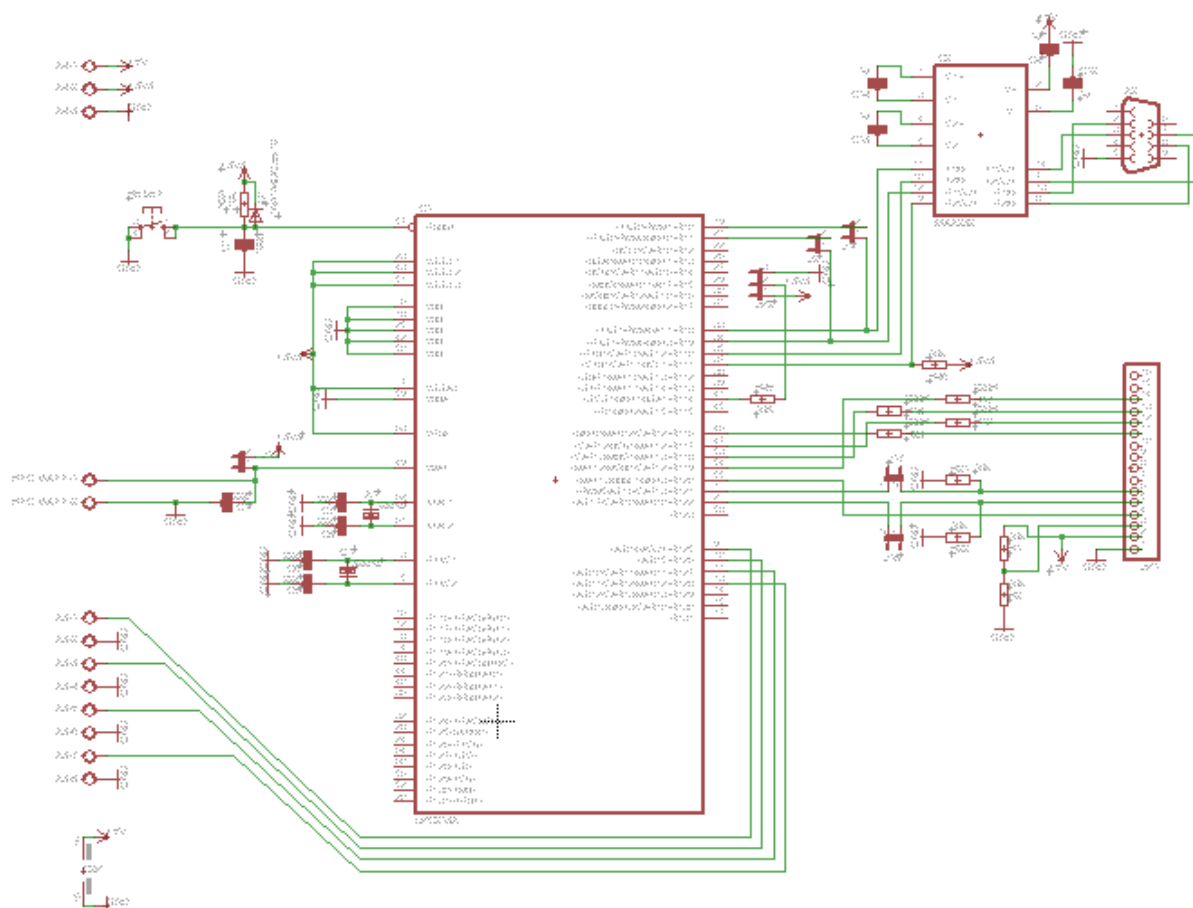
Merilnik je sposoben meriti temperature med -25°C do 320°C vendar moramo pri temperaturah nad 100°C ustrezno zaščititi vodnik PT sonde, saj ni namenjen za temperature nad 105°C.

