

# Jednoduchý rozdielový termostat pre obehové čerpadlo ústredného kúrenia

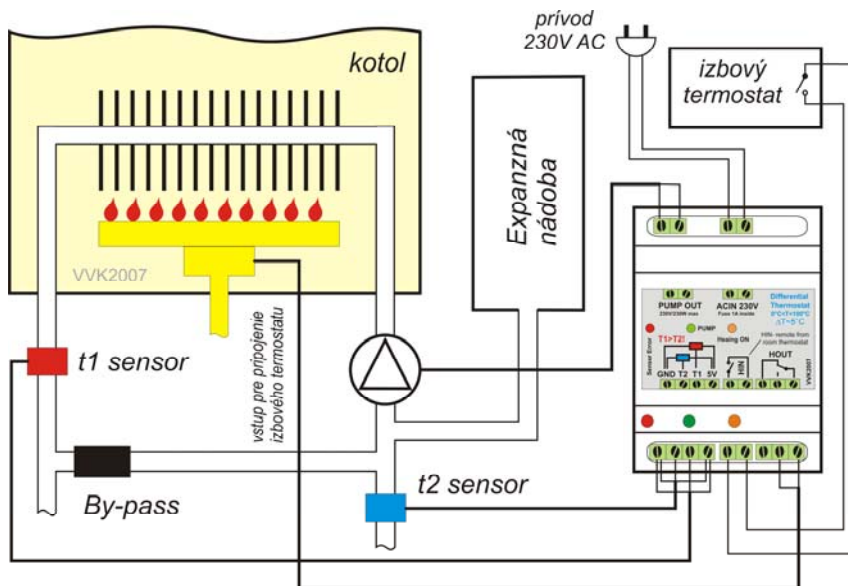
Valentin Kulikov

Na stránkach AR bolo publikovaných už niekoľko zapojení rozdielových termostatov [1-3] s aplikáciou pre slnečné kolektory, ústredné kúrenie [4] a pre ďalšie [5]. Popisované zapojenie je určené pre riadenie obehového čerpadla ústredného kúrenia na báze pevného paliva, pričom je ho možné aplikovať pre kotle, či už plynové alebo elektrické. Úsilie bolo zamerané na zostrojenie konštrukčne jednoduchého zariadenia s vysokou spoľahlivosťou pre nepretržitú prevádzku. Jadrom popisovaného termostatu je mikrokontrolér z dielne ATMEL s označením ATtiny15L, ktorý v sebe zahŕňa AD prevodník s diferenciálnym zosilňovačom. Na mieste senzorov teploty boli použité polovodičové senzory LM35D od National Semiconductor [6-8, 11], ktoré majú napätový výstup, presnosť  $\pm 1^\circ\text{C}$ , a nevyžadujú kalibráciu. Zapojenie je doplnené obvodmi pre ovládanie čerpadla a kotla izbovým termostatom. Taktiež zahŕňa doplnkové funkcie, ako kontrolu pripojenia senzorov a spúšťanie čerpadla počas letnej sezóny, ako prevenciu proti zablokovaniu čerpadla počas usadzovania nečistôt v obehovom systéme. Okrem primárnej funkcie, pre ktorú toto zapojenie bolo navrhnuté, je ho možné priamo použiť pre riadenie obehového čerpadla slnečného kolektora, prípadne s drobnými HW a SW modifikáciami ako klasický programovateľný termostat s alarmom, hladinový spínač a pod.



## Opis funkcie

Rozdielový termostat sa pripája medzi kotol a izbový termostat, ako je naznačené na principiálnej schéme na Obr. 1. Spotreba termostatu je nízka a v podstate je daná hlavne príkonom použitého sieťového transformátora ( $< 2 \text{ VA}$ , namerané  $1,8 \text{ VA}$ ). Do termostatu sú privedené signály z dvoch teplotných senzorov pomocou trojžilových vodičov (Vcc, OUT, GND). Spínací obvod pre čerpadlo je dimenzovaný na  $230 \text{ VAC}$ , pričom príkon záťaže nesmie presiahnuť hodnotu  $230 \text{ VA}$ , danú hodnotou použitej poistky F1 ( $1 \text{ A}$ , Obr. 2) a veľkosťou chladiča použitého pre spínací prvok. Rozdielový termostat obsahuje vstup pre izbový termostat (ohrev je aktivovaný, ak sú svorky vstupu Heat IN v skrate, t.j. relé izbového termostatu je zopnuté). Tento signál sa prostredníctvom vnútorných obvodov prenáša na výstup Heat OUT, a tým riadi spúšťanie obehového čerpadla a kotla. Termostat je možné použiť pre riadenie obehového čerpadla vykurovacieho systému na pevné palivo, vtedy sa Heat IN vstup a Heat OUT výstup nepoužívajú. Sensory, vstupný obvod pre izbový termostat



a výstupný obvod pre kotol sú galvanicky oddelené od sieťového napätia  $230 \text{ VAC}$ . Pozor, časti zariadenia ako napríklad sieťový transformátor a spínací obvod, sú počas prevádzky pod napätím  $230 \text{ VAC}$ . Preto počas testovania a pri prípadnej výmene poistky F1, je nutné dodržať bezpečnostné predpisy (nevymieňať poistku pod napätím, atď.).

