

# 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

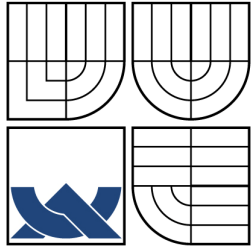
## AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ MANUÁLNÍ KLIMATIZACE V AUTOMOBILU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

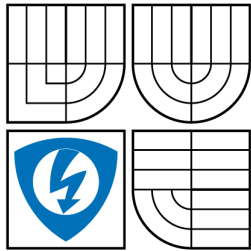
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAKUB ZAJÍC

BRNO 2008



**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

# **AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ MANUÁLNÍ KLIMATIZACE V AUTOMOBILU**

AUTOMATIC CONTROL OF THE MANUAL AIR-CONDITION IN THE CAR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jakub Zajíc

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

prof. Ing. Václav Říčný, CSc.

BRNO, 2008

# LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

## 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jakub Zajíc  
Bytem: 1. Máje 520, Velim, 281 01  
Narozen/a (datum a místo): 25. června 1986 v Bruntále  
(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: Automatické řízení manuální klimatizace v automobilu

Vedoucí/ školitel VŠKP: prof. Ing. Václav Řičný, CSc.

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 užit, 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

## ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá rozbořem možností realizace adaptoru k manuální klimatizaci, který by umožnil automatické nastavování zvolené teploty v automobilu. Součástí tohoto rozboru je blokový návrh analogového i digitálního provedení adaptoru automatické klimatizace. Obě bloková schémata jsou doplněna popisem funkce.

Na základě zhodnocení kladů a záporů obou provedení bylo rozhodnuto realizovat analogovou verzi adaptoru klimatizace.

Je uveden detailní popis dílčích funkčních bloků a analytický rozbor jejich vlivu na celkovou přesnost nastavení požadované teploty. V rámci bakalářské práce je proveden obvodový návrh všech dílčích bloků adaptoru manuální klimatizace. Součástí návrhu je vytvoření všech podkladů pro konstrukci funkčního vzorku zařízení.

Poslední fáze bakalářské práce se zabývá realizací funkčního vzorku adaptoru a jeho kalibrací pro měření a regulaci teploty v automobilu.

**Klíčová slova:** adaptor, manuální klimatizace, teplotní čidlo

## ANNOTATION

This bachelor's theses deal with possibility of realization manual air-conditioning adaptor analysis, which would enable automatic adjusting of elected temperature into a car. Part of this analysis is block proposal of type of analog and digital construction of automatic air-conditioning adaptor. Both block diagrams are accompanied with functional description.

Due to pro-and-con evaluation of both types of construction was decided to realize analog version of air-conditioning.

Detail partial functional description of functional blocks and analytical analysis of its influence to general temperature adjusting accuracy are presented.

Within bachelor's theses is performed circuit proposal of all partial blocks of manual air conditioning adaptor. Component of proposal is creating of all bases for construction of functional equipment model.

Final phase of bachelor's theses deal with realization of functional adaptor model and its calibration for measuring and temperature control into a car.

**Key words:** adaptor, manual air condition, temperature sensor

## Bibliografická citace

ZAJÍC, J. *Automatické řízení manuální klimatizace v automobilu. bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 34 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Václav Říčný, CSc.

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Automatické řízení manuální klimatizace v automobilu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce 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 uvedené bakalářské práce 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 bakalářské práce prof. Ing. Václavu Říčnému, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mého bakalářské práce.

V Brně dne 6. června 2008

.....  
podpis autora

# Obsah:

ANOTACE.....	5
ANNOTATION .....	6
Bibliografická citace.....	7
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>2 SYSTÉMOVÝ NÁVRH ADAPTORU DVOUSTUPŇOVÉ MANUÁLNÍ KLIMATIZACE.....</b>	<b>12</b>
2.1 Digitální provedení adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace řízeného mikroprocesorem.....	12
2.1.1 Stručný popis funkce digitálního adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace ...	13
2.2 Analogové provedení adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace řízeného komparátorem napětí.....	13
2.2.1 Stručný popis funkce analogového adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace	14
2.3 Srovnání obou provedení .....	14
<b>3 DETAILNÍ POPIS JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ ANALOGOVÉHO ADPTORU DVOUSTUPŇOVÉ MANUÁLNÍ KLIMATIZACE.....</b>	<b>15</b>
3.1 Obvod teplotního čidla.....	15
3.2 Stejnoseměrný zesilovač 1 .....	15
3.3 Nastavitelný zdroj napětí.....	16
3.4 Stejnoseměrný zesilovač 2 .....	16
3.5 Komparátor napětí .....	16
3.6 Relé .....	17
3.7 Řízení displeje .....	17
3.8 Displej .....	17
3.9 Napájecí obvody .....	18
<b>4 ODHAD VLIVU JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ NA PŘESNOST NASTAVENÉ TEPLoty.....</b>	<b>19</b>
4.1 Vliv teplotního čidla .....	19
4.2 Vliv stejnosměrných zesilovačů 1, 2 a komparátoru napětí.....	19
4.3 Vliv nastavitelného zdroje napětí .....	19
4.4 Vliv napájecího zdroje .....	20
4.5 Vliv relé.....	20
4.6 Vliv zobrazovacích obvodů.....	20
4.7 Shrnutí všech vlivů .....	20
<b>5 OBVODOVÝ NÁVRH .....</b>	<b>21</b>
5.1 Návrh napájecích obvodů.....	21
5.1.1 Kladná část napájecích obvodů.....	21
5.1.2 Záporná část napájecích obvodů.....	22
5.2 Návrh obvodu teplotního senzoru.....	23

5.3	Návrh stejnosměrného zesilovače 1 .....	24
5.4	Návrh nastavitelného zdroje napětí.....	25
5.4.1	Stanovení rozsahu výstupního napětí nastavitelného zdroje napětí.....	25
5.4.2	Návrh obvodových součástí nastavitelného zdroje napětí.....	26
5.5	Návrh stejnosměrného zesilovače 2.....	27
5.6	Návrh komparátoru napětí.....	27
5.7	Návrh relé .....	28
5.8	Návrh obvodu pro řízení zobrazování a displeje.....	29
5.8.1	Návrh součástek RC oscilátoru obvodu ICL 7107 .....	30
5.8.2	Návrh součástek nutných pro A/D převod v obvodu ICL 7107 .....	31
5.8.3	Návrh referenčního kapacitoru obvodu ICL 7107 .....	32
5.8.4	Návrh nastavení referenčního napětí a vstupního filtru obvodu ICL 7107.....	33
5.8.5	Návrh děliče napětí na vstupu obvodu ICL 7107 .....	33
5.8.6	Návrh displeje .....	35
5.8.7	Návrh kontrolky chlazení .....	36
5.9	Návrh chlazení tepelně namáhaných obvodů.....	37
5.9.1	Návrh chladiče stabilizátoru LM217T v kladné části napájecích obvodů .....	37
5.9.2	Návrh chladiče stabilizátoru LM217T nastavitelného zdroje napětí .....	38
<b>6</b>	<b>KONSTRUKCE.....</b>	<b>39</b>
6.1	Sestavení na kontaktním poli .....	39
6.1.1	Sestavení regulační části .....	39
6.1.2	Sestavení zobrazovací části .....	40
6.2	Návrh desky plošných spojů ( DPS ) .....	41
6.3	Osazení desky.....	41
6.4	Kalibrace .....	41
6.4.1	Kalibrace teplotního senzoru .....	41
6.4.2	Kalibrace obvodu pro zobrazení teploty .....	42
6.5	Umístění do krabičky .....	42
6.6	Elektrické připojení do elektrické instalace automobilu.....	43
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>44</b>
	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>47</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>48</b>
	<b>Seznam použitých zkratk .....</b>	<b>49</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>51</b>

# 1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je analýza řešení přídavného adaptoru k dvoustupňové manuální klimatizaci v osobním automobilu. Součástí této analýzy je detailní blokové schéma řídicího obvodu v analogovém i digitálním provedení. Analýza se také zabývá zhodnocením kladů a záporů obou provedení a následným výběrem jednoho provedení.

Analýza dosažitelné přesnosti nastavení žádané teploty, se zabývá přesností nastavené teploty na předních sedadlech, především na místě řidiče. Bude ovlivněna vybraným teplotním čidlem, způsobem jeho zapojení a umístěním výdechů klimatizace ve vozidle. ( Ve vozidle, které má výdechy klimatizace umístěny pouze na palubní desce nemá smysl hodnotit přesnost regulace na zadních sedadlech. )

Úplný obvodový návrh stanovuje hodnoty součástek pro sestavení všech dílčích bloků adaptoru. Součástí tohoto návrhu je i výpočet chladičů výkonově namáhaných polovodičových součástek. Při návrhu těchto obvodů je třeba zohlednit jejich použití v automobilu.

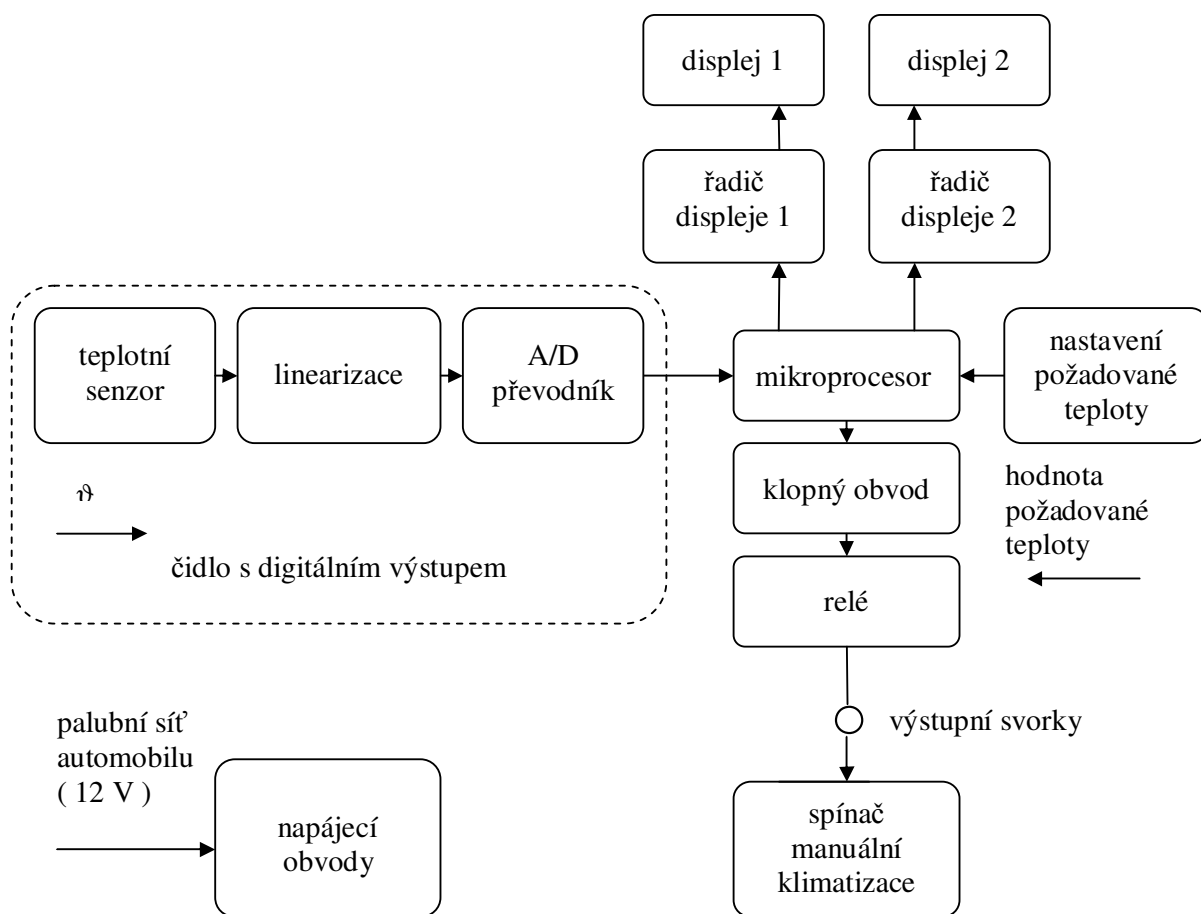
Celá práce je zakončena návrhem desky plošných spojů, osazovacího schématu a seznamu součástek pro konstrukci funkčního vzorku adaptoru. Na základě poznatků, získaných při sestavování funkčního vzorku adaptoru, je popsán postup oživení a kalibrace adaptoru.

## 2 SYSTÉMOVÝ NÁVRH ADAPTORU DVOUSTUPŇOVÉ MANUÁLNÍ KLIMATIZACE

V zásadě je možné zařízení realizovat jako čistě analogové, čistě digitální případně kombinaci těchto možností. Při výběru záleží na požadavcích kladených na zařízení, provozních podmínkách, složitosti návrhu a realizace, případně konečné ceně zařízení.

Adaptor manuální klimatizace musí spolehlivě měřit teplotu ve vozidle a podle nastavené hodnoty požadované teploty zapínat a vypínat klimatizační jednotku. Přídavnou funkcí je zobrazování naměřené a požadované teploty. Tato funkce již nemusí být zcela precizní, ale musí splňovat požadovanou přesnost.

### 2.1 Digitální provedení adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace řízeného mikroprocesorem



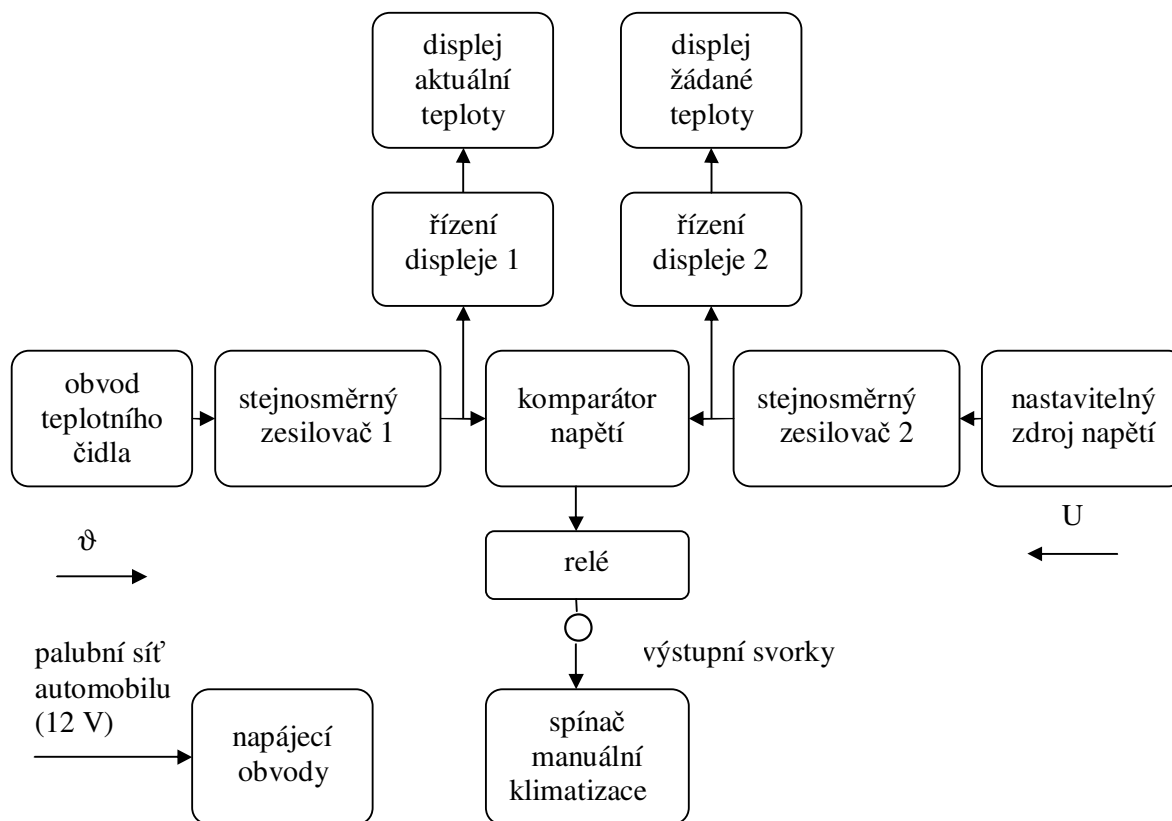
Obr. 1: Blokové schéma digitálního adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace

### 2.1.1 Stručný popis funkce digitálního adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace

Vstupní veličinou digitálního adaptoru manuální klimatizace ( viz obr. 1 ) je teplota měřená pomocí odporového teplotního senzoru. Senzor při měření využívá závislost odporu na teplotě. Průchod měřicího proudu senzorem vyvolá teplotně závislé napětí. Závislost tohoto napětí na teplotě je téměř vždy nelineární. Proto je nutné použít linearizační obvod. Ten vytvoří linearizovaný průběh teplotně závislého napětí. V A/D převodníku je tento průběh převeden na binární hodnotu. Teplotní senzor, linearizační obvod a A/D převodník je možné sloučit do jednoho bloku použitím čidla s digitálním výstupem. Binární výstupní hodnota teplotně závislého napětí je zpracovávána mikroprocesorem. Program mikroprocesoru tuto hodnotu porovnává s hodnotou požadované teploty. Ta je nastavována pomocí tlačítek. Na základě výsledku porovnání program rozhoduje o vypnutí nebo zapnutí klimatizace. Pokud je nové rozhodnutí jiné než předchozí, vyšle se klopnému obvodu pokyn pro změnu výstupního stavu. Klopný obvod představuje jednobitovou paměť. Udržíze povel pro vypnutí nebo zapnutí klimatizace v době, kdy mikroprocesor provádí jiné úlohy. Výstupní hodnota klopného obvodu spíná nebo rozpíná kontakty relé. Spínané kontakty relé jsou připojeny paralelně k manuálnímu spínači klimatizace, který při svém sepnutí zkratují.

Mikroprocesor také řídí displej tím, že odesílá do řadiče displeje hodnotu, která se má zobrazit.

### 2.2 Analogové provedení adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace řízeného komparátorem napětí



Obr. 2: Blokové schéma analogového adaptoru s digitálním zobrazením

### **2.2.1 Stručný popis funkce analogového adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace**

Vstupní veličinou analogového adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace ( viz obr. 2 ) je teplota měřená pomocí odporového teplotního senzoru. Průchodem měřicího proudu čidlem a změnou odporu čidla v závislosti na teplotě vzniká teplotně závislé napětí. Toto napětí je zesilováno stejnosměrným zesilovačem pro další zpracování.

Další vstupní veličinou je výstupní napětí nastavitelného zdroje napětí. Toto napětí slouží k nastavení regulační teploty. Výstup tohoto zdroje je k následujícím obvodům impedančně přizpůsoben pomocí napěťového sledovače.

Obě napětí jsou porovnávána pomocí komparátoru napětí. Na základě porovnání obou napětí se výstup komparátoru překlápí do kladné nebo záporné saturace. Těmito dvěma stavy je řízeno spínání spínaných kontaktů relé. Spínané kontakty relé jsou připojeny paralelně k manuálnímu spínači klimatizace, který při svém sepnutí zkratují.

Obě vstupní napětí jsou také přiváděna na vstupy převodníků napětí na sedmi segmentový kód. Sedmi segmentovým kódem je přímo ovládáno zobrazení na obou displejích.

## **2.3 Srovnání obou provedení**

Analogové provedení adaptoru manuální klimatizace má jednodušší obvodové zapojení. Z toho plyne i jednodušší návrh desky plošných spojů. Nevyžaduje obvod pro programování mikroprocesorů ( tzv. programátor ) a software pro sestavení a odladění řídicího programu. Cena součástí v případě analogového provedení je přibližně poloviční.

Po zvážení výše uvedeného a po poradě s vedoucím projektu bylo rozhodnuto, že bude obvodově navrženo analogové provedení adaptoru manuální klimatizace.

# 3 DETAILNÍ POPIS JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ ANALOGOVÉHO ADPTORU DVOUSTUPŇOVÉ MANUÁLNÍ KLIMATIZACE

V této kapitole jsou popsány jednotlivé bloky analogového adaptoru manuální klimatizace. Jednotlivé podkapitoly tvoří souhrn kritérií pro výběr jednotlivých součástí. Podkapitoly jsou uzavřeny přehledem součástí, které budou pravděpodobně použity.

Kritéria pro výběr jednotlivých součástí adaptoru manuální klimatizace jsou určena použitím v automobilu. Napájecí napětí je určeno napětím v palubní síti automobilu se spuštěným motorem. ( Spuštění adaptoru manuální klimatizace bez spuštěného motoru je bezpředmětné, protože klimatizace v tu chvíli nefunguje. ) Rozsah pracovních teplot je v našich klimatických podmínkách přibližně od  $-20^{\circ}\text{C}$  v zimě do  $80^{\circ}\text{C}$  v létě. Také je třeba zohlednit vliv vlhkosti, prašnosti a vibrací uvnitř automobilu.

## 3.1 Obvod teplotního čidla

Základem tohoto obvodu je odporový senzor teploty. K dispozici je mnoho druhů odporových senzorů, nejpoužívanější jsou platinové a monokrystalické křemíkové senzory.

Při návrhu měřicího obvodu s odporovým teplotním senzorem je třeba minimalizovat vliv proudu procházejícího senzorem a vliv odporu přívodů.

Proud procházející senzorem nesmí překročit maximální přípustný měřicí proud. Větší proud než maximální přípustný měřicí proud způsobuje ohřev senzoru a chybu měření. Teplotní závislost odporu přívodních vodičů lze částečně kompenzovat zapojením teplotního senzoru do jedné větve vyváženého Wheatstonova můstku. Ostatní odpory můstku musí být v metalizovaném provedení. Wheatstonův můstek je napájen stabilizovaným zdrojem napětí.

Při realizaci adaptoru manuální klimatizace nesmí být obvod teplotního čidla zcela uzavřen. Musí docházet k cirkulaci vzduchu kolem měřicího senzoru. Při obvodové realizaci bude použit teplotní senzor KTY81-210 firmy Philips. Katalogový list tohoto senzoru je uveden v příloze 1. ( Obsah přílohy je převzat z [3] ). Pro napájení Wheatstoneova můstku bude použita kladná část napájecích obvodů.

## 3.2 Stejnoseměrný zesilovač 1

Stejnoseměrný zesilovač zesiluje stejnoseměrnou i střídavou složku vstupního napětí. Je možné ho realizovat z diskrétních součástí nebo pomocí operačního zesilovače. V dnešní době je typické zapojení s operačním zesilovačem. Jeho nespornou výhodou je vstupní rozdílový zesilovač. Ten částečně kompenzuje teplotní nestabilitu vstupních napětí jednotlivých tranzistorů, ze kterých se skládá. Při návrhu stejnoseměrného zesilovače s operačním zesilovačem je velmi důležité zvolit operační zesilovač s malou vstupní napěťovou nesymetrií. Malou hodnotu vstupní napěťové nesymetrie je potom možné zanedbat

Dále je třeba volit mezi provedením operačního zesilovače s unipolárními nebo bipolárními tranzistory. Operační zesilovače s bipolárními tranzistory mají výhodu menší vstupní napěťové nesymetrie, malé teplotní závislosti této nesymetrie a velkého činitele potlačení souhlasného signálu. Z těchto důvodů je pro aplikaci v adaptoru manuální klimatizace vhodnější operační zesilovač s bipolárními tranzistory.

