

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

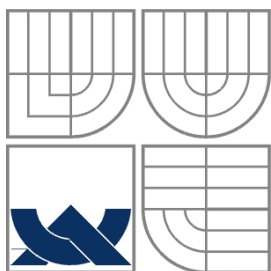
POUŽITÍ MODERNÍCH TEPLOTNÍCH ČIDEL
S MIKROPROCESOREM AVR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

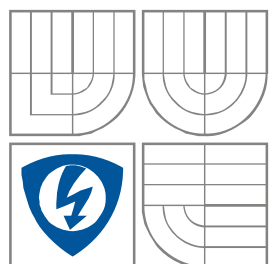
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN HÁNA

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

POUŽITÍ MODERNÍCH TEPLOTNÍCH ČIDEL S MIKROPROCESOREM AVR

APPLICATION OF MODERN TEMPERATURE SENZORS WITH MIKROPROCESSOR
AVR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S PROJECT

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jan Hána

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Tomáš Frýza Ph.D.

BRNO 2008

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jan Hána
Bytem: Františka Hrubína 701/16, Třebíč, 674 01
Narozen/a (datum a místo): 3. února 1980 v Pardubicích

(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: Použití moderních teplotních čidel s mikroprocesorem AVR

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Tomáš Frýza, PhD.

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli*:

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

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

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

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

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

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

Článek 3

Závěrečná ustanovení

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

V Brně dne: 6. června 2008

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ANOTACE

Teploměr je založen na integrovaném teplotním čidle SMT 160–30. Je určen pro měření teploty v domácnostech či průmyslových aplikacích, kde není požadována velká přesnost měření teploty. Naměřené údaje se zobrazují prostřednictvím LCD displeje, a zároveň naměřená data jsou trvale odesílána prostřednictvím linky RS232 do počítače, kde je možno data dále zpracovávat.

ABSTRACT

This thermometer is based on integrated temperature sensor SMT 160–30. It is destined for temperature measurement in household or in industrial application, where we do not need to know the precision temperature. Measured data are displayed on LCD and currently transmitted with RS232 up to PC, where it can be computerized.

Bibliografická citace projektu

HÁNA J. *Použití moderních teplotních čidel s mikroprocesorem AVR: bakalářská práce.* Brno: FEKT VUT v Brně, 2008, 36 s., 9 příloh.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Použití moderních teplotních čidel s mikroprocesorem AVR jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce 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 Ing. Tomáši Frýzovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování. Dále chci poděkovat Ing. Jaroslavu Dostálovi za pomoc s řešením dílčích problémů mé bakalářské práce.

V Brně dne 6. června 2008

.....
podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	8
1.1	ANALÝZA ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	8
1.2	JEDNOTLIVÉ ETAPY ZPRACOVÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	8
2	STRUČNÝ POPIS HARDWAROVÝCH ČÁSTÍ.....	9
2.1	POPIS, VÝHODY A ROZDĚLENÍ MIKROPROCESORŮ AVR	9
2.2	STRUČNÉ ROZDĚLENÍ TEPLOTNÍCH ČIDEL	10
2.3	SHRNUTÍ TEPLOTNÍCH ČIDEL	11
2.4	TEPLOTNÍ ČIDLO SMT 160–30	11
3	BLOKOVÉ SCHÉMA PROJEKTU	13
3.1	STRUČNÝ POPIS BLOKOVÉHO SCHÉMATU.....	13
4	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ A HARDWAROVÉ PROSTŘEDKY	14
4.1	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ	14
4.2	PROGRAMÁTOR	14
5	TESTOVACÍ MODULY	15
6	VLASTNÍ PROJEKT TEPLOMĚRU	17
6.1	HARDWAROVÁ ČÁST	17
6.1.1	<i>Procesor</i>	17
6.1.2	<i>LCD</i>	18
6.1.3	<i>Komunikace s PC</i>	19
6.1.4	<i>Čidla měření teploty SMT160-30</i>	20
6.1.5	<i>Napájení obvodu</i>	21
6.2	SOFTWAREOVÁ ČÁST.....	22
6.2.1	<i>Program pro mikroprocesor AVR</i>	22
6.2.2	<i>Program pro komunikaci s PC</i>	24
7	ZÁVĚR	25
8	SEZNAM LITERATURY	26
9	SEZNAM PŘÍLOH	27

1 Úvod

Mikroprocesory obecně jsou v současné době hojně používány v mnoha řídicích a měřicích aplikacích. Jejich použití je všestranné, zejména je výhodný poměr výkon/cena. V současné době je na trhu značné množství typů procesorů. Mezi přední a nejrozšířenější typy těchto obvodů patří mikroprocesory PIC od firmy Microchip a procesory AVR od firmy Atmel. Každý z těchto typů mikroprocesorů razí trochu odlišnou filozofii. Já se v této a veškerých následujících pracích zabývám pouze mikroprocesory AVR firmy Atmel.

1.1 Analýza zadání bakalářské práce

Téma mé bakalářské práce je zaměřeno na možnost použití moderních polovodičových teplotních čidel, jako další varianty použití čidel pro měření teploty s mikroprocesorem AVR. Tato čidla teploty se od klasických teplotních čidel liší především tím, že jejich výstupní hodnota není změna odporu či napětí, ale výstupem je například změna frekvence či změna střídy výstupního signálu. Výstupem bakalářské práce by měl být funkční výrobek, schopný měřit teplotu pomocí takového teplotního čidla a zobrazovat jej na LCD displeji. Zároveň bude umožňovat tato data odeslat do počítače prostřednictvím sériové linky RS232. Obslužný program bude napsán v jazyce C nebo Assembleru a vlastní výrobek bude realizován pomocí návrhového programu PlotPC [10]. Celé zařízení bude zabudováno do krabičky patřičných rozměrů.

1.2 Jednotlivé etapy zpracování bakalářské práce

- a) První etapa zpracování projektu se skládá z prostudování materiálů o mikroprocesorech AVR a jejich programování v jazyce C a assembleru.
- b) Druhá etapa je složena z návrhu zapojení se zvoleným mikroprocesorem a teplotním čidlem.
- c) Třetí etapa je založena na vytvoření testovacího vzorku desky plošného spoje, na kterém je možno realizovat a testovat zapojení a program určený pro měření teploty.
- d) Čtvrtá etapa se skládá z finálního návrhu desky plošného spoje včetně realizace do krabičky a ověření celkové funkčnosti zařízení.
- e) Pátá etapa slouží k vytvoření potřebné dokumentace k realizaci výrobku a popisu jeho funkce, včetně zdrojového kódu programu.

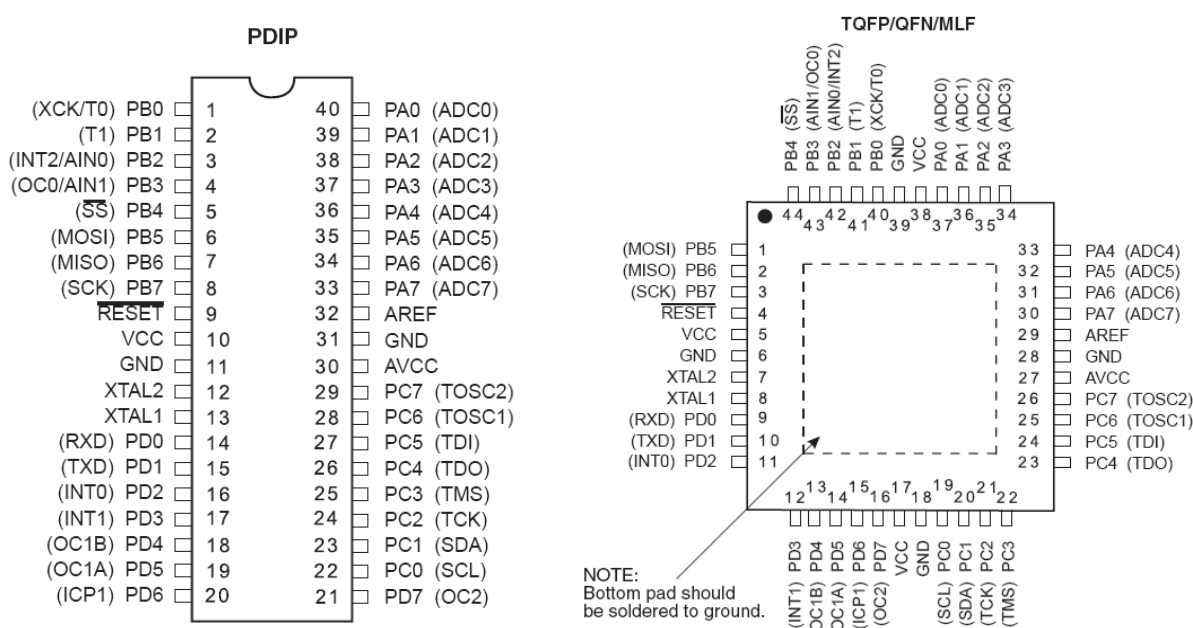
2 Stručný popis hardwarových částí

2.1 Popis, výhody a rozdělení mikroprocesorů AVR

Mikroprocesory AVR jsou založeny na 8 bitové architektuře RISC, přičemž využívají veškerých výhod, které tato architektura poskytuje tj. zejména jednotaktové instrukce, vyšší taktovací frekvence a celkově vyšší výkon. Zároveň řada mikroprocesorů AVR se od předcházejících řad typu 8051 odlišuje kapacitou interní paměti FLASH, kdy u základních typů je tato paměť několik kilobytů. Další výhodou je ekonomický faktor. Díky lepší výrobní technologii a mnohem větší škále typů provedení je jejich cena nižší než u předchůdců. Dalšího podstatného pokroku došlo v použití instrukční sady, kdy přibyla řada nových instrukcí, a s tím spojené efektivnější využití výpočetního výkonu daného mikroprocesoru. Další nespornou výhodou je možnost programování procesorů v jazyce C. Jednotlivé řady procesorů se od sebe výrazně liší svým vybavením. Já jsem si pro své účely vybral procesor ATmega16.

Popis zvoleného mikroprocesoru ATmega16:

Mikroprocesor ATmega16 se vyrábí jak v provedení PDIP, tak i v provedení SMD a to v patici TQFP viz obrázek 1. Mikroprocesor obsahuje 16KB vnitřní paměti FLASH a 0,5 KB paměti EEPROM. Procesor je vybaven čtyřmi vstupně-výstupními porty, které jsou označeny PA-PD, jako na obrázku 1. Tyto porty je možno libovolně programově ovládat. Maximální frekvence hodinového signálu, s kterou je procesor schopen pracovat, je 16MHz. Procesor je vybaven množstvím dalších periférií, které je možno libovolně využívat, např. 16-ti bitový čítač, A/D převodník, vnější a vnitřní přerušeni atd. Blokový diagram procesoru ATmega16 je uveden v příloze 7. Podrobnější informace o tomto procesoru, viz. seznam literatury [1].



Obrázek 1: Patice procesoru ATmega16 (obrázek převzat z [6])

2.2 Stručné rozdělení teplotních čidel

Teplotní čidla jsou velice často používané prvky pro měření této základní fyzikální veličiny. Můžeme je rozdělit do několika kategorií a skupin.