Obr. 1. Principiálna schéma vykurovacieho systému s rozdielovým termostatom

Schéma zapojenia rozdielového termostatu je uvedená na obr. 2. Ako už bolo spomenuté, jadrom zapojenia je mikrokontrolér (MCU) Atmel ATtiny15L. Tento okrem základných blokov obsahuje 10bit ADC prevodník s analógovým multiplexerom a rozdielovým zosilňovačom s pevne

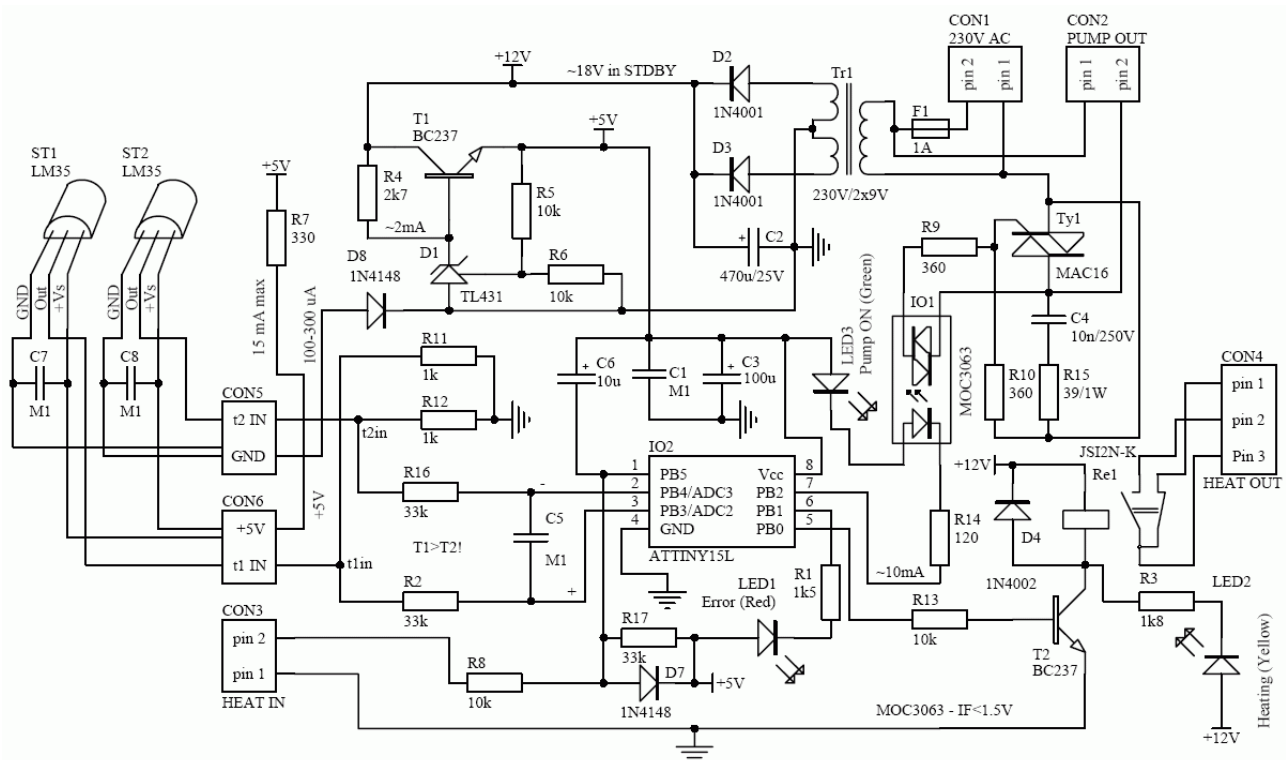
nastaveným zosilnením  $A=20$ . Teplota je meraná pomocou senzorov LM35D, ktoré podľa katalogového listu [6] pracujú v rozsahu napätia 4-20 V a závislosť ich výstupného napätia od teploty je lineárna s koeficientom  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  ( $0^\circ\text{C}$  zodpovedá výstupné napätie 0 V,  $100^\circ\text{C}$  napätie 1 V). Na výstup LM35 (medzi OUT-GND, obr. 2) je možné priamo pripojiť voltmeter s vysokompedančným vstupom (DMM) a rozsahom 0-2 V, pričom zobrazovaný údaj bude korešpondovať nameranej teplote ( $100^\circ\text{C}=1000\text{mV}$ ). Výstupné signály z teplotných senzorov ST1 a ST2 sú privedené na vstupy rozdielového zosilňovača, označené ADC2 (PB3+) a ADC3 (PB4-), cez dolno-priepustný filter tvorený