Stejnoseměrný zesilovač 1 zpracovává napětí na diagonále Wheatstoneova můstku. Proto bude operační zesilovač zapojen jako rozdílový zesilovač. Použitý operační zesilovač by měl mít co největší vstupní odpor aby nezatěžoval měřící můstek.

Při realizaci adaptoru manuální klimatizace bude použit operační zesilovač LM741. Tento typ je vybaven vývody pro kompenzaci vstupní napěťové nesymetrie. Katalogový list tohoto operačního zesilovače je uveden v příloze 3. ( Obsah přílohy je převzat z [9] )

### 3.3 Nastavitelný zdroj napětí

Pro aplikaci v automobilu lze nastavitelný zdroj napětí realizovat pomocí stabilizátoru napětí a regulačního prvku.

Stabilizátor může být realizován jako parametrický nebo třísvorkový zpětnovazební, v podobě integrovaného obvodu. Stabilizátor může stabilizovat kladné nebo záporné napětí. Vzhledem k regulaci kladných teplot je třeba kladné napětí a třísvorkový stabilizátor má lepší vlastnosti než parametrický. Pro aplikaci nastavitelného zdroje napětí je nejvhodnější třísvorkový stabilizátor kladného napětí.

Regulační prvek může měnit výstupní napětí jemně nebo hrubě. Pro spojitou regulaci je možné použít lineární potenciometr. Pro hrubou regulaci lze použít přepínač a soustavu přesných napěťových děličů ( děliče by mohly být sestaveny například pro nastavování teploty po jednotkách stupňů Celsia ).

Při realizaci adaptoru manuální klimatizace bude použit třísvorkový stabilizátor napětí LM217T a lineární potenciometr. Katalogový list tohoto stabilizátoru je uveden v příloze 2. ( Obsah přílohy je převzat z [8] )

### 3.4 Stejnoseměrný zesilovač 2

Pro jeho výběr platí stejné zásady jako pro výběr stejnoseměrného zesilovače 1. V tomto případě je použit operační zesilovač zapojený jako napěťový sledovač. Ten slouží k impedančnímu přizpůsobení regulovatelného zdroje napětí a komparátoru napětí. Operační zesilovač zapojený jako napěťový sledovač musí mít dobré potlačení souhlasných signálů a malou hodnotu klidového vstupního proudu.

Pro zjednodušení návrhu adaptoru manuální klimatizace bude použit stejný typ operačního zesilovače jako u stejnoseměrného zesilovače 1. To znamená typ LM741. Katalogový list tohoto stabilizátoru je uveden v příloze 3. ( Obsah přílohy je převzat z [9] )

### 3.5 Komparátor napětí

Při návrhu komparátoru s operačním zesilovačem je třeba rozhodnout zda bude použit komparátor bez hystereze nebo komparátor s hysterezí. Komparátor bez hystereze má jednodušší zapojení, ale není vhodný pro prostředí s rušením. Komparátor s hysterezí je vůči rušení odolný díky kladné zpětné vazbě. Tato zpětná vazba, po každém překlopení výstupní úrovně, způsobí definovanou změnu rozhodovací úrovně o hysterezní napětí. Proto je vhodnější komparátor s hysterezí, např. Schmitův klopný obvod.

Důležitým kritériem při výběru operačního zesilovače pro komparátor je co nejmenší vstupní napěťová nesymetrie. Na její velikosti totiž závisí přesnost komparace. Tomuto požadavku lépe vyhovuje bipolární provedení operačního zesilovače.

Pro realizaci v adaptoru manuální klimatizace bude použit operační zesilovač LM741. Katalogový list tohoto stabilizátoru je uveden v příloze 3. ( Obsah přílohy je převzat z [9] )

### 3.6 Relé

Relé je použito z důvodu univerzálního připojení adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace v libovolném vozidle. Při výběru relé je možné volit mezi dvěma základními typy. Těmito typy jsou polovodičová a jazýčková relé. Jazýčková relé mohou spínat větší proudy. Jejich funkce však může být ovlivněna silnými vibracemi nebo magnetickým polem. Pro odstranění proudových špiček vzniklých spínáním cívky se paralelně ke spínacím kontaktům relé připojuje závěrně polarizovaná usměrňovací dioda.

Spínané kontakty relé budou připojeny paralelně k manuálnímu spínači klimatizace, proto by měly být dimenzovány na stejný proud. Není však možné získat dokumentaci ke všem vozidlům a určit tak proudové dimenzování spínače manuální klimatizace. Je však možné předpokládat, že spínačem neprotéká větší proud než několik set miliampér. Maximální spínaný proud relé bude pro jistotu předdimenzován na hodnotu jednoho ampéru.

Při realizaci adaptoru manuální klimatizace bude použito jazýčkové relé typu DSS4 1A05. Katalogový list tohoto stabilizátoru je uveden v příloze 5. ( Obsah přílohy je převzat z [10] )

### 3.7 Řízení displeje

Existují dvě základní možnosti jak řídit displej. Je možné použít mikroprocesor řízený programem nebo speciální obvod pro převod napětí na kód sedmi segmentového displeje. Při použití mikroprocesoru je bezpodmínečně nutné použít A/D převodník a programátor mikroprocesoru. Při použití speciálního obvodu je A/D převodník jeho součástí. Tím se zjednoduší zapojení adaptoru manuální klimatizace. Také odpadá návrh programu, odlaďování a programování do struktury integrovaného obvodu. Z těchto důvodů je výhodnější převodník napětí na sedmi segmentový kód.

Je možné použít například obvod 7107 firmy Intersil. Ten je určený pro řízení sedmi segmentového LED displeje. Skládá se z A/D převodníku, sedmi segmentového dekodéru, řadiče displeje, zdroje referenčního napětí a zdroje hodinového signálu. Katalogový list tohoto obvodu je uveden v příloze 6. ( Obsah přílohy je převzat z [6] )

### 3.8 Displej

Při výběru displeje je možné zvolit LCD displej nebo LED displej. Vzhledem k zobrazovaným údajům ( numerické hodnoty ) je LCD displej zbytečný luxus. Jeho cena je zhruba dvojnásobná v porovnání s LED displejem. Nevýhodou LCD displeje je nutnost podsvícení pro noční provoz. U LED displeje není podsvícení třeba. Je možné použít maticový nebo segmentový LED displej. Maticové displeje se používají spíše pro zobrazování alfanumerických hodnot. Pomocí segmentových displejů se převážně zobrazují numerické hodnoty.

Pro použití v adaptoru manuální klimatizace je tedy nejvhodnější segmentový LED display. Jak již bylo řečeno, LED displej není třeba podsvěcet. Jednotlivé segmenty při zobrazování samy svítí. Z tohoto důvodu je vhodné displej vybavit regulací jasu, aby v noci neoslňoval řidiče.

### 3.9 Napájecí obvody

Napájecí obvody musí být navrženy tak, aby byly odolné vůči kolísání napájecího napětí a špičkovým změnám proudu v palubní síti vozidla. Ty mohou vzniknout při zapnutí jiného spotřebiče napájeného z palubní sítě vozidla. Dále je vhodné chránit napájecí obvody proti přepólování vstupních svorek, případně zkratu na vstupu či výstupu.

V palubní síti automobilu je stejnosměrné napětí o jmenovité hodnotě 12 V (po spuštění motoru vzroste na cca 14 V). Bude použit sběrací kondenzátor pro filtraci zvlnění napájecího napětí. Filtr by měl zajistit, že zvlnění vstupního napětí stabilizátoru nepřesáhne 10%. Dále bude použit třísvorkový integrovaný stabilizátor kladného napětí.

Pro napájení operačních zesilovačů je třeba zajistit i záporné napětí. Záporné napětí lze vytvořit pomocí invertoru napětí, založeného na principu nábojové pumpy. Nábojová pumpa nejdříve nabije akumulární prvek. Vzápětí připojí nabitý akumulární prvek k zátěži v opačné polaritě než v jaké byl nabíjen. Akumulární prvek může být cívka nebo kondenzátor. Použití kondenzátoru je výhodnější. Předejde se tak proudovým špičkám, které vznikají spínáním indukčnosti.

Při realizaci adaptoru manuální klimatizace bude použit třísvorkový stabilizátor kladného napětí typu LM217T, inverter napětí založený na obvodu 7660 a usměrňovací dioda typu 1N4007. Katalogový list stabilizátoru LM217T je uveden v příloze 2. (Obsah přílohy je převzat z [8]) Katalogový list obvodu 7660 je uveden v příloze 4. (Obsah přílohy je převzat z [11])

## 4 ODHAD VLIVU JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ NA PŘESNOST NASTAVENÉ TEPLoty

Tato kapitola se zabývá rozbohem vlastností jednotlivých bloků, které mohou ovlivňovat přesnost nastavené teploty. Jednotlivé faktory ovlivňující přesnost nastavené teploty jsou sumarizovány v celkový odhad. Přesnost tohoto odhadu je však značně závislá na konečném umístění adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace ve vozidle. Je totiž zřejmé, že v blízkém okolí čidla je jiná teplota než na místě řidiče. Čidlo může být umístěno např. za palubní deskou nebo pod středovým panelem.

Celý odhad platí pro monokrystalický teplotní senzor s jmenovitým odporem 2000  $\Omega$ , měřící proud 2 mA a rozsah teplot  $-10 \div 50$   $^{\circ}\text{C}$ . V tomto rozsahu se napětí senzoru vyvolané měřícím proudem mění asi o 0,8 V.

### 4.1 Vliv teplotního čidla

Odhad vlivu teplotního čidla předpokládá teplotně stabilní napájecí napětí měřícího můstku. Vliv napájení měřícího můstku, je uvažován samostatně.

Samotný monokrystalický křemíkový senzor v symetrickém provedení má v rozsahu teplot  $-10 \div 50$   $^{\circ}\text{C}$  chybu asi 3 %. Po připojení do obvodu tato chyba vlivem teplotní závislosti měděných přívodů vzroste. Celková chyba teplotního senzoru připojeného do měřícího můstku nepřesáhne 3,5 %, takže  $\delta_{\text{čidla}} \leq 0,035$ .

Pokud by byl rozsah teplot zmenšen na rozmezí  $10 \div 30$   $^{\circ}\text{C}$ , poklesla by chyba samotného teplotního senzoru přibližně na 1 %. Mimo tento rozsah však bude chyba prudce narůstat. Tato skutečnost ovšem není podstatná, protože navrhovaný adaptor dvoustupňové manuální klimatizace bude po většinu času pracovat právě v tomto rozsahu teplot. Celková chyba teplotního senzoru připojeného do měřícího můstku nepřesáhne 1,5 %, takže  $\delta_{\text{čidla}} \leq 0,015$ .

### 4.2 Vliv stejnosměrných zesilovačů 1, 2 a komparátoru napětí

U bipolárního provedení operačního zesilovače, kterým budou tyto bloky tvořeny je nutné uvážit vliv vstupní napětíové nesymetrie. Ta se pro nekompensovaný operační zesilovač pohybuje přibližně v rozmezí od 100  $\mu\text{V}$  do 1 mV. To odpovídá chybě v rozmezí od 13 % do 20 %. Při kompenzaci vstupní napětíové nesymetrie hodnota této chyby klesne prakticky na nulu. Dále je však třeba uvážit změnu vstupní napětíové nesymetrie v závislosti na teplotě. Tato změna je přibližně 3,3  $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Tato změna v pracovním rozsahu teplot  $-10 \div 50$   $^{\circ}\text{C}$  vyvolá chybu asi 0,016 %, takže  $\delta_{\text{zesilovač1}} = \delta_{\text{zesilovač2}} = \delta_{\text{komparátoru}} \leq 0,00016$ .

### 4.3 Vliv nastavitelného zdroje napětí

Nastavitelný zdroj napětí je založen na obvodu LM217T, což je stabilizátor s proměnným výstupním napětím. Teplotní stabilita výstupního napětí tohoto obvodu má hodnotu 1 %, takže  $\delta_{\text{nast. zdroje}} \leq 0,01$

## 4.4 Vliv napájecího zdroje

Kladná část napájecího zdroje je také založena na stabilizátoru napětí LM217T, takže  $\delta_{nap. zdroje} \leq 0,01$

Obvod 7660SIBA použitý v záporné větvi napájecího zdroje má interní teplotní kompenzaci. Jeho vliv na přesnost nastavené teploty je tedy zanedbatelný.

## 4.5 Vliv relé

Jazyčkové relé může přesnost nastavené teploty ovlivňovat pouze zpožděním při spínání a rozpínání kontaktů relé. Hodnota tohoto zpoždění se pohybuje v řádu několika jednotek milisekund. Proto je toto ovlivnění nastavené teploty zanedbatelné.

## 4.6 Vliv zobrazovacích obvodů

Řídící obvody displeje ani samotný displej nemají vliv na přesnost nastavené teploty. Mají vliv pouze na přesnost zobrazované teploty. Ta je závislá na přesnosti převodu napětí na sedmi segmentový kód a počtu míst displeje.

## 4.7 Shrnutí všech vlivů

Všechny dílčí chyby je možné sumarizovat za použití vztahu (1).

$$\delta_{celkové} = \sqrt{\delta_{čidla}^2 + \delta_{zdroje}^2 + \delta_{zes.1}^2 + \delta_{zes.2}^2 + \delta_{kompar.}^2 + \delta_{nast.zdroje}^2} \cdot \quad (1)$$

Tento vztah platí za předpokladu, že jsou jednotlivé chyby vzájemně nekorelované.

Dosažením výše uvedených hodnot do vztahu (1) zjistíme, že celková chyba nastavené teploty v rozsahu  $-10$  až  $50^\circ\text{C}$  je asi 3 %. V teplotním rozsahu  $10$  až  $30^\circ\text{C}$  to potom je asi 2 %.

# 5 OBVODOVÝ NÁVRH

Tato kapitola se zabývá kompletním návrhem všech obvodových součástek. Celkové schéma všech navrhovaných částí je uvedeno v příloze 7.

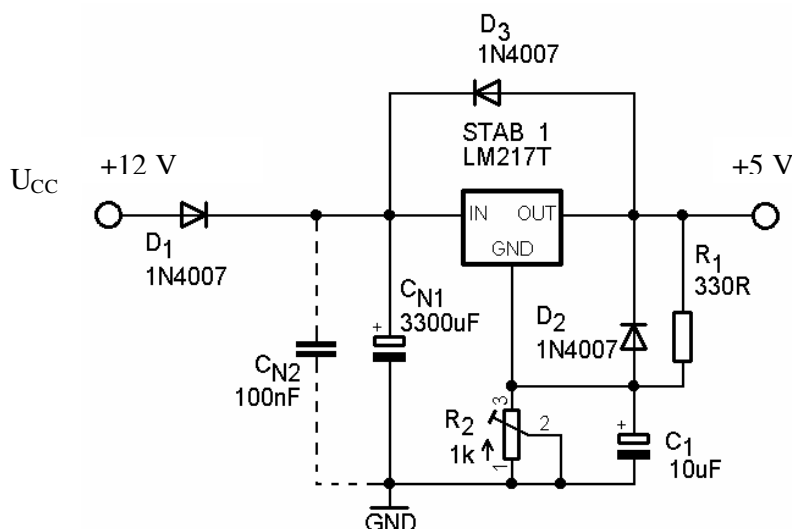
Navrhované rezistory jsou použity v metalizovaném provedení, odporové trimry v cermetovém provedení. Důvodem je menší teplotní závislost odporu těchto rezistorů. Při napětovém dimenzování elektrolytických kapacitorů je třeba uvážit zvlnění  $U_0$  a stárnutí kapacitorů. Z tohoto důvodu jsou všechny elektrolytické kapacitory dimenzovány na dvojnásobné napětí.

## 5.1 Návrh napájecích obvodů

Napájecí obvody stabilizují napětí palubní sítě vozidla a napájejí celý adaptor. Musí být zajištěno symetrické napájecí napětí stejnosměrného zesilovače a převodníku z napětí na sedmi segmentový kód. Pro zjednodušení byla zvolena stejná hodnota napájecího napětí všech obvodů. Zvolená hodnota symetrického napájecího napětí je  $\pm 5$  V.

### 5.1.1 Kladná část napájecích obvodů

Základem kladné části napájecích obvodů je integrovaný stabilizátor napětí s nastavitelným výstupním napětím LM217T. Tento obvod byl vybrán z důvodu možnosti nastavení přesné hodnoty výstupního napětí. Zapojení stabilizátoru (viz obr.3) bylo s několika úpravami převzato z dokumentace výrobce [8].



Obr. 3: Schéma zapojení kladné části napájecího zdroje

Diody  $D_1 \div D_3$  jsou diody typu 1N4007, chrání obvod napájecího zdroje. Dioda  $D_1$  slouží k ochraně při přepólování vstupního napětí. Dioda  $D_2$  chrání obvod při zkratu na výstupu a dioda  $D_3$  chrání obvod při zkratu vstupních svorek. Kapacitor  $C_{N1}$  filtruje zvlnění vstupního napětí. Jeho hodnotu je možné vypočítat ze vztahu (2) převzatého z [7].

$$C_{N1} = \frac{300 \cdot I}{p \cdot U_0} = \frac{300 \cdot 1500}{10 \cdot 12} = 3750 \mu\text{F}. \quad [\mu\text{F}; \text{mA}; \% ; \text{V}] \quad (2)$$

Pro napájecí napětí  $U_{CC} = 12$  V, maximální možný odebíraný proud 1,5 A a zvlnění napětí 10 % je hodnota kapacitoru  $C_{N1}$  3750  $\mu\text{F}$ . Při výpočtu hodnoty  $C_{N1}$  byly uvažovány

nejhorší možné podmínky. Proto je možné zvolit kondenzátor s kapacitou 3300  $\mu\text{F}$  a maximálním pracovním napětím 25 V.

Navržený kapacitor  $C_{N1}$  zajišťuje, že zvlnění napětí  $U_0$  nepřesáhne hodnotu 10 %. (Pro spolehlivou funkci třísvorkového stabilizátoru napětí je maximální přípustné zvlnění vstupního napětí právě 10 %.) Pokud je v palubní síti automobilu zaručeno menší zvlnění než 10 %, je možné místo kapacitoru  $C_{N1}$  použít keramický kapacitor  $C_{N2} = 100 \text{ nF}$ .

Hodnota kapacitoru  $C_1$  byla převzata z dokumentace výrobce [8]. Zvolená hodnota maximálního pracovního napětí kapacitoru  $C_1$  je 10 V.

Hodnotu trimru  $R_2$  lze vypočítat ze vztahu (4). Tento vztah byl získán vyjádřením z rovnice (3) pro výpočet výstupního napětí stabilizátoru. Tato rovnice byla převzata z dokumentace obvodu LM217T [8]. Hodnota referenčního napětí  $U_{\text{REF}}$  stabilizátoru je 1,25V. Hodnota proudu zpětnovazební smyčky  $I_{\text{Adj}}$  stabilizátoru je maximálně  $100 \cdot 10^{-6} \text{ A}$ . Tyto hodnoty byly zjištěny z dokumentace výrobce [8].

$$U_0 = U_{\text{REF}} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{\text{Adj}} \cdot R_2, \quad (3)$$

$$R_2 \geq \frac{R_1 \cdot (U_0 - U_{\text{REF}})}{U_{\text{REF}} + I_{\text{Adj}} \cdot R_1} = \frac{240 \cdot (5 - 1,25)}{1,25 + 100 \cdot 10^{-6} \cdot 240} = 706,43 \Omega. \quad (4)$$

Bude použita nejbližší vyšší vyráběná hodnota  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ .

Při znalosti maximální hodnoty trimru  $R_2$  je možné zpřesnit hodnotu rezistoru  $R_1$ . Zpřesnění hodnoty 240  $\Omega$  (převzaté z katalogu [8]) lze provést pomocí vztahu (5). Ten byl získán vyjádřením z rovnice (3).

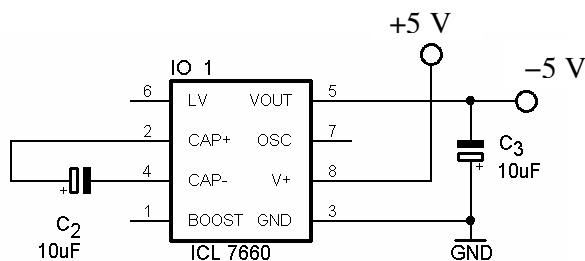
$$R_1 \leq \frac{R_2 \cdot U_{\text{REF}}}{U_0 - U_{\text{REF}} - I_{\text{Adj}} \cdot R_2} = \frac{1000 \cdot 1,25}{5 - 1,25 - 100 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 342,46 \Omega. \quad (5)$$

Opět bude použita nejbližší nižší vyráběná hodnota  $R_1 = 330 \Omega$ .

Zda je stabilizátor opravdu schopen dodat výstupní napětí +5V je možné ověřit dosazením vypočtených hodnot rezistorů do vztahu (3). Po dosazení  $R_1 = 330 \Omega$  a  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$  vyjde maximální výstupní napětí +5,13 V. Přesnou hodnotu +5 V je třeba nastavit trimrem  $R_2$ .

### 5.1.2 Záporná část napájecích obvodů

Záporné napájecí napětí zajistí obvod ICL 7660 zapojený jako invertor napětí. Ten ke správné funkci potřebuje pouze dva externí kapacitory.



Obr. 4: Invertor napětí s obvodem ICL 7660

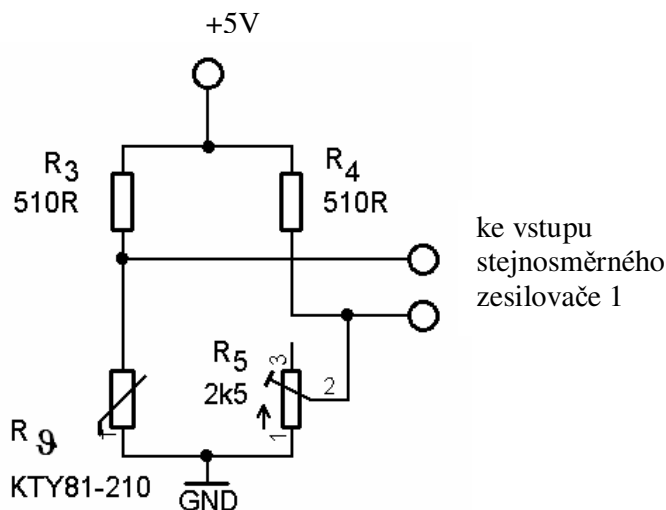
Na vývod V+ obvodu ICL 7660 ( viz obr. 4 ) je přivedeno vstupní napětí +5 V. Z vývodu V<sub>OUT</sub> je potom odebíráno výstupní napětí -5 V. Vývod LV není zapojen. Pokud je vstupní napětí menší než 3,5 V, připojuje se vývod LV na zem.

