

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

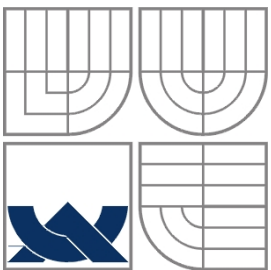

TERMOSTAT KRYSTALOVÉHO OSCILÁTORU  
S PELTIÉROVÝM ČLÁNKEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

VLASTIMIL VACULÍK

BRNO 2008

	<p>VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY</p>
	<p>FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY</p> <p>FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS</p>

## TERMOSTAT KRYSTALOVÉHO OSCILÁTORU S PELTIÉROVÝM ČLÁNKEM

THERMOREGULATOR BASED ON PELTIER DEVICE FOR CRYSTAL  
OSCILLATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR  
VEDOUVÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Vlastimil Vaculík  
Ing. Jiří Šebesta Ph.D.

BRNO 2008

# LICENČNÍ SMLOUVA

## POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

### 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Vlastimil Vaculík  
Bytem: Liptál 357 , Liptál , 75631  
Narozen/a (datum a místo): 24.srpna 1986 ve Vsetíně

(dále jen „autor“)

a

### 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika  
(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
  - diplomová práce
  - bakalářská práce
  - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Termostat krystalového oscilátoru s Peltierovým článkem

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jiří Šebesta , Ph.D.

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: \_\_\_\_\_

VŠKP odevzdal autor nabyvateli\*:

- v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

---

\* hodící se zaškrtněte

## Článek 2

### Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy  
(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## Článek 3

### Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 6. června 2008

.....  
Nabyvatel

.....  
Autor

## Abstrakt

Tato práce se zabývá konstrukcí zařízení s použitím Peltierova článku pro regulaci teploty vysokofrekvenčního krystalového oscilátoru.

Zařízení používá pro svou činnost několik důležitých částí, a to : digitální čidlo firmy DALLAS, komunikující s mikrokontrolérem řady AVR firmy ATMEL po jednoduché sběrnici. Mikrokontrolér je naprogramován tak, aby mohl jednoduše vykonávat obsluhu řízení proudu elektronickým komutátorem, na který je připojen samotný Peltierův článek a tím řídit teplotu v izolovaném prostředí, v němž je umístěn celý oscilátor.

## Abstract

This work deals with construction of devices for temperature regulation of high-frequency crystal oscillator by using Peltier cell. This device uses several important parts for its operation : DALLAS digital sensor communicating with AVR microcontroller (ATMEL) connected with simple data bus. Microcontroller is programmed so it can easily execute current control by using commutator (which is connected right to the Peltier cell) and that way control temperature in isolated environment where the whole oscillator is situated.

## Klíčová slova

Peltierův článek, termobaterie, teplota, integrátor, komutátor, regulace, ATMEL, ATtiny2313, DALLAS, DS18S20

## Keywords

Peltier coolers, thermobarety, temperature, integrator, comutator, regulation, ATMEL, ATtiny2313, DALLAS, DS18S20

## Bibliografická citace

VACULÍK, V. *Termostat krystalového oscilátoru s Peltierovým článkem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

# Prohlášení

Prohlašuji, že svůj semestrální projekt na téma Termostat krystalového oscilátoru s Peltiéroým článkem jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedeného semestrálního projektu dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 6. června 2008

.....  
podpis autora

# Poděkování

Děkuji vedoucímu projektu Ing. Jiřímu Šebestovi Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 6. června 2008

.....  
podpis autora

# Obsah

<b>1</b>	<b>Peltierovy termočlánky</b> .....	9
1.1	Vznik Peltierova efektu.....	9
1.2	Peltierův článek.....	10
1.3	Vlastnosti a výkon Peltierova článku .....	11
<b>2</b>	<b>Regulace teploty</b> .....	14
2.1	Nespojitá regulace .....	14
2.2	Spojité (Kontinuální) regulace .....	15
2.3	Regulační prvky .....	16
<b>3</b>	<b>Požadavky</b> .....	16
3.1	Požadavky kladené na zařízení .....	16
<b>4</b>	<b>Konstrukční díly regulátoru</b> .....	17
4.1	Integrovaný obvod ATtiny2313 .....	17
4.2	Digitální teplotní čidlo DS18S20.....	18
4.3	Elektronický komutátor s unipolárními tranzistory .....	19
4.4	Integrátor (D/A převodník).....	21
4.5	Stabilizace napětí integrovaným stabilizátorem .....	22
4.6	Nastavování teploty pomocí Jumperů .....	22
4.7	Komunikace na sériovém rozhraní RS 232.....	23
4.8	Popis programu mikrokontroléru .....	24
<b>5</b>	<b>Konstrukční řešení regulátoru</b> .....	25
5.1	Popis zapojení .....	25
5.2	Deska plošného spoje.....	27
5.3	Konstrukce krabičky .....	29
5.4	Přední stěna krabičky.....	30
5.5	Postup oživování.....	31
5.6	Rozpiska součástek .....	32
<b>6</b>	<b>Závěr</b> .....	33
<b>7</b>	<b>Seznam použité literatury</b> .....	34

## Úvod

Světový producent, firma Dallas, vyrábí mnoho nejrůznějších jednoúčelových integrovaných obvodů, mezi něž patří také inteligentní digitální teplotní čidla řady DS18x20, které ke komunikaci používají novou technologii, po 1-Wire sběrnici.

Ideálním použitím je tento obvod spojit s mikropočítači ať už PIC16Fxx firmy MICROCHIP nebo obvody ATtinyxx nebo ATmegaxx nové řady AVR od firmy ATMEL.

Výhodou spolupráce obou zařízení je fakt, že je lze napájet z baterií, tím stoupá univerzálnost a možnost použití i v přenosných zařízeních, jako jsou digitální teploměry, meteorologické stanice atd..

V mém případě se jedná o návrh konstrukce a jejího odzkoušení, která má za úkol udržovat přesnou a stabilní teplotu v lokálním krystalovém oscilátoru.

Pro tuto aplikaci jsem vybral mikrokontrolér řady AVR typu ATtiny2313 a digitální čidlo Dallas DS18S20, které společně s Peltierovým článkem budou udržovat teplotu na konstantní předem nadefinované hodnotě, buďto ohřevem nebo chlazením krystalového oscilátoru tak, aby kmitočet zůstal po celou dobu pokud možno co nejvíce konstantní.

# 1 Peltierovy termočlánky

Peltierovy termočlánky ( TEC ) pracují na principu přeměny elektrické energie na teplo případně chlad. Jejich využití je všestranné, a pro svou jednoduchost také hojně rozšířené, proto se využívají například pro tyto účely :

- Termoelektrické chlazení, které je pro svou jednoduchost velmi často využíváno v nejrůznějších aplikacích, kde je třeba dosahovat teplot blízkých nule, nebo i několik desítek pod ní.
- Termoelektrický ohřev, je taktéž díky jednoduchosti regulace teploty a velmi rychlé odezvy používán především tam kde je kladen důraz na rovnoměrnost ohřevu po celé ploše.
- Výroba elektrického proudu pomocí Peltierova článku je málo využívána, protože topné termočlánky nejsou vhodné pro výrobu elektrického proudu.

## 1.1 **Vznik Peltierova efektu**

Vlastní termočlánek vynalezl na základě Seebeckova efektu na počátku 19. století Jean Charles Athanase Peltier .

Seebeckův jev říká, že : - jsou-li spojeny dva vodiče z různých kovů do uzavřeného obvodu a mají-li spoje různou teplotu  $T_1$  a  $T_2$  , protéká obvodem elektrický proud.

Peltierův jev říká, že : - protéká-li stejnosměrný elektrický proud z vnějšího zdroje Seebeckovým obvodem, pak vzniká teplotní rozdíl mezi oběma spoji. Teče-li proud z vnějšího zdroje daným spojem stejným směrem, jaký má proud při ohřátí tohoto spoje v Seebeckově jevu, pak se daný spoj ochlazuje. Prochází-li proud směrem opačným, pak se spoj ohřívá. Peltierův efekt závisí na druhu kovů a na jejich teplotě.

## 1.2 Peltierův článek

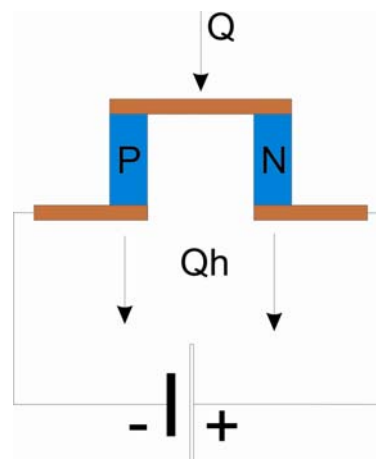
Peltierův článek, se skládá ze dvou polovodičových těles a měděného spojovacího můstku, které mají za úkol jednak přivod elektrické energie a jednak absorbují a vyzařují teplo. Základní principiální zapojení Peltierova článku je znázorněno na obr. 1.1.

$Q$ .....teplo přijaté

$Q_h$  .....teplo vyzářené

$P$ .....polovodič s děrovou vodivostí

$N$ .....polovodič s elektronovou vodivostí



Obr. 1.1 Zapojení Peltierova článku.