Zaradi spreminjanja lastnosti komponent se v življenjski dobi merilnika spreminja tudi izmerjena vrednost in napaka merilnika. Zato je potrebno merilnik vsake toliko časa kalibrirati in po potrebi ponastaviti in s tem odpraviti napako. Priporočena kalibracijska doba za merilnike temperature je 1 leto.



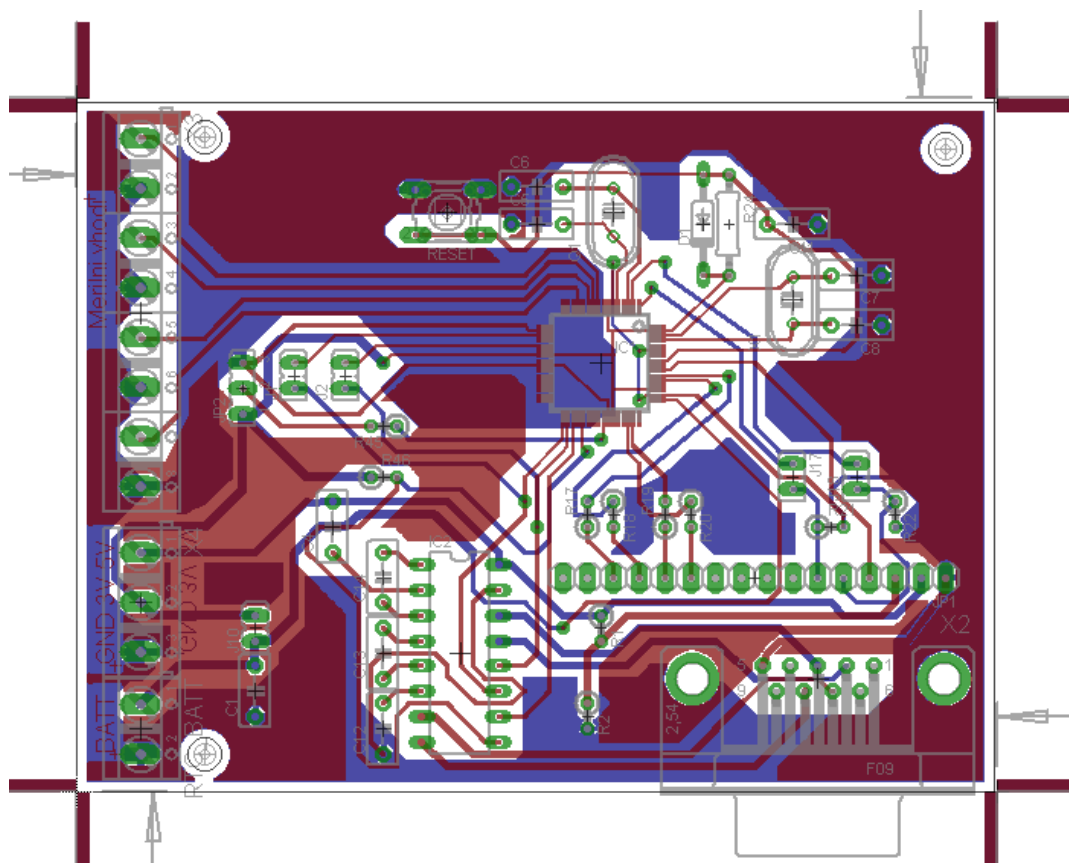
SHEMA VEZJA:

Celotno vezje je sestavljeno iz treh delov. Prvi sestavlja mikrokrmilnik s potrebnimi komponentami za delovanje (oscilator, reset tipka, jumper za baterijsko napajanje,...) RS232 konektor z integriranim vezjem za sprejem in oddajanje MAX232 in LCD prikazovalnik.

