



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

BEZDRÁTOVÁ METEOROLOGICKÁ STANICE

WIRELESS WEATHER STATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Leon Mierżwinskiý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vladimír Levek

BRNO 2016



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav mikroelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Mikroelektronika

Student: Bc. Leon Mierżwinskiý

ID: 134362

Ročník: 2

Akademický rok: 2015/2016

NÁZEV TÉMATU:

Bezdrátová meteorologická stanice

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte meteorologickou stanici komunikující pomocí bezdrátové technologie s několika externími snímači. Meteorologická stanice bude umožňovat záznam a statistické vyhodnocení teploty, tlaku, vlhkosti, popř. veličin ze snímačů prostředí. Údaje budou snímány jak na meteorologické stanici, tak na externích snímačích komunikujících s meteorologickou stanicí pomocí bezdrátové technologie. Meteorologická stanice bude přehledně zobrazovat naměřené i vyhodnocené údaje na grafickém displeji a bude umožňovat komunikaci s počítačem pomocí sběrnice USB. Na počítač budou zasílána vybraná data, která budou následně zpracována. Externí snímače budou napájeny z baterií.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 26.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Levek

Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Lukáš Fucík, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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

Diplomová práce je zaměřena na návrh a realizaci prototypu domácí bezdrátové meteostanice. Cílem je měření teploty vzduchu, relativní vlhkosti a atmosférického tlaku. Naměřené údaje jsou ukládány do externí paměti a je možnost odesílání do počítače k následnému zpracování a vyhodnocování.

KLÍČOVÁ SLOVA

Meteostanice, Mikrokontrolér, Senzor, I2C, SPI, I2C

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the design and implementation of a prototype wireless home weather station. The goal is to measure the air temperature, relative humidity and atmospheric pressure. Measured data are stored in external memory and it is possibility to send to the computer for subsequent processing and evaluation.

KEYWORDS

Weather Station, Microcontroller, Sensor, I2C, SPI, I2C

MIERŽWINSKÝ, L. *Bezdrátová meteorologická stanice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 35 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Vladimír Levek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Bezdrátová meteorologická stanice jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové 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 diplomové práce Ing. Vladimíru Levkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Experimentální část této diplomové práce byla realizována na výzkumné infrastruktuře
vybudované v rámci projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0072

Centrum senzorických, informačních a komunikačních systémů (SIX)
operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace.

OBSAH

Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	x
Úvod	1
1 Meteorologie	2
2 Meteorologický systém	3
2.1 Mikrokontrolér	4
2.2 Displej	6
2.3 Senzory	9
2.3.1 Senzor HIH8130	10
2.3.2 Senzor BMP085	11
2.3.3 Senzor MQ-6	12
2.3.4 Senzor MG-811	13
2.4 Napájení	14
3 Bezdrátová komunikace	16
3.1 Vlastnosti TR modulů	16
3.2 Návrh bezdrátového komunikačního protokolu	17
3.3 Komunikace s PC	18
4 Návrh a konstrukce	19
4.1 Zapojení displeje	21
4.2 Zapojení tlačítek	22
4.3 Senzor HIH8130	23
4.4 Senzor BMP085	25
4.5 Senzor koncentrace oxidu uhličitého MG-811	26
4.6 Připojení bezdrátového modulu	27
4.7 Napájení	27
4.8 Mikrokontrolér	28
5 Obslužný program	30

6 Závěr	32
Literatura	33
Seznam symbolů, veličin a zkratk	34
Seznam příloh	35

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1: Blokové schéma meteostanice.....	3
Obr. 2.2: Mikrokontrolér PIC24FJ256GB106 [2]	5
Obr. 2.3: PIC18F2321 [3]	6
Obr. 2.4: Tabulka zobrazitelných znaků [4]	8
Obr. 2.5: Senzor HIH8130 [7]	10
Obr. 2.6: Základní zapojení senzoru HIH8130 [7]	11
Obr. 2.7: BMP085 [8]	11
Obr. 2.8: Základní zapojení BMP085 [8]	12
Obr. 2.9: Pouzdro senzoru MQ6 [9]	13
Obr. 2.10: Převodní charakteristiky senzoru MQ-6 [9]	13
Obr. 4.1: Osazená hlavní výpočetní jednotka (spodní strana)	19
Obr. 4.2: Osazená hlavní výpočetní jednotka (horní strana)	20
Obr. 4.3: Osazený modul ovládání vytápění (horní a spodní strana)	21
Obr. 4.4: Schéma zapojení displeje	21
Obr. 4.5: Schéma ovládání podsvícení pomocí tranzistoru	22
Obr. 4.6: Schéma zapojení tlačítek	23
Obr. 4.7: Schéma zapojení senzoru HIH8130	24
Obr. 4.8: Datová komunikace se senzorem HIH8130 [11].....	24
Obr. 4.9: Schéma zapojení barometrického senzoru BMP085	25
Obr. 4.10: Schéma zapojení DC-DC měniče pro napájení senzoru MG-811	26
Obr. 4.11: Schéma neinvertujícího zapojení operačního zesilovače	27
Obr. 4.12: Schéma zapojení SIM konektoru.....	27
Obr. 4.13: Schéma zapojení napájecího obvodu.....	28
Obr. 4.14: Schéma základního zapojení mikrokontroléru	29
Obr. 5.1: Funkce tlačítek při nastavování času	30
Obr. 5.2: Vývojový diagram hlavní programové smyčky	31

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1: Energetické požadavky hlavní jednotky [2] [4] [8] [9]	15
Tabulka 3.1: Datový rámec odesílaný měřicím nodem	17
Tabulka 3.2: Potvrzovací datový rámec	17

ÚVOD

Téma této práce vzniklo na základě zkušeností s nevalnou kvalitou komerčně dostupných domácích meteorologických stanic. Při vytvoření vlastní stanice lze dosáhnout přesně požadovaných parametrů, které jsou od výrobku vyžadovány. Jedná se zejména o spolehlivost, variabilitu, přehlednost naměřených dat a jejich přesnost.

Hlavní výhodou výsledného produktu je použití bezdrátové technologie pro komunikaci s měřicími body, kterých může být několik. Lze tak provádět měření venkovních klimatických podmínek a také provádět měření teploty a vlhkosti ve více místnostech domu. Předností je rovněž komunikace s počítačem, kde je možnost data zálohovat a dále statisticky zpracovávat.

Obsahem této práce je vlastní návrh obvodového zapojení, výroba desek plošných spojů a v neposlední řadě vývoj software.

1 METEOROLOGIE

Meteorologie je věda zabývající se zemskou atmosférou. Studuje její složení, stavbu, vlastnosti, jevy a děje v ní probíhající, například počasí. V současnosti má největší význam zejména v oboru letectví, kde napomáhá udržovat vysokou míru bezpečnosti leteckého provozu. Velký význam má také v zemědělství, kde má velký vliv na velikost úrody. Počasí jako takové stále více ovlivňuje běžný život, čímž se dostává velké pozornosti obecným předpovědím počasí.

Prvním milníkem v dějinách meteorologických měření bylo zkonstruování hygrometru. Jednalo se o jednoduchý přístroj pro měření vzdušné vlhkosti. Zkonstruován byl německým matematikem Mikulášem Kusánským okolo roku 1450. Jeho měření byla založena na sledování změny váhy látky absorbující vlhkost.

První opravdová meteorologická pozorování prováděl Galileo Galilei, který jako první zkonstruoval přístroj umožňující měření teploty. Na přelomu šestnáctého a sedmnáctého století, kdy ke zkonstruování teploměru došlo, neexistoval žádný měřicí standard. Ten zavedli ve století osmnáctém pánové D. G. Fahrenheit a A. Celsius.

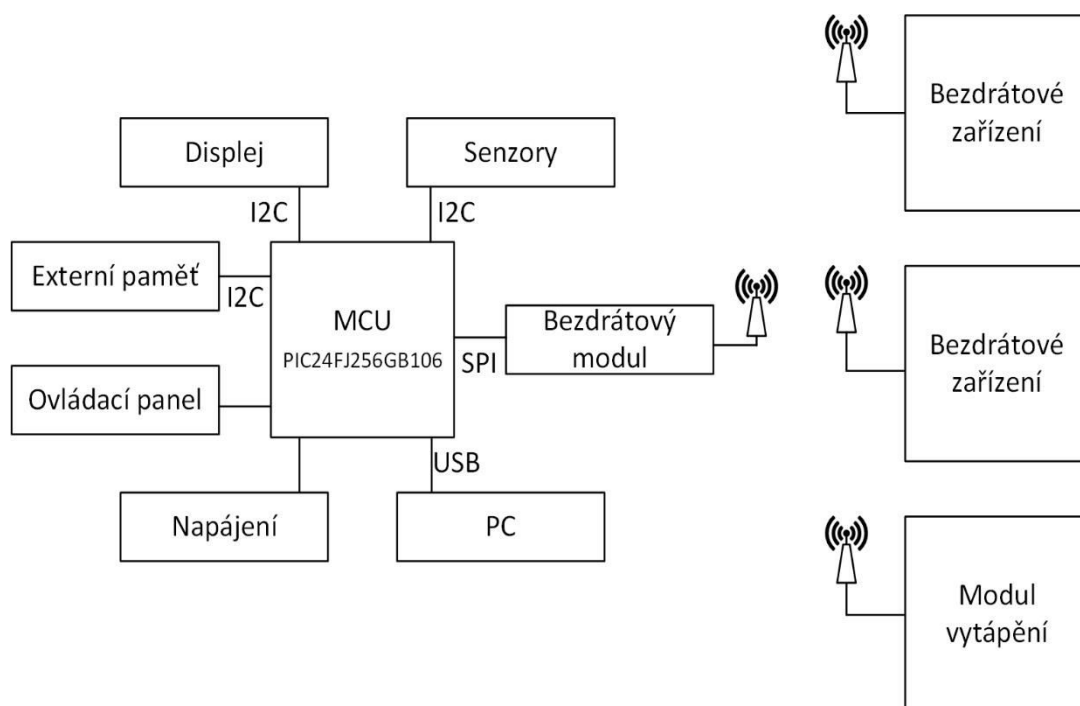
Rtuťový teploměr opatřený stupnicí zkonstruoval právě D. G. Fahrenheit v roce 1714, na jehož stupnici voda mrzne při 32 °F a vaří při 212 °F. V některých zemích se tato stupnice používá dodnes, avšak nejpoužívanější je stupnice navržená o třicet let později švédským astronomem Andreasem Celsiem. Na jeho stupnici dochází k mrznutí vody při 0 °C a k varu při 100 °C. Další dnes používanou stupnici představil roku 1862 skotský fyzik lord Kelvin. Na rozdíl od již zmiňovaných teplotních stupnic se jedná o stupnici absolutní. Hodnotou 0 °K je vyjádřena teplota takzvané absolutní nuly, tedy teploty při které se zastavují veškeré termodynamické pohyby.

V sedmnáctém století se také objevuje další významný meteorologický přístroj - barometr. Byl vynalezen italským matematikem Evangelistou Torricellim. První meteorologická síť byla založena v Toskánsku v roce 1652. Součástí této meteorologické sítě byly stanice například ve Florencii, Milánu, Paříži nebo Varšavě.

Velký vliv na rozvoj meteorologických pozorování měl také vynález telegrafu, který umožňoval rychlou výměnu naměřených hodnot. Díky rozvíjejícím se technologiím bylo možné provádět měření i ve vyšších vrstvách atmosféry. Vynález prvních počítačů vedl následně k mnohem komplikovanějším analýzám měřených dat. K tvorbě dlouhodobých předpovědí a dalšímu prohloubení znalostí o atmosféře přispěly také meteorologické družice. [1]

2 METEOROLOGICKÝ SYSTÉM

Domácí bezdrátová meteorologická stanice neboli meteorologický systém se skládá z několika dílčích částí, které spolu navzájem komunikují a spolupracují. Blokové schéma systému je znázorněno na obrázku 2.1, na kterém je vidět z jakých funkčních celků se celý systém skládá. V levé části obrázku se nachází blokové schéma hlavní výpočetní a zobrazovací jednotky. V pravé části jsou zobrazeny bezdrátové měřící body, ve kterých probíhá měření teploty a vlhkosti. Blok označen jako modul vytápění, je vybaven dvěma relátky ke spínání vytápěcího systému a senzorem oxidu uhelnatého.



Obr. 2.1: Blokové schéma meteostanice

Hlavní jednotka obsahuje následující funkční bloky:

- Displej
- Senzory
- Externí paměť
- Ovládací panel
- Napájení
- PC
- Bezdrátový modul

Řízení celého systému obstarává hlavní jednotka, která předává informace uživateli prostřednictvím alfanumerického displeje a je ovládána pomocí čtyř tlačítek, které jsou umístěny pod displejem. Uživateli jsou předávány informace o aktuálním čase, datu a o měřených údajích jakou jsou teplota, atmosférický tlak, relativní vlhkost, koncentrace oxidu uhličitého a uhelnatého. Naměřené údaje jsou uchovávány v externí paměti, která je připojena prostřednictvím sběrnice I2C. Na tuto sběrnici jsou připojeny také senzory fyzikálních veličin.

V modulu hlavní jednotky se nachází konkrétně senzory teploty, relativní vlhkosti, atmosférického tlaku, a koncentrace oxidu uhličitého. Řízení celé hlavní jednotky obstarává mikrokontrolér od společnosti Microchip. Konkrétně se jedná o PIC24FJ256GB106, který má již implementován modul pro komunikaci po USB sběrnici, po které jsou posílány měřená data do počítače. Mikrokontrolér obsahuje rovněž modul pro komunikaci prostřednictvím sběrnice SPI, která je využita ke komunikaci s bezdrátovým modulem. Celý systém je napájen napětím 3,3 V které zajišťuje regulátor napětí.

Ke komunikaci s ostatními částmi měřicího systému je využito bezdrátové technologie IQRF. V systému jsou realizovány dva typy bezdrátových měřících bodů. Prvním je jednoduchý přenosný a bateriově napájený systém měřící teplotu a relativní vlhkost. Je možné jej umístit do venkovních prostor, případně na další místa, kde chceme sledovat teplotu a relativní vlhkost. Druhý systém je navíc vybaven mikrokontrolérem, elektromagnetickými relátky a senzorem oxidu uhelnatého. Tento modul již není přenosný a lze ho chápat jako jednoduchý termostat ovládající vytápění celého domu.

2.1 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér či mikropočítač bývá také označován zkratkou MCU. Jedná se o elektronickou programovatelnou součástku, nejčastěji realizovanou jako integrovaný obvod, který se skládá z procesoru, paměti, vstupně-výstupních pinů, časovačů, analogově digitálních a digitálně analogových převodníků a dalších periferních obvodů v závislosti na daném typu. S mikrokontroléry se v dnešní době můžeme setkat doslova na každém kroku.

Díky velmi široké nabídce je možné vybrat přesně takový typ, který bude nejvíce vyhovovat dané aplikaci. Nacházejí své využití nejen při řízení složitých měřících, průmyslových a automobilových systémů, ale i v drobné elektronice každodenního použití, jako jsou například mobilní telefony, mp3 přehrávače, dálkové ovladače, hračky nebo třeba kancelářské přístroje.