Rozdělení podle způsobu měření:

- kontaktní čidla
- bezkontaktní čidla

Pro můj způsob měření v následujícím projektu budu používat zásadně kontaktní čidla. Tato můžeme rozdělit do několika dalších kategorií.

Druhy kontaktních teplotních čidel:

- Bimetal
- Odporová teplotní čidla
- Termočlánky
- Integrované senzory teploty
- Speciální teplotní čidla

Bimetal:

Princip čidel je založen na odlišné roztažnosti dvou různých kovů. Tato čidla se vyznačují velkou spolehlivostí a jednoduchostí, nejsou však příliš přesná. Vyhodnocování teploty probíhá například na kalibrované stupnici, kde ohyb bimetalu přímo ukazuje teplotu.

Odporová teplotní čidla:

Využívají základního fyzikálního principu, a to změny odporu, na základě změny teploty. Kdy se změnou teploty se mění i odpor jednotlivého čidla, a to buď pozitivně (pozistor) či negativně (negastor). Teplota je vyhodnocována například pomocí převodníku odpor/napětí.

Termočlánky:

Články pracují s využitím takzvaného Seebeckova jevu, kde při změně teploty vzniká na koncích termočlánku termoelektrické napětí, které je úměrné dané teplotě. Napětí je poté vyhodnocováno.

Integrované teplotní čidla:

Čidla pracují na stejném principu jako odporová čidla, mají ale navíc v sobě integrovány další obvody, které již přímo vhodným způsobem zpracovávají a převádí odpor na napětí, proud či frekvenci, popřípadě i změnu střídavosti.

Speciální teplotní čidla:

Speciální čidla jsou založena na ostatních fyzikálních principech, a tomu také odpovídá jednotlivé vyhodnocování teploty z těchto čidel.

2.3 Shrnutí teplotních čidel

Každé z předem uvedených čidel je vhodné pro různou oblast použití, jaká oblast to bude, závisí na parametrech, které od čidla očekáváme. Parametrů může být celá řada. Například přesnost měření, nebo provozní podmínky, v kterých se čidlo nachází atd. Podle toho volíme druh čidla a také metodu vyhodnocování dat z čidla. Základní parametry a přesnosti různých provedení čidel jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Shrnutí parametrů teplotních čidel

	Termoelektrický článek	Termistor	Odporový teplotní senzor-RTD	Integrovaný křemík
Teplotní interval	-270 – 1800°C	-100 – 450°C	-250 – 900°C	-55 – 150°C
Citlivost	desítky V/°C	jednotky Ω/°C	jednotky μV/°C	5 – 20 mV/°C
Přesnost	± 0,5 °C	± 0,01 °C	± 0,01 °C	± 1 °C
Charakteristický průběh	polynom 4. řádu	exponenciální	polynom 2. řádu	lineární
Druh buzení	-	zdrojem U	zdrojem I	zdrojem U
Forma výstupu	napětí	elektrický odpor	elektrický odpor	U nebo I nebo digitální

2.4 Teplotní čidlo SMT 160–30

Teplotní čidlo SMT 160–30 je integrovaný teplotní senzor firmy SMARTEC na křemíkovém substrátu. Výstupní signál senzoru je ve tvaru impulsní šířkové modulace (PWM = pulse-width modulation), kdy střída udává po patřičném výpočtu podle vzorce (2.1) teplotu. Teploměr je vhodný pro svoji jednoduchost, nízké pořizovací náklady a relativně dobrou přesnost pro běžné použití.

Senzor SMT 160–30 s PWM výstupem pracuje jako převodník teplota/střída (duty cycle, DUTY). Jeho výstupem je TTL signál, jehož šířka pulsu je přímo úměrná teplotě, blokové schéma tohoto obvodu je vidět na obrázku 2. Zpracování takového signálu bývá zpravidla jednodušší, než zpracování klasické analogové informace (napětí, proud, odpor). Při zpracování výsledků procesorem lze použít vlastní časovací obvody procesoru, zatímco u klasických převodníků je třeba použít další obvody (A/D převodník). Požadujeme-li analogový napěťový výstup, stačí za obvod zapojit dolní propust.

Stručné parametry:

Rozsah měření teploty: -45 °C až 130 °C

Napájecí napětí: 4,75V až 7V

Napájecí proud: max. 200μA

Celková přesnost měření: ± 0,7 °C

Nelinearita: 0,4 °C

Dlouhodobý teplotní drift: < 0,005 °C

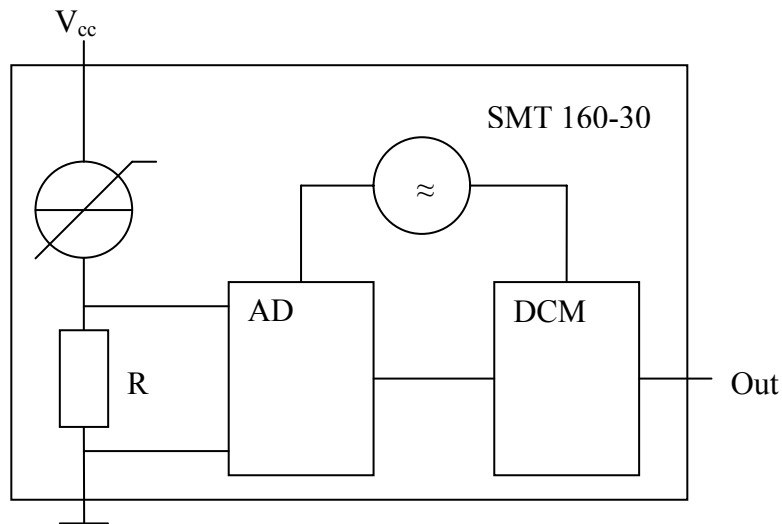
Šum: < 0,005 °C

Rovnice pro výpočet teploty:

$$DC = 0,320 + 0,0047 \cdot t \quad (2.1)$$

DC Střída teplotního signálu (Duty cycle)

t Teplota [°C]



Obrázek 2: Blokový diagram SMT 160–30

Celková přesnost měření:

Výše uvedený vztah (2.1) představuje základní (nominální) rovnici. Celková přesnost je definována jako maximální odchylka od závislosti popsané nominální rovnicí. Pro teploty nad 100°C přesnost klesá.

Nelinearita:

Nelinearita je v případě čidla SMT 160–30 definována jako odchylka od regresní přímky vypočtené z dat naměřených v celém rozsahu teplot. Pro rozsah teplot od –30°C do +100°C je nelinearita menší než 0,4 °C.

Dlouhodobý drift:

Dlouhodobý drift silně závisí na pracovních podmínkách. Při pokojové teplotě je velmi malý (< 0,05°C). Při vyšších teplotách dochází k jeho zvýšení hlavně v důsledku změn vlastností obvodu vyvolaných mechanickým napětím (např. dilatace). Dlouhodobý drift je částečně nevratný, zhoršuje opakovatelnost, a může způsobit i dlouhodobé změny parametrů. Při teplotách vyšších než 100°C, ležících však ještě v pracovním rozsahu, lze očekávat dlouhodobý drift lepší než 0,1°C.

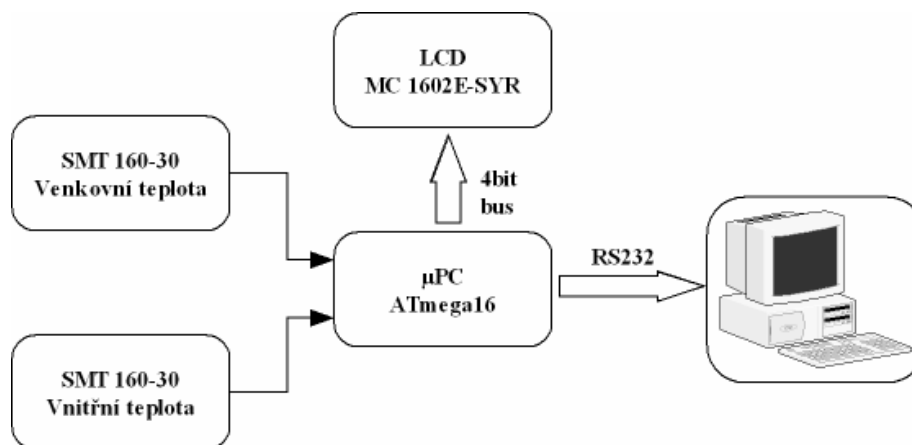
Šum:

Rozlišovací schopnost je lepší než 0,005°C. Směrodatná odchylka šumu (efektivní hodnota) měřená v úseku 20 ms, je menší než 0,005°C.

3 Blokové schéma projektu

3.1 Stručný popis blokového schématu

Hlavním řídicím prvkem celého projektu je mikroprocesor ATmega16, ten komunikuje prostřednictvím 4bitové komunikace s řadičem LCD displeje, díky němuž je vlastní naměřená teplota zobrazována. Údaje o teplotě jsou získávány z čidel SMT 160–30, kdy vzorkováním je vyhodnocován poměr střidy. Vzorkovací frekvence měření by měla mít co nejvyšší frekvenci, aby se maximálně zvětšila přesnost měření. Načtené informace z čidel jsou procesorem vyhodnoceny a přepočítány podle vzorce (2.1) na teplotu. Tato je zobrazena na LCD. Zároveň údaj o teplotě je vyslán do počítače prostřednictvím linky RS232. V počítači může být prostřednictvím vhodného programu tato teplota vyhodnocována popřípadě uložena a zpracována, či zobrazen její průběh v čase. Blokové schéma projektu je zobrazeno na obrázku 3.



Obrázek 3: Blokové schéma teploměru

4 Vývojové prostředí a hardwarové prostředky

4.1 Vývojové prostředí

Jako vývojové prostředí jsem si zvolil program WinAVR [10] jehož autorem je Ing. Ladislav Havlát a program CodevisionAVR od firmy HPinfotech. Programy jsou velice podobné ostatním programům, pomocí nichž se programuje řada mikroprocesorů AVR, jako je například oblíbený program AVR Studio. Nespornou výhodou programu CodevisionAVR je jednoduchost. Za jeho hlavní přednosti považují možnost automatického vygenerování inicializace použitého programovaného čipu. Zároveň tento program přímo ve svých knihovnách obsahuje obsluhu mnou použitého displeje LCD. Podrobnější informace lze nalézt na stránkách výrobce: www.hpinfotech.ro nebo v literatuře o tomto programu [3]. Jak program vypadá, je možné vidět v příloze 9, kde se nachází screen shot tohoto programu. Druhým použitým programem je WinAVR [10], tento program není tolik znám, ale podobně jako AVR Studio umožňuje programování mikroprocesorů AVR prostřednictvím assembleru. Výstupem tohoto programu může být přímé propojení s programátorem, a nebo formát intel HEX, který je dále použitelný pro ostatní aplikace. Screen shot tohoto programu je opět vidět v příloze 9.