Základním polovodičovým materiálem na výrobu Peltierových článků, jsou převážně vizmut-telluridy, tj. termální systémy vyráběné z Bi-Te-Se ( N-typ ) a Bi-Sb-Te ( P-typ ). Tyto materiály mají výhodné termoelektrické vlastnosti, nízký měrný elektrický odpor a malou tepelnou vodivost. Spojovací můstky jsou zhotoveny většinou z mědi ( malý měrný elektrický odpor, dobrá hájitelnost, chemická odolnost), její nevýhodou je však možná difúze do polovodičového materiálu a tím zhoršení jeho vlastností. V místě styku můstku a polovodiče vzniká nežádoucí přechodový odpor, který může značně nepříznivě ovlivnit dosažitelný chladicí výkon (  $Q$  ) článku a maximální dosažitelný teplotní rozdíl obou spojek. Nejlepší termoelektrický materiál je tedy bezcenný, nepodaří-li se najít vhodný technologický postup výroby, zajišťující nízký přechodový odpor mezi jednotlivými tělesy. Jednotlivé Peltierovy články se obvykle zapojují do série ve větší celky, tzv. chladicí termobaterie viz obr. 1.2.

Ta má oproti jednomu článku tu výhodu, že její tepelný výkon je nesrovnatelně větší, proto se prakticky nevyskytují termočlánky jednotlivě, ale pouze ve větších celcích „termobateriích“.



Obr.1.2 Struktura zapojení baterie

### 1.3 Vlastnosti a výkon Peltierova článku

Vlastnosti článku jsou dány především typem materiálu, který je použit při výrobě, a také na rozměrech jednotlivých polovodičových těles naletovaných na měděných ploškách, které jsou nanášeny na keramické desce, a v neposlední řadě také na rozměrech celé baterie článků, šířce „a“, délce „b“ a na jeho výšce „h“ viz obr. 1.3. Tyto rozměry určují veškeré parametry baterie.

I přes to, že jsou jednotlivé články řazeny sériově, celá baterie článků má velmi malý odpor, řádově několik stovek miliohmů ( $m\Omega$ ) maximálně jednotek ohmů, protože průřez každého polovodičového kvádrů je velký několik  $\text{mm}^2$ , tím jsou také dány jeho výkonové a odporové vlastnosti. Zanedbatelný není ani přechodový odpor, který vzniká při pájení jednotlivých kvádrů pájkou na měděné desky.

Článek typu M-TEC1-12703, který je použit v zapojení má výrobcem doporučené tyto hlavní parametry :

- napájecí napětí  $U_{\max}=14,5\text{V}$
- maximální jím protékající proud  $I_{\max}=3,3\text{A}$
- celkový tepelný výkon  $Q_{\max}=29,2\text{W}$
- $\Delta T_{\max} 67^{\circ}\text{C}$
- rozměry  $a/b/h=40/40/4,7\text{mm}$
- odpor článku  $R_i=4,39\Omega$

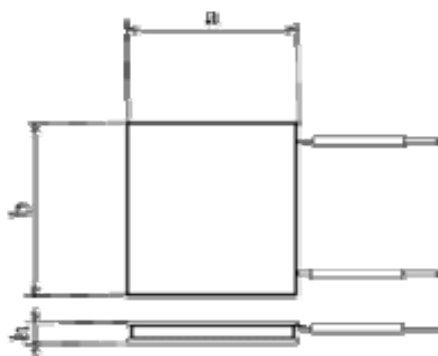
Celkový příkon článku, se dá vypočítat z hodnot udaných výrobcem a počítá se podle vztahu :

$$P = U_{\max} \cdot I_{\max} \Rightarrow 14,5 \cdot 3,3 = \underline{47,85W} \quad (1.1)$$

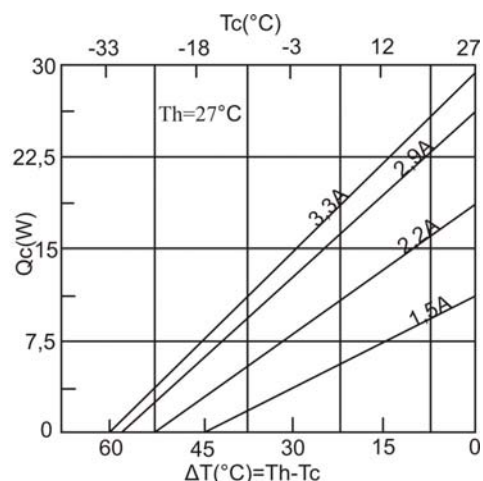
Účinnost  $\eta$  takového článku je pak dána poměrem tepelného chladicího výkonu  $Q_{\max}$  a celkového příkonu  $P$  podle vztahu :

$$\eta = (Q_{\max}/P) \cdot 100 \Rightarrow (29,2/47,85) \cdot 100 = \underline{61,02\%} \quad (1.2)$$

Na obr. 1.3 jsou zobrazeny rozměry Peltierovy termobaterie, a na obr. 1.4 je znázorněna závislost chladicího výkonu termobaterie na teplotním rozdílu obou ploch termobaterie při konstantní teplotě teplé strany tj.  $T_h = 27^\circ\text{C}$  a při daném napájecím proudu udaným výrobcem.



Obr. 1.3 Rozměry článku.



Obr. 1.4 Graf závislosti  $Q_{\max}$  na  $\Delta T_{\max}$  při  $T_h = 27^\circ\text{C}$  při  $I_n$ .

Z grafů na obr. 1.4 je vidět jak se mění závislost celkového rozdílu teplot  $\Delta T$  na velikosti vstupního proudu  $I_N$ . Čím je vstupní proud  $I_N$  protékající článkem větší, tím je větší i rozdíl teplot  $T_H$  a  $T_C$  na deskách článku.

Rozdíl teplot nejde do nekonečných hodnot a každý článek má velikost tepelného výkonu  $Q_{\max}$  a tím i rozdíl teplot dán svým konstrukčním uspořádáním a výkonem. Aby nedošlo k poškození nebo zničení termobaterie, je důležité dávat pozor na to, aby Peltierova termobaterie nepřekročila pracovní rozsah teplot udávaný výrobcem. Nevhodné je také provoz na plný výkon bez chladiče na ohřívání

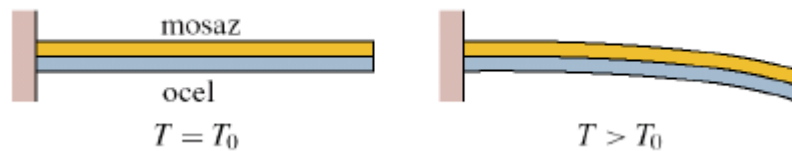
straně, částečný asi desetinový výkon není nebezpečný bez chladiče, ale neumožňuje dosáhnout tak velkého chladičího výkonu. Jedná se hlavně o tu stranu termobaterie, která bude topit. To proto, že měděné můstky jsou spojeny s polovodičovými kvádríky většinou pomocí měkké pájky. Při překročení teplotního rozsahu se pájka roztaví a termobaterie se rozloupne na dvě poloviny nebo v lepším případě pouze upadne napájecí vodič. Termobaterii je sice možno v prvním případě opravit například pomocí obyčejné pistolové pájky, ale tato oprava není příliš spolehlivá, mohou vzniknout určité přechodové odpory mezi polovodičovými sloupky a měděnými můstky a tím pádem poklesne i chladičí výkon. V tomto případě se většinou nedá termobaterie pro chlazení již použít, je ji ale možno stále použít pro topení. V druhém případě stačí pouze upadnutý vodič připájet a termobaterie opět pracuje jak má. Proto není vhodné stranu, která je horká ponechávat pouze naprázdno, ale je lepší na tuto stranu přidělat chladič, nebo ji alespoň opřít o chladnou část plechového dílu. K poškození nebo zničení Peltierovy termobaterie může také dojít vlivem vodní páry kondenzující uvnitř termobaterie. Kondenzace vodní páry na studené straně jednotlivých Peltierových elementů a její následné zmrznutí při záporných teplotách je příčinou zvětšení mechanického zatížení uvnitř termobaterie, které může způsobit poškození či zničení termobaterie. Při malých tloušťkách termobaterie se může také vlivem kondenzace vodní páry uvnitř termobaterie snižovat teplotní rozdíl mezi jednotlivými stranami termobaterie.

## 2 Regulace teploty

Způsobů, jakými lze udržovat konstantní teplotu v zařízení je v zásadě několik, nejpoužívanější je způsob spínáním a rozpínáním topného obvodu, nebo plynulá regulace proudu topným článkem nazývaná také jako spojitá (kontinuální) regulace.

### 2.1 *Nespojitá regulace*

Nespojitá regulace, je systém, který tvoří topný článek a termostat. Jako nejjednodušší termostat se používá bimetalový spínač, jehož základem je pásek tvořený ze dvou různých materiálů s rozdílným tepelným koeficientem roztažnosti obr. 2.1.



Obr. 2.1 Bimetalový pásek.

Při ohřevu se jeden kov dilataje více než druhý a při ochlazování je tomu přesně naopak. Na konci takového pásku je většinou přitaven stříbrný kontakt, který zajišťuje sepnutí a rozepnutí obvodu. Takto se dá dosáhnout poměrně jednoduchého, avšak ne zcela přesného nastavení požadované teploty (tento způsob se používá například u žehličky (ohřevem), nebo u chladničky (ochlazováním)).