V tomto případě byl jako hlavní mikrokontrolér řídící hlavní jednotku použit šestnáctibitový PIC24FJ256GB106, jedná se o mikrokontrolér šestnáctibitové architektury od společnosti Microchip v provedení TQFPA64 (viz Obr. 2.2). Nabízí se také v pouzdře QFN64. Manipulace při osazování mikrokontroléru na desku plošného spoje je mnohem snazší v případě pouzdra TQFPA64. Jedná se o mikrokontrolér, který disponuje 52 vstupně výstupními porty, přičemž většina může mít více funkcí. Disponuje 256 kilobajty paměti flash, která slouží jako paměť programu.

Paměť RAM má hodnotu 16 kilobajtů. Mikrokontrolér umožňuje připojení externího oscilátoru až do frekvence 32 MHz. V této práci bude použit dostačující interní oscilátor o frekvenci 8 MHz. Mikrokontrolér disponuje vestavěným desetibitovým A/D převodníkem, který je využíván pro zjišťování hodnoty koncentrace oxidu uhličitýho. Vestavěn je také modul USB ve verzi 2.0, což umožňuje odesílání naměřených dat do počítače. [2]



Obr. 2.2: Mikrokontrolér PIC24FJ256GB106 [2]

Mikrokontrolér, řídící modul určený ke spínání vytápění, byl zvolen PIC18F2321 také od společnosti Micorchip. Jedná se o osmibitový mikrokontrolér v provedení SOIC28 (viz Obr. 2.3), který disponuje vestavěným oscilátorem o frekvenci 8 MHz. Lze připojit externí oscilátor o frekvenci až 32 MHz. Mikrokontrolér lze napájet napětím až 5,5 V. Celý modul bude napájen pěti volty, což je vyžadováno senzorem oxidu uhelnatého a bezdrátovým modulem.

Pro komunikaci s bezdrátovým modulem je využit vestavěný modul datové sběrnice SPI. Měření výstupního napětí ze senzoru oxidu uhelnatého je realizováno pomocí vestavěného A/D převodníku. Elektromagnetická relé, sloužící ke spínání vytápěcí soustavy domu, jsou připojena k mikrokontroléru přes NPN tranzistor. [3]



Obr. 2.3: PIC18F2321 [3]

2.2 Displej

Displej představuje základní prvek většiny systémů, které jsou založeny na výměně informací mezi člověkem a strojem. V současné době je na trhu nepřeberné množství displejů nejrůznějších druhů. Nejjednodušší zobrazovací jednotkou je obyčejná LED dioda. Jako základní lze dnes uvažovat displeje sedmi segmentové, které jsou složeny ze sedmi zobrazovacích segmentů, na kterých lze zobrazit číslice nula až devět a některá písmena.

Technologický pokrok na poli zobrazovací techniky dal vzniknout pokročilejším LCD (Liquid Crystal Display) displejům. Ty jsou založeny na technologii tekutých krystalů, které jsou vlivem elektrického pole natáčeny a mění tak svoji krystalovou orientaci. To umožňuje natočit krystaly do dvou hraničních poloh, kdy světlo propouštějí, nebo naopak pohlcují.

Rozdělení LCD displejů:

- **Alfanumerické** displeje jsou charakteristické svým rozdělením zobrazovací plochy na jednotlivá znaková pole. Jejich primární účel je zobrazování textu a znaků. Velikost se udává v počtu sloupců a počtu znaků, které lze zobrazit na jednom řádku.
- **Grafické** displeje jsou na rozdíl od znakových určeny k zobrazování grafických obrazců a textu různé velikosti. Zobrazovací plocha je rozdělena rovnoměrně na jednotlivé pixely. Velikost se uvádí v počtu pixelů na šířku a výšku.

Většina LCD displejů disponuje vlastním řadičem, který slouží k buzení logických úrovní na jednotlivých pixelech displeje. Dle typu řadiče lze komunikovat paralelně nebo

po sériové sběrnici. Většina řadičů umožňuje oba typy komunikace. Záleží na uživateli, jaký druh zvolí. Paralelní komunikace se vyznačuje vyšší přenosovou rychlostí, je však náročnější na vyšší počet použitých pinů. Sériová komunikace oproti tomu využívá pouze dva, případně tři piny, nehodí se však na náročné dynamické aplikace.

Grafické displeje jsou k dispozici jak černobílé tak i barevné. U barevných je náročnost obsluhy umocněna nutností řídit na každý pixel tři subpixely, jejichž jas určuje konečnou barvu pixelu. Jsou také o poznání dražší než displeje černobílé.

V této práci bylo původním záměrem použití grafického displeje jako hlavního zobrazovače, který by umožňoval přehledné zobrazení měřených hodnot. Bylo by možné odlišit důležitost získaných hodnot dle umístění a velikosti číslic na displeji. Vzhledem k neúspěšným pokusům o tvorbu grafické knihovny pro ovládání tohoto displeje, bylo přistoupeno k použití displeje alfanumerického. Ten neumožňuje tak přehledné zobrazení měřených hodnot jako displej grafický. K informování uživatele a provádění nastavení systému je v prototypové fázi dostačující.

Jako vhodný zobrazovač byl vybrán alfanumerický displej RC1604A-BIY-ESV od společnosti Raystar Optronics.

Základní vlastnosti displeje:

- Technologie zobrazovače: STN Negativ
- Počet znaků: 16x4
- Barva pozadí: Modrá
- Podsvětlení: Žlutá LED
- Typ řadiče: ST7066
- Napájecí napětí: 3-3,6 V
- Počet pinů: 16

Jedná se o standardní zobrazovač, využívající osmibitové paralelní rozhraní k přenosu dat. Instalovaný řadič umožňuje zobrazit na displeji 240 přednastavených znaků, které jsou zobrazeny na obrázku 2.4.

Upper 4 bit Lower 4 bit	LLLL	LLLH	LLHL	LLHH	LHLL	LHLH	LHHL	LHHH	HLLL	HLLH	HLHL	HLHH	HHLL	HHLH	HHHL	HHHH
LLLL	CG RAM (1)															
LLLH	CG RAM (2)															
LLHL	CG RAM (3)															
LLHH	CG RAM (4)															
LHLL	CG RAM (5)															
LHLH	CG RAM (6)															
LHHL	CG RAM (7)															
LHHH	CG RAM (8)															
HLLL	CG RAM (1)															
HLLH	CG RAM (2)															
HLHL	CG RAM (3)															
HLHH	CG RAM (4)															
HHLL	CG RAM (5)															
HHLH	CG RAM (6)															
HHHL	CG RAM (7)															
HHHH	CG RAM (8)															

Obr. 2.4: Tabulka zobrazitelných znaků [4]

2.3 Senzory

Pod pojmem senzory, nebo také snímače, si lze představit zařízení, která nám umožňují měření neelektrických veličin (například fyzikálních). Měření samotné probíhá v citlivé části senzoru (takzvané čidlo), kde je vstupní veličina převedena nejčastěji na analogový či digitální signál, který je dále zpracováván dalšími řídicími obvody. Na trhu je dostupné nepřeberné množství senzorů nejrůznějších typů.

Většinu senzorů lze rozdělit podle tří vývojových generací. Na trhu jsou zastoupeny senzory ze všech generací a záleží pouze na návrhář, který typ senzoru vyhodnotí jako nejvhodnější. Jednotlivé generace senzorů jsou klasifikovány následovně:

- První generace - také nazývána jako základní. Využívá se elektromechanických, mechanických nebo elektrochemických jevů. Do této skupiny patří nejjednodušší senzory jako například odporové, kapacitní nebo kontaktové.
- Druhá generace - základem jsou elektronické jevy probíhající v tuhých látkách a plynech. Nejvýznamnější skupinu tvoří senzory polovodičové. Do této skupiny patří také SMART senzory. Takto jsou označována zařízení obsahující jak čidlo určené k detekci měřené veličiny, tak i obvod určený k převodu či úpravě výstupu čidla a následné komunikaci s dalšími řídicími obvody.
- Třetí generace - také nazývána jako optické vláknové senzory (tzv. OVS), podstatou je působení neelektrické veličiny na světelný svazek. [5] [6]

Díky rozvoji mikroobráběcích technologií a stále rostoucí potřebě miniaturizovat elektronické obvody a obvodové prvky, se v posledních letech rozvíjí nová generace senzorů. Senzory řadí se do této skupiny jsou označovány zkratkou MEMS. Jak již název napovídá, kouzlo těchto senzorů spočívá v integraci mechanických a elektronických prvků v jeden celek. Jde tedy o realizaci mechanických elementů, akčních členů, senzorů, vyhodnocovacích a řídicích obvodů na jednom křemíkovém substrátu za použití různých výrobních procesů. [6]

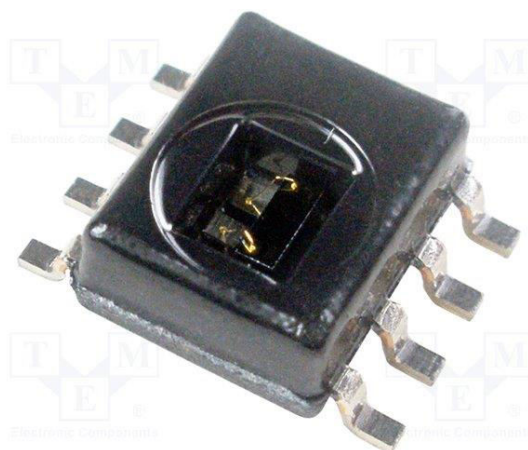
V práci jsou použity následující senzory:

- **HIH8130** (teplota a relativní vlhkost)
- **BMP085** (atmosférický tlak)
- **MQ-6** (oxid uhelnatý)
- **MG-811** (oxid uhličitý)

2.3.1 Senzor HIH8130

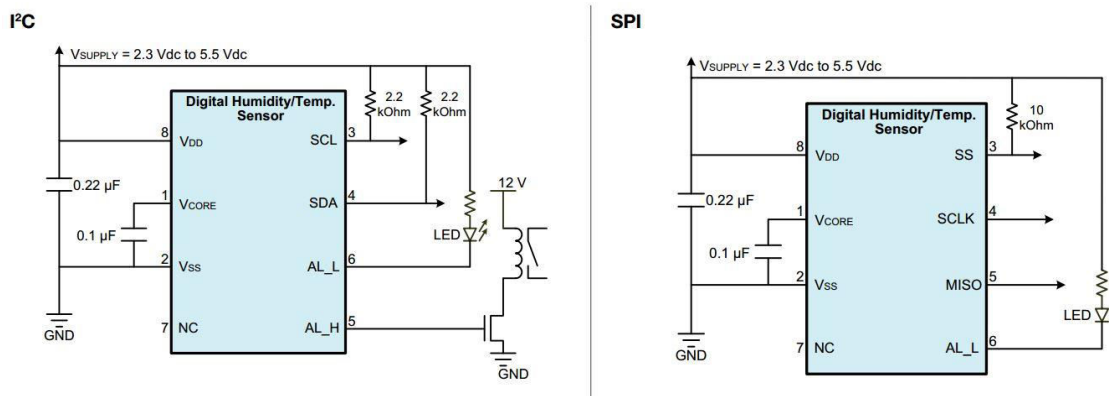
Nejčastěji se vyskytujícím senzorem je HIH8130. Jedná se o inteligentní senzor umožňující měřit jak relativní vlhkost, tak i teplotu (viz Obr. 2.5). Tento senzor byl použit především kvůli nabízeným parametrům. Mezi jeho hlavní přednosti patří variabilita datových sběrnic. Senzor je nabízen ve dvou variantách. Nabízena je varianta podporující sběrnici I2C nebo SPI.

V práci jsou použity obě varianty. Po sběrnici I2C komunikuje senzor osazený na desce plošných spojů hlavní řídicí jednotky, kde je sběrnice I2C hlavním komunikačním kanálem, na kterém jsou obsluhovány i ostatní periferie. Varianta se sběrnici SPI je použita v měřicích nodech, kde je obsluhována kontrolérem v bezdrátovém modulu. Přesnost měření senzoru je v rozmezí $\pm 2\%$ pro relativní vlhkost a $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ pro teplotu. Tyto hodnoty jsou pro použití v zařízení tohoto typu zcela dostačující. [7]



Obr. 2.5: Senzor HIH8130 [7]

Senzor vyžaduje napájecí napětí v rozmezí 2,3 až 5,5 V, je tedy možno ho napájet stejným napětím jako ostatní komponenty hlavní jednotky. Jelikož se jedná o inteligentní senzor, postačí k jeho provozu pouze dva kondenzátory. Celkové funkční zapojení senzoru je znázorněno na obrázku 2.6.



Obr. 2.6: Základní zapojení senzoru HIH8130 [7]

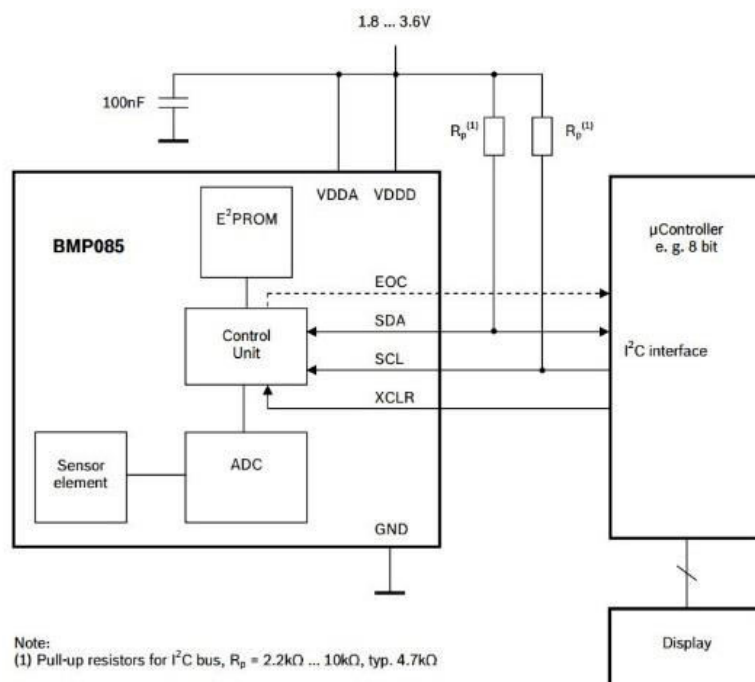
2.3.2 Senzor BMP085

Výrobce tohoto senzoru je firma Bosch. Jedná se o inteligentní senzor měřící atmosférický tlak a teplotu (viz Obr. 2.7). Senzor je umístěn na desce plošných spojů hlavní zobrazovací jednotky. Vzhledem k chování atmosférického tlaku stačí osadit pouze jeden senzor do prostoru hlavní zobrazovací jednotky. Hlavními výhodami senzoru jsou jeho velikost, přesnost, rychlost převodu a malé množství součástek nutných k jeho činnosti. Výrobce udává přesnost měření $\pm 0,2$ hPa pro atmosférický tlak a $\pm 0,5^\circ\text{C}$ pro teplotu. Senzor komunikuje s okolními periferiemi prostřednictvím datové sběrnice I2C. Doporučené schéma zapojení je znázorněno na obrázku 2.8. [8]



Obr. 2.7: BMP085 [8]

Velikost pouzdra LCC8, ve kterém je senzor dodáván, je výhodou v průmyslových aplikacích, avšak při prototypové výrobě vzniká problém s osazením součástky na desku plošného spoje.