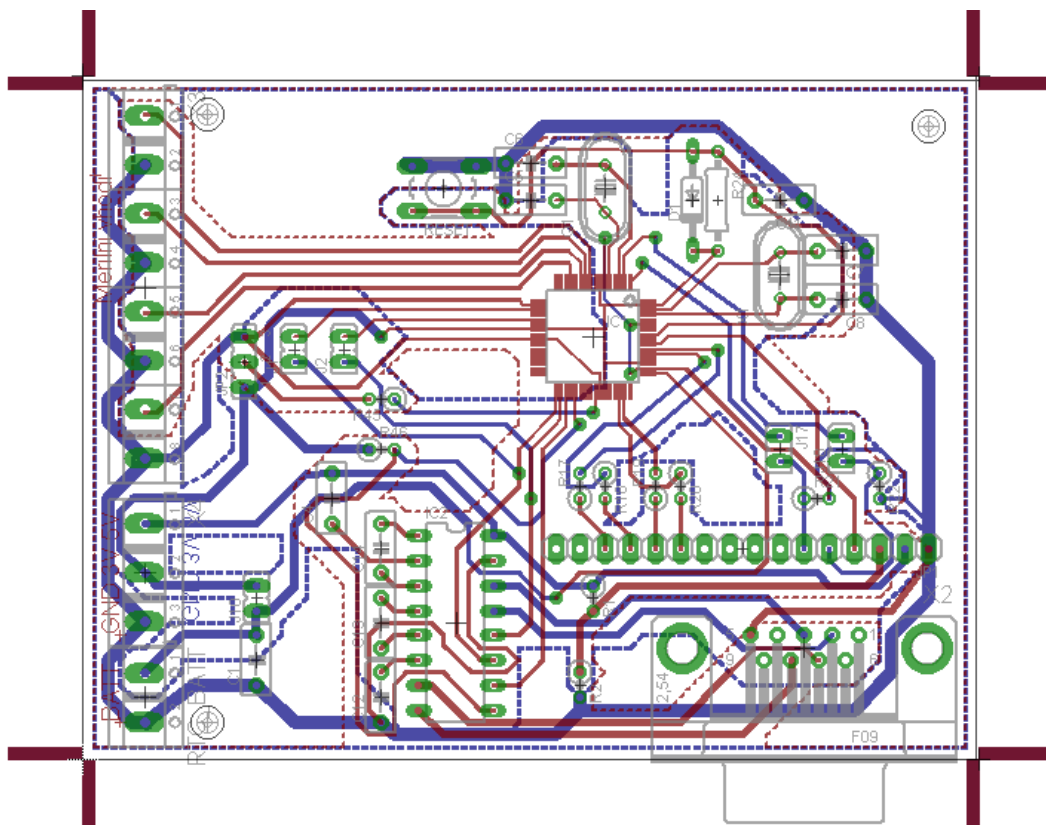


Slika 10: Shema dela vezja z mikrokrilnikom

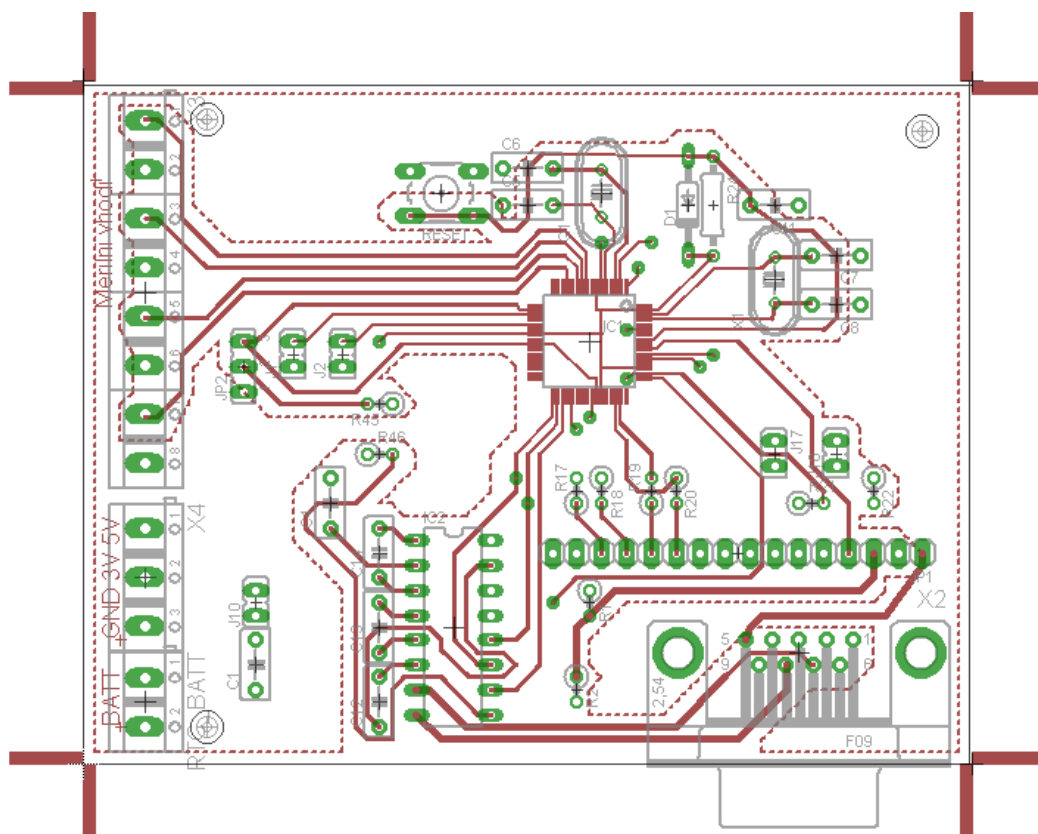
Shemo sem narisal v programu SoftCad Eagle in shemo spremenil v vezje. Tiskanina je dvoslojna, modre povezave na sliki so na spodnji strani tiskanine, rdeče povezave pa na zgornji strani. Shemo tiskanine predstavljam na več slikah za lažjo predstavbo tiskanine.



