



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIOELECTRONICS

NÁVRH TEPLOTNÍHO ČIDLA TEMPERATURE SENSOR DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

STANISLAV BÍLÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. ZDENĚK HRUBOŠ

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Stanislav Bílý

ID: 125370

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Návrh teplotního čidla

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci bakalářské práce navrhnete jednoduché teplotní čidlo s varovnou indikací vysoké teploty. Provedte rozbor dostupných teplotních čidel a možnosti komunikace pomocí domácích rozvodů elektrické energie. Zvolte vhodný komunikační protokol a navrhnete obvodové zapojení všech modulů včetně řídicích programů. Diskutujte základní parametry navržené koncepce s ohledem na jiná možná řešení.

Na základě získaných znalostí navrhnete desky plošných spojů jednotlivých částí teplotního čidla v programu Eagle, včetně napájecí jednotky. Zapojení oživte, proveďte finální úpravy (krytí, konektory, ...) a ověřte správnou činnost zařízení, včetně varovné indikace vysoké teploty.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HRBÁČEK, J. Komunikace mikrokontroleru s okolím. Praha: BEN - technická literatura, 2000.

[2] Temperature World [online]. 2010 - [cit. 10. května 2011]. Dostupné na [www: http://www.temperatureworld.com/shci.htm](http://www.temperatureworld.com/shci.htm).

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 25.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Hruboš

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na návrh a realizaci zařízení pro měření teploty se signalizací vysoké teploty. V první části je proveden rozbor teplotních čidel. Jsou zde uvedeny druhy, vlastnosti a porovnání čidel. V druhé části jsou uvedeny možnosti komunikace po domácích rozvodech energie. Další část se zabývá vlastním návrhem zařízení. Je zde uveden výběr součástek, obvodové zapojení a vývojové diagramy. Poslední část se zabývá realizací a testováním zařízení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Měření, teplota, mikropočítač, DS18B20, TDA5051A, teplotní čidlo

ABSTRACT

This thesis is aimed on design and realization of device for temperature measuring with signalization high temperature. The first part contains an analysis of temperature sensors. There are also included kinds, properties and comparison of sensors. The second part contains options of communication on home power line. Next part is focused on the own design of device. There is mentioned choise of components, circuit schematic and flowcharts. Last part deals with realization and testing of device.

KEYWORDS

Measure, temperature, microcontroller, DS18B20, TDA5051A, temperature sensor

BÍLÝ, S. *Návrh teplotního čidla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2012. 48 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Hruboš

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Návrh teplotního čidla jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňku Hrubošovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	vi
Seznam tabulek	vii
Úvod	8
1 ROZBOR TEPLOTNÍCH ČIDEL	9
1.1 Teplotní čidla.....	9
1.2 Odporové kovové senzory teploty	9
1.2.1 Platinové snímače teploty	10
1.3 Polovodičové odporové senzory teploty	11
1.3.1 Termistory.....	11
1.3.2 Monokrystalické polovodičové senzory	12
1.4 Parametry dostupných senzorů teploty	13
1.5 Analogová čidla s výstupním napětím.....	14
1.5.1 Převodník teplota/střída	14
1.6 Digitální čidla	16
2 MOŽNOSTI KOMUNIKACE PO SILOVÉM VEDENÍ	17
2.1 TDA5051A	17
2.1.1 Charakteristické vlastnosti obvodu TDA5051A	17
2.1.2 Blokové schéma TDA5051A	18
2.1.3 Rozložení pinů.....	18
2.1.4 Funkce obvodu.....	19
2.1.5 Odesílání dat	19
2.1.6 Příjem dat.....	19
2.1.7 Power down mód.....	19
2.2 ST7537HS1.....	20
2.2.1 Charakteristické vlastnosti obvodu	20
2.2.2 Funkce obvodu.....	20
2.2.3 Rozložení pinů.....	21
2.2.4 Vysílání dat.....	21

2.2.5	Vysílání dat.....	21
2.2.6	Přijímání dat.....	21
3	VLASTNÍ NÁVRH	22
3.1	Blokové schéma.....	22
3.2	Digitální čidlo DS18B20	23
3.2.1	Napájení obvodu	24
3.2.2	Inicializace	24
3.2.3	Paměť DS18B20	25
3.2.4	Teplotní registry.....	26
3.3	TDA5051A.....	27
3.3.1	Napájení obvodu	28
3.3.2	Proudové dimenzování obvodu	29
3.3.3	Výpočty napájecích zařízení	29
3.4	Mikropočítače	30
3.5	Indikace vysoké teploty	32
3.6	LCD displej.....	33
3.7	Software	33
3.7.1	Programování.....	33
3.7.2	Vývojové diagramy.....	34
4	REALIZACE A TEST ZAŘÍZENÍ	36
4.1	Desky plošných spojů a konstrukce zařízení	36
4.2	Test zařízení	37
5	ZÁVĚR	38
	Literatura	39
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	41
	Seznam příloh	42

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Závislost přesnosti na teplotě pro čidlo Pt100 [14]	10
Obr. 1.2 Teplotní závislost PTC termistoru [11]	12
Obr.1.3 Závislost odporu křemíkových monokrystalických senzorů KTY81- 1 a KTY83 na teplotě [13].....	13
Obr. 1.4 Příklad průběhů napětí na výstupu při $t_A=0^\circ\text{C}$ a $t_B=25^\circ\text{C}$	14
Obr. 2.1 Bloková struktura TDA5051A.....	18
Obr. 2.2 TDA5051A v pouzdře SO16	18
Obr. 2.3 Rozložení pinů ST7537HS1	21
Obr. 3.1 Blokové schéma funkce zařízení pro měření teploty.....	22
Obr. 3.2 DS18B20 v pouzdře TO-92 [5].....	23
Obr. 3.3 Blokové schéma externího napájení [5].....	24
Obr. 3.4 Blokové schéma parazitního napájení [5]	24
Obr. 3.5 Inicializace DS18B20 [5]	25
Obr. 3.6 Struktura konfiguračního registru	26
Obr. 3.7 Reprezentace naměřené teploty	26
Obr. 3.8 Katalogové zapojení TDA5051 [8].....	28
Obr. 3.9 Pouzdro ATmega8 s popisem pinů [4].....	31
Obr. 3.10 Pouzdro ATtiny2313 s popisem pinů [14].	31
Obr. 3.11 Ukázka KPEG222A [16].....	32
Obr. 3.12 Programátor USBASP v2.0 [16]	33
Obr. 3.13 Vývojový diagram pro mikrokontrolér Atmega8.....	34
Obr. 3.14 Vývojový diagram pro vysílací část	35
Obr. 4.1 Ukázka výsledného výrobku	36
Obr. 4.2 Přenášený rámec dat po silovém vedení.....	37
Obr. 4.3 Detail přenosu jednoho symbolu	37

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Srovnání analogových čidel.....	15
Tab. 1.2 Srovnání digitálních čidel	16
Tab. 3.1 Pole registrů “Scratchpad“	25
Tab. 3.2 Nastavení přesnosti měření teploty.....	26

ÚVOD

V praxi se můžeme často setkat s požadavkem na měření teploty v určitém místě, ať už pouze pro informativnost nebo nutnost, např. při signalizaci přehřátí v elektrickém zařízení. Teploměry se používají v mnoha oborech techniky.

Ve stavebnictví, elektrotechnice, lékařství, v domácnostech a jinde. Požadavky na přesnost teploměru se liší podle oblasti jejich použití. Na trhu jsou k dispozici bezdrátové teploměry pro měření teploty v domácnosti, přes průmyslové teploměry až po přesné laboratorní teploměry.

Tato práce je zaměřena na návrh teploměru při použití mikrokontroléru. Cílem práce je zkonstruovat zařízení pro měření dvou teplot s indikací vysoké teploty. Hodnota jedné z teplot je odesílána po domácích rozvodech energie. Druhá teplota je měřena v místnosti, kde jsou obě teploty zobrazovány na LCD displeji. Při dosažení teploty 80°C se spustí varovný signál a rozbliká LED dioda, což vyhodnocuje mikropočítač na přijímací straně.

Zařízení bude použito pro informativní měření teploty na kotli se signalizací při překročení vysoké teploty.

1 ROZBOR TEPLOTNÍCH ČIDEL

V této kapitole jsou rozebrány teplotní čidla z hlediska principu. Jsou zde uvedeny parametry, vlastnosti a srovnání čidel pro jejich použití při vyhodnocení teploty mikropočítačem.

1.1 Teplotní čidla

Teplotní čidlo je součástka nebo zapojení prvků, které vyjadřuje teplotu změnou jiné fyzikální veličiny. Čidla jsou vyrobena z materiálů, které pracují vždy na principu závislosti některé fyzikální veličiny na teplotě. Podle veličiny, která je teplotě úměrná, rozdělujeme senzory podle fyzikálního principu.

Možné rozdělení z hlediska fyzikálního principu:

- Dilatační
- Elektrická
- Speciální

Pro vyhodnocení teploty je potřeba převést veličinu na elektrické napětí, které už následným A/D převodem můžeme zpracovávat mikropočítačem. V další části jsou rozdělena teplotní čidla z hlediska jejich výstupní veličiny. To znamená, jak sensor převádí teplotu na dále zpracovatelný signál pro mikrokontrolér.

Rozdělení podle výstupní veličiny:

- Analogová
- Digitální

1.2 Odporové kovové senzory teploty

Principem těchto senzorů je závislost odporu kovu na teplotě. Základní veličinou pro materiály je teplotní součinitel odporu α . Pro rozsah teplot 0 až 100 °C lze pro výslednou hodnotu odporu použít vztah [11]

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \quad (1.1)$$

Kde α [K⁻¹] je teplotní součinitel odporu

R_0 [Ω] odpor teploměru při hodnotě 0°C.

Teplotní součinitel odporu se vypočítá podle vztahu

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 \cdot R_0}, \quad (1.2)$$

kde R_{100} [Ω] je odpor teploměru při teplotě 100°C .

Další důležitou veličinou je tzv. redukovaný odpor W_{100}

$$W_{100} = \frac{R_{100}}{R_0} [-] \quad (1.3)$$

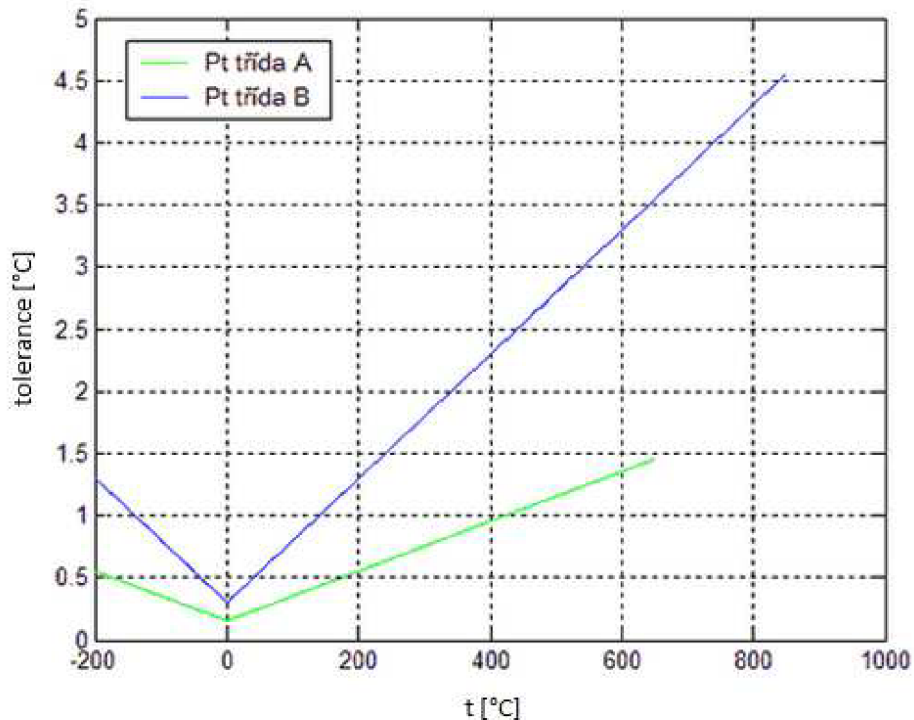
Ten udává poměr odporů při teplotě 0 a 100°C .