Obr. 2.8: Základní zapojení BMP085 [8]

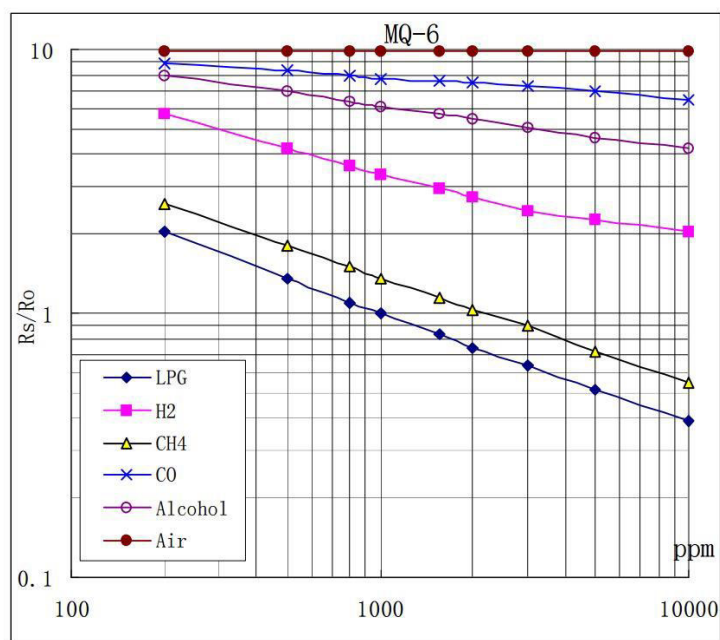
2.3.3 Senzor MQ-6

Většina komerčně nabízených domácích meteostanic nevěnuje pozornost možnému výskytu nebezpečných plynných látek v domácnostech. Senzor MQ-6 společnosti Winsensor umožňuje měřit koncentraci LPG, iso-butanu, propanu a oxidu uhelnatého. Senzor je dodáván v kovovém pouzdře se šesti vývody a je určen pro klasickou vývodovou montáž (viz Obr. 2.9).

Se zvyšující se koncentrací hořlavých plynů v okolní vzduchu dochází ke zvyšování vodivosti senzoru. Převodní charakteristiky senzoru jsou zobrazeny na obrázku 2.10. K dosažení adekvátního výsledku měření je nutné napájet senzor napětím $5 \pm 0,1$ V. Výstupem senzoru je elektrické napětí, odpovídající koncentraci plynů na elektrodách, které je vyhodnoceno A/D převodníkem mikrokontroléru.[9]



Obr. 2.9: Pouzdro senzoru MQ6 [9]



Obr. 2.10: Převodní charakteristiky senzoru MQ-6 [9]

2.3.4 Senzor MG-811

K měření koncentrace oxidu uhličitýho (CO_2) je použit senzor MG-811 s vysokou citlivostí. Menší citlivost vykazuje také na alkohol a oxid uhelnatý. Konstrukčně je velmi podobný senzoru MQ-6, je dodáván v kovovém pouzdře se šesti vývody určenými k vývodové montáži. Rozsah napájecího napětí žhavicí elektrody senzoru je udáváno výrobcem v rozsahu 5,9 až 6,1 V. Odpor žhavicí elektrody je udává výrobcem $30\ \Omega$ při pokojové teplotě. Senzor pracuje na principu chemické reakce na elektrodách, kde vlivem

této chemické reakce dochází ke vzniku slabého elektrického signálu. Rozsah výstupního napětí je výrobcem udáván v rozsahu 100-400 mV, což odpovídá koncentraci oxidu uhličitého v hodnotách 400-10000 ppm. Vzhledem k malé velikosti výstupního napětí senzoru je vhodné toto napětí následně zesílit. Tím je dosaženo lepší rozlišovací schopnosti mikrokontroléru při převodu tohoto analogového napětí na digitální hodnotu. [10]

2.4 Napájení

Možností, jak napájet elektronický systém je celá řada. Nejlepší způsob spočívá v návrhu vlastního napájecího zdroje. Výhodami tohoto řešení je především realizace přesně na míru požadavkům systému. V tomto případě nejsou kladeny na napájecí napětí v podstatě žádné závažnější požadavky, jedná se pouze o hodnotu napětí, na kterém pracují vybrané součástky systému.

Veškeré součástky byly vybrány na napájecí napětí 3,3 V (viz Tabulka 2.1) až na drobné výjimky jako senzory oxidu uhličitého (6 V) a uhelnatého (5 V). Ideálním řešením je použití napájecího síťového adaptéru, který má výstupní stabilizované napětí, které je na přesnou úroveň stabilizováno pomocí stabilizátoru umístěného na desce plošného spoje. Zvolený síťový adaptér má výstupní napětí 12 V, které je na desce plošného spoje stabilizováno na 3,3 V. Tento adaptér je vybaven konektorem 5,5/2,1 mm kterým je připojen k desce plošného spoje. Použitím tohoto adaptéru dochází ke značné úspoře místa na desce a celkovému zmenšení rozměrů celé meteostanice. Výstupní proud 1 A je zcela dostačující a představuje značnou rezervu pro případné následné připojení dalších součástí k systému.

Odlišná situace nastává na desce plošného spoje určené ke spínání vytápění, kde se nachází senzor oxidu uhelnatého, který je napájen napětím 5 V. Součástky umístěné na této desce mohou pracovat s napájecím napětím 5 V, není tedy nutné zajišťovat zvláštní napájecí okruh pro senzor a postačí napětí stabilizovat na již zmíněnou hodnotu.

Tabulka 2.1: Energetické požadavky hlavní jednotky [2] [4] [8] [9]

Označení	Popis	Napájecí napětí [V]	Proudový odběr [mA]
PIC24FJ256GB106	Mikrokontrolér	2,0-3,6	
BMP085	Barometr a teploměr	1,8-3,6	0,65
HIH8130	Senzor Vlhkosti	2,3-5,5	0,65
MG811	Koncentrace CO ₂	5,9-6,1	200
24LC512	Flash paměť	1,7-5,5	5
MCP6L01T	Operační zesilovač	1,8-6,0	0,085
RC1604A-BIY-ESV	Displej	3,0-3,6	2

3 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE

Jedná se o klíčovou část celého systému. Pomocí bezdrátových modulů je realizována veškerá komunikace mezi řídicí jednotkou a měřicími body. Díky technologickému vývoji se stále častěji lze setkat s trendem takzvaných chytrých domácností, kde se elektronicky řídí všemožné funkce domácnosti. Jedná se například o inteligentní řízení stínící techniky, vzduchotechniky, osvětlení, vytápění nebo implementaci bezpečnostních prvků jako otevírání garážových vrat.

Velký podíl v těchto bezdrátových sítích na trhu má platforma IQRf, která umožňuje výrobcům velice rychlé uvedení výrobku na trh díky snadné implementaci do systému. Díky použití této platformy vznikne možnost meteorologické později implementovat do nějaké sofistikované bezdrátové sítě. Jedná se o modulární systém pro bezdrátové spoje s velmi malou spotřebou elektrické energie a velkým dosahem.

Základním prvkem je modul RF transceiveru ve formátu karty SIM označovaný jako TR modul. Mezi další prvky IQRf platformy patří brány, které umožňují vstup do IQRf sítě i zvenčí například pomocí USB či Ethernetu. V rámci platformy jsou k dispozici i vývojové prostředky ve formě hotových kitů. [1] [2]

3.1 Vlastnosti TR modulů

Každý TR modul obsahuje obvody bezdrátového příjmu i vysílání v pásmech 868 nebo 916 MHz. Dosah modulu se odvíjí od vysílaného rádiového výkonu (například při 19,2 kb/s je dosah 300 m). Moduly mohou být nastaveny pro komunikaci v síti bod do bodu (point to point), nebo mesh (IQMESH). Moduly se vyznačují velice malou spotřebou elektrické energie.

Podle konkrétního typu se odebírají v režimu spánku řádově stovky nanoampér až jednotky mikroampér. Při aktivním režimu se spotřeba pohybuje řádově v desítkách miliampér. Moduly jsou dostupné jak ve formátech SIM tak i jako SMT, které jsou opatřeny vývody k montáži na desku plošných spojů. Dnešní moduly jsou řízeny mikrokontrolérem PIC16 lf1938, jehož datový i výpočetní prostor je rozdělen do následujících dvou oblastí: [11]

- **Operační systém** - obsahuje základní rutiny pro obsluhu a řízení přenosu dat. Tato programová část se nainstaluje do mikrokontroléru automaticky spolu s aplikační vrstvou a řeší veškeré komunikační záležitosti a problémy. Uživatel tak nepotřebuje složitě řešit přístupy k síti, možnosti směrování, kolize přenosu atd. To všechno už je vyvinuto a vyřešeno výrobcem.

- **Aplikační vrstva** - je využívána zákaznický. Uživatel pomocí standardních i speciálních funkcí může využít veškerý potenciál systému IQRF. Příkazy, nebo lépe řečeno funkce operačního systému se využívají pro obsluhu platformy IQRF a také pro řešení běžných programátorských potřeb. Programátor může využít většinu možností mikrokontroléru pracujícího pod operačním systémem až na některé výjimky. Některé moduly mikrokontroléru totiž zabírá operační systém pro svoji potřebu. Pomocí přesně vymezeného datového i výpočetního prostoru obsluženého mikrokontroléru, může uživatel vytvořit téměř libovolnou aplikaci. [3] [4]

3.2 Návrh bezdrátového komunikačního protokolu

Hlavním účelem meteostanice je sběr dat z měřicích nodů, kde probíhá měření teploty a vlhkosti. Pro jasnou identifikaci přenášených dat mezi nody a hlavní jednotkou je nutné, aby komunikace probíhala dle stanoveného komunikačního protokolu pro bezdrátový přenos.

Základní princip spočívá v nastavené době, po které se měření hodnot provádí. Standardně je tento čas při počáteční inicializaci nastaven na 30 minut. Tedy každých 30 minut se modul probudí z režimu spánku, provede načtení hodnot ze senzorů a data odešle do hlavní jednotky. Po odeslání datového paketu setrvá modul v aktivním režimu, kdy čeká na přijetí potvrzovacího paketu z řídicí jednotky, kterým je potvrzeno úspěšném přijetí dat. Součástí potvrzovacího paketu může být také příkaz ke změně měřicího intervalu. Po přijetí potvrzovacího paketu proběhne nastavení dalšího měřicího intervalu a následně se modul přepne zpět do režimu spánku.

Tabulka 3.1: Datový rámec odesílaný měřicím nodem

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Adresa příjemce	Adresa odesílatele	Atmosférický tlak	Vlhkost	Stav baterie

V tabulce 3.1 je znázorněna struktura datového rámce, odesílaného měřicími nody. Z obrázku je patrné rozdělení na bajty podle druhu obsažených informací.

Tabulka 3.2: Potvrzovací datový rámec

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
Adresa příjemce	Adresa odesílatele	Potvrzení přijetí	Změna intervalu

V tabulce 3.2 je znázorněna struktura Potvrzovacího paketu, který je odesílán ze strany hlavní řídicí jednotky po úspěšném přijetí a načtení datového paketu. Potvrzovací bajt může nabývat dva stavy. První je stav, který má binární hodnotu 11000011, druhý je stav, kterým je vyžádáno opětovné změření hodnot a odeslání dat. Ten má binární hodnotu 00111100.

Část sloužící ke změně intervalu je nastavena standardně do nulové hodnoty, pouze je-li uživatelem na řídicí jednotce nastavena jiná doba, po které se má měření opakovat, obsahuje tento bajt informaci po kolika minutách má k opětovnému měření docházet. Hodnota je reprezentována jedním bajtem, je tedy možné nastavit maximální interval mezi měřeními na 127 minut, první bajt je při ukládání dat využit pro identifikaci délky paketu. Je tedy použitelných pouze 7 bitů.

3.3 Komunikace s PC

Stejně jako tomu je při komunikaci bezdrátové, tak i při komunikaci přes USB rozhraní, je nutné data v počítači přesně identifikovat. V řídicí jednotce jsou data ukládána do externí paměti a jejich formát uložení odpovídá protokolu použitému při přenosu dat.

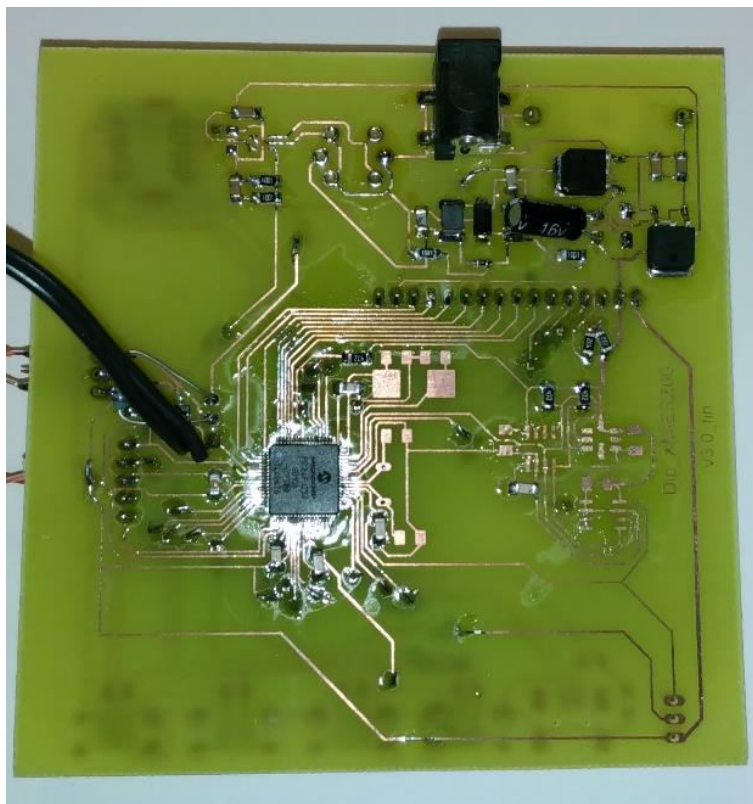
V běžném provozu meteostanice může nastat situace, kdy dojde k dlouhodobému výpadku elektrické energie. Tento problém se nijak nedotkne měřících nodů, ty jsou napájeny bateriově. Řídicí jednotka je však napájena síťovým napětím a při jeho výpadku, či odpojení od sítě dojde k vypnutí stanice. Řídicí jednotka sice obsahuje baterii, ta je však primárně určena k záložnímu napájení obvodu reálného času. Je tedy nutné ukládané datové pakety rozšířit o datum a čas, ve kterém byly měřeny.

Vzhledem ke značnému množství dat, které by vzniklo vkládáním data a času do každého záznamu, jsou pakety opatřeny pouze bajtem, ve kterém je uložen údaj o čase, který uběhl od předchozího měření. Takto vytvořený záznam by v případě vynechání několika měřících cyklů zkresloval statistiku a uváděl by chybné informace. Z tohoto důvodu jsou vytvářeny pakety s dvěma různými bajtovými délkami. Vždy při prvním měření po inicializaci systému je ukládán delší paket s informací o datu a čase měření, následné záznamy obsahují pouze informaci o době od posledního měření.