Základní kmitočet interního oscilátoru je 10 kHz. Tento kmitočet určuje frekvenci spínání interních spínačů MOS. Kmitočet oscilátoru lze měnit zapojením vývodu OSC nebo BOOST. Připojením vývodu BOOST k vývodu V+ se kmitočet přibližně třikrát zvýší. Při zvyšování kmitočtu interního oscilátoru však klesá účinnost obvodu ICL 7660 a narůstá vlastní spotřeba obvodu. Připojením kapacitoru mezi vývody OSC a V+ lze kmitočet snížit. Snižování kmitočtu interního oscilátoru však vede k nárůstu kapacity a rozměrů kapacitorů C<sub>2</sub> a C<sub>3</sub>.

V zapojení adaptoru manuální klimatizace je kmitočet 10 kHz optimální. Pro tento kmitočet je hodnota C<sub>2</sub> a C<sub>3</sub> doporučená výrobcem 10 μF. Ekvivalentní sériový odpor kapacitorů C<sub>2</sub> a C<sub>3</sub> musí být co nejmenší. To zaručí minimální výstupní odpor zdroje záporného napětí.

## 5.2 Návrh obvodu teplotního senzoru

Obvod teplotního senzoru je zapojen jako Wheatstonův můstek vyvážený pro teplotu 0 °C. Pro vyvážený můstek platí R<sub>ϕ</sub> = R<sub>5</sub>, obě hodnoty budou také označovány jako R<sub>a</sub>. Zároveň musí platit R<sub>3</sub> = R<sub>4</sub>, obě hodnoty budou také označovány jako R<sub>b</sub>. Wheatstoneův můstek je napájen z kladné části napájecího zdroje.



Obr. 5: Obvod teplotního senzoru (Wheatstonův můstek)

Jmenovitý odpor senzoru R<sub>ϕ</sub> je 2 kΩ. Pro vyvážení můstku musí mít rezistor R<sub>5</sub> stejnou hodnotu jako R<sub>ϕ</sub>. Proto byl zvolen odporový trimr R<sub>5</sub> = 2,5 kΩ. Jemnějšího vyvážení můstku lze dosáhnout použitím sériové kombinace rezistoru a trimru. (Například rezistoru 1,5 kΩ a trimu 500 Ω.)

Při výpočtu hodnoty odporu R<sub>b</sub> je možné vyjít ze vztahů pro paralelní a sériové kombinace rezistorů. Pomocí nich lze určit celkový odpor Wheatstonova můstku podle vztahu (6).

$$R_c = \frac{(R_a + R_b) \cdot (R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_a + R_b} \Rightarrow R_c = \frac{(R_a + R_b)}{2}. \quad (6)$$

Také lze  $R_c$  učit pomocí Ohmova zákona z napájecího napětí a celkového proudu protékajícího můstkem. To je vyjádřeno pomocí vztahu (7).

$$R_c = \frac{U_0}{I_c}. \quad (7)$$

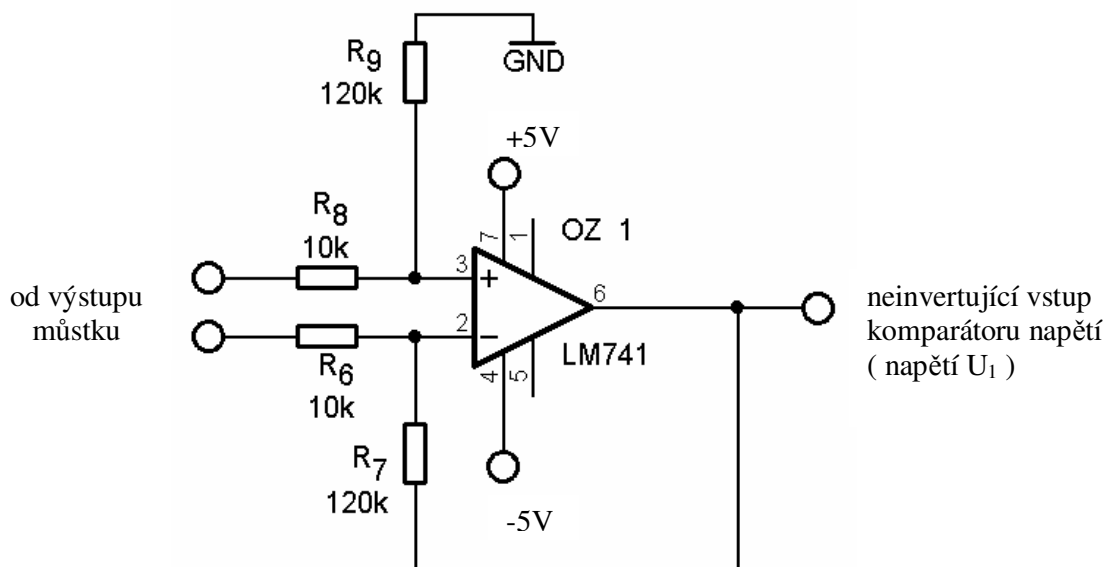
Vztahy (6) a (7) tvoří soustavu dvou rovnic o dvou neznámých. Vyjádřením z této soustavy vznikne konečný vztah (8) pro určení  $R_b$ .

$$R_b = \frac{2U_0}{I_c} - R_a = \frac{2 \cdot 5}{4 \cdot 10^{-3}} - 2000 = 500 \Omega. \quad (8)$$

Použitím tohoto vztahu pro napájecí napětí můstku 5 V, celkový proud můstkem 4 mA ( měřící proud  $I_{m\check{e}r} = 2 \text{ mA}$  ) a hodnotu odporu  $R_a = 2 \text{ k}\Omega$  je zjištěna hodnota  $R_b = 500 \Omega$ . To znamená, že hodnota rezistorů  $R_3$  a  $R_4$  je  $500 \Omega$ . Nejbližší vyšší hodnota dostupná z normalizované řady hodnot je  $510 \Omega$ . Jak již bylo řečeno, budou použity metalizované rezistory. Mají totiž menší teplotní závislost než běžné uhlíkové rezistory.

### 5.3 Návrh stejnosměrného zesilovače 1

Stejnoseměrný zesilovač 1 musí mít velký vstupní odpor, aby nezatěžoval Wheatstonův můstek a neovlivňoval měření. Základem stejnosměrného zesilovače 1 je operační zesilovač typu LM741. Jak již bylo řečeno, operační zesilovač je zapojen jako rozdílový zesilovač a bude napájen symetrickým napětím  $\pm 5\text{V}$ .



Obr. 6: Zapojení stejnosměrného zesilovače 1

Velikost rezistoru  $R_6$  a  $R_8$  byla zvolena  $10 \text{ k}\Omega$ . Hodnota napěťového zesílení byla zvolena  $A_u = 12$  s ohledem na možnosti výstupního napětí nastavitelného zdroje napětí.

Hodnotu rezistorů  $R_7$  a  $R_9$  lze vypočítat ze vztahu (10) získaného vyjádřením ze vztahu (9).

$$A_U = \left(1 + \frac{R_7}{R_6}\right), \quad (9)$$

$$R_7 = R_6 \cdot (A_U - 1) = 10^4 \cdot (12 - 1) = 110 \text{ k}\Omega. \quad (10)$$

Hodnota rezistorů  $R_7$  a  $R_9$  pro  $R_6 = R_8 = 10 \text{ k}\Omega$  a zesílení 12 vychází 110 k $\Omega$ . Nejbližší vyšší hodnota dostupná z normalizované řady hodnot je 120 k $\Omega$ . Rezistory  $R_6$ ,  $R_7$ ,  $R_8$  a  $R_9$  nastavují hodnotu zesílení, musí tedy mít co nejpřesnější hodnotu. Proto budou použity rezistory s tolerancí  $\pm 1 \%$ .

## 5.4 Návrh nastavitelného zdroje napětí

Pro vlastní návrh obvodových součástek nastavitelného zdroje napětí je nejdříve třeba stanovit požadovaný rozsah výstupního napětí.

### 5.4.1 Stanovení rozsahu výstupního napětí nastavitelného zdroje napětí

Nastavitelný zdroj napětí musí být navržen tak, aby rozsah jeho výstupního napětí byl dostatečný pro regulaci. Krajiní hodnoty nastavitelného rozsahu musí odpovídat dvanáctinásobku výstupního napětí obvodu teplotního senzoru pro teploty přibližně 17°C a 25°C. Potřebný rozsah napětí lze jednoduše zjistit prostřednictvím napětí na teplotním senzoru  $U_\vartheta$ . Toto napětí lze vypočítat pomocí ohmova zákona (12) z měřícího proudu  $I_{\text{měř}}$  a hodnot odporu teplotního senzoru  $R_\vartheta$  při krajních teplotách rozsahu. Před tím je třeba určit hodnotu měřícího proudu. Také je nutné pamatovat na to, že se proud odporovým senzorem  $I_{\text{měř}}$   $\vartheta$  mění.

Proud měřícím senzorem  $I_{\text{měř}}$   $\vartheta$  lze určit z celkového odporu můstku  $R_C$  (vztah(6)) a napájecího napětí  $U_0$  podle vztahu (11). Měřící proud lze zjistit odečtením proudu větví s konstantním odporem  $I_{\text{konst}}$  od celkového proudu můstkem  $I_C$ . Proud větví s konstantním odporem je polovina celkového odporu můstku ve vyváženém stavu (tzn. při teplotě 0°C). Níže je naznačen postup pro zjištění měřícího proudu při teplotě 0°C. Při zjišťování měřícího proudu při jiné teplotě se změní hodnota  $R_\vartheta$ .

$$I_{C \vartheta=0} = \frac{U_0}{R_C} = \frac{U_0}{\frac{(R_3 + R_\vartheta) \cdot (R_4 + R_5)}{(R_3 + R_\vartheta) + (R_4 + R_5)}} = \frac{5}{\frac{(510 + 1630) \cdot (510 + 1630)}{(510 + 1630) + (510 + 1630)}} = 4,67 \text{ mA}, \quad (11)$$

$$I_{\text{konst}} = \frac{I_{C \vartheta=0}}{2} = \frac{4,67}{2} = 2,336 \text{ mA},$$

$$I_{\text{měř } \vartheta=0^\circ\text{C}} = I_{C \vartheta=0} - I_{\text{konst}} = 4,67 - 2,336 = 2,336 \text{ mA}.$$

Hodnoty odporu teplotního čidla byly stanoveny pomocí údajů z katalogu výrobce [3]. Postup odečítání z charakteristiky je naznačen v příloze (1).

$$U_\vartheta = I_{\text{měř}} \cdot R_\vartheta, \quad (12)$$

$$U_{\vartheta=17^\circ\text{C}} = I_{\text{měř } \vartheta=17^\circ} \cdot R_{\vartheta=17^\circ\text{C}} = 2,095 \cdot 10^{-3} \cdot 1880 = 3,93 \text{ V},$$

$$U_{\vartheta=25^\circ\text{C}} = I_{\text{měř } \vartheta=25^\circ} \cdot R_{\vartheta=25^\circ\text{C}} = 1,992 \cdot 10^{-3} \cdot 2000 = 3,98 \text{ V},$$

$$U_{\vartheta=0^\circ\text{C}} = I_{\text{měř } \vartheta=0^\circ} \cdot R_{\vartheta=0^\circ\text{C}} = 2,336 \cdot 10^{-3} \cdot 1630 = 3,79 \text{ V}.$$

Také je třeba zohlednit, že je můstek vyvážen při teplotě 0°C. To lze provést výpočtem napětí  $U_\vartheta$  pro teplotu 0°C. Toto napětí je potom třeba odečíst od krajních hodnot rozsahu.

Krajní hodnoty rozsahu výstupního napětí nastavitelného zdroje napětí je tedy možné zjistit podle vztahu (13).

$$U_1 = 12 \cdot (U_{\vartheta = x^{\circ}\text{C}} - U_{\vartheta = 0^{\circ}\text{C}}), \quad (13)$$

$$U_{1 \vartheta = 17^{\circ}\text{C}} = 12 \cdot (U_{\vartheta = 17^{\circ}\text{C}} - U_{\vartheta = 0^{\circ}\text{C}}) = 12 \cdot (3,93 - 3,79) = 12 \cdot 0,14 = 1,68 \text{ V},$$

$$U_{1 \vartheta = 25^{\circ}\text{C}} = 12 \cdot (U_{\vartheta = 25^{\circ}\text{C}} - U_{\vartheta = 0^{\circ}\text{C}}) = 12 \cdot (3,98 - 3,79) = 12 \cdot 0,19 = 2,28 \text{ V}.$$

Minimální potřebný rozsah výstupního napětí nastavitelného zdroje napětí je tedy od 1,68 V do 2,28 V. Hodnota 1,68 V je bez problémů dosažitelná, protože minimální výstupní napětí stabilizátoru LM217T je 1,25 V. Horní mezní hodnotu vymezují rezistory  $R_{10}$  a  $R_{11}$ .

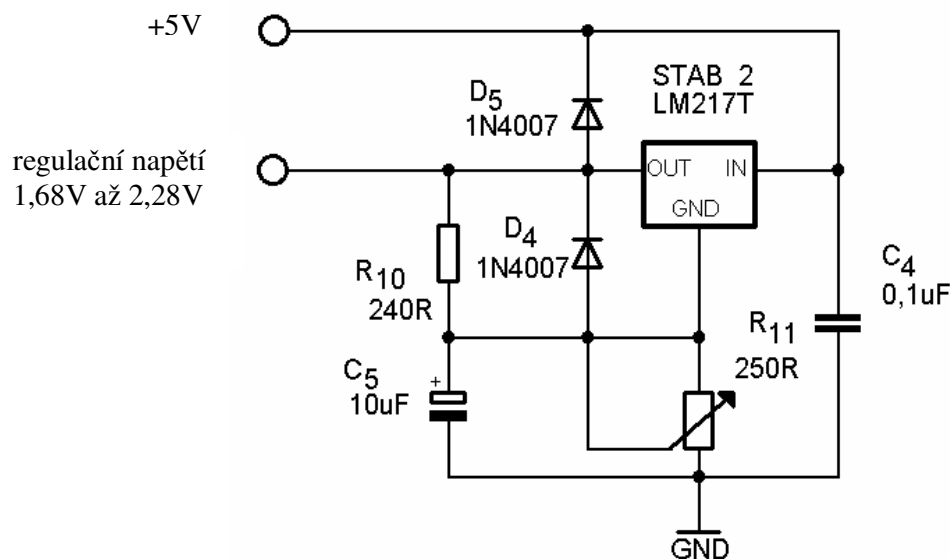
Vypočítaný rozsah je však pouze přibližný. Při jeho stanovení byla použita charakteristika odporového teplotního senzoru sestavená z typických hodnot. Skutečné hodnoty odporu teplotního čidla se však od typických hodnot mohou lišit v rámci povolené tolerance až o 3%.

#### 5.4.2 Návrh obvodových součástek nastavitelného zdroje napětí

Návrh obvodových součástek nastavitelného zdroje napětí je obdobný jako návrh kladné části napájecích obvodů. Schéma zapojení ( viz obr. 7 ) bylo převzato z dokumentace výrobce [8]. I zde jsou použity ochranné diody  $D_4$ ,  $D_5$  pro případ zkratu na výstupu nebo vstupu stabilizátoru. Také byly ponechány kapacitory  $C_4$  a  $C_5$  včetně hodnot doporučených výrobcem. Vzhledem ke katalogovému zapojení byla změněna pouze hodnota lineárního potenciometru  $R_{11}$ . Ten slouží k nastavení výstupního napětí nastavitelného zdroje ( nastavení požadované teploty ). Hodnotu potenciometru  $R_{11}$  lze zjistit dosazením do rovnice (4). Hodnota  $R_{10} = 240 \Omega$  byla převzata z katalogu [8].

$$R_{11} \geq \frac{R_{10} \cdot (U_0 - U_{\text{REF}})}{U_{\text{REF}} + I_{\text{Adj}} \cdot R_{10}} = \frac{240 \cdot (2,28 - 1,25)}{1,25 + 100 \cdot 10^{-6} \cdot 240} = 182,73 \Omega.$$

Bude použita nejbližší vyšší vyráběná hodnota  $R_{11} = 250 \Omega$ .

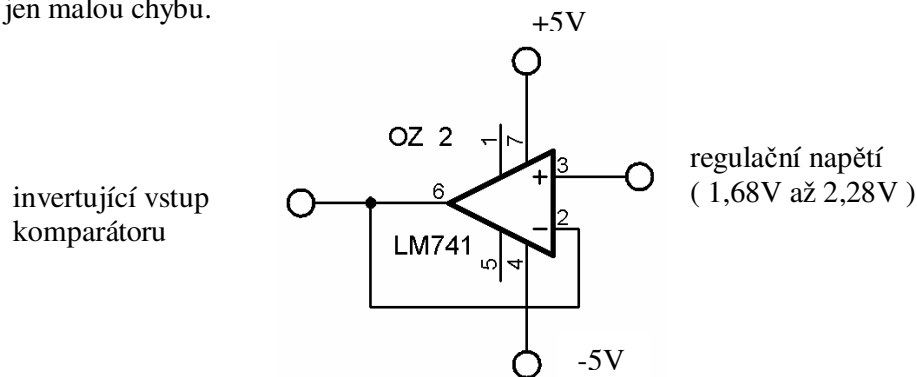


Obr. 7: Zapojení nastavitelného zdroje napětí

## 5.5 Návrh stejnosměrného zesilovače 2

Stejnosemřný zesilovač je založen na operačním zesilovači typu LM741. Pro usnadnění návrhu je použit stejný typ operačního zesilovače jako u stejnosměrného zesilovače 1. Pro potřeby stejnosměrného zesilovače 2 je operační zesilovač zapojen jako napěťový sledovač. V tomto zapojení impedančně přizpůsobuje nastavitelný zdroj napětí a komparátor napětí.

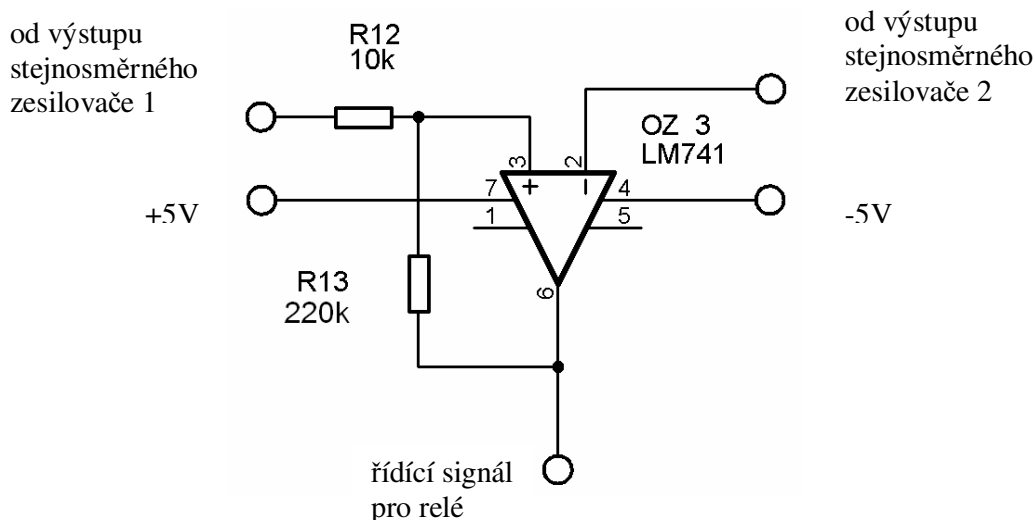
Vývody 1 a 5 operačního zesilovače slouží pro kompenzaci vstupní napěťové nesymetrie. Tuto nesymetrii v tomto případě není třeba kompenzovat. Její hodnota je v porovnání s hysterezí následujícího komparátoru napětí zanedbatelná. Při regulaci tedy bude způsobovat jen malou chybu.



Obr. 8: Zapojení stejnosměrného zesilovače 2

## 5.6 Návrh komparátoru napětí

Jako komparátor je také použit operační zesilovač typu LM741. Pro tento účel je operační zesilovač zapojen jako Schmittův klopný obvod.



Obr. 9: Zapojení komparátoru napětí

Hodnota rezistoru  $R_{12}$  ( viz obr. 9 ) byla zvolena 10 k $\Omega$ . Velikost rezistoru  $R_{13}$  lze zjistit podle vztahu (16). Tento vztah vznikl vyjádřením ze vzorce (15) převzatého z literatury [2].

Pro dosažení do vzorce (16) je třeba znát velikost hystereze. Tu je možné zvolit např.: 0,5°C a vypočítat odpovídající hodnotu hysterezního napětí. Tuto hodnotu je možné přibližně určit pomocí vztahu (14) jako podíl rozdílu výstupního napětí stejnosměrného zesilovače 1 ku rozdílu teplot, kterým tato napětí odpovídají.

$$U_H = \frac{\Delta U_1}{\Delta \vartheta} = \frac{2,28 - 1,68}{25 - 17} = 75 \text{ mV}. \quad (14)$$

Dále je třeba znát výstupní napětí komparátoru v kladné i záporné saturaci. Tyto dvě hodnoty lze při znalosti napájecího napětí zhruba odhadnout podle údajů z katalogu výrobce operačního zesilovače [9]. Tento odhad však může být poměrně nepřesný. Proto je vhodné změřit po sestavení obvodu hodnotu výstupního napětí v obou saturacích. Pomocí změřených saturačních napětí lze potom podle vztahu (16) zjistit přesnou hodnotu rezistoru  $R_{13}$ .

$$U_H = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{13}} \cdot (U_{\text{sat H}} - U_{\text{sat L}}), \quad (15)$$

$$R_{13} = R_{12} \cdot \left( \frac{U_{\text{sat H}} - U_{\text{sat L}}}{U_H} - 1 \right), \quad (16)$$

$$R_{13 \text{ zhruba}} = R_{12} \cdot \left( \frac{U_{\text{sat H odhad}} - U_{\text{sat L odhad}}}{U_H} - 1 \right) = 10000 \cdot \left( \frac{4 - 3,5}{0,075} - 1 \right) = 66,6 \text{ k}\Omega,$$

$$R_{13 \text{ přesný}} = R_{12} \cdot \left( \frac{U_{\text{sat H m}} - U_{\text{sat L m}}}{U_H} - 1 \right) = 10000 \cdot \left( \frac{3,85 - 2,31}{0,075} - 1 \right) = 195,3 \text{ k}\Omega.$$

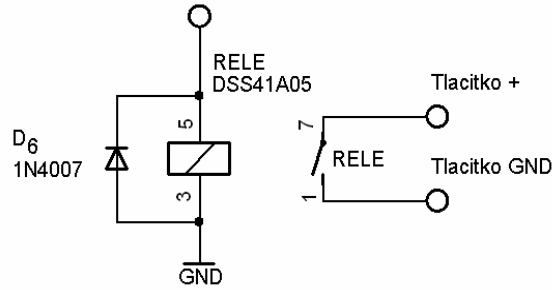
Z uvedených výpočtů je patrné, že zpřesnění hodnoty rezistoru  $R_{13}$  pomocí změřených saturačních napětí hraje velkou roli. Pokud by toto zpřesnění nebylo provedeno, skutečná velikost hystereze komparátoru by se výrazně lišila od zvolené hodnoty.