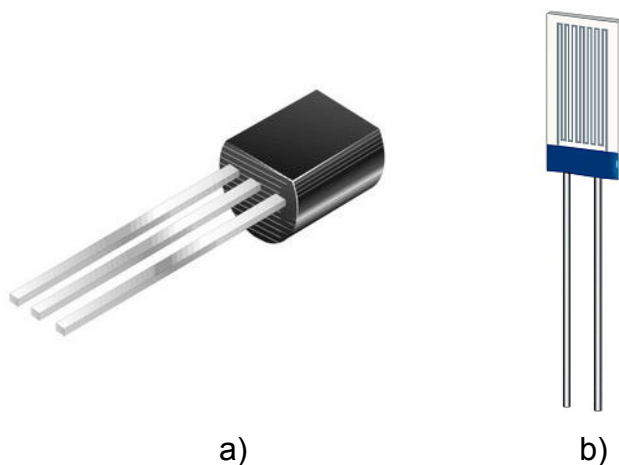
Důvod, proč se tento způsob využívá pouze v jednoduchých zařízeních je ten, že cenou za jednoduchost je malá přesnost a stabilita požadované teploty, díky kovu, který má menší citlivost na teplotu, proto i hystereze (rozptyl teplot  $\Delta T$ ) je značně velký, mnohdy několik jednotek i desítek stupňů.

Pokud jsou nároky na tepelnou stabilitu vyšší je vhodné použít způsob druhý a to plynulou regulaci proudu topným článkem.

## 2.2 Spojitá (Kontinuální) regulace

U spojité regulace, je zapotřebí kromě regulátoru, ještě zpětná vazba, ve které je zapojeno teplotní čidlo, protože jinak není možné účinně ovládat regulační prvek. Do této vazby bývají zařazena různá čidla, ať analogová odporová, polovodičová, nebo čidla digitální.

Ve starších aplikacích se prakticky všude vyskytovala známá analogová čidla, jako křemíkové diody, tranzistory, pozitivní a negativní termistory (PTC, NTC) nebo niklová, měděná platinová, odporová čidla viz.obr. 2.2b (PT100, PT1000). Dnes se používají s velkou oblibou v zařízeních pro vyšší nároky na přesnost i komunikativnost s okolními prvky čidla digitální od různých výrobců z celého světa. Nevýhodou analogových čidel je menší přesnost měření samotných čidel, a pokud takové čidlo musí poskytovat svojí hodnotu digitálnímu systému musí se rovněž analogová hodnota převést na hodnotu digitální A/D převodníkem, což je opět zdroj nepřesnosti a možnosti vyskytnutí se chyby, proto je výhodnější používat přímého digitálního čidla, které má na svém výstupu přímo číslicový výstup, připojením k zařízení, které dokáže tuto číslicovou hodnotu zpracovat a rozhodnout o stavu situace, ve které se zařízení nachází. Příkladem takového čidla je například DALLAS řady DS16xXX, DS18xXX, nebo čidlo SMT160-30 obr. 2.2a vyráběné v pouzdrech TO92.



Obr. 2.2 a) pouzdro TO92; b) vpravo platinové čidlo s drátovými vývody.

### **2.3 Regulační prvky**

K regulačním prvkům lze řadit součástky, které ovlivňují velikost elektrického napětí (napěťová regulace), nebo velikost elektrického proudu (proudová regulace) protékajícího obvodem. Jednoduše se dá regulovat velikost proudu protékající spotřebičem, proměnným rezistorem (potenciometrem či reostatem), což není pro svou špatnou účinnost a poměrně velké rozměry vhodný způsob. Mnohem výhodnější je použít bipolárních nebo unipolárních tranzistorů, případně tyristorů, nebo jiných moderních prvků které jsou určeny pro stejnosměrné a střídavé proudy. Jejich výkonová ztráta je v poměru s reostatem mnohonásobně menší, a protékající proud celým obvodem lze řídit efektivněji, pouhou změnou velikosti proudu nebo napětí na řídicí elektrodě.

Výkonová ztráta je u unipolárních součástek mnohem menší, než u součástek bipolárních, to má za následek menší ztráty v teple, a tím i zvýšení účinnosti zařízení. Výkonová ztráta regulátoru se dá určit podle vztahu [4.3] z odporu mezi elektrodami D a S (C a E) a velikosti protékajícího proudu součástkou.

## **3 Požadavky**

### **3.1 Požadavky kladené na zařízení**

Pro celé zařízení bylo stanoveno několik požadavků, které by mělo splňovat, aby byla zajištěna provozuschopnost a parametry, jak regulátoru tak i oscilátoru, který se bude nacházet v prostředí se stálou teplotou, tyto požadavky jsou :

- řízení teploty ohřevem, případně ochlazováním prostředí, ve kterém se nachází oscilátor
- možnost přednastavení teploty manuálně pomocí čtyř propojek
- vizuální kontrola ohřevu/chlazení pomocí trvalého svitu LED diody při ohřevu nebo blikání při chlazení
- komunikace s počítačem pomocí sériového datového kabelu po sběrnici RS232
- možnost ISP(In System Programming) programování přímo v aplikaci
- jednoduchost konstrukce
- možnost modifikace programu pro použití v jiném zařízení s podobnou funkcí

## 4 Konstrukční díly regulátoru

### 4.1 *Integrovaný obvod ATtiny2313*

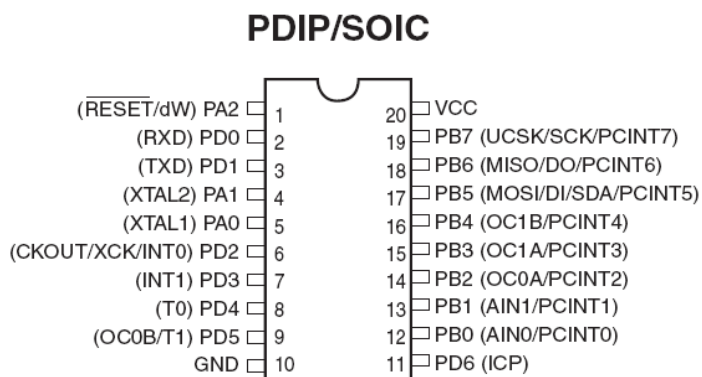
Tento integrovaný obvod je mutací, tedy následovníkem starší řady 90S2313, který kromě všech stejných základních funkcí obsahuje některé nové navíc. Z těch, které byly v návrhu použity, to je například PWM ( Pulse-Width-Modulation ) modulaci.

Integrovaný obvod obsahuje : 32 osmibitových registrů, paměť FLASH o kapacitě 2kB, integrovaný oscilátor hodinového kmitočtu, a 15 vstupně výstupních pinů. ATtiny2313, zapojení vývodů na obr. 4.1 a vnitřní struktura obr. 4.2. Existují dvě varianty tohoto obvodu a to pro hodinový kmitočet 10MHz a pro 20MHz. Jak je již zřejmé druhý jmenovaný kmitočet je dvakrát tak veliký jako první, což má za následek dvakrát tak rychle vykonanou instrukci než u obvodu s frekvencí hodinového signálu nižší. Pro tuto aplikaci, velikost hodinového kmitočtu nemá žádný podstatný vliv na chod celého zařízení, proto je využito interního RC oscilátoru, který je sice méně přesný, ale zato ušetří místo na desce plošného spoje.

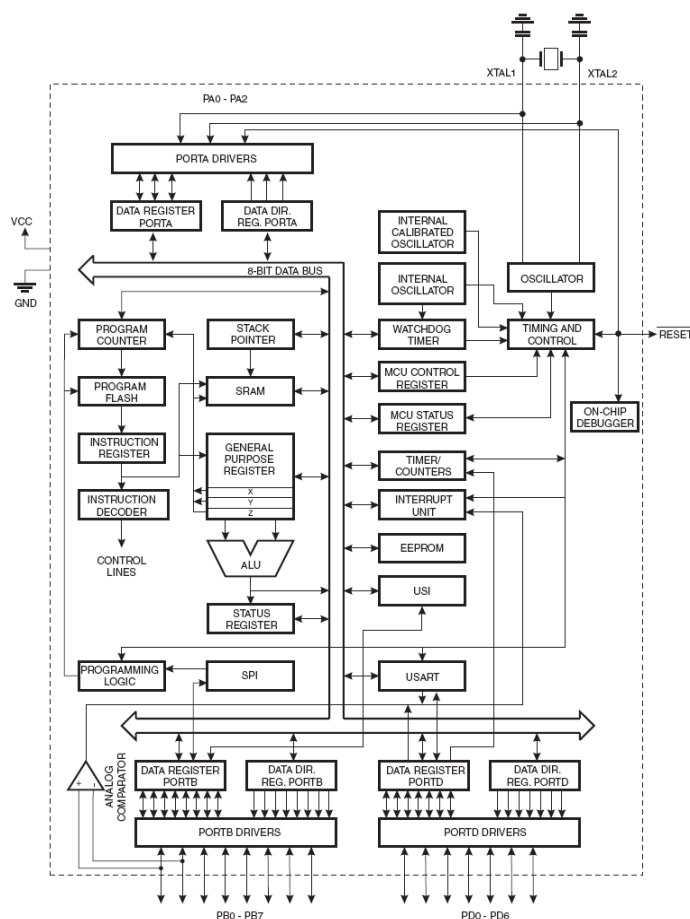
Integrovaný obvod obsahuje také systém ISP, kdy je možno celé zařízení programovat a celý program doladřovat přímo v aplikaci, což velmi usnadňuje práci.