4 NÁVRH A KONSTRUKCE

Hlavní výpočetní jednotka je realizována na oboustranné desce plošných spojů (viz Obr. 4.1 a Obr. 4.2). Převážná většina součástek byla volena v provedení pro povrchovou SMD montáž. Výjimku tvoří pouze pojistkové pouzdro, patice pro displej a kolíkové vývody pro připojení napájení podsvícení displeje a ICSP konektor pro připojení programátoru. Velikost SMD součástek byla zvolena 1206. Tato velikost umožňuje bezpečné ruční osazení.

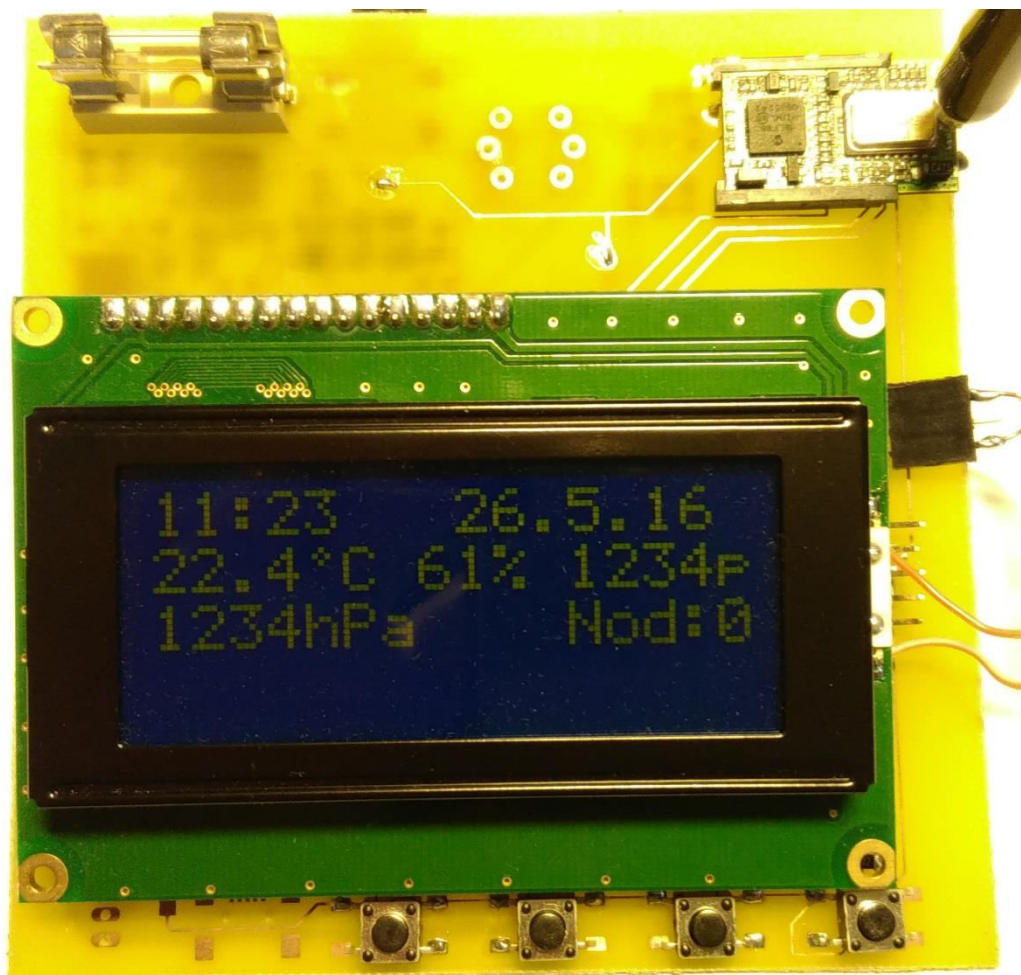
U některých součástek není možno zvolit libovolné pouzdro. Snahou výrobců součástek pro průmyslové použití je minimalizovat velikost pouzder, což může při ručním osazování komplikovat správné osazení součástky. Příkladem je senzor BMP085 od společnosti BOSCH, který je dodáván v pouzdře LCC8. Pro ruční osazování není zcela ideální ani pouzdro TQFPA64, ve kterém je dodáván použitý mikrokontrolér. Toto pouzdro má rozteč vývodů 0,2 mm.



Obr. 4.1: Osazená hlavní výpočetní jednotka (spodní strana)

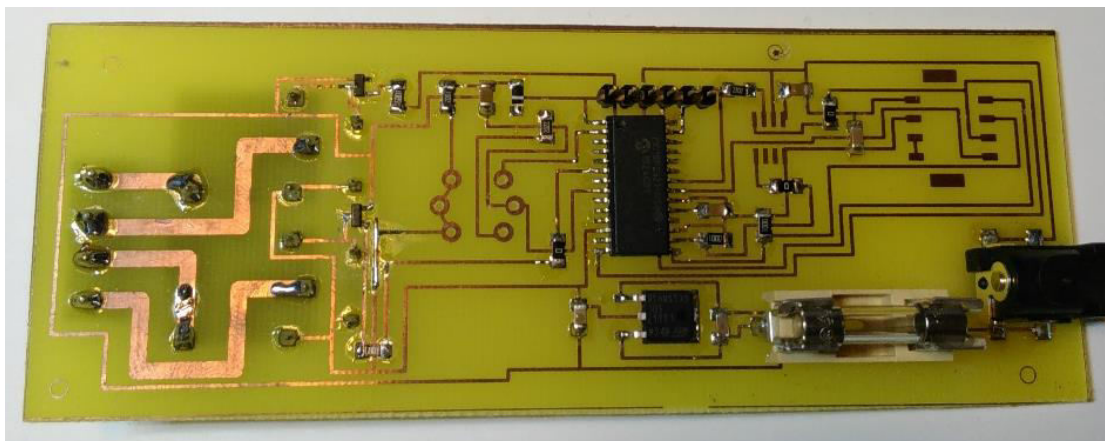
Na spodní straně desky plošných spojů pro hlavní výpočetní jednotku je osazen mikrokontrolér a převážná část všech součástek. V horní části se nachází součástky určené ke stabilizaci napájecího napětí. V pravé části jsou umístěny měřící senzory.

Na horní straně jsou umístěny součástky, sloužící k ovládání celého systému. Jedná se o SMD tlačítka, alfanumerický displej a mini USB konektor. Nad displejem je umístěno pojistkové pouzdro, senzor MQ811 a slot SIM pro zasunutí bezdrátového modulu. Slot SIM je umístěn na horní straně desky zejména kvůli potřebě připojit anténu, což by na spodní straně nebylo možné.



Obr. 4.2: Osazená hlavní výpočetní jednotka (horní strana)

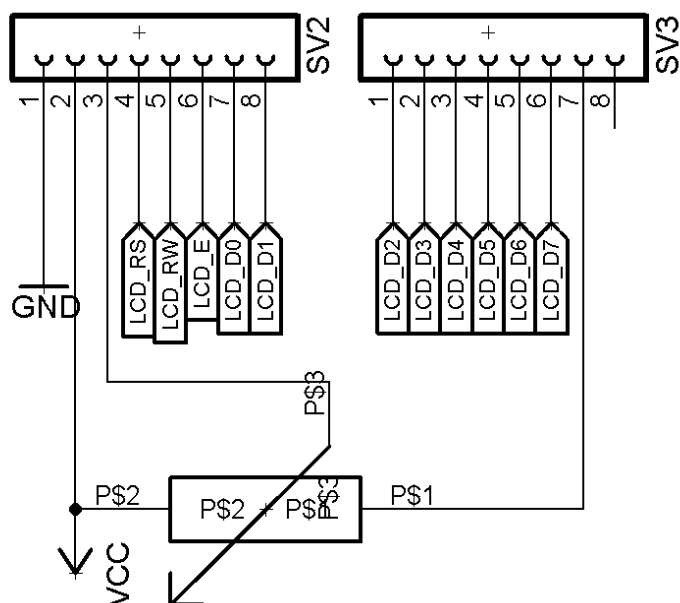
K ovládání vytápění byla vytvořena zvláštní deska plošného spoje. Tato deska by měla být umístěna poblíž plynového, případně elektrického kotle. Deska je osazena dvěma elektromagnetickými relátka, kterými lze spínat napájecí napětí kotle. Deska je realizována jako jednovrstvá s kombinovanou povrchovou a vývodovou montáží (viz Obr. 4.3).



Obr. 4.3: Osazený modul ovládání vytápění (horní a spodní strana)

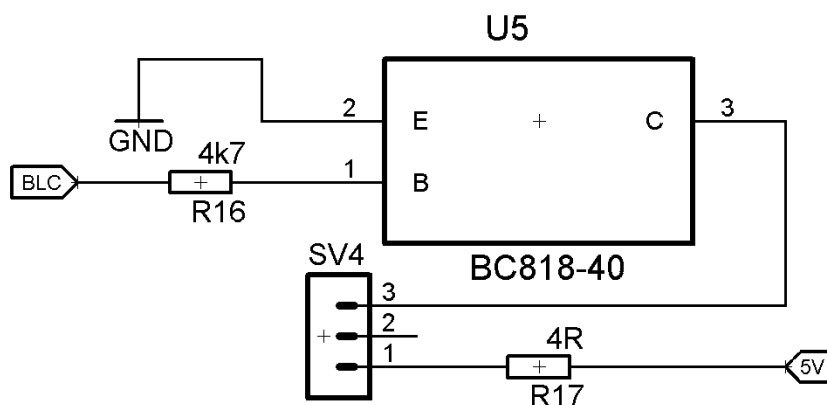
4.1 Zapojení displeje

V zadání této práce byl kladen požadavek na osazení grafického displeje pro přehledné zobrazování naměřených hodnot. Po několika neúspěšných pokusech o vytvoření knihovny pro ovládání grafického displeje byl zvolen klasický alfanumerický displej. Zvolen byl displej se čtyřmi řádky a šestnácti znaky na řádku, kde bude možné hodnoty také zobrazovat při zachování relativní přehlednosti. Osazen byl displej RC1604A-BIY-ESV od společnosti Raystar Optronics, který obsahuje vlastní řadič ST7066. Logické obvody pracují s napájecím napětím 3 až 3,6 V, avšak podsvícení vyžaduje napětí 4 až 4,4 V při odběru zhruba 220 mA. Zapojení vývodů (Viz Obr. 4.4) bylo realizováno podle doporučeného zapojení výrobce z datasheetu [4].



Obr. 4.4: Schéma zapojení displeje

Datové vývody jsou připojeny přímo na mikrokontrolér, konkrétně na spodní bity portu E. Potenciometr o velikosti 10 až 20 k Ω umístěný mezi vývody 7,3 a 2 slouží k nastavení kontrastu displeje. Podsvícení displeje je napájeno z napájecí větve pro 5 V s předřadným odporem 4 Ω . Podsvícení je ovládáno pomocí bipolárního NPN tranzistoru BC818-40, který je připojen na vývod RG8. Ovládání podsvícení a zapojení tranzistoru BC818-40 je znázorněno na obrázku 4.5.



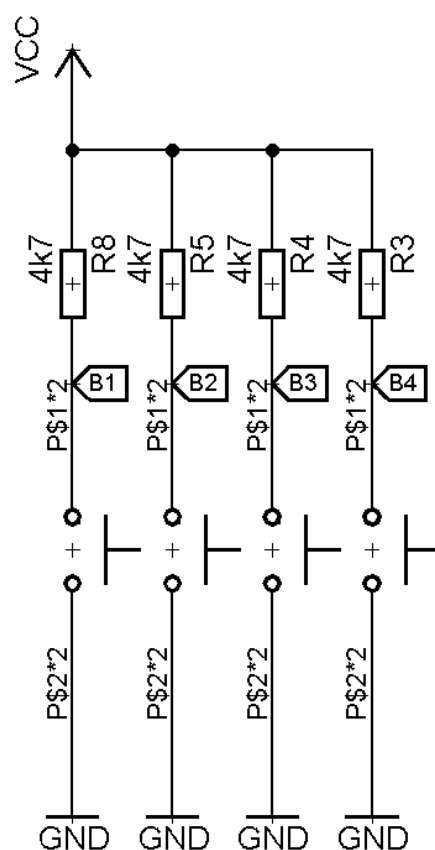
Obr. 4.5: Schéma ovládání podsvícení pomocí tranzistoru

4.2 Zapojení tlačítek

Ovládání celého systému je realizováno pomocí čtyř tlačítek. Vzhledem k dostatečnému množství vstupně výstupních pinů mikrokontroléru je každé tlačítko připojeno k samostatnému pinu. Zapojení je realizováno pomocí pull-up rezistoru. Z tlačítek je následně odečítáno napětí, kterým se vyhodnocuje stisknutí tlačítka. V případě stisknutí dojde ke svedení napětí z pinu na zem a na pinu mikrokontroléru je indikováno napětí 0 V. V případě tlačítka nestisknutého je napětí na pinu rovno napětí napájecímu, v tomto případě 3,3 V. Hodnota pull-up rezistoru byla zvolena 4700 Ω . Z Ohmova zákona (viz 4.1) lze spočítat elektrický proud, který bude tlačítkem protékat při stisknutí.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{3,3}{4700} = 7,021 \cdot 10^{-4} \text{ A}, \quad (4.1)$$

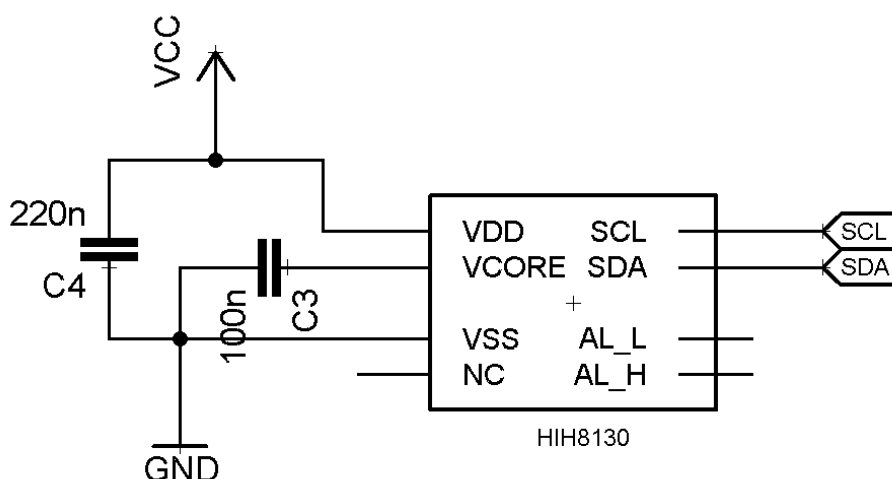
kde I je elektrický proud, U elektrické napětí a R elektrický odpor. Schéma zapojení tlačítek je znázorněno na následujícím obrázku 4.6.



