

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

Faculty of mechanical engineering
Institute of Automation and Computer Science

MODERNIZACE KLIMATIZAČNÍ KOMORY

UPGRADE THERMAL CHAMBER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. RADEK PAGÁČ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. DANIEL ZUTH

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Pagáč Radek, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902T001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Modernizace klimatizační komory

v anglickém jazyce:

Upgrade Thermal Chamber

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na modernizaci klimatizační komory. Samotná modernizace spočívá v nahrazení řídicí části za moderní řídicí jednotku využívající mikrokontrolér. Předpokládá se částečná znalost programování mikrokontrolérů a práce s elektrickým zařízením.

Cíle diplomové práce:

Cílem je návrh a realizace řídicí jednotky pro klimatizační komoru, aby bylo možné pomocí tlačítek měnit požadovanou hodnotu teploty a také ji spolu s aktuální hodnotou teploty zobrazovat na LCD. Pro realizaci bude využit mikrokontrolér.

Seznam odborné literatury:

MATOUŠEK, D.: Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR – Atmega16, BEN, 2006

KREIDL, M.: Měření teploty – senzory a měřicí obvody, BEN, 2005

BURKHARD, M.: C pro mikrokontroléry, BEN, 2004

Firemní literatura

Vedoucí diplomové práce: Ing. Daniel Zuth

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 20.11.2008



Šeda

doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.
Ředitel ústavu

M. R. Doupovec

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce je modernizace řídicí jednotky klimatizační komory. Původní zastaralá klimatizační jednotka bude nahrazena novou, mikrokontrolérem řízenou řídicí jednotkou, pomocí které bude možné zobrazovat aktuální a požadovanou teplotu na LCD displeji. Před samotnou konstrukcí jsou teoreticky popsány použité součásti, způsoby měření teploty a prostředí pro vytvoření programu pro mikrokontrolér.

ABSTRACT

The target of this work is to modernize air-conditioning control of the unit Thermal Chamber. The old air-conditioning unit will be renewed by replacing old one by new one, microcontroller-driven control unit, through which it will be possible to show the current and desired temperature LCD. Theoretically description of the components and methods of measuring the temperature and environment for the creation of the microcontroller is shown before construction..

KLÍČOVÁ SLOVA

Mikrokontrolér, teploměr, ATmega16, ATMEL, LCD displej, LM35

KEYWORDS

Microcontroller, thermometer, ATmega16, ATMEL, LCD display, LM35

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Danielu Zuthovi, vedoucímu mé diplomové práce, za cenné připomínky, ochotu a vstřícnou spolupráci.

Obsah

Zadání diplomové práce.....	3
Seznam a vysvětlení použitých zkratk.....	11
1 1 Úvod.....	13
2 2 Měření teploty	15
2.1 Definice teploty	15
2.2 Senzory teploty.....	15
2.2.1 Kovové senzory teploty.....	15
2.2.2 Polovodičové odporové senzory teploty.....	16
2.2.3 Termistory	16
2.2.4 Polovodičové monokrystalické senzory teploty.....	18
2.2.5 Monolitické PN senzory teploty	18
2.2.6 Termoelektrické články.....	18
2.2.7 Dilatační teploměry	19
2.2.8 Bezdotykové měření teploty (pyrometrie).....	19
2.3 Nejistoty měření.....	20
2.3.1 Zdroje nejistot měření.....	20
2.3.2 Systematické chyby.....	20
3 3 ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ LCD.....	21
3.1 Kapalně krystaly.....	21
3.2 Rozdělení LCD podle způsobu osvětlení.....	22
3.2.1 Reflektivní osvětlení.....	22
3.2.2 Transmisivní osvětlení.....	22
3.2.3 Transfektivní osvětlení.....	23
3.3 Základní vlastnosti LCD.....	23
3.3.1 Zorný úhel displejů LCD.....	23
3.3.2 Budicí napětí.....	23
3.3.3 Napájení.....	23
3.3.4 Bodové maticové displeje.....	23
3.3.5 Kontrast.....	23
3.3.6 Vliv teploty prostředí.....	24
3.4 Uspořádání prvků LCD displeje.....	24
3.5 Inteligentní LCD displeje.....	24
3.5.1 Komunikace LCD s mikrokontrolérem.....	24
4 4 MIKROKONTROLÉRY.....	27
4.1 Atmel AVR.....	27
4.1.1 Architektura mikrokontrolérů AVR.....	27
5 5 PROGRAMOVACÍ JAZYK C PRO MIKROKONTROLÉRY.....	29
5.1 Funkce jazyka C.....	29
5.2 Jazyk C a architektury MCU.....	29
5.2.1 Architektura Von Neumanova.....	30
5.2.2 Architektura Harwardská	30
5.2.3 CISC	31
5.2.4 RISC	31
5.2.5 CISP	31
6 6 VLASTNÍ KONSTRUKCE.....	33

6.1 Demontáž původní řídicí jednotky.....	33
6.2 Popis použitých komponentů.....	33
6.2.1 Mikrokontrolér Atmega16.....	33
6.2.2 LCD displej POWER TIP PC1602F.....	34
6.2.3 Teplotní senzor LM35	35
6.3 Realizace na nepájivém poli.....	36
6.4 Vytvoření programu pro MCU.....	37
6.4.1 Vývojový diagram.....	37
6.4.2 Vytvoření programu	39
6.5 Naprogramování mikrokontroléru.....	40
6.6 Montáž do původní krabičky.....	42
6.7 Popis ovládání.....	42
7 7 ZÁVĚR.....	45
7.1 Ověření funkčnosti.....	45
7.2 Přínosy.....	45
7.3 Doporučení.....	45
7.4 Obsah přiloženého CD-ROM.....	45
8 8 PŘÍLOHY.....	47
8.1 Zdroj stejnosměrného napětí 5V.....	47
8.1.1 Schéma zapojení.....	47
8.1.2 Deska plošných spojů.....	47
8.1.3 Osazení součástek.....	47
8.1.4 Seznam použitých součástek.....	48
8.2 Řídicí jednotka.....	48
8.2.1 Schéma zapojení.....	48
8.2.2 Deska plošných spojů.....	48
8.2.3 Osazení součástek.....	49
8.2.4 Seznam použitých součástek.....	49
8.3 Programátor STK200.....	49
8.3.1 Schéma zapojení.....	49
8.3.2 Seznam použitých součástek.....	50
8.4 Zdrojový kód v jazyku C.....	50
9 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57

SEZNAM A VYSVĚTLENÍ POUŽITÝCH ZKRATEK

AVR - (Advanced Virtual RISC nebo Alf and Vegard RISC) Obchodní značka pro rodinu mikrokontrolérů firmy Atmel

ADC – (Analog/Digital Converter) analogově digitální převodník

CISC - (Complex Instruction Set Computer) Kompletní sada instrukcí

EEPROM - (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) také E²PROM – elektronicky přepisovatelná programovatelná paměť ROM

I/O – (input/output) – vstupně výstupní

I²C - (Inter-Integrated Circuit) dvouvodičová datová sběrnice

ISP - (In System Programming) sériové rozhraní určeno k programování MCU

MCU – (MicroController Unit) Mikrokontrolér

RISC – (Reduced Instruction Set Computer) Omezená sada instrukcí

SPI - (Serial Peripheral Interface) sériové rozhraní

1 ÚVOD

Pro automatizaci vytápění je požadavek dosažení požadované teploty ve vytápěných objektech, která je nutná pro využití těchto prostor k požadovaným účelům. V dnešní době, kdy je automatizace na velmi vysoké úrovni, lze již velmi přesně teplotu ve vytápěných prostorech regulovat.

Měření teploty se využívá takřka ve všech odvětvích automatizace, například automatizací vytápění obytných prostorů, díky níž lze dosáhnout značné úspory energie, přičemž návratnost investice do automatizace vytápění je velmi rychlá. Při tomto způsobu úspory energie nedojde ke snížení komfortu uživatelů těchto objektů, protože při správné regulaci spotřeby tepla se mohou podle různých průzkumů snížit náklady na topení o 20-38%, aniž by se snížila teplota požadovaná uživatelem. Při využití dalších prostředků, například tepelné izolace, či přiměřeného vytápění jednotlivých místností mohou úspory dosáhnout mnohem vyšších hodnot. Je tedy potřebné poznat mechanismy a zákony těchto procesů a v maximální míře je uplatňovat.

Aby bylo možné uplatňovat automatizaci v oblasti vytápění prostor, je nutné mít přesnou informaci o aktuální teplotě. K tomuto účelu se využívají různá teplotní čidla lišící se principem. Samotná teplota je veličina kterou nelze měřit přímo ale je nutné ji převést na jinou, měřitelnou veličinu, kterou lze měřit, nejčastěji elektrický odpor materiálu, který se teplotou mění. V dnešní době je již celá řada moderních a velmi přesných senzorů teploty. Jedním z nich je teplotní snímač LM35 viz obr.1. Tento snímač má již přímo v sobě integrováno čidlo včetně ovládacího obvodu, takže na jeho výstupu je napěťová hodnota podle aktuální teploty. Tento teplotní snímač je také použit v následující práci.

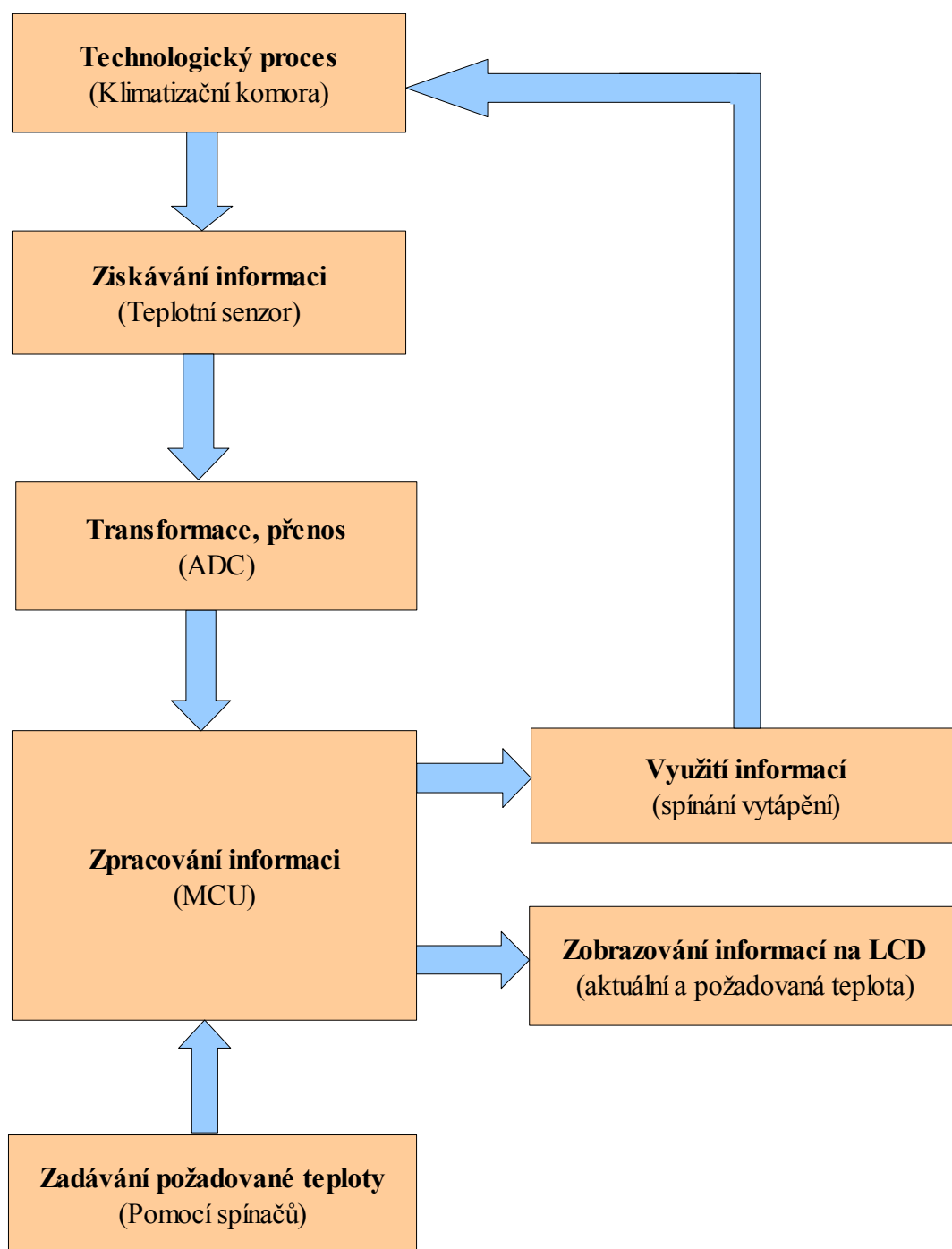


Obr.1 teplotní senzor LM35

Cílem této práce je automatizovat klimatizační komoru, tj. navrhnout a vyrobit řídicí jednotku, díky níž bude možné v klimatizační komoře udržovat konstantní, námi nastavenou teplotu. Řídicí jednotka bude podle potřeby spínat topné těleso. Nastavení požadované teploty bude možné provést pomocí dvou spínačů a nastavená teplota bude zobrazena spolu s aktuální teplotou na LCD displeji. Jádrem řídicí jednotky bude použit mikrokontrolér, proto se jejich funkcím a typům budu také důkladně věnovat.