Hodnotu referenčnej teploty je možné voliť v rozsahu približne od 3 do  $24^\circ\text{C}$ , a to zmenou hodnoty prvého Bytu v EEPROM pamäti MCU, bude popísané nižšie. Treba si uvedomiť, že aj napriek tomu, že výrobca udáva typickú dosahovanú presnosť pre LM35D rovnú  $\pm 0,6^\circ\text{C}$  pri  $25^\circ\text{C}$ , maximálna dovolená chyba pre LM35D môže byť až  $\pm 1^\circ\text{C}$  pri  $25^\circ\text{C}$  (pre najhorší prípad). Pre LM35A a LM35CA je táto chyba  $\pm 1^\circ\text{C}$ , ale to sa značne odzrkadľuje aj na cene senzora. Z tohto vyplýva aj dolná povolená hranica  $3^\circ\text{C}$  a viac (odporúčaná je  $5^\circ\text{C}$ ). A to neuvažujeme o smernici  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ , ktorá má tiež svoju chybu.

Obr. 2. Schéma zapojenia rozdielového

úbytku napätia 0,5-0,7 V pre teplotné senzory z dôvodu detekcie ich správneho pripojenia. Diódou D8 tečie prúd z obidvoch senzorov (50-300 uA, podľa teploty). Rezistor R7 obmedzuje maximálny prúd do senzorov a limituje maximálny prúd do senzorov, a tým chráni napájaciu časť termostatu voči skratu. Počas výskytu chyby senzora je čerpadlo riadené zároveň s Heat IN signálom.

Signál z izbového termostatu (kontakt relé) je privedený cez prispôbovací obvod, tvorený R8, R17, C6 a D7, na vstup PB5. Rezistor R17 je použitý z dôvodu absencie "pull-up" rezistora na RESET/PB5 vstupe MCU a R8 spolu s C6 tvoria dolno-priepustný filter. Je dôležité, aby napätie na vstupe PB5 nepresiah-



R2, R16 a C5. Rozdielové napätie je zosilnené 20-krát a porovnávané, v každom cykle kódu MCU, so zvolenou referenčnou hodnotou (predvolené  $\sim 5^\circ\text{C}$ ). Ak je teplotný rozdiel väčší ako zvolená referenčná hodnota, MCU zapne obehové čerpadlo, a to prostredníctvom signálu s hodnotou log 0 na výstupe PB2, ktorý zopne optotriak IO1 (optotriak so spínaním v nule) a ten zopne triak Ty1. Hodnoty komponentov R9, R10 pre spínanie triaku boli prevzaté z katalogového listu pre MOC3063 [15]. Aktívny stav čerpadla je indikovaný zelenou LED diódou LED2.

vého termostatu

Rezistory R11, R12 prúdovo zaťažujú ( $\sim 1\text{mA}$ ) výstupy teplotných senzorov (zlepšenie odolnosti voči rušeniu) a zároveň slúžia pre kontrolu pripojenia senzorov. Ak je jeden zo senzorov odpojený, na patričnom vstupe ADC prevodníka sa objaví nulové napätie (0-0,3 V), ktoré MCU vyhodnotí ako chybu senzora. Chyba sa vyhodnotí aj v prípade, že napätie je vyššie ako 2 V (1V na senzore +0,7V na D8 + rezerva). Tento stav je indikovaný LED diódou LED1, riadenou signálom na výstupe PB1. Dióda D8 je použitá na vytvorenie

lo hodnotu 6 V [9], pri ktorej môže dôjsť k resetu MCU (PB5/RST nemá na vstupe ochrannú ESD diódu, pretože sa používa počas vysokonapäťového HV programovania, kedy sa na tomto výstupe vyskytuje napätie 12 V). Signál z PB0 je invertovaný v porovnaní so vstupným signálom z PB5. Signál z PB5 ovláda relé Re1, ktoré je použité pre spúšťanie plynového, prípadne elektrického kotla. Relé je zopnuté vtedy, ak na vstupe PB5 je napätie nižšie ako 3 V (svorky Heat IN skratované). V tomto prípade je na výstupe PB0 napätie  $\sim 5\text{V}$ , ktoré budí relé Re1 prostrednic-

tvom T2. Tento stav (ohrev) je indikovaný LED diódou LED2. Takéto nepriame riadenie bolo zvolené pre prípad zlyhania behu riadiaceho programu, kedy by zlyhalo programové zapnutie obehového čerpadla.