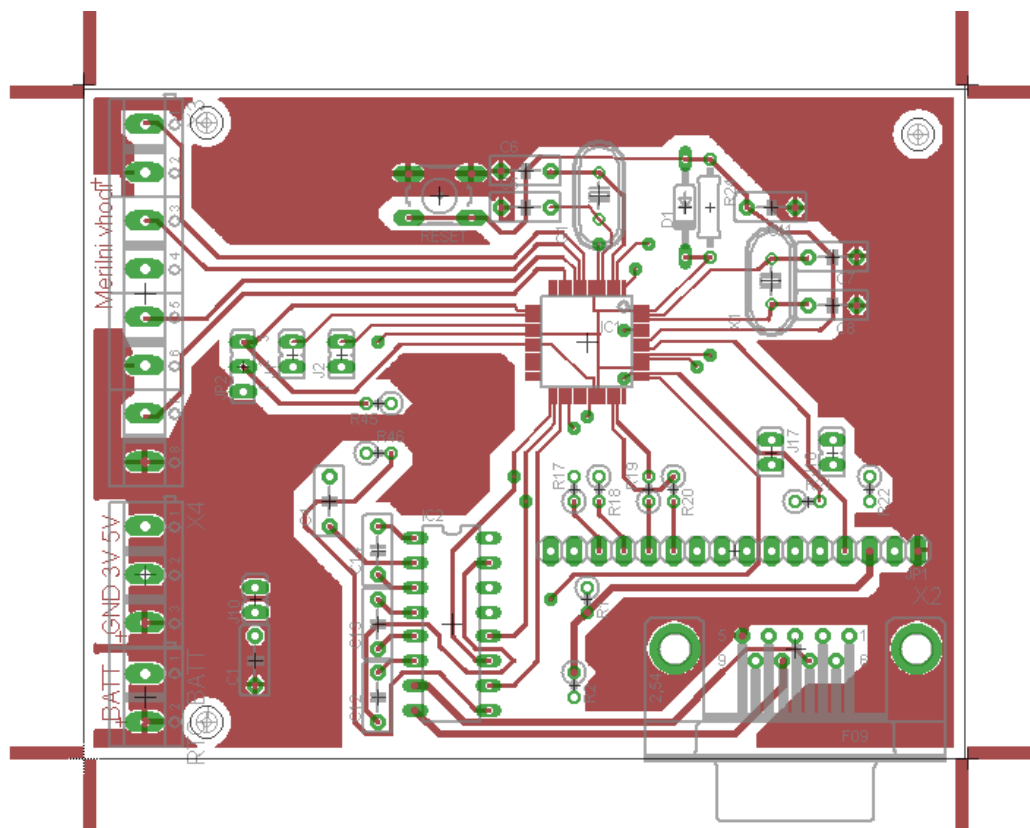
Slika 11: Tiskanina z mikrokrmilnikom



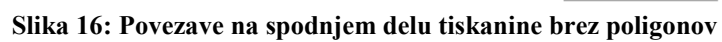
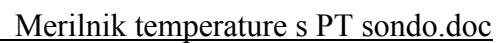
Slika 12: Tiskanina z mikrokrmilnikom brez poligonov



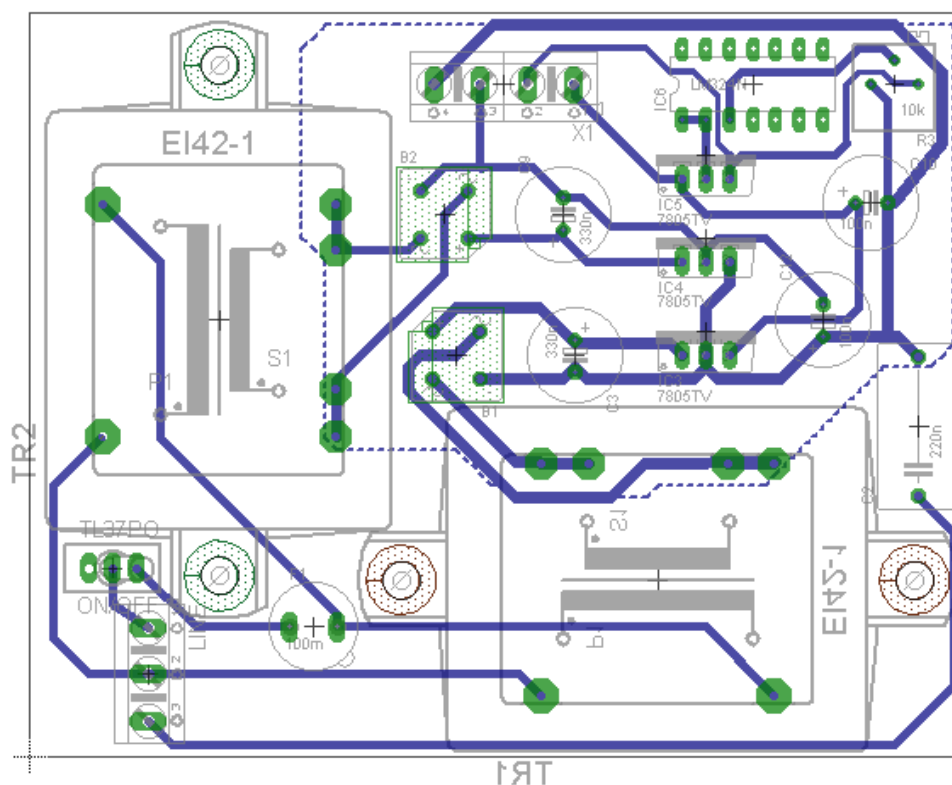
Slika 13: Povezave na zgornjem delu tiskanine brez poligonov