Obr. 4.6: Schéma zapojení tlačítek

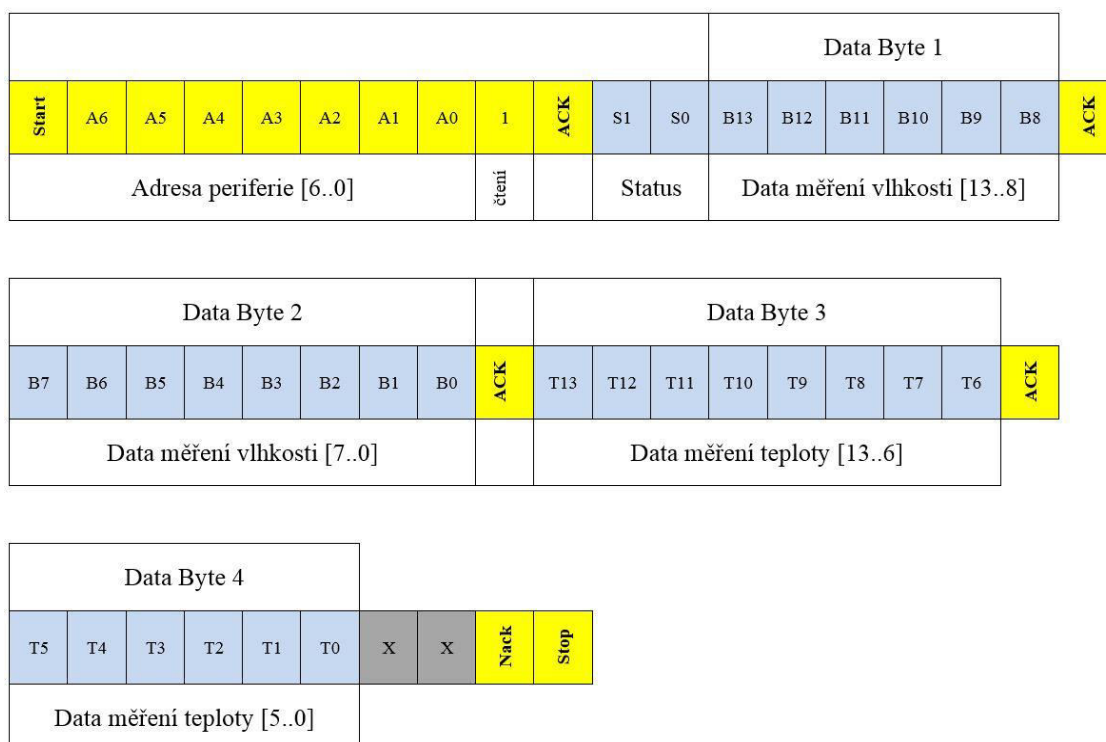
4.3 Senzor HIH8130

Hlavní zobrazovací jednotka je osazena hlavními senzory pro měření fyzikálních veličin. Konkrétně se jedná o senzor teploty a relativní vlhkosti HIH8130 od společnosti Honeywell. Jedná se o inteligentní senzor dodávaný v pouzdře SOIC-8. Napájení je realizováno ze společné napájecí větve 3,3 V. Komunikace se senzorem probíhá prostřednictvím datové sběrnice I2C. Schéma zapojení senzoru (viz Obr. 4.7) odpovídá doporučenému zapojení, které je uvedeno v datasheetu [7].



Obr. 4.7: Schéma zapojení senzoru HIH8130

Prostřednictvím datové sběrnice I2C jsou zasílána data ve čtyřech bajtech. Konkrétní podoba datové komunikace se senzorem je znázorněna na obrázku 4.8. [9]



Obr. 4.8: Datová komunikace se senzorem HIH8130 [11]

Na obrázku 4.8 jsou modře vyznačeny bity odeslané periferním zařízením, žlutě bity odeslané z řídicího mikrokontroléru, bity označené jako X jsou nevyužity.

Po změření a přijetí dat ze senzoru je nutné data převést do tvaru odpovídající hodnotě relativní vlhkosti a teplotě. Jak je patrné z obrázku 4.8, připadá čtrnáct bitů hodnotě relativní vlhkosti a dalších čtrnáct teplotě.

Relativní vlhkost je dopočítávána z následujícího vztahu [7]:

$$Vlhkost (\%RH) = \frac{Data[0..13]}{2^{14}-2} * 100 \quad (4.2)$$

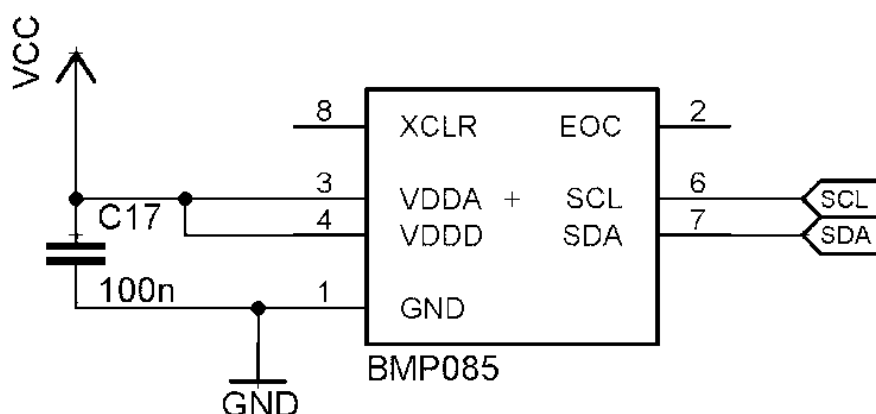
Teplota je dopočítávána z následujícího vztahu [9]:

$$Teplota (^{\circ}C) = \frac{Data[14..27]}{2^{14}-2} * 165 - 40 \quad (4.3)$$

4.4 Senzor BMP085

Jedná se o barometrický inteligentní senzor firmy BOSCH dodávaný v pouzdře LCC s 8 piny, jehož rozměry senzor předurčují k použití v přenosných zařízeních, jako jsou například mobilní telefony a GPS navigační systémy. Umožňuje měření atmosférického tlaku v rozsahu 300 až 1100 hPa. Rozsah měřených hodnot splňuje požadavky pro měření běžného atmosférického tlaku. Senzor také obsahuje čidlo teploty a je dodáván plně kalibrován. Měření samotné je založeno na piezoelektrickém jevu, což zajišťuje jeho dlouhodobou teplotní stálost a přesnost měření.

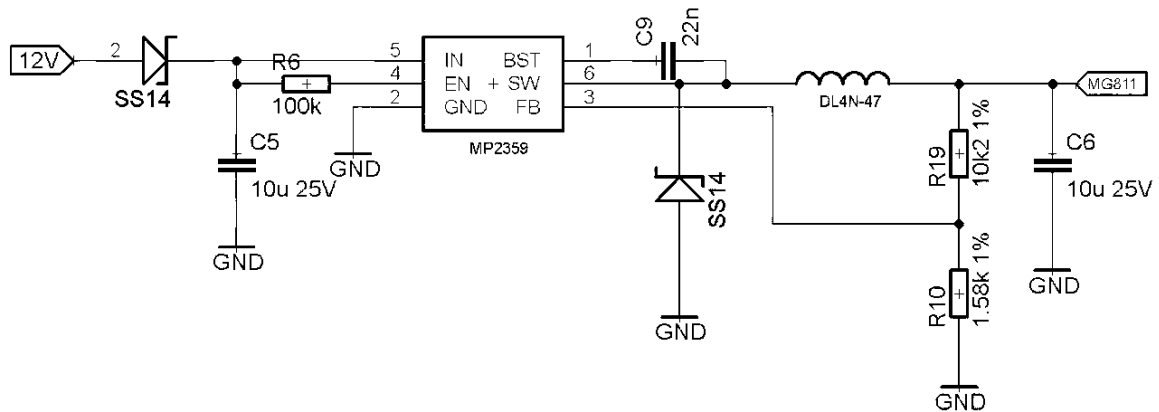
Napájecí napětí senzoru lze použít v rozmezí 1,8 až 3,6 V, což vyhovuje napájecímu napětí celého systému (3,3 V). Maximální odběr elektrického proudu v průběhu měření je 1 mA. Přesnost měření je zaručena výrobcem v rozmezí teplot 0 až 65 °C. Komunikace se senzorem probíhá prostřednictvím datové sběrnice I2C, po které jsou data posílána v šestnáctibitovém rozlišení. Senzor byl zapojen dle doporučeného zapojení z datasheetu a je znázorněno na obrázku 4.9. [8]



Obr. 4.9: Schéma zapojení barometrického senzoru BMP085

4.5 Senzor koncentrace oxidu uhličitého MG-811

K měření koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) je použit senzor MG-811 s vysokou citlivostí. Menší citlivost vykazuje také na alkohol a oxid uhelnatý. Senzor je dodáván v šestivývodovém kovovém pouzdře určeném k vývodové montáži. Dle datasheetu [8] je nutné relativně nezvyklé napájecí napětí 6 V s tolerancí ±0,1 V. Toto napětí v systému generuje DC-DC měnič MP2359. Zapojení celé napájecí části senzoru je znázorněno na obrázku 4.10 a odpovídá doporučenému zapojení z datasheetu měniče. [10]



Obr. 4.10: Schéma zapojení DC-DC měniče pro napájení senzoru MG-811

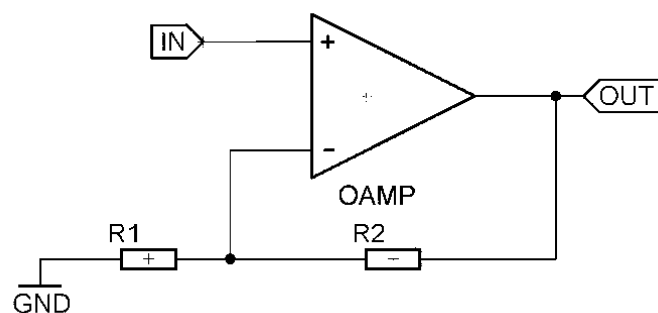
Toto napětí je senzorem využíváno k napájení žhavicí cívky senzoru a proudový odběr je do 200 mA. Rozsah výstupního napětí senzoru je 100 až 400 mV. Při následném zpracování tohoto napětí v mikrokontroléru by nebylo dosaženo maximální možné přesnosti měření. Výstupní napětí senzoru je před zpracováním zesíleno pomocí operačního zesilovače MCP6L01T od společnosti Microchip. Operační zesilovač je zapojen jako neinvertující zesilovač. Ideální je zesílení nastavit tak, aby na výstupu bylo napětí odpovídající hodnotě zhruba 3 V. Hodnotu nastavujících rezistorů lze určit z následujícího výpočtu pro neinvertující zesilovač:

$$U_{out} = U_{in} * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (4.4)$$

$$\text{Po dosazení: } 3 = 0,4 * \left(1 + \frac{R_2}{150 \text{ k}\Omega}\right)$$

$$R_2 = 975000 \Omega$$

kde U_{out} představuje požadované výstupní napětí zesilovače, U_{in} je napětí vstupní, R_1 a R_2 jsou odpory umístěné ve zpětné vazbě dle obrázku 4.11.

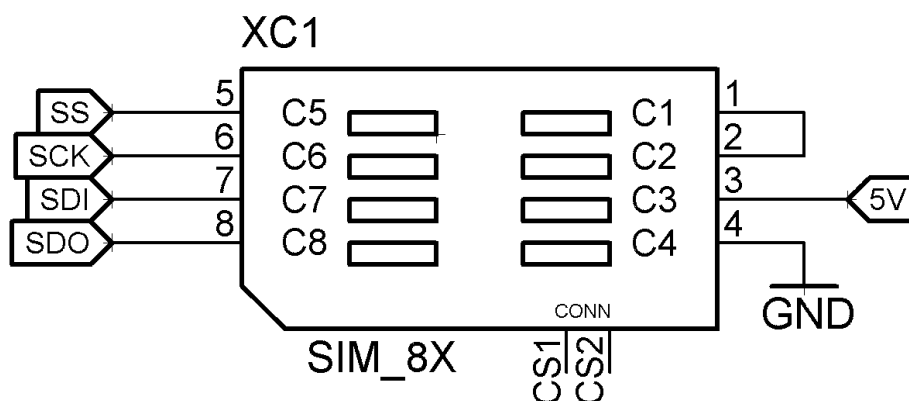


Obr. 4.11: Schéma neinvertujícího zapojení operačního zesilovače

Místo vypočtené hodnoty odporu lze použít rezistor 1 M Ω . Výstupní napětí zesilovače se tím změní pouze nepatrně na hodnotu 3,066 V. Toto napětí je přivedeno na vstup analogově digitálního převodníku mikrokontroléru.

4.6 Připojení bezdrátového modulu

Bezdrátový modul IQRF je připojen do systému prostřednictvím standardního SIM konektoru s osmi piny. Modul je opatřen vlastním stabilizátorem napětí, je tedy napájen z pěti voltové napájecí větve. Zbývající piny jsou využity pro připojení datové sběrnice SPI, která slouží ke komunikaci s mikrokontrolérem (viz Obr. 4.12).

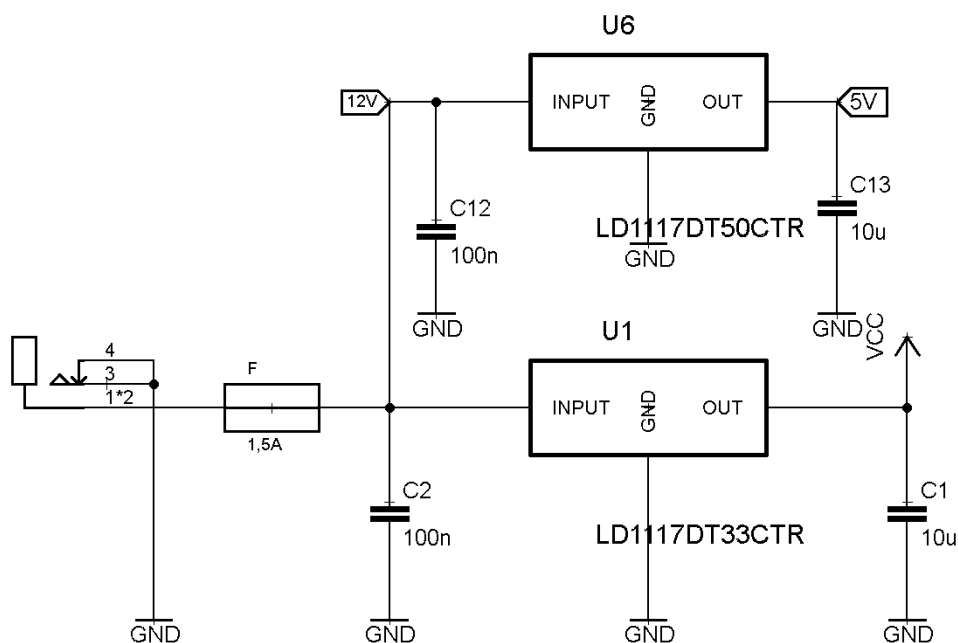


Obr. 4.12: Schéma zapojení SIM konektoru

4.7 Napájení

Napájecí napětí je pro celý systém zajištěno dvěma lineárními stabilizátory napětí. Hlavní napájecí větev pro mikrokontrolér, senzory a logické obvody displeje je stabilizována na napětí 3,3 V. Druhý stabilizátor zajišťuje napětí 5 V pro podsvícení displeje a pro napájení bezdrátového modulu. V obou případech se jedná o produkty firmy

ST Microelectronics z produktové řady LD1117. V obou případech bylo zvoleno pouzdro DPAK určené pro povrchovou montáž. Oba stabilizátory jsou zapojeny dle doporučení výrobce uvedeného v datasheetu [13] a je znázorněno v celkovém schématu napájecí části systému (viz Obr. 4.13).