## 5.7 Návrh relé

Relé bylo zvoleno jako univerzální výkonový spínač. Pro výběr relé je rozhodující hodnota napětí na cívce relé potřebná pro sepnutí kontaktů relé. V adaptoru manuální klimatizace je velikost tohoto napětí dána výstupním napětím komparátoru napětí v kladné saturaci. Hodnota tohoto napětí je asi 4 V. Proto bylo zvoleno relé s nominálním napětím na cívce 5 V. Minimální spínací napětí tohoto relé je 3,75 V. Proto je možné toto relé použít. Pro úsporu místa na desce plošných spojů je vhodné relé s kontakty umístěnými v jedné řadě. Těmto požadavkům odpovídá např. relé DSS41A05.

Spínání indukční zátěže ( cívky relé ) může vyvolávat proudové špičky. Pro odrušení těchto proudových špiček se používá závěrně polarizovaná usměrňovací dioda připojená paralelně k cívce relé. Někteří výrobci tuto diodu umísťují přímo do pouzdra relé. To však není případ relé DSS41A05. Proto je vhodné na kontakty relé připojit usměrňovací diodu, např. 1N4007 ( viz. obr. 10 ).

řídící signál  
z výstupu  
komparátoru



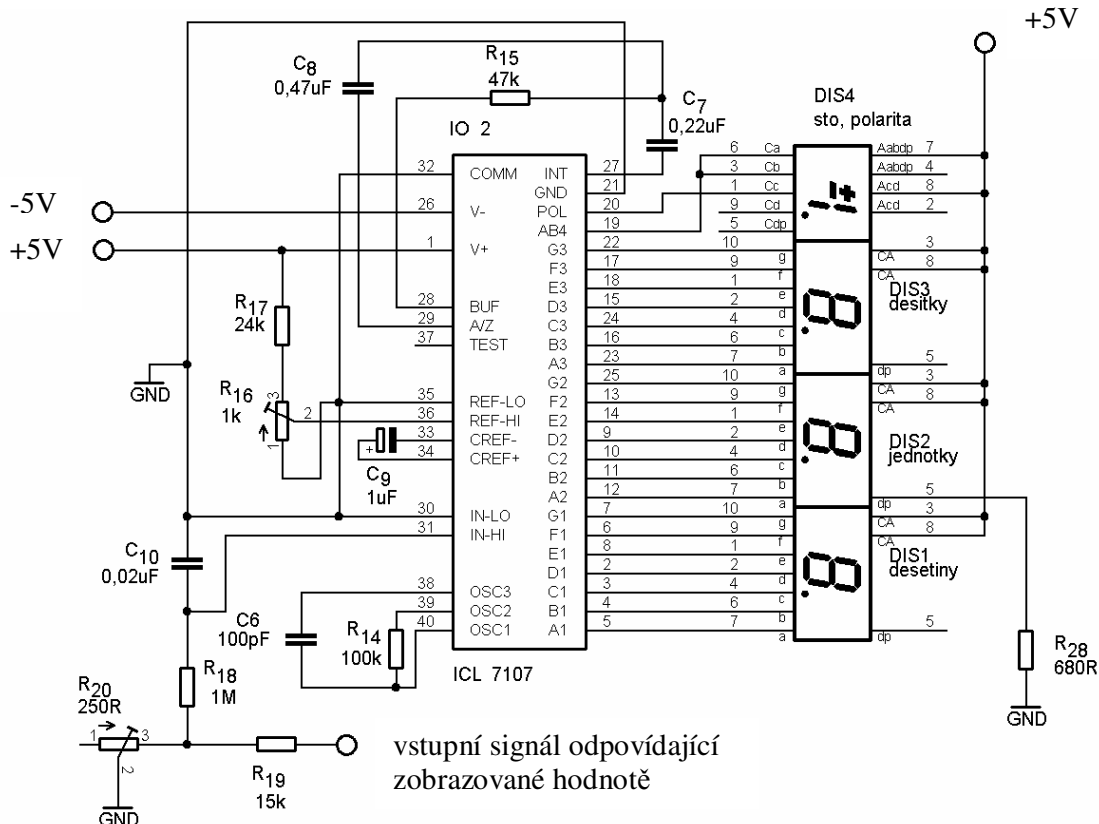
Obr. 10: Zapojení relé

## 5.8 Návrh obvodu pro řízení zobrazování a displeje

Pro řízení displeje je použit speciální obvod ICL 7107. Tento obvod je v podstatě integrační A/D převodník s kodérem digitální hodnoty do sedmi segmentového kódu. Obvod ICL 7107 má jen jeden vstup. Pro současné zobrazení aktuální a požadované teploty je tedy nutné použít obvod pro zobrazení teploty ( viz. obr. 11 ) dvakrát. Další možností je použít přepínač vstupního signálu obvodu a zobrazovat vždy jen požadovanou nebo aktuální teplotu.

Obě varianty mají své výhody. Z důvodu snadného ovládání je vhodnější použít pro každý signál samostatný zobrazovací obvod. V dalším textu je popsán návrh obvodu pro zobrazení aktuální teploty. Označení odpovídající součástky v obvodu pro zobrazení požadované teploty je uvedeno v závorce.

Zapojení obvodu pro zobrazení teploty ( viz. obr. 11 ) bylo převzato z dokumentace výrobce obvodu ICL 7107 [6].

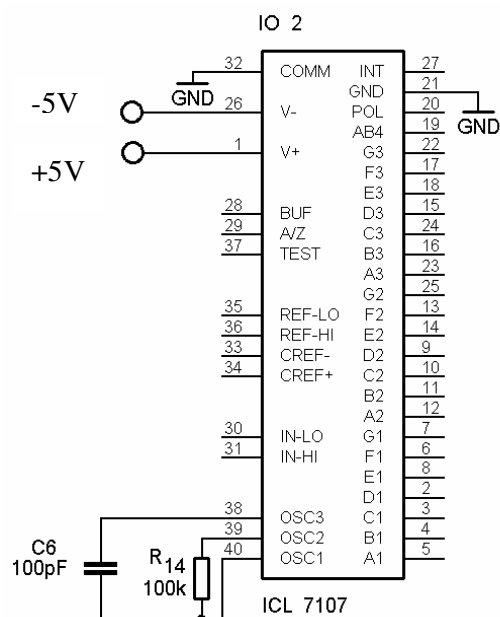


Obr. 11: Zapojení obvodu pro zobrazení aktuální (požadované) teploty

### 5.8.1 Návrh součástek RC oscilátoru obvodu ICL 7107

Obvod ICL 7107 je napájen symetrickým napájecím napětím  $\pm 5$  V. Kontakty GND a COMM integrovaného obvodu ( piny 21 a 32 ) jsou připojeny na zem.

Obvod ICL 7107 je taktován RC oscilátorem ( viz. obr. 12 ). Ten je tvořen rezistorem  $R_{14}$  ( $R_{21}$ ) a kapacitou  $C_6$  ( $C_{11}$ ). Hodnoty těchto součástek je možné vypočítat pomocí vztahu (18). Ten vznikl vyjádřením z rovnice (17), převzaté z dokumentace výrobce [6]. Hodnota kmitočtu RC oscilátoru  $f_{osc}$  by měla být celistvým násobkem kmitočtu sítě ze které je obvod ICL 7107 napájen. V automobilu by to měl být celistvý násobek kmitočtu, který je odvozen od kmitočtu střídavého napětí vyráběného alternátorem. Napětí o tomto kmitočtu může být superponováno na stejnosměrném napětí napájecí sítě automobilu a může způsobovat rušení.



Obr. 12: Zapojení RC oscilátoru obvodu ICL 7107

Hodnotu tohoto kmitočtu však nelze určit přesně a univerzálně pro všechny automobily. Mění se s otáčkami motoru automobilu a závisí na poměru obvodů řemenic alternátoru a klikové hřídele. Proto byla ponechána hodnota  $f_{osc} = 48$  kHz doporučená výrobcem.

$$f_{osc} = \frac{0,45}{R_{14} \cdot C_6}, \quad (17)$$

$$C_6 = \frac{0,45}{R_{14} \cdot f_{osc}} = \frac{0,45}{100 \cdot 10^3 \cdot 48 \cdot 10^3} = 93,75 \text{ pF}. \quad (18)$$

Výrobce obvodu ICL 7107 doporučuje volit hodnotu rezistoru RC oscilátoru  $R_{14}$  ( $R_{21}$ ) = 100 k $\Omega$  pro jakoukoliv hodnotu výstupního kmitočtu oscilátoru. Dosazením do vztahu (18) potom získáme hodnotu  $C_6$  ( $C_{11}$ ) = 93,75 pF. Při konstrukci adaptoru klimatizace bude použit svitkový kapacitor o hodnotě 100 pF.

Od taktovacího kmitočtu  $f_{OSC}$  je odvozen vzorkovací kmitočet obvodu ICL 7107. Vzorkovací kmitočet lze zjistit pomocí vzorce (20) odvozeného ze vztahu (19). Ten byl převzat z dokumentace výrobce [6].

$$t_{vz} = t_{OSC} \cdot 16000, \quad (19)$$

$$f_{vz} = \frac{f_{OSC}}{16000} = \frac{48 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^3} = 3 \text{ Hz}. \quad (20)$$

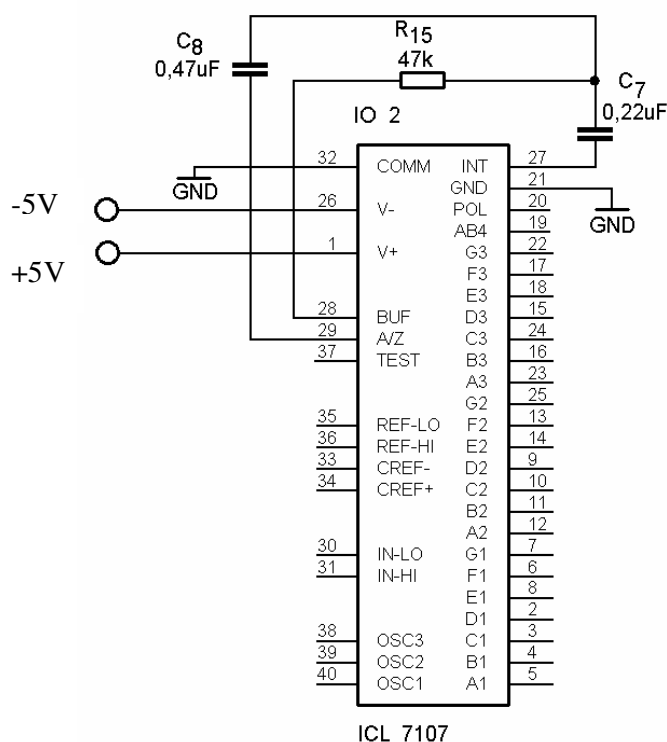
Dosazením do vzorce (20) zjistíme, že hodnota vzorkovacího kmitočtu je 3Hz. To znamená, že hodnota teploty na displeji je aktualizována přibližně každých 333 ms.

### 5.8.2 Návrh součástek nutných pro A/D převod v obvodu ICL 7107

A/D převod probíhá ve třech fázích: automatické nulování, integrace a de-integrace. K tomu slouží kapacitor automatického nulování, integrační rezistor a integrační kapacitor ( viz. obr. 13 ). Hodnotu integračního rezistoru  $R_{15}$  ( $R_{22}$ ) lze vypočítat pomocí vztahu (21) z maximální hodnoty požadovaného rozsahu vstupního napětí  $U_{INFS}$  a optimálního integračního proudu  $I_{INT}$ . Vztah (21) byl převzat z dokumentace výrobce [6].

$$R_{15} = \frac{U_{INFS}}{I_{INT}} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-6}} = 50 \text{ k}\Omega. \quad (21)$$

Optimální integrační proud  $I_{INT}$  doporučený výrobcem má hodnotu  $4\mu\text{A}$ . Zvolený vstupní rozsah je  $U_{INFS} = \pm 200 \text{ mV}$ . Pro tyto hodnoty má integrační rezistor hodnotu  $50 \text{ k}\Omega$ . Při konstrukci adaptoru bude použita nejnižší nižší vyráběná hodnota  $R_{15}$  ( $R_{22}$ ) =  $47 \text{ k}\Omega$ .



Obr. 13: Zapojení součástek pro A/D převod v obvodu ICL 7107

Hodnotu integračního kapacitoru  $C_7$  ( $C_{12}$ ) lze zjistit ze vztahu (23) převzatého z dokumentace výrobce [6]. Pro dosazení do tohoto vztahu je nejdříve potřeba zjistit hodnotu

integrační periody. Tu je možné vypočítat pomocí rovnice (22) převzaté z dokumentace výrobce [6].

$$t_{INT} = 1000 \cdot \left( \frac{4}{f_{OSC}} \right) = 1000 \cdot \left( \frac{4}{48 \cdot 10^3} \right) = 83,3 \text{ ms}, \quad (22)$$

$$C_7 = \frac{t_{INT} \cdot I_{INT}}{U_{INT}} = \frac{83,3 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{2} = 166,6 \text{ nF}. \quad (23)$$

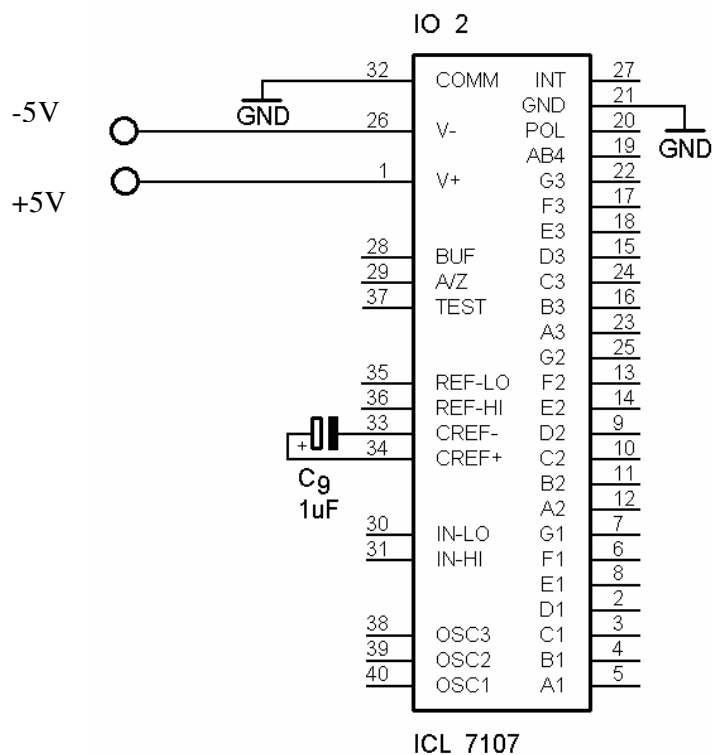
Typická hodnota výstupního napětí integrátoru uváděná výrobcem je  $U_{INT} = 2 \text{ V}$ . Pro tuto a výše uvedené hodnoty je hodnota integračního kapacitoru  $C_7$  ( $C_{12}$ ) = 166,6 nF. Při konstrukci adaptoru bude použita nejbližší vyšší vyráběná hodnota 220 nF.

Hodnotu kapacitoru pro automatické nulování  $C_8$  ( $C_{13}$ ) (viz. obr. 13) je podle dokumentace výrobce [6] možné volit v rozsahu 10 nF až 1  $\mu\text{F}$ . Při konstrukci adaptoru bude použita hodnota  $C_8$  ( $C_{13}$ ) = 470 nF. Tato hodnota je doporučena jako optimální v kombinaci s výše vypočtenými součástkami.

Integrační kapacitor a kapacitor pro automatické nulování musí mít malou dielektrickou absorpci! Tento požadavek dobře splňují svitkové kapacitory s polypropylenovým dielektrikem.

### 5.8.3 Návrh referenčního kapacitoru obvodu ICL 7107

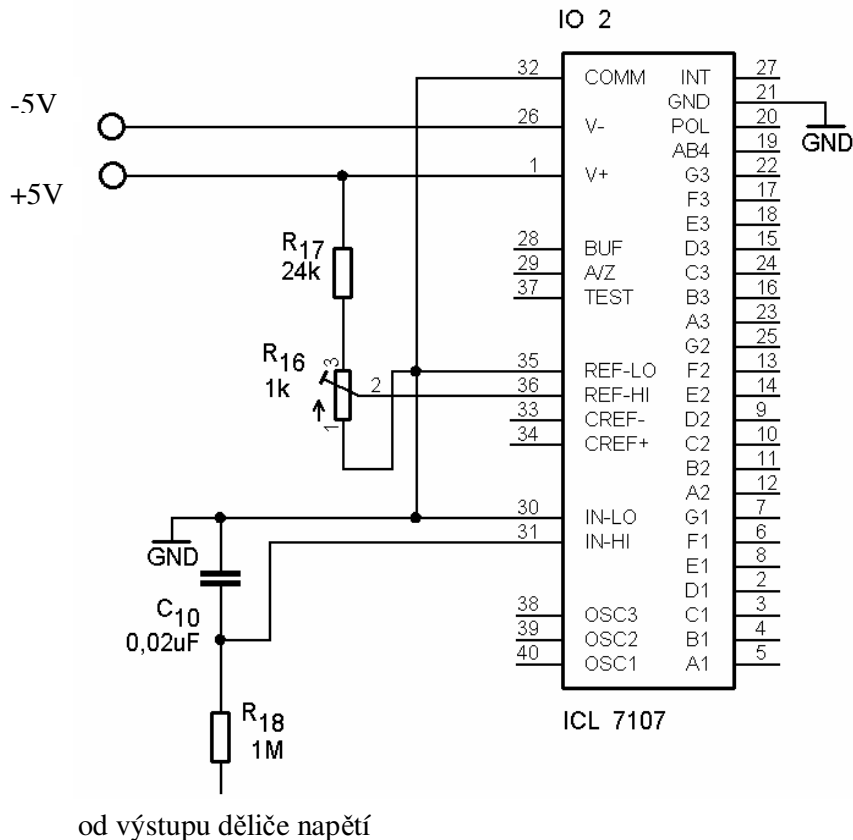
Hodnotu referenčního kapacitoru  $C_9$  ( $C_{14}$ ) (viz. obr. 14) lze volit v rozsahu od 100 nF do 1  $\mu\text{F}$ . Byla zvolena hodnota 1  $\mu\text{F}$ . Tato hodnota je pro rozsah vstupního napětí  $\pm 200 \text{ mV}$  nejvhodnější. Relativně velká hodnota referenčního kapacitoru totiž zvětšuje odolnost proti rušivým napětím. Ta je u vstupního rozsahu  $\pm 200 \text{ mV}$  velmi důležitá.



Obr. 14: Zapojení referenčního kapacitoru obvodu ICL 7107

### 5.8.4 Návrh nastavení referenčního napětí a vstupního filtru obvodu ICL 7107

Rezistory  $R_{16}$  ( $R_{23}$ ) a  $R_{17}$  ( $R_{24}$ ) nastavují velikost referenčního napětí pro A/D převod. Rezistor  $R_{18}$  ( $R_{25}$ ) a kapacitor  $C_{10}$  ( $C_{15}$ ) tvoří vstupní odrušovací filtr obvodu ICL 7107. Hodnoty součástek  $R_{16}$ ,  $R_{17}$ ,  $R_{18}$ ,  $C_{10}$  ( $R_{23}$ ,  $R_{24}$ ,  $R_{25}$ ,  $C_{15}$ ) (viz. obr. 15) byly převzaty z katalogu výrobce obvodu ICL 7107 [6].



Obr. 15: Zapojení vstupního filtru a referenčního napětí obvodu ICL 7107

### 5.8.5 Návrh děliče napětí na vstupu obvodu ICL 7107

Hodnota vstupního napětí obvodu není numericky shodná s hodnotou teploty, kterou je třeba zobrazit. Aby na displeji byla zobrazena správná hodnota, musí být hodnota vstupního napětí nejdříve upravena. Tuto úpravu lze provést např. děličem napětí. Dělič napětí je tvořen rezistorem  $R_{19}$  ( $R_{26}$ ) a trimrem  $R_{20}$  ( $R_{27}$ ) (viz. obr. 16).

Dělicí poměr děliče napětí DP lze zjistit pomocí vztahu (24). Tento vztah využívá toho, že poměr požadovaného vstupního napětí obvodu ICL 7107  $U_{\text{vst ICL}}$  a výstupního napětí stejnosměrného zesilovače  $1 U_1$  je stejný jako poměr rezistorů  $R_{20}$  a  $R_{19}$ .

$$DP = \frac{R_{20}}{R_{19}} = \frac{U_{\text{vst ICL}}}{U_1} \quad (24)$$

Vzhledem k zátěži děliče ho lze přibližně navrhnout jako nezátížený. Při kalibraci displeje je pak třeba experimentálně nastavit hodnotu trimru  $R_{20}$  ( $R_{27}$ ) aby byla dosažena potřebná hodnota napětí na vstupu obvodu ICL 7107.

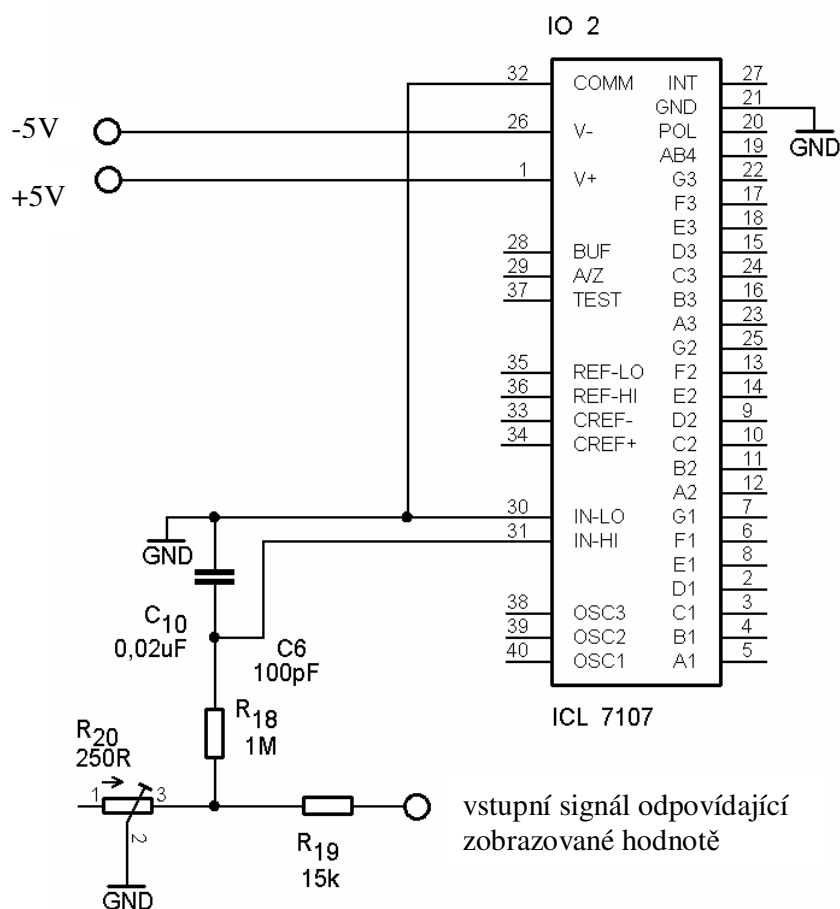
Při znalosti dělicího poměru DP lze pro nezatížený dělič jednoduše vypočítat hodnoty rezistorů děliče. Dělicí poměr je roven podílu hodnoty trimru  $R_{20}$  ( $R_{27}$ ) a rezistoru  $R_{19}$  ( $R_{26}$ ). Dělicí poměr se však se změnou teploty nepatrně mění. Tato změna je důsledkem nelinearity teplotního senzoru. Proto je při návrhu děliče použita průměrná hodnota dělicího poměru vypočítaného podle vztahu (25). Tento vztah vlastně určuje aritmetický průměr z hodnot dělicího poměru při teplotě 17 °C a 25 °C. Tyto hodnoty lze zjistit dosazením do vzorce (24).

$$DP_{17^{\circ}\text{C}} = \frac{U_{\text{vst ICL}}}{U_1} = \frac{17 \cdot 10^{-3}}{1,68} = 0,0101,$$

$$DP_{25^{\circ}\text{C}} = \frac{U_{\text{vst ICL}}}{U_1} = \frac{25 \cdot 10^{-3}}{2,28} = 0,0109,$$

$$DP_{\text{prům}} = \frac{DP_{17^{\circ}\text{C}} + DP_{25^{\circ}\text{C}}}{2} = \frac{0,0101 + 0,0109}{2} = 0,0105. \quad (25)$$

Pro tyto dvě zvolené teploty je průměrný dělicí poměr  $DP_{\text{prům}} = 0,0105$ .