Jak je znázorněno na následujícím blokovém schématu obr.2, získaná informace o

aktuální teplotě v klimatizační komoře je pomocí AD převodníku převedena na číslíkovou formu, následně porovnána s námi nastavenou hodnotou a na základě těchto informací je spínáno topné těleso a zároveň je aktuální i námi nastavená požadovaná teplota zobrazena na LCD displeji.



Obr.2 Blokové schéma řídicího členu

2 MĚŘENÍ TEPLOTY

2.1 Definice teploty

[7] Teplota je stavová veličina určující stav termodynamické rovnováhy tj. stav, kdy v izolované soustavě těles od okolního prostředí neprobíhají žádné makroskopické změny a všechny fyzikální veličiny, jimiž je stav soustavy popsán nezávisí na čase. Stav termodynamické rovnováhy bývá charakterizován termodynamickou teplotou, která musí být stejná pro všechny části izolované teploty. Fyzikální veličina teplota se nesmí za fyzikální veličinu teplo. Teplota je jedna z mála veličin, která se nedá měřit přímo, ale prostřednictvím jiných fyzikálních veličin. Měření teploty je tedy měření nepřímé.

2.2 Senzory teploty

Senzor teploty, nebo také snímač teploty, je funkční prvek tvořící vstupní blok měřicího řetězce tj. blok, který je v přímém styku s měřeným prostředím.

Senzory teploty se dělí z několika hledisek [7]:

● Dle fyzikálního principu:

- odporové
- termoeletrické
- polovodičové
- dilatační
- optické
- magnetické

● Dle styku s měřeným prostředím

- dotykové
- bezdotykové

● Dle transformaci signálu

- Aktivní, působením teploty se chovají jako zdroj elektrické energie.
- pasivní, pro svoji funkci potřebují vnější napájecí napětí.

2.2.1 Kovové senzory teploty

Kovové senzory teploty pracují na principu teplotní závislosti odporu kovu, který si lze představit jako soubor kladných iontů umístěných v mřížkových bodech krystalové mřížky a tzv. elektronového plynu tvořeného souborem chaoticky se pohybujících elektronů.

Čidlo odporového kovového snímače teploty tvoří základní konstrukční část odporového snímače teploty.

Měřicí obvod se vyrábí:

- drátkovou technologií
- tenkovrstvou technologií
- tlustovrstvou technologií

Základní parametry: - R_0 základní odpor- hodnota R čidla při teplotě 0°C

- R_{100} hodnota R čidla při teplotě 100°C

- R_J - hodnota R čidla při teplotě $J^\circ \text{C}$

- W_{100} - poměr odporu při 100 a 0°C

Materiál čidla	Základní odpor R_0 [W]	Poměr odporů W_{100}	Měřicí rozsah [°C]
Platina	100	1,39	-200 až 850
Nikl	100	1,62	-60 až 180
Měď	100	1,43	-200 až 200

Tab1. Vlastnosti čidel. [7]

● **Odporové platinové snímače teploty:** platina se vyznačuje chemickou netečností, časovou stálostí a vysokou teplotou tání. Pro čistotu platiny u provozních snímačů teploty (Pt 100) je předepsán poměr elektrického odporu $W_{100}=1,385$.

● **Odporové niklové snímače teploty** Niklová čidla jsou většinou vyráběny tenkovrstvou technologií. Mezi výhody těchto snímačů patří velká citlivost, rychlá odezva a malé rozměry. Nevýhodou je omezený teplotní rozsah a značná nelinearita.

● **Odporové měděné snímače teploty** Tyto snímače lze použít v teplotním rozsahu -200°C až 200°C , výhodněji však v teplotním rozsahu -50°C až 150°C , ve kterém mají lineární charakteristiku. Tyto senzory se však z důvodu snadné oxidace a malé rezistivity běžně nevyrábějí. Využívají se např. při měření teploty měděného vinutí elektrických strojů.

2.2.2 Polovodičové odporové senzory teploty

Při použití polovodičových odporových senzorů se využívá stejně jako u kovových senzorů teplotní závislost odporu.

2.2.3 Termistory

Z anglického slova thermally senzitive rezistor [7]. Lze si jej představit jako teplotně závislý odpor zhotovený z polovodičových feroelektrických keramických materiálů. Keramická technologie umožňuje výrobu termistorů ve tvaru disku, destičky, kapky, válečku aj.

Výhody: - velká teplotní citlivost

- malé rozměry

- jednoduchý převod odporu na elektrické napětí nebo proud

Nevýhoda: - nelineární charakteristika



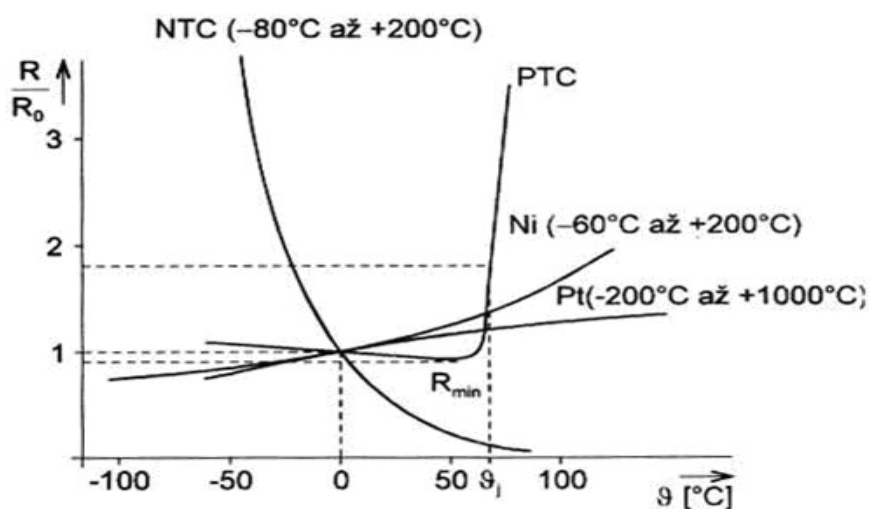
Obr.3 Termistor NTC640-470K [14]

Rozdělení termistorů:**a) Negastory (NTC termistory)**

Negastory se vyrábějí práškovou technologií z kysličníků kovů. Vylisované senzory se zpevňují slinováním za vysokých teplot. Teplotní rozsahy jsou od běžných -50°C do 150°C až do extrémních rozsahů v oblasti nízkých teplot od $+4,2^{\circ}\text{C}$ do vysokých teplot do 1000°C . Hlavním znakem negastorů je, že s rostoucí teplotou odpor klesá. Při měření teploty se převážně používají NTC termistory a proto se běžně označují pouze „termistory“.

b) Pozistory (PTC termistory)

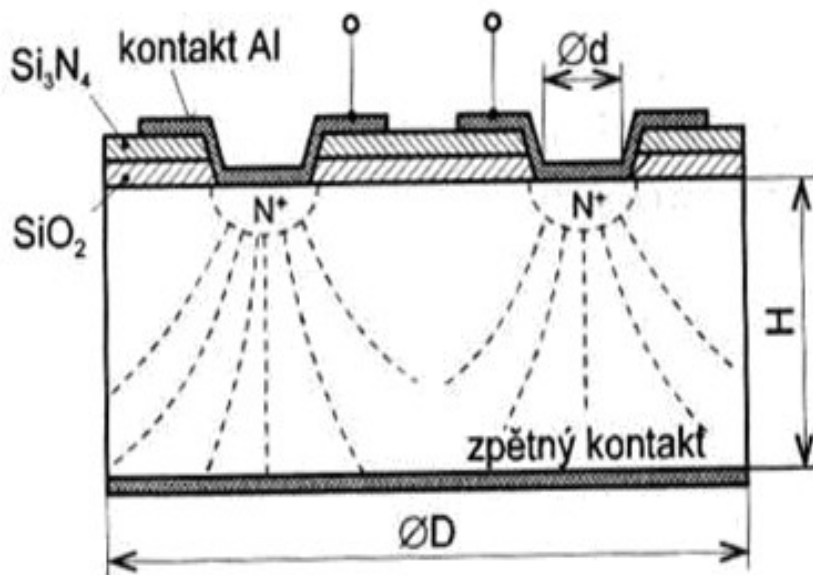
Pozistory jsou termistory s kladným teplotním součinitelem odporu. Vyrábějí se z polykrystalické ferroelektrické keramiky. Odpor pozistoru se stoupající teplotou nejprve mírně klesá. Od tzv. Curieovy teploty dochází u pozistoru ke strmému nárůstu rezistivity materiálu. Využití pozistorů je v elektrických obvodech ve funkci tepelné ochrany, omezovače proudu, teplotní regulace aj.



Obr.4 Porovnání charakteristik termistorů NTC a PTC [7]

2.2.4 Polovodičové monokrystalické senzory teploty

Tyto senzory bývají zhotoveny z křemíku, germania, india případně jejich slitin. Nejčastější je použití křemíku. V průmyslové praxi se sériově vyrábí Si senzor k měření teplot v rozsahu od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a je založen na nevlastním polovodiči typu N, tj. S dominantní elektronovou složitou.



Obr.5 Struktura snímače [7]

2.2.5 Monolitické PN senzory teploty

Integrované monokrystalické senzory teploty jsou nejčastěji založeny na teplotní závislosti napětí PN přechodu v propustném směru. Tyto senzory mají teplotní rozsah od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nejistotu měření 0,6% až 2%.

Základní typy:

- diodové PN senzory teploty
- tranzistorové PN senzory teploty
- Integrované senzory teploty:

2.2.6 Termoelektrické články

Termoelektrické články využívají tzv. Seebeckův jev, což je jev převodu tepelné energie na elektrickou. Seebeckův jev vzniká tak, že v teplejší části vodiče mají nositele náboje větší energii a proto difundují ve větším množství do chladnějších míst než nositele z chladnějších míst do teplejších, čímž vzniká jednostranná převaha nábojů kladných nebo záporných, a proto znaménka absolutních Seebeckových koeficientů s souhlasí se znaménkem těch nositelů nábojů, kterých je ve vodiči více.

2.2.7 Dilatační teploměry

Dilatační teploměry jsou založené na teplotní roztažnosti pevných látek, kapalin a plynů a dělí se dle konstrukce:

● Tyčové teploměry

Jsou založeny na teplotní délkové roztažnosti dvou konstrukčních dílů z pevných látek, které jsou spojeny v jediném místě. Čidlo tyčového teploměru je nejčastěji tvořeno trubicí z kovu s velkým teplotním součinitelem délkové roztažnosti, uvnitř které je tyč s malým teplotním součinitelem délkové roztažnosti.

● Bimetalové teploměry

Bimetalové snímače jsou založeny na rozdílné teplotní roztažnosti neboli na rozdílu teplotních součinitelů délkové roztažnosti dvou kovových materiálů. Tyto materiály jsou uspořádány ve tvaru pásků, které jsou navzájem podélně svařeny. Čím bude větší rozdíl těchto koeficientů, tím bude větší citlivost teploměru.

● Skleněné teploměry

Skleněný teploměr je dilatační teploměr, založený na teplotní objemové roztažnosti kapaliny ve skle. Skleněný teploměr se skládá z teploměrové baňky, měřicí kapiláry, obalové trubice a stupnicové destičky.

● Kapalinové tlakové teploměry

Princip je stejný jako u skleněných teploměrů, ale měření objemové roztažnosti se převádí na měření tlaku.

● Plynové tlakové teploměry

Plynový teploměr má teploměrový systém naplněn plynem. Princip je přitom stejný jako u ostatních tlakových teploměrů. Výhodou je netoxická teploměrová látka, což je podstatná vlastnost měření teplot v potravinářství, ve výrobě léčiv nebo v chemickém průmyslu.

2.2.8 Bezdotykové měření teploty (pyrometrie)

Jedná se o měření povrchové teploty těles na základě vysílaného tělesem a přijímaného senzorem. Elektromagnetické záření s vlnovou délkou od 2 μm do 25 μm se označuje jako tepelné záření a pokrývají měření teplot v rozsahu od -40°C do $+1000^{\circ}\text{C}$.