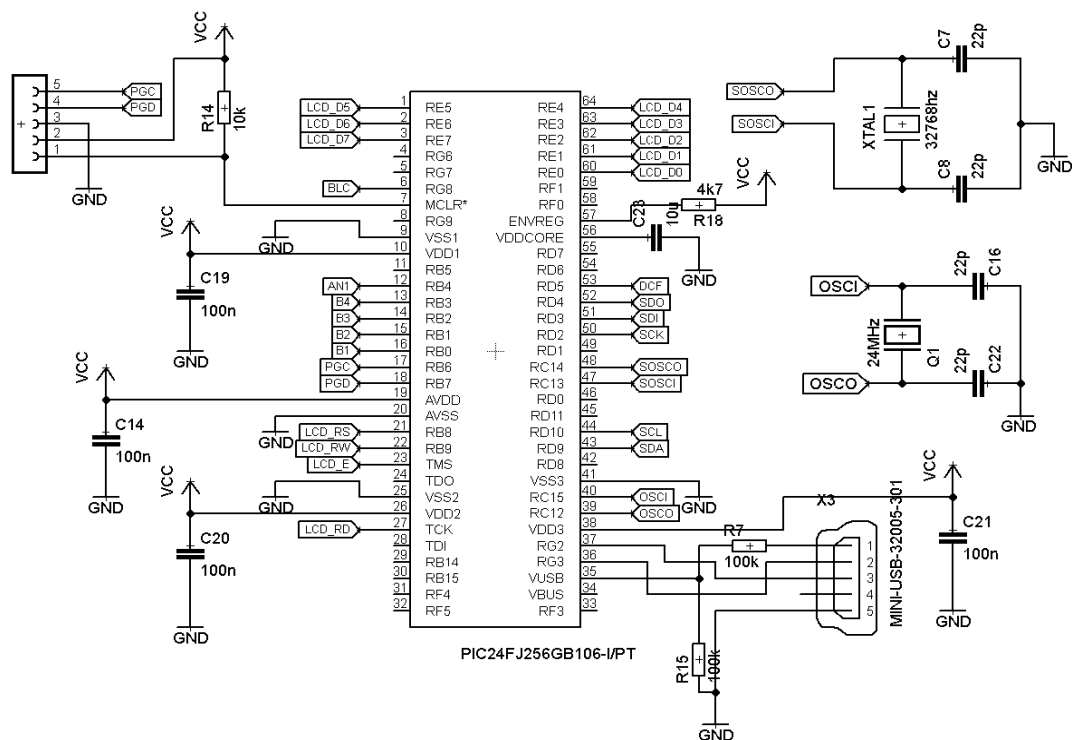
Obr. 4.13: Schéma zapojení napájecího obvodu

Na schématu zapojení napájecí části je zobrazena také tavná pojistka s hodnotou jmenovitého proudu 1,5A zabráňující poškození součástek v případě poruchy v napájecím obvodu. Na desku plošných spojů je přivedeno stabilizované napětí 12V prostřednictvím SMD konektoru o průměru 5,5mm ze síťového adaptéru.

4.8 Mikrokontrolér

Na obrázku 4.14 je zobrazeno základní schéma zapojení mikrokontroléru osazeného na desce plošného spoje hlavní výpočetní jednotky. Jedná se o zapojení obsahující základní prvky nutné ke správnému běhu mikrokontroléru. V levém horním rohu je znázorněno rozhraní ICSP(In-Circuit Seriál Programming), které slouží k připojení programátoru. Na schématu jsou dále zobrazeny keramické blokovací kondenzátory o kapacitě 100 nF, umístěné na napájecí větvi co nejbližší k pouzdru mikrokontroléru, konkrétně se jedná o součástky C14, C19, C20 a C21. V pravé horní části je zobrazeno zapojení primárního a sekundárního oscilátoru. Tyto součástky na desce plošných spojů nejsou osazeny. Rozhraní primárního oscilátoru bylo navrženo zejména jako pojistka pro případ, že by mikrokontrolér pracující s vnitřním oscilátorem na frekvenci 8 MHz nezvládal dostatečně

rychlou obsluhu grafického displeje. Vzhledem k faktu, že byl použit displej alfanumerický, nebylo nutné primární oscilátor zapojovat. Sekundární oscilátor označen jako Xtal1 s hodnotou 32768 Hz byl zamýšlen k řízení integrovaného modulu obvodu reálného času. V pravé dolní části je zobrazeno zapojení konektoru mini USB, který je připojen přímo ke kontroléru.



Obr. 4.14: Schéma základního zapojení mikrokontroléru

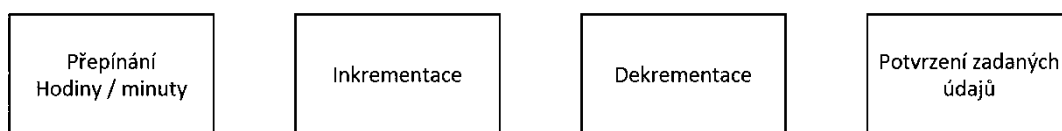
5 OBSLUŽNÝ PROGRAM

Hlavní programová smyčka je jednoduchý program, který byl napsán v jazyce C ve vývojovém prostředí MPLAB X IDE od společnosti Microchip. Vývojový diagram programu je znázorněn na obrázku 5.2. Jako první po zapnutí zařízení dojde k inicializaci vstupně výstupních portů, k nastavení časovače, inicializaci LCD displeje a datové sběrnice I2C.

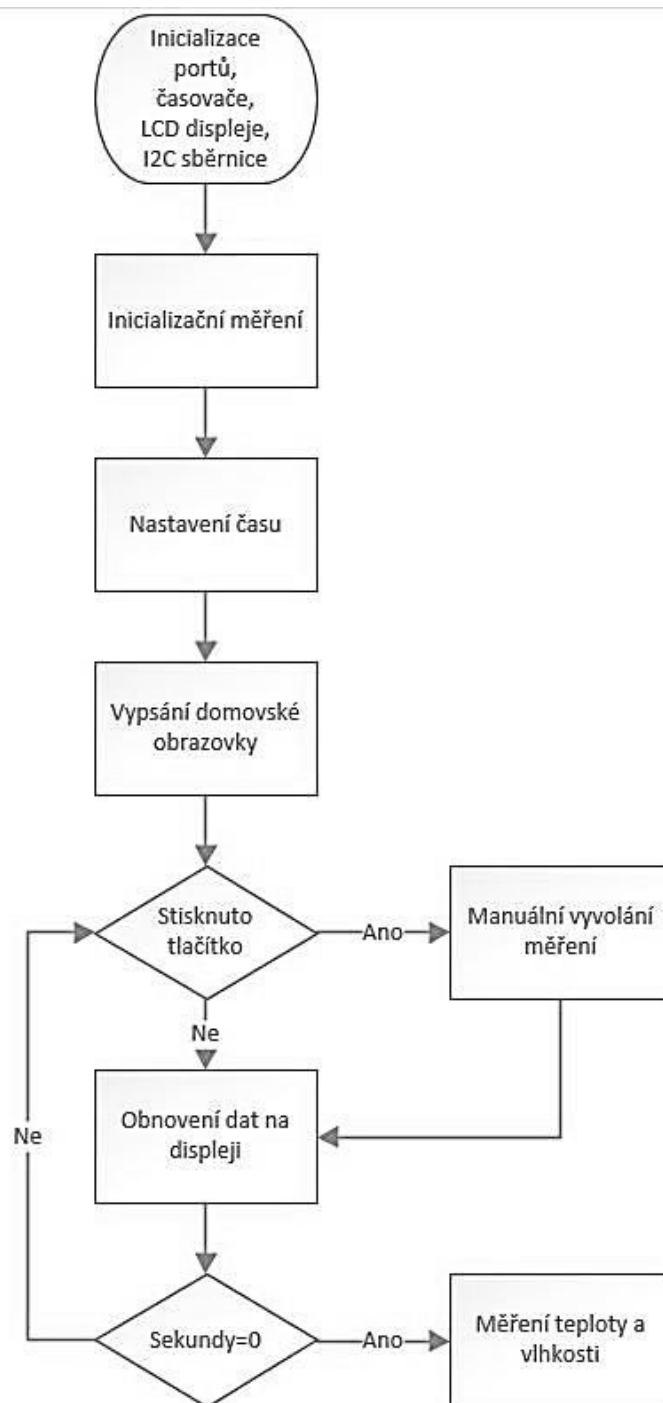
Piny pro čtení tlačítek jsou nastaveny jako vstupní a je na nich vypnuta funkce analogově digitálního převodníku. Časovač je nastaven tak, aby vyvolával příznak přerušení každou sekundu. Při obsluze přerušení dochází k inkrementaci času, který je zobrazován na displeji. Inicializace LCD displeje spočívá v nastavení obslužných pinů jako výstupních.

Po provedení prvotní inicializace dochází k vyvolání prvotního měření teploty a relativní vlhkosti a jejich následnému zobrazení na displeji. V inicializační části programu dochází také k ručnímu nastavení hodin. Počáteční stav je jedna hodina a jedna minuta. Nastavování se provádí pomocí čtyř tlačítek umístěných pod displejem. Jejich funkce je znázorněna na obrázku 5.1. Po nastavení času dojde k vykreslení domovské obrazovky (viz Obr. 4.2).

V hlavní programové smyčce dochází k obnovování dat na displeji. Každou minutu je vyvoláno měření teploty a relativní vlhkosti. Dochází také ke kontrole stisku pravého tlačítka (při nastavování času funkce potvrzení (viz Obr. 5.1), kterým je možné vyvolat okamžité měření teploty a relativní vlhkosti.



Obr. 5.1: Funkce tlačítek při nastavování času



Obr. 5.2: Vývojový diagram hlavní programové smyčky

6 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout a realizovat domácí bezdrátovou meteorologickou stanici. Prvním krokem bylo určení adekvátních součástí systému, jako jsou například senzory, vhodný mikrokontrolér, napájecí prvky a displej. Schématický návrh všech částí systému a návrh desek plošných spojů byl proveden v programu Eagle. Po navržení schématu bylo nutné zajistit všechny součástky nutné k realizaci systému.

Po neúspěšných pokusech s grafickými displeji dodávanými z Číny, které byly opakovaně doručeny v poškozeném stavu bylo přistoupeno k použití jednoduššího alfanumerického displeje. Zakomponování nového displeje do systému bylo spojeno s opětovným návrhem a výrobou desek plošných spojů.

Následně došlo k realizaci prototypu meteostanice na kterém docházelo k prvním pokusům o oživení jednotlivých součástí. Při oživování sběrnice SPI, prostřednictvím které je realizována datová komunikace s bezdrátovými moduly byla zjištěna chyba v návrhu obvodového zapojení. Vzhledem k nedostatku času, nutnému k přepracování návrhu obvodového zapojení a tvorbě nové desky plošných spojů nebylo možné realizovat komunikaci s bezdrátovými moduly.

V optimistických začátcích byla tendence zadání rozšířit o modul, který by umožňoval spínání vytápěcí soustavy. Vzhledem k náročnosti tvorby hlavních modulů meteostanice byl realizován pouze návrh a osazení desky plošných spojů tohoto modulu.

Při výrobě prototypu se počítalo s osazením USB rozhraní pro komunikaci s počítačem. K tvorbě obslužného programu pro toto rozhraní nebylo přistoupeno z důvodů práce na zprovoznění bezdrátové komunikace a komunikace se senzory umístěnými na desce hlavní výpočetní jednotky.

V rámci této práce byla realizována hlavní výpočetní jednotka, která je osazena alfanumerickým displejem o velikosti 16x4 znaky, dále jsou osazeny veškeré součástky uvedené v návrhu. Byl vytvořen software pro obsluhu displeje, pro komunikaci se senzory po datové sběrnici I2C, pro čtení stavů tlačítek, které slouží k pohybu v menu.

LITERATURA

- [1] Historie meteorologie. *Meteopage* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.meteopage.com/articles/5.php>
- [2] PIC24FJ256GB110 Family Datasheet. *Microchip* [online]. 2009, 352 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39897c.pdf>
- [3] PIC18F2221/2321/4221/4321 Family Datasheet. *Microchip* [online]. 2009, 402 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39689f.pdf>
- [4] RC1604A-BIY-ES. *RAYSTAR OPTRONICS: Datasheet* [online]. 23 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/2bacd2762d58f1adb03f0c617657c924/RC1604A-BIY-ESV.pdf>
- [5] VRBA, Radimír a Martin ADÁMEK. *Mikrosenzory a mikromechanické systémy*. Brno, 2011. Učební text. Vysoké učené technické v Brně.
- [6] Daďo, S a Kreidl, M.: *Senzory a měřící obvody*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996, 315s.
- [7] Honeywell HumidIcon™ Digital Humidity/Temperature Sensors HIH8000 Series • $\pm 2.0\%RH$ Accuracy. *Honeywell: Datasheet* [online]. 2013, 13 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/4f08a01abf59c9617dbebe4cf404fb89/HH8000-SERIES-EN.pdf>
- [8] BMP085 Digital pressure sensor. *BOSCH: Datasheet* [online]. 2009, 27 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/BST-BMP085-DS000-05.pdf>
- [9] TECHNICAL DATA MQ-6 GAS SENSOR: Datasheet. *HANWEI SENSORS* [online]. , 2 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf>
- [10] *MG811 CO2 Sensor Datasheet* [online]. 2 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://sandboxelectronics.com/files/SEN-000007/MG811.pdf>
- [11] I 2C Communication with the Honeywell HumidIcon™ Digital Humidity/Temperature Sensors: HIH-6130/6131 Series: Technical Note. *Honeywell* [online]. 2011, 4 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.phanderson.com/arduino/I2CCommunications.pdf>
- [12] MP2359 – 1.2A, 24V, 1.4MHz STEP-DOWN CONVERTER IN A TSOT23-6: Datasheet. *MPS* [online]. 2011, 11 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.monolithicpower.com/desktopmodules/documentmanage/api/document/getdocument?id=269>
- [13] LD1117 Adjustable and fixed low drop positive voltage regulator: Datasheet. *ST Microelectronics* [online]. 2013, 44 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