4.2 Programátor

Pro vlastní naprogramování mikroprocesoru je třeba použít vhodný programátor. Pro moje účely jsem použil programátor vlastní výroby, kde autorem tohoto programátoru je Ing. Ladislav Havlát, který pracuje jako programátor ve firmě I&C ENERGO. Protože programátor slouží pro interní potřeby firmy, není poskytován komerčně. Jako programovací prostředí pro programování mikroprocesoru může být použit vlastní program CodevisionAVR, nebo libovolný jiný program, který dokáže programovat zdrojový kód Intel HEX. Programátor podporuje všechny typy procesorů AVR, umí programovat, jak pomocí ISP, tak i pomocí rozhraní JTAG. K počítači je možno programátor připojit pomocí rozhraní RS232 nebo USB, záleží na použité verzi programátoru. Dokumentace k programátoru je součástí přílohy 8.

5 Testovací moduly

Pro odzkoušení funkčnosti programování v jazyce C a assembleru jsem vyrobil několik modulů, na kterých je možnost si odzkoušet vlastní programování. Mezi vyrobené moduly patří vlastní modul mikroprocesoru, který je osazen mikroprocesorem ATmega16, jako další byly vytvořeny moduly tlačítek, modul LED a jako poslední modul LCD. Všechny použité moduly je možno připojit na libovolný port, kdy připojení je realizováno kabelem s konektorem PFL, který je proti-kusem do konektoru MLW. Proti přepólování je připojení konektorů chráněno zámkem, který nedovolí opačné připojení propojky. Veškeré moduly byly otestovány zkušebními programy, které jsem pro tento účel napsal v uvedeném programu CVAVR a WinAVR.

Výpis těchto programů je součástí CD ROMu v příloze bakalářské práce.

Modul mikroprocesoru:

Modul mikroprocesoru může být napájen napětím od 7V do 30V, obsahuje konektory pro všechny porty PA-PD. Jako konektory byly použity MLW10, na kterých je zároveň přivedeno napájecí napětí 5V. Procesor modulu je možno programovat přímo na desce prostřednictvím ISP (obrázek 4a). Konektor pro připojení rozhraní ISP je taktéž MLW10 a jeho propojení je plně kompatibilní s programátorem. Fotografie vyrobeného modulu je vyobrazena na obrázku 5a.

Modul LCD:

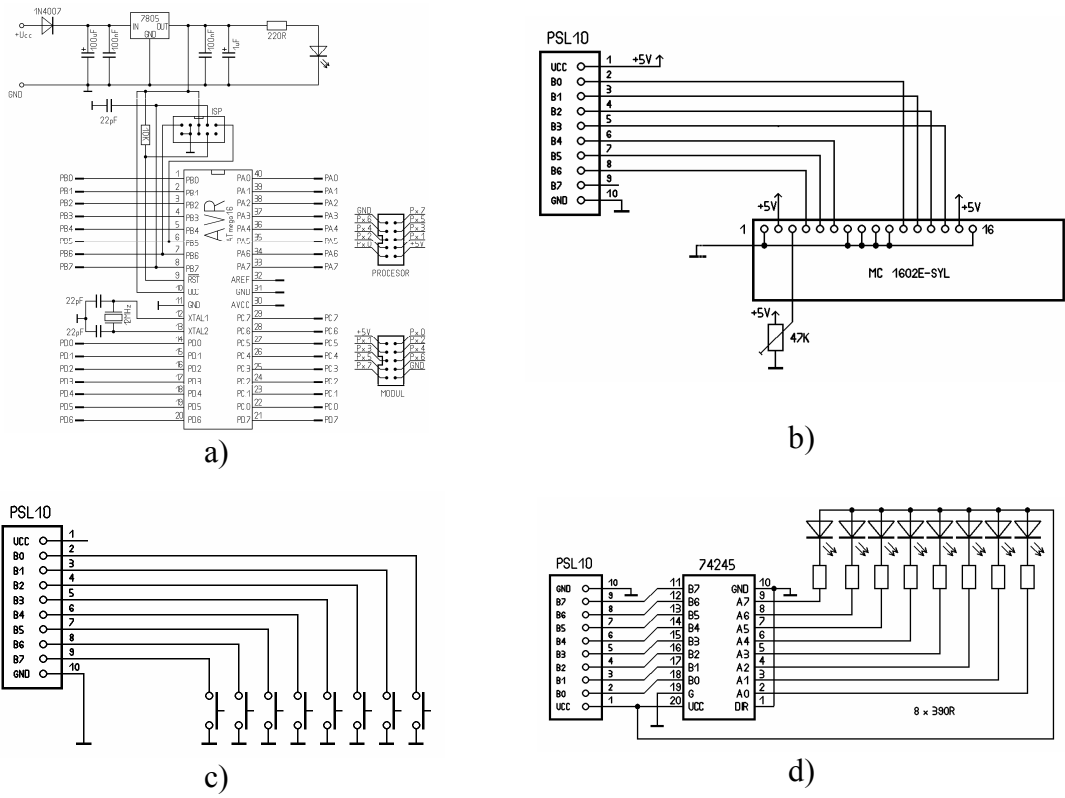
Tento modul slouží k praktickému odzkoušení funkce LCD s mikroprocesorem. Komunikace modulu probíhá prostřednictvím 4bitové sběrnice. Modul je napájen z procesorové části napětím 5V, zároveň je na modulu možno nastavit pomocí trimru kontrast a také aktivovat či deaktivovat podsvícení. Modul je opět připojen pomocí konektoru MLW (obrázek 4b). Fotografie vyrobeného modulu je vyobrazena na obrázku 5b.

Modul tlačítek:

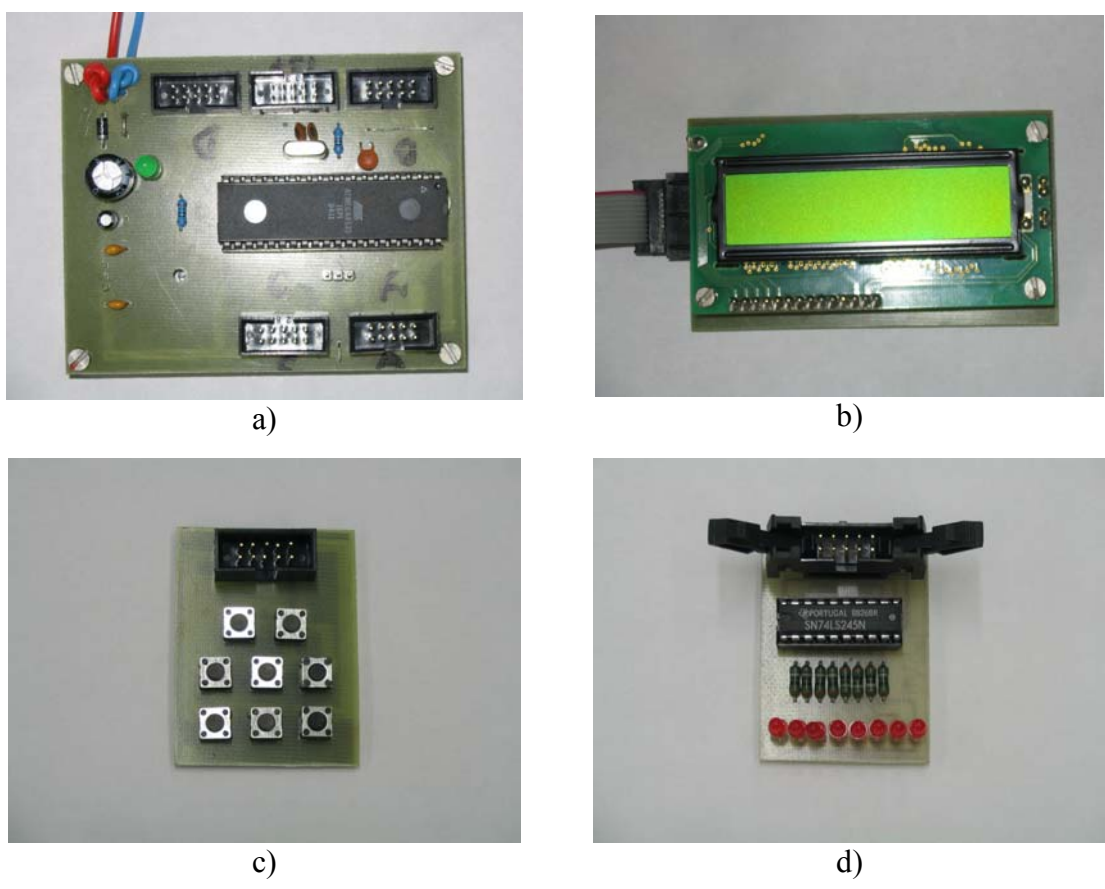
Modul tlačítek obsahuje 8 tlačítek, kdy každé z nich je připojeno na daný bit portu. Sepnutí tlačítka je realizováno na zem, tedy do log. 0 (obrázek 4c). Fotografie vyrobeného modulu je vyobrazena na obrázku 5c.

Modul LED:

Tento modul je vytvořen pro indikaci výstupních úrovní na portu. Při logické jedničce na portu LED dioda nesvítí, pokud ale na libovolný bit portu přivedeme log. 0, LED dioda daného bitu se rozsvítí. Aby procesor nebyl tímto modulem zatěžován je k LED diodám připojen budič sběrnice 74HCT245. Modul je opět připojen pomocí konektoru MLW10 (obrázek 4d). Fotografie vyrobeného modulu je vyobrazena na obrázku 5d.



Obrázek 4: a) modul mikroprocesoru, b) modul LCD, c) modul LED, d) modul tlačítek



Obrázek 5: a) modul mikroprocesoru, b) modul LCD, c) modul tlačítek, d) modul LED

6 Vlastní projekt teploměru

6.1 Hardwarová část

Celá hardwarová část je navržena na jedné desce plošného spoje s rozměry takovými, aby se vešla do zvolené krabičky KP3. Na uvedené desce se nachází jak napájecí, tak i vlastní procesorová část, včetně části komunikace s PC. Veškeré periferie, ať už čidla či kabel pro RS232, jsou připojovány přes vhodný konektor. Čidla teploty jsou připojena prostřednictvím konektoru WEBP6-4 a komunikace počítače s teploměrem přes konektor CAN9Z90. Výrobní podklady desky plošného spoje teploměru včetně desky LCD se nachází v příloze 2 a 3, kde jsou jak podklady pro vyleptání a osazení základní desky (příloha 2), tak i desky LCD (příloha 3). Schéma zapojení celého projektu je uvedeno v příloze 1.

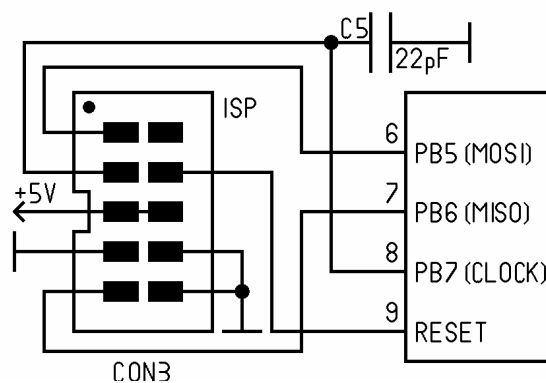
6.1.1 Procesor

Resetování procesoru:

Procesor je resetován pouze při připojení napájení celého obvodu nebo při výpadku elektrické energie. Reset se provede v případě, že napětí klesne pod hodnotu nastavenou v procesoru (power-on reset). Dojde-li k resetu mikroprocesoru, všechny I/O registry budou nastaveny na danou inicializační hodnotu a program se přesune na adresu 00H. Porty jsou ve stavu vysoké impedance.