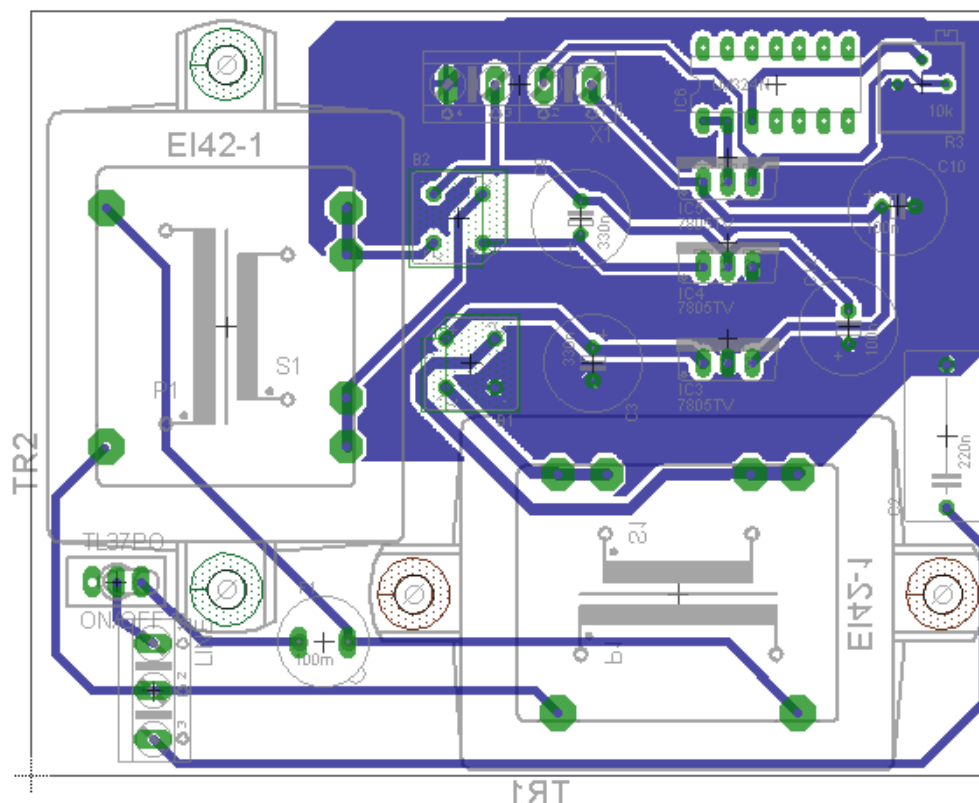
Slika 14: Povezave na zgornjem delu tiskanine



Tiskano vezje napajalnega dela sem naredil enoslojno, saj vezje ni tako zapleteno, da bi moralo biti dvoslojno s tem pa se poceni tudi izdelava merilnika.