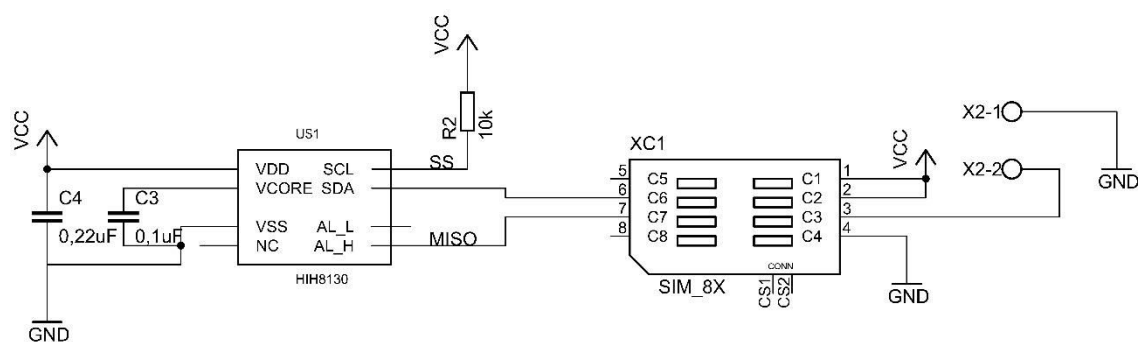
SPI	Sériová datová sběrnice
I2C	Sériová datová sběrnice
Hz	Hertz
V	Volt
LCD	Displej z tekutých krystalů
USB	Univerzální sériová sběrnice
°C	Stupeň Celsia
hPa	Hektopascal
CO ₂	Oxid uhličitý
Ω	Ohm
Ppm	jedna miliontina
A	Ampér
kb/s	Kilobit za sekundu
m	Metr
I	Elektrický proud
U	Elektrické napětí
R	Elektrický odpor
F	Farad

SEZNAM PŘÍLOH

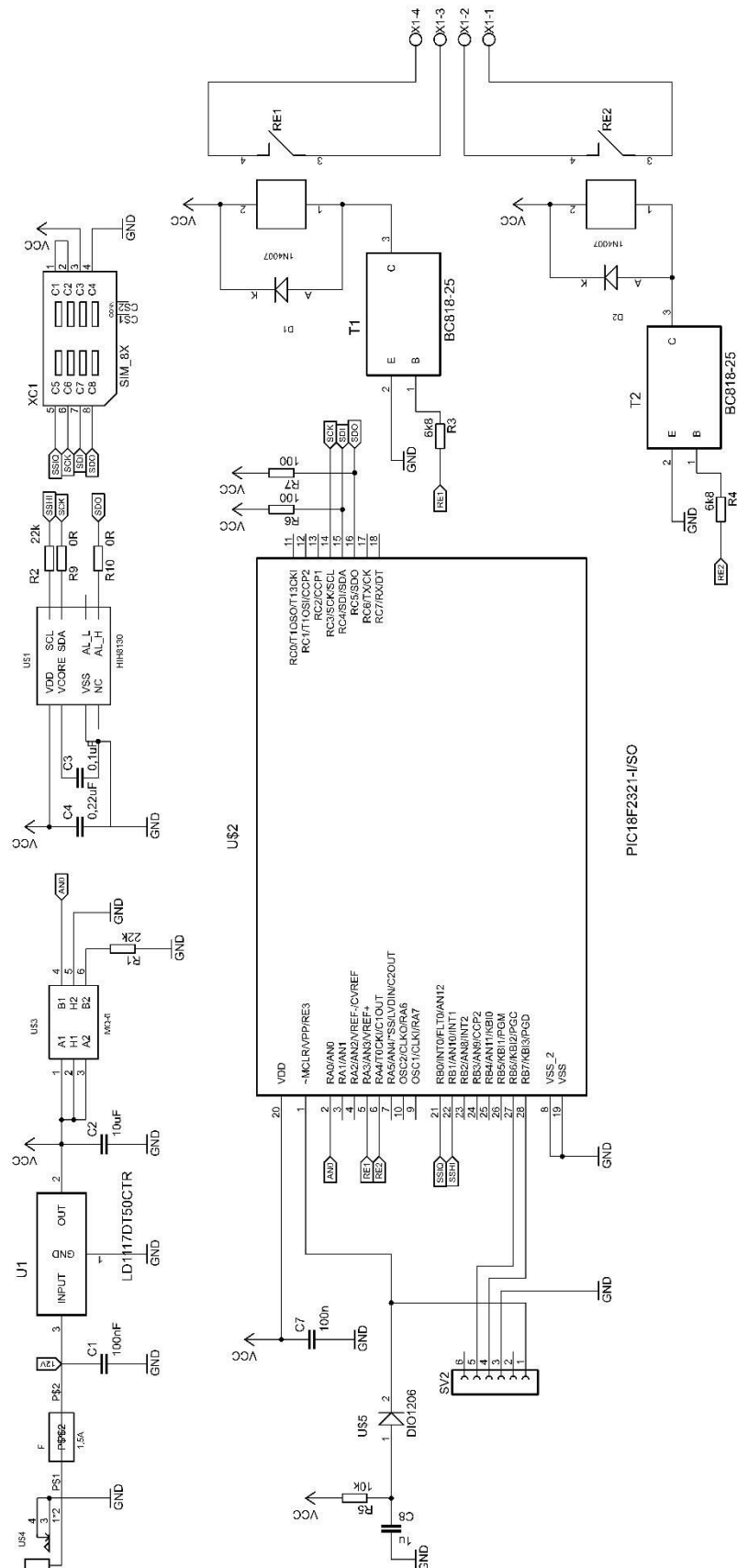
A	Návrh zařízení	36
A.1	Obvodové zapojení měřicího nodu	36
A.2	Obvodové zapojení jednotky vytápění	37
A.3	Obvodové zapojení hlavní zobrazovací jednotky	38
A.4	Deska plošného spoje hlavní zobrazovací jednotky	39
A.5	Deska plošného spoje hlavní zobrazovací jednotky	40
A.6	Deska plošného spoje měřicího nodu	40
A.7	Deska plošného spoje jednotky vytápění	41
B	Seznam součástek	42
C	Obslužný program	44
C.1	Main	44

A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

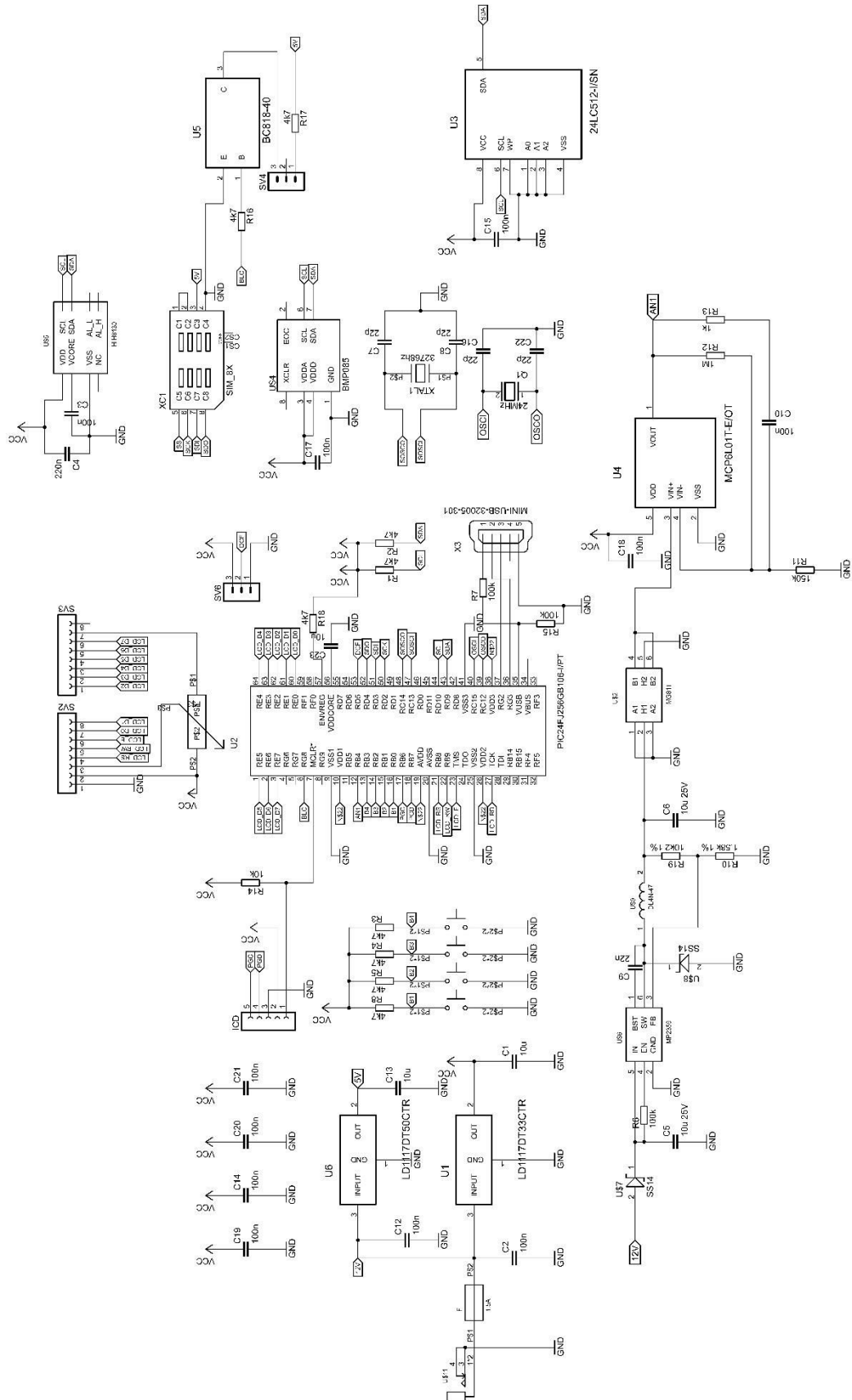
A.1 Obvodové zapojení měřícího nodu



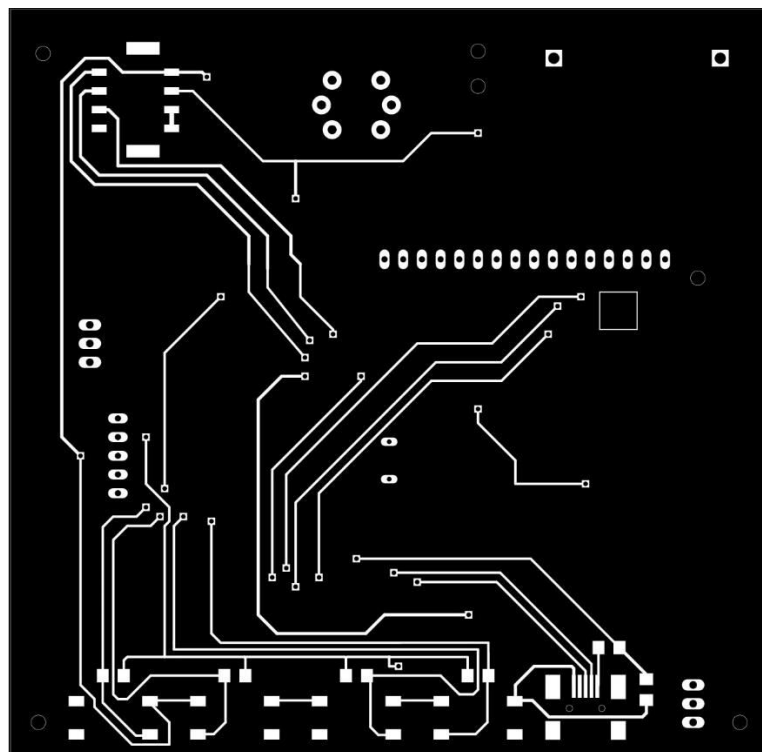
A.2 Obvodové zapojení jednotky vytápění



A.3 Obvodové zapojení hlavní zobrazovací jednotky

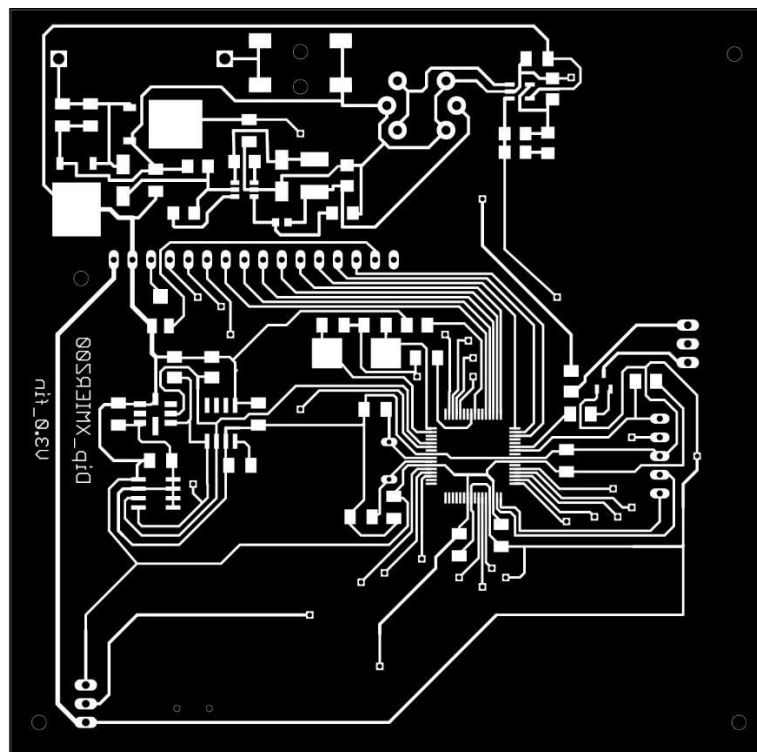


A.4 Deska plošného spoje hlavní zobrazovací jednotky – top (strana displeje)



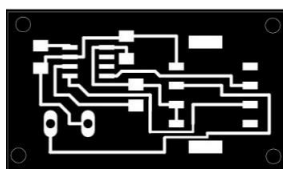
Rozměr desky 102x101[mm], měřítko M1:1

A.5 Deska plošného spoje hlavní zobrazovací jednotky – bottom (strana součástek)



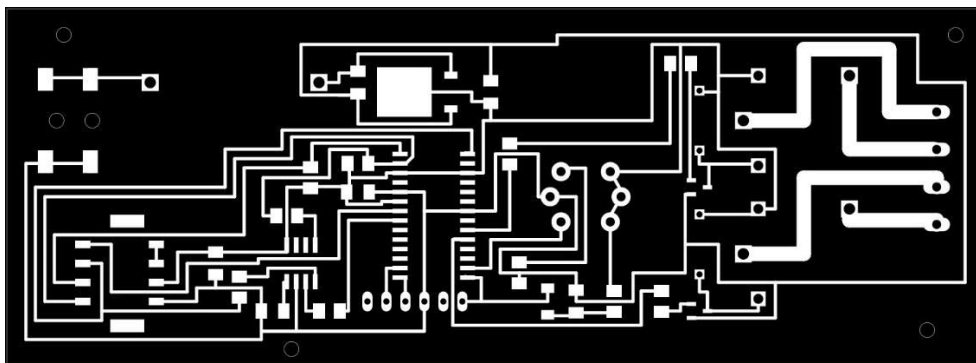
Rozměr desky 102x101 [mm], měřítko M1:1

A.6 Deska plošného spoje měřicího nodu – bottom (strana spojů a součástek)



Rozměr desky 37x21 [mm], měřítko M1:1

A.7 Deska plošného spoje jednotky vytápění – top (strana spojů a součástek)