Celý obvod má velmi malý proudový odběr, což je velmi příznivé, protože stabilizátor který celý obvod napájí, z důvodu snížení napětí na 5V bude vyzařovat jen velmi málo tepelných ztrát.

Každý z výstupů mikrokontroléru je možno zatížit proudem až 20mA, který stačí na ovládání sepnutí elektronického komutátoru a indikační LED diody.



Obr. 4.1 Zapojení vývodů ATtiny2313 pouzdra DIL20.



Obr. 4.2 Vnitřní struktura obvodu ATtiny2313.

#### 4.2 Digitální teplotní čidlo DS18S20

Je aktivní elektronické digitální čidlo teploty, které se vyznačuje velkou přesností a linearitou převodu teploty na binární kód. Teplota se snímá vnitřním senzorem a analogová hodnota je následně převedena na digitální devítibitový kód, kde prvních osm bitů udává teplotu ve stupních (jeden bit =  $0,5^{\circ}\text{C}$ ) a poslední devátý bit tedy nejvýznamnější, udává znaménko teploty.

Pokud je nejvýznamnější bit MSB 1 je teplota záporná tedy číslo například „ $-1^{\circ}\text{C}$ “, kdežto pokud je MSB 0 udává číslo kladné například „ $+1^{\circ}\text{C}$ “.

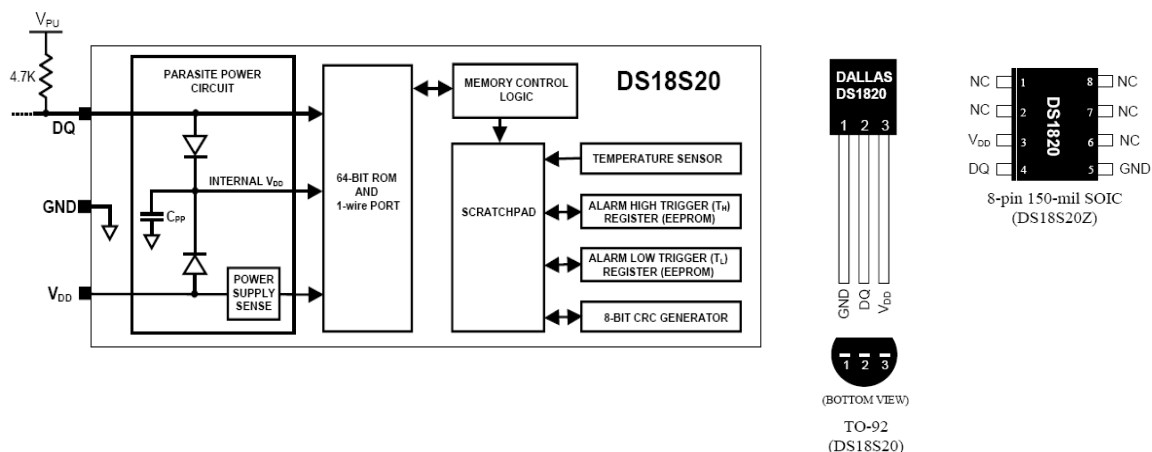
Čidlo je možné napájet standardně, tedy připojit jej na plus ( $V_{\text{DD}}$ ) a minus pól (GND) a data číst z výstupu  $Q_{\text{D}}$  proti GND nebo je možné přes pull-up rezistory připojit napájení i čtení dat na jeden drát, v datasheetu se toto zapojení nazývá jako „parazitní provoz“. Taktéž je vhodné pro používání v aplikaci, kde je potřeba z jednoho čidla snímat data pro více různých zařízení, které pracují nezávisle na sobě. Toto je umožněno třístavovým výstupem, tzn., že na výstupu „Data“ může být hodnota log1, log0, nebo stav vysoké impedance, kdy je obvod fyzicky připojený, ale chová se jako by připojený nebyl.

Čidlo má měřicí teplotní rozsah od  $-55^{\circ}\text{C}$  do  $+125^{\circ}\text{C}$ , a přesnost měření je na rozsahu  $-10^{\circ}\text{C}$  až  $+85^{\circ}\text{C}$   $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , tedy jeden bit

Pro představu, je zde uvedena tab. 4.1 příkladů výstupních hodnot teploty v digitální podobě, převedené do Binární a do Hexadecimální soustavy.

<i>Teplota</i>	<i>Digitální výstup (bin)</i>	<i>Digitální výstup (hex)</i>
$+85,0^{\circ}\text{C}$	0000 0000 1010 1010	00AAh
$+25,0^{\circ}\text{C}$	0000 0000 0011 0010	0032h
$+0,5^{\circ}\text{C}$	0000 0000 0000 0001	0001h
$0,0^{\circ}\text{C}$	0000 0000 0000 0000	0000h
$-0,5^{\circ}\text{C}$	1111 1111 1111 1111	FFFFh
$-25,0^{\circ}\text{C}$	1111 1111 1100 1110	FFCFh
$-55,0^{\circ}\text{C}$	1111 1111 1001 0010	FF92h

Tab. 4.1 Tabulka příkladu převodu teploty do digitální podoby.



a)

b)

Obr. 4.3 a) blokové uspořádání vnitřních částí čidla; b) zapojení vývodů a druhy pouzder použitých na čidlech.

### 4.3 Elektronický komutátor s unipolárními tranzistory

Aby byla zajištěna reverzace proudu pro Peltierův článek, a tím se dala měnit i jeho tepelná polarita (teplá a chladná strana), musí být v zapojení použit elektronický komutátor obr. 4.4, tedy měnič směru toku proudu. Pro jeho realizaci jsou použity čtyři unipolární tranzistory typu MOSFET s indukovaným kanálem, které jsou vždy dva a dva stejné vodivosti a spínají do „kříže“. Pokud je sepnutý tranzistor Q1, je zároveň sepnutý i tranzistor Q4. Druhá dvojice tranzistorů, tedy

Q2 a Q3 je rozepnutá, do doby než přijde řídicí signál na jejich řídicí elektrody, v tomto okamžiku se rozepne dvojice Q1 a Q4 a sepne se dvojice Q2 a Q3, pokud by se však nerozepnula dvojice Q1, Q4 došlo by ke tvrdému zkratu a začal by protékat všemi tranzistory proud, tak velký jaký je schopen dodat napájecí zdroj, a tím by se celé zařízení poškodilo.

Unipolárních tranzistorů je v zapojení použito úmyslně, protože se vyznačují malým přechodovým odporem v sepnutém stavu, jde řádově o  $m\Omega$  mezi svorkami D (Drain) a S (Source), to má za následek nízký ztrátový výkon i při průchodu velkého proudu tranzistorem.

Tento ztrátový výkon lze spočítat z Ohmova zákona :

$$P_{IRF\ 9530\ N} = \frac{U^2}{R} = I^2 \times R_{IRF\ 9530\ N(ON)} = 3^2 \times 0,2 = \underline{1,8 \approx 2W} \quad (4.1)$$

$$P_{IRF\ 530\ N} = \frac{U^2}{R} = I^2 \times R_{IRF\ 530\ N(ON)} = 3^2 \times 0,16 = \underline{1,44 \approx 1,5W} \quad (4.2)$$

$$P_{celk} = P_{IRF\ 9530\ N} + P_{IRF\ 530\ N} = 2 + 1,5 = \underline{\underline{3,5W}} \quad (4.3)$$

Hodnoty MOSFET tranzistorů:

#### IRF9530N

$I_D$ -14A

$U_{DS}$ -100V

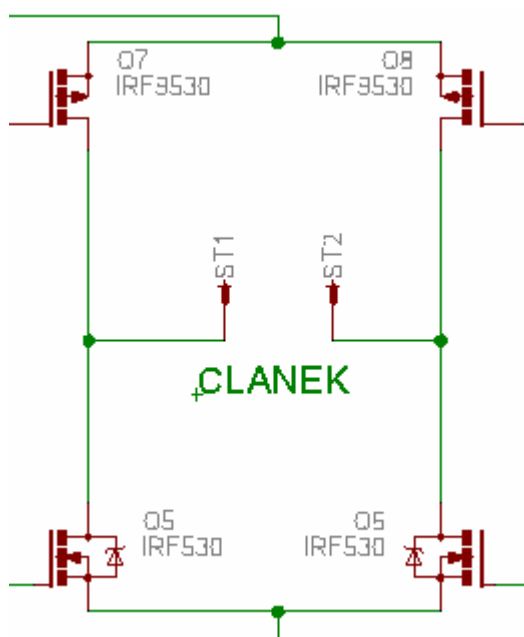
$R_{DSon}$ -0,2 $\Omega$

#### IRF530N

$I_D$ -14A

$U_{DS}$ -100V

$R_{DSon}$ -0,16 $\Omega$



Obr. 4.4 Schéma zapojení elektronického komutátoru.