Výhody:

- zanedbatelný vliv měřicí techniky na měřený objekt
- měření teploty z bezpečné vzdálenosti
- možnosti měření velmi rychlých změn teploty

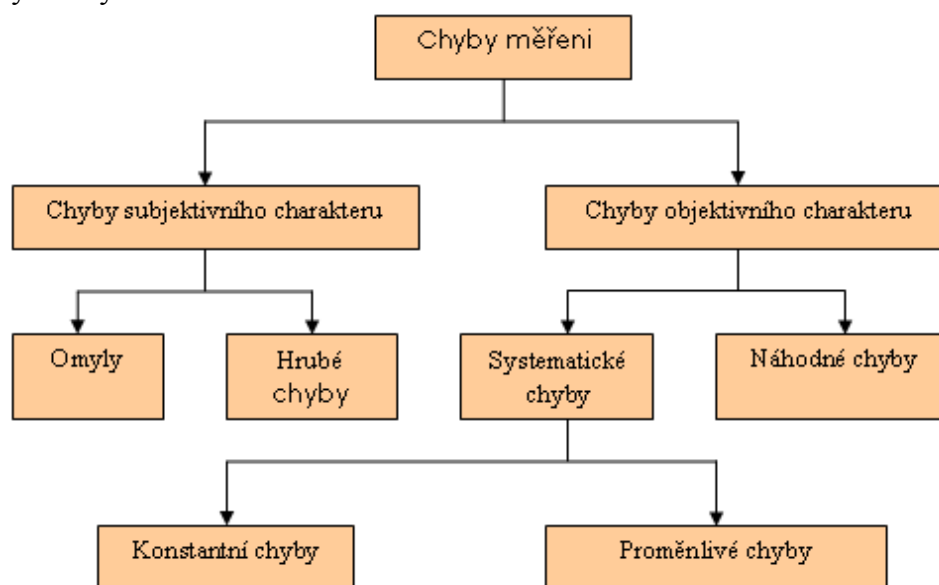
Nevýhody:

- nejistoty měření neznalostí správné hodnoty emisivity povrchu tělesa
- nejistoty měření neznalostí správné prostupnosti prostředí

2.3 Nejistoty měření

Vyjadřování přesnosti měření prostřednictvím relativních chyb senzorů a absolutních relativních chyb měření se v současné době nahrazuje nejistotou měření. Všechna měření, samozřejmě včetně měření teploty, jsou zatížena chybami. Proto je nutné stanovit nejistotu měření, tj. oblast, ve které se s určitou pravděpodobností nachází hodnota měřené veličiny. Nejistota měření je tedy parametr přiřazený k výsledku měření, charakterizující rozptyl hodnot, které lze přiřazovat k měřené veličině.

Měření teploty dotykovými i bezdotykovými metodami je zatíženo systematickými a náhodnými chybami.



Obr.6 Klasifikace chyb měření

2.3.1 Zdroje nejistot měření

Nejistoty se obecně dělí na standardní nejistoty typu A, resp. μ_A , což jsou nejistoty způsobené náhodnými vlivy, jejichž příčiny nejsou známy a jejichž velikost se zjišťuje z opakovaných měření, a standardní nejistoty typu B, resp. μ_B , což jsou nejistoty způsobené většinou známými nebo odhadovanými skutečnostmi, jako jsou nejistota měřicího přístroje, vliv okolní teploty a barometrického tlaku apod. Celková nejistota se stanoví jako odmocnina součtu druhých mocnin dílčích nejistot μ_A a μ_B .

2.3.2 Systematické chyby

Systematické chyby sestávají ze statických a dynamických chyb. Kromě kalibrační chyby a chyby vzniklé tepelnými ztrátami ovlivňují přesnost často chyby způsobené chybným zabudováním teploměru nebo snímače teploty do měřeného prostředí. U všech dotykových teploměrů a snímačů teploty vznikají při měření časově proměnné teploty navíc k chybám statickým ještě chyby dynamické. Průběh dynamických chyb je závislý na průběhu měřené teploty a na dynamických vlastnostech teploměru. Dynamické chyby jsou vyvolány zpožděním signálu snímače a mají největší vliv na dynamické vlastnosti celého měřicího systému. V ustáleném stavu je dynamická chyba nulová.

3 ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ LCD

Zkratka LCD pochází z anglického názvu **Liquid Crystal Display** [6]. Tyto zobrazovací systémy s tekutými krystaly mají široké využití. Uplatnění našly od miniaturních typů v náramkových hodinkách až po obrazovky přenosových počítačů a na náhradu obrazovek stolních počítačů.



Obr.7 LCD televizor SHARP

Z hlediska praktického využití jsou hlavní výhody:

- nízká cena
- nízká hmotnost
- malé rozměry
- velmi nízká spotřeba elektrické energie

3.1 Kapalně krystaly

Kapalně krystaly [6] byly objeveny v roce 1888 rakouským botanikem Reinitzerem, který zkoumal materiál benzoan cholesterylu. Ten při svých výzkumech zjistil, že při zvyšování teploty tuhý krystal změnil v kalnou kapalinu a při dalším zvyšování teploty došlo k další změně a kapalina se stala průhlednou. Kapalně krystaly jsou téměř průzračné substance, které mají vlastnosti pevné hmoty i kapaliny. Využívá se u nich vlastnosti, že v určitém rozmezí teplot u nich existuje stabilní mezifáze, ve které jsou u nich molekuly v kapalině uspořádány obdobně jako v krystalu pevné látky. Vazby molekul nejsou příliš silné, molekuly se mohou pohybovat. Pohyb molekul může být vyvolán mechanickými vlivy, ale také vhodně polarizovaným elektrickým napětím nebo magnetickým polem. Změna uspořádání molekul vyvolaná některým z uvedených jevů má za následek změnu propustnosti optického záření. Většina kapalných krystalů jsou organické sloučeniny, jejichž molekuly mají podlouhlý tvar. Podle uspořádání molekul

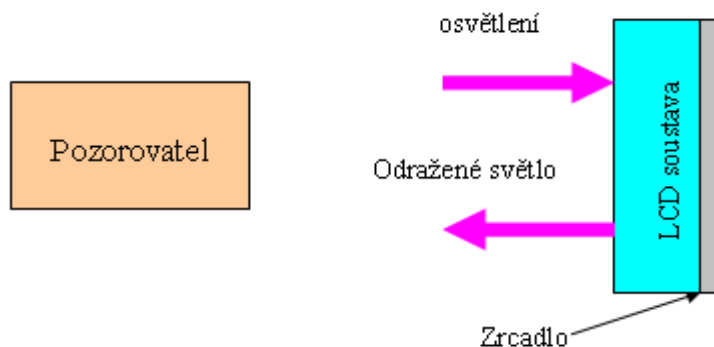
mohou být kapalné krystaly nematické, cholesterické a smektické. Při využití jako zobrazovacího zařízení mají největší význam nematické krystaly. Vůbec první použití kapalných krystalů pro zobrazovací jednotky se datuje v roce 1971.

3.2 Rozdělení LCD podle způsobu osvětlení

Zobrazovací jednotky s tekutými krystaly jsou pasivními zobrazovacími prvky, které neemitují optické záření, ale používají optické záření vytvářené jinými zdroji. Displeje LCD se tedy dělí podle způsobu osvětlení [6].

3.2.1 Reflektivní osvětlení

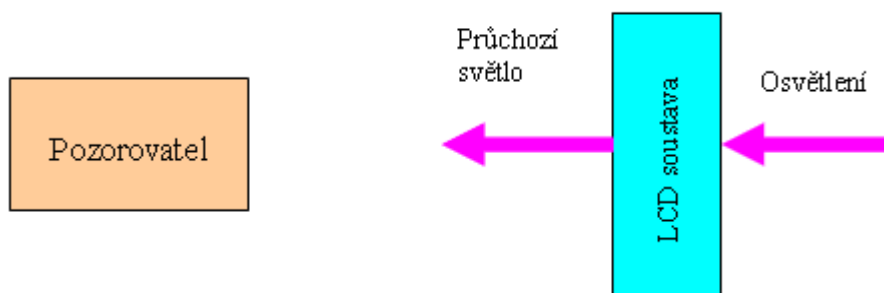
Při tomto uspořádání je nutné vnější osvětlení ze strany pozorovatele. K tomuto se používá optické záření okolního prostředí. Zobrazení je potom kvalitní, hlavně venku během dne, nebo v dobře osvětlených prostorách. Toto uspořádání se používá hlavně v kalkulačkách, digitálních hodinkách apod. Velkou výhodou je nepatrná spotřeba a tím prodloužená životnost napájecích článků.



Obr.8 Reflexní LCD displej

3.2.2 Transmisivní osvětlení

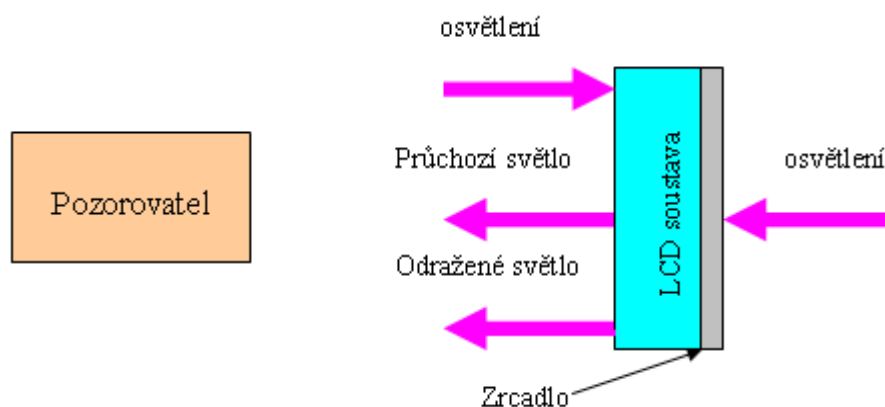
Při tomto uspořádání je zdroj osvětlení umístěn za displej. Aby bylo možné sledovat zobrazovanou informaci je nutné displej podsvítit a zadní část LCD je průhledná. Tyto displeje pracují nejlépe při horším venkovním osvětlení.



Obr.9 Transmisivní LCD displej

3.2.3 Transfektivní osvětlení

Je kombinací obou předchozích, kdy zadní osvětlení je v závislosti na světelných podmínkách okolí, vypnuto nebo zapnuto.



Obr.10 Transfektivní LCD displej

3.3 Základní vlastnosti LCD

3.3.1 Zorný úhel displejů LCD

Tento úhel je poměrně malý a upravuje se při výrobě tak aby byl displej nejlépe čitelný.

3.3.2 Budící napětí

Toto napětí je přiloženo mezi elektrody, mezi kterými je tekutý krystal. Tím vyniklé elektrické pole způsobí zrušení původního spirálového uspořádání nematických tekutých krystalů, což má za následek zastavení průchodu optického záření a ztmavnutí dané buňky displeje. Velikost budícího napětí záleží na typu displeje.

3.3.3 Napájení

Je většinou uskutečňováno k tomu účelu vyráběných integrovaných obvodů, které bývají součástí LCD displejů.

3.3.4 Bodové maticové displeje

Tyto displeje jsou dodávány se zabudovanou elektronikou, obsahující dekoder a sériové rozhraní jímž jsou displeji předávána data a řídicí instrukce.

3.3.5 Kontrast

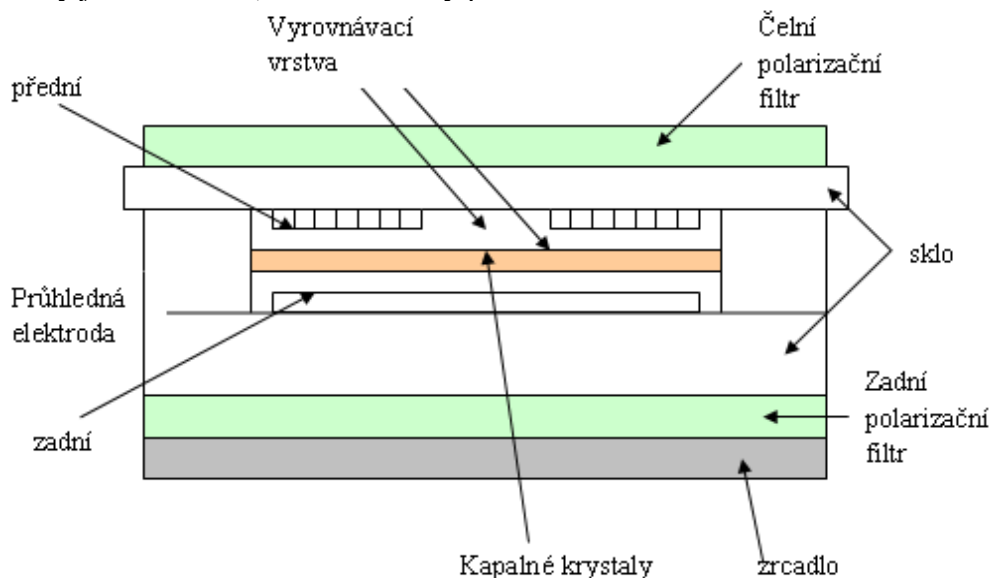
Mění se, se změnou napájecího napětí displeje a s teplotou prostředí, většinou se nastavuje pomocí potenciometru.