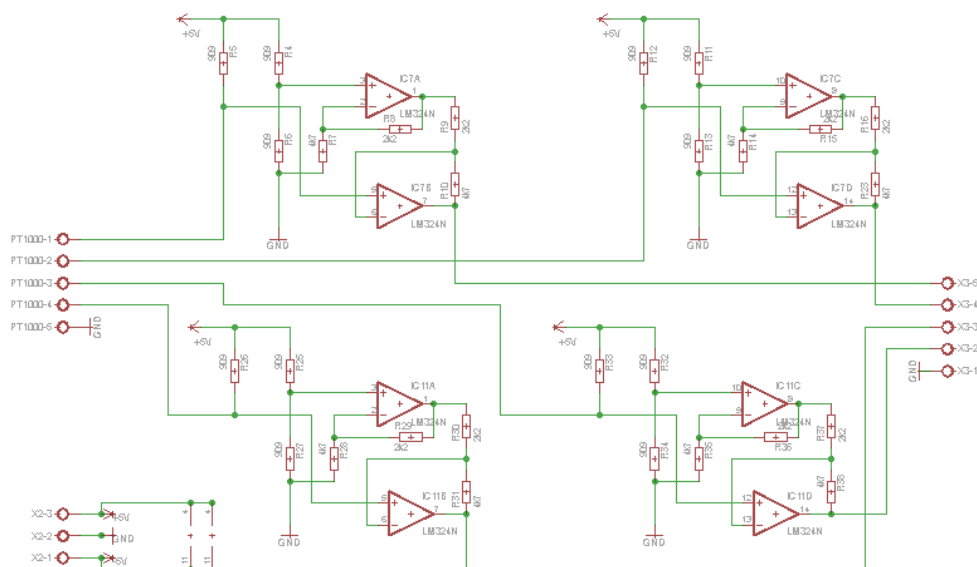


Stran 15 od 19



Slika 19: Tiskanina napajalnega vezja s poligoni

Tudi merilno vezje sem naredil na enoslojni tiskanini. Vezje je na svoji tiskanini zato, da je odmaknjeno od napajalnega dela, saj se ta med delovanjem greje in s tem vpliva na temperaturo mostiča, kar lahko vnaša pogrešek pri merjenju.



Slika 20: Shema merilnega vezja



Stran 17 od 19



SKLADNOST APARATA

Za prodajo v Evropski uniji morajo električni aparati ustrezati direktivam, ki se na nanašajo na izdelek. Proizvajalec je sam dolžan poskrbeti za skladnost svojih izdelkov. Direktive veljajo tudi za proizvode narejene za lastno uporabo.

Direktive, ki se nanašajo na merilnik temperature:

- nizkonapetostna direktiva (LVD: 2006/95/EEC),
- direktiva o elektromagnetni združljivosti (EMC: 2004/108/EEC),
- direktiva o vsebnosti nevarnih snovi (ROHS: 2002/95/EEC),
- okoljevarstvena direktiva (WEEE: 2002/96/EC).

Same direktive ne predpisujejo natančnih zahtev, kako mora biti aparat narejen, se pa sklicujejo na standarde, v katerih so zahteve ter preizkusi, s katerimi potrdimo skladnost proizvoda z zahtevami direktive. Uporaba standardov ni obvezna, obvezno pa moramo v tehnični dokumentaciji navesti, kako izpolnujemo zahteve direktiv.

Preden damo proizvod na trg sestavimo tehnično dokumentacijo (tehnična mapo) o proizvodu kjer navedemo splošen opis opreme, pojasnila glede delovanja, rešitve glede zahtev direktiv, rezultate preskusov, poročila o preizkusih, navodila za uporabo... Tehnično dokumentacijo smo dolžni hraniti tudi več let potem, ko izdelka ne prodajamo več (odvisno od zahtev direktiv, navadno 10 let). Na podlagi tehnične dokumentacije podpišemo izjavo o skladnosti s katero prevzamemo polno odgovornost za aparat ter namestimo CE oznako.

Pomoč pri zagotavljanju skladnosti proizvoda lahko poiščemo pri neodvisnih inštitucijah, ki z različnimi moduli preverjajo skladnost: notranja kontrola proizvodnje, tipski preizkus, zagotavljanje kvalitete proizvodnje, zagotavljanje kvalitete proizvoda, verifikacija izdelka ter popolna zagotovitev kakovosti. Proizvod je tako predmet ugotavljanja skladnosti v skladu z izbranim modulom med projektiranjem in tudi med proizvodno fazo.

Za skladnost aparatov na trgu v Sloveniji skrbi Tržni inšpektorat republike Slovenije – TIRS, ki ob ugotovitvi neprimernih aparatov prepove prodajo, kršitelje pa kaznuje.

MOŽNOSTI NADGRADNJE

Možnosti za nadgradnjo merilnika je veliko, odvisno od potreb uporabnika.