1.2.1 Platinové snímače teploty

Platina se vyznačuje velkou časovou stálostí a vysokou teplotou tání. Senzory z platiny se vyznačují svou vysokou přesností, téměř lineární teplotní závislostí odporu a velkým rozsahem teplot. Čistota platiny se posuzuje podle redukovaného odporu W_{100} . Jeho hodnota je u platinových snímačů předepsána normou [11].

Hodnota W_{100} pro platinu:

$$W_{100} = \frac{R_{100}}{R_0} \geq 1,385 \quad (1.4)$$



Obr. 1.1 Závislost přesnosti na teplotě pro čidlo Pt100 [14]

Často využívaným platinovým senzorem je čidlo Pt100. Je standardně vyráběno ve dvou tolerančních třídách A a B.

<i>Třída A:</i>	Rozsah teplot [°C]:	-200 až 650°C
	Tolerance [°C]	$\pm 0,15 + 0,002 \cdot t $
<i>Třída B:</i>	Rozsah teplot [°C]:	-200 až 850°C
	Tolerance [°C]	$\pm 0,3 + 0,005 \cdot t $

Standartní hodnota odporu čidla Pt100 je při teplotě 0°C rovna 100Ω. Dále se vyrábějí platinové senzory pro hodnoty 50, 200, 500, 1000 a 2000Ω.

1.3 Polovodičové odporové senzory teploty

Polovodičové odporové senzory využívají obdobně jako kovové odporové senzory závislost odporu materiálu na teplotě.

Rozdělení polovodičových odporových senzorů:

1. Termistory

- Negastory
- Pozistory

2. Monokrystalické polovodičové senzory

1.3.1 Termistory

Termistory se dělí podle struktury na amorfni a polykrystalické. Jejich teplotní závislost a rozsah teplot se odvíjí podle vlastností materiálu.

Negastory (NTC)

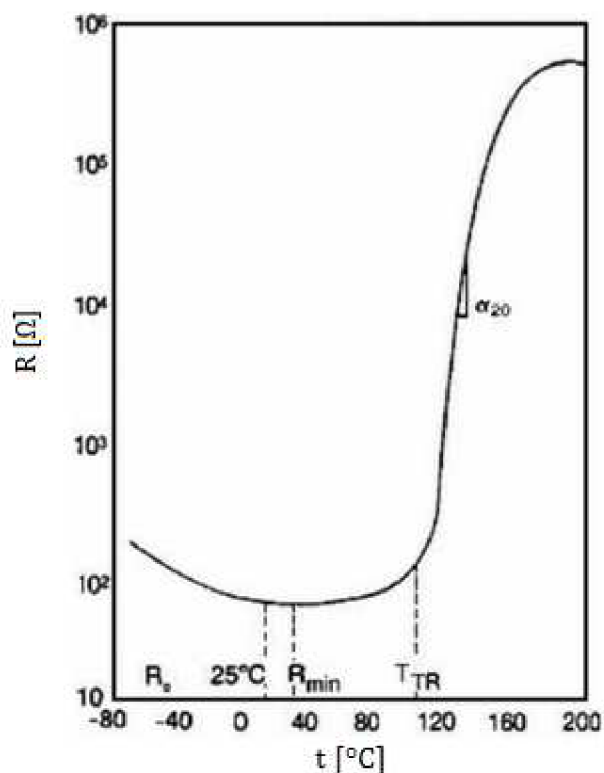
Jedná se o termistory se záporným teplotním součinitelem odporu. To znamená, že s rostoucí teplotou se koncentrace nosičů náboje zvyšuje a tím dochází ke snížení odporu. Běžné termistory se vyrábějí pro teplotní rozsahy od -50°C do 150°C, speciální až do teploty 1000°C. Závislost odporu na teplotě je popsána exponenciální funkcí [11]

$$R = R_0 \cdot e^{-B_T \cdot \left(\frac{1}{t_0} - \frac{1}{t}\right)} \quad (1.5)$$

Kde R je odpor negastoru při teplotě t [Ω]
R₀ je odpor negastoru při teplotě t₀ [Ω]
B_T je konstanta materiálu.

Pozistory (PTC)

PTC termistory („Positive temperature coefficient“) mají na rozdíl od negastorů kladný teplotní součinitel. S rostoucí teplotou se hodnota odporu zvyšuje.



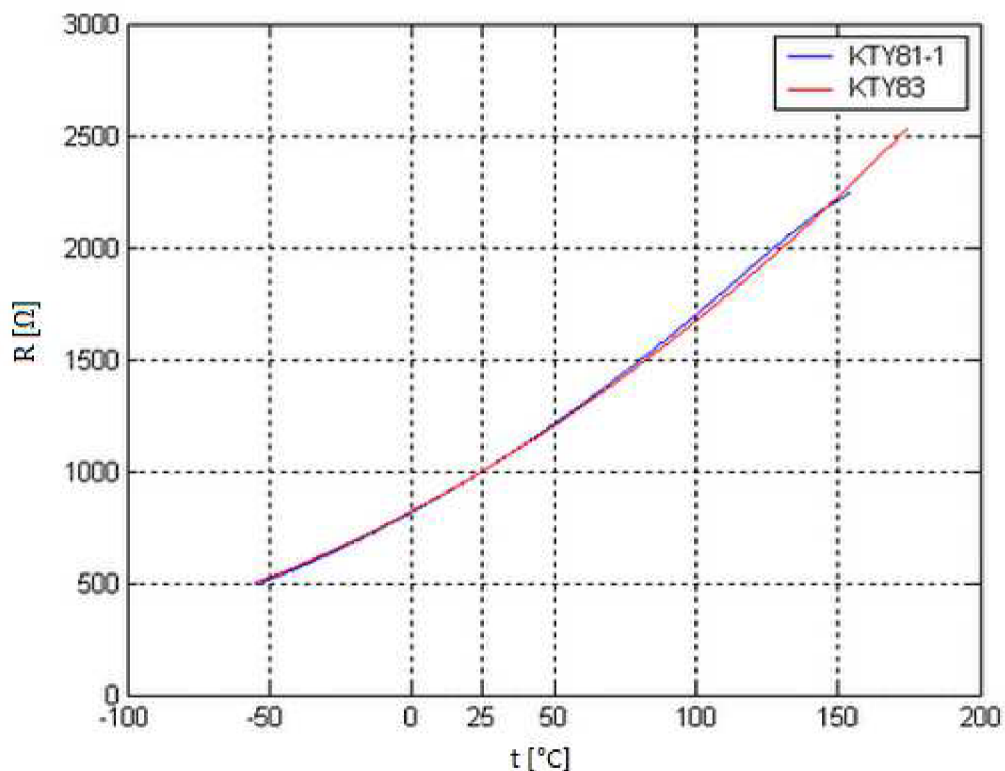
Obr. 1.2 Teplotní závislost PTC termistoru [11]

Z grafu na Obr. 1.2 je patrné, že PTC termistory mají nelineární závislost odporu na teplotě. Odpor termistoru nejprve mírně klesá a po překročení Curierovy teploty (T_{TR}) prudce vzroste. Curierova teplota nebo též teplota přechodu, závisí na chemickém složení materiálu. PTC termistory je možné využít pro měření teploty ve velmi úzkém teplotním rozsahu nebo jako dvoustavové senzory, při překročení určité teploty.

1.3.2 Monokrystalické polovodičové senzory

Monokrystalické senzory teploty se vyrábějí z křemíku, germania, india a jejich slitin. V praxi se vyrábějí senzory z křemíku v teplotním rozsahu od -50°C do 150°C . Pro výrobu se používá nevlastního polovodiče typu N. Monokrystalické Si senzory mají podobně jako PTC termistory kladný teplotní součinitel odporu, s rostoucí teplotou dochází ke zmenšování pohyblivosti nosičů a tím se zvyšuje

odpor. Na Obr. 1.3 je znázorněna závislost odporu na teplotě pro křemíkové senzory KTY-81-1 a KTY83. Charakteristika má mírně nelineární průběh. Pro použití senzoru je nutné nelinearitu kompenzovat linearizačními obvody.



Obr.1.3 Závislost odporu křemíkových monokrystalických senzorů KTY81- 1 a KTY83 na teplotě [13]

1.4 Parametry dostupných senzorů teploty

Mezi hlavní parametry teplotních čidel patří přesnost měření teploty, použitelnost v určitém rozmezí teplot, nelinearita, napájecí napětí, odběr proudu, rozměry a komunikační protokol pro připojení k mikropočítači (u digitálních čidel).

Nelinearita:

Je definována jako odchylka od lineární části převodní charakteristiky výstupního napětí na teplotě v celém teplotním rozsahu čidla.

Přesnost:

Je deklarovaná hodnota chyby, která může nastat při měření. V katalogových listech senzorů jsou vždy uvedeny detailnější informace o přesnostech čidel v různých rozmezích teplot celého svého teplotního rozsahu.

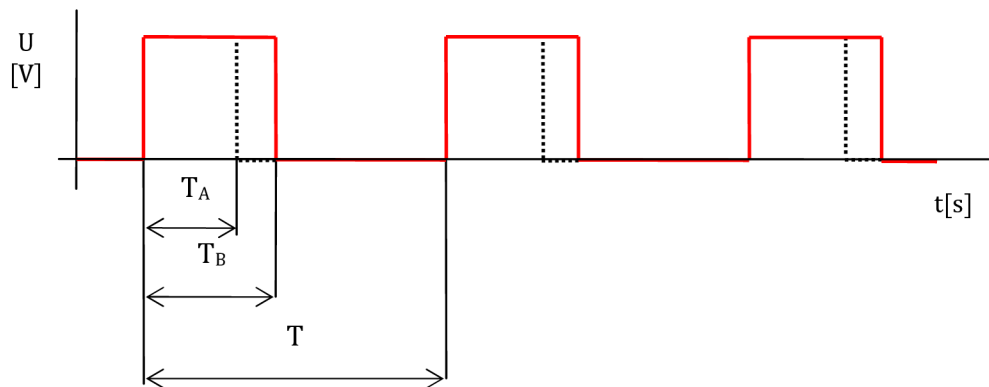
1.5 Analogová čidla s výstupním napětím

Tato čidla mají výstupní napětí úměrné naměřené teplotě. V podstatě se jedná o digitální čidla bez integrovaného A/D převodníku v pouzdře součástky. Pro vyhodnocení teploty mikrokontrolérem je nutné výstupní napětí zpracovávat v A/D převodníku.