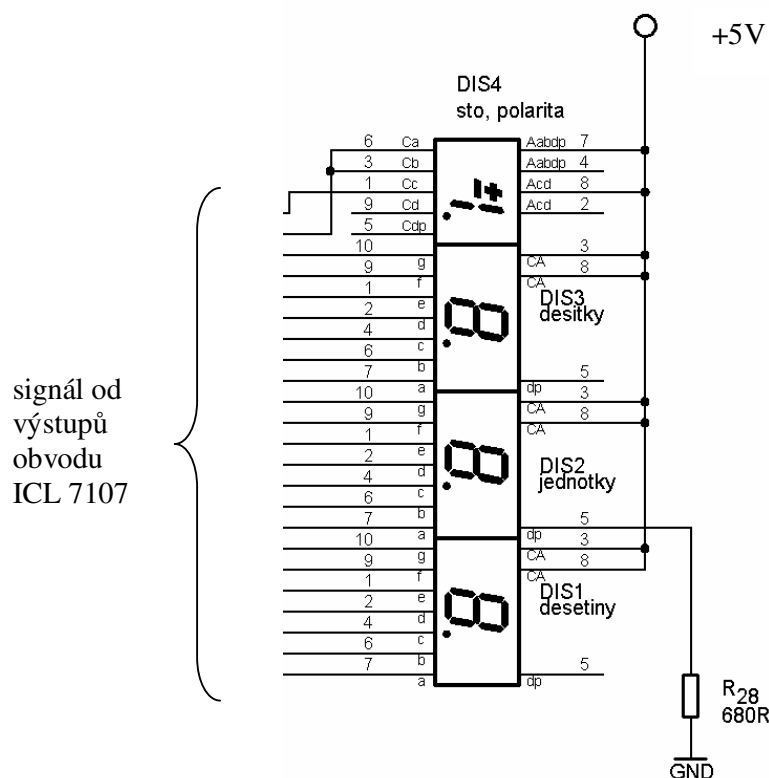
Obr. 16: Zapojení děliče vstupního napětí obvodu ICL 7107

Pro průměrnou hodnotu dělicího poměru 0,0105 a zvolenou hodnotu  $R_{19}$  ( $R_{26}$ ) = 15 kΩ vychází přibližná hodnota trimru  $R_{20}$  ( $R_{27}$ ) = 157,5 Ω. Z této hodnoty se vychází při kalibraci displej.

## 5.8.6 Návrh displeje

Je nutné použít displej se společnou anodou, protože na výstupech obvodu ICL 7107 je aktivní nízká úroveň. Při invertování každého výstupu by bylo možné použít displej se společnou katodou. To je však zbytečně složité.

Displej je možné napájet přímo kladným napájecím napětím +5 V. V takovém případě má displej konstantní jas. Pro regulaci jasu displeje je možné nastavovat hodnotu napájecího napětí displeje například potenciometrem. To však není u uvedeného zapojení obvodu pro zobrazování teploty možné. Změnou hodnoty potenciometru se nemění jen napájecí napětí displeje, ale i referenční napětí obvodu ICL 7107. Výsledkem by tedy bylo, že by se s jasnem displeje měnila i zobrazovaná hodnota. Řešením by byla stabilizace referenčního napětí například zenerovou diodou.



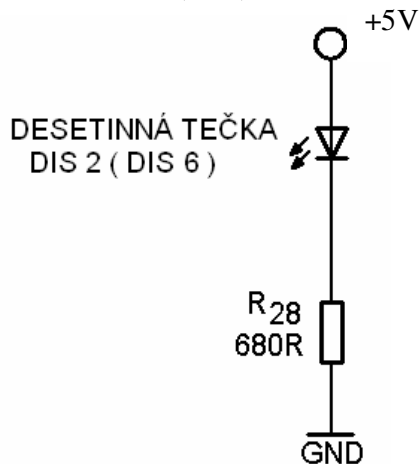
Obr. 17: Zapojení LED displeje

Desetinná tečka displeje není řízena obvodem ICL 7107. Proto je důležité si uvědomit, že je třeba aby desetinná tečka byla za číslicí jednotek. Proto byla katoda desetinné tečky displeje DIS2 (DIS6) fixně připojena přes předřadný rezistor  $R_{28}$  ( $R_{29}$ ) na zem (viz. obr. 12 nebo 13).

Hodnotu předřadného rezistoru desetinné tečky  $R_{28}$  ( $R_{29}$ ) lze vypočítat podle vztahu (26) odvozeného z Ohmova zákona. Napětí na předřadném odporu je rozdíl kladného napájecího napětí  $U_0$  a napětí na desetinné tečce  $U_f$  (LED diodě).

$$R_{28} = \frac{U_0 - U_f}{I_f} = \frac{5 - 1,7}{0,05} = 660 \Omega. \quad (26)$$

Při použití červeného LED displeje bude v adaptoru klimatizace použit předřadný odpor desetinné tečky  $R_{28}$  ( $R_{26}$ ) = 680  $\Omega$ . ( Při použití displeje jiné barvy se nepatrně změní proud segmentem displeje, hodnota rezistoru  $R_{28}$  ( $R_{29}$ ) však může zůstat stejná.)



Obr. 18: Sériový rezistor desetinné tečky

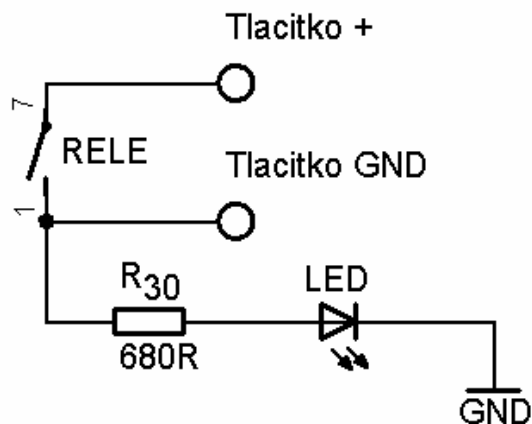
Z důvodu dobré čitelnosti byl zvolen sedmi segmentový LED displej velikosti 14,2 mm. Pro poměrně velkou svítivost a malý proud segmentem je nejvhodnější červená barva displeje. Ale je možné použít i jakoukoli jinou barvu.

### 5.8.7 Návrh kontrolky chlazení

Kontrolka signalizuje zda klimatizace chladí nebo je vypnutá. Je nutné dodržet polarizaci kontaktů ( viz. obr. 14 ). Při nedodržení polarizace kontaktů hrozí trvalé sepnutí klimatizace přes kontrolku nebo zničení kontrolky.

Jako předřadný odpor kontrolky byl zvolen uhlíkový rezistor s hodnotou  $R_{30}$  = 680  $\Omega$ . Může být použit uhlíkový odpor protože zde nevádí jeho teplotní závislost.

Jako prvek pro optickou signalizaci je použita LED dioda. Jedná se o běžnou LED diodu zelené barvy. Při použití vysoce svítivé LED diody by bylo vhodné hodnotu předřadného rezistoru  $R_{30}$  zvýšit.



Obr. 19: Zapojení kontrolky chlazení

## 5.9 Návrh chlazení tepelně namáhaných obvodů

Při návrhu chladiče pro pomalý průběh napětí je chladič dimenzován na hodnotu největšího výkonového zatížení. Důležitá je i teplota okolního prostředí. Při návrhu je uvažována největší okolní teplota.

Pro chlazení jsou použity hliníkové pasivní chladiče. Mezi chladič a chladicí plošku součástky je vložena slídová izolační podložka. Pro elektrickou izolaci šroubového spoje chladiče a pouzdra součástky je použita izolační průchodka.

Chladič je vybírán podle pouzdra součástky a tepelného odporu chladiče. Tepelný odpor chladiče lze vypočítat pomocí vztahu (28) převzatého z [12].

### 5.9.1 Návrh chladiče stabilizátoru LM217T v kladné části napájecích obvodů

Maximální dovolené výkonové zatížení obvodu LM217T je  $P_{MAX} = 20 \text{ W}$ . Běžná polovodičová součástka je bez chladiče schopna vyzářit asi deset procent maximálního výkonu. Ztrátový výkon polovodičové součástky lze zjistit ze vztahu (27) převzatého z [12]. Pro dosažení do tohoto vztahu je třeba odhadnout celkový proud protékající stabilizátorem.

Odhad byl proveden jako součet proudů odebíraných všemi dílčími obvody adaptoru manuální klimatizace. Spotřeba obvodu ICL 7660 je asi  $200 \mu\text{A}$ . Výrobce operačního zesilovače LM 741 uvádí odběr o hodnotě  $2 \text{ mA}$ . Pro tři použité operační zesilovače to tedy znamená odběr  $6 \text{ mA}$ . Vlastní odběr proudu obvodu ICL 7107 má hodnotu  $72 \text{ mA}$ . Při použití dvou obvodů ICL 7107 je tedy jejich odběr  $144 \text{ mA}$ . Vzhledem k možnostem výstupních bran tohoto obvodu může každý segment displeje odebírat až  $8 \text{ mA}$ . To znamená, že displej může odebírat až  $7 \cdot 6 \cdot 8 + 16 = 336 + 16 = 352 \text{ mA}$  (  $7$  - počet segmentů displeje,  $6$  - počet číslic displeje,  $8$  - proud odebíraný jedním segmentem,  $16$  - odběr destinných teček ). Odběr displejů se znakem  $\pm 1$  není uvažován neboť tyto displeje nejsou skoro nikdy aktivní. Součtem všech dílčích odběrů vznikne přibližně odběr proudu o celkové hodnotě  $0,51 \text{ A}$ . Tato hodnota však nezahrnuje odběr stabilizátorů napětí, protože není v katalogu výrobce [ 8 ] uveden. Je proto třeba uvažovat určitou rezervu.

Na základě výše uvedeného byl odhadnut celkový odběr proudu  $I_T = 0,55 \text{ A}$ .

$$P_Z = U_T \cdot I_T = 9 \cdot 0,55 = 4,95 \text{ W} . \quad (27)$$

Při úbytku napětí na součástce  $9 \text{ V}$  je hodnota ztrátového výkonu  $4,5 \text{ W}$ . Pro tuto hodnotu již musí být součástka vybavena chladičem.

$$R_{\text{zch}} = \frac{\vartheta_{j \text{ max}} - \vartheta_{a \text{ max}}}{P_Z} - (R_{\vartheta_{j \text{ - case}}} + R_{\vartheta_{\text{ case - ch}}}) = \frac{150 - 80}{4,95} - (3 + 1,2) = 9,9 \text{ }^\circ\text{C/W} . \quad (28)$$

Pro maximální povolenou teplotu PN přechodu  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ , maximální teplotu okolí asi  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , tepelný odpor styku PN přechodu s pouzdrum součástky  $3 \text{ }^\circ\text{C/W}$ , ztrátový výkon  $4,95 \text{ W}$  a slídovou izolační podložku je maximální tepelný odpor chladiče  $9,9 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .

Pro tento maximální tepelný odpor chladiče je možné použít například eloxovaný chladič V4330K s maximálním tepelným odporem  $10 \text{ }^\circ\text{C/W}$ . V adaptoru manuální klimatizace však bude použit eloxovaný chladič V5224C s maximálním tepelným odporem  $3,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$ . Důvodem pro použití chladiče V5224C je dostatečná rezerva v dimenzování chladiče. Takto předdimenzovaný chladič se nadměrně nezahřívá. Díky tomu nepůsobí jako zdroj tepla v blízkosti teplotního senzoru a nepůsobuje chybu měření. To je nesporná výhoda předdimenzovaného chladiče.

### 5.9.2 Návrh chladiče stabilizátoru LM217T nastavitelného zdroje napětí

Pro výpočet návrh tohoto chladiče byly použity stejné vztahy jako pro návrh chladiče stabilizátoru LM217T v kladné části napájecích obvodů.

Hodnota proudu protékajícího stabilizátorem bude pravděpodobně menší než 0,3 A. Největší úbytek napětí na stabilizátoru je 3,75 V. Po dosazení do vztahu (27) zjistíme, že ztrátový výkon nepřesáhne hodnotu 1,12 W. Pro tento ztrátový výkon by součástka teoreticky nemusela být chlazená. Pro jistotu bude součástka chlazená alespoň malým chladičem profilu „U“. Dosazením ztrátového výkonu 1,12 W do rovnice (28) byl vypočítán maximální tepelný odpor chladiče  $R_{\text{ch}} = 58,3 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ . To odkazuje, že by bylo možné součástku provozovat bez chladiče. Tepelný odpor mezi pouzdrem součástky a okolním prostředím je  $R_{\text{thj-amb}} = 50 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ . Proto stačí použít „nejhorší“ dostupný chladič pro pouzdro TO-220. Například chladič DO1A s maximálním tepelným odporem 21  $^\circ\text{C/W}$ .

## 6 KONSTRUKCE

Tato kapitola se zabývá sestavením funkčního vzorku adaptoru manuální klimatizace. Počínaje prvotním sestavením na kontaktním poli, přes vyvážení měřícího můstku a kalibraci displejů. Dále je popsán návrh podkladů pro konstrukci. Nakonec je popsáno a osazení desky plošných spojů a umístění do krabičky.

### 6.1 Sestavení na kontaktním poli

Po ukončení návrhu elektrického zapojení obvodu byla testována jeho funkčnost. Tento test proběhl na kontaktním poli. Na tomto poli byl adaptor manuální klimatizace zapojen blok po bloku. To umožnilo postupné zatěžování napájecích obvodů. Přitom bylo kontrolováno tepelné namáhání kladné části napájecího zdroje a dostatečnost dimenzování chladiče této části napájecích obvodů.

K napájení kontaktního pole byl použit nestabilizovaný stejnosměrný napájecí zdroj 9 V / 700 mA. Tím bylo simulováno vybití akumulátoru automobilu. ( Při takto nízkém napětí by byl akumulátor nevratně poškozen. ) Při tomto napájecím napětí fungoval adaptor manuální klimatizace spolehlivě.

Následujícím postupem se podařilo ověřit funkčnost adaptoru ještě před návrhem podkladů pro konstrukci zařízení ( DPS a osazovacího schématu ).

#### 6.1.1 Sestavení regulační části

Nejprve byla sestavena kladná část napájecích obvodů. Po sestavení tohoto dílčího obvodu bylo trimrem  $R_7$  nastaveno kladné napájecí napětí o přesné hodnotě 5 V. Tímto napětím je napájena záporná část napájecích obvodů. Po zapojení obvodu ICL 7660 bylo ověřeno, že jeho výstupní napětí je -5 V. Záporné napětí nezatíženého obvodu má hodnotu - 4,99 V protože účinnost konverze není 100 %.

V dalším kroku byl sestaven obvod teplotního senzoru. Jeho vyvážení je popsáno dále v podkapitole 6.4.1 Kalibrace teplotního senzoru.

Potom byl sestaven stejnosměrný zesilovač 1. Po změření napětí na jeho vstupu a výstupu byla zkontrolována hodnota zesílení. Napěťové zesílení má hodnotu  $A_u = 12$ . Zesilovač tedy pracuje podle předpokladů.

Dále byl sestaven nastavitelný zdroj napětí. Po jeho sestavení byl změřen rozsah výstupního napětí  $U_1$ . Na výstupu zdroje napětí je možné nastavit napětí od 1,25 V do 2,57 V. Tyto hodnoty jsou dostatečné pro regulaci v rozsahu 17 až 25°C.

Potom bylo možné ověřit správnou funkci napěťového sledovače tvořeného stejnosměrným zesilovačem 2. Přenos napětí tohoto zesilovače  $A_u$  je téměř 1.

Posledním krokem v sestavení regulační části bylo sestavení komparátoru napětí. Na neinvertující vstup bylo přivedeno napětí  $U_1$  z výstupu stejnosměrného zesilovače 1. Na invertující vstup byl přiveden výstup stejnosměrného zesilovače 2. Po změření výstupního napětí komparátoru v kladné i záporné saturaci bylo ověřeno, že toto napětí opravdu stačí k ovládní relé. Na základě naměřených hodnot výstupního napětí byly upraveny hodnoty součástek komparátoru napětí. Postup zpřesnění je uveden výše u návrhu komparátoru napětí. Pro optickou kontrolu činnosti relé byla použita kontrolka s LED diodou.

## 6.1.2 Sestavení zobrazovací části

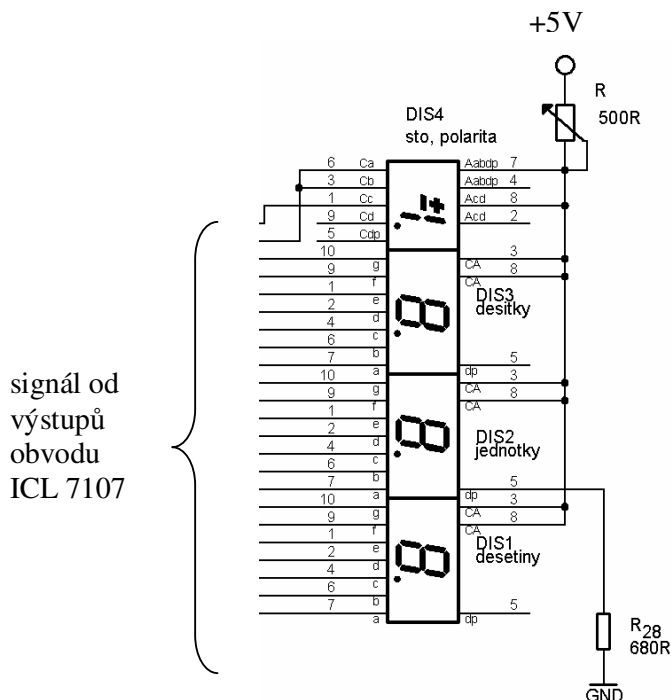
Po sestavení regulační části adaptoru manuální klimatizace bylo třeba ověřit funkci obvodů pro zobrazení. Byl tedy sestaven obvod pro zobrazení aktuální teploty s ICL 7107 a LED displejem ( viz. obr. 11 ). Na vstup obvodu přiveden signál z výstupu stejnosměrného zesilovače 1. Před připojením napájecího napětí byl sestavený obvod pečlivě zkontrolován aby se předešlo zničení integrovaného obvodu ICL 7107. Teprve potom bylo připojeno napájecí napětí.

Po připojení napájecího napětí obvod ( viz. obr. 11 ) bez problému fungoval. Hodnota zobrazená na displeji však byla nestabilní a měnila se i o několik jednotek. To bylo částečně způsobeno kontaktním polem a propojovacími vodiči, do kterých se indukovalo rušení. Také to bylo způsobeno použitím nevhodných kapacitorů.

Z toho důvodu byl jako referenční kapacitor použit elektrolytický kapacitor o hodnotě 1  $\mu\text{F}$  namísto původního keramického kapacitoru s hodnotou 0,1  $\mu\text{F}$ . Pro zvýšení stability kmitů RC oscilátoru byl místo keramického kapacitoru hodnoty 100 pF byl použit svitkový kapacitor stejné hodnoty. Po těchto úpravách se nestabilita zobrazené hodnoty výrazně zmenšila a po osazení na DPS úplně zmizela.

Nakonec byla připojena regulace jasu displeje ( viz. obr. 20 ). Jas displeje byl měněn potenciometrem  $R = 500 \Omega$ . Přitom však bylo zjištěno, že regulace jasu displeje ovlivňuje hodnotu referenčního napětí obvodu ICL 7107. V důsledku toho se při regulaci jasu měnil i údaj na displeji, jak již bylo uvedeno dříve. Tento vliv regulace jasu displej by bylo možné odstranit vhodnou stabilizací referenčního napětí obvodu ICL 7107. Ke stabilizaci by mohla být použita např. zenerova dioda. To by však vedlo k větší složitosti obvodu, nemluvě o teplotní závislosti zenerovy diody. Proto byla regulace jasu displeje odstraněna. Displej je tedy napájen konstantním napájecím napětím a má konstantní jas.

Stejným způsobem byl sestaven i obvod pro zobrazení požadované teploty.



Obr. 20: Zapojení LED displeje s regulací jasu

## 6.2 Návrh desky plošných spojů ( DPS )

Po otestování navrženého zapojení na kontaktním poli, byla v systému EAGLE 4.14 navržena matrice pro výrobu DPS. Program EAGLE byl zvolen protože má poměrně intuitivní ovládání a jsou k němu k dispozici rozsáhlé knihovny součástek.

Z důvodu flexibility při montáži byla navržena předloha DPS pro celý obvod vyjma displeje. Displej byl umístěn na zvláštní desku, kterou je možnou místit do panelu nebo čela krabičky. Deska s řídicím obvodem je potom umístěna podle prostorových možností v konkrétním automobilu.

Při návrhu byl použit jeden nulový rezistor ( tzv. drátová propojka ). Nulový rezistor byl použit z důvodu křížení vodivých cest. Při jednom křížení bylo jeho použití vhodnější než návrh oboustranné desky. Nulový rezistor je uveden pouze v osazovacím schématu pod označením  $R_{31}$ .

Nakonec byly obě desky opatřeny „rozlitou zemí“. Mezi rozlitou zemnicí plochou a vodivými cestami a ploškami jiné polaroty je izolační mezera 0,8 mm. Toto opatření omezuje vliv rušivých napětí.

Předlohy pro výrobu obou desek plošných spojů byly vytvořeny jako pozitiv i negativ. Důvodem je použitelnost při různých technologiích výroby DPS. Matrice pro výrobu desek plošných spojů jsou uvedeny v příloze 9 včetně rozměrů.