NADGRADNJA STROJNE OPREME

Merilnik lahko nadgradimo z več merilnimi kanali. Omejeni smo s 16-imi merilnimi kanali AD pretvornika. Z uporabo samostojnega AD pretvornika lahko razširimo tudi na več merilnih kanalov. Za vsak dodaten merilni kanal potrebujemo mostično vezje pt-sondo in ojačevalnikom, potrebno pa je primerno prirediti program mikrokrmilnika, da bo dodatne merilne kanale odčital in izmerjene temperature prikazal.

Za bolj natančno merjenje na določenem temperaturnem območju bi bilo potrebno tudi spremeniti vrednosti uporov mostiča ter ojačenje elektrometerskega ojačevalnika. Z zmanjševanjem merilnega (in temu prirejeno ojačenje za merilno območje vhoda AD pretvornika) se povečuje ločljivost merilnika. Različne kanale bi lahko uporabljali za različna merilna območja. Z uporabo multiplekserjev in



razširitvijo kanalov na več različnih merilnih vezij prirejenimi samo za določeno področje temperatur pa bi lahko merilno področje nastavljali avtomatsko (avto range) s programom.

Za bolj natančno točkasto merjenje bi lahko določen merilni kanal priredili in uporabili za merjenje s termočlenom. Potrebno bi bilo zamenjati mostično vezje z ojačevalnikom primernim za nizke napetosti termočlena s kompenzacijo hladnega spoja.

RS232 povezavo bi se dalo nadomestiti ali dopolniti z možnostjo priklopa preko USB povezave, ki je bolj razširjena.

Žična povezava z računalnikom bi se lahko zamenjala s shranjevanjem izmerjenih vrednosti na SD kartico ali z brezžično povezavo.

Merilnik bi bilo smiselno nadgraditi z regulacijo merjenih temperatur. Na mikrokrmilniku je ostalo še 18 neuporabljenih kanalov, ki jih lahko uporabimo kot izhodne kanale s katerimi preko relejskih izhodov krmilimo grela ali ventilatorje. Za zvezno regulacijo lahko uporabimo tudi triake namesto relejev.

NADGRADNJA PROGRAMSKE OPREME

Ker se v življenjski dobi lastnosti električnih komponent spreminjajo njihove lastnosti, se spreminja tudi točnost in napaka izmerjene temperature. To kompenziramo s primerjanjem izmerjene temperature z naprej znano temperaturo in ponastavitvijo izmerjene temperature. Za lažjo ponastavitev vrednosti bi bilo smiselno dodati možnost kalibracije merilnika, s katero bi ponastavili razliko med izmerjeno in dejansko temperaturo. Potrebno bi bilo dodati tipkovnico in poseben meni v programu, v katerem bi se te nastavitve spreminjale. Smiselna bi bila tudi možnost nastavitve tovarniških nastavitvev. Za omejitve vstopa v kalibracijski meni bi bilo potrebno nastaviti ključ.

Smiselna bi bila tudi obdelava izmerjenih vrednosti na samem merilniku. S shranjevanjem izmerjenih vrednosti v RAM mikrokrmilnika bi bilo možno tudi prikazi pretekle izmerjene vrednosti, povprečno vrednost v časovnem obdobju, najvišjo ter najmanjšo izmerjeno temperaturo ter čas izmerjene temperature. Potrebna bi bila tipkovnica ter dodatni programski meniji v katerih bi te spremenljivke lahko nastavljali.

S shranjevanjem izmerjenih temperatur v flash pomnilnik mikrokrmilnika bi lahko prebrali izmerjene podatke tudi v po odklopu merilnika.

ZAKLJUČEK

Izdelava merilnika je bila zelo zanimiva, veliko novega sem se naučil o merjenju temperatur z mostičnimi vezji, ojačevalnikih, načrtovanju električnih vezij, programiranju mikrokrmilnika, izdelovanju tiskanih vezij, podatkih komponent, prilagajanju vhodnih in izhodnih napetostnih nivojev.