Rozměr desky 130x48 [mm], měřítko M1:1

B SEZNAM SOUČÁSTEK

Hodnota	Pouzdro	Popis	Počet kusů
100n	SMD 1206	Kondenzátor	11
10u	SMD 1206	Kondenzátor	5
220n	SMD 1206	Kondenzátor	1
22p	SMD 1206	Kondenzátor	4
1,5A	SMD 1206	Pojistka	1
4k7	SMD 1206	Rezistor	9
100k	SMD 1206	Rezistor	3
1.58k 1%	SMD 1206	Rezistor	1
150k	SMD 1206	Rezistor	1
1M	SMD 1206	Rezistor	1
1k	SMD 1206	Rezistor	1
10k	SMD 1206	Rezistor	1
10k2 1%	SMD 0603	Rezistor	1
FE05-1	FE05-1	Svorka	1
FE08-1	FE08-1	Svorka	2
MA03-1	MA03-1	Svorka	2
20k	SMD 1804	Potenciometr	1
MG811	THT	Senzor CO ₂	1
BMP085	LCC 8	Senzor atmosférického tlaku	1
HIH8130	SOIC 8	Senzor vlhkosti a teploty	1
MP2359	SOT23-6	DC-DC měnič	1
SS14	DO214AC	Zenerova dioda	2
DL4N-47	SMD	Cívka	1
FC68148S_DC_CON	SMD	DC konektor	1
LD1117DT33CTR	DPAK	Stabilizátor napětí	1
PIC24FJ256GB106-I/PT	TQFPA 64	Mikrokontrolér	1
24LC512-I/SN	SOIC 8	Externí paměť	1
MCP6L01T-E/OT	SOT23-5	Operační zesilovač	1

BC818-40	SOT23	Bipolární tranzistor	1
LD1117DT50CTR	DPAK	Stabilizátor napětí	1
	Mini-USB	Mini USB	1
	SIM_8X	Konektor SIM	1
	SMD	Tlačítko	4
RC1604A-BIY-ESV		Displej	1

C OBSLUŽNÝ PROGRAM

C.1 Main

```
/*
 * File:   main.c
 * Author: Leon
 *
 * Created on 19. brezna 2016, 17:22
 */

// CONFIG3
#pragma config WFPF = WFPF511           // Write Protection Flash Page
Segment Boundary (Highest Page (same as page 170))
#pragma config WPDIS = WPDIS           // Segment Write Protection
Disable bit (Segmented code protection disabled)
#pragma config WPCFG = WPCFGDIS        // Configuration Word Code Page
Protection Select bit (Last page(at the top of program memory) and Flash
configuration words are not protected)
#pragma config WPEND = WPENDMEM        // Segment Write Protection End
Page Select bit (Write Protect from WFPF to the last page of memory)

// CONFIG2
#pragma config POSCMOD = NONE           // Primary Oscillator Select
(Primary oscillator disabled)
#pragma config DISUVREG = OFF           // Internal USB 3.3V Regulator
Disable bit (Regulator is disabled)
#pragma config IOL1WAY = ON            // IOLOCK One-Way Set Enable bit
(Write RP Registers Once)
#pragma config OSCIOFNC = ON           // Primary Oscillator Output
Function (OSCO functions as port I/O (RC15))
#pragma config FCKSM = CSDCMD          // Clock Switching and Monitor
(Both Clock Switching and Fail-safe Clock Monitor are disabled)
#pragma config FNOSC = FRC             // Oscillator Select (Fast RC
Oscillator (FRC))
#pragma config PLL_96MHZ = ON          // 96MHz PLL Disable (Enabled)
#pragma config PLLDIV = DIV12          // USB 96 MHz PLL Prescaler
Select bits (Oscillator input divided by 12 (48MHz input))
#pragma config IESO = ON               // Internal External Switch Over
Mode (IESO mode (Two-speed start-up) enabled)

// CONFIG1
#pragma config WDTPS = PS32768         // Watchdog Timer Postscaler
(1:32,768)
#pragma config FWPSA = PR128           // WDT Prescaler (Prescaler
```

```

ratio of 1:128)

#pragma config WINDIS = OFF           // Watchdog Timer Window (Standard
Watchdog Timer enabled, (Windowed-mode is disabled))

#pragma config FWDTEN = OFF           // Watchdog Timer Enable (Watchdog
Timer is disabled)

#pragma config ICS = PGx1             // Comm Channel Select (Emulator
functions are shared with PGEC1/PGED1)

#pragma config GWRP = OFF             // General Code Segment Write
Protect (Writes to program memory are allowed)

#pragma config GCP = OFF              // General Code Segment Code
Protect (Code protection is disabled)

#pragma config JTAGEN = OFF           // JTAG Port Enable (JTAG port
is disabled)


#include <xc.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <p24FJ256GB106.h>
#include <libpic30.h>
#include "I2Clib.h"
//#include "LCD_Interface.h"


#define Butt_1      PORTBbits.RB0
#define Butt_2      PORTBbits.RB1
#define Butt_3      PORTBbits.RB2
#define Butt_4      PORTBbits.RB3
#define LCD_Enable  LATBbits.LATB10
#define LCD_T_Enable TRISBbits.TRISB10
#define LCD_RW      LATBbits.LATB9
#define LCD_T_RW    TRISBbits.TRISB9
#define LCD_RS      LATBbits.LATB8
#define LCD_T_RS    TRISBbits.TRISB8
#define LCD_BL      LATGbits.LATG8
#define LCD_T_BL    TRISGbits.TRISG8
#define LCD_Data    LATE
#define LCD_P_Data   PORTE
#define LCD_T_Data   TRISE
#define int16_t      reg16

```

```

//#define FOSC          (16000000ULL)
//#define FCY           (FOSC/2)

//-----
int  teplota=23, vlhkost=0, hodiny=1, minuty=1, sekundy=1, den=26,
mesic=5, rok=16, tlak=1234;
int  koncentrace=1234, nods=0, testres1=1, testres2=0, testrespol=1, i=0,
h=1;
char cas_D[5], teplota_in_D[5], vlhkost_in_D[3], co2_D[5], tlak_D[9];
char datum_D[8], nods_D[5], testbuf_D[1];;
char testbuf1[4], testbuf2[16], testbuf3, bu1[30];
unsigned int bu2=0, bu3=0, bu10=0, bu11=0;

void port_init()
{
    TRISBbits.TRISB0 = 1;
    TRISBbits.TRISB1 = 1;
    TRISBbits.TRISB2 = 1;
    TRISBbits.TRISB3 = 1;
    TRISFbits.TRISF5 = 0;
    LATFbits.LATF5 = 1;          // SS SPI F5
    AD1PCFG = 0xFFFF;
    LCD_T_BL = 0;
    LCD_BL = 1;
}

void mydel_s(int delay)
{
    unsigned long count = (delay*1000000)/4;          //4
    while(--count != 0)
        continue;
}

void mydel_ms(unsigned int delay)
{
    unsigned int count = (delay*1000)/4;

```

```

        while(--count != 0)
            continue;
    }

void mydel_us(int delay)
{
    int count = (delay)/4;
    while(--count != 0)
        continue;
}

void LCD_cmd (char cmd)
{
    LCD_Data = cmd;
    LCD_RS = 0;
    LCD_RW = 0;
    LCD_Enable = 1;
    mydel_us(200);
    LCD_Enable = 0;
    mydel_us(200);
}

void LCD_data (char data)
{
    LCD_Data = data;
    LCD_RS = 1;
    LCD_RW = 0;
    LCD_Enable = 1;
    mydel_us(200);
    LCD_Enable = 0;
    mydel_us(200);
}

void LCD_data_string(char* string)
{
    int index;
    for(index =0;index<16;index++)
    {
        if(string[index] == '\\0')

```

```

        break;
    LCD_data(string[index]);
}
}

void LCD_move_cursor (char line)
{
    char addr;
    switch (line)
    {
        case 1:                //prvni radek
            addr = 0x00;
            break;
        case 2:                //druhy radek
            addr = 0x40;
            break;
        case 3:                //treti radek
            addr = 0x10;
            break;
        case 4:                //ctvrty radek
            addr = 0x50;
            break;
        case 5:                //datum
            addr = 0x08;
            break;
        case 6:                //vlhkost
            addr = 0x47;
            break;
        case 7:                //CO2
            addr = 0x4B;
            break;
        case 8:                //nods
            addr = 0x1B;
            break;
    }
    addr |= 0x80;
    LCD_cmd (addr);
}

```

```

void initT1() // Inicializace casovace TIMER1
{
    T1CON = 0x0030; // Delicka 1:256 a Fosc/2
    _T1IF = 0; // Smaze priznak preruseni
    _T1IE = 1; // Povoluje preruseni
    TMR1 = 0xC2F7; // Pocatecni nastaveni citace
TIMERU1
    T1CONbits.TON = 1; // Spustit casovac TIMER1
}

void _ISR _T1Interrupt(void) // Obsluha preruseni TIMERU1
{
    PR1 = 0x3D09; // Nastaveni porovnavaciho
registru, aby cas byl 1s
    _T1IF = 0; // Smaze priznak preruseni
    if(sekundy < 59) sekundy++; // Nacitani
sekund, minut, hodin
    else
    {
        sekundy = 0;
        if(minuty < 59) minuty++;
        else
        {
            minuty = 0;
            if(hodiny < 23) hodiny++;
            else
            {
                hodiny = 0;
            }
        }
    }
    I2C1_M_Poll(0x27);
}

void LCD_Init(void)
{
    LCD_T_Enable = 0; // Port Output for control pins
    LCD_T_RW = 0; // Port Output for control pins
    LCD_T_RS = 0; // Port Output for control pins
    LCD_T_Data = 0xff00; // Port output for Data pins
}

```

```

mydel_ms(50);
LCD_cmd (0x38);    // 8 bit mode, 5*7 matrix with 2 line
mydel_ms(5);
LCD_cmd (0x0C);    // Display and cursor ON
mydel_ms(5);
LCD_cmd (0x01);    // clear LCD
mydel_ms(5);
LCD_cmd (0x80);    // Move cursor to first line
mydel_ms(50);
}

void nastav_cas()          // Pocatecni nastaveni systemoveho casu
{
    while(1)
    {
        if(h == 1)
        {

            if(Butt_2 == 0)          // Testuje tlacitko - nahoru
            {
                mydel_s(1);
                if(Butt_2 == 0)
                {
                    if (hodiny < 23) hodiny++;
                    else hodiny = 0;
                }
            }

            if(Butt_3 == 0)          // Testuje tlacitko - dolu
            {
                mydel_s(1);
                if(Butt_3 == 0)
                {
                    if (hodiny > 0) hodiny--;
                    else hodiny = 23;
                }
            }

            if(Butt_1 == 0)          // Testuje tlacitko - prepina
hodiny a minuty
            {

```

```

        mydel_s(1);
        if(Butt_1 == 0)
        {
            h = 0;
        }
    }
    if(Butt_4 == 0)          // Testuje se tlacitko OK,
potvrzujici nastaveni
    {
        mydel_s(1);
        if(Butt_4 == 0)
        {
            LCD_move_cursor(3);
            LCD_data_string("          ");
            break;
        }
    }
    LCD_move_cursor(3);
    LCD_data_string("Nastaveni hodin");
    LCD_move_cursor(1);
    sprintf(cas_D,"%0.2d:%0.2d" , hodiny, minuty);
}
else
{

    if(Butt_2 == 0)          // Testuje tlacitko - nahoru
    {
        mydel_s(1);
        if(Butt_2 == 0)
        {
            if (minuty < 59) minuty++;
            else minuty = 0;
        }
    }
    if(Butt_3 == 0)          // Testuje tlacitko - dolu
    {
        mydel_s(1);
        if(Butt_3 == 0)
        {

```

```

        if (minuty > 0) minuty--;
        else minuty = 59;
    }
}
if(Butt_1 == 0)          // Testuje tlacitko - prepina
hodiny a minuty
{
    mydel_s(1);
    if(Butt_1 == 0)
    {
        h = 1;
    }
}
if(Butt_4 == 0)          // Testuje se tlacitko OK,
potvrzujici nastaveni
{
    mydel_s(1);
    if(Butt_4 == 0)
    {
        LCD_move_cursor(3);
        LCD_data_string("                ");
        break;
    }
}
LCD_move_cursor(3);
LCD_data_string("Nastaveni minut");
LCD_move_cursor(1);
sprintf(cas_D,"%02d:%02d" , hodiny, minuty);
LCD_data_string(cas_D);
}

sprintf(cas_D,"%02d:%02d" , hodiny, minuty);
LCD_move_cursor(1);
LCD_data_string(cas_D);
}

}

void Measure()

```

```

{
    mydel_ms(1);
    testbuf1[0]=0x0000;
    testbuf1[1]=0x0000;

    I2C1_M_BusReset();
    testrespol=I2C1_M_Poll(0x27);
    testres1 = I2C1_M_Read(0x27 , 0x27 , 4 , testbuf1);
    //---I2C humidity count from HIH8130-----
    -----
    bu2 = testbuf1[0];
    bu2 &= 0b0000000000011111;
    bu2 <<= 8;
    bu3 = 0x0000;
    bu3 = testbuf1[1];
    bu3 &= 0x00ff;
    bu2 = bu2 | bu3;
    float bu4 = bu2 / 163.82;
    int bu5 = bu4;                //bu5 34%
    float bu6 = bu4 - bu5;
    int bu7 = bu6 * 10;
    sprintf(vlhkost_in_D,"%d" , bu5);
    LCD_move_cursor(6);
    LCD_data_string(vlhkost_in_D);
    LCD_data(0b00100101);
    //---I2C temperature count from HIH8130-----
    -----
    bu10 = testbuf1[2];
    bu10 &= 0x00ff;
    bu10 <<= 6;
    bu11 = testbuf1[3];
    bu11 >>= 2;
    bu11 &= 0x003f;
    bu10 = bu10 | bu11;
    double bu12 = bu10 /1638.2;
    bu12 = bu12 * 16.5;
    bu12 = bu12 - 40;
    int bu13 = bu12;
    float bu14 = bu12 - bu13;

```

```

    int bu15 = bu14 * 10;
    sprintf(teplota_in_D, "%d.%1d" , bu13, bu15);
    LCD_move_cursor(2);
    LCD_data_string(teplota_in_D);
    LCD_data(0b10110010);
    LCD_data(0b01000011);
}

int main()
{
    port_init();
    initT1();
    LCD_Init();
    I2C_SWini();
    I2C_HWini();
    I2C_ModuleStart();
    Measure();
    nastav_cas();

    //---Homescreen-----
    LCD_move_cursor(1);
    sprintf(cas_D, "%.2d:%.2d" , hodiny, minuty);
    LCD_data_string(cas_D);
    LCD_move_cursor(5);
    sprintf(datum_D, "%.1d.%1d.%2d" , den, mesic, rok);
    LCD_data_string(datum_D);
    sprintf(co2_D, "%.2dp", koncentrace);
    LCD_move_cursor(7);
    LCD_data_string(co2_D);
    sprintf(tlak_D, "%.3dhPa", tlak);
    LCD_move_cursor(3);
    LCD_data_string(tlak_D);
    sprintf(nods_D, "Nod:%.1d", nods);
    LCD_move_cursor(8);
    LCD_data_string(nods_D);

    //---I2C-----

```

```

-----
while(1)
{
    if(Butt_4 == 0)
    {
        Measure();
    }
    //---Permamnent refresh-----
}
-----

if(sekundy == 0) Measure();
LCD_move_cursor(1);
sprintf(cas_D, "%.2d:%.2d" , hodiny, minuty);
LCD_data_string(cas_D);
}
}

```