#### 4.4 Integrátor (D/A převodník)

Integrátor je tvořen operačním zesilovačem s kondenzátorem „C“ zapojeným ve zpětné vazbě, a rezistorem na vstupu obr. 4.5. Chová se jako fiktivní kondenzátor mezi vstupní svorkou zesilovače a zemí, ale kapacita je přibližně  $A_U$  krát zvětšená. Integračního zesilovače je v této aplikaci použito jako analogově digitálního převodníku, kde velikost výstupního napětí na operačním zesilovači je přímo úměrné velikosti vstupního kmitočtu do integrátoru. Výstupní napětí lze vypočítat podle vztahu :

$$U_{výst} = \int_0^t -\frac{U_{vst}}{RC} dt + U_{poč} \quad (4.3)$$

$U_{poč}$  -je počáteční napětí, které bylo na výstupu v čase  $t_0$

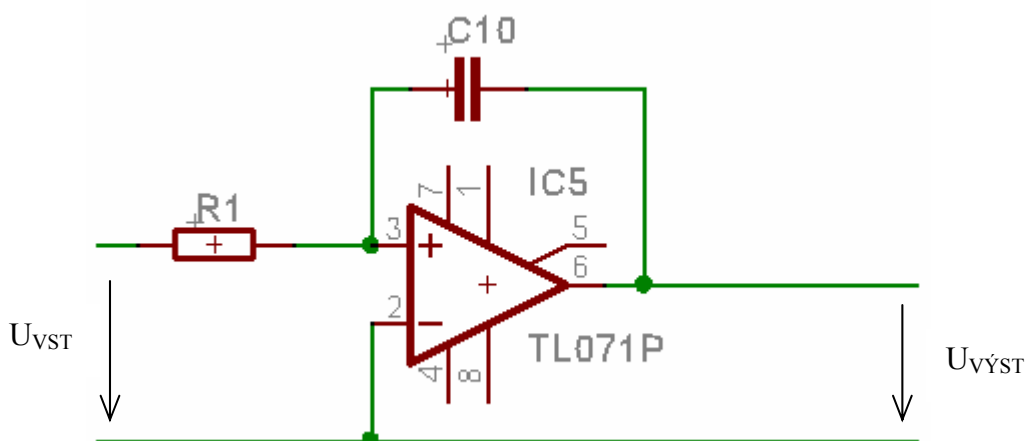
$U_{výst}$  -je velikost výstupního napětí integrátoru

$U_{vst}$  -je velikost vstupního napětí integrátoru

$R$  -je velikost rezistoru

$C$  -je velikost kapacity zpětnovazebního kondenzátoru

Tedy pokud mikrokontrolér generuje obdélníkový signál na svém výstupu s proměnnou střídou, tak i výstupní napětí na integrátoru mění svou velikost a tím ovládá velikost otevření tranzistoru u elektronického komutátoru.



Obr. 4.5 Schematické zapojení integrátoru.

#### **4.5 Stabilizace napětí integrovaným stabilizátorem**

Všechny integrované obvody vyjma operačního zesilovače musí být napájeny stejnosměrným napětím v rozsahu 4,6 až 5,5V, aby bylo toto napětí zajištěno i při napájecím napětí 12V, je potřeba stabilizátoru napětí, který požadované napětí zajistí.

Stabilizátor je třísvorkový integrovaný, a je zapojen ve standardním zapojení doporučeném výrobcem, a má výstupní napětí 5V s odchylkou +/-50mV při proudu 1A. Stabilizátor je proudově dimenzován velmi dobře, protože příkon jednotlivých integrovaných obvodů a indikačních LED diod je řádově několik desítek miliampér. Proti proudovému a tepelnému přetížení má stabilizátor integrovány vnitřní ochrany, které jsou mimořádně spolehlivé, proto i jej samotného dělají odolným vůči takovým poruchám, jako je zkrat na výstupu nebo tepelné přetížení v důsledku špatného chlazení.

#### **4.6 Nastavování teploty pomocí Jumperů**

Aby bylo možné i po úplném naprogramování a zabudování na své trvalé místo, jednoduše měnit pracovní teplotu, jsou na mikrokontrolér připojeny pull-up rezistory přes napájecí napětí a přes propojovací dutinky (JUMPERY) je možno připojit tyto vývody integrovaného obvodu na GND, tím se aktivuje na příslušném vodiči logická úroveň 0 a v programu se tato změna projeví změnou regulované teploty.

Teploty jsou přednastaveny na tyto čtyři hodnoty :

$$T_1 - 45^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 - 60^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 - 75^{\circ}\text{C}$$

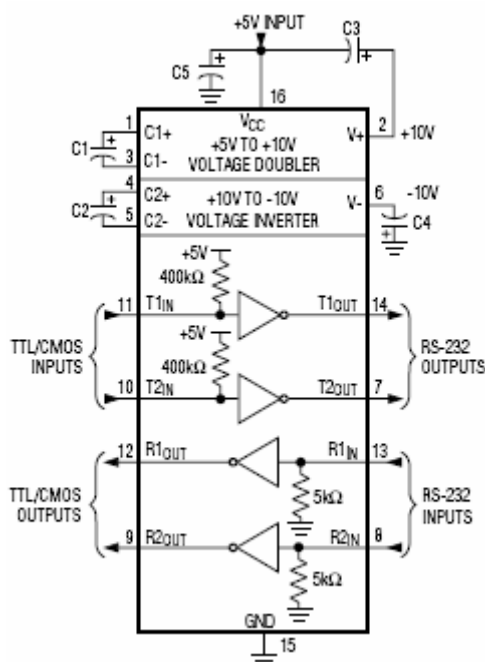
$$T_4 - 90^{\circ}\text{C}$$

Samozřejmě je možné teplotu měnit i přímo v programu mikrokontroléru, ale je to podstatně zdlouhavější a náročnější proces, proto byly teploty voleny tak, aby vyhovovaly větší škále požadavků.

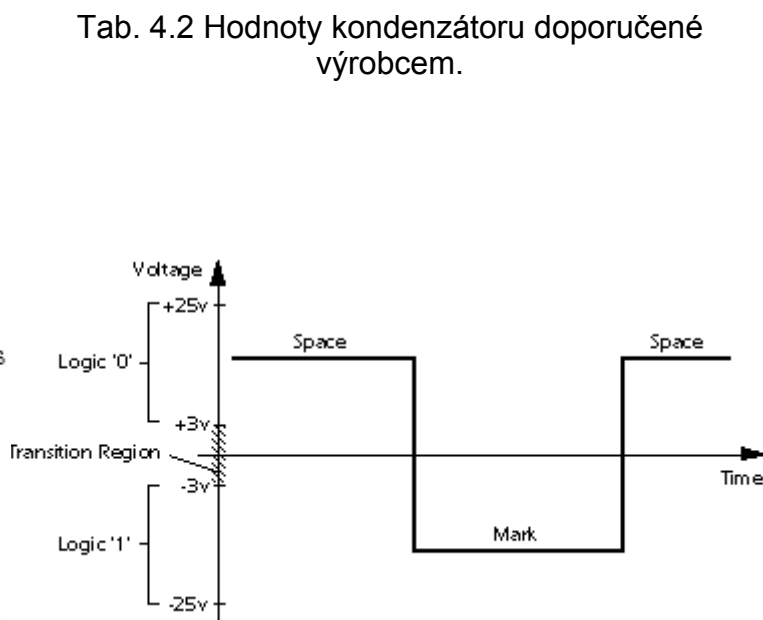
#### 4.7 Komunikace na sériovém rozhraní RS 232

Komunikační rozhraní RS232, je dnes velmi rozšířeno i u moderních měřících přístrojů. Jednoduchost a velká škála použitelnosti, dává tomuto způsobu komunikace velké možnosti. Převodník RS232 mezi CMOS úrovněmi na TTL úrovní je zapojen podle doporučeného zapojení udaného výrobcem. Na jeho vstupu IN a výstupu OUT jsou zapojeny indikační LED diody dvou barev, červená a zelená, které slouží jako indikátory o stavu čtení nebo zápisu dat. Klidový stav je u Rozhraní RS232 reprezentován log1, v tomto případě reprezentovanou záporným napětím. Log0 je naproti tomu reprezentována napětím kladným. V případě vysílače může napětí dosahovat minimálně -15 a maximálně +15 V, a to by obvody pracující s TTL úrovněmi spolehlivě zničilo. Z tohoto důvodu je nutné použít obvod, který nám převede úrovní z RS232 do úrovní TTL. Jedním z nich je i MAX232 (nebo např. ST232). Tento obvod je napájen 5V a využívá nábojové pumpy, pro tvorbu vyššího výstupního napětí. Doporučené zapojení obr. 4.6a s kondenzátory pro nábojovou pumpu, které mají hodnotu doporučenou výrobcem uvedenou v tab. 4.2, a úrovní signálu obr. 4.6b.

Doporučená velikost kapacity kondenzátorů (μF)					
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



a)



b)

Obr. 4.6 a) struktura a zapojení obvodu MAX232;  
b) úroňová charakteristika obvodu MAX232.

#### 4.8 Popis programu mikrokontroléru

Program do mikrokontroléru byl psán v JSA (jazyk symbolických adres), ale jeho funkčnost nebyla dosažena. Proběhlo několik marných pokusů vytvořit funkční program, ale jeho obtížnost byla nad mé síly, protože základní kurz o mikrokontrolérech zcela nestačil na tak náročný program jaký vyžaduje toto zařízení.