Programování procesoru ISP:

Z důvodu příjemnější obsluhy a úpravy programového vybavení teploměru je na desce vyveden konektor pro přímé sériové programování ISP (in system programming). Díky tomuto rozhraní není nutno procesor vyjímat z patice či manipulovat s deskou hardwaru uvnitř krabičky. Zapojení konektoru rozhraní ISP je uvedeno na obrázku 6. Použitý konektor je typu MLW10, a jeho zapojení, je tímto způsobem realizováno z důvodu zapojení rozhraní ISP na programátoru PROG-AVR (příloha 8).



Obrázek 6: Zapojení ISP

Tabulka 2: Zapojení konektoru ISP

Procesor	Konektor	Funkce
PB5	1	MOSI
PB6	9	MISO
PB7	3	CLOCK
RESET	4	RESET
GND	8,10	0V (zem)
VCC	5,6	+5V
N.C.	2	nezapojeno

Porty procesoru:

Porty procesoru na desce teploměru jsou buď použity na komunikaci s periferiemi, a porty či piny procesoru, které nemají funkci, jsou vyvedeny na jednořadý konektor. Díky čemuž je možno provést dodatečný upgrade hardwarové části, například přidáním zvukové indikace pomocí reproduktoru či piezosirény. Samozřejmě by byla i vhodná úprava programu procesoru. Porty jako takové není třeba žádným způsobem ošetřovat, neboť procesory AVR obsahují veškeré potřebné obvody uvnitř struktury včetně rezistorů PULL UP. Tyto se dají dodatečně aktivovat prostřednictvím příslušného registru. Maximální zatížitelnost jednoho bitu portu procesoru je 40mA.

6.1.2 LCD

LCD displeje jsou v dnešní době běžně používané zobrazovací prostředky, především LCD displeje s řadičem od firmy Hitachi HD44780 jsou u nás velice rozšířené. Jejich podstatnou výhodou je velmi dobrá zobrazující schopnost, jednoduchost programové obsluhy a jednoduchost zapojení, ale také cena. Displeje se vyrábí v několika variantách 8x2, 16x1, 16x2, 16x4, 20x2, 20x4, 24x2, 24x4, 40x2, 40x4, které se liší počtem sloupců a řádků. Moduly se vyrábí s podsvícením LED nebo výbojkou.

LCD display MC1602E-SYL:

MC1602E-SYL je šestnácti-znakový dvouřádkový LCD displej s LED podsvícením, založený na řadiči firmy Hitachi HD44780. Komunikaci s displejem je možné realizovat pomocí 4bitové či 8bitové sběrnice. Na displeji je možno zobrazovat všechny znaky ASCII, popřípadě si i vytvořit svoje vlastní. Popis a označení pinů displeje je vidět v tabulce 2.

Tabulka 3: Zapojení pinů MC1602E-SYL

Pin	Popis pinu
1	Gnd
2	+5V
3	nastavení kontrastu
4	Register select
5	Read/Write
6	Enable
7–14	DB0-DB7 (data bits)
15	podsvícení (anoda)
16	podsvícení (katoda)

Komunikace displeje a procesoru probíhá celkem po sedmi vodičích, kde čtyři vodiče jsou použity jako datové a další tři vodiče slouží pro přenos řídicích signálů displeje. Pro ušetření pinů mikroprocesoru je tedy zvolena čtyřbitová komunikace. Mikroprocesor tedy posílá data v tomto režimu. Jako ošetření proti přechodovým stavům při připojení teploměru na napájecí napětí, tak aby úvodní inicializace displeje byla vždy zaručena, je napájení řadiče displeje řešeno programově spínáním přes tranzistor PNP. Báze tohoto tranzistoru je připojena přes rezistor na třetí pin portu A. Celé zapojení je možno vidět v příloze 1.

Tabulka 4: Připojení LCD k procesoru ATmega16

ATmega16		LCD MC1602E-SYL	
pin portu A	číslo vývodu	číslo vývodu	význam
PA0	40	4	RS – Register select
PA1	39	5	R/W – Read/Write
PA2	38	6	EN – Enable (sestupná hrana)
PA3	37	2	VCC – napájení řadiče (tranzistor)
PA4	36	11	DB4 – datový bit sběrnice 4
PA5	35	12	DB5 – datový bit sběrnice 5
PA6	34	13	DB6 – datový bit sběrnice 6
PA7	33	14	DB7 – datový bit sběrnice 7
GND	GND	1,7,8,9,10,16	GND – 0V (zem)
VCC	VCC	16	VCC – napájení +5V

6.1.3 Komunikace s PC

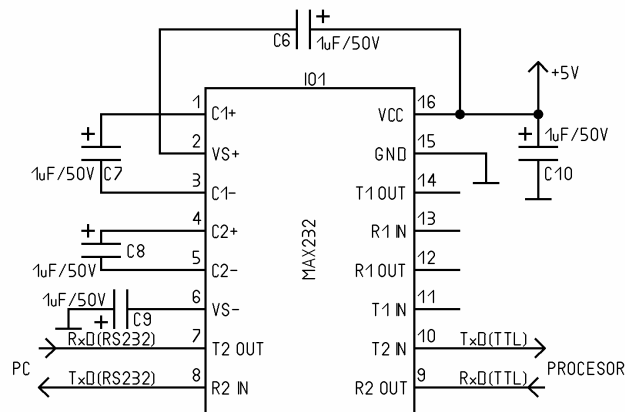
Sériová linka RS232 patří ke klasickým standardům sériové komunikace mezi jednotlivými zařízeními. Základním rysem této komunikace je jednoduchost komunikačního protokolu, hardwarová nenáročnost a relativně vysoká spolehlivost. Z těchto důvodů jsem se rozhodl použít tuto komunikaci, i když by bylo možné použít modernější sériové rozhraní USB.

Stručný popis sériové komunikace RS232:

Sériovou komunikaci pomocí sériové linky RS232 je možno realizovat pomocí třech vodičů: dvou datových (Tx,Rx) a země (GND). Maximální udávaná délka komunikace je 15m, tuto délku je možno prodloužit použitím vhodné kabeláže až na 50m. Kapacita této kabeláže však nesmí překročit hodnotu 2500pF. Pokud chceme komunikovat se zařízením, které využívá logiky TTL (úroveň H je +5V, úroveň L je 0V) musíme použít vhodný převodník této úrovně na logiku RS232 (úroveň H je -12V, úroveň L je +12V). K tomuto účelu se nejčastěji používá převodník MAX232. Pro můj projekt budeme využívat asynchronní komunikace, která pro naše účely bohatě postačí. Základem asynchronní komunikace je nutnost synchronizace pomocí START bitu, vyslání požadovaných dat, parity a ukončení komunikace pomocí STOP bitu. Další informace popisu sériové komunikace, a jejích přesných parametrů je možno nalézt v literatuře [2].

Vlastní komunikace procesoru s počítačem

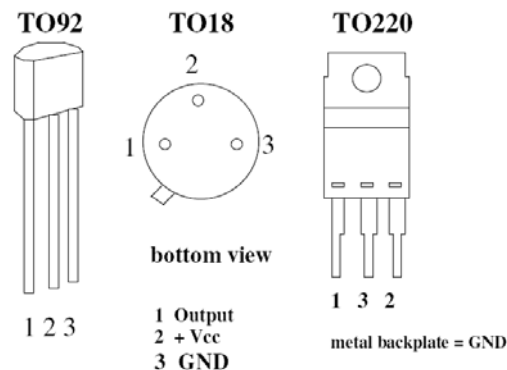
Komunikace procesoru s počítačem probíhá prostřednictvím sériové linky RS232. Díky tomu, že logika rozhraní RS232 je jiná než logika procesoru je třeba použít převodník mezi těmito logikami. Nejvhodnějším a také nejpoužívanějším je obvod MAX232 od firmy MAXIM. Komunikace procesoru a počítače probíhá celkem po dvou vodičích a to TxD, RxD tak jak je vidět na obrázku 7. Protože ale u mého teploměru jsou data pouze odesílána, procesor je ve funkci transmiteru, a počítač ve funkci receiveru. Komunikace mezi zařízeními je asynchronní rychlostí 9600 Bd (Baud rate) při frekvenci krystalu externího oscilátoru procesoru 11,0592 MHz. Veškeré informace ohledně asynchronního přenosu dat po lince RS232 je možno nalézt v seznamu literatury [6] a [2].



Obrázek 7: Zapojení obvodu MAX232 (obrázek převzat z [11])

6.1.4 Čidla měření teploty SMT160-30

Čidla pro měření teploty SMT160-30 od firmy Smartec [8] jsou k desce teploměru připojena přes konektor WEBP6-4. Toto připojení je realizováno záměrně s ohledem na snadnější manipulaci a instalaci. Čidlo umožňuje (dle údajů výrobce) připojení až 20 m délky kabelu. Čidla jako taková umožňují měření vnitřní (INDOOR) a vnější teploty (OUTDOOR). Zapojení těchto čidel je velice snadné a není potřeba žádných podpůrných obvodů. Jejich zapojení je realizováno pouze přes zvolený konektor přímo na port procesoru, a to konkrétně piny PD3 a PD4 portu D. Výstup čidel je v digitální podobě ve formátu PWM (pulzně šířková modulace). Zapojení tohoto čidla je vidět na obrázku 8.