3.3.6 Vliv teploty prostředí

Displej LCD pracuje pouze v určitém rozmezí teplot, ve kterém se projevují vlastnosti dané substance jako tekutého krystalu. Při snižování teploty kapalina tuhne a krystaly se stávají méně pohyblivými. Naopak při vyšších teplotách kapalina zakaluje displej takže znaky a zbylá část displeje mají stejnou barvu.

3.4 Uspořádání prvků LCD displeje

Princip uspořádání je znázorněn na obr. Displej je tvořen dvěma skly na která jsou z vnitřní strany naneseny průhledné elektrody. Vyrovnávací vrstvy na vnitřních stranách slouží k natočení tekutých krystalů. Na zadní straně reflexního displeje je umístěno zrcadlo. Transmisivní a transflektivní provedení mají na zadní straně umístěn zdroj optického záření. Tekuté krystaly jsou umístěny mezi vyrovnávacími vrstvami. Tloušťka jejich vrstvy je velmi malá, řádově desítky μm .



Obr.11 Vnitřní uspořádání LCD displeje

3.5 Inteligentní LCD displeje

Ovládání LCD displeje je značně komplikované. Z tohoto důvodu se vyrábí kompletní LCD moduly, které kromě samotného LCD displeje obsahují řadič, které umožňují snadnější připojení k mikrokontrolérům. Dále obsahují násobič, který získá vyšší napětí pro samotný LCD displej. Dále je většina řádkových displejů je řízena obvodem HD44780 od firmy Hitachi, případně kompatibilním typem, což zaručuje kompatibilitu mezi jednotlivými typy.

3.5.1 Komunikace LCD s mikrokontrolérem

Displeje disponující řadičem HD44780 mohou přenášet data po 4 nebo 8 datových linkách.

Rozdíly těchto typů komunikací:

- **8bitová komunikace:** Zápis dat spočívá v tom, že se vybaví signál RS podle toho, zda se zapisují data nebo instrukce. Dále se aktivuje vstup E(1) a následně vodiče DB7 až DB0 přivedou data a potvrdí se deaktivací vstupu E(0).
- **4bitová komunikace:** Zápis probíhá tak, že se vybaví signál RS podle toho, zda se zapisují data nebo instrukce. Poté se deaktivuje vstup E(1) a následně se vodiče DB7 až DB4 přivedou horní 4 bity dat a potvrdí se deaktivací vstupu E(0), stejně probíhá zápis dolních 4 bitů, tzn. E=1, po vytavení dat na DB7 až DB4 je E=0. Zbývající vodiče, tzn. DB0 až DB3 jsou uzemněny.

Číslo vývodu	Signál	Funkce
1	GND	Zem (0V)
2	Ucc	Napájecí napětí (4,75 až 5,25V)
3	Uo	Nastavení kontrastu displeje
4	RS	Příkaz (0), data (1)
5	R/W	Čtení (1), zápis (0) dat nebo příkazu
6	E	Vstup povolení
7	DB0	Data/příkaz (dolní bit)
8	DB1	Data/příkaz
9	DB2	Data/příkaz
10	DB3	Data/příkaz
11	DB4	Data/příkaz
12	DB5	Data/příkaz
13	DB6	Data/příkaz
14	DB7	Data/příkaz (horní bit)
15	A	Anoda podsvěcovací LED
16	K	Katoda podsvěcovací LED

Tab.2 osazení vývodů LCD displeje s řadičem HD44780 [5]

4 MIKROKONTROLÉRY

Mikrokontrolér je elektronická součástka nejčastěji v podobě integrovaného obvodu. Tuto součástku je možné naprogramovat, aby prováděla určenou úlohu v elektronickém zapojení. Velké množství výrobců vyrábí různé typy mikrokontrolérů a je možné se s nimi setkat ve většině elektronických zařízeních, jako jsou televizory, mobilní telefony, automobily a celá řada dalších. Díky mikrokontrolérům lze nahradit jinak velké a složité zapojení. Mikrokontrolér v sobě sice ukrývá podstatně složitější elektronické zapojení, ale díky tomu, že se mikropočítače vyrábí ve velkém množství, se podařilo stlačit jejich cenu na přijatelnou úroveň. Vývojem mikrokontrolérů se zabývá celá řada výrobců. Mezi nejznámější bych uvedl výrobce jako jsou Atmel, Intel, Microchip, Hitachi, Sharp, Fujitsu, STM a další.

Běžné jednočipové mikropočítače jsou 8bitové. Jejich výkon je však pro řadu aplikací nedostačující. Jako příklad uvedu řízení vstřikování paliva u automobilů. Důvodem je, časovače nezvládají měřit časové parametry vstupních signálů a generovat výstupní signály s požadovanou přesností. Proto byly vyvinuty 16bitové jednočipové mikropočítače, jejichž typickými představiteli jsou mikropočítače řady Intel 8096/80C196. Tyto mikropočítače již zvládají většinu aplikací běžících v reálném čase. Pokud aplikace vyžaduje provést množství operací nad rozsáhlými daty jsou 165bitové mikropočítače nedostačující a to je typická doména 32bitových mikropočítačů.

Nejpoužívanější řady jednočipových 8bitových mikropočítačů:

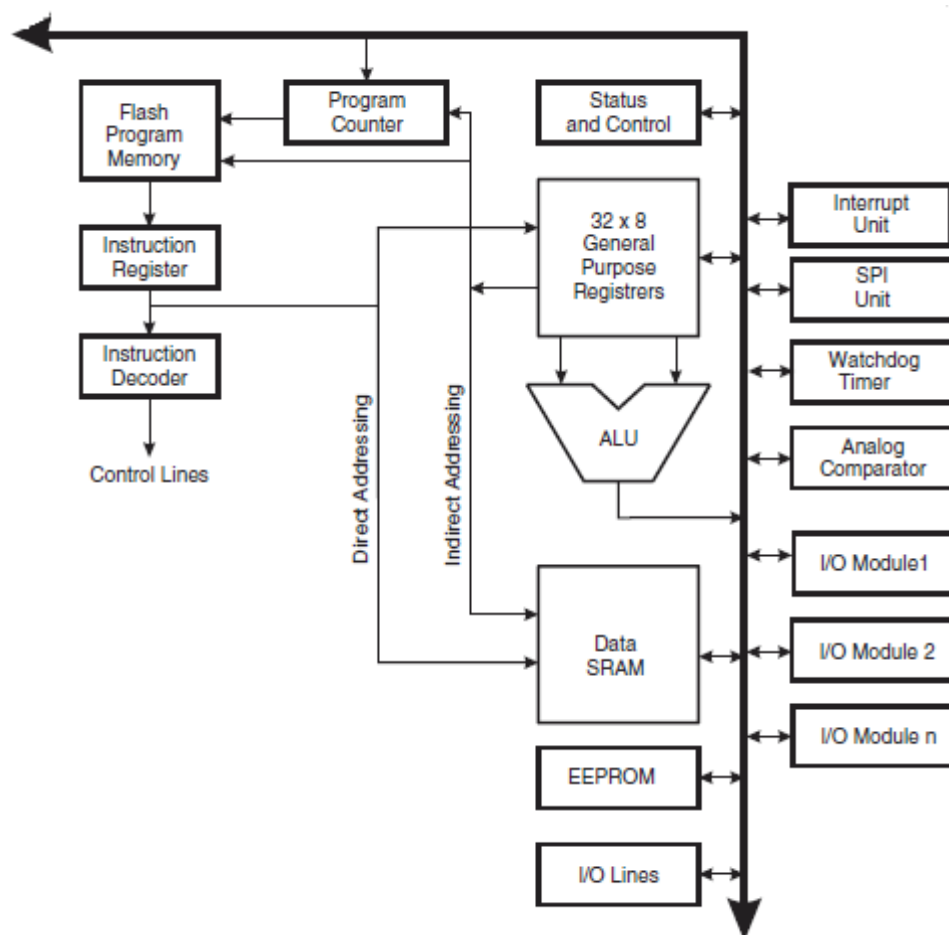
- **Mikropočítač 8051** pochází z roku 1980 a je vývojově relativně starým. Díky oblibě ho však řada výrobců, včetně firmy Atmel, orientuje na výrobu mikrokontrolérů s jádrem 8051, které je rozšířeno o další periferie. Jedná se o procesor s jádrem CISC.
- **mikrokontroléry PIC** od firmy Microchip. Jejich jádro má silné prvky architektury RISC a jsou vhodné především pro jednoduché aplikace. Kromě řady x51 a PIC jsou ještě poměrně často využívány Zilog Z8 či Motorola 68HC11, případně další.

4.1 Atmel AVR

V této práci jsem se rozhodl pracovat s mikrokontrolérem z rodiny Atmel AVR, konkrétně typem Atmega16 a to především z důvodu dostupnosti informací o tomto typu a možnosti stažení vývojového prostředí přímo z www stránek výrobce. Pro tuto aplikaci navíc bude tento mikrokontrolér svými vlastnostmi bohatě vyhovovat. Proto se vlastnostem těchto mikrokontrolérů budu zabývat důkladněji.

4.1.1 Architektura mikrokontrolérů AVR

Jádro AVR se skládá ze 32 stejných 8bitových registrů, které mohou obsahovat jak data, tak adresy, přičemž k přístupu k těmto univerzálním registrům stačí jeden hodinový cyklus. Tyto mikrokontroléry využívají tzv. Harwardskou architekturu, což v praxi znamená oddělenou paměť pro program a pro data. Program umístěný v programové paměti je prováděn s jednoduchým překrýváním instrukcí (pipeline). Zatímco jedna instrukce je prováděna, druhá je přesouvána z programové paměti.



Obr.12 Příklad architektury MCU AVR

Adresovací módy pro paměť dat:

- přímé adresování
- nepřímé adresování s posunutím (6bitový posun)
- nepřímé adresování
- nepřímé adresování s dekrementací ukazatele adresy před zpracováním instrukce
- nepřímé adresování s inkrementací ukazatele instrukce pro zpracování instrukce

Řady mikrokontrolérů AVR

- Základní typu AT90xx, tyto typy se již nevyrábí
- ATtiny většinou mají 90 instrukcí, nejlacinější typy pro jednoduché aplikace
- Atmega většinou mají 130 instrukcí, obsahují instrukce pro násobení a novější řada je navíc vybavena rozhraním JTAG pro ladění sw přímo v aplikaci

5 PROGRAMOVACÍ JAZYK C PRO MIKROKONTROLÉRY

Pro naprogramování mikrokontroléru v této práci je použit jazyk C, proto se v této kapitole budu věnovat jeho základním vlastnostem a funkcím.

Při použití jazyku C pro programování mikrokontrolérů je obzvláště výhodné, že jazyk C je poměrně blízký strojovému jazyku, takže nárůst kódu vůči assembleru je malý, přesto však má stupeň abstraktnosti potřebný pro vyšší programovací jazyk. ANSI-C se osvědčuje jako velmi příjemný, výkonný a mnohostranný programovací jazyk pro různé aplikace na libovolných mikrokontrolérových platformách. Kompilátor ANSI-C již je dnes nabízen pro drtivou většinu mikrokontrolérů.

U mikrokontrolérů se před vyvoláním programu C spouští počáteční modul, napsaný většinou v assembleru, jehož prostřednictvím se provádí základní inicializace různých registrů mikrokontroléru, oblasti paměti, ukazatelů zásobníku a vektorů přerušení. Po tomto spouštěcím kódu začíná i pro mikrokontrolér běh programu C.

Konstrukce programu C je velmi jednoduchá, neboť C je vyšší programovací jazyk strukturovaný do přehledných bloků. Základní blok, jemuž jsou všechny ostatní bloky podřízeny, je tzv. funkční blok, označovaný jako funkce.