Struktura programu je následující shrnuta v následujících šesti bodech :

1. mikrokontrolér inicializuje tepelné čidlo a přečte hodnotu teploty v binární podobě
2. přečtenou hodnotu porovná s hodnotou, kterou má nastavenou jako referenční pomocí propojek (JUMPERU)
3. na základě porovnání vyhodnotí stav v jakém se zařízení nachází, jestli je teplota správná nebo není správná
4. po zjištění teploty a jejím porovnání s referenční hodnotou, uvede do stavu sepnutého jeden nebo druhý tranzistor komutátoru Q1 nebo Q2, a ze druhé dvojice tranzistorů Q3 a Q4 vybere příslušný té polaritě kterou má obsluhovat to znamená topit nebo chladit
5. během akce topení nebo chlazení opět mikrokontrolér inicializuje čidlo start bitem a opět přijme teplotu v binární podobě
6. hodnotu znovu porovná s referenční a vyhodnotí stav situace, pokud je teplota optimální, přestane ohřívat, nebo chladit, pokud však teplota optimální není opět vyhodnotí jaká teplota je a tím uvede do činnosti jednu z dvojice tranzistorů elektronického komutátoru
7. celý takto vytvořený program běhá v cyklu a jediným jeho úkolem je vyhodnocovat velikost teploty a tu porovnávat s nastavenou referenční hodnotou, následně pak vykonat proces topení či chlazení

Protože Peltierův článek nesnáší napájení pulsním proudem, musí být PWM ( Pulse Width Modulation ) signál vycházející z mikrokontroléru na výstupech PB2 a PD5 převeden na lineárně regulovaný proud. Tento proud je dosažen díky integrátoru popsaném v [4.4], který převádí PWM signál na velikost napětí na výstupu z integrátoru. Toto napětí pak řídí elektrodu G na tranzistoru a tím řídí velikost proudu protékajícího Peltierova článku.

## **5 Konstrukční řešení regulátoru**

### **5.1 Popis zapojení**

Základem je obvod Attiny2313, jeho program ovládá všechny důležité funkce celého zařízení.

Vstupní napájecí napětí je přiváděno na svorky ST3 a ST4, odtud je vedeno na elektronický komutátor tvořený tranzistory Q1, Q2, Q3, Q4, a na stabilizátor napětí IO1, který má zapojeny proti GND dva kondenzátory C1, C2 zabraňující jeho rozkmitání.

Stabilizované napětí napájí integrovaný převodník IC4, integrátor tvořený IC3, svorky lišty JP3, kde je tepelné čidlo, a samotný mikrokontrolér.

Obvod IC2 má nezapojeny vstupy pro externí oscilátor, protože je zde použito interního oscilátoru, který není tak přesný, ale pro tuto aplikaci zcela vyhovuje.

Reset obvodu, e přes pull-up rezistor R8 připojen na napájecí napětí, v případě programování je tento vývod uzemněn. LED dioda LED3 slouží jako indikace napájecího napětí.

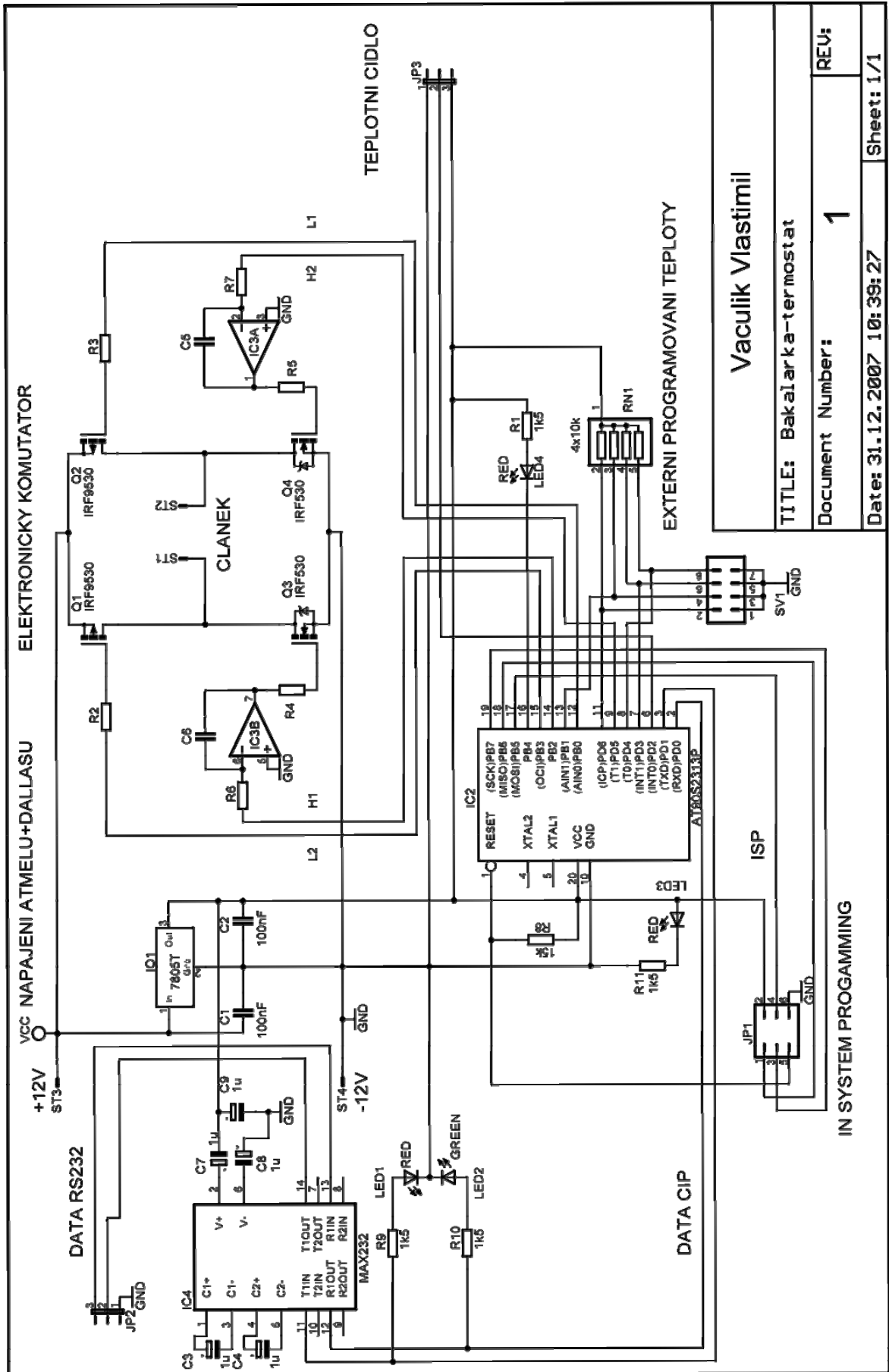
Výstupy obvodu IC2, PB3, PB2, PB0, PD5, jsou ovládacími výstupy pro komutátor. PB3 a PB0 jsou přes ochranné rezistory připojeny přímo na řídicí elektrody Q1, Q2. PB2 a PD5, vedou na vstupy integrátorů. Integrátory jsou zde dva, protože tranzistory Q3, Q4 jsou jimi řízeny, tedy i proud který protéká obvodem, Q1, Q2 jsou pouze spínány a nejsou řízeny.

Na výstupu PB4 je zapojena LED dioda LED4 s předřadným rezistorem, která indikuje svým trvalým nebo přerušovaným svitem činnost regulátoru (topí-chladí). LED1 a LED2 jsou indikační diody s nízkým proudovým odběrem (2mA), které indikují komunikaci mezi IC2 a IC4 při čtení nebo zápisu dat.

Samotný termoelektrický článek je napájen ze svorek ST1 a ST2. Na polaritě zapojení článku nezáleží, protože při spuštění program sám určí jakou tepelnou polaritu na něm vytvoří. Pouze je třeba dbát na proud jaký bude článek odebírat, protože omezení je v šíři měděné cesty plošného spoje, která je dimenzována přibližně na 5A.

Nastavovací Jumpery SV1 jsou paralelně připojeny na odporovou síť RN1.

Převodník pro sériovou komunikaci IC4 má připojeny kondenzátory C3, C4, C7, C8, C9, které jsou potřeba pro jeho funkci.



Obr. 5.1 Schéma zapojení regulátoru.

## 5.2 Deska plošného spoje

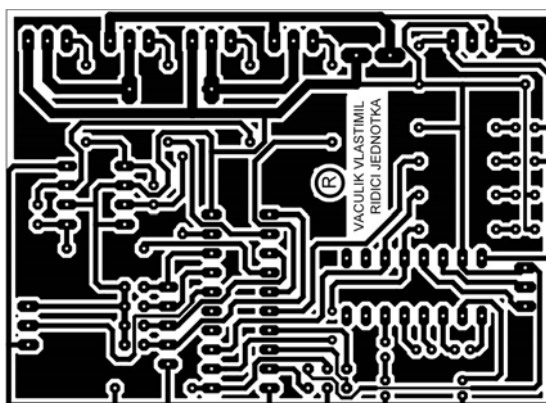
Celý regulátor je realizován na jednostranné desce plošných spojů obr. 5.2 o rozměrech 52x72mm.

Není zde žádná záludnost, která by mohla být při jejím zhotovování a osazování opomenuta. Osazovací výkres je na obr. 5.3.