Obrázek 8: Zapojení čidla SMT 160–30 (obrázek převzat z [8])

6.1.5 Napájení obvodu

Napájení celého zařízení je založeno na napájení ze sítě 230V/50Hz, protože ale zařízení pro svoji funkci potřebuje stejnosměrné napětí o hodnotě 5V, je toto napětí sníženo pomocí transformátoru na hodnotu 6V, poté vyfiltrováno a stabilizováno integrovaným stabilizátorem 7805. Tento stabilizátor byl zvolen záměrně, protože jeho zapojení je velice jednoduché a kvalita stability výstupního napětí je pro toto zapojení zcela postačující. Protože stabilizátory pracují jen za určitých podmínek například, že vstupní stejnosměrné napětí musí být minimálně o dva volty větší než výstupní, je třeba vhodně zvolit filtrační kondenzátor tak, aby se při maximálním proudu díky zvlnění neporušila tato podmínka. Jak vypočítat vhodně požadovaný filtrační kondenzátor je uvedeno v literatuře [9].

$$p \leq \frac{U_{vst} \cdot \sqrt{2} - (U_{výst} + U_{krit})}{U_{vst} \cdot \sqrt{2}} \cdot 100 \quad [%; V \cdot V / V] \quad (6.1)$$

$$p \leq \frac{U_{vst} \cdot \sqrt{2} - (U_{výst} + 2)}{U_{vst} \cdot \sqrt{2}} \cdot 100 = \frac{6 \cdot \sqrt{2} - (5 + 2)}{6 \cdot \sqrt{2}} \cdot 100 = 17,5\% \quad (6.2)$$

$$C = \frac{300 \cdot I_{max}}{p \cdot \sqrt{2} U_{vst}} \quad [\mu F; mA, \%, V] \quad (6.3)$$

$$C > \frac{300 \cdot I_{max}}{p \cdot \sqrt{2} U_{vst}} = \frac{300 \cdot 200}{17,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 6} = 404 \mu F \quad (6.4)$$

Význam symbolů použitých ve výpočtech (6.1) až (6.4)

p [%]	- zvlnění napětí na vstupu stabilizátoru
U_{vst} [V]	- napětí transformátoru (6V)
$U_{výst}$ [V]	- napětí stabilizátoru (5V)
U_{krit} [V]	- kritický rozdíl napětí mezi vstupem a výstupem stabilizátoru (2V)
I_{max} [mA]	- maximální proudový odběr zařízení (200mA)
C [μF]	- hodnota filtračního kondenzátoru

Z výše uvedených rovnic (6.1) a (6.2) vyplývá, že největší dovolené zvlnění pro správnou funkci stabilizátoru je 17,5% , tomuto zvlnění odpovídá podle rovnic (6.3) a (6.4) kapacita filtračního kondenzátoru 404 μF . Protože v zařízení jsou použity dva filtrační kondenzátory C1 a C2 každý s kapacitou 470 μF , je zaručeno, že výstupní zvlnění nepřesáhne kritickou hranici. Výstupní parametry napětí ze stabilizátoru jsou definovány výrobcem viz seznam literatury [9]. Vlastní zapojení stabilizátoru je taktéž realizováno podle doporučeného zapojení od výrobce stabilizátoru.

6.2 Softwarová část

6.2.1 Program pro mikroprocesor AVR

Program pro procesor je vytvořen v prostředí CodeVisionAVR a v prostředí WinAVR. Při realizaci programového vybavení zařízení jsem narazil na drobný problém při vyhodnocování PWM z jednotlivých čidel, program v C nebyl vykonáván dostatečně rychle a efektivně. Rychlost vzorkování byla díky struktuře programu v C okolo 500 kHz při krystalu oscilátoru 11,0592 MHz. Docházelo tedy k nepřesnému měření teploty. Program jako celek však fungoval bez problémů. Z tohoto důvodu jsem program následně realizoval pomocí assembleru v prostředí WinAVR, kdy především vzorkování bylo podstatně rychlejší a efektivnější. Konkrétní hodnota vzorkování činí 1,4 MHz při externím krystalu oscilátoru 11,0592 MHz. Nevýhodou sice je podstatně větší složitost programu, ale na oplátku proti tomu je možné díky struktuře programu čidlo umístit na libovolný port či pin portu, zároveň program nabízí možnost při jednoduché úpravě počet teplotních čidel zvětšit. Program napsaný v assembleru funguje bez problémů a měření teploty je přesně v teplotní toleranci čidel.

Program funguje následujícím způsobem:

Při zapnutí zařízení se inicializuje LCD displej, potom je zahájeno vlastní měření, které je několikrát opakováno. Výsledná hodnota je průměrem z celkového počtu měření, z něj je poté dopočítána hodnota teploty podle vzorce (2.1) z daného čidla. Následně je teplota odeslána na LCD displej a ihned poté na sériovou linku. Teplota z vnitřního čidla se na displeji zobrazí jako INDOOR XX. X °C a teplota vnějšího čidla jako OUTDOOR XX. X °C. Na sériovou linku je odeslána úvodní hlavička (TEPLO), číselné hodnoty teplot a ukončovací hlavička (255). Celý proces vykonávání jednotlivých částí programu je zobrazen ve vývojovém diagramu (obrázek 9). Jak probíhá vlastní výpočet teploty je uvedeno na následujícím příkladu, kde uvažujeme, že procesor naměřil 23200 cyklů z celkového počtu 50000, ve kterých byla zjištěna úroveň logické jedničky.

$$\frac{N_{\text{čidlo1}}}{N} = 0,32 + 0,0047 \cdot t \Rightarrow t = \frac{\frac{N_{\text{čidlo1}}}{N} - 0,32}{0,0047} \quad (6.5)$$

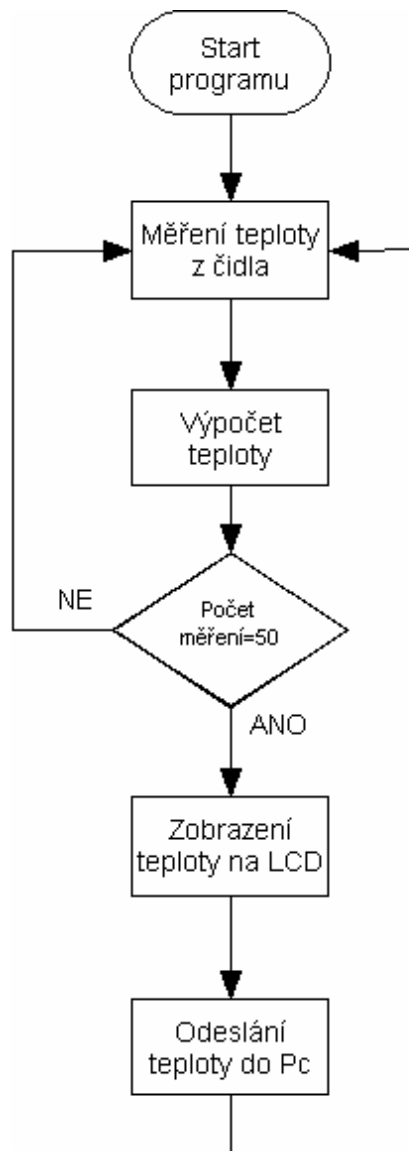
$$t = \frac{\frac{N_{\text{čidlo1}}}{50000} - 0,32}{0,0047} \Rightarrow t = \frac{2 \cdot N_{\text{čidlo1}} - 32000}{470} \quad (6.6)$$

$$t = \frac{2 \cdot 23200 - 3200}{470} = 30,6^{\circ}\text{C} \quad (6.7)$$

Význam symbolů použitých ve výpočtech (6.5) až (6.7)

$N_{\text{čidlo1}}$	- počet logických „1“ naměřených procesorem za 50000 cyklů (např.23200)
N	- počet cyklů jednoho měření (50000)
t	- výsledná teplota v [°C]

Protože výše uvedené výpočty teploty mohou být realizovány na jakémkoliv portu, nejsme vázáni například jenom na vnější přerušení. Zvyšuje se tím využitelnost celého zařízení. Můžeme využít libovolný vhodný AVR procesor, i s menším počtem portů, takový který bude schopen hardwarově uvedený program a periferie obsloužit. Jedinou podmínkou pro co největší rychlost výpočtů, je zajištění dostatečné velikosti hodinového signálu. Ta by měla být minimálně 11,0592 MHz, popřípadě i vyšší. Platí zde jednoduchá podmínka, čím bude vyšší rychlost vzorkování signálu z čidla (ta je závislá na taktu hodinového signálu procesoru), tím bude přesnost měření větší a celková doba měření kratší. Program teploměru pro mikroprocesor napsaný v assembleru je přiložen na disku CD ROM.



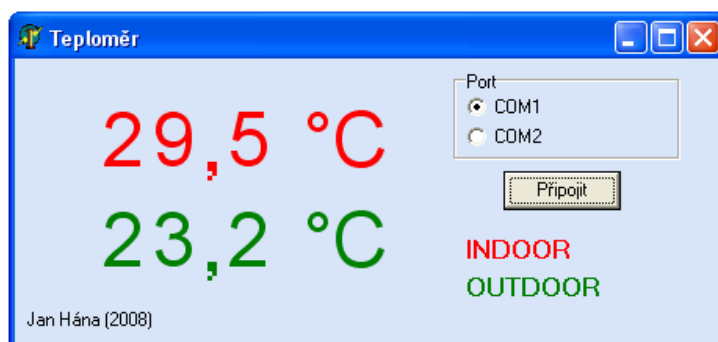
Obrázek 9: Vývojový diagram programu v assembleru

6.2.2 Program pro komunikaci s PC

Program vyhodnocující naměřená data přijatá z teploměru byl napsán v programovacím prostředí Delphi 7. Data, které program přijímá, musí splňovat předepsaný datový formát. Ten vypadá podle následujícího předpisu. Nejprve je programem ověřeno, že byla přijata správná hlavička programu, která je sledem pěti znaků ASCII „TEPLO“, pokud je tato v pořádku, program načte data teplot. Ukončení načítání dat teplot je po přijetí čísla hlavičky ukončení, kterou představuje číslo 255. Protože procesor tato data vysílá kontinuálně, i program tato data vyhodnocuje a zobrazuje v nekonečné smyčce. Přesný formát datového paketu je možné vidět v tabulce 5. Jak vypadá program, který data zobrazuje na monitoru počítače je vidět na obrázku 10. Celý program je navržen tak, že jednotlivé naměřené teploty jsou rozděleny na jednotky, desítky a stovky pro každou z měřených teplot včetně znaménka. Tím je zajištěno, že případné další zpracování dat z těchto čidel bude velice jednoduché. Navíc je také možné provést případnou softwarovou kalibraci čidel, či hodnoty naměřených teplot zobrazovat v grafu.

Tabulka 5: Formát datového paketu

HLAVIČKA	TEPLOTA INDOOR				TEPLOTA OUTDOOR				UKONČENÍ
TEPLO	ZNAM	STA	DES	JED	ZNAM	STA	DES	JED	255



Obrázek 10: Ukázka programu měření teploty

7 Závěr

Zadání bakalářské práce se mi podařilo splnit. Teploměr jako celek funguje bez sebemenších problémů a i odesílání naměřených dat do počítače a jejich vyhodnocování v počítači funguje podle předpokladu. Jediným drobným nedostatkem teploměru je relativně velká tepelná setrvačnost, a tedy krátkodobé prudké změny teploty není schopen registrovat. Teploměr jako takový je schopen pracovat například ve spolupráci s klimatizační jednotkou, nebo jako čidlo měření teploty v automobilu či v dalších zařízeních., kde není kladen důraz na registraci prudkých výkyvů teploty. Pozitivní stránkou použitého čidla SMT160-30 je jeho jednoduchost připojení k teploměru a tím i snadná výměna v případě jakéhokoliv defektu ze strany čidla. Pokud bych měl tento projekt znovu realizovat, pravděpodobně bych do projektu přidal ještě komunikaci s počítačem prostřednictvím USB, a jako další bych do zapojení přidal obvod reálného času, tak aby data odesílaná do PC obsahovala i časový údaj kdy byla teplota naměřena.