Termostat je napájaný zo sieťového transformátora Tr1 s dvojitým sekundárnym vinutím. Napätie je usmernené diódami D2 a D3 a vyhladené kondenzátorom C2. Napätie na C2 dosahuje hodnoty 12-18 V podľa zaťaženia, preto C2 kondenzátor musí byť dimenzovaný na napätie minimálne 25 V. Toto napätie je použité, okrem budenia relé Re1, aj na stabilizáciu 5 V pomocou presnej referencie D1 (2,5V), tranzistora T1 a odporov R4-R6. 5 V napätie sa využíva na napájanie samotného procesora, senzorov teploty a zároveň sa používa ako referenčné napätie pre AD konvertor MCU. Čo sa týka zapojenia, ide o klasické zapojenie stabilizátora napätia s NPN tranzistorom, ale namiesto Zenerovej diódy je pozitívna referencia napätia TL431. Rezistory R5 a R6 vytvárajú napäťový delič 1:2, z ktorého sa odvodzuje výstupné napätie 5V.

Zapojenie rozdielového termostatu je možné realizovať na analógovej báze [1, 14], ale je konštrukčne náročnejšie a jeho funkcia nie je jednoducho modifikovateľná, na rozdiel od zapojení využívajúcich MCU, kde stačí upraviť riadiaci program.



Obr. 3. Praktická realizácia rozdielového termostatu

### Popis riadiaceho programu MCU

Zdrojový kód pre MCU bol vytvorený pod prostredím Atmel AVR studio 4 a je napísaný v AVR assembleri. Beh programu je podrobne zachytený v diagrame na Obr. 4. Po rešte MCU sa nastavujú jednotlivé porty, príslušné signály na nich a nastaví sa

register OSCCAL, do ktorého sa zapíše hodnota prečítaná z EEPROM pamäte (EEAR 0x00 – EEPROM adresový register). Táto hodnota predstavuje fabriky kalibračný Byte pre nastavenie vnútorného RC oscilátora MCU na hodnotu 1,6 MHz. Ak je hodnota v OSCCAL registri rovná 00h, potom oscilátor kmitá na najnižšej možnej frekvencii (~0,8 MHz). Ak je do OSCCAL registra zapísaná hodnota vyššia, potom hodnota frekvencie oscilátora je vyššia. RC kalibračný Byte je zaznamenaný výrobcom v „signature address space“ [9] a počas resetu ATtiny15L nie je zapisovaný do OSCCAL registru. Preto počas programovania FLASH pamäti MCU je potrebné prečítať túto RC kalibračnú hodnotu a zapísať ju pomocou programátora na prvé adresné miesto EEPROM pamäte (400h), odkiaľ si ju MCU programovo číta. Ak by sa na tento zápis pozabudlo, v podstate sa nič podstatné nestane, jednoducho sa iba predĺžia jednotlivé čakacie slučky procesora (napríklad namiesto ~60s, bude čerpadlo bežať ~90s a pod.). Takéto obmedzenie sa dá obísť použitím novej verzie procesora, napríklad ATtiny25 (ale toto si vyžaduje revíziu zdrojového kódu).

V ďalšom kroku program overí hodnotu na vstupe Heat IN (stav z izbového termostatu), ak je táto hodnota rovná log. 0 (napätie pod 3 V), potom aktivuje výstup pre čerpadlo a taktiež výstup pre kotel, toto sa opakuje v cykle návratmi do bodu A, pokiaľ je Heat IN v logicekej 0. Ak sa na vstupe Heat IN objaví log. 1, program pokračuje konfiguráciou analógovo-digitálneho prevodníka ADC (tu sa využíva 8 bitové rozlíšenie) a vstupného multiplexora. Potom program zmeria a porovná hodnoty napätí z teplotných senzorov. Ak sú tieto napätia mimo definovaný rozsah ( $2\text{ V} < V_{in} < 0,3\text{ V}$ ;  $V_{in}$  napätie z konkrétneho tepelného senzora), aktivuje sa výstup pre indikáciu chyby senzorov (PB1) a beh programu sa vracia naspäť do bodu A. Tento chybový výstup sa aktivuje aj v prípade, ak je rozdiel napätí z teplotných senzorov negatívny (zámena poradia senzorov  $T_2 > T_1$ ) a väčší ako ~250 mV (čomu zodpovedá teplota ~25°C).