1.5.1 Převodník teplota/střída

Na výstupu čidla je generováno napětí obdélníkového průběhu o úrovni TTL a frekvenci 1 až 4 kHz. Střída tohoto signálu roste lineárně s teplotou podle vztahu (1.4), [7]

$$DC = 0,32 + 0,0047 \cdot t. \quad (1.6)$$



Obr. 1.4 Příklad průběhů napětí na výstupu při $t_A=0^\circ\text{C}$ a $t_B=25^\circ\text{C}$

Kde DC značí střidu („Duty cycle“) [-]
t je teplota [$^\circ\text{C}$]
 T_A je doba odpovídající střídě při teplotě 0°C [s]
 T_B je doba odpovídající střídě při teplotě 25°C [s]
T je celková doba periody [s].

Šířkově modulovaný signál (PWM) lze dále vyhodnocovat mikrokontrolérem využitím časovače nebo vnitřního komparátoru.

Parametry SMT 160-30:

- Rozsah teplot: -45 až 130°C
- Nelinearita: $\pm 0,2^\circ\text{C}$
- Přesnost čidla: $\pm 0,7^\circ\text{C}$
- Napájecí napětí: $4,75 \div 7\text{ V}$
- Spotřeba: $< 1\text{mW}$

Tab. 1.1 Srovnání analogových čidel

Typ	Přesnost [°C]	Teplotní rozsah [°C]	Rozsah napájecího napětí [V]	Pin-Pouzdro	Nelinearita [°C]
MAX6607	$\pm 0,6(+20 \div 50^{\circ}\text{C})$	$-20 \div 85$	$1,8 \div 3,6$	5 - SOT23	-
	$\pm 0,7(0 \div 70^{\circ}\text{C})$				
	$\pm 1(-10 \div 85^{\circ}\text{C})$			5 - SC70	
	$\pm 1,5(-20 \div -10^{\circ}\text{C})$				
LM35	$\pm 0,5(+25^{\circ}\text{C})$	$-55 \div 150$	$4 \div 30$	3 - TO-46	$\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ ($+25^{\circ}\text{C}$)
	$\pm 1(-55 \div 150^{\circ}\text{C})$			3 - TO-92	
				8 - SO	$\pm 0,75^{\circ}\text{C}$ ($-55 \div 150^{\circ}\text{C}$)
				3 - TO-220	
DS600	$\pm 0,5(-20 \div 100^{\circ}\text{C})$	$-40 \div 125$	$2,7 \div 5,5$	8 - μSOP	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
	$\pm 0,75$ ($-40 \div 125^{\circ}\text{C}$)				

1.6 Digitální čidla

Hodnota teploty je u digitálních čidel vyjádřena v binární podobě. V dnešní době jsou to jedny z nejpoužívanějších čidel z důvodu relativně snadného připojení k mikrokontroléru. Dalším důvodem může být větší přesnost, neboť u jiných typů čidel je nutné ke správné funkci přidat další obvody pro vyhodnocení teploty, které do celého systému mohou vnášet další chyby. Rovněž je možné digitální senzor připojit ve větší vzdálenosti od DPS použitím přívodních vodičů, protože digitální informace se nezmění na rozdíl od analogového čidla, na kterém by mohl tímto způsobem vzniknout úbytek napětí a tedy chyba, která by se projevila v nepřesnosti naměřené teploty.

Digitální čidla se vyrábějí pro různá komunikační rozhraní. Mezi nejrozšířenější protokoly komunikace patří I²C, SMBus a SPI rozhraní. U mikrokontrolérů AVR je I²C pod označením TWI, funkce je ovšem pořád stejná.

Některá čidla jsou navíc programovatelná, tudíž je možnost zvolit teplotní rozlišitelnost na desetiny nebo až tisíciný °C.

Tab. 1.2 Srovnání digitálních čidel

Typ	Přesnost [°C]	Teplotní rozsah [°C]	Rozsah napájecího napětí [V]	Pin-Pouzdro	Rozhraní
DS18B20	±0,5(-10÷85°C)	-55 ÷ 125°C	3 ÷ 5,5	3 - TO-92	1-wire
				8 - μSOP	
				8 - SO	
TMP124	±1,5(-25÷85°C)	-40 ÷ 125°C	2,7 ÷ 5,5	6 - SOT23	SPI
	±2(-40÷125°C)			8 - SO	
MAX6633	±1(0÷50°C)	-40 ÷ 125°C	3 ÷ 5,5	8 - SO	SMBus I ² C
	±1,5(-20÷85°C)				
	±2,5(-40÷125°C)				

2 MOŽNOSTI KOMUNIKACE PO SILOVÉM VEDENÍ

Pro přenos informace v budově máme více možností, jak řešit komunikaci. Pro případ, kdy přenášíme data v budově, by mohl nastat problém se stíněním zdí. V dnešní době jsou na trhu dostupné moduly, které přenášejí data po silovém vedení 230V. V této kapitole jsou uvedeny vlastnosti a funkce dvou integrovaných obvodů, které jsou schopny komunikace po domácích rozvodech energie.

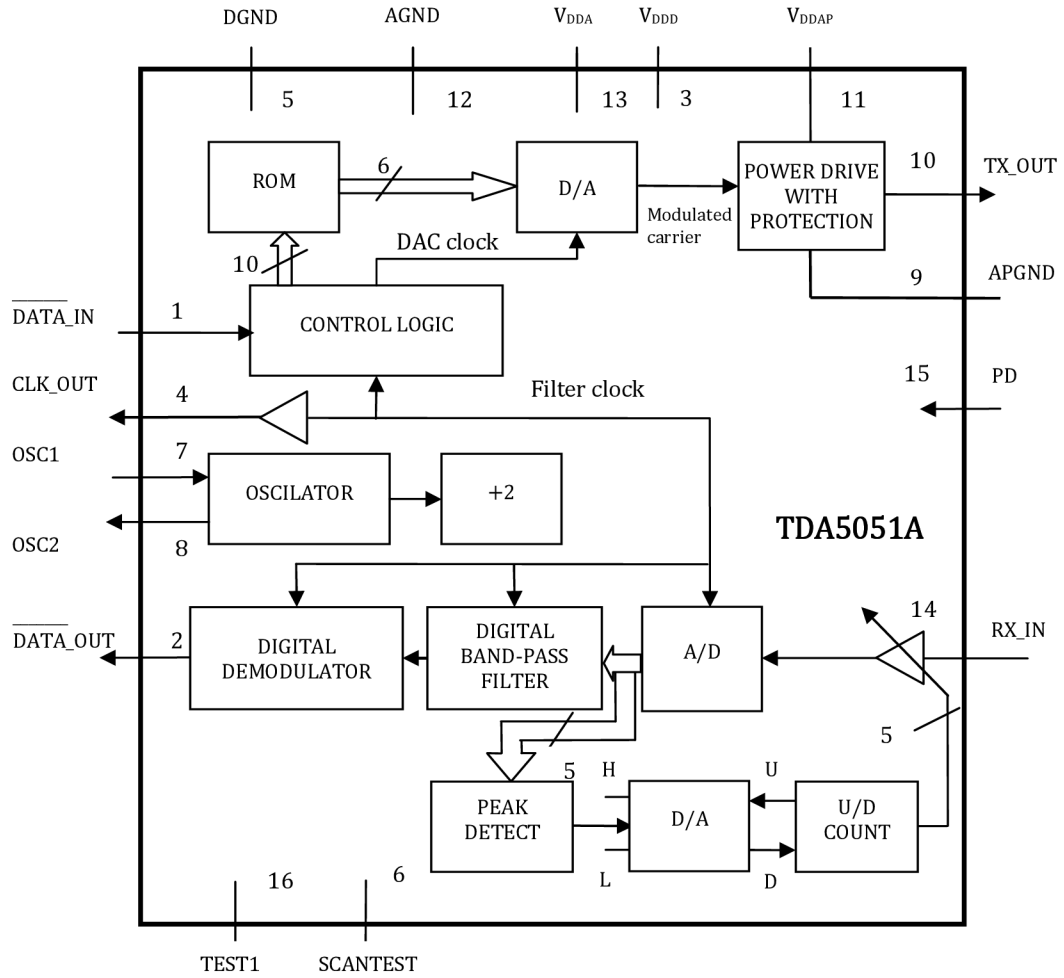
2.1 TDA5051A

Obvod TDA5051A vyvinutý firmou Philips pro sériový přenos dat po rozvodech energie 230V.

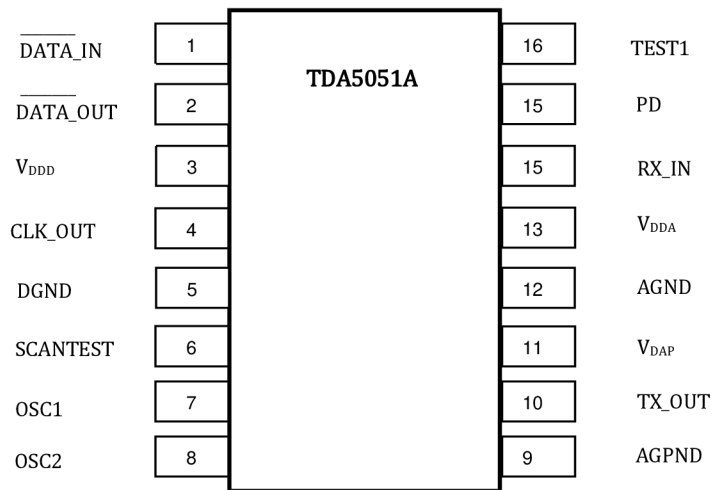
2.1.1 Charakteristické vlastnosti obvodu TDA5051A

- Data vysílaná přes síť jsou amplitudově modulována (ASK)
- Přenosová rychlost 600 nebo 1200 b/s
- Přenos na frekvenci 95 – 148,5 kHz, v závislosti na použitém krystalu
- Vyráběn v pouzdrech SO16, DIP
- Proudový odběr max. 114 mA
- Napájecí napětí +5V

2.1.2 Blokové schéma TDA5051A



Obr. 2.1 Bloková struktura TDA5051A



Obr. 2.2 TDA5051A v pouzdře SO16

2.1.4 Funkce obvodu

Všechny logické vstupy a výstupy jsou kompatibilní s úrovněmi napětí CMOS a TTL.

Data určená k vyslání jsou přivedena sériovou linkou na vstup DATA_IN. Vstupní data z mikropočítače vstupují do filtru a následně jsou modulována. Modulovaný signál je pak dále zesílený a posíláný na výstup TX_OUT.

Přijatý analogový signál je nejprve přiveden na zesilovač s automatickým nastavením zesílení. Zesílený signál je zpracován v A/D převodníku a následuje digitální pásmová filtrace. Poté jsou data demodulována a posílána na výstup DATA_OUT.

Příjem a vysílání dat přes síť je synchronizováno buď pomocí hodinového signálu z mikrokontroléru, nebo může být použito externího krystalu. Nosná frekvence se generuje podle frekvence použitého krystalu nebo hodinového signálu z mikropočítače podle vztahu (2.1),[8]

$$f_N = \frac{f_{osc}}{64} [Hz] . \quad (2.1)$$

Kde f_N je kmitočet nosného signálu a f_{osc} frekvence krystalu [Hz].

2.1.5 Odesílání dat

Posloupnost vstupních dat je přivedena na vstup DATA_IN. Tento vstup je aktivní s nízkou úrovní tzv. „active LOW“, což znamená, že na pinu TX_OUT se generuje impuls v okamžiku, kdy vstup DATA_IN je v nízké úrovni.