5.1 Funkce jazyka C

Program je pomocí funkcí rozložen na dílčí komponenty, čímž je dosaženo to, že program je přehlednější, modulárnější, nedochází redundantnímu kódu a program lze snáze modifikovat. Ve funkcích jsou ukryty detaily vlastního zpracování. Jedná se o jednoduchou metodu zapouzdřování do sebe uzavřených průběhů, takže uživatel takové funkce nemusí vědět, jak je tato funkce realizována, ale co dělá. Proto při vhodné volbě obsahu funkce a volání této funkce je možné používat tuto funkci opakovaně, díky čemuž dojde ke zkrácení zdrojového kódu a tím samozřejmě k ušetření paměti.

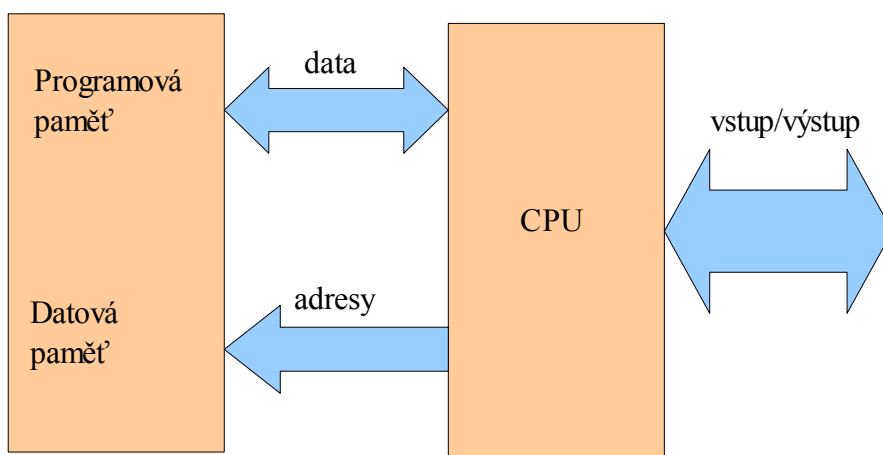
5.2 Jazyk C a architektury MCU

Výkonnost mikrokontroléru je dána:

- Architekturu- šířky sběrnic pro data, programový kód, registry
- Rozsahem příkazů
- Hodinovou frekvencí a počtem hodinových cyklů na příkaz
- efektivností programového kódu

5.2.1 Architektura Von Neumanova

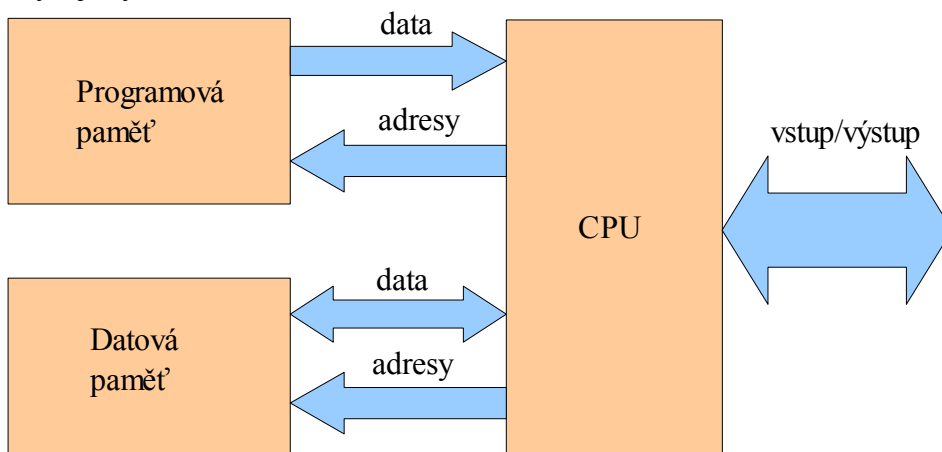
Vyznačuje se tím, že datová a programová paměť používají společné vedení. Díky tomuto uspořádání je hospodárné využívání sběrnice systémů a snížení počtu vývodů MCU při použití externí paměti. Nevýhodou je snížení rychlosti zpracování, protože programová i datová paměť sdílejí stejné adresní a datové vedení. Z paměti je tedy možno číst jen buď příkazy, nebo data.



Obr.13 Architektura Von Neumanova [4]

5.2.2 Architektura Harwardská

Jedná se o starší architekturu která má oddělené sběrnice systémy pro programovou a datovou paměť. To umožňuje se současně obracet na data i příkazy, což značně zvyšuje rychlost.



Obr.14 architektura Harwardská [4]

Možností je i kombinace obou architektur, kdy interně je mikrokontrolér navržen podle Harwardské architektury a externě (i pro přístup k externí paměti) podle Von Neumanovy architektury, čímž se dosáhne snížením nákladů na výrobu chipu snížením počtu potřebných vývodů.

5.2.3 CISC

Jedná se o interpreta příkazů, díky němuž zadáním jediného příkazu je možné realizovat složité zpracování, čímž se ušetří paměťové místo. Nevýhodou ale je, že tyto příkazy vyžadují složitý interpret příkazů, který příslušný příkaz zpracovává během několika hodinových cyklů

5.2.4 RISC

Kvůli nevýhodě architektury CISC se přešlo k této architektuře, kde je silně redukována sada příkazů, přičemž všechny příkazy mají redukovanou šířku a jsou méně složité. Příkazy se zpracovávají zpravidla v jednom hodinovém cyklu. To vede k podstatnému zvýšení rychlosti, ale také k větší velikosti programu při téže prováděné funkci.

Pro mikrokontroléry je nejvýhodnější střední cesta mezi CISC a RISC.

5.2.5 CISP

Tato architektura je vhodná spíše pro 32 bitové MCU pro aplikace běžící v reálném čase. Interpret příkazů, příkazová sada a architektura registrů jsou volně konfigurovatelné ze strany uživatele.

6 VLASTNÍ KONSTRUKCE

6.1 Demontáž původní řídicí jednotky

Před zahájením tvorby nové řídicí jednotky byla nejprve demontovaná původní, již nefunkční řídicí jednotka. Nové zařízení bude instalováno do původní krabičky, demontáž je tedy nutná pro zjištění geometrických vlastností krabičky, jejichž znalost bude potřebná při návrhu nové řídicí jednotky aby byla dodržena kompatibilita původního i nového komponentu.



Obr.15 Původní řídicí jednotka

6.2 Popis použitých komponentů

6.2.1 Mikrokontrolér Atmega16

Jako řídicí prvek pro řízení teploty byl použit mikrokontrolér od firmy Atmel Atmega16. Tento typ jsem vybral především z důvodu snadné dostupnosti informací o tomto mikrokontroléru a možnosti stažení programů pro naprogramování mikrokontroléru zdarma z [www stránek firmy Atmel](http://www.stranek.firmy.Atmel). Svými vlastnostmi a funkcemi bude tento mikrokontrolér pro následující použití zcela vyhovovat.

Základní vlastnosti mikrokontroléru Atmega16 [10]

- 8-bitový RISC mikrokontroler.
- Výkon - 16MIPS/16MHz (8MIPS/8MHz verze L) - 12x rychlejší než x51 na stejné taktovací frekvenci.
- Plně statická funkce.
- Dvou-cyklová násobička na čipu.
- 131 výkonných instrukcí, většinou jednocyklových.
- 32 osmibitových registrů pro obecné použití.
- 16kB FLASH paměť programu, programovatelná přímo v aplikaci s možností uzamknutí, 10.000 zápisových cyklů, volitelná velikost bootovací sekce s nezávislým uzamykáním.
- 512B EEPROM, 100.000 zápisových cyklů.
- 1kB interní SRAM.
- JTAG (IEEE std. 1149.1) rozhraní pro programování a ladění.
- 8-kanálový 10-bitový A/D převodník, analogový komparátor.
- 4 PWM výstupy.
- Programovatelný USART.
- Master/slave SPI sériové rozhraní.
- Dva 8-bitové čítače, jeden 16-bitový, každý s vlastní předděličkou.
- Programovatelný Watch-dog s on-chip oscilátorem.
- Čítač reálného času RTC s odděleným oscilátorem.
- Tři režimy spánku: active (1.1mA), idle (0.35mA) a power-down (méně než 1uA) - na 1MHz a 3V.
- 32 programovatelných I/O vývodů.
- Napájecí napětí 4.5V-5.5V (2.7V-5.5V - verze L).

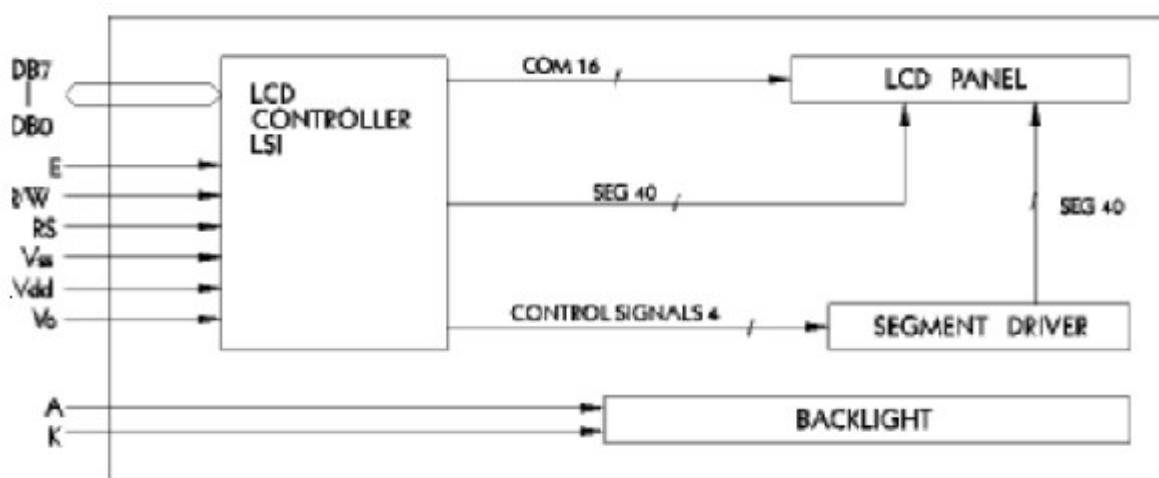
6.2.2 LCD displej POWER TIP PC1602F

Pro zobrazování informace o aktuální a požadované teplotě je použit LCD displej, konkrétně typ PC1602-F. Tento typ displeje je vybaven řadičem S6A0069. Tento řadič je kompatibilní se standardním řadičem HP44780, kterým je vybavena většina LCD displejů tohoto typu, takže je zaručeno, že tento displej má stejné ovládání a stejnou instrukční sadu.



Obr.16 LCD displej PC1602-F

Tento displej má 2 řádky, přičemž na každý řádek je možné zobrazit 16 znaků. Dále má dva registry: instrukční a datový, který se volí linkou RS. Linkou R/W určujeme, zda budou data do řadiče posílána nebo z něj načítána a do linky E přivádíme taktovací signál. Do paměti DDRAM (Display Data Random Acces Memory) jsou ukládána data (včetně pozice na displeji), jež se mají zobrazit. Do paměti CGRAM (Character Generator Random Acces Memory) se ukládají uživatelem nové vytvořené znaky (maximálně 8). Velikost znaku je 5x8 bodu. Komunikace displeje může být osmibitová nebo čtyřbitová. Nejprve je nutné displej inicializovat, tj. vyslat instrukci, která určí typ komunikace, počet řádků atd.