8 Seznam literatury

- [1] MATOUŠEK, D. *Práce s mikrokontroléry Atmel AVR – ATmega 16*. BEN Technická literatura, vydáno 4. 4. 2006, ISBN 80–7300-174–8
- [2] VLACH, J.; VLACHOVÁ, V. *Počítačová rozhraní*. BEN – technická literatura, 2002. ISBN 80–7300-010–5
- [3] VÁŇA, V. *Atmel AVR programování v jazyce C – popis práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C*. BEN Technická literatura, 2003. ISBN 80–7300-102–0
- [4] ČERNÝ Z. *Teploměr pro PC se snímačem SMT 160–30*. [online]. [cit. 10. dubna 2007]. Dostupné na WWW: <http://kuna4.mk.cvut.cz/konstrukce/>
- [5] FRÝZA, T. *Mikroprocesorová technika. Elektronické texty přednášek*. Brno: FEKT VUT v Brně, 2007
- [6] Atmel Corporation. *AVR 8-Bit RISC*. [online]. 2007 – [cit. 10. dubna 2007] Dostupné na WWW: <http://www.atmel.com/products/avr/>
- [7] HW SERVER *RS232*. [online]. 2007 – [cit. 27. listopadu 2007] Dostupné na WWW: http://rs232.hw.cz/#datovy_prenos
- [8] SMARTEC Corporation. *SMT 160-30 Temperature sensor* [online]. 2007 - [cit. 27. listopadu 2007] Dostupné na WWW: http://www.smartec.nl/temperature_sensor.htm
- [9] KREJČÍŘÍK, A. *Lineární napájecí zdroje*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2002. ISBN 80–7300-002–4.
- [10] HAVLÁT L. *Integrovaná vývojová prostředí WinIDE51 a WinAVR*. [online]. [cit. 27. listopadu 2007]. Dostupné na WWW: <http://www.winide51.wz.cz/>
- [11] Maxim Corporation. *MAX232*. [online]. 2007 – [cit. 27. listopadu 2007] Dostupné na WWW: <http://www.maxim-ic.com/>

9 Seznam příloh

Příloha 1: Celkové schéma teploměru

Příloha 2: Deska plošného spoje a osazení základní desky teploměru

Příloha 3: Deska plošného spoje LCD a její osazení

Příloha 4: Seznam součástek

Příloha 5: Technický výkres přední a zadní části krabičky

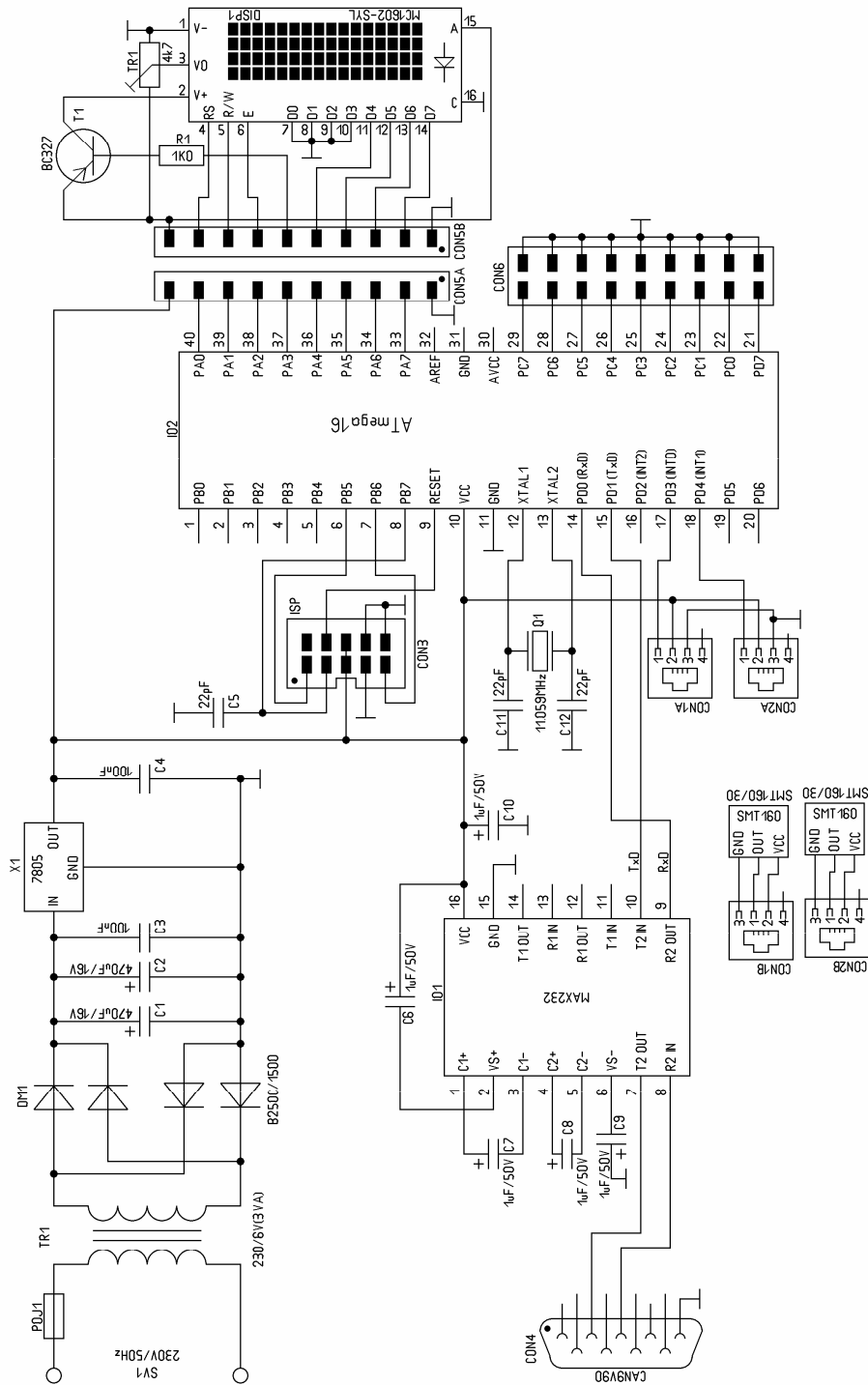
Příloha 6: Vzor pro samolepku přední a zadní části krabičky

Příloha 7: Blokový diagram MCU ATmega16 [6]

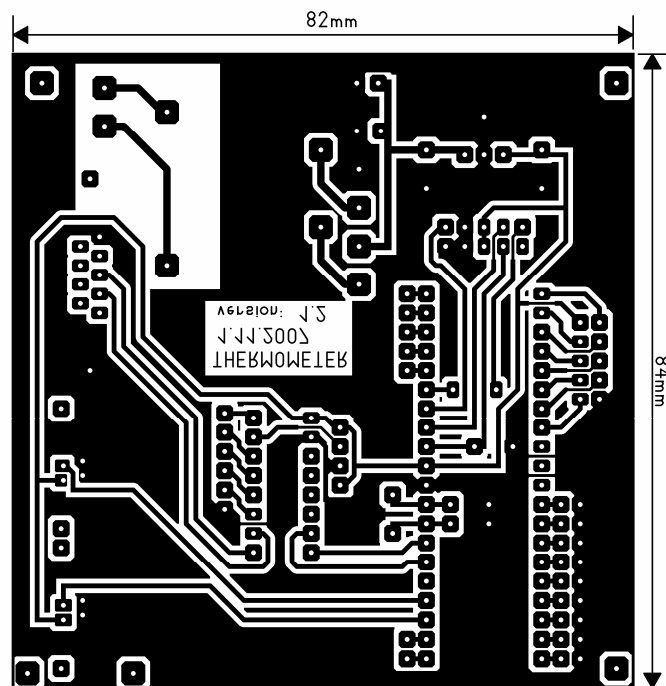
Příloha 8: Dokumentace k programátoru PROG-AVR