Ak sú napätia z teplotných senzorov v definovanom rozsahu, program pokračuje v nastavení ADC

a multiplexora s rozdielovým zosilňovačom ( $A=20$ ). Ak je rozdiel nameraných napätí, ktorý je priamo úmerný teplote, väčší ako referenčná hodnota (TREF), procesor aktivuje výstup čerpadla, čaká ~1 s a vracia sa naspäť do bodu A. Tento cyklus trvá, pokiaľ rozdiel teplôt  $t_1$  a  $t_2$  neklesne pod referenčnú hodnotu TREF. Hodnota TREF je voliteľná v rozsahu ~3 až ~24°C, a to hodnotou naprogramovanou v druhom Byte EEPROM pamäte (Adresa 401h). Ak je táto hodnota menšia ako 1Fh, čomu zodpovedá teplota 3°C, alebo rovná FFh (EEPROM nenaprogramovaná), potom program použije prednastavenú hodnotu 33h (5°C).

Keď teplota  $t_1$  klesne pod teplotu  $t_2 + TREF$ , program čaká 60 sekúnd, pričom je čerpadlo počas tohto času stále spustené a potom sa vracia naspäť do bodu A.

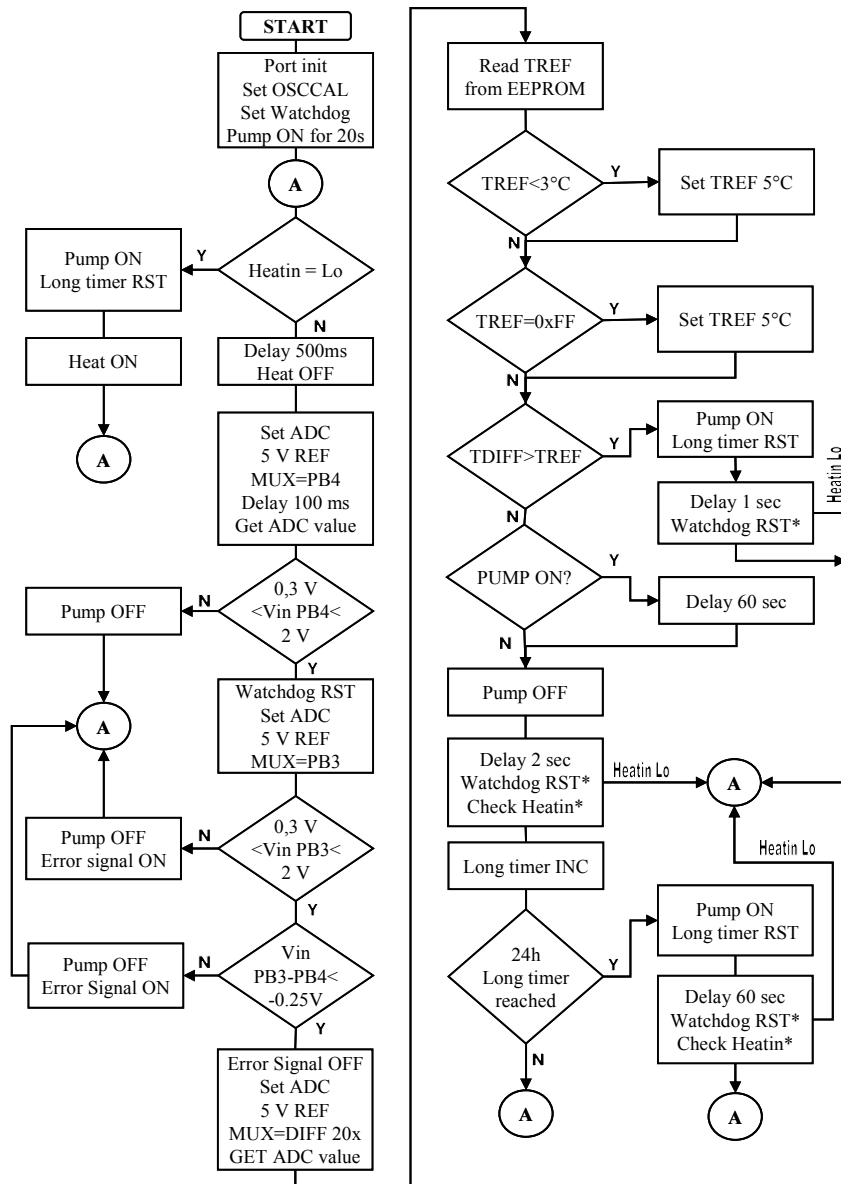
Ak počas jedného kompletného cyklu programu nedôjde k aktivácii vstupu Heat IN a taktiež rozdiel teplôt je stále menší ako TREF, potom dochádza k jednotkovému prírastku v registroch pre 24 hodinový časovač. Ak sa tento stav zachová najbližších ~24 hodín, program aktivuje čerpadlo na 60 sekúnd. Toto sa používa počas letnej sezóny ako prevencia zablokovania čerpadla nečistotami vo vykurovacom systéme. Každé spustenie čerpadla vyvolané zmenou stavu na vstupe Heat IN alebo rozdielom teplôt, nuluje 24h časovač.