## 6.3 Osazení desky

Do vyleptané desky byly nejdříve vyvrtány otvory pro osazení součástek. Všechny díry byly nejdříve vyvrtány na průměr 0,8 mm. Potom byly zvětšeny otvory pro stabilizátory napětí, trimry a otvory pro upevnění desky na průměr 1,2 mm. Nakonec byly otvory pro upevnění desky zvětšeny na průměr 3 mm.

Po vyvrtání byly desky osazeny podle osazovacích schémat uvedených v příloze 10. Integrované obvody ( operační zesilovače, ICL 7660, ICL 7107 ) byly umístěny do patice DIL 8 a DIL 40. Do jednořadé patice bylo umístěno relé, teplotní senzor a displeje. Po ukončení pájení byla celá prohlédnuta lupou. Tak bylo zkontrolováno, že pájením nevznikli mezi jednotlivými pájecími ploškami cínové můstky. To bylo dále ověřeno měřením s akustickou signalizací zkratu.

Obě desky potom byly propojeny sběrníci z plochého značeného kabelu. Z důvodu usnadnění montáže desek je sběrnice pevně spojena pouze s deskou displeje. K druhé desce je sběrnice připojena pomocí konektorů se zámkem. To brání nesprávnému připojení sběrnice. Stejným způsobem je připojeno napájení desky displeje a kontrolní LED dioda. Potenciometr  $R_{11}$  je umístěn na čele krabičky a k desce je připojen kabelem na označených pozicích.

## 6.4 Kalibrace

Pro správnou funkci a zobrazování aktuální a požadované teploty je třeba adaptor manuální klimatizace kalibrovat.

### 6.4.1 Kalibrace teplotního senzoru

Kalibrace teplotního senzoru spočívá ve vyvážení Wheatstoneova můstku při teplotě 0°C. To je lze provést několika způsoby.

První způsob je vyvážení můstku v zimním období, kdy je ve venkovním prostředí teplota 0°C. V takovém případě by bylo na sestavený můstek přivedeno napájecí napětí +5 V. Na diagonále můstku by bylo měřeno napětí a trimr R<sub>5</sub> by byl nastaven tak, aby měřené napětí mělo hodnotu 0 V. Při kalibraci měřícího senzoru adaptoru manuální klimatizace byl použit jiný způsob.

Dalším způsobem je změřit odpor teplotního senzoru při teplotě 0°C a následně nastavit trimr R<sub>5</sub> na naměřenou hodnotu. Odpor teplotního senzoru při teplotě 0°C lze změřit například po ponoření čidla do nádoby v níž je voda z tajícího ledu. Na základě fyzikálních principů má taková voda teplotu 0°C. Tento způsob kalibrace byl použit při konstrukci adaptoru manuální klimatizace. Tato metoda sice není naprosto přesná, ale neohroží při ní nebezpečí zničení obvodu zkratováním čidla ve vodě. Také jí lze provádět při pokojové teplotě. Naměřený odpor je vhodné porovnat s katalogovou hodnotou. Hodnota odporu použitého čidla při teplotě 0°C je  $R_{\theta=0^{\circ}\text{C}} = 1640 \Omega$ .

### 6.4.2 Kalibrace obvodu pro zobrazení teploty

Kalibrace obvodu pro zobrazení spočívá v nastavení referenčního napětí obvodu ICL 7107 a nastavení potřebného dělicího poměru na vstupu obvodu ICL 7107.

Nejdříve bylo trimrem R<sub>16</sub> ( R<sub>23</sub> ) nastaveno referenční napětí obvodu ICL 7107 ( obvodů IO 2 a IO 3 ). Hodnota referenčního napětí pro vstupní rozsah  $\pm 200 \text{ mV}$  je  $U_{\text{ref ICL 7107}} = 100 \text{ mV}$ . Nastavení této hodnoty bylo ověřeno měřením napětí mezi kontakty REF-HI a REF-LO ( piny 35, 36 obvodu ICL 7107 ). Toto bylo provedeno u obvodu zobrazení aktuální i požadované teploty.

Dále bylo na výstupu nastavitelného napájecího zdroje nastaveno napětí 2,28 V. Tato hodnota byla nastavena proto, že odpovídá teplotě 25°C. Potom byl trimr R<sub>27</sub> nastaven tak, aby byla na displeji požadované teploty zobrazena hodnota 25,0. Tím je kalibrace displeje požadované teploty dokončena. Zkalibrovaný displej požadované teploty je potom použit pro kalibraci displeje aktuální teploty.

Před kalibrací displeje aktuální teploty byla změřena hodnota výstupního napětí stejnosměrného zesilovače 1 U<sub>1</sub>. Na naměřenou hodnotu napětí U<sub>1</sub> byl nastaven nastavitelný zdroj napětí. Jelikož je nyní na vstupech obou obvodů pro zobrazování stejné napětí, musí displeje ukazovat stejnou hodnotu. Proto byla trimrem R<sub>20</sub> na displeji aktuální teploty nastavena stejná hodnota jako byla zobrazena na displeji požadované teploty. Tím je kalibrace obvodů pro zobrazování dokončena.

## 6.5 Umístění do krabičky

Celé zařízení bylo umístěno do krabičky z černého polypropylenu ( umělá hmota ) s větracími otvory. Krabička s větracími otvory byla použita protože umožňuje cirkulaci vzduchu kolem teplotního čidla. Otvory současně napomáhají odvodu tepla z chladičů tepelně namáhaných součástek. Krabička je sériově vyráběna s označením U-KP11 a je dostupná v obchodech s elektronickými součástkami. Krabička má rozměry 68x172x176 a skládá se ze čtyř dílů: dno, víko a dvě čela.

Rozmístění součástek na předním čele krabičky je patrné z výkresu na obr. 35 ( viz příloha 11 ). Přední čelo bylo opatřeno potiskem s popisem. Šablona pro vytvoření samolepicí folie pro vytvoření potisku je uvedena na obr. 36 ( viz příloha 11 ).

Vodiče pro elektrické připojení ve vozidle byly vyvedeny průchodkou v pravém horním rohu zadního čela krabičky.

## 6.6 Elektrické připojení do elektrické instalace automobilu

Pro připojení adaptoru manuální klimatizace do elektrické instalace automobilu jsou určeny čtyři barevně odlišené vodiče. Tyto vodiče jsou vyvedeny průchodkou v zadním čele krabičky.

Jeden pár slouží k napájení adaptoru manuální klimatizace z palubní sítě automobilu. Kladný pól napájecího napětí je vyveden červeným vodičem. Tento vodič by měl být v automobilu připojen k napětí +12 V. Toto napájecí napětí by mělo být ovládáno spínací skříňkou automobilu. ( Napájecí napětí bude dostupné pouze po spuštění motoru vozidla. ) Pokud bude adaptor manuální klimatizace připojen na stálé napájecí napětí +12 V, hrozí vybití autobaterie. Adaptor manuální klimatizace nemá vlastní pojistku, proto může být připojen pouze na jištěný vodič. Záporný pól napájecího napětí je vyveden modrým vodičem. Tento vodič je opatřen očkem pro upevnění šroubem. Upevňovací šroub musí být vodivě spojen s kostrou automobilu ( se záporným pólem autobaterie ).

Druhý pár slouží k ovládání klimatizace. Vodič žluté barvy je určen pro připojení k napájenému pólu manuálního spínače klimatizace. Vodič zelené barvy je určen pro připojení k ukostřenému pólu manuálního spínače klimatizace. Jak již bylo uvedeno dříve, nesprávné připojení adaptoru manuální klimatizace ke spínači klimatizace může vést k nesprávné funkci nebo poškození adaptoru. Pokud není možné ověřit správnost připojení, je vhodné vyřadit kontrolku chlazení. Manuální spínač klimatizace bývá často vybaven vlastní kontrolkou, která signalizuje aktivní stav klimatizace. V takovém případě nebude vyřazení kontrolky chlazení nežádoucí.

Vyřazení kontrolky chlazení se provede vytažením konektoru z DPS a vyjmutím kontrolky z předního čela adaptoru manuální klimatizace. Otvor vzniklý v předním čele je vhodné opatřit záslepkou. Tyto úkony jsou dostupné po odejmutí vrchního víka krabičky adaptoru manuální klimatizace. To je upevněno pomocí čtyř šroubů přístupných ze spodní strany krabičky.

## 7 ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce byl provedl rozbor možností řešení adaptoru manuální klimatizace. Práce obsahuje technický popis návrhu jednotlivých funkčních bloků. Odhadem bylo zjištěno, že nepřesnost nastavené teploty v rozsahu teplot od 10 do 30 °C je přibližně 2 % ( to znamená absolutní chybu nastavené teploty přibližně 0,4 °C ). Praktickou zkouškou bylo zjištěno, že adaptor manuální klimatizace měří teplotu s přesností přibližně  $\pm 0,5$  °C. K této nepřesnosti se přidává hystereze komparátoru napětí. Ta je však zavedena záměrně, aby nedocházelo k chaotickému spínání klimatizace v okolí nastavené teploty. Hodnota této hystereze odpovídá změně teploty přibližně o 0,5 °C

Dále byly obvodově navrženy všechny dílčí funkční bloky. Na základě obvodového návrhu byla testována funkčnost všech dílčích bloků a celková správnost funkce adaptoru manuální klimatizace. Po úspěšném otestování celého zapojení byla vytvořena matrice pro výrobu desky plošných spojů a osazovací schéma. Současně byl sepsán seznam součástí potřebných pro osazení desky plošných spojů. Po vyrobení a osazení desek plošných spojů byly desky umístěny do plastové krabičky.

Celkové schéma a podklady pro výrobu adaptoru manuální klimatizace jsou uvedeny v přílohách. Celkové schéma navrhovaných obvodů je uvedeno v příloze 7. Seznam součástí je uveden v příloze 8. Předlohy pro výrobu desek plošných spojů pro různé technologie výroby jsou uvedeny v příloze 9. Osazovací schémata jsou uvedena v příloze 10. Pokyny pro umístění desek a pro úpravu krabičky jsou uvedeny v příloze 11. Fotografie funkčního vzorku adaptoru manuální klimatizace jsou uvedeny v příloze 12.

Tato bakalářská práce je výsledkem studia odborné literatury v rámci dvou semestrálních projektů a posledního semestru bakalářského studia. Nabyté teoretické znalosti realizuje v praxi při tvorbě funkčního zařízení.

## Seznam literatury

- [1] ĎAĎO, S.; KREIDL, M. *Senzory a měřicí obvody*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. 315s. ISBN 80-01-02057-6.
- [2] PUNČOCHÁŘ, J. *Operační zesilovače v elektronice*. 3.vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1997. 480s. ISBN 80-901984-3-0.
- [3] PHILIPS *Silicon temperature sensors* [online]. [cit. 2007-10-17] Dostupné z:  
< <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17846/PHILIPS/KTY81-210.html> >
- [4] KEC *Three terminal positive voltage regulators* [online]. [cit. 2007-11-17] Dostupné z:  
< <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/69438/KEC/7812.html> >
- [5] FUJITSU TAKAMISAWA *Technické informace o relé* [online]. [cit. 2007-11-17] Dostupné z: < <http://www.ryston.cz/pdf/fujitsu-takamisawa/techinfo.pdf>>
- [6] INTERSIL *Datasheet ICL7106, ICL7107, ICL7107S* [online]. [cit. 2007-11-19] Dostupné z:  
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/67432/INTERSIL/ICL7107CPLZ.html>>
- [7] KREJČÍŘÍK, A. *Napájecí zdroje I*. 2.vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1997. 352s. ISBN 80-86056-02-3.
- [8] ST MICROELECTRONICS *1,2V to 37V voltage regulator* [online]. [cit. 2007-12-1] Dostupné z:  
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22753/STMICROELECTRONICS/LM217T.html>>
- [9] NATIONAL SEMICONDUCTOR *Operational amplifier LM741* [online]. [cit. 2007-12-1] Dostupné z:  
< <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/9027/NSC/LM741.html>>
- [10] SRC DEVICES *Reed relay* [online]. [cit. 2007-12-4] Dostupné z:  
< <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/116864/ETC/DSS4.html>>
- [11] INTERSIL *Datasheet ICL7660S* [online]. [cit. 2007-12-6] Dostupné z:  
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/67443/INTERSIL/7660S.html>>

- [12] FUKÁTKO, J.; FUKÁTKO, T.; ŠINDELKA, J. *Teplo a chlazení v elektronice*. Praha: BEN – technická literatura, 1999. 30s. ISBN 80-86056-24-4.
- [13] GM ELECTRONIC s.r.o.; *Součástky pro elektrotechniku 2007*, ČSN EN ISO 9001:2001

## Seznam obrázků

Obr. 1: <i>Blokové schéma digitálního adaptoru dvoustupňové manuální klimatizace</i> .....	12
Obr. 2: <i>Blokové schéma analogového adaptoru s digitálním zobrazením</i> .....	13
Obr. 3: <i>Schéma zapojení kladné části napájecího zdroje</i> .....	21
Obr. 4: <i>Invertor napětí s obvodem ICL 7660</i> .....	22
Obr. 5: <i>Obvod teplotního senzoru (Wheatstonův můstek)</i> .....	23
Obr. 6: <i>Zapojení stejnosměrného zesilovače 1</i> .....	24
Obr. 7: <i>Zapojení nastavitelného zdroje napětí</i> .....	26
Obr. 8: <i>Zapojení stejnosměrného zesilovače 2</i> .....	27
Obr. 9: <i>Zapojení komparátoru napětí</i> .....	27
Obr. 10: <i>Zapojení relé</i> .....	29
Obr. 11: <i>Zapojení obvodu pro zobrazení aktuální (požadované) teploty</i> .....	29
Obr. 12: <i>Zapojení RC oscilátoru obvodu ICL 7107</i> .....	30
Obr. 13: <i>Zapojení součástek pro A/D převod v obvodu ICL 7107</i> .....	31
Obr. 14: <i>Zapojení referenčního kapacitoru obvodu ICL 7107</i> .....	32
Obr. 15: <i>Zapojení vstupního filtru a referenčního napětí obvodu ICL 7107</i> .....	33
Obr. 16: <i>Zapojení děliče vstupního napětí obvodu ICL 7107</i> .....	34
Obr. 17: <i>Zapojení LED displeje</i> .....	35
Obr. 18: <i>Sériový rezistor desetinné tečky</i> .....	36
Obr. 19: <i>Zapojení kontrolky chlazení</i> .....	36
Obr. 20: <i>Zapojení LED displeje s regulací jasu</i> .....	40
Obr. 21: <i>Rozložení kontaktů pouzdra SOD70, pohled ze spodu</i> .....	52
Obr. 22: <i>Závislost odporu teplotního čidla KTY81-210 na teplotě</i> .....	53
Obr. 23: <i>Pouzdro TO-220</i> .....	54
Obr. 24: <i>Pouzdro operačního zesilovače LM 741, pohled z vrchu</i> .....	55
Obr. 25: <i>Pouzdro obvodu 7660</i> .....	56
Obr. 26: <i>Pouzdro spínacího relé DSS41A05, pohled z boku</i> .....	57
Obr. 27: <i>Pouzdro obvodu ICL 7107</i> .....	58
Obr. 28: <i>Kompletní schéma zapojení adaptoru manuální klimatizace</i> .....	60
Obr. 29: <i>Matrice pro výrobu DPS kontroleru, pohled ze strany součástek, negativ</i> .....	63
Obr. 30: <i>Matrice pro výrobu DPS displeje, pohled ze strany součástek, negativ</i> .....	63
Obr. 31: <i>Matrice pro výrobu DPS kontroleru, pohled ze strany součástek, pozitiv</i> .....	64
Obr. 32: <i>Matrice pro výrobu DPS displeje, pohled ze strany součástek, pozitiv</i> .....	64
Obr. 33: <i>Osazovací schéma DPS kontroleru, pohled ze strany součástek</i> .....	65
Obr. 34: <i>Osazovací schéma DPS displeje, pohled ze strany součástek</i> .....	65
Obr. 35: <i>Výkres čelního panelu</i> .....	66
Obr. 36: <i>Šablona pro potisk čelního panelu</i> .....	66
Obr. 37: <i>Fotografie osazené desky kontroleru umístěné v krabici</i> .....	67
Obr. 38: <i>Fotografie adaptoru manuální klimatizace v činnosti</i> .....	67

## Seznam tabulek

Tab. 1: Popis zapojení kontaktů pouzdra SOD70.....	52
Tab. 2: Přehled parametrů teplotního senzoru KTY81-210.....	52
Tab. 3: Popis zapojení kontaktů pouzdra TO-220.....	54
Tab. 4: Přehled základních parametrů integrovaného třísvorkového stabilizátoru LM217T...54	
Tab. 5: Popis zapojení kontaktů operačního zesilovače LM 741.....	55
Tab. 6: Přehled parametrů operačního zesilovače LM 741 . .....	55
Tab. 7: Popis zapojení vývodů obvodu 7660.....	56
Tab. 8: Přehled parametrů obvodu 7660 .....	56
Tab. 1: Popis zapojení kontaktů pouzdra SOD70.....	52
Tab. 2: Přehled parametrů teplotního senzoru KTY81-210.....	52
Tab. 3: Popis zapojení kontaktů pouzdra TO-220.....	54
Tab. 9: Popis zapojení kontaktů relé DSS41A05.....	57
Tab. 10: Přehled parametrů relé DSS41A05.....	57
Tab. 12: Přehled parametrů obvodu ICL 7107.....	59
Tab. 13: Seznam navrhovaných součástek . .....	61

## Seznam použitých zkratek

$\vartheta_{a \max}$	maximální teplota prostředí kolem součástky
$\vartheta_{j \max}$	maximální teplota PN přechodu (čipu) součástky
$A_U$	napěťové zesílení
CA	společná anoda LED displeje ( common anode )
$C_N$	sběrací kapacitor
DIS	LED displej
DP	dělicí poměr vstupního děliče napětí obvodu ICL 7107
dp	desetinná tečka LED displeje ( decimal point )
$DP_{\text{prům}}$	průměrný dělicí poměr vstupního děliče napětí obvodu ICL 7107
$D_x$	dioda
$f_{\text{osc}}$	kmitočet oscilátoru
$f_{\text{vz}}$	vzorkovací kmitočet hodnoty zobrazené na displeji
I	proud odebíraný napájecím zdrojem
$I_{\text{Adj}}$	proud protékající mezi svorkami OUT a GND stabilizátoru napětí LM217T
$I_c$	celkový proud odebíraný měřicím obvodem ( Wheatstonovým můstkem )
$I_{F \max}$	maximální trvalý propustný proud diodou
$I_{\text{INT}}$	integrační proud obvodu ICL 7107
$I_{\text{měř } \vartheta}$	proud protékající teplotním senzorem při určité teplotě
$I_{\text{měř}}$	proud protékající teplotním senzorem; měřicí proud
IO	integrováný obvod
$I_T$	trvalý proud protékající součástkou
OSC	oscilátor
OZ	operační zesilovač
p	zvlnění vstupního napětí zdroje
$P_{\text{MAX}}$	maximální výkonové zatížení součástky
$P_Z$	ztrátový výkon
$R_{\vartheta \text{ case-ch}}$	tepelný odpor styku pouzdra součástky a chladiče
$R_{\vartheta}$	teplotně závislý odpor (odporový senzor teploty)
$R_{\vartheta \text{ch}}$	tepelný odpor chladiče
$R_{\vartheta \text{j-case}}$	tepelný odpor styku PN přechodu (čipu) a pouzdra součástky
$R_a$	souhrnné označení pro odpory $R_{\vartheta}$ a $R_5$
$R_b$	souhrnné označení pro odpory $R_3$ a $R_4$
$R_C$	celkový odpor Wheatstonova můstku
STAB	stabilizátor napětí

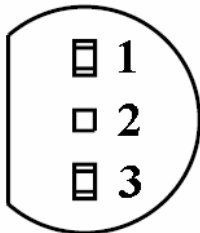
$t_{int}$	integrační perioda
tlacitko +	napájený pól manuálního spínače klimatizace
tlacitko GND	zemněný pól manuálního spínače klimatizace
$t_{osc}$	perioda oscilací
$t_{vz}$	vzorkovací perioda hodnoty zobrazené na displeji
$U_{\vartheta}$	napětí na teplotním senzoru při určité teplotě
$U_0$	výstupní napětí stabilizátoru LM217T ( +5 V )
$U_1$	výstupní napětí stejnosměrného zesilovače 1
$U_{cc}$	vstupní napětí napájecích obvodů ( 12 až 14 V )
$U_f$	úbytek napětí na diodě
$U_H$	hysterezní napětí komparátoru napětí
$U_{INFS}$	maximální hodnota vstupního rozsahu obvodu ICL 7107
$U_{INT}$	vstupní napětí integrátoru obvodu ICL 7107
$U_{R\ max}$	maximální trvalé závěrné napětí diody
$U_{ref\ ICL\ 7107}$	referenční napětí pro A/D převod obvodu ICL 7107
$U_{REF}$	referenční napětí stabilizátoru LM 217T
$U_{sat\ H\ m}$	naměřená hodnota výstupního napětí komparátoru napětí v kladné saturaci
$U_{sat\ H}$	výstupní napětí komparátoru napětí v kladné saturaci
$U_{sat\ L\ m}$	naměřená hodnota výstupního napětí komparátoru napětí v záporné saturaci
$U_{sat\ L}$	výstupní napětí komparátoru napětí v záporné saturaci
$U_T$	úbytek napětí na součástce při proudu $I_T$
$U_{vst\ ICL\ 7107}$	vstupní napětí ICL 7107 ( mezi svorkami IN-HI a IN-LO obvodu ICL 7107 )
$V_+$	kladné napájecí napětí +5 V ( označení svorky IO )
$V_{OUT}$	výstupní napětí ( označení svorky IO )
$\Delta\vartheta$	rozdíl teplot
$\Delta U_1$	rozdíl výstupních napětí stejnosměrného zesilovače 1 při různých teplotách
$\delta_x$	relativní chyba

## Seznam příloh

Příloha 1: Katalogový list teplotního senzoru KTY81-210.....	52
Příloha 2: Katalogový list tří svorkového stabilizátoru LM217T .....	54
Příloha 3: Katalogový list operačního zesilovače LM 741.....	55
Příloha 4: Katalogový list obvodu 7660 .....	56
Příloha 5: Katalogový list spínacího relé DSS41 A05 .....	57
Příloha 6: Katalogový list obvodu ICL 7107 .....	58
Příloha 7: Kompletní schéma zapojení .....	60
Příloha 8: Seznam navrhovaných součástek .....	61
Příloha 9: Matrice pro výrobu desky plošných spojů.....	63
Příloha 10: Osazovací schéma .....	65
Příloha 11: Podklady pro výrobu čelního panelu .....	66
Příloha 12: Fotografie hotového zařízení .....	67

## Příloha 1: Katalogový list teplotního senzoru KTY81-210

Senzor KTY81-210 má kladný teplotní součinitel odporu. Nejčastěji se používá pro měření a řízení teploty. Dodává se v téměř válcovém plastovém pouzdře SOD70.