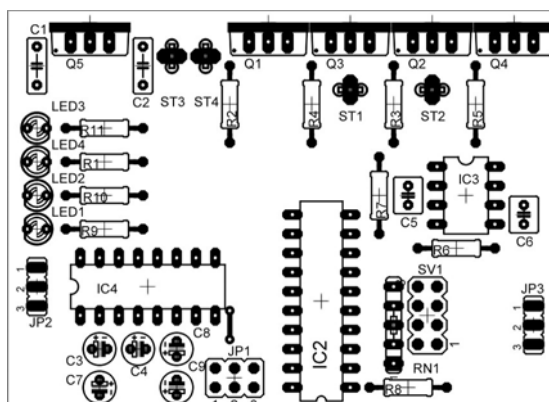
Díry jsou vrtány standardně průměrem vrtáku  $\Phi=0,8\text{mm}$ , pouze pro tranzistory a fastony na vstupu a výstupu pro článek jsou otvory zvětšeny na průměr  $\Phi=1\text{mm}$ .

Všechny součástky jsou standardních rozměrů, a návrh je vytvořen tak, aby byl co nejjednodušší a přitom účelný. Žádná ze součástek není typu SMD.

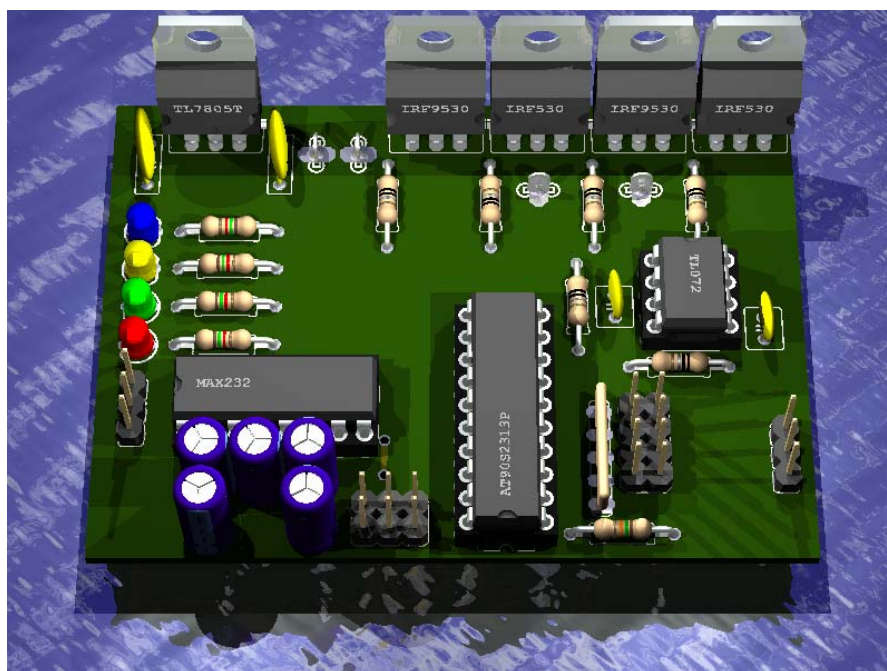
Osazování desky je lépe provádět od nejmenších součástek a postupně přecházet ke větším. Jako první je vhodné osadit jednu propojku, která se nalézá na plošném spoji, dále pak rezistory, kondenzátory, LED diody, a nakonec patice a výkonové tranzistory.



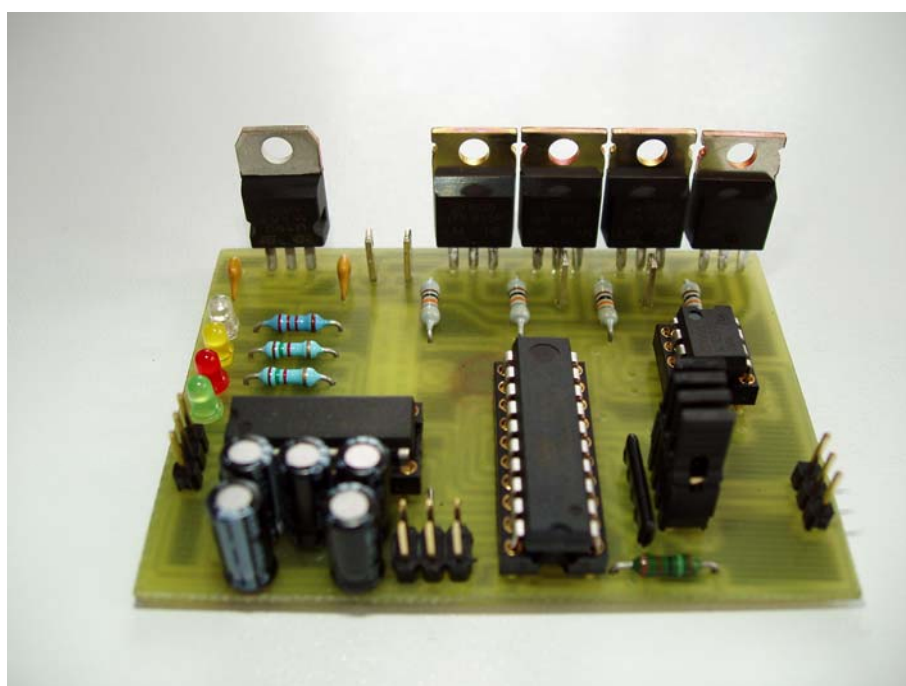
Obr. 5.2 Deska plošného spoje, pohled ze strany spojů.



Obr. 5.3 Deska plošného spoje, pohled ze strany součástek.



Obr. 5.4 Pohled na desku plošného spoje vytvořenou virtuálně ve 3D programu.



Obr. 5.5 Pohled na hotovou desku plošného spoje, realizovanou prakticky.

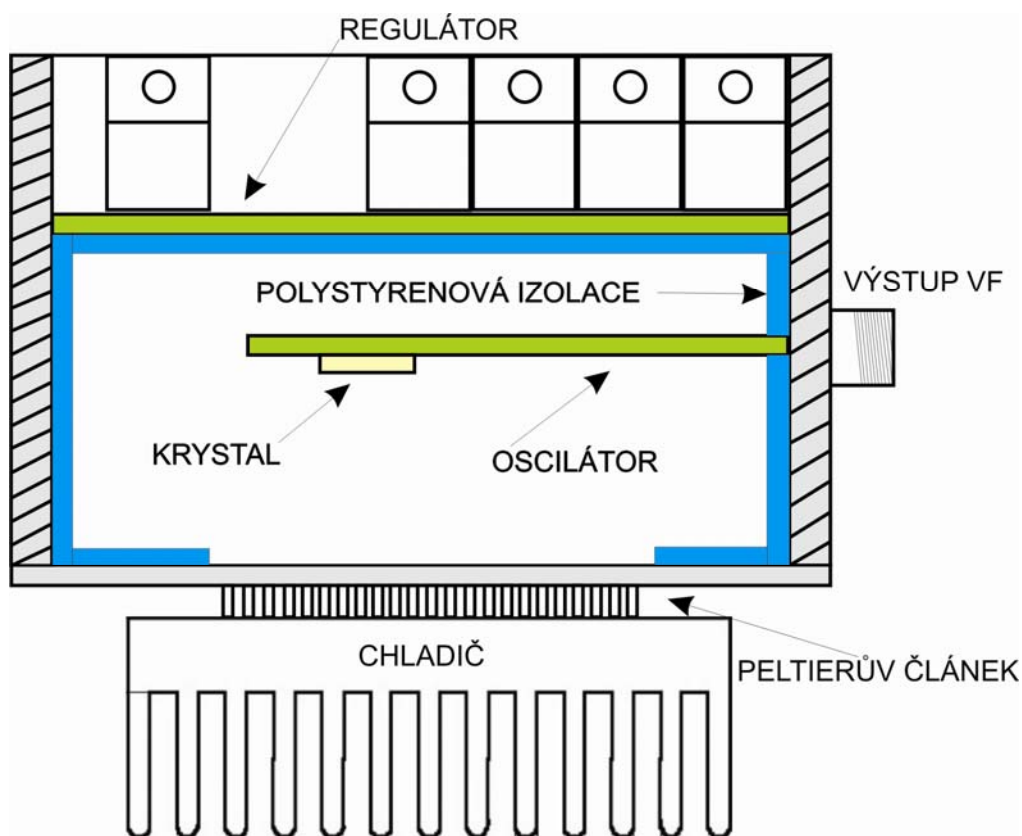
### 5.3 Konstrukce krabičky

Deska plošného spoje je zabudována do duralového profilu obdélníkového průřezu o vnitřním rozměru 72x52mm (vnější rozměr 80x60mm) tak, aby se co nejvíce minimalizovaly rozměry.

Rozmístění v krabičce je takové, že z jedné strany je umístěna deska regulátoru, po ní pak následuje deska oscilátoru. Zadní stěna je tvořena hliníkovým plechem, který je osazen Peltierovým článkem, a chladičem, umístěným na Peltierově článku.

Všechny stěny jsou pokryty tepelně izolačním materiálem, polystyrenem, protože jinak by vznikaly zbytečné tepelné ztráty, které by narušovaly chod zařízení.

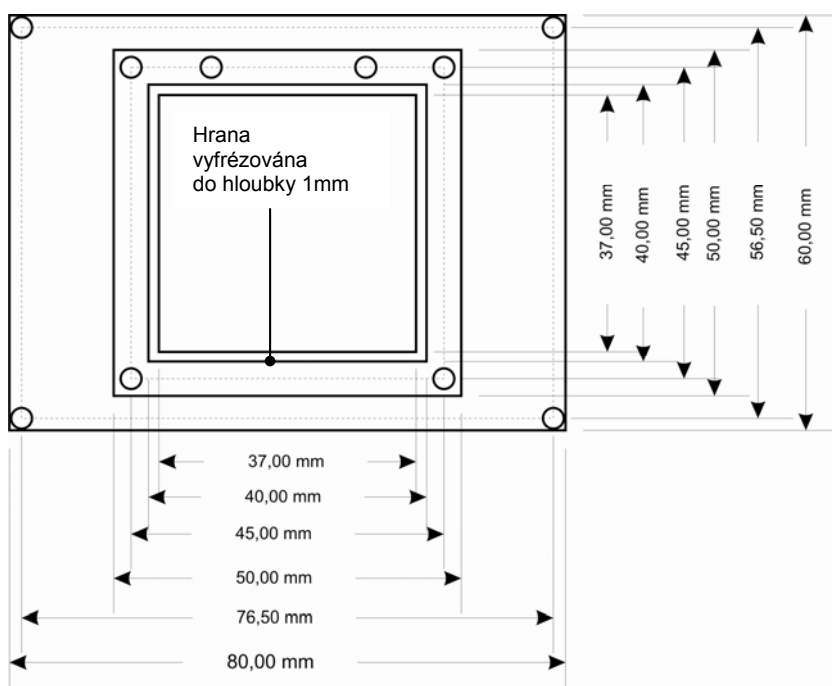
Polystyrenová vrstva velmi dobře chrání oscilátor uvnitř, před náhlou změnou okolního prostředí. Rozložení uvnitř krabičky viz. obr. 5.6.



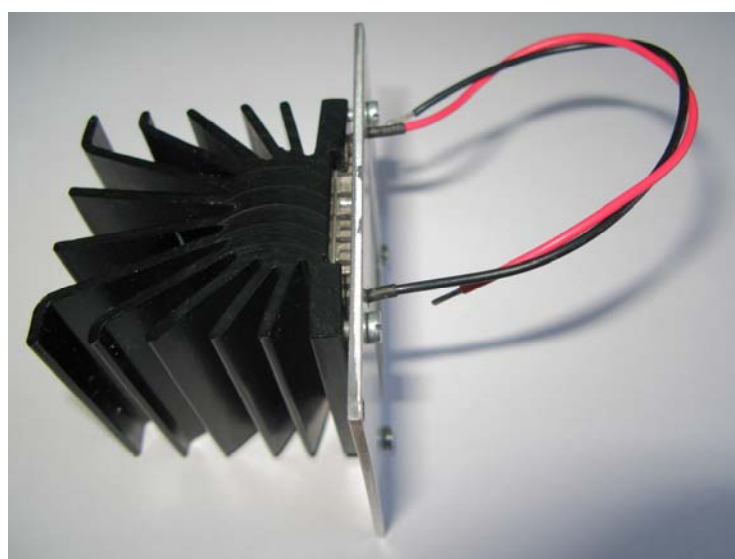
Obr. 5.6 Pohled na vnitřní uspořádání regulátoru.

#### 5.4 Přední stěna krabičky

Přední stěna krabičky je tvořena hliníkovým plechem o tloušťce 2mm a rozměrech 80x60mm. V ní jsou vyvrtány 4 díry  $\Phi$  3mm, pro upevnění k duralovému profilu, a dále pak 4 díry stejného průměru pro uchycení chladiče k této stěně, kde mezi stěnou a chladičem je umístěn Peltierův článek o rozměrech 40x40x4,7mm. Článek je do hliníkové stěny mírně zapuštěn, aby nemohl vypadnout a pevně držel na svém místě. Chladič je ke stěně přišroubován šroubky M3, a i stěna je k profilu přišroubována stejnými šrouby. Návrh přední stěny je na obr. 5.7 a složený díl obr. 5.8.



Obr. 5.7 Výkres přední stěny krabičky, pro upevnění Peltierova článku.



Obr. 5.8 Pohled na složený díl přední stěny s chladičem a Peltierovým článkem.

## **5.5 Postup oživování**

Celé oživení je jednoduché a bez potřeby nastavování jakýchkoliv parametrů, protože všechna nastavení nese v sobě samotný integrovaný obvod.

Po vložení všech součástek se přesvědčíme, zda-li je napětí na patkách integrovaných obvodů IC1, IC2, IC3, IC4 správné velikosti (5V), po této kontrole je možné vložit i samotné integrované obvody.

Připojíme napájecí napětí a, rozsvítí se modrá indikační led dioda LED3, která signalizuje napájení.

Připojený termočlánek začne podle kombinace nastavení propojek SV1 ohřívat stranu směrem ke krystalovému oscilátoru a ochlazovat stranu, která přiléhá na chladič.

Pokud je procesor bez programu zařízení nebude vykazovat žádnou činnost, pokud procesor obsahuje správný program začne zařízení pracovat.

Tím je oživování hotovo.

## 5.6 Rozpiska součástek

R1	1k5
R2, R3	10k
R4, R5	10k
R6	4k7
R7	4k7
R8	15k
R9, R10	1k5
R11	1k5
RN1	4x10k
C1,C2	100n
C3, C4, C7, C8, C9	1u/25V
C5, C6	100n
LED1	2mA(červená)
LED2	2mA(zelená)
LED3	2mA(modrá)
LED4	2mA(žlutá)
JP1	3x2konektorový kolík,přímý
JP2	3xkonektorový kolík,přímý
JP3	3xkonektorový kolík,přímý
SV1	4x2konektorový kolík,přímý
ST1, ST2, ST3, ST4	faston 2,8x0,8mm
T1, T2	IRF9530N
T3, T4	IRF530N
IC1	7805T
IC2	ATtiny2313
IC3	TL072
IC4	MAX232
Čidlo	DS18S20
Termočlánek	M-TEC1-12703

## 6 Závěr

Celá konstrukce je provedena pokud možno co nejjednodušším způsobem jaký je možný. Nejdůležitějším prvkem je však programové vybavení mikrokontroléru, protože na celém programu závisí funkčnost regulátoru.

Bez tohoto programu, a bez jeho dostatečného odladění je celá konstrukce nefunkční a tudíž zcela bezcenná. Protože se po několikerém pokusu nepodařilo regulátor oživit, není také funkční, tak jak by měl, což je vzhledem k množství hodin strávených nad výrobou mechanických částí, které bezvadně pasují značná škoda. I kdyby zařízení fungovalo, nebylo možné zjistit, jaký je jeho přínos ve skutečnosti, protože nebyl realizován oscilátor, který měl být zabudován do krabičky regulátoru. Návrh a realizace je ze tří čtvrtin dokončena, a osobně se mi jeví jako zdařilá, pouze to, že se nepodařilo naprogramovat mikrokontrolér je největší škoda. Nenaprogramování má na svědomí nedostatečná znalost programování, programovacího jazyka, ale především praktická zkušenost s programováním, a i přes pokusy vytvořit vlastní software, který by byl funkční, se toto nepodařilo.

## **7 Seznam použité literatury**

- [1] Matoušek, D., *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR*.  
BEN – technická literatura, Praha 2006. 376 stran ISBN 80–7300–209-4
- [2] Uhlíř, J., Křečan Z., *Elektronika pro 2. a 3. ročník SOU*.  
SNTL–Nakladatelství technické literatury, n. p. , 296 stran  
L26-C1-IV-31f/55590
- [3] Odborný časopis, *Amatérské rádio, Praktická elektronika*, ročník 2001, č.12
- [4] GM electronics, *Sortiment nabídky GM – Electronic*, přístup z  
<http://www.gme.cz>
- [5] Ges electronics, *Sortiment nabídky Ges – Electronics*, přístup z  
<http://www.ges.cz>
- [6] Odborný časopis, *Amaterské rádio*, ročník 1987, č.8
- [7] DS10S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer, datasheet 23  
pages. <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>
- [8] HW. cz, webové stránky zabývající se elektronikou a elektrotechnikou,  
<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART652-Peltierovy-termobaterie.htm>
- [9] Dual EIA – 232 Driver/Reciver,  
<http://www.sskteracon.com/ExternalFiles/MAX232.pdf>

## **Seznam zkratk**

ISP	In Systém Programmable – procesor lze programovat přímo ve výrobku
PWM	Pulse - Width Modulation – pulzně - šířková modulace
A/D	Analog to Digital Converter – analogově digitální převodník
TEC	Thermoelectric – Cooler – termoelektrický článek
SMD	Surface Mount Device – montáž součástek povrchovou technologií
LED	Light Emission Diode – elektroluminiscenční dioda
JSA	Jazyk Symbolických Adres
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor – tranzistory vytvořené metaloxidovou technologií ( unipolární tranzistory )
PTC	Positive Temperature Coefficient – termistor s kladným teplotním koeficientem
NTC	Negative Temperature Coefficient – termistor se záporným teplotním koeficientem

## **Poznámky**