Počas všetkých čakacích slučiek program kontroluje stav na vstupe Heat IN a resetuje „Watchdog“ časovač. Ak dôjde počas čakacej slučky k výskytu log. 0 na vstupe Heat IN, slučka sa preruší a program sa vráti naspäť do bodu A a proces sa opakuje.

Zdrojový kód zaberá približne tretinu FLASH pamäte MCU a je ho možné nájsť vrátane komentárov a HEX súboru na stránkach Amatérskeho Rádía [10]. Pozor, aby zapojenie správne fungovalo, je nutné správne naprogramovať FUSES (všetky naprogramované), predovšetkým RST DISBL (ktorým sa zakáže RST, a namiesto neho sa použije alternatívna funkcia PB5 vstupu pre Heat IN signál). Keďže Atmel.hex súbory neobsahujú nastavenie FUSES (konfiguračných bitov), musia byť nastavené manuálne priamo v obslužnom programe použitého programátora.

Zdrojový kód bol odladený pomocou STK100 starter kitu, ale vzhľadom na jeho nedostatky (ohľadom RST pinu) bol procesor finálne naprogramovaný pomocou ELNEC programátora.

Obr. 4. Postupový diagram riadiace-



ho programu

### Konštrukcia a oživenie termostatu

Termostat je zostrojený na jednostrannej doske plošných spojov (DPS) s rozmermi 84 x 64 mm, uvedenej na Obr. 5. Na DPS sú umiestnené všetky komponenty vrátane signalizačných LED diód. Prívody LED diód sú predĺžené vhodným medenými vodičmi nasunutými do vhodných plastových trubičiek. Pre

túto konštrukciu boli použité trubičky z vatových tyčínok, ako je to možné vidieť na Obr. 3. (v dolnej časti, pri DPS boli trubičky s prívodmi zaliate epoxidom k DPS). Po osadení DPS (transformátor osadíme nakoniec), ešte pred osadením MCU do päťice, je potrebné skontrolovať napájacie napätia. Na katóde

podľa popisu vyššie. Poznámka: použité rezistory sú axiálne 5%/0,25 W, ak nie je uvedené inak, kondenzátor C4 je možné použiť s roztečou vývodov 10 alebo 15 mm, vhodný chladič pre tyristor je možné objednať v SOS, prípadne si ho vyrobiť z hliníkového plechu.