Příloha 9: Screen shot z programu CodeVisionAVR a WinAVR

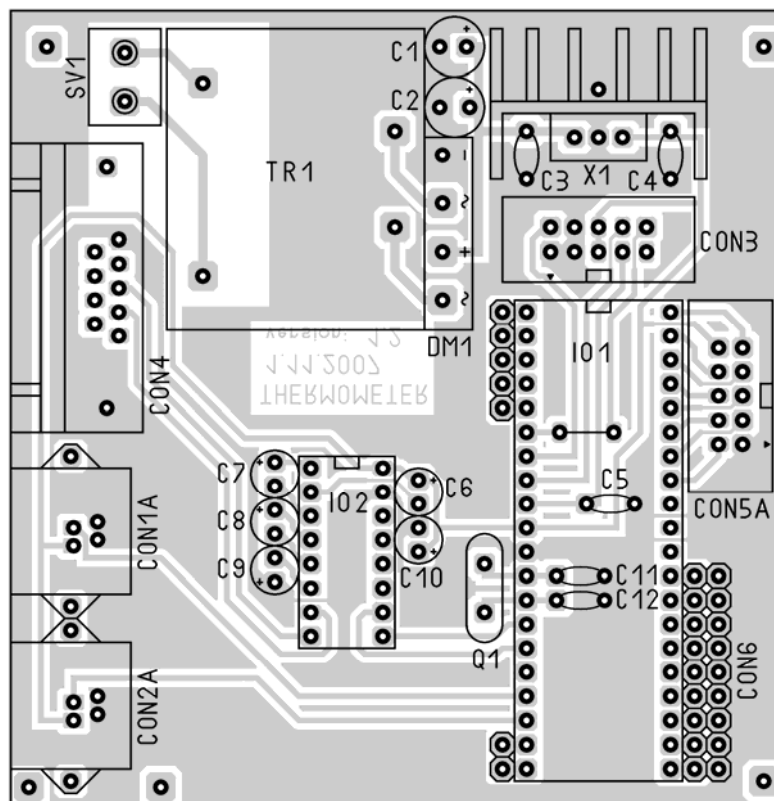
Příloha 1: Celkové schéma teploměru



Příloha 2: Deska plošného spoje a osazení základní desky teploměru

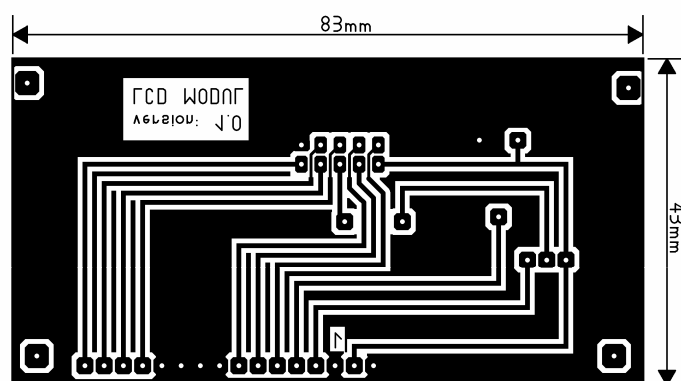


DPS základní desky teploměru v poměru 1:1

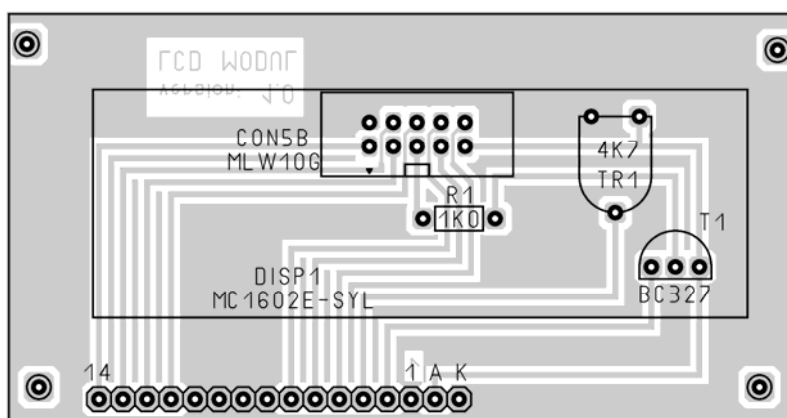


Osazovací plánek základní desky v poměru 1,25:1

Příloha 3: Deska plošného spoje LCD a její osazení



Deska plošného spoje LCD v poměru 1:1



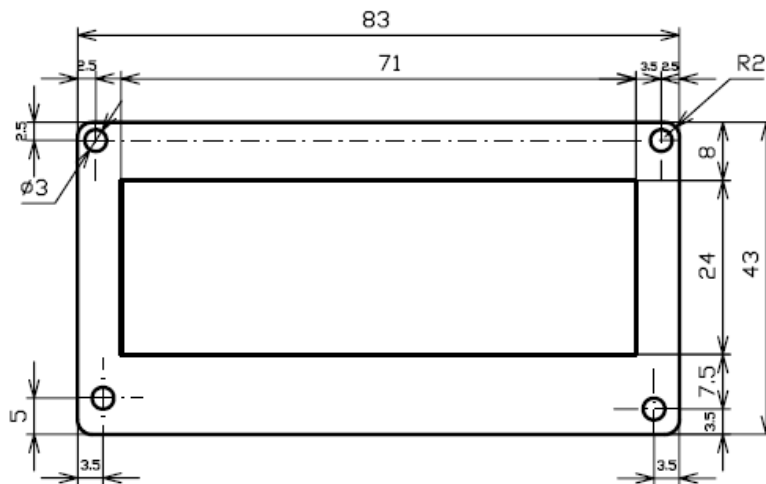
Osazovací plánec desky LCD v poměru 1,25:1

Příloha 4: Seznam součástek

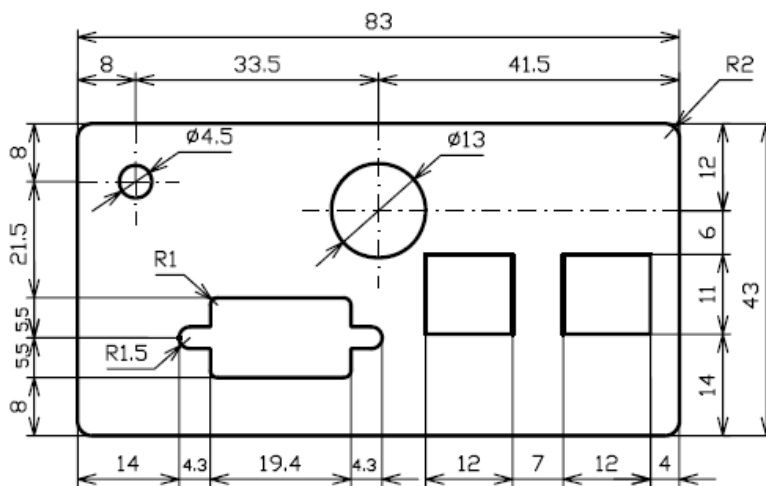
Reference	Hodnota/Typ	Cena/ks	Popis
C1,C2	470 μ F/16V	2 Kč	Elektrolytický kondenzátor – radiální
C3,C4	100nF	1 Kč	Keramický kondenzátor
C6,C7,C8,C9,C10	1 μ F/50V	1 Kč	Elektrolytický kondenzátor – radiální
C5,C11,C12	22pF	1 Kč	Keramický kondenzátor
R1	1K0	1 Kč	Metalizovaný rezistor 0,6W
TR1	4K7	7 Kč	Odporový trimr cermetový axiální
T1	BC327	1,50 Kč	Univerzální PNP tranzistor
DM1	B250C1500F	8 Kč	Diodový můstek
IO1	ATmega16-16PI	90 Kč	Mikroprocesor AVR-DIL40
IO2	MAX232CPE	19 Kč	Rozhraní RS232 sběrnice
DISP1	MC1602E-SYL	125 Kč	LCD display s podsvícením
X1	7805	8 Kč	Stabilizátor napětí
CON1A, CON2A	WEBP6-4	4 Kč	Telefonní konektor zásuvka
CON1B, CON2B	WS 6-4	2 Kč	Telefonní konektor koncovka
CON3,CON5,CON5B	MLW10G	5 Kč	Konektor MLW-10 pinů
CON4	CAN9Z90	9 Kč	9. pinová zásuvka cannon do DPS
CON6	S2G20	6 Kč	Konektorové kolíky lámací-dvouřadé
SV1	ARK500/2	5 Kč	Dvoupólová svorkovnice RM =5 mm
Teplotní čidlo	SMT160-30	83 Kč	Polovodičový teplotní senzor
Krabička	KP3	25 Kč	Krabička KP3 (49 x 90 x 110)
Plochý kabel	AWG28-10H	29 Kč	Plochý kabel 10 žil-1 metr

Příloha 5: Technický výkres přední a zadní části krabičky

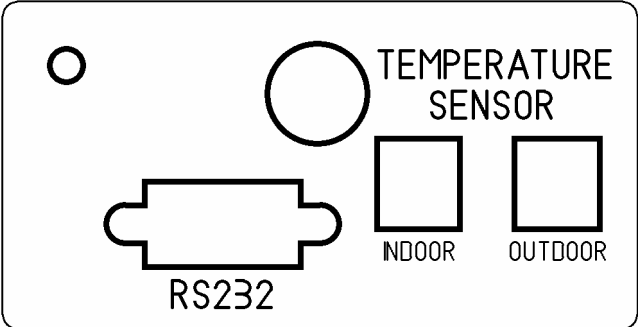
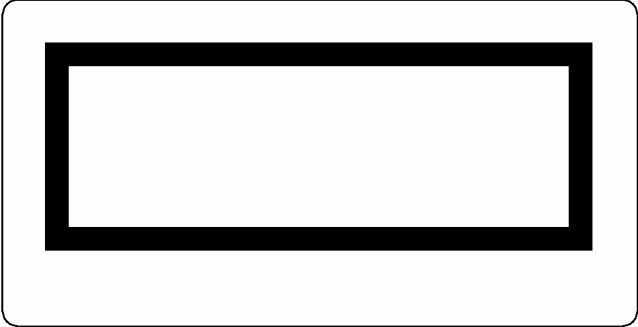
POHLED ZEPŘEDU



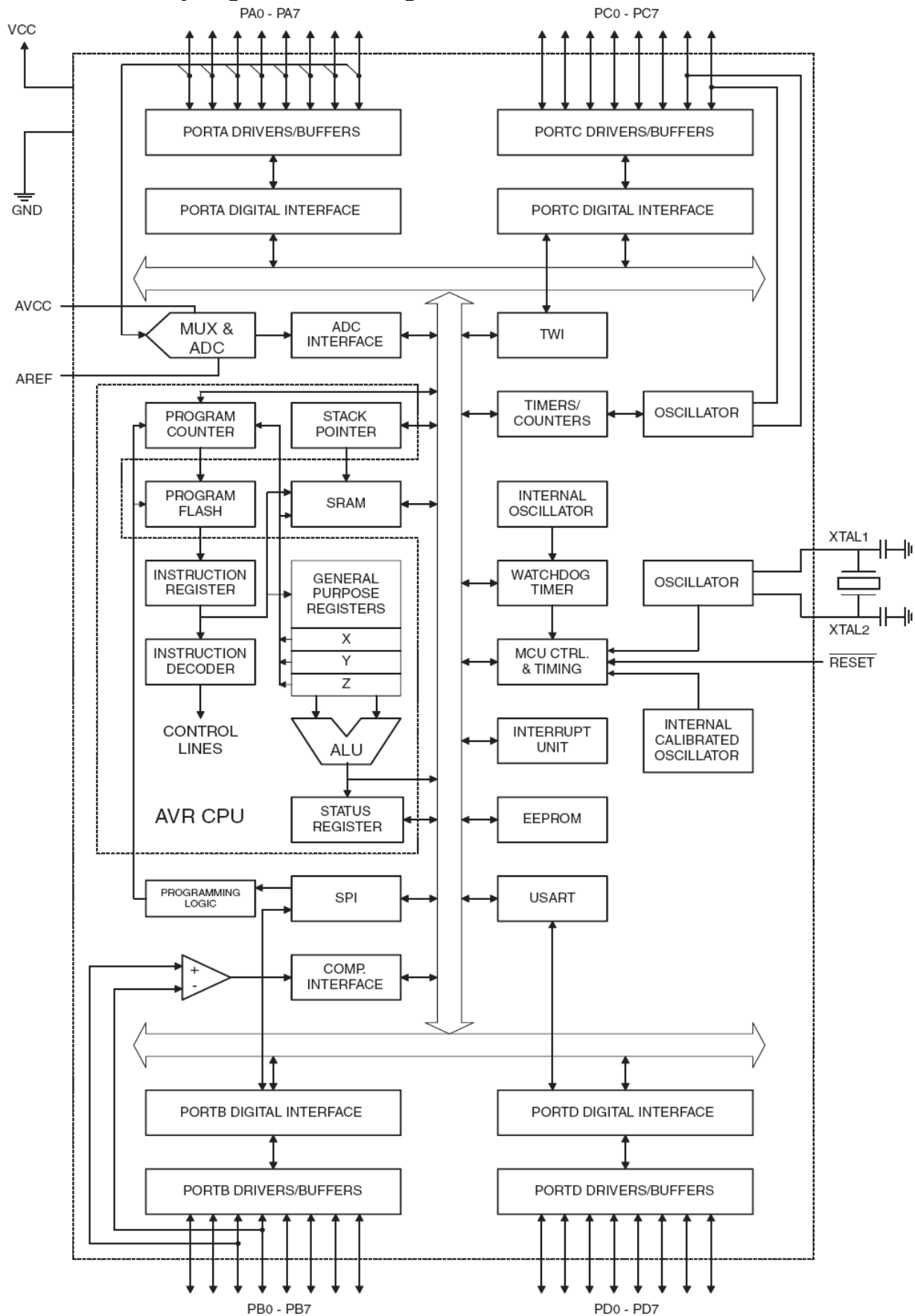
POHLED ZE ZADU



Příloha 6: Vzor pro samolepku přední a zadní části krabičky



Příloha 7: Blokový diagram MCU ATmega16



Příloha 8: Dokumentace k programátoru PROG-AVR

Programátor PROG-AVR

Programátor PROG-AVR, je určen pro přímé paralelní programování a čtení obsahu paměti jednočipových procesorů řady ATMEGA a ATTINY firmy ATMEL, nebo pro programování v uživatelské aplikaci (in system programming) prostřednictvím rozhraní SPI. Pro přímé paralelní programování v programátoru jsou podporovány typy procesorů v pouzdru DIL8, DIL20, DIL28 a DIL40, přitom pro některé typy je třeba použít redukci např. DIL40 na DIL28 a dále pro typy DIL40, které mají napájení uprostřed pouzdra. Procesory v pouzdrech pro povrchovou montáž lze programovat pouze přes SPI .