Obr. 21: Rozložení kontaktů pouzdra SOD70, pohled ze spodu

Tab. 1: Popis zapojení kontaktů pouzdra SOD70.

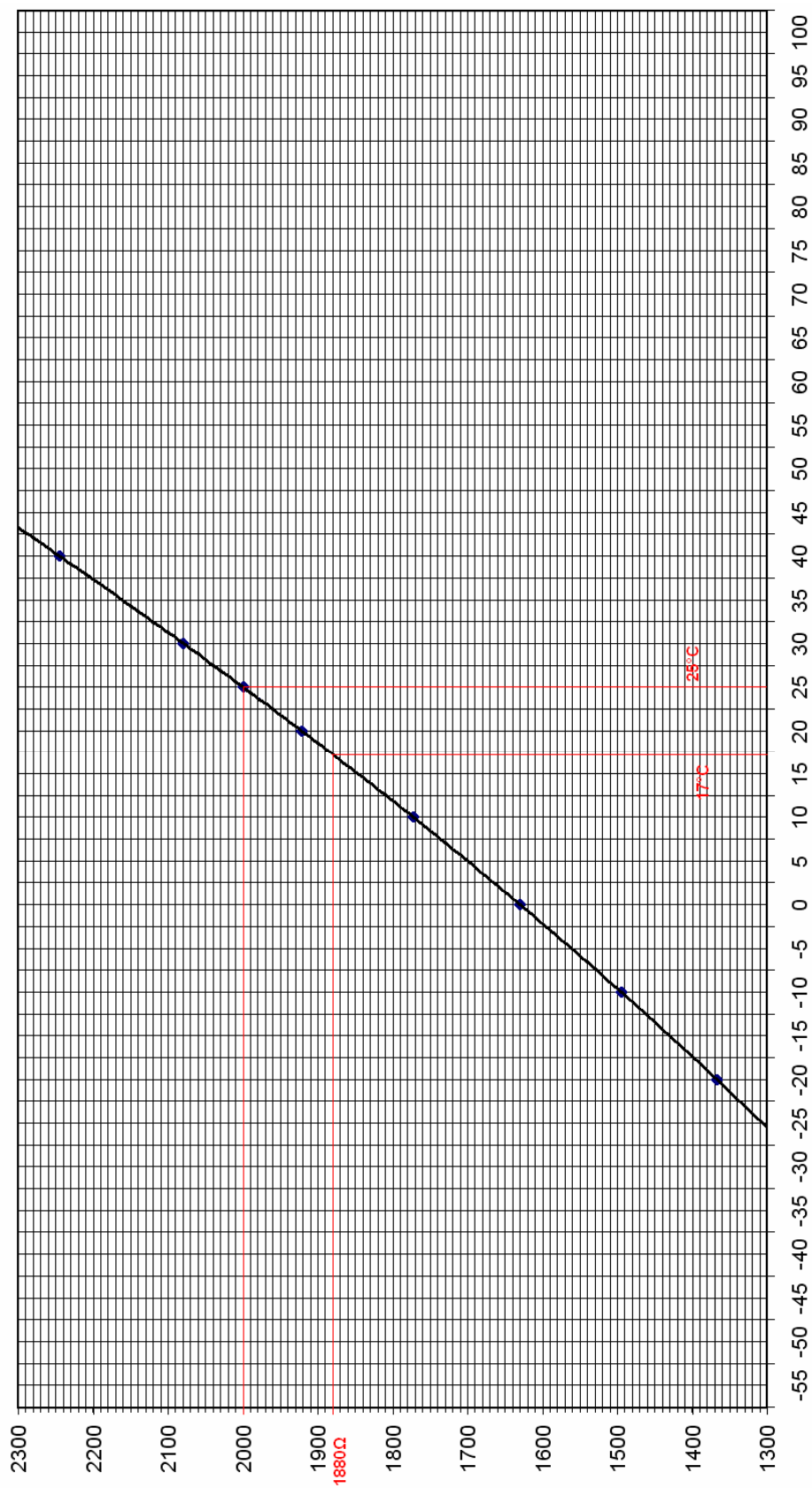
Číslo kontaktu	Funkce kontaktu
1	elektrický kontakt (na polaritě nezáleží)
2	nepřipojuje se
3	elektrický kontakt (na polaritě nezáleží)

Tab. 2: Přehled parametrů teplotního senzoru KTY81-210.

Označení parametru	Název parametru	Hodnota	Jednotka	Podmínky
$T_{amb}$	pracovní rozsah teplot	-55 ÷ 150	°C	-
$I_{cont\ max}$	maximální měřící proud	10	mA	teplota okolí 25°C
$R_{25}$	jmenovitý odpor senzoru	2	kΩ	teplota okolí 25°C
TC	průměrný teplotní součinitel	0,79	%/°C	v celém rozsahu teplot
$R_{100}/R_{25}$	průměrný poměr odporů	1,969	-	teplota okolí 25 a 100°C
$R_{-55}/R_{25}$	průměrný poměr odporů	0,490	-	teplota okolí 25 a -55°C
$\tau$	teplotní časová konstanta	30	s	ve vzduchu
$\Delta R_{25}$	změna jmenovitého odporu senzoru	0.5	Ω	po 10000 hodinách provozu při teplotě okolí 150°C

Teplotní časová konstanta je čas, za který se hodnota indikovaná senzorem změní o 63% změny teplot.

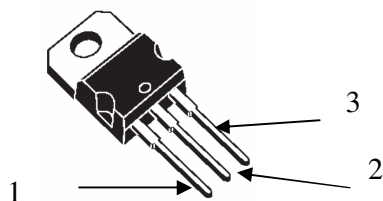
Charakteristika KTY81-210 v rozsahu teplot -25°C až 45°C



Obr. 22: Závislost odporu teplotního čidla KTY81-210 na teplotě

## Příloha 2: Katalogový list tří svorkového stabilizátoru LM217T

LM217T je nastavitelný monolitický integrovaný stabilizátor kladného napětí, je vybaven proudovou a teplotní pojistkou. Tyto stabilizátory se dodávají v několika pouzdech, nejčastěji v pouzdře TO-220. Hodnota výstupního napětí se nastavuje pomocí odporového potenciometru. To umožňuje jednoduchý návrh regulovatelného napájecího zdroje.



Obr. 23: Pouzdro TO-220

Tab. 3: Popis zapojení kontaktů pouzdra TO-220.

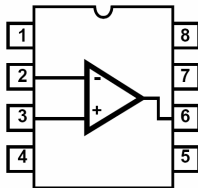
Číslo kontaktu	Funkce kontaktu
1	zemnicí (kostřící) svorka
2	výstupní svorka
3	vstupní svorka

Tab. 4: Přehled základních parametrů integrovaného třísvorkového stabilizátoru LM217T.

Označení parametru	Název parametru	Hodnota	Jednotka	Podmínky
$T_{amb}$	pracovní rozsah teplot	$-25 \div 150$	$^{\circ}\text{C}$	-
$U_{out}$	rozsah výstupního napětí	$1,2 \div 40$	V	-
$I_{out}$	maximální výstupní proud	1,5	A	-
$R_{thj-case}$	tepelný odpor pouzdra	3	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	pouzdro TO-220
$R_{thj-amb}$	tepelný odpor okolí	50	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	
$I_{adj}$	regulační proud	$50 \div 100$	$\mu\text{A}$	-
$\Delta V_0/V_0$	teplotní stabilita výstupního napětí	1	%	-

### Příloha 3: Katalogový list operačního zesilovače LM 741

Operační zesilovač LM741 je vybaven ochranou proti přetížení na vstupu i na výstupu. Díky těmto ochranám jsou jeho aplikace téměř bezporuchové.



Obr. 24: Pouzdro operačního zesilovače LM 741, pohled z vrchu

Tab. 5: Popis zapojení kontaktů operačního zesilovače LM 741.

Číslo kontaktu	Funkce kontaktu	Číslo kontaktu	Funkce kontaktu
1	kompence napěťové nesymetrie	5	kompence napěťové nesymetrie
2	invertující vstup OZ1	6	výstup OZ
3	neinvertující vstup OZ	7	napájecí napětí +
4	napájecí napětí -	8	nepřipojeno

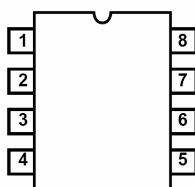
Tab. 6: Přehled parametrů operačního zesilovače LM 741 .

Označení parametru	Název parametru	Hodnota	Jednotka	Podmínky
$T_{amb}$	pracovní rozsah teplot	-55 ÷ 125	°C	-
$V_{CC}$	maximální napájecí napětí	44 nebo ±22	V	-
$V_{IN}$	maximální vstupní napětí	26 nebo ±13	V	
$P_D$	maximální výkonová ztráta	500	mW	-
$I_S$	maximální odebraný proud	2,8	mA	$T_{amb} = 25^{\circ}C$
$T_{SOLD}$	maximální teplota při pájení	300	°C	po dobu 10 sekund
$I_B$	maximální klidový vstupní proud	1,5	μA	$T_{min} < T_{amb} < T_{max}$
$R_{IN}$	vstupní odpor	2	MΩ	$T_{amb} = 25^{\circ}C, V_{CC} = \pm 20V$
$I_{OUT max}$	proud při zkratu na výstupu	25	mA	$T_{amb} = 25^{\circ}C$
$R_{thj-case}$	tepelný odpor mezi čipem a pouzdem	nedefinován	°C/W	pouzdro DIP
$R_{thj-amb}$	tepelný odpor mezi pouzdem a okolím	100	°C/W	

## Příloha 4: Katalogový list obvodu 7660

Obvod 7660 je monolitický konvertor napětí. Obsahuje regulátor napájecího napětí, RC oscilátor, napěťový transformátor a čtyři výkonové spínače MOS. Tento typ má několik výhod vzhledem k podobným obvodům. Nabízí zvětšený rozsah napájecího napětí do 12V s nižším odebíraným proudem. Nepotřebuje externí diodu. Přidáním pinu BOOST bylo uživateli umožněno zvýšit kmitočet interního oscilátoru. Vlastnosti tohoto obvodu vyhovují použití v komerčních, průmyslových i armádních aplikacích.

Obvod 7660 umožňuje realizaci invertoru napětí. K této funkci mu stačí dva externí kondenzátory. Obvod potom může provádět inverzi vstupního napětí v rozsahu 1,5V až 12V. Pro zajištění správné funkce se při malém vstupním napětí (menším než 3,5V) uzemňuje pin LV. Při větším vstupním napětí než 3,5V musí být odpojen, jinak hrozí poškození obvodu.



Obr. 25: Pouzdro obvodu 7660

Tab. 7: Popis zapojení vývodů obvodu 7660.

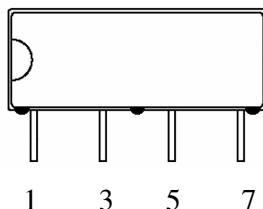
Číslo kontaktu	Funkce kontaktu	Číslo kontaktu	Funkce kontaktu
1	zvýšení kmitočtu oscilátoru; BOOST	5	výstup (záporné napětí); V-
2	kladný pól kondenzátoru; CAP+	6	zajištění správné funkce při malém napájení; LV
3	zem; GND	7	změna kmitočtu oscilátoru; OSC
4	záporný pól kondenzátoru; CAP-	8	vstup (kladné napětí); V+

Tab. 8: Přehled parametrů obvodu 7660 .

Označení parametru	Název parametru	Hodnota	Jednotka	Podmínky
$T_{amb}$	pracovní rozsah teplot	$-40 \div 85^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	-
V+	maximální rozsah vstupní ho napětí	$1,5 \div 13$	V	-
$R_{OUT}$	výstupní odpor	120	$\Omega$	$-25^{\circ}\text{C} < T_{amb} < T_{max}$ ; $I_{OUT} = 20\text{mA}$
$I_S$	maximální odebíraný proud	180	$\mu\text{A}$	$T_{min} < T_{amb} < T_{max}$
$T_{SOLD}$	maximální teplota při pájení	300	$^{\circ}\text{C}$	po dobu 10 sekund
$\eta$	účinnost konverze napětí	99	%	$I_{OUT} = 0\text{A}$
$R_{thj-case}$	tepelný odpor mezi čipem a pouzdrem	nedefinován	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	pouzdro DIP
$R_{thj-amb}$	tepelný odpor mezi pouzdrem a okolím	150	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	

## Příloha 5: Katalogový list spínacího relé DSS41A05

Toto relé se vyrábí v plastovém vodotěsném pouzdře s jednou řadou kontaktů. Toto uspořádání kontaktů zmenšuje prostor, který relé zabírá na desce plošných spojů. Spínací kontakty je možné připojit přímo k výstupu logického obvodu TTL. Jsou dostupná provedení s magnetickým stíněním a antiparalelně připojenou diodou ke vstupním kontaktům uvnitř pouzdra relé.



Obr. 26: Pouzdro spínacího relé DSS41A05 , pohled z boku

Tab. 9: Popis zapojení kontaktů relé DSS41A05.

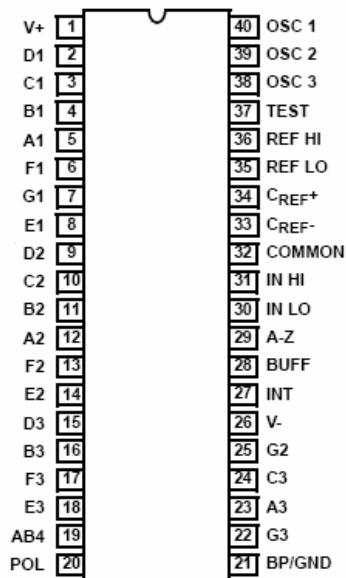
Číslo kontaktu	Funkce kontaktu
1	spínaný kontakt
3	spínací kontakt ( cívka )
5	spínací kontakt ( cívka )
7	spínaný kontakt

Tab. 10: Přehled parametrů relé DSS41A05.

Označení parametru	Název parametru	Hodnota	Jednotka	Podmínky
Parametry cívky				
$R_L$	odpor cívky	500	$\Omega$	tolerance 10%
$U_{IN}$	rozsah vstupního napětí	3,75 ÷ 10	V	kontakty jsou sepnuty
$I_{IN}$	jmenovitý proud	10	mA	při vstupním napětí 12V
Parametry kontaktů				
$R_P$	Přechodový odpor kontaktů	<100	m $\Omega$	maximální hodnota
$t_{ON, OFF}$	doba sepnutí, doba rozepnutí	<0,5	ms	
$R_{ISOL}$	izolační odpor	>10 <sup>11</sup>	$\Omega$	minimální hodnota
$U_{BREAK}$	průrazné napětí	>250	V	mezi rozeprnutými kontakty
		>1000		mezi cívkou a kontakty
$T_{amb}$	rozsah pracovních teplot	-40 ÷ 85	°C	
n	životnost kontaktů	10 <sup>8</sup>	cyklů	cyklus je sepnutí a rozeprnutí
Load <sub>MIN</sub>	minimální přípustná zátěž	100	mV	při proudu 10 $\mu$ A

## Příloha 6: Katalogový list obvodu ICL 7107

Obvod ICL 7107 je 3,5 místný A/D předodník. Obsahuje sedmissegmentový dekodér, řadič displeje, zdroj referenčního napětí a zdroj hodinového signálu. Obvod je schopen přímo řídit nemultiplexovaný LED displej se společnou anodou.



Obr. 27: Pouzdro obvodu ICL 7107

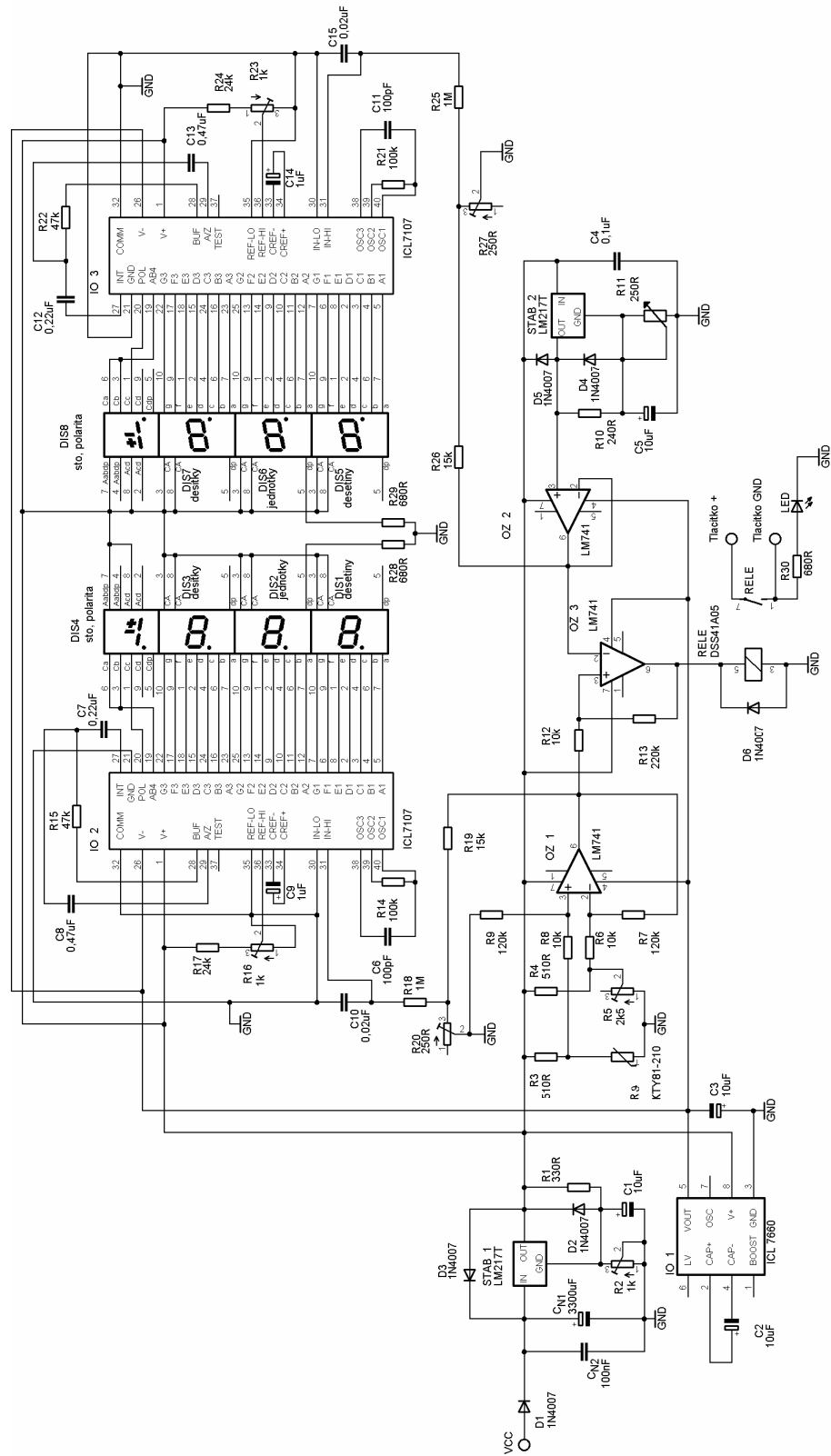
Tab. 11: Popis zapojení vývodů obvodu ICL 7107.

Číslo kontaktu	Funkce kontaktu	Číslo kontaktu	Funkce kontaktu
1	napájecí napětí +	21	zem
2	segment D první číslice zprava	22	segment G třetí číslice zprava
3	segment C první číslice zprava	23	segment A třetí číslice zprava
4	segment B první číslice zprava	24	segment C třetí číslice zprava
5	segment A první číslice zprava	25	segment G druhé číslice zprava
6	segment F první číslice zprava	26	napájecí napětí -
7	segment G první číslice zprava	27	integrační kontakt
8	segment E první číslice zprava	28	buffer
9	segment D druhé číslice zprava	29	kontakt automatického nastavení nulové úrovně
10	segment C druhé číslice zprava	30	signálová zem
11	segment B druhé číslice zprava	31	vstup signálu
12	segment A druhé číslice zprava	32	společný kontakt
13	segment F druhé číslice zprava	33	záporný pól referenčního kapacitoru
14	segment E druhé číslice zprava	34	kladný pól referenčního kapacitoru
15	segment D třetí číslice zprava	35	referenční zem
16	segment B třetí číslice zprava	36	referenční úroveň
17	segment F třetí číslice zprava	37	testovací kontakt
18	segment E třetí číslice zprava	38	kontakt oscilátoru 3
19	čtvrtá číslice zprava, pouze znak „1“	39	kontakt oscilátoru 2
20	indikace polarity, znak mínus	40	kontakt oscilátoru 1

Tab. 12: Přehled parametrů obvodu ICL 7107.

Označení parametru	Název parametru	Hodnota	Jednotka	Podmínky
$U_{CC+}$	odebíraný proud z kladného zdroje	1	mA	$U_{IN} = 0V$ ; mimo odběru displeje
$U_{CC-}$	odebíraný proud z záporného zdroje	0,6	mA	
$U_N$	šumové napětí	50	$\mu V/V$	$U_{IN} = 0V$ ; rozsah $U_{IN} = 200mV$
$I_d$	proud protékající jedním pinem pro buzení displeje	8	mA	mimo piny 19 a 20; $U_{CC+} = 5V$ ; $U_d = 3V$
	proud protékající pinem 19	16	mA	$U_{CC+} = 5V$ ; $U_d = 3V$
	proud protékající pinem 20	7	mA	

# Příloha 7: Kompletní schéma zapojení



Obr. 28: Kompletní schéma zapojení adaptoru manuální klimatizace

## Příloha 8: Seznam navrhovaných součástek

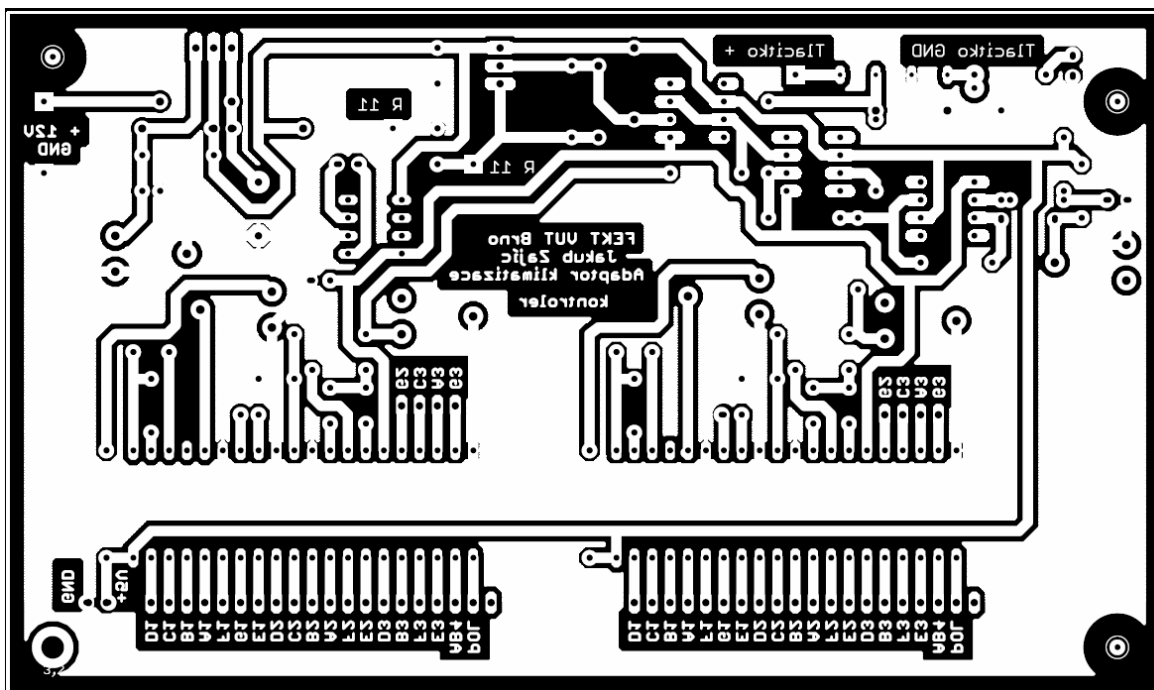
Tab. 13: Seznam navrhovaných součástek .

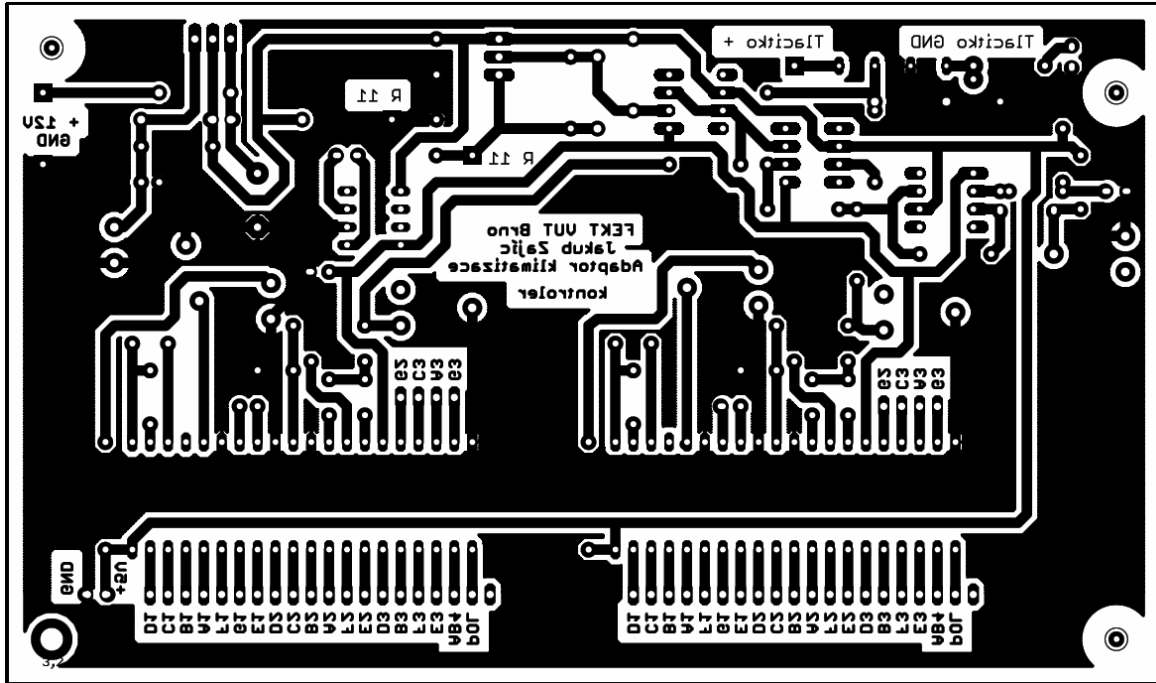
Označení součástky	Hodnota nebo typ	Popis	Pouzdro	Počet
<b>Nezbytné součástky</b>				
C <sub>1</sub> , C <sub>5</sub>	10 µF / 16 V	elektrolytický kapacitor, radiální, miniaturní	-	2
C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub>	10 µF / 16 V	elektrolytický kapacitor, radiální, miniaturní, LOW ESR	-	2
C <sub>4</sub> , C <sub>N2</sub>	100 nF / 63 V	keramický kapacitor	-	2
C <sub>6</sub> , C <sub>11</sub>	100 nF / 100 V	svitkový kapacitor, met. polyester, rozteč vývodů 5 mm, radiální	-	2
C <sub>7</sub> , C <sub>12</sub>	220 nF / 63 V	svitkový kapacitor, polypropylen, rozteč vývodů 5 mm, radiální	-	2
C <sub>8</sub> , C <sub>13</sub>	470 nF / 63 V	svitkový kapacitor, polypropylen, rozteč vývodů 5 mm, radiální	-	2
C <sub>9</sub> , C <sub>14</sub>	1 µF / 50 V	elektrolytický kapacitor, radiální, miniaturní	-	2
C <sub>10</sub> , C <sub>15</sub>	22 nF / 50 V	keramický kapacitor	-	2
C <sub>N1</sub>	3300 µF / 25 V	elektrolytický kapacitor, radiální	-	1
R <sub>1</sub>	330 Ω	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±5%, řada E24	-	1
R <sub>2</sub> , R <sub>16</sub> , R <sub>23</sub>	1 kΩ	cermetový trimr, lineární, ležatý, velikost 10 mm	-	3
R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub>	510 Ω	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±1%, řada E24	-	2
R <sub>5</sub>	2,5 kΩ	cermetový trimr, lineární, ležatý, velikost 10 mm	-	1
R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>12</sub>	10 kΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±1%, řada E24	-	3
R <sub>7</sub> , R <sub>9</sub>	120 kΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±1%, řada E24	-	2
R <sub>10</sub>	240 Ω	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±5%, řada E24	-	1
R <sub>11</sub>	250 Ω	potenciomet uhlíkový, mono, 16 mm	-	1
R <sub>13</sub>	220 kΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±1%, řada E24	-	1
R <sub>14</sub> , R <sub>21</sub>	100 kΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±1%, řada E24	-	2
R <sub>15</sub> , R <sub>22</sub>	47 kΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±5%, řada E24	-	2
R <sub>17</sub> , R <sub>24</sub>	24 kΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±5%, řada E24	-	2
R <sub>18</sub> , R <sub>25</sub>	1 MΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±5%, řada E24	-	2
R <sub>19</sub> , R <sub>26</sub>	15 kΩ	metalizovaný rezistor, 0,6W, tol. ±5%, řada E24	-	2
R <sub>20</sub> , R <sub>27</sub>	250 Ω	cermetový trimr, lineární, ležatý, velikost 10 mm	-	2
R <sub>28</sub> , R <sub>29</sub> , R <sub>30</sub>	680 Ω	uhlíkový rezistor, 0,6W, tol. ±5%, řada E24	-	3
R <sub>30</sub>	0 Ω	nulový rezistor	-	1
R <sub>θ</sub>	KTY81-210	křemíkový odporový senzor teploty	SOD 70	1
RELE	DSS41A05	miniaturní jazýčkové relé, spínací napětí 5 V=, spínaný proud 0,5 A	SIL	1
Stab 1, Stab 2	LM 217T	nastavitelný stabilizátor napětí 1,25 V až 37 V, 1,5 A	TO-220	2
D <sub>1÷6</sub>	1N4007	usměrňovací dioda, U <sub>Rmax</sub> = 1000V, I <sub>Fmax</sub> = 1 A	DO-41	6
IO 1	ICL 7660	DC / DC měnič 1,5 – 12 V	DIP 8	1
IO 2, IO 3	ICL 7107	3,5 místný A/D převodník s řadičem LED displeje	DIP 40	2

OZ 1÷3	LM 741	operační zesilovač	DIP 8	3
Dis 1÷3, 5÷7	HDSP 5501	LED displej, sedmissegmentový, společná anoda, červený	HDSP M	6
Dis 4, 8	HDSP 5507	LED displej, znak ±1, společná anoda, červený	HDSP O	2
LED	-	LED dioda, zelená, průměr 5 mm	-	1
CH 1	V5224C	hliníkový chladič eloxovaný, 3,5 K/W	-	1
CH 2	DO1A	hliníkový chladič eloxovaný, 21 K/W	-	1
-	GL 530	izolační podložka, slídová, TO-220	-	2
-	IB 2	průchodka izolační, TO-220	-	2
-	-	kabel plochý značený	-	0,5 m
<b>Doporučené součástky</b>				
patice precizní pro IO, 8 pinů			DIP 8 PZ	4
patice precizní pro IO, 40 pinů			DIP 40 PZ	2
patice precizní jednořadá, 20 pinů			SIL 20 PZ	5
konektor do DPS se zámkem, samec, 10 pinů			PSH02-10PG	4
konektor na kabel se zámkem, samice, 10 pinů			PFH02-10P	4
konektor do DPS se zámkem, samec, 4 piny			PSH02-04PG	2
konektor na kabel se zámkem, samice, 4 piny			PFH02-04P	2
konektor do DPS se zámkem, samec, 2 piny			PSH02-02PG	2
konektor na kabel se zámkem, samice, 2 piny			PFH02-02P	2
kontakty do konektoru na kabel			PFF02-01F	50
průchodka na kabel, gumová			F0720GM	1
přístrojový knoflík pro potenciometr, černý			P0010B	1
objímka pro LED 5 mm			-	1
vypínač kolébkový s označením zapnuto / vypnuto			P-H8600VB01	1
konektory typu faston pro vypínač			-	2
plastová krabička s větracími otvory, 68x172x176			U-KP11	1

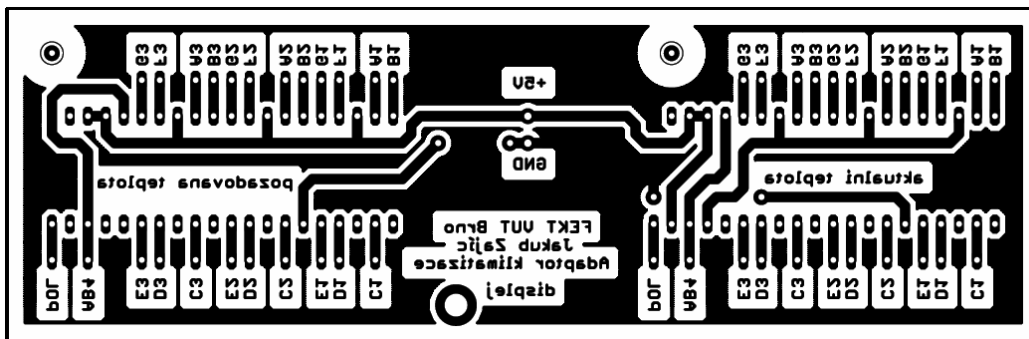
## Příloha 9: Matrice pro výrobu desky plošných spojů

Předlohy jsou uvedeny v měřítku 1:1. Deska plošných spojů kontroleru má rozměry 164 x 97 mm. Deska plošných spojů displeje má rozměry 146 x 47 mm.



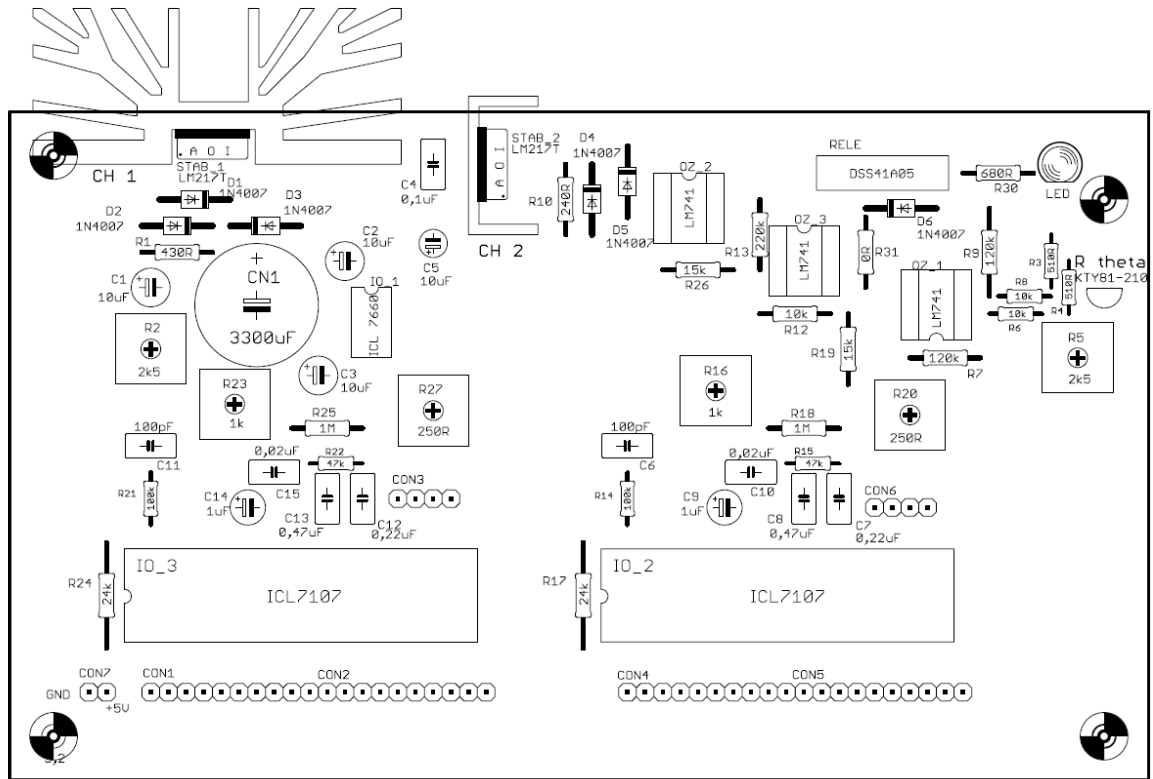


Obr. 31: Matrice pro výrobu DPS kontroleru, pohled ze strany součástek, pozitiv

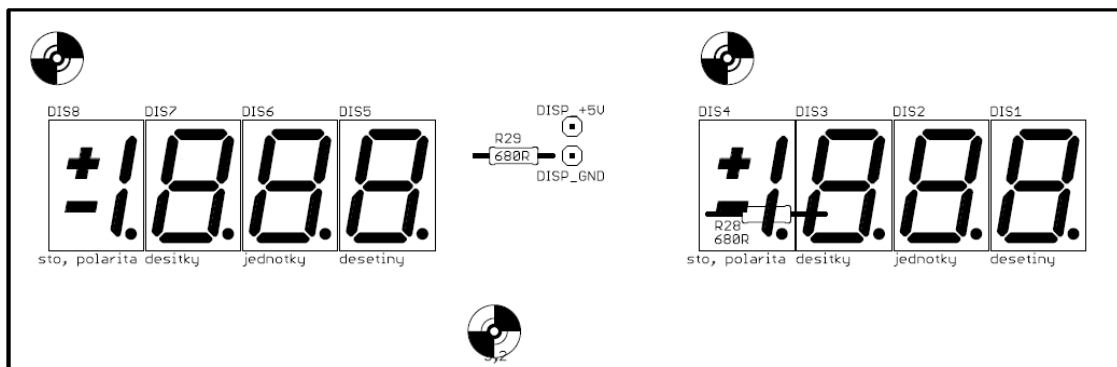


Obr. 32: Matrice pro výrobu DPS displeje, pohled ze strany součástek, pozitiv

## Příloha 10: Osazovací schéma



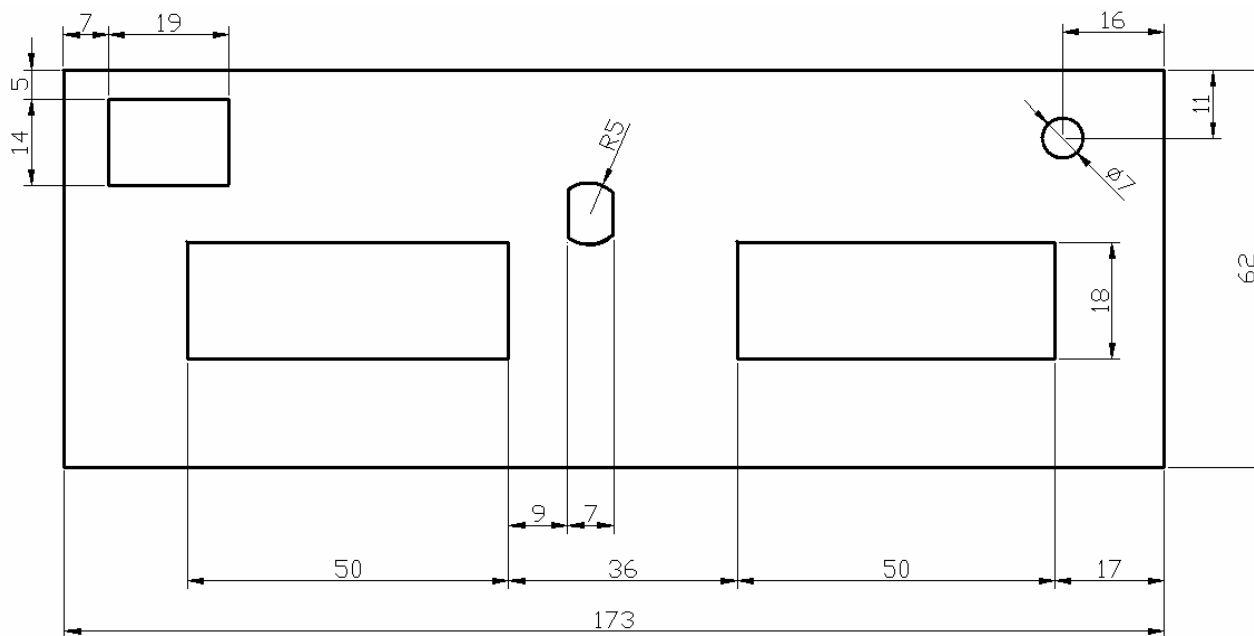
Obr. 33: Osazovací schéma DPS kontroleru, pohled ze strany součástek



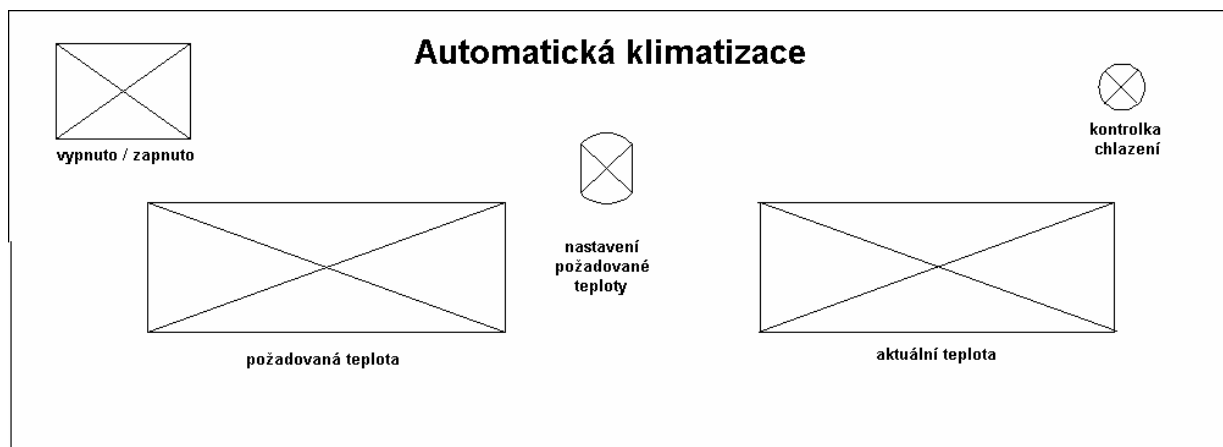
Obr. 34: Osazovací schéma DPS displeje, pohled ze strany součástek

## Příloha 11: Podklady pro výrobu čelního panelu

Rozměry čela krabičky nebo panelu pro připevnění displeje v automobilu jsou 173x62 mm. Rozmístění součástek na čele je patrné z šablony pro potisk čela. Ta je navržena pro stejné rozměry jako čelo krabičky nebo panel. Dvě velké obdélníkové díry 50x18 mm jsou určeny pro displeje. Malá obdélníková díra 19x14 mm je určena pro vypínač celého adaptoru klimatizace. Malá kruhová díra o průměru 7 mm slouží k umístění kontrolky. Když kontrolka svítí, tak je klimatizace sepnuta a chladí. Poslední atypický otvor je určen pro potenciometr nastavení požadované teploty.

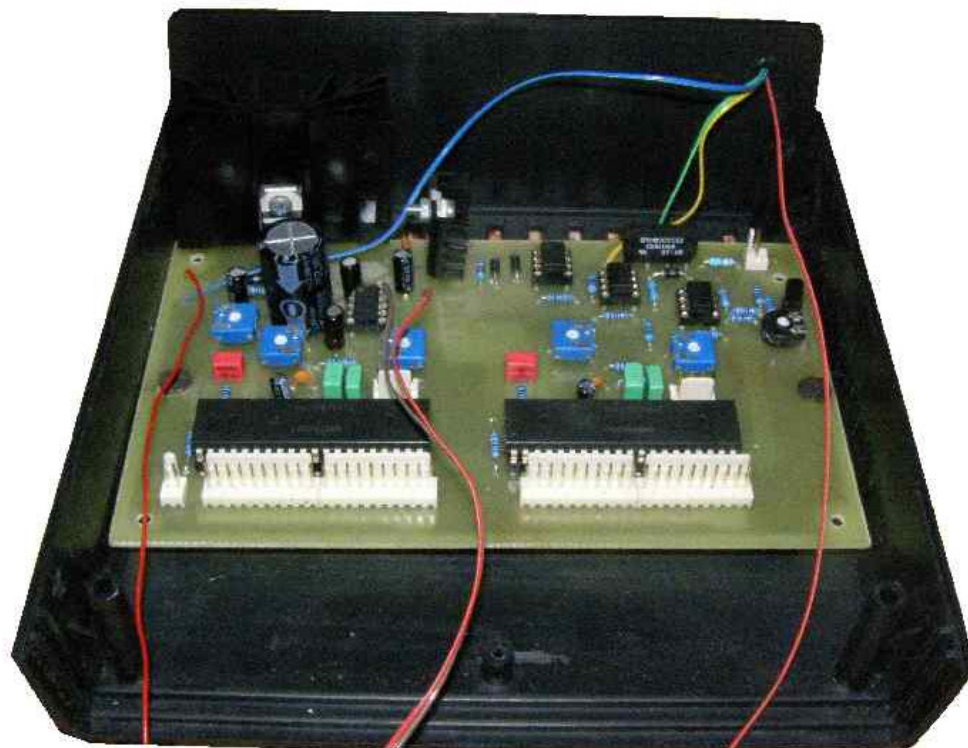


Obr. 35: Výkres čelního panelu



Obr. 36: Šablona pro potisk čelního panelu

## Příloha 12: Fotografie hotového zařízení



Obr. 37: Fotografie osazené desky kontroleru umístěné v krabičce



Obr. 38: Fotografie adaptoru manuální klimatizace v činnosti