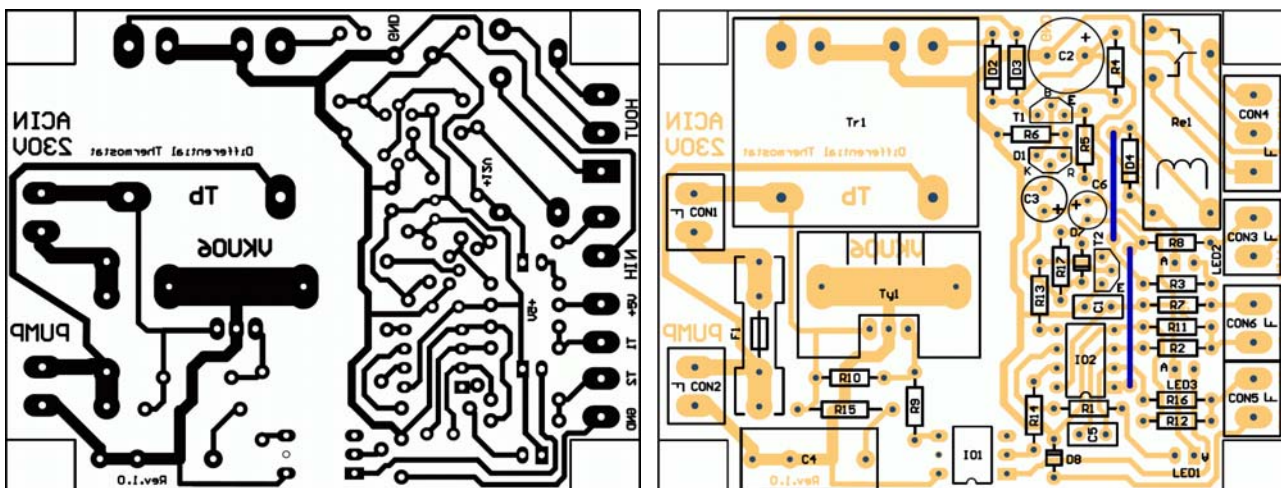
DPS je vyrobená fotocestou [13] a je umiestnená v krabičke na DIN lištu s rozmermi 66 x 67 x 90 mm (dodávateľ SOS). Táto krabička už má takmer všetky potrebné otvory, stačí dovŕtať tri otvory pre LED diódy. Ich priemer a typ nie sú kritické (vrtací predpis nie je kvôli jednoduchosti priložený, v podstate stačí namerať a navŕtať otvory podľa DPS pre použité LED). Na vrchnú stranu krabičky je prilepený štítok, ktorý bol vytlačený na farebnej tlačiarňi (s dobrou stálosťou farieb, laser, solidink, atď) a zalaminátovaný do fólie s jednou lepiacou stranou. Ak nie je po ruke jednostranná lepiaca laminátovacia fólia, je možné štítok prilepiť pomocou sekundového lepidla, ale zadnú stranu štítka je potrebné zdrsniť. Krabička sa vhodným spôsobom upevňuje na stenu v blízkosti kotla a čerpadla pomocou upravenej DIN lišty na Obr. 7. Dĺžka lišty je rovnaká ako šírka krabičky, pričom upravená stredná časť slúži na fixáciu polohy krabičky voči lište. Všetky použité komponenty pre termostat boli zakúpené v RLX [16] a SOS [17].

Odporúčenie: aj napriek tomu, že termostat detekuje základné chyby pripojenia senzorov, je vhodné po montáži termostatu overiť napätia na výstupoch senzorov (priamo na svorkovnici, pomocou vhodného DMM). Tieto napätia musia byť v rozsahu 0-1 V podľa teploty, prakticky 0 V by bolo pri teplote 0°C, ale to by už bol vykurovací systém zamrznutý.

Obr. 5. Spodná strana DPS s rozmermi 84x64 mm

Obr. 6. Rozloženie súčiastok na DPS (vrchná strana)

D2 (D3) voči pinu č. 4 (GND) na päťici MCU by malo byť napätie 11-19 V (maximálne ak nesvieti ani jedna LED a zariadenie je v stave minimálneho odberu). Na pine č. 8 voči pinu č. 4 (GND) má byť napätie 5 V  $\pm 2,2\%$  [12] a na pine č. 1 MCU voči GND má byť napätie približne 5 V (merané voltmetrom s vysokoimpedančným vstupom, DMM). Po overení napätí osadíme MCU. Ak počas konštrukcie nedošlo k chybám a MCU je správne naprogramovaný, zariadenie pracuje na prvé zapojenie



Obr. 7. Upravená DIN lišta

### Elektrické pripojenie senzorov a ich mechanická konštrukcia

Cieľom bolo pripevniť senzory teploty priamo na vstupné a výstupné potrubie, čo najjednoduchším spôsobom. Jedno možné riešenie zachytáva fotografia na Obr. 8. LM35D boli uchytené v držiakoch vyrobených z netvrdeného hliníkového plechu, hrúbky 0,2 až 0,5 mm o rozmeroch približne 50 x 25 mm. Aby mal senzor dobrý tepelný kontakt s podložkou a dobre držal, je umiestnený do vytvarovaného lôžka a vrátane prívodov bol zaliaty epoxidom. Aby epoxid dobre držal na hliníkovej podložke, sú pod prípojmi, ešte pred osadením senzora, vyvrtané dva otvory priemeru ~2 mm, do ktorých epoxid zatiekol. Takéto držiaky boli upevnené priamo na potrubie pomocou rýchlo sťahovacej pásky Ich konečné zaoblenie bolo formované priamo na potrubí. K vonkajším skrátenejším vývodom LM35 (TO92) boli prispájkované SMD keramické kondenzátory a trojžilový kábel (pásovú vodiče,

dlhé ~0,5 m). Poznámka: pre dlhšie vedenia je potrebné použiť tienenu dvojlinku a paralelne ku keramickým kondenzátorm pridať SMD rezistory (veľkosť 1206) s hodnotami 2k2. V takomto prípade je vhodné na opačnej strane držiaka vytvoriť lôžko pre uchytenie samotnej dvojlinky.



Obr. 8. Mechanická konštrukcia teplotných senzorov

### Záver

Prototyp termostatu bol zostrojený pôvodne pre meranie signálu z kremíkových senzorov typu KTY10-6, ale neskôr kvôli potrebe kalibrácie (nelinearita a chyba senzorov) boli tieto senzory zamenené senzormi LM35D. Je vidieť, že tu popísaná finálna verzia sa mierne líši od pôvodnej z Obr. 3, a to nepatrnými zmenami v rozmiestnení komponentov.

HEX súbor, zdrojový kód (asm), predný štítok pre krabičku, DPS v PDF formáte sú k stiahnutiu na stránkach Amatérského Rádia. MCU si konštruktéri môžu naprogramovať

sami, ale upozorňujem, keďže RST pin má po naprogramovaní FUSES inú funkciu (vstupný pin), nie je možné už naprogramovaný procesor re-programovať (mazať) pomocou nízkonapäťových (ISP) programátorov ako napríklad PonyProg, AT-MEL ISP a pod. Jediná možnosť je použiť programátor s HV (High Voltage) módom napríklad STK500, Elnec atď. Pre tých, ktorí vhodný programátor nemajú k dispozícii, ale aj napriek tomu si chcú tento termostat skonštruovať, je možné objednať naprogramovaný procesor priamo od autora. (kontakt a cena dostupná v redakcii). Celkovú spotrebu termostatu je možné zmenšiť použitím 1 VA sieťového transformátora. Odoberaný prúd elektronikou z 12 V je menší ako 50 mA, čo znamená, že jednosmerný príkon je menší ako 0,6 W. Z dôvodu dostupnosti bol počas vývoja použitý 2 VA transformátor. Ďalšie zníženie príkonu (pod 150 mW v kľudovom režime) je možné dosiahnuť použitím vhodného spínaného zdroja, ale o tom niekedy inokedy.

## Zoznam použitých súčiastok

F1	SI-HA112000+112100 ECO (SOS)
D1	TL431, TO92 (SOS)
D2, D3, D4	1N4001 (1N400X)
D5, D6, D7, D8	1N4148 alebo KA261
ZD1	4V7/0,5W
LED1	LED3 mm, červená
LED2	LED3 mm, zelená
LED3	LED3 mm, žltá
R1	1k5
R2, R16, R17	33k
R3	1k8
R4	2k7
R7	330
R5, R6, R8, R13	10k
R9, R10	360 Ohm
R11, R12	1k
R14	120 Ohm
R15	39/1W
C1, C5	M1/25V keramický
C7, C8	M1/25 SMD 1206
C2	470u/25V (Radial 10x13x5)
C3	100u/16V (Radial 6,3x11x2,5)
C6	10u/16V (Radial 2 mm)
C4	10n/400V MKT RM10 alebo RM15
Tr1	Transformátor EI30-15,5, 2X9V 2VA 230V Myrra (SOS)
IO2	ATtiny15L
T1, T2	BC237 (BC547), TO92
Ty1	MAC16
IO1	MOC3063
Re1	JS-12 NK, Relé výkonové 12V 10A 1c 660R
CON1, 2, 3, 5, 6	MBE152-5-V (SOS)
CON4	MBE153-5-V (SOS)
Senzory t1 a t2	LM35D alebo LM35C (SOS)
Krabička	KPDIN 4 Krabička 66x67x90mm na DIN lištu (SOS)

## Zoznam literatúry

- [1] Amatérské Rádio PE, 2/99
- [2] Amatérské Rádio PE, 5/2005, str. 8
- [3] Amatérské Rádio PE, 5/2006, str. 31
- [4] Amatérské Rádio PE, 12/99
- [5] Amatérské Rádio PE, 1/2000, str. 10
- [6] Datasheet pre LM35, <http://www.national.com>
- [7] Amatérské Rádio PE, 05/2003, str. 13
- [8] Amatérské Rádio PE, 06/2003, str. 18
- [9] Datasheet pre ATtiny15L, <http://www.atmel.com>
- [10] Assembler + HEX pre ATtiny15L, <http://www.aradio.cz/>
- [11] Ročenka Electus 98, str. 34
- [12] Datasheet pre TL431, <http://www.onsemi.com>
- [13] Amatérské Rádio PE, 12/2003, str. 14
- [14] Amatérské Rádio PE, 11/2000, str. 26
- [15] Datasheet pre MOC3063, <http://www.fairchildsemi.com>
- [16] RLX, <http://www.rlxcomponents.eu>
- [17] SOS, <http://www.sos.sk>