Seznam podporovaných procesorů:

ATMEGA128, 161, 162, 163, 165, 168, 169, 16, 2560, 2561, 323, 3250, 325, 3290, 329, 32, 406, 48, 649, 64, 8515, 8535, 88, 8, ATTINY11, 12, 13, 15, 22, 2313, 26, 28, 45, AT90CAN128, AT90PWM2, AT90PWM3.

Všechny tyto typy je možno programovat přes rozhraní SPI přímo v uživatelské aplikaci. Paralelní rozhraní je rychlejší a umožňuje programovat některé funkce navíc. Např. zákaz externího resetu, popř. odemknutí zamknutého procesoru u kterého je zakázáno SPI apod.

Postup pro přímé programování:

Vložte procesor do patice (ne pro ISP). Připojte napájecí napětí (asi 13-15V), programátor identifikuje vložený procesor a dvakrát blikne červená LED, pokud není procesor vložen, nebo není rozpoznán, bliká LED trvale.

Červená LED svítí během programování, po úspěšném přenosu dat dioda začne blikat systémem dvě bliknutí a dlouhá mezera. Pokud bliká rychle, nebo trvale svítí, došlo k chybě při programování nebo procesor je zřejmě vadný. Pokud programujete přes rozhraní ISP, rozsvítí se po úspěšném naprogramování žlutá LED a program je spuštěn od adresy 0x0000.

Vypněte napájecí napětí (ne pro ISP)

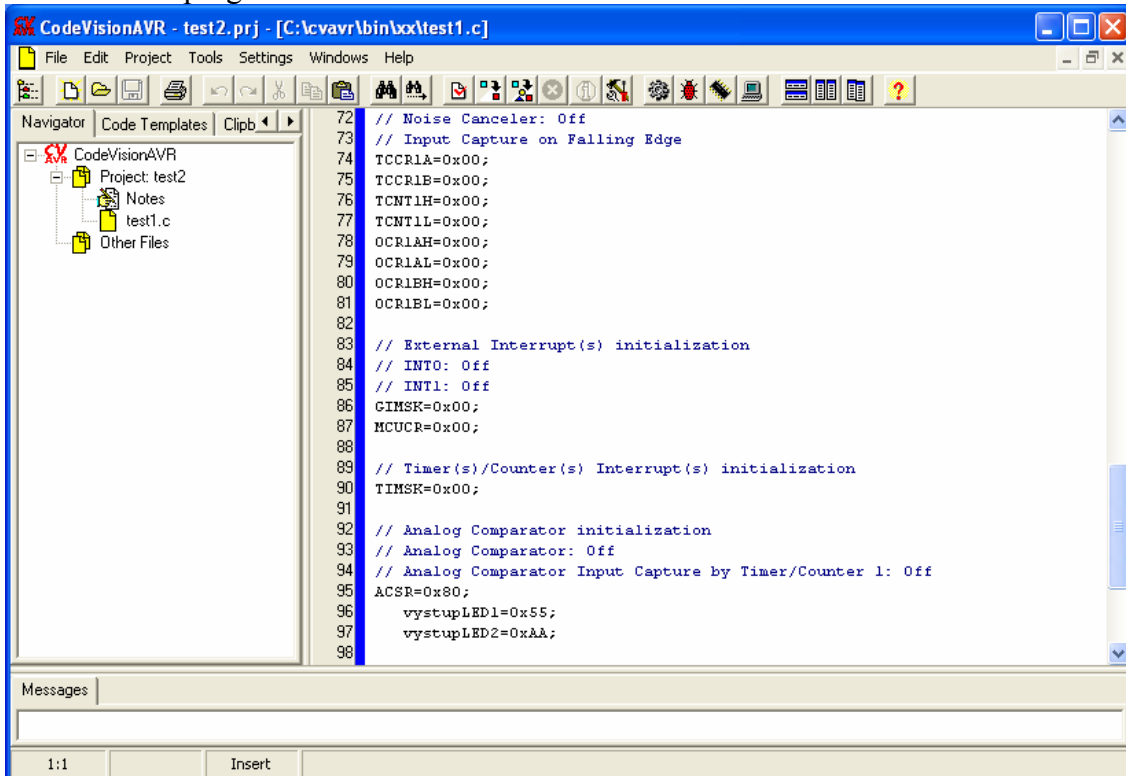
Vyjměte procesor z patice (ne pro ISP)

Pozn.: Při jakémkoliv způsobu programování se provádí automaticky 100% verifikace obsahu paměti.



Příloha 9: Screen shot z programu CodeVisionAVR a WinAVR

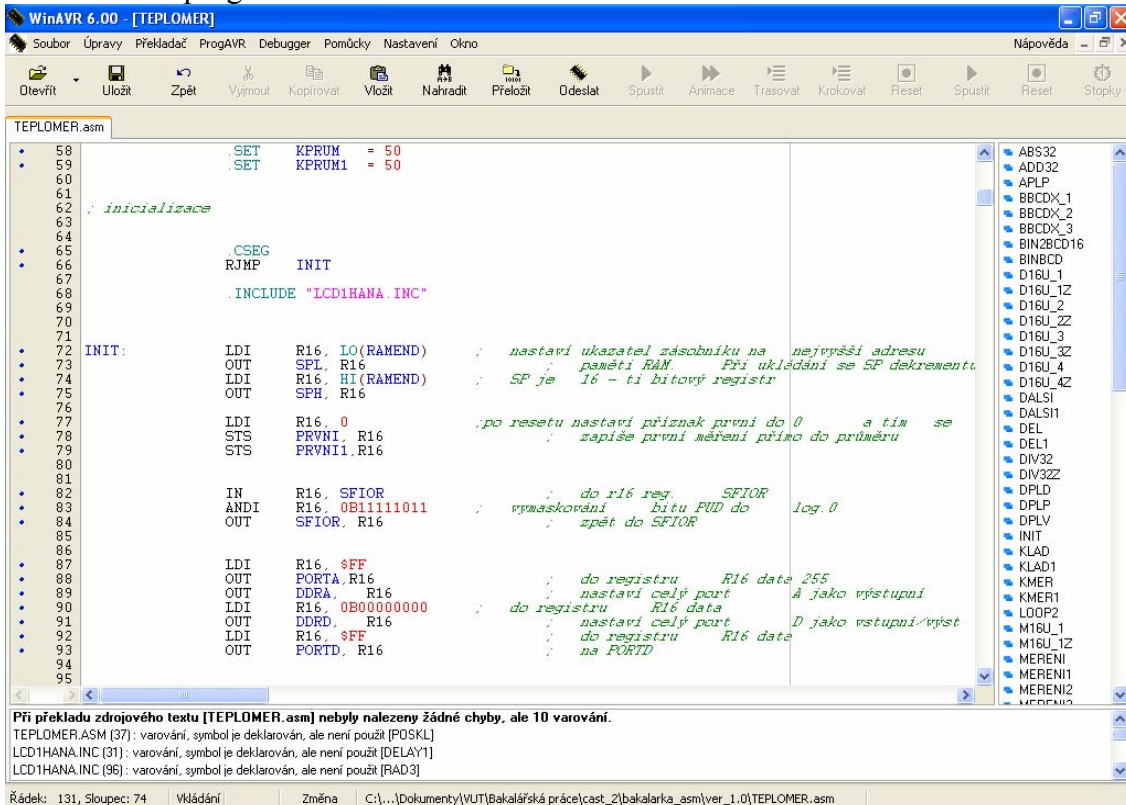
Screen shot z programu CodeVisionAVR



The screenshot shows the CodeVisionAVR IDE interface. The main window displays C code for AVR initialization, including noise canceler settings, input capture, timer/counter initialization, and analog comparator settings. The code is as follows:

```
72 // Noise Canceler: Off
73 // Input Capture on Falling Edge
74 TCCR1A=0x00;
75 TCCR1B=0x00;
76 TCNT1H=0x00;
77 TCNT1L=0x00;
78 OCR1AH=0x00;
79 OCR1AL=0x00;
80 OCR1BH=0x00;
81 OCR1BL=0x00;
82
83 // External Interrupt(s) initialization
84 // INT0: Off
85 // INT1: Off
86 GIMSK=0x00;
87 MCUCR=0x00;
88
89 // Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
90 TMSK=0x00;
91
92 // Analog Comparator initialization
93 // Analog Comparator: Off
94 // Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
95 ACSR=0x80;
96     vystupLED1=0x55;
97     vystupLED2=0xAA;
98
```

Screen shot z programu WinAVR



The screenshot shows the WinAVR 6.00 IDE interface. The main window displays assembly code for TEPL0MER.asm. The code includes initialization of registers, setting of the stack pointer, and configuration of the I/O ports. The code is as follows:

```
58     SET     KPRUM    = 50
59     SET     KPRUM1   = 50
60
61
62 ; inicializace
63
64
65     .CSEG
66     RJMP    INIT
67
68     .INCLUDE "LCD1HANA.INC"
69
70
71
72 INIT:     LDI     R16, LO(RAMEND) ; nastavi ukazatel zdsobniku na nejvyssi adresu
73           OUT     SPL, R16       ; pameti RAM. Pri ukládání se SP dekrementu
74           LDI     R16, HI(RAMEND) ; SP je 16 - ti bitový registr
75           OUT     SPH, R16
76
77           LDI     R16, 0         ; po resetu nastavi příznak první do 0 a tím se
78           STS     PRVNI, R16    ; zapíše první měření přímo do průměru
79           STS     PRVNI1, R16
80
81
82           IN     R16, SFIOR      ; do r16 reg. SFIOR
83           ANDI   R16, 0B11111011 ; vymaskování bitu FUD do log.0
84           OUT     SFIOR, R16   ; zpět do SFIOR
85
86
87           LDI     R16, $FF      ; do registru R16 data 255
88           OUT     PORTA, R16   ; nastavi celý port A jako výstupní
89           LDI     R16, 0B00000000 ; do registru R16 data 0 jako vstupní
90           OUT     DDRD, R16    ; nastavi celý port D jako vstupní/výst
91           LDI     R16, $FF      ; do registru R16 data
92           OUT     PORTD, R16   ; na PORTD
93
94
95
```

At the bottom of the window, there are messages about warnings:

```
Při překladu zdrojového textu [TEPL0MER.asm] nebyly nalezeny žádné chyby, ale 10 varování.
TEPL0MER.ASM (37): varování, symbol je deklarován, ale není použit [POSKL]
LCD1HANA.INC (31): varování, symbol je deklarován, ale není použit [DELAY1]
LCD1HANA.INC (96): varování, symbol je deklarován, ale není použit [RAD3]
```