

Bezdrátová meteorologická stanice s připojením k Internetu

Wireless meteorological station with connection to Internet

Lukáš Kratina

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš KRATINA**
Osobní číslo: **A09326**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Bezdrátová meteorologická stanice s připojením k Internetu**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na dané téma.
2. Zvolte pro daný účel vhodné typy mikropočítačů pro snímací jednotku a hlavní stanici, včetně senzorů teploty, tlaku a vlhkosti.
3. Provedte hardwarový návrh snímací jednotky, umožňující bezdrátový přenos naměřených údajů do hlavní stanice.
4. Provedte hardwarový návrh hlavní jednotky, obsahující displej pro zobrazování údajů a LAN modul pro připojení k Ethernetu.
5. Vytvořte programové vybavení, umožňující zobrazování měřených údajů, data a času na integrovaném displeji a jednoduchou webovou aplikaci pro prezentaci údajů.
6. Realizujte prototyp meteorologické stanice a ověřte její správnou funkci.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual [online]. 2001. Dostupné z: www.freescale.com
2. FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: www.freescale.com
3. HRUŠKA, František. Senzory v systémech informatiky a automatizace. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 177 s. ISBN 978-807-3186-302.
4. JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka. 2. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
5. MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy – linkery, práce s ATMEGA AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky. Vyd. 1. Praha: BEN, 2003, 279 s. ISBN 80-730-0077-6.
6. MATOUŠEK, David. Práce s inteligentními displeji LCD: Iznakové a grafické displeje, přípravy a programy. 1 vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 222 s. ISBN 80-730-0121-7.
7. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Dostálek, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

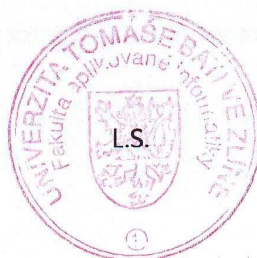
24. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

8. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato práce popisuje návrh bezdrátové meteorologické stanice s připojením k Internetu. V teoretické části jsou popsány principy měření tlaku, teploty a vlhkosti. Následuje stručný popis sériových komunikačních sběrnic. Praktická část popisuje vybrané snímače a další obvody. Zbývá část práce popisuje návrh zařízení a programového vybavení včetně webové prezentace.

Klíčová slova: MC9S08AC32, MPX4115, SHT11, DS18B20, DS1307, RFM22B, Nano SocketLAN

ABSTRACT

This bachelor thesis describes design of wireless weather station with an Internet connection. Measuring of pressure, temperature and humidity are described in theoretical part. The serial communication buses are described too. Selected sensors and other circuits are described in the practical part. The remaining part of the thesis describes the design of hardware and software including web presentation.