2.1.6 Příjem dat

Signál přivedený přes síť je rovněž „active LOW“, to znamená, že objeví-li se impuls na přijímacím pinu RX_IN, na pinu DATA_OUT čteme log. 0.

2.1.7 Power down mód

Tento režim lze vyvolat zápisem log. 1 na pin PD. V tomto stavu jsou vypnuty všechny funkce obvodu, aktivní je pouze krystal, který vytváří hodinový signál. Spotřeba je v režimu „power down“ minimální.

2.2 ST7537HS1

Další možností, jak přenášet datové signály po domácích rozvodech energie je použít obvod ST7537HS1, od firmy Thomson, který plní podobnou funkci jako TDA5051A.

2.2.1 Charakteristické vlastnosti obvodu

- Poloduplexní asynchronní přenos s FSK modulací
- Přenosová rychlost 2400 b/s
- Napájecí napětí 10V, 5 V pro digitální část vstupně/výstupních obvodů

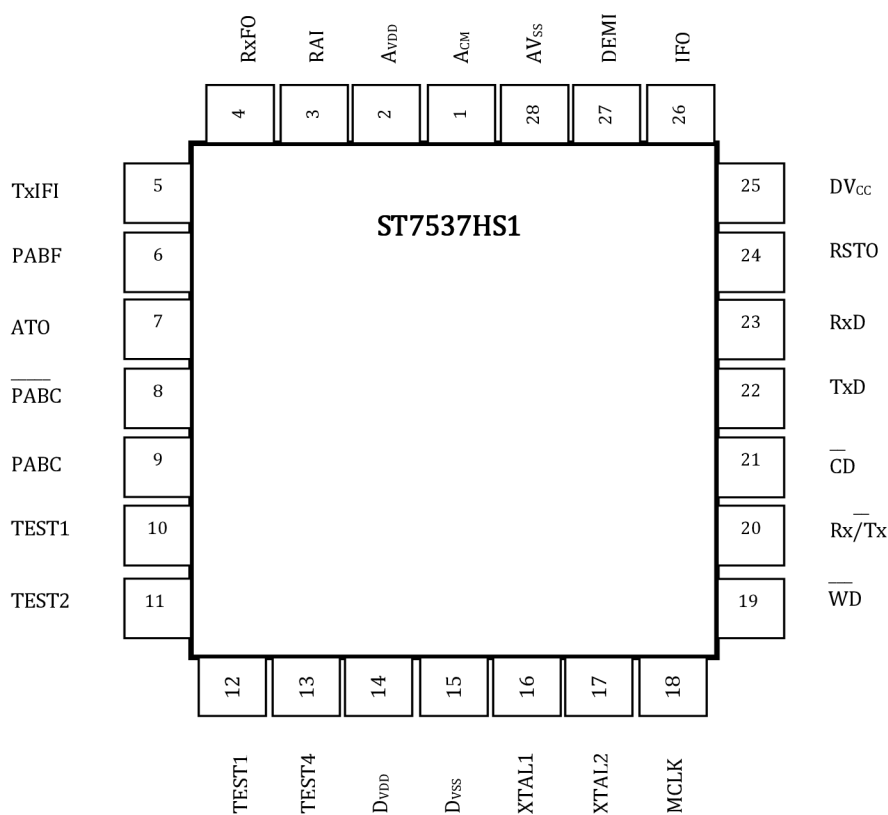
2.2.2 Funkce obvodu

ST7537HS1 využívá poloduplexní přenos, tudíž je potřeba rozlišit, kdy je obvod ve funkci vysílání dat a kdy data přijímá. Je-li vstup Rx/Tx v log. 0 je aktivní vysílací režim, v opačném případě je aktivní funkce přijímání.

Vysílaná data jsou frekvenčně modulována, vstupují do antialiasing filtru a následně do pásmové propusti, kde se omezí nežádoucí harmonické složky. Dále signál vstupuje do zesilovače a modulovaný signál je vysílán do sítě prostřednictvím pinu TAO („Transmit analog output“).

Přijímaný analogový signál je přiveden ze vstupu RAI („Receive analog input“) do pásmové propusti se středním kmitočtem 12kHz. Následně je zesílen, případně omezen při velké úrovni signálu. Nosný kmitočet je před vstupem do FSK demodulátoru posunut na 5,4kHz, kvůli zlepšení poměru signál/šum. Demodulovaná data jsou na výstupu RxD k dispozici, je-li vstup CD v nízké úrovni [9].

2.2.3 Rozložení pinů



Obr. 2.3 Rozložení pinů ST7537HS1

2.2.5 Vysílání dat

Vysílání dat je zahájeno, je-li Rx/Tx v nízké úrovni. Je-li Rx/Tx v log. 0 déle než 1s, obvod se automaticky přepne do režimu přijímání. Zpětná aktivace režimu vysílání se pak provede nastavením Rx/Tx do vysoké úrovně na dobu minimálně 2 μ s.

Data určená k vyslání jsou přivedena sériovým rozhraním na vstup TxD. Data jsou poté převedena na analogová a modulována. Z výstupního pinu ATO jsou vysílána do sítě.

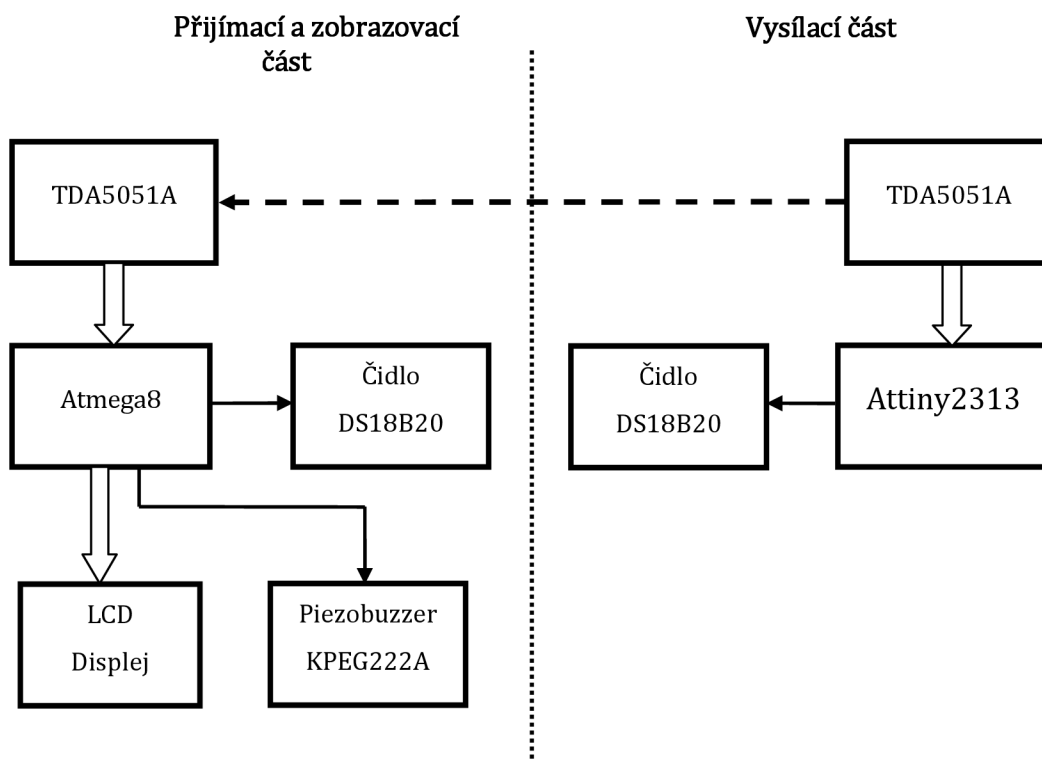
2.2.6 Přijímání dat

Je-li Rx/Tx nastaven na log. 1 je aktivní přijímání dat. Přijatá analogová data ze sítě jsou nejprve upravena průchodem filtrů, demodulována a převedena na digitální. Na výstupu RxD jsou potom digitální data, která jsou posílána sériovou linkou do mikropočítače.

3 VLASTNÍ NÁVRH

V této kapitole je uveden výběr hardwarových částí pro návrh zařízení. Jsou rozebrány vlastnosti a parametry vybraných komponent a návrh napájení obvodu s výpočtem napájecích zařízení. Následuje vývojový diagram, podle kterého vznikl software pro oba mikrokontroléry.

3.1 Blokové schéma



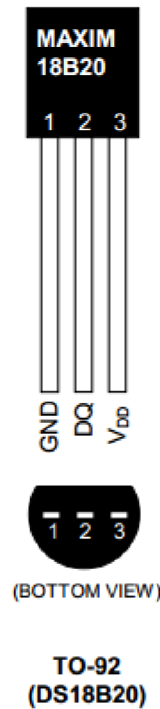
Obr. 3.1 Blokové schéma funkce zařízení pro měření teploty

3.2 Digitální čidlo DS18B20

Pro měření teploty byla vybrána teplotní čidla DS18B20. Jedná se o monolitické digitální čidla od firmy Maxim, dříve Dallas Semiconductor. Čidla komunikují po sběrnici 1-wire, nevyžadují externí kalibraci a umožňují přímé měření teploty bez nutnosti konverze naměřené teploty.

Základní vlastnosti čidla DS18B20:

- Přesnost měření teploty: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (do $+85^{\circ}\text{C}$)
- Teplotní rozsah: -55°C až $+125^{\circ}\text{C}$
- Napájecí napětí: 3 – 5,5 V
- Programovatelná přesnost měření: 9 – 12 bitů



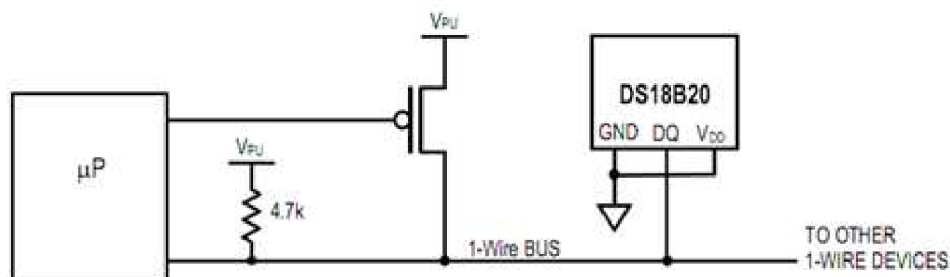
Obr. 3.2 DS18B20 v pouzdře TO-92 [5]

3.2.1 Napájení obvodu

Senzor může být napájen dvěma způsoby.

Externí napájení:

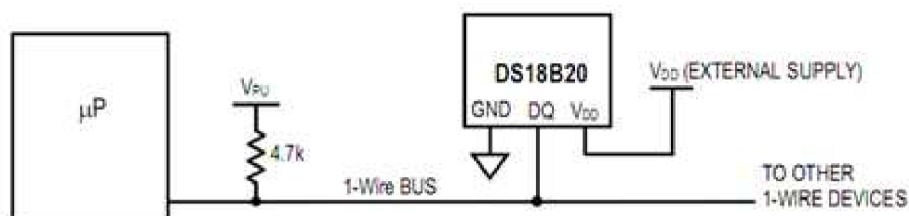
Blokové schéma externího napájení je uvedeno na Obr. 3.3. V tomto zapojení má čidlo teplotní rozsah -55 až 125°C.



Obr. 3.3 Blokové schéma externího napájení [5]

Parazitní napájení:

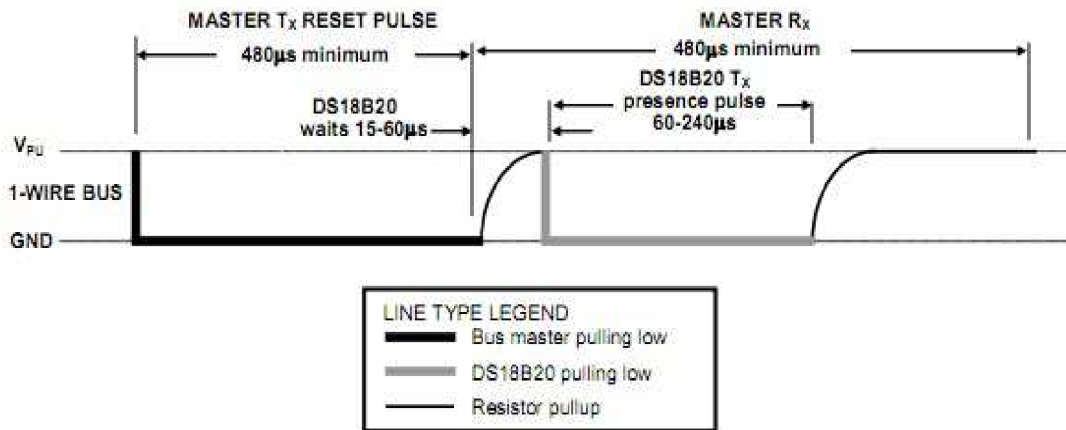
V tomto zapojení je napájecí pin uzemněn a napětí je přivedeno přes pin DQ připojeným Mosfet tranzistorem. Toto napájení má nevýhodu v omezeném teplotním rozsahu čidla, které se při tomto zapojení sníží na +100°C.



Obr. 3.4 Blokové schéma parazitního napájení [5]

3.2.2 Inicializace

Komunikace mikrokontroléru s čidlem probíhá po jednom vodiči. Standart komunikace 1-wire vytvořila firma Dallas, kterou odkoupila společnost Maxim. Komunikace je zahájena reset pulsem, který vyžle mikrokontrolér a „stáhne“ sběrnici do log. 0 na dobu 480μs. Poté připojený pull-up rezistor „vytáhne“ sběrnici do log. 1 na 15 až 60 μs. Je-li na sběrnici připojeno zařízení, DS18B20 „stáhne“ úroveň datového vodiče opět do log. 0 na dobu 240μs. Tím mikropočítač inicializuje zařízení a zjistí, je-li na sběrnici DS18B20 připojen a můžeme tedy číst změřenou teplotu. Inicializace probíhá před každým měřením teploty.



Obr. 3.5 Inicializace DS18B20 [5]

3.2.3 Paměť DS18B20

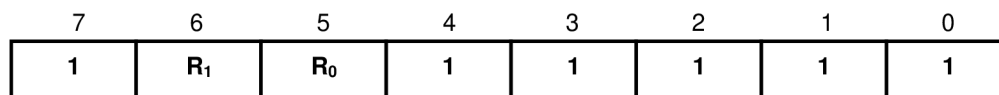
Čidlo má integrovanou ROM paměť, kde je uložena jedinečná adresa každého teploměru, při použití více DS18B20 připojených na jednu sběrnici. Dále obsahuje paměť SRAM, kde je uloženo pole pracovních registrů Scratchpad. Struktura pole je znázorněna v Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Pole registrů “Scratchpad“

SRAM			
byte 0	LSB Teplota		
byte 1	MSB Teplota		EEPROM
byte 2	T _L	-->	T _L
byte 3	T _H	-->	T _H
byte 4	Konfigurační registr	-->	Konfigurační registr
byte 5	Rezervováno		
byte 6	Rezervováno		
byte 7	Rezervováno		
byte 8	CRC		

Konfigurační registr:

Přesnost s jakou bude konverze teploty probíhat lze programově nastavovat. K nastavení slouží konfigurační registr. Jeho schéma je znázorněno na Obr. 3.6.



Obr. 3.6 Struktura konfiguračního registru

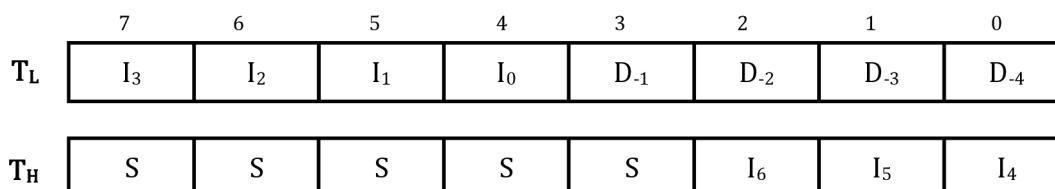
Bity R₁ a R₀ můžeme zvolit přesnost s jakou bude měření probíhat. Čidlo umožňuje 9 až 12bitové rozlišení naměřené teploty. Kombinace bitů, odpovídající přesnost a doba převodu je uvedena v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Nastavení přesnosti měření teploty

R ₁	R ₀	Rozlišení[bitů]	Max. doba převodu [ms]	Přesnost[°C]
0	0	9	93,75	0,5
0	1	10	187,5	0,25
1	0	11	375	0,125
1	1	12	750	0,0625

3.2.4 Teplotní registry

Na prvních dvou adresách paměti SRAM je uložena naměřená teplota ve formátu podle Obr. 3.7.



Obr. 3.7 Reprezentace naměřené teploty

- Kde $I_6: I_0$ reprezentují celočíselné hodnoty naměřené teploty s váhami $2^6 \div 2^0$
- $D_{-4}: D_{-1}$ reprezentují desetinné hodnoty naměřené teploty s váhami $2^{-1} \div 2^{-4}$
- S určuje znaménko teploty. Log. 0 odpovídá kladné teplotě. Log. 1 značí zápornou teplotu. Záporná teplota je uložena v dvojkovém doplňkovém kódu.

Pro měření vzdálené teploty, na kotli, bylo zvoleno nižší rozlišení (0,5°C), protože na kotli očekáváme teplotu vyšší a není zde potřeba taková přesnost. Pro čidlo v místnosti bylo zvoleno rozlišení 12-ti bitové (0,0625°C), které je v čidle nastaveno standardně.

3.3 TDA5051A

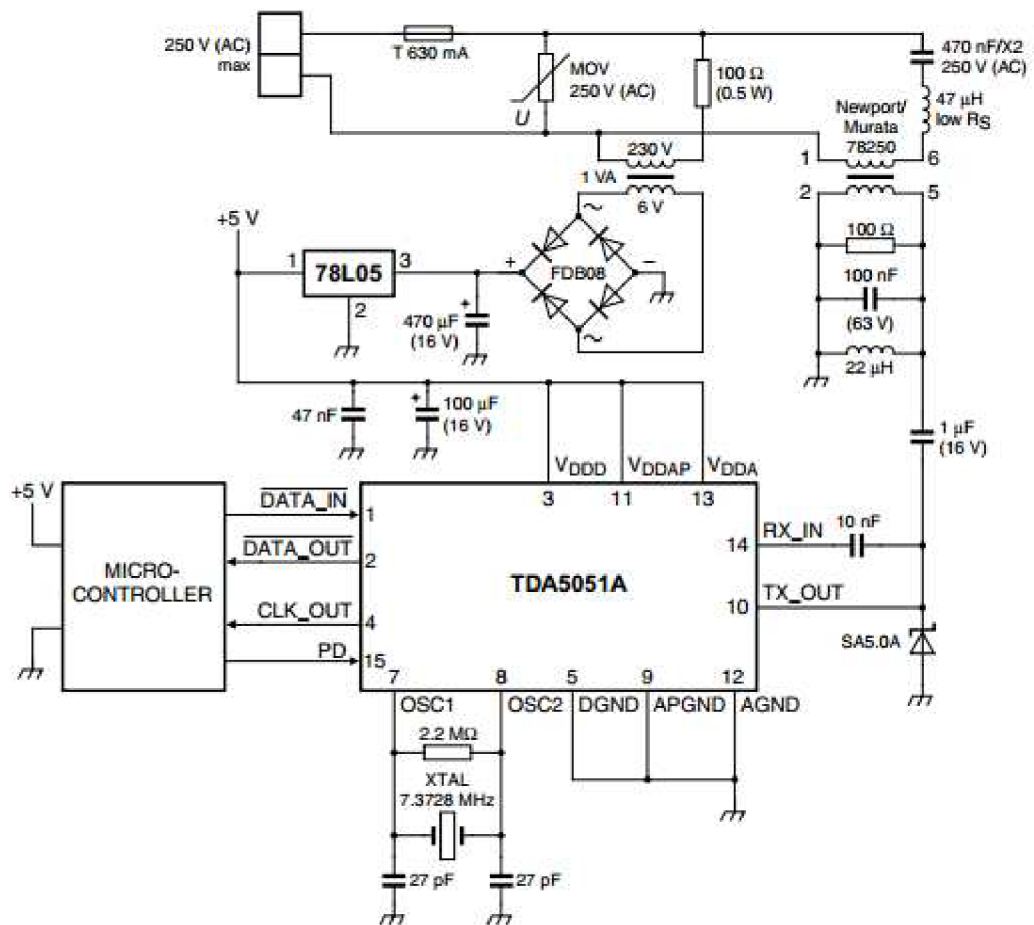
Pro návrh řešení byl vybrán modul TDA5051A. Jedná se o obvod, který je schopen vysílat a přijímat datové signály po domácích rozvodech energie. Obvod je připojen k mikropočítači jako asynchronní sériová linka USART.

Data, která potřebujeme vyslat, přivedeme na vstup DATA_IN. Na výstupu TX_OUT jsou potom modulovaná data, která jsou vysílána přes rozvody 230V a zpracována druhým modulem, který data demoduluje a převádí na digitální.

Pro příjem dat je spojen pin DATA_OUT na TDA5051A s přijímacím pinem USARTu na ATmega8.

3.3.1 Napájení obvodu

V katalogovém listu TDA5051A je uvedeno doporučené zapojení [8](Obr. 3.8).



Obr. 3.8 Katalogové zapojení TDA5051 [8]

Napájení potřebné pro síťový modem, displej, mikropočítače a teplotní čidlo je 5V. Síťové napětí je přivedeno přes pojistku na transformátor. Výstupní napětí transformátoru je přivedeno na diodový můstkový usměrňovač. Na výstup usměrňovače jsou paralelně připojené elektrolytické kondenzátory, které slouží k vyhlazení výstupního napětí. Již usměrněné napětí je přivedeno na stabilizátor L7805AC2T, s pevně daným stabilizačním napětím +5V.

3.3.2 Proudové dimenzování obvodu

TDA5051A má maximální proudový odběr při vysílání dat. Celkový odebíraný proud se vypočte podle vztahu [8]

$$I_{CC} = I_{Rx/Tx} + I_{PAMP} = 38 + 76 = 114mA. \quad (3.1)$$

Kde I_{CC} je celkový napájecí proud [mA]

$I_{Rx/Tx}$ je proudový odběr [mA]

I_{PAMP} je napájecí proud zesilovače [mA].

Celkový odebíraný proud I_{MAX} vypočítáme jako součet dílčích proudových odběrů.

$$I_{MAX} = I_{CC} + I_{LCD} + I_{\mu P} + I_{DS} + I_{KPEG} = 114 + 300 + 3,6 + 1,5 + 14$$
$$I_{MAX} \cong 433mA \quad (3.2)$$

3.3.3 Výpočty napájecích zařízení

Zvolený stabilizátor L7805AC2T potřebuje k správné funkci vstupní napětí v rozmezí 8 až 20V. Úbytek napětí na stabilizátoru je dán ztrátami, které vznikají. Ztráty jsou dány přímo úbytkem napětí na stabilizátoru a přeměnou tepla na napětí. Vztahy pro výpočet filtračních kondenzátorů jsou uvedeny v literatuře[12].

Velikost filtračního kondenzátoru na výstupu usměrňovače:

$$C = \frac{k \cdot I_{MAX}}{p \cdot U_{VYST}} = \frac{200 \cdot 0,433}{25,6 \cdot 10,75} = 0,305mF = 314,68\mu F \quad (3.3)$$

Kde k je konstanta (pro dvoucestné usměrnění $k=200$) [-]

$$U_{SS} = (U_2 - U_M) \cdot \sqrt{2} = (9 - 1,4) \cdot \sqrt{2} = 10,75V \quad (3.4)$$

Kde U_{SS} je usměrněné napětí [V]

U_2 je napětí na sekundárním vinutí transformátoru [V]

U_M vyjadřuje úbytek na usměrňovači [V]

Velikost filtračního kondenzátoru na výstupu stabilizátoru:

$$p \leq \frac{(U_2 - U_M) \cdot \sqrt{2} - (U_{VYST} + U_{MIN})}{(U_2 - U_M) \cdot \sqrt{2}} = \frac{(9 - 1,4) \cdot \sqrt{2} - (5 + 3)}{(9 - 1,4) \cdot \sqrt{2}} = 25,6\% \quad (3.5)$$

$$C = \frac{300 \cdot I_{MAX}}{p \cdot \sqrt{2} \cdot (9 - 1,4)} = \frac{300 \cdot 419}{25,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 7,6} = 456,95\mu F \quad [\mu F, mA, \%, V] \quad (3.6)$$

Kde p je maximální zvlnění na vstupu stabilizátoru [%]

U_{MIN} je minimální rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím stabilizátoru [V]

I_{MAX} je celkový odebíraný proud [mA]

C je výsledná hodnota filtračního kondenzátoru [μF]

Výpočet pro vysílací část:

Hodnoty kondenzátorů pro druhou DPS se změní, kvůli nižšímu odběru, protože zde není připojen LCD displej. Proudový odběr pro vysílací část byl stanoven na 119mA.

Hodnota kondenzátoru na výstup usměrňovače je tedy:

$$C = \frac{k \cdot I_{MAX}}{p \cdot U_{VYST}} = \frac{200 \cdot 0,119}{25,6 \cdot 10,75} = 0,086mF = 86\mu F \quad (3.7)$$

Kondenzátor na výstupu stabilizátoru:

$$C = \frac{300 \cdot I_{MAX}}{p \cdot \sqrt{2} \cdot (9-1,4)} = \frac{300 \cdot 119}{25,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 7,6} = 129,75\mu F \quad [\mu F, mA, \%, V] \quad (3.8)$$

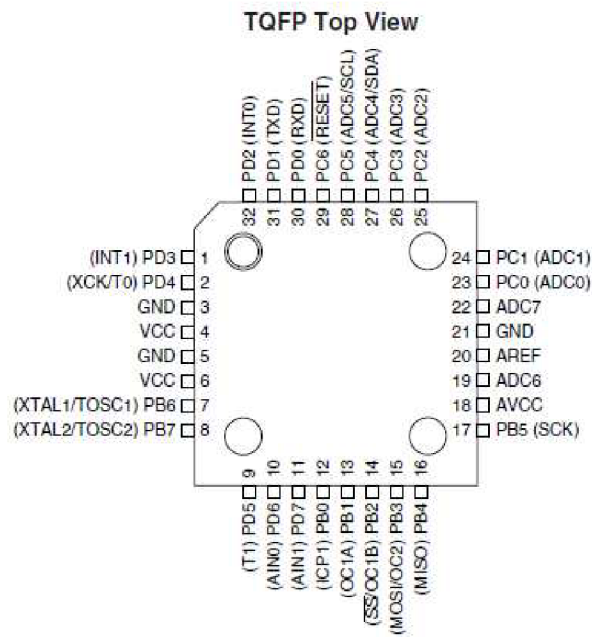
Všechny hodnoty kondenzátorů byly voleny jako nejbližší vyšší hodnota k vypočítané kapacitě.

3.4 Mikropočítače

Při výběru mikrokontroléru nás zajímají požadavky na jeho vybavenost a výpočetní výkon. Rozhodujeme se z hlediska dostatečného počtu I/O portů, čítačů/časovačů, externích přerušení, vlastnosti interního A/D převodníku nebo dostatečně velké paměti pro software. Pro vytváření hodinového signálu máme možnost použít interní oscilátor, který všem není stabilní. Podle frekvence krystalu se odvíjí funkce pro zpoždění i přenosová rychlost u sériové komunikace. Proto byl použit externí krystal o frekvenci 16MHz. Jeho aktivace se provádí zápisem do tzv. „Fuse bytů“. Pro vlastní návrh byl vybrán ATmega8 pro přijímací část.

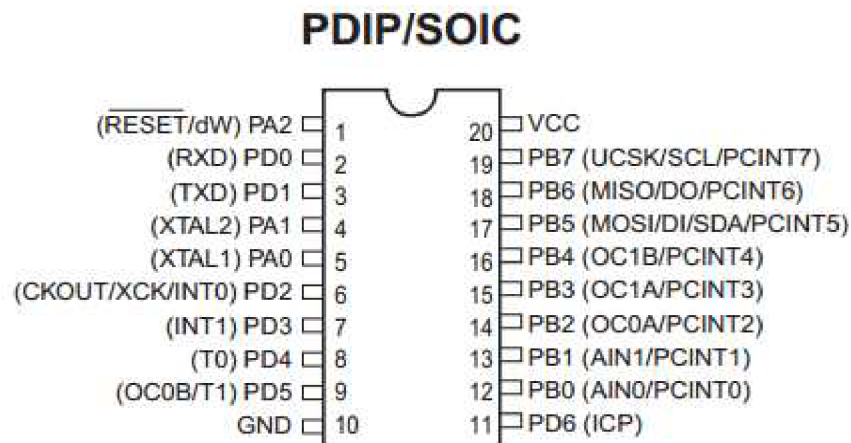
Základní parametry ATmega8:

- 8kB Flash SRAM pro program
- 512B EEPROM
- Sériové rozhraní USART, SPI, I²C
- 2x8-bit čítač/časovač
 - 1x16-bit čítač/časovač
 - 8bitový A/D převodník



Obr. 3.9 Pouzdro ATmega8 s popisem pinů [4].

Mikrokontrolér pro vzdálené čidlo byl zvolen ATtiny2313. Jedná se o obvod z nižší řady od výrobce Atmel, který nám v tomto případě postačuje z hlediska dostatečné paměti i počtu I/O pinů, jelikož k tomuto mikropočítači budeme připojovat pouze čidlo DS18B20 a modem TDA5051A.



Obr. 3.10 Pouzdro ATtiny2313 s popisem pinů [14].

Základní parametry ATtiny2313:

- 2kB Flash SRAM pro program
- 128B EEPROM
- Sériové rozhraní USART, SPI
- 1x16-bit + 1x8-bit čítač/časovač

3.5 Indikace vysoké teploty

Varovné upozornění je realizováno pomocí modulu s akustickým signálem a připojené LED diody na portu mikrokontroléru. Zvuková signalizace byla realizována miniaturním reproduktorem na piezoelektrickém principu KPEG222A. Při překročení teploty 80 °C začne blikat červená LED dioda a spustí se přerušovaný tón o délce trvání 1s a 3x se opakuje.

Základní parametry KPEG222A:

- Napájecí napětí: 3÷20 V
- Odběr proudu: 14 mA
- Hlasitost: 85 dB
- Frekvence zvuku: 3,2 kHz
- Rozměry: 10,2x15 mm



Obr. 3.11 Ukázka KPEG222A [16]

3.6 LCD displej

Pro zobrazení naměřených teplot je použit displej 2x16 znaků se standardním řadičem HD44780 od firmy Hitachi. Displej dokáže pracovat se čtyřmi nebo osmi datovými vodiči. Pro úsporu I/O pinů je použita 4bitová komunikace. Dále obsahuje tři řídicí piny E, RS, R/W. Signál E řídí a synchronizuje celou komunikaci, RS určuje, zda se budou přenášet instrukce nebo data. Oba jsou řízeny mikrokontrolérem. Pin R/W je trvale uzemněn, protože displej slouží pouze k výpisu hodnot.

3.7 Software

3.7.1 Programování

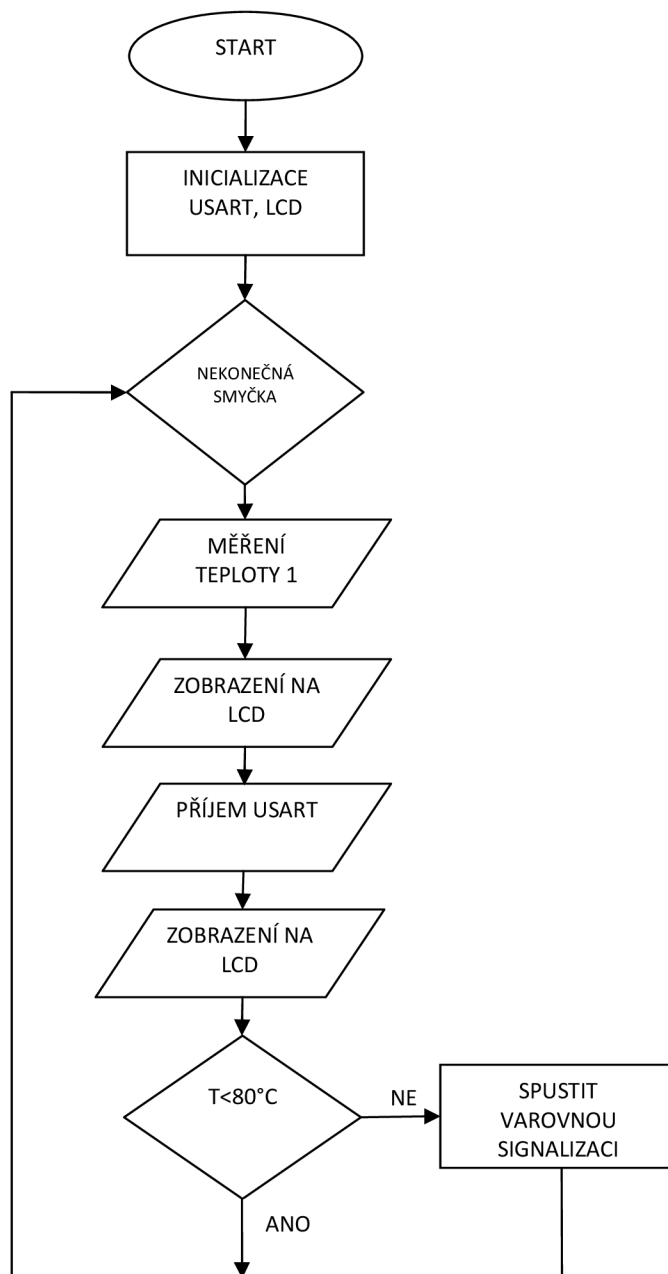
Software vysílací i přijímací části byl napsán v jazyce C. Byl sestaven ve vývojovém prostředí AVR Studio 4, které je volně ke stažení na stránkách výrobce www.atmel.com. Pro práci s displejem byla použita knihovna funkcí od Petera Fleuryho, která musela být upravena pro danou aplikaci [15]. Nahrání programu do mikrokontroléru je realizováno programátorem USBASP v2.0. Jedná se o ISP programování, tedy programování přímo na DPS. K nahrání výsledného .hex souboru do mikrokontroléru byl použit program Burn-O-Mat v2.



Obr. 3.12 Programátor USBASP v2.0 [16]

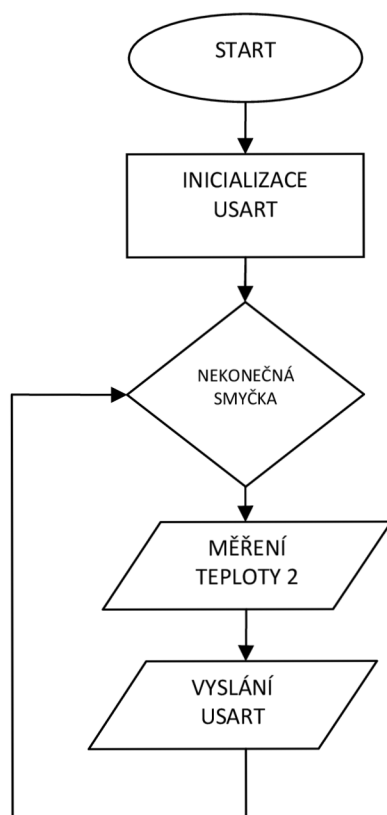
3.7.2 Vývojové diagramy

Vývojový diagram je pro přehlednost rozdělen do dvou samostatných částí. První diagram na Obr. 3.13 znázorňuje program pro vyhodnocení a zobrazení obou teplot.



Obr. 3.13 Vývojový diagram pro mikrokontrolér Atmega8

Druhý vývojový diagram popisuje běh programu pro vysílací část. Naměřená teplota je nejprve načtena, rozdělena do dvou bytů a poté vyslána rozhraním USART. Hodnota teploty je poslána dvakrát. Program v přijímači obě teploty načte a v podmínce se porovnají. Pokud se hodnota shoduje funkce pro příjem od USART vrátí hodnotu a je zobrazena na LCD displeji.



Obr. 3.14 Vývojový diagram pro vysílací část

4 REALIZACE A TEST ZAŘÍZENÍ

4.1 Desky plošných spojů a konstrukce zařízení

Návrh DPS byl vytvořen v programu Eagle. Obě desky, jak vysílací, tak přijímací jsou jednostranné desky. Všechny součástky, kromě napájecí části jsou SMD technologie. Nejdříve byly osazeny součástky a po proměření desky integrované obvody. Rozměry desky byly voleny, aby se vešly do konstrukční krabičky KG B11. Teplotní čidla se umístila blízko ventilačních otvorů, v dostatečné vzdálenosti od součástek, které se tepelně zahřívají (transformátor) a byla odizolována lepidlem. Konečná podoba finálního výrobku je uvedena na Obr. 4.1.



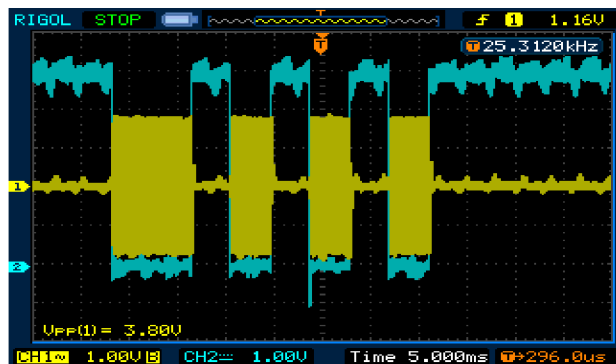
Obr. 4.1 Ukázka výsledného výrobku

4.2 Test zařízení

Zařízení bylo testováno v laboratorních i domácích podmínkách. Zapojení začíná plnit svou funkci při vstupním napětí cca. 170V, což bylo vyzkoušeno připojením na regulovatelný zdroj napětí DIAMETRAL AC250K2 a spojením vysílacího a přijímacího pinu na TDA5051A. Spotřeba zařízení je při daném proudovém odběru 400 mA cca 3,5 W.

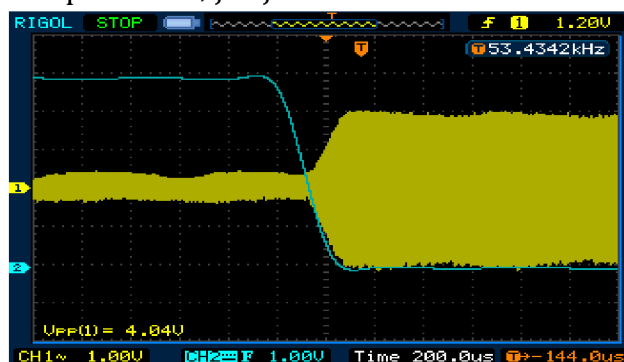
Funkčnost a dosah byly testovány v rámci rozvodné sítě v rodinném domě. Zde zařízení fungovalo bez problémů. Sít'ové modemy mezi sebou komunikují v síti, ve které je fáze na jedné větvi (okruhu). Při testování zařízení v rozvodné síti se dvěma okruhy při připojení přijímacího zařízení na druhý okruh nedocházelo k příjmu dat. Na správnost přijatých dat měly vliv zařízení připojené do sítě. Nejvíce zařízení s odporovou zátěží a vyšším odběrem proudu jako např. zapojený vařič nebo rychlovarná konvice.

Přenosová rychlost byla zvolena na minimální možnou hodnotu, kterou dovolovalo nastavení USARTu, což je 222 b/s, tedy nižší než je doporučená rychlost 600 b/s. Při vyšších rychlostech docházelo častěji k příjmu chybné hodnoty. Na Obr. 4.2 je uveden rámeček přenášených dat při přenosové rychlosti 222 b/s.



Obr. 4.2 Přenášený rámeček dat po silovém vedení

Z průběhů je vidět, že modemy přenášejí data s aktivní úrovní v log. 0 („Active low“). Nízká úroveň datového signálu na vstupu generuje na výstupu impuls s minimálním zpožděním, jak je znázorněno na Obr. 4.3.



Obr. 4.3 Detail přenosu jednoho symbolu

5 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala návrhem realizací teploměru s indikací vysoké teploty. V úvodní části byly uvedeny vlastnosti a srovnání čidel pro měření teploty. U mnohých senzorů bylo uvedeno možné použití a v grafu znázorněna teplotní závislost.

Druhá část se zabývala dostupnými modemy pro datovou komunikaci po domácích rozvodech energie.

V kapitole vlastní návrh jsou vybrány součástky a integrované obvody pro realizaci zařízení. Jsou rozebrány jejich základní parametry a vlastnosti. Dále je zde uveden vývojový diagram software pro oba mikrokontroléry, zvolené zapojení s modemem TDA5051A a popsán návrh napájení zařízení.

Poslední kapitola se zabývá realizací a testováním výrobku. Zařízení bylo uloženo do konstrukční krabičky KG B11. Čidlo, které měří teplotu na kotli bylo vyvedeno na vodičích vně krabičky.

Obsahem příloh na konci práce jsou schémata, návrhy desek a osazovací výkresy.

LITERATURA

- [1] HRBÁČEK, J. *Komunikace mikrokontroléru s okolím*, 1. Vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999. 146 s. ISBN: 80-86056-36-8
- [2] Temperature World [online]. 2011 - [cit. 15. prosince 2011]. Dostupné na www: <http://www.temperatureworld.com/shci.htm>
- [3] HRBÁČEK, J. *Komunikace mikrokontroléru s okolím 2*, 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2002. 152 s. ISBN: 80-86056-73-2.
- [4] Atmel Corporation. *8-bit Microcontroller ATmega8*. [online]. 2011 - [cit. 18. prosince 2011]. Dostupné na www: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf
- [5] Dallas Semiconductor. *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*. [online]. [cit. 15. prosince 2011]. Dostupné na www: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [6] FRÝZA, T., ŠEBESTA, J., FEDRA, Z.; ZELINKA, P. *Mikroprocesorová technika a embedded systémy, Počítačová cvičení*. Brno: VUT v Brně, 2011. 86 s. ISBN: 978-80-214-4350-1
- [7] SMARTEC Corporation. *SMT 160-30 Temperature sensor*. [online]. 2011 - [cit. 15. prosince 2011]. Dostupné na www: <http://www.smartec.nl/pdf/DSSMT16030.PDF>
- [8] Phillips. *Home automation modem TDA5051A* [online]. 2011 - [cit. 15. prosince 2011]. Dostupné na www: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/TDA5051A.pdf
- [9] Thomson. *Home automation modem ST7537HS1*. [online]. 2011 - [cit. 15. prosince 2011]. Dostupné na www: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/1787.pdf>

- [10] Openplayer [online]. *Using DS18B20 digital temperature sensor on AVR microcontrollers*. 2011 - [cit. 15. prosince 2011]. Dostupné na www:
<http://teslabs.com/openplayer/docs/docs/other/ds18b20pre1.pdf>
- [11] KREIDL, P. *Měření teploty-senzory a měřící obvody*. 1. vyd. Praha: BEN -technická literatura. 2005. 240s. ISBN: 80-7300-145-4
- [12] KREJČIŘÍK, A. *Lineární napájecí zdroje*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2002. ISBN 80–7300-002–4.
- [13] HW.cz, *Měření teploty – polovodičové odporové senzory teploty* [online]. 2012 - [cit. 15. dubna 2012]. Dostupné na:
<http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-polovodicove-odporove-senzory-teploty.html>
- [13] HW.cz, *Měření teploty – kovové odporové senzory teploty* [online]. 2012 - [cit. 15. dubna 2012]. Dostupné na: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-kovove-odporove-senzory-teploty.html>
- [14] Atmel Corporation. *8-bit Microcontroller ATtiny2313*. [online]. 2011 - [cit. 18. prosince 2011]. Dostupné na:
<http://www.atmel.com/Images/doc2543.pdf>
- [15] Fleury, P. *LCD Library for HD44870 based LCD's*. [online]. 2012- . [cit. 15. dubna 2012]. Dostupné na:
<http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/avr-software.html>
- [16] Protostack.com, *USBASP programmer 2.0*, [online]. 2012 - [cit. 15. dubna 2012]. Dostupné na:
<http://www.protostack.com/blog/2012/01/usbasp-2-0/>

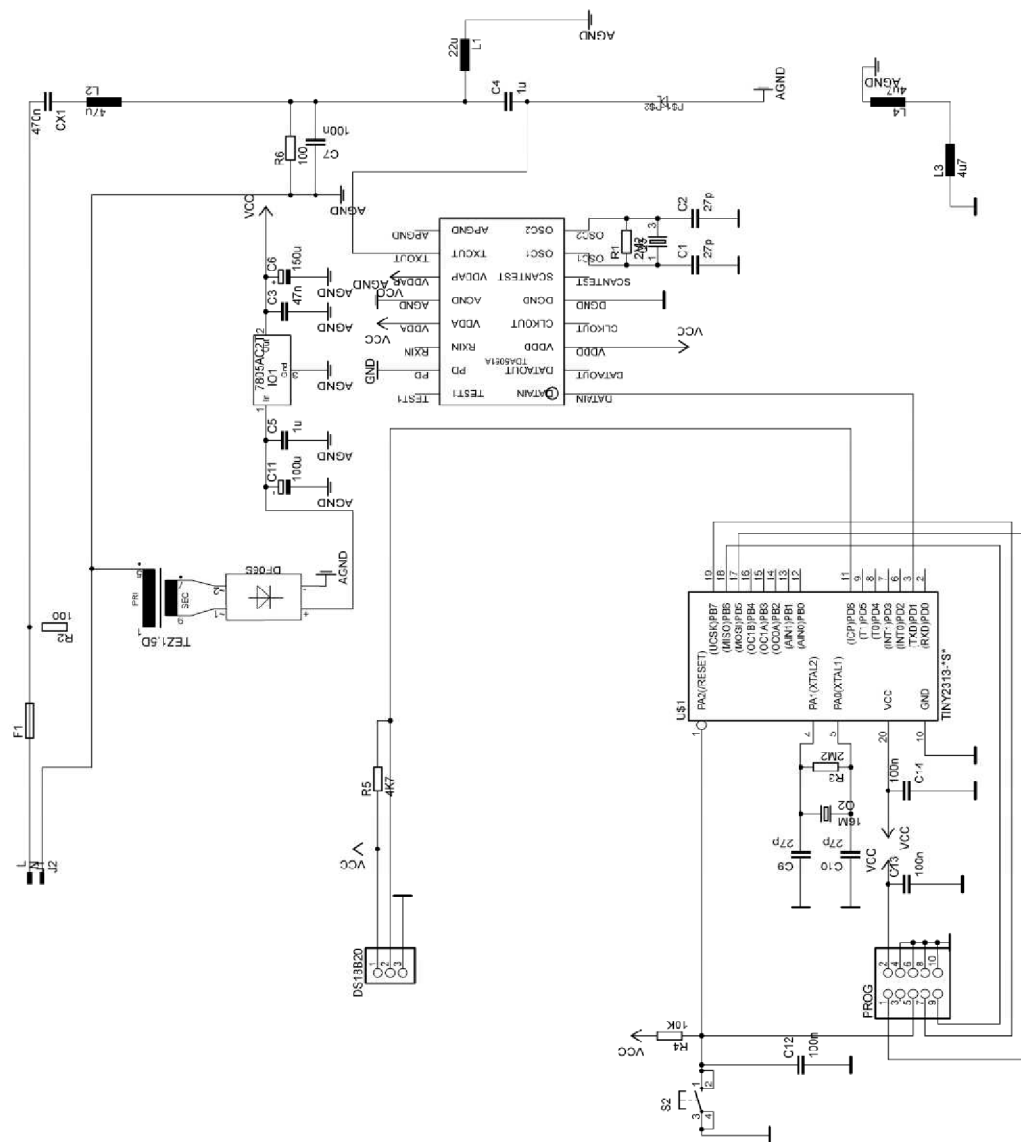
SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

<i>LCD</i>	<i>Liquid crystal display, displej s tekutými krystaly</i>
<i>TTL</i>	<i>Transistor transistor logic, tranzistorová logika</i>
<i>R/W</i>	<i>Read/Write, čtení/zápis</i>
<i>E</i>	<i>Enable, spouštěcí signál</i>
<i>TWI</i>	<i>Two-wire Serial Interface, dvou vodičové sériové rozhraní</i>
<i>LED</i>	<i>Light-emitting diode, svítící dioda</i>
<i>SPI</i>	<i>Serial Peripheral Interface, sériové periferní rozhraní</i>
<i>USART</i>	<i>Addressable universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter, Synchronní a asynchronní seriové rozhraní</i>
<i>DPS</i>	<i>Deska plošného spoje</i>
<i>BAUD</i>	<i>Přenosová rychlost</i>
<i>PTC</i>	<i>Positive temperature coefficient</i>
<i>NTC</i>	<i>Negative temperature coefficient</i>

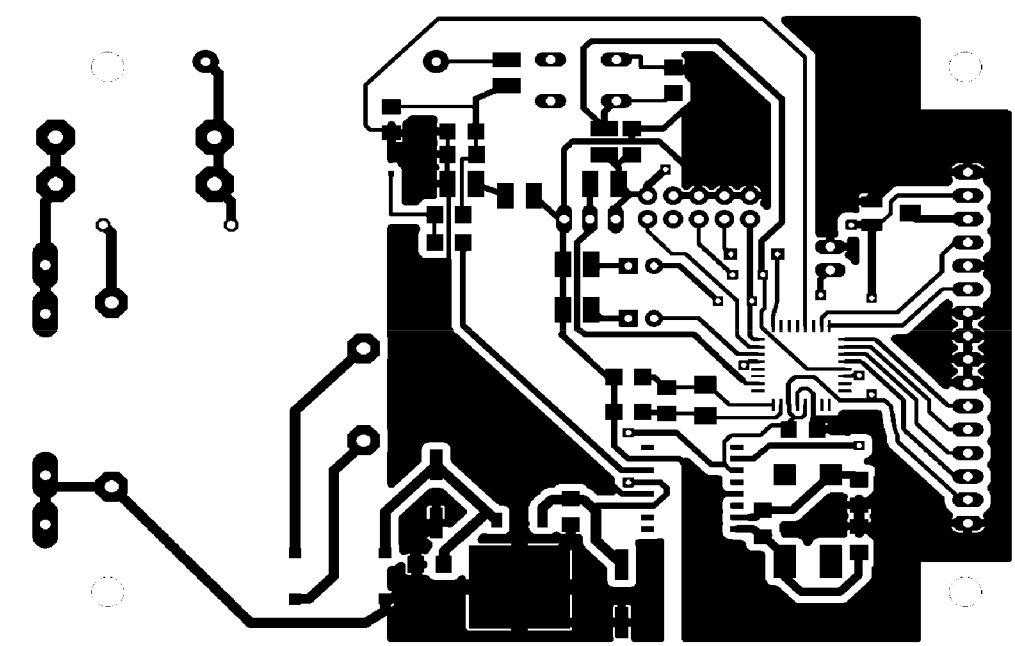
SEZNAM PŘÍLOH

A	Návrh zařízení	43
A.1	Obvodové zapojení přijímací části	43
A.2	Obvodové zapojení vysílací části	44
A.3	Návrh DPS přijímací části	45
A.4	Návrh DPS vysílací části	45
A.5	Osazovací plán DPS přijímací části	46
A.6	Osazovací plán DPS vysílací části	47

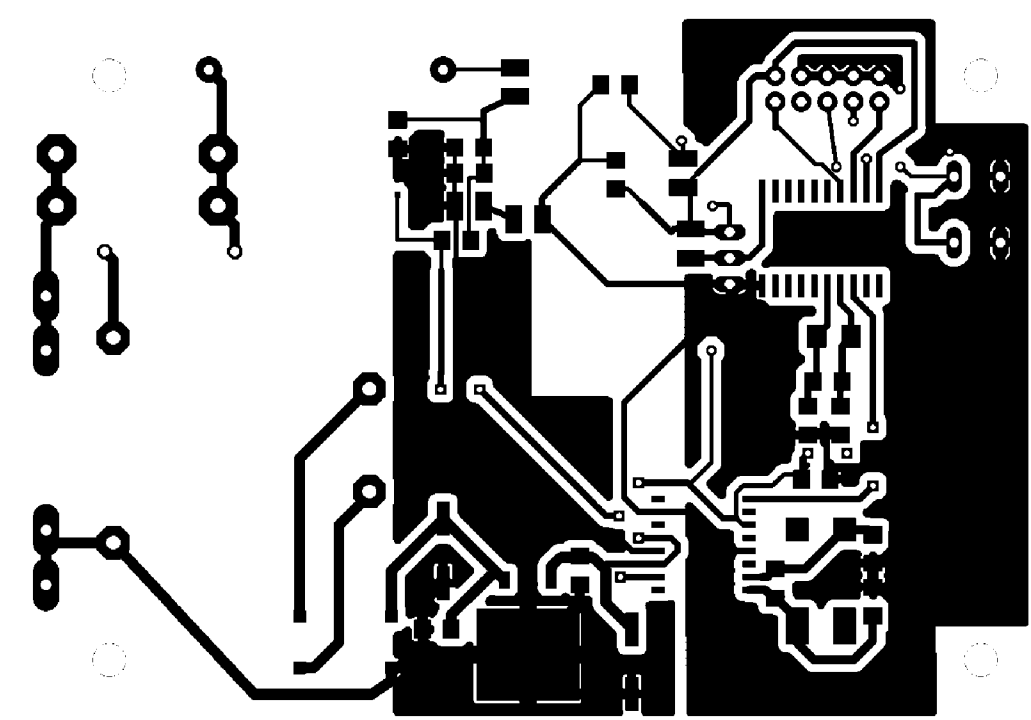
A.2 Obvodové zapojení vysílací části



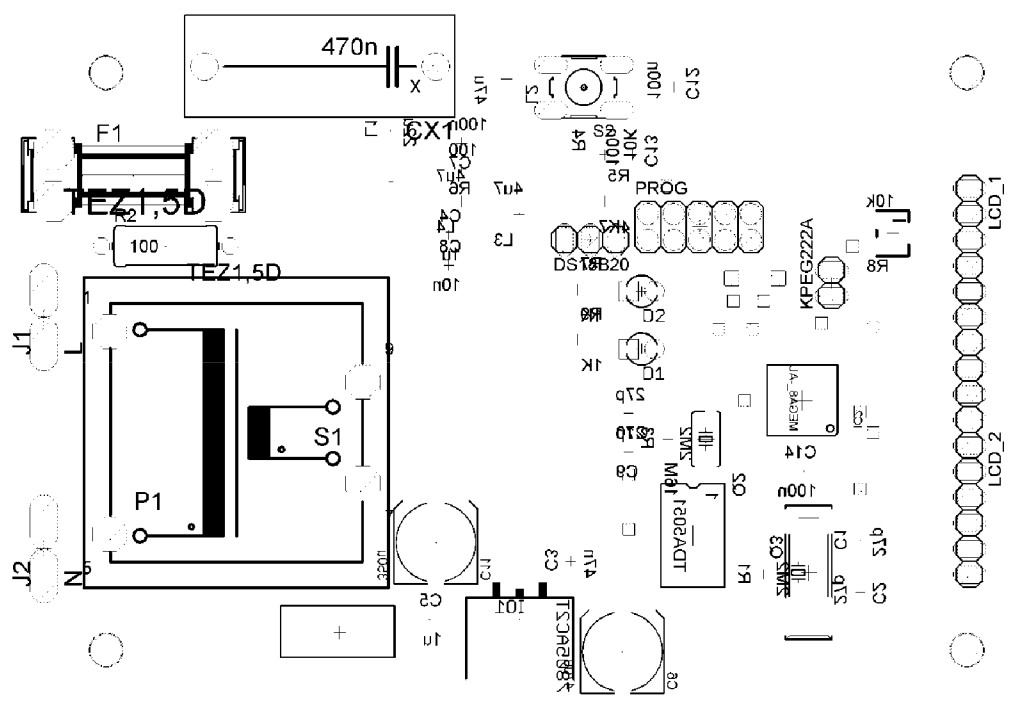
A.3 Návrh DPS přijímací části



A.4 Návrh DPS vysílací části



A.5 Osazovací plán DPS přijímací části



A.6 Osazovací plán DPS vysílací části