Obr.17 Blokové schéma LCD displeje PC1602-F [10]

Displeje obsahující více než 1 řádek (což je i tento případ), ukládají znaky ve druhém řádku na specifické adresy v DDRAM.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Tab.2 Vztah mezi pozicí znaku a jeho adresou, pro displej 16x2

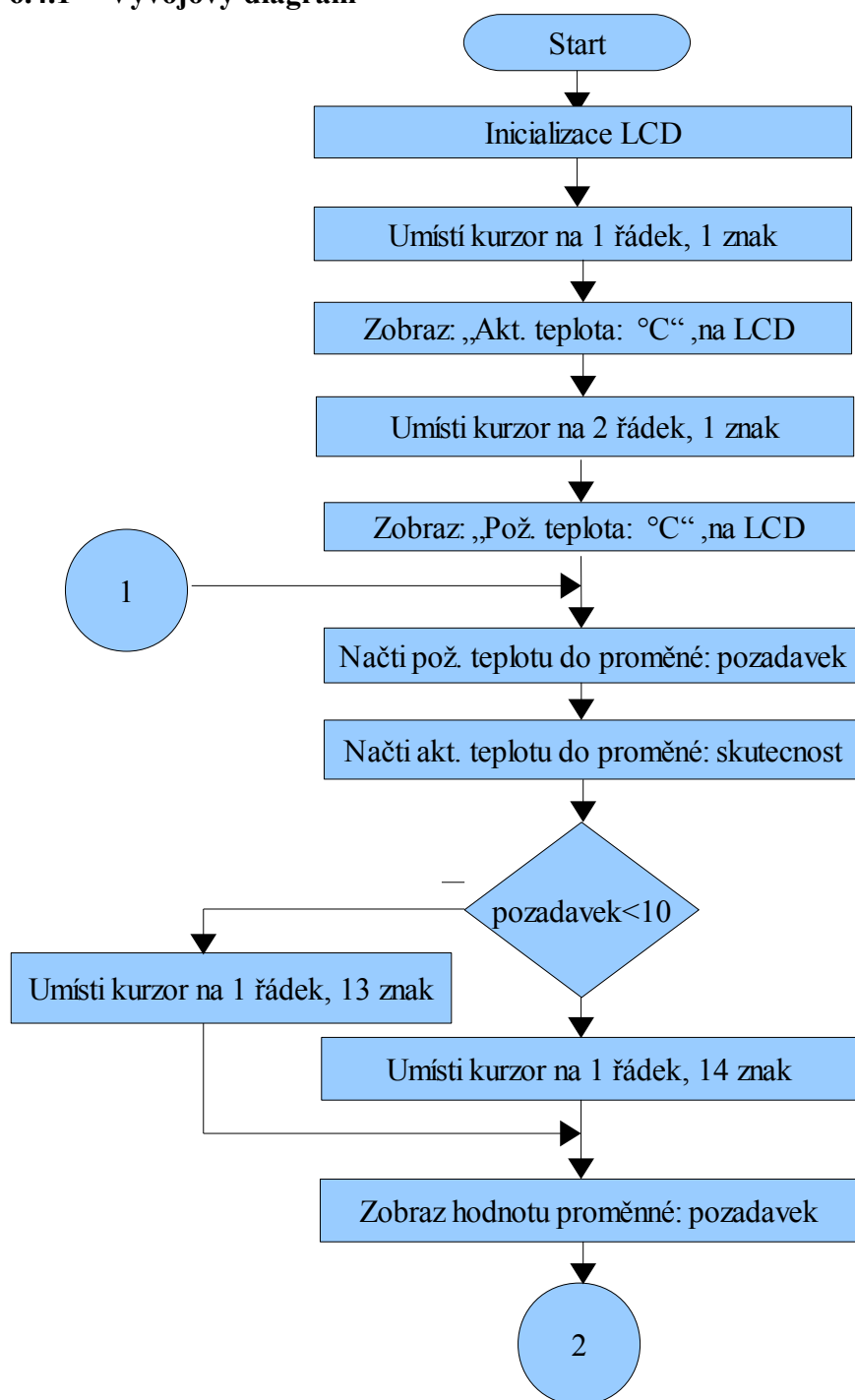
6.2.3 Teplotní senzor LM35

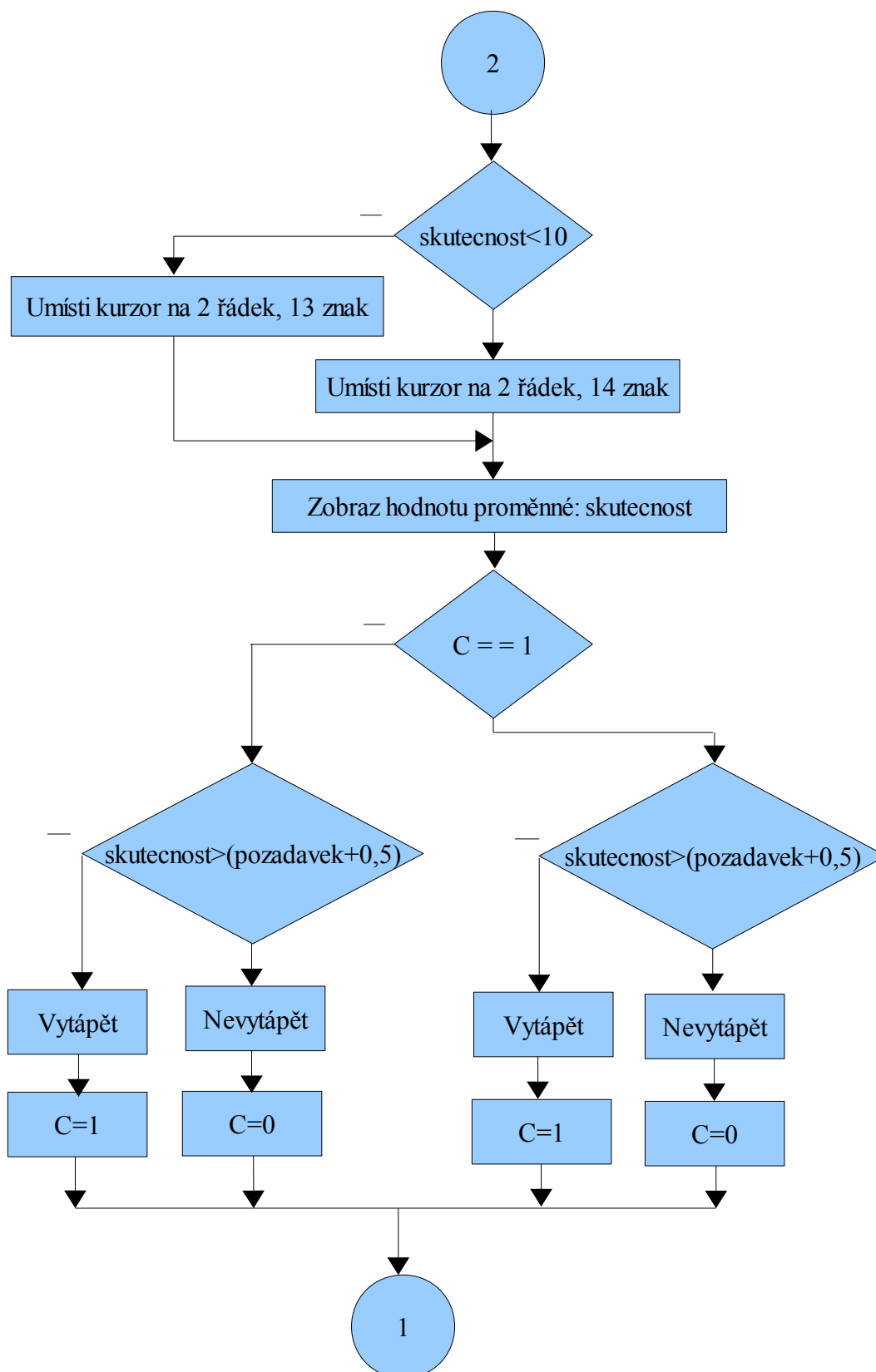
Jedná se o teplotní senzor, který má již přímo v sobě zabudováno jak teplotní čidlo, tak i řídicí elektroniku. Díky tomuto uspořádání můžeme na jeho výstupu, po připojení napájecího napětí, měřit napětí o velikosti přímo úměrné aktuální teplotě prostředí, ve kterém se čidlo nachází. Při teplotě 0°C je tedy na výstupu snímače napětí 0V a při zvyšování teploty toto napětí roste o 10mV na 1°C.

6.4 Vytvoření programu pro MCU

Aby byl model sestavený na nepájivém poli funkční, bylo nejprve nezbytné vytvořit řídicí program pro MCU. Pro větší přehlednost byl vytvořen vývojový diagram celého programu.

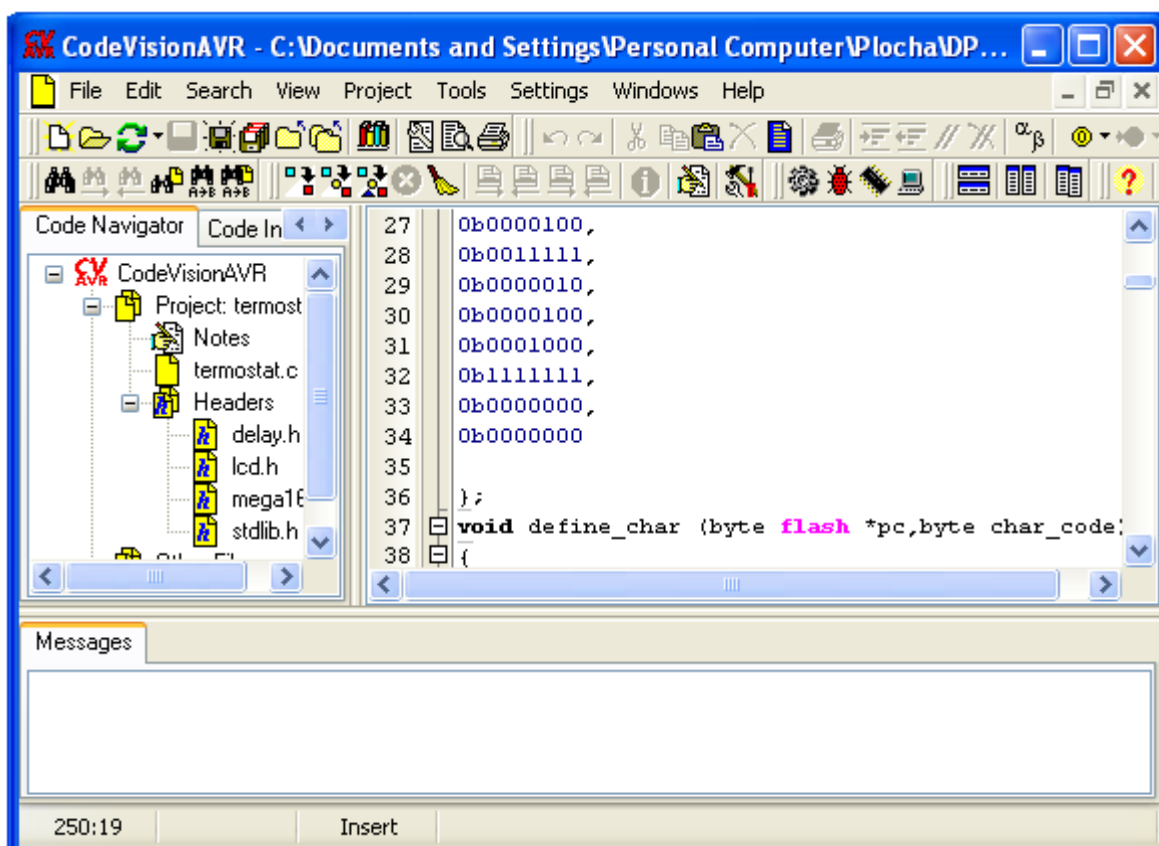
6.4.1 Vývojový diagram





6.4.2 Vytvoření programu

K tomuto účelu bylo využito vývojové prostředí Code Vision AVR. Popis jednotlivých funkcí programu je uveden přímo ve zdrojovém kódu viz. příloha 8.5.



Obr.21 Vývojové prostředí Code Vision AVR

Toto vývojové prostředí je zdarma ke stažení z webu <http://www.hpinfotech.ro/>. Tato bezplatná verze je omezena velikostí kódu, který chceme kompilovat. Pro toto použití je ale velikost kódu dostačující a proto je možné tento vývojový prostředek použít.

Popis jednotlivých instrukcí je přímo ve zdrojovém kódu. Pro měření napětí na výstupu teplotního senzoru, stejně jako na potenciometru regulujícím požadovanou teplotu je použit ADC převodník, který je implementován přímo v mikrokontroléru. Jako referenční napětí je použito vnitřní referenční napětí 2,56V. Následným přepočtem získáváme přímo hodnotu požadované i aktuální teploty.

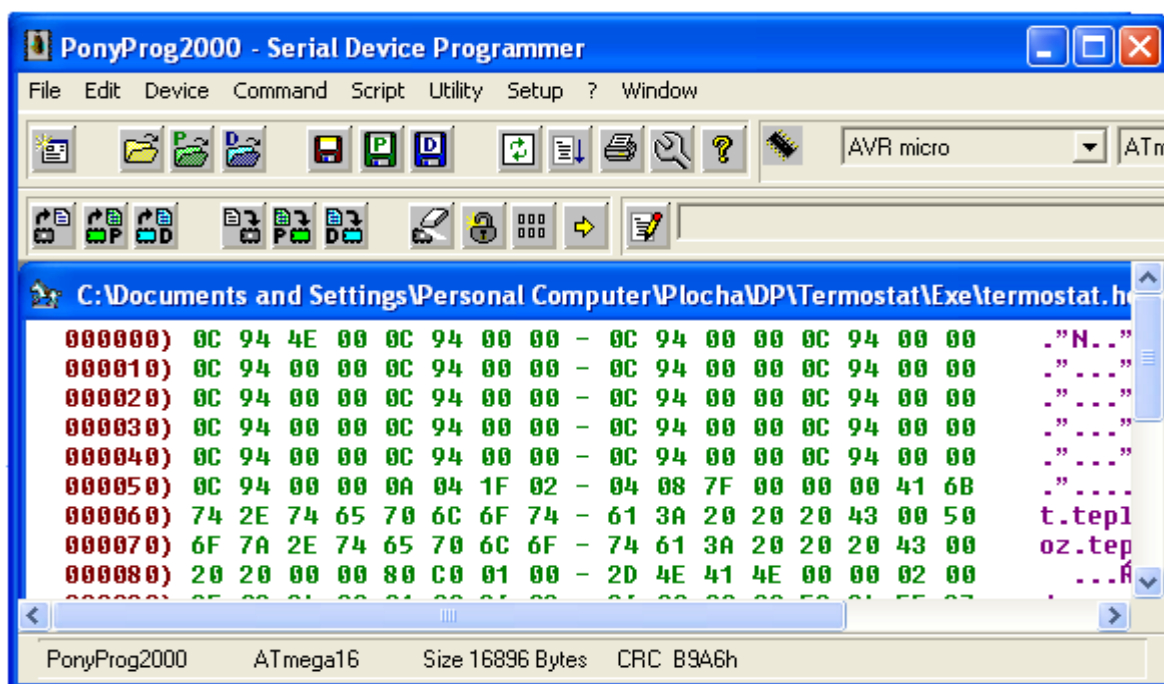
Komunikace LCD a mikrokontroléru je zrealizována pomocí 4 bitového rozhraní. Samotné propojení lze vidět ve schématu zapojení (viz. Příloha 8.2.1). Protože znaková sada nezahrnuje českou diakritiku, bylo nutné vytvořit vlastní znak, konkrétně znak ž. Znak „,““ byl načten přímo ze znakové sady viz. obr.22.

	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000				00P`P									-タミαp			
xxxx0001				!1AQa4									。アチΔäq			
xxxx0010				"2BRbr									「イツxβθ			
xxxx0011				#3CScs									」ウテεε			
xxxx0100				\$4DTdt									、イトμΩ			
xxxx0101				%5EUeu									・オナ16Ü			
xxxx0110				&6FUfv									ヲカニヨρΣ			
xxxx0111				'7GWgw									ヲキヌラgπ			
xxxx1000				(8HXhx									イクネリJX			
xxxx1001				)9IYiy									うケノル-y			
xxxx1010				*:JZjz									エコノレjチ			
xxxx1011				+;K[k<									オサヒロ*天			
xxxx1100				,<L¥1l									オシフワΦΑ			
xxxx1101				-=M]m}									ユズヘンも÷			
xxxx1110				.>N^n+									オセホ"Å			
xxxx1111				/?O_0←									ウツマ"ö			

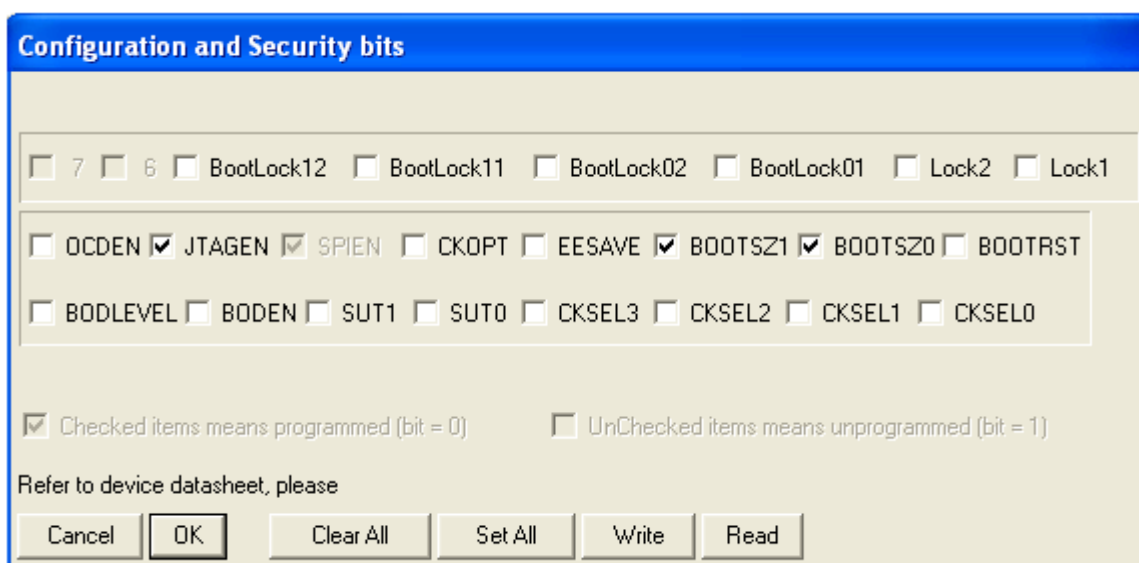
Obr.22 Znaková sada LCD displeje s řadičem HD44780.

6.5 Naprogramování mikrokontroléru

Po překladu zdrojového kódu vznikl soubor termostat.hex. Bylo tedy ještě nutné nahrát obsah tohoto souboru do paměti mikrokontroléru. K tomuto účelu byl využit volně šiřitelný program Pony prog a programovací kabel STK200 (viz příloha 8.3).

Obr.23 Program PonyProg2000, zdarma ke stažení z <http://www.lancos.com/prog.html>

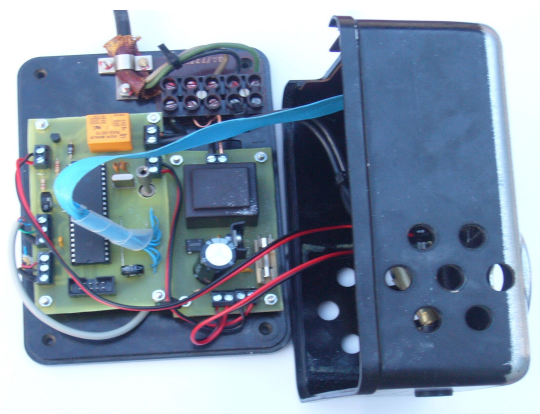
Programátor byl připojen k mikrokontroléru k pinům k tomu určeným, konkrétně reset, mosi, miso a sck. V programu Ponyprog bylo nejprve nutné provést několik nastavení. Jedná se o výběr typu mikrokontroléru, synchronizace s PC a nastavení bitů dle obr., díky čemuž nastavíme oscilátor mikrokontroléru. Následující nastavení tedy určuje, že se jedná o externí oscilátor, zrealizovaný pomocí krystalu 4MHz, který je připojen přímo k mikrokontroléru mezi piny XTAL1 a XTAL2.



Obr.24 Nastavení konfiguračních bitů

6.6 Montáž do původní krabičky

Po zprovoznění řídicí jednotky na nepájivém poli byly v programu Eagle navrženy desky plošných spojů. Program Eagle je zdarma ke stažení na <http://www.eagle.cz/>. Díky bezplatné verzi tohoto programu je možná tvorba desky plošných spojů do velikosti 8x6cm, což je pro tento případ dostačující. Po vytvoření desek plošných spojů a to jak napájecího zdroje, tak i samotné řídicí jednotky, byly osazeny součástkami a připájeny. Poté byly po mechanických úpravách krabičky osazeny a propojeny s ostatními komponenty (teplotní čidlo, potenciometr, LCD a signalizační LED).



Obr.25 Osazení komponent do původní krabičky

6.7 Popis ovládání

Na následujícím obr.26 je hotová řídicí jednotka osazená na klimatizační komoře. Vypínač byl umístěn přímo na krabičku (oproti původní řídicí jednotce, kdy byl hlavní vypínač umístěn na přívodním kabelu). Na horní straně krabičky je pouzdro s pojistkou pro topné těleso. Řídicí jednotka je navíc připojena na vlastní pojistku, která je v napěťovém okruhu 5V a která chrání především LCD a MCU.

Na čelní straně krabičky jsou navíc 2 signalizační LED, zelená značí činnost celého zařízení a červená signalizuje spuštěné topné těleso. Regulace požadované teploty je možná pomocí potenciometru, informaci o požadované i skutečné teplotě lze pozorovat na LCD displeji.



Obr.26 Klimatizační komora (pohled z boku s osazenou řídicí jednotkou)



Obr.27 Klimatizační komora (pohled ze předu)

7 ZÁVĚR

7.1 Ověření funkčnosti

Po osazení řídicí jednotky ke klimatizační komoře byla testována její funkčnost. Řídicí jednotka byla nejprve navržena tak, aby změna teploty byla prováděna pomocí tlačítek za využití externího přerušení mikrokontroléru. Z konstrukčních důvodů, tj. zachování kompatibility s původní řídicí jednotkou bylo tento způsob nutné upravit tak, aby regulace byla možná pomocí potenciometru. Toho bylo dosaženo tím, že pomocí potenciometru se mění napětí a toto je snímáno druhým kanálem ADC a následným přepočtem získáme námi požadovanou teplotu.

Testováním byla ověřena správná funkce řídicí jednotky, tj. spuštění vytápění pokud je požadovaná teplota vyšší než aktuální teplota v klimatizační komoře, vypnout vytápění až je dosaženo teploty o 0,5°C vyšší než je námi požadovaná a znovu spustit vytápění, pokud aktuální teplota klesne na teplotu o 0,5°C nižší, než je námi požadovaná teplota. Při testování řídicí jednotka pracovala dle požadavků, čímž považuji hlavní cíl za splněný. Rozsah regulace teploty je možný od 1 do 99°C, což je pro tento případ dostačující. V případě potřeby regulace v jiném rozsahu by byla nutná výměna teplotního čidla a to za takové, které by jiný teplotní rozsah umožňovalo.

7.2 Přínosy

Tato práce ukazuje na velké výhody využití mikrokontrolérů v regulační technice. Já sám jsem neměl mnoho zkušeností s prací s mikrokontroléry takže pro mě bylo řešení tohoto úkolu velkou výzvou a jsem rád že tato práce nebyla pouze laboratorní ukázkou, ale že se tohoto komponentu bude využívat pro regulaci teploty při různých technologických procesech v klimatizační komoře.

7.3 Doporučení

Cílem této práce je regulace teploty, ale podobného postupu je možné využít i při řešení regulace jiných veličin, jako je například měření vlhkosti a následné zavlažování dle potřeby. Stačí k tomu jen takové čidlo, na jehož výstupu se v závislosti na měřené veličině mění napětí, proud, nebo odpor.

Vhodným doplňkem této řídicí jednotky by byl ventilátor, který by zabraňoval možnému přehřívání jednotlivých komponent, čímž by se zvýšila stabilita a životnost celé řídicí jednotky.

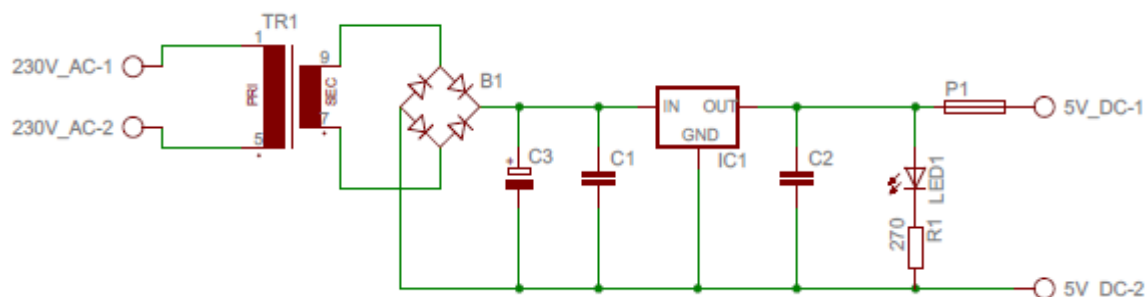
7.4 Obsah příloženého CD-ROM

- Složka MCU: výsledné soubory vytvořené ve vývojovém prostředí CodeVision AVR
- Složka Katalogové listy: obsahuje datasheets Atmega16, PC1602-F, LM35, 7805
- složka Freeware: volně šiřitelné programy využití v této práci
- Složka Eagle: schémata včetně návrhů desek plošných spojů vytvořených v Eagle

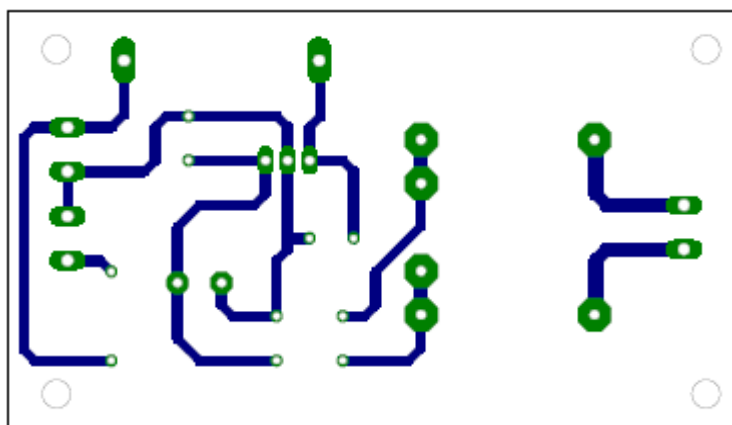
8 PŘÍLOHY

8.1 Zdroj stejnosměrného napětí 5V

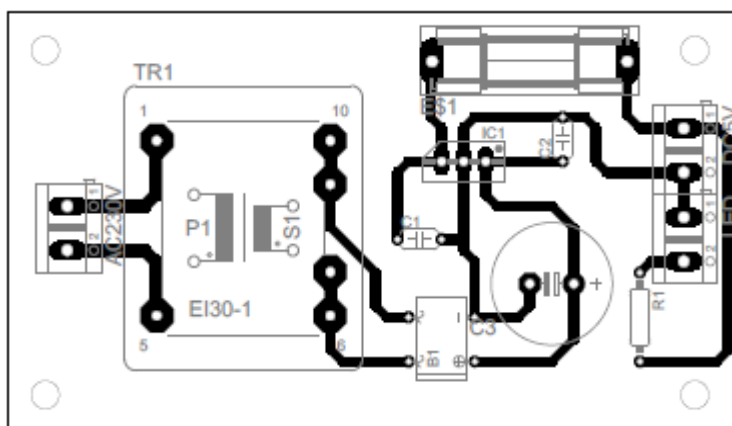
8.1.1 Schéma zapojení



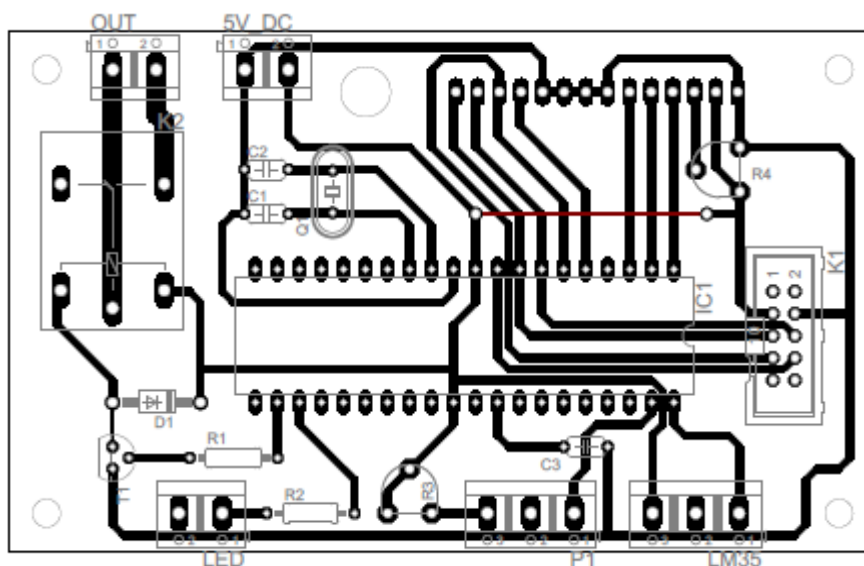
8.1.2 Deska plošných spojů



8.1.3 Osazení součástek



8.2.3 Osazení součástek

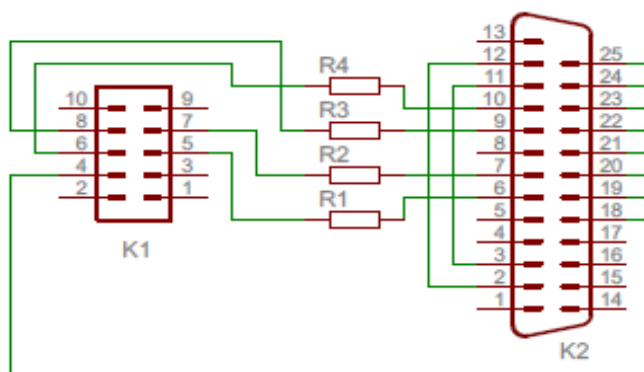


8.2.4 Seznam použitých součástek

R1	10k Ω
R2	270 Ω
R3	trimr, 10k Ω
R4	trimr, 2,2k Ω
P1	potenciometr, lineární, 1k Ω
Q1	krystal, 4MHz
C1,C2	22pF
C3	100nF
K1	konektor, ML10
K2	Relé RAS0515
IC1	Atmega16
IC2	LM35
T1	BC238
D1	1N4007

8.3 Programátor STK200

8.3.1 Schéma zapojení



8.3.2 Seznam použitých součástek

R1	330Ω
R2	330Ω
R3	330Ω
R4	100Ω

8.4 Zdrojový kód v jazyku C

```
#include <mega16.h>
```

```
//nastavení portu pro LCD displej
```

```
#asm
```

```
.equ __lcd_port=0x18 ;PORTB
```

```
#endasm
```

```
#include <lcd.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
//deklarace proměnných
```

```
unsigned int i;
```

```
unsigned int j;
```

```
unsigned int skutečnost;
```

```
unsigned int pozadavek;
```

```
unsigned int f;
```

```
unsigned int c;
```

```
unsigned int g;
```

```
unsigned char pom [99];
```

```
unsigned char pom1 [99];
```

```
unsigned char e;
```

```
typedef unsigned char byte;
```

```
//vytvoření vlastního znaku ž
```

```
flash byte char0 [9]={  
0b0001010,  
0b0000100,  
0b0011111,  
0b0000010,  
0b0000100,  
0b0001000,  
0b1111111,  
0b0000000,  
};
```

```
void define_char (byte flash *pc,byte char_code)  
{  
byte i,a;  
a=(char_code<<3) | 0x40;  
for (i=1; i<9; i++) lcd_write_byte (a++,*pc++);  
}
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0xC0 //Nastavení referenčního napětí (vnitřní)
```

```
//čtení z AD převodníku
```

```
unsigned int read_adc(unsigned char kanal)  
{  
ADMUX=kanal | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
```

```
delay_us(10);  
// Start AD převodu  
ADCSRA|=0x40;  
// čekací smyčka na dokončení AD převodu  
while ((ADCSRA & 0x10)==0);  
ADCSRA|=0x10;  
return ADCW;  
}
```

```
void main(void)  
{  
//inicializace portů  
DDRA=0x00;
```

```
PORTB=0x00;  
DDRB=0x00;
```

```
PORTC=0x00;  
DDRC=0xFF; //port C nastaven jako výstupní
```

```
PORTD=0x00;  
DDRD=0x00;
```

```
TCCR0=0x00;  
TCNT0=0x00;  
OCR0=0x00;
```

```
TCCR1A=0x00;  
TCCR1B=0x00;  
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
ASSR=0x00;  
TCCR2=0x00;  
TCNT2=0x00;  
OCR2=0x00;
```

```
//externí přerušení vypnuto  
MCUCR=0x00;  
MCUCSR=0x00;
```

```
TIMSK=0x00;
```

```
ACSR=0x80;  
SFIOR=0x00;
```

```
//inicializace AD převodníku, ref. napětí 2,56, vnitřní  
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
```

```
ADCSRA=0x82;

// inicializace LCD
lcd_init(16); //16 znaků na řádek

// zobrazení textu na LCD

define_char (char0,0);
//umístění kurzoru na 0 řádek, 0 znak, řádky i znaky číslovány od 0
lcd_gotoxy (0,0);
lcd_putsf ("Akt.teplota:  C");

e=lcd_read_byte (0xE4);
e=0xDF; //načtení znaku stupně Celsia do e
lcd_gotoxy (14,0); //umístění kurzoru na 0 řádek, 14znak
lcd_putchar (e); //zobrazení načteného znaku do proměnné e na LCD
lcd_gotoxy (0,1); //umístění kurzoru na 1 řádek, 0 znak
lcd_putsf ("Poz.teplota:  C");
lcd_gotoxy (14,1); //umístění kurzoru na 1 řádek, 14znak
lcd_putchar (e); //zobrazení načteného znaku do proměnné na LCD
lcd_gotoxy (2,1);
lcd_putchar (0);
//nastavení počátečních hodnot
PORTC=0;
c=1;
i=1;
j=1;
k=1;
while (1) //nekonečná smyčka
{
    //načtení a zobrazení skutečné teploty
    float realne;
    f=read_adc(0);
    realne = (float) 2.56 / 1024; //jedna se o 10 bitový přenos, proto 1024
    realne= (float)realne*f;
    skutecnost=(float)realne*100; //přepočet na °C
    delay_ms (200);
    if (skutecnost>99) skutecnost=99; //rozmezí hodnot určeno 1-99
    if (skutecnost<1) skutecnost=1;
    itoa (skutecnost,pom1);
    lcd_gotoxy (12,0); //nastavení kurzoru na 13 znak 1 řádku
    lcd_putsf (" ");
    if (skutecnost<10) lcd_gotoxy (13,0); else lcd_gotoxy (12,0);
    lcd_puts(pom1);
}
```

```

//načtení a zobrazení požadované teploty
g=read_adc(1);
realne = (float) 2.56 / 1024;
realne= (float) realne*g;
delay_ms (200);
pozadavek=(float)realne*100;      //přepočet na °C
if (pozadavek>99) pozadavek=99;   //rozmezí hodnot určeno 1-99
if (pozadavek<1) pozadavek=1;
itoa (pozadavek,pom);
lcd_gotoxy (12,1);    //nastavení kurzoru na 13 znak 2 řádku
lcd_putsf (" ");
if (pozadavek<10)lcd_gotoxy (13,1); else lcd_gotoxy (12,1);
//zarovnání hodnoty doprava
lcd_puts(pom);

```

```

//spínání výstupu na základě aktuální a požadované teploty

```

```

skutecnost=10*skutecnost;    //int nezná desetinou čárku, proto násobíme 10
pozadavek=10*pozadavek;
//nastaveno rozpětí+-0,5°C od požadované hodnoty
if (c==1)
{
    pozadavek=pozadavek+5;
    if (skutecnost>pozadavek)
    {
        PORTC=0;
        c=0;
    }
    else
    {
        PORTC=255; //všechny piny na portu C budou obsahovat log.1
        c=1;
    }
}
else
{
    pozadavek=pozadavek-5;
    if (skutecnost>pozadavek)
    {
        PORTC=0;
        c=0;
    }
    else

```

```
        {  
            PORTC=255;  
            c=1;  
        }  
    };  
  
    skutečnost=skutečnost/10; //přepočet na původní hodnoty  
  
    };  
}
```

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1]Váňa Vladimír.: Mikrokontroléry Atmel AVR, Programování v jazyce C, Popis práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C, BEN, 2003
- [2]Váňa Vladimír: Mikrokontroléry Atmel AVR, popis procesů a instrukční soubor, BEN, 2003
- [3]Matoušek David: Práce s mikrokontroléry Atmel AVR ATmega16, BEN, 2006
- [4]Burkhard Mann: C pro mikrokontroléry, BEN, 2003
- [5]Matoušek David: Práce s inteligentními displeji LCD, BEN, 2006
- [6]Doleček Jaroslav: Moderní učebnice elektroniky, 3.díl, Optoelektronika, optoelektronické prvky a optická vlákna, BEN, 2005
- [7]Kreidl Marcel: Senzory neelektrických veličin, 1.díl, Měření teploty, senzory a měřicí obvody, BEN, 2005
- [8]Čech, Pernikář, Janíček: Strojírenská metrologie, CERM, s.r.o. Brno, 2002
- [9]Juránek Antonín, Hrabovský Miroslav: Eagle pro začátečníky, návrhový systém pro plošné spoje, uživatelská a referenční příručka, 2. vydání, BEN, 2007
- [10]Datasheets ATmega16, LM35, PC1602F, 7805ST
- [11]<http://www.e-automatizace.cz/>, Informační portál z oblasti automatizace
- [12]<http://www.hw.cz/>, Technický server zaměřený na oblast elektroniky
- [13]<http://www.robotika.cz/>, informace o programování MCU
- [14]<http://www.wikipedia.cz>, Otevřená mezinárodní encyklopedie
- [15]<http://www.gme.cz> , Stránka prodejce elektronických součástek
- [16]<http://www.kvetakov.net>, diskusní fórum k této problematice