Keywords: MC9S08AC32, MPX4115, SHT11, DS18B20, DS1307, RFM22B, Nano SocketLAN

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, kterým byl Ing. Petr Dostálek, za jeho rady, připomínky a pomoc při řešení této práce. Dále děkuji také rodině za podporu v průběhu studia.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ZÁKLADNÍ METEOROLOGICKÉ VELIČINY	11
1.1 ATMOSFÉRICKÝ TLAK.....	11
1.2 TEPLOTA VZDUCHU	11
1.3 VLHKOST VZDUCHU	12
1.4 ROSNÝ BOD	12
2 MĚŘENÍ NEELEKTRICKÝCH VELIČIN	13
2.1 MĚŘENÍ TLAKU	13
2.1.1 Hydrostatické tlakoměry	13
2.1.2 Silové tlakoměry	13
2.1.3 Deformační tlakoměry.....	14
2.1.4 Snímače tlaku s elektrickým výstupem	14
2.1.5 Elektrické tlakoměry pro extrémní tlaky.....	16
2.2 MĚŘENÍ TEPLoty	17
2.2.1 Dilatační měření teploty	17
2.2.2 Elektrické snímače teploty	17
2.2.3 Měření elektromagnetického záření	19
2.3 MĚŘENÍ VLHKOSTI VZDUCHU	19
2.3.1 Metoda hygrometrická	19
2.3.2 Psychometrická metoda.....	21
2.3.3 Metoda měření rosného bodu.....	22
3 SBĚRNICE	23
3.1 SBĚRNICE SPI (SERIAL PERIPHERAL INTERFACE)	23
3.2 SBĚRNICE I2C (INTER-INTEGRATED CIRCUIT)	25
3.3 SBĚRNICE 1-WIRE	27
3.4 SBĚRNICE 2-WIRE OD SENSIRION	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 VÝBĚR VHODNÝCH KOMPONENTŮ	32
4.1 SNÍMAČE	32
4.1.1 MPX4115	32
4.1.2 DS18B20	33
4.1.3 SHT11	36
4.2 ETHERNETOVÉ ROZHRANÍ MODUL NANO SOCKETLAN	39
4.2.1 Popis a vlastnosti.....	39
4.2.2 Počáteční konfigurace	40
4.2.3 Komunikace s mikropočítačem.....	40
4.2.4 Webová stránka	41

4.3	BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE MODUL RFM22B.....	42
4.3.1	Popis a vlastnosti.....	42
4.3.2	Základní použití modulu.....	42
4.4	MIKROPOČÍTAČ MC9S08AC32.....	44
4.5	OBVOD REÁLNÉHO ČASU DS1307.....	44
4.6	A/D PŘEVODNÍK MCP3221.....	45
5	NÁVRH HARDWARE.....	46
5.1	HLAVNÍ STANICE.....	46
5.1.1	Blokové schéma.....	46
5.1.2	Hlavní deska.....	47
5.1.3	Řadič LCD displeje.....	48
5.1.4	Ostatní moduly.....	50
5.2	SNÍMACÍ JEDNOTKA.....	51
5.2.1	Blokové schéma.....	51
5.2.2	Celkové schéma snímací jednotky.....	51
6	NÁVRH SOFTWARE.....	53
6.1	HLAVNÍ STANICE.....	53
6.1.1	Popis programu.....	54
6.2	SNÍMACÍ STANICE.....	55
6.2.1	Popis programu.....	55
6.3	WEBOVÁ PREZENTACE.....	57
7	OVLÁDANÍ ZAŘÍZENÍ.....	58
8	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI A POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT.....	61
	ZÁVĚR.....	62
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	69
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Meteorologie je věda, která studuje složení, stavbu, vlastnosti, jevy a děje v atmosféře, například počasí. Poznatky meteorologie jsou nezbytné v mnoha odvětvích lidské činnosti - doprava, zemědělství, vojenství. S meteorologií úzce souvisí hydrologie, která se zabývá pohybem a rozšířením vody na Zemi a studuje také hydrologické cykly a vodní zdroje.

Pravidelná meteorologická měření na našem území byla zahájena na pražské klementinské hvězdárně v roce 1752. Mnohdy se jednalo o nesystematické pozorování, které nebylo nikdy publikováno a dochovalo se pouze v korespondenci, kalendářích a kronikách. Samotná klementinská měření teploty a tlaku vzduchu jsou do roku 1774 značně neúplná. Za počátek klementinské řady se považuje rok 1775. I po tomto roce jsou v měření mezery, ale od 1. ledna 1784 je měření zcela bez mezer. Meteorologická pozorování pokračují v Klementinu dodnes, již více než 250 let.

V roce 1954 došlo ke spojení meteorologického ústavu s hydrologií a vznikl tak dnešní hydrometeorologický ústav. V roce 1969 došlo k rozdělení na Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a Slovenský hydrometeorologický ústav. ČHMÚ se rozvíjí dodnes a meteorologická, klimatologická měření probíhají v síti 802 stanic (stav červen 2011). Z toho je 38 profesionálních meteorologických stanic, 179 dobrovolnických klimatologických stanic, 559 dobrovolnických srážkoměrných stanic a 26 totalizátorů, poskytující doplňkové údaje o ročním úhrnu srážek.

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout bezdrátovou meteorologickou stanicí s připojením k Internetu. Bezdrátovou je myšleno, bezdrátový přenos některé měřené veličiny a připojením k Internetu se rozumí, prezentace naměřených dat prostřednictvím webové stránky.

Tato práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou popsány základní meteorologické veličiny, jako je atmosférický tlak, teplota a vlhkost vzduchu. Dále jsou zde popsány obecné principy měření těchto veličin a také sériové komunikační sběrnice, které tvoří nedílnou součást moderních snímačů. Praktická část se kromě návrhu samotného zařízení a programového vybavení, zabývá popisem vybraných snímačů a dalších stěžejních komponent.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ METEOROLOGICKÉ VELIČINY

Existuje mnoho meteorologických veličin, které lze měřit přímo nebo je lze vypočítat. Mezi přímo měřitelné veličiny patří např. atmosférický tlak, vlhkost vzduchu, teplota vzduchu, teplota rosného bodu (lze ji i vypočítat), rychlost a směr větru a množství srážek. Veličiny, které se vypočítávají, často vyjadřují pocitové vlivy na lidský organismus nebo jiné údaje. Mezi tyto veličiny patří např. index horka a chlad větru. V následující kapitole budou popsány ty veličiny, s kterými se bude dále pracovat.

1.1 Atmosférický tlak

Atmosféra je vzdušný obal Země, který má svoji hustotu a hmotnost. Tato velká hmotnost vzduchu působí tíhovou silou na libovolnou plochu na Zemi a způsobuje tak tlak, který se označuje jako atmosférický tlak. Tento tlak dosahuje největší hodnoty na povrchu Země a s nadmořskou výškou klesá. Jednotky pro měření tlaku měly složitý vývoj, ale od roku 1971 se v soustavě SI (zkratka z francouzského Le Système International d'Unités) používá jednotka pascal (Pa). Fyzikální rozměr této jednotky je síla působící na plochu ($\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$). V meteorologii se častěji používá stonásobek základní jednotky hektopascal (hPa). Tlak vzduchu je velice proměnlivá veličina a závisí na mnoha faktorech, jako je teplota a vlhkost vzduchu, nadmořská výška a zeměpisná šířka. Hodnota tlaku se obvykle vztahuje k absolutnímu nulovému tlaku nebo barometrickému tlaku (tlak vzduchu v daném místě za podmínek měření). Normální barometrický tlak se udává pro nadmořskou výšku 0 m n. m. tj. hladina moře a má hodnotu 1013,25 hPa. V meteorologii se pro měření atmosférického tlaku nejčastěji používají rtuťové tlakoměry, barografy a aneroidy.[1]

1.2 Teplota vzduchu

Teplota je jednou z nejdůležitějších veličin ovlivňující téměř všechny stavy a procesy v přírodě. Vzduch je stejně jako každá jiná hmota či těleso charakteristický svou teplotou. I když je teplota jednou ze sedmi základních jednotek soustavy SI, nelze ji definovat přímo. Obecně můžeme říct, že pokud máme dvě tělesa v teplotně vodivém styku, které jsou izolované od okolního prostředí a nemění svůj stav, tak jsou v tepelné rovnováze a mají tedy stejnou teplotu. Jednotky pro měření teploty se nazývají teplotní stupně, avšak na rozdíl od jiných fyzikálních veličin nestačí zvolit pouze velikost teplotního stupně, ale je

nutné definovat celou teplotní stupnici. V meteorologii se nejčastěji používá Celsiova stupnice s jednotkou stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$), která je definovaná pomocí dvou referenčních bodů, teploty tání ledu 0°C a teploty varu vody 100°C . V meteorologii se teplota vzduchu měří ve výšce 2 m nad zemí a ve stínu. Podmínkou měření je, že na teploměr nesmí dopadat přímé sluneční záření a musí být zajištěno dostatečné proudění vzduchu. Obecně teplota s nadmořskou výškou klesá, ale může nastat i opak. Tento zvrát se nazývá inverze. [2]

1.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkostí vzduchu je myšleno množství vodní páry ve vzduchu, stupeň jeho nasycení nebo i schopnost vzduchu přijímat další vodní páru. K charakterizování obsahu vodních par ve vzduchu se nejčastěji používá absolutní vlhkost a relativní vlhkost. Absolutní vlhkost vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu, obvykle v gramech na krychlový metr. Relativní vlhkost je mírou nasycení a udává se v procentech (%). Je dána poměrem mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím vodních par za stejných podmínek při plném nasycení. Konkrétní hodnota vlhkosti závisí především na teplotě a s rostoucí teplotou roste. Množství vodních par ve vzduchu má vliv na vznik srážek a oblačností. [3]

1.4 Rosný bod

Rosný bod je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami, bez dodání vodních par zvnějšku. Relativní vlhkost dosahuje 100%. Teplota rosného bodu se udává ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$). Pokud je relativní vlhkost nižší než 100%, je vždy teplota rosného bodu nižší než teplota vzduchu. Při poklesu teploty pod rosný bod začne obvykle přebytečná vodní pára kondenzovat, to je příčinou vzniku mlhy a rosy. Teplotu rosného bodu lze vypočítat na základě změřené teploty a relativní vlhkosti. [3]

2 MĚŘENÍ NEELEKTRICKÝCH VELIČIN

2.1 Měření tlaku

Snímače můžeme rozdělit podle toho, jestli měří absolutní, barometrický tlak nebo podtlak či přetlak. Většina základní principů neměří tlak přímo, ale využívá jeho silový účinek, a to ve formě deformace pružného členu nebo v podobě mechanického napětí, které na daném členu vzniká. Snímače tlaku lze rozdělit na několik skupin podle fyzikálních principů převodu tlaku na výstupní signál. [4,5]

Základní dělení:

- hydrostatické tlakoměry
- silové tlakoměry
- deformační tlakoměry
- snímače tlaku s elektrickým výstupem
- elektrické tlakoměry pro extrémní látky

2.1.1 Hydrostatické tlakoměry

Princip hydrostatických tlakoměrů je založen na rovnováze mezi měřeným a hydrostatickým tlakem sloupce kapaliny v tlakoměru. Mírou tlaku je výška tohoto sloupce a měření tlaku je tak převedeno na měření délek. Nevýhodou je závislost měření na teplotě, protože hustota kapaliny je funkcí teploty. Hydrostatické tlakoměry jsou vhodné pro měření v laboratořích a lze je použít pro měření tlaků řádově v desítkách kPa podle použité kapaliny. Nejčastěji se používá voda nebo rtuť. Do této kategorie tlakoměrů patří U-tlakoměr, nádobkový tlakoměr a mikromanometr. [5]

2.1.2 Silové tlakoměry

U této skupiny tlakoměrů je silový účinek měřeného tlaku vyvažován např. závažím nebo pružinou. Do této skupiny tlakoměrů patří pístový a zvonový tlakoměr. Pístový tlakoměr se skládá z pístu umístěného ve válci, kde tlak působí přes kapalinu na píst, na kterém je umístěné závaží. V okamžiku vyrovnání silových účinků se píst přestane pohybovat a můžeme vypočítat příslušný tlak. Pístovými tlakoměry lze měřit tlak v rozsahu 0,05 až

2000 MPa. U zvonového tlakoměru působí měřený tlak na jeho dno. Zvon je ponořen do nádoby, která je částečně naplněná kapalinou. Pokud je uvnitř zvonu přetlak, zvon se vynoří. Rovnováhy lze docílit závažím, pružinou, změnou vztlaku. Tento tlakoměr lze použít pro měření tlaku do 1 kPa. Tlakoměry se silovým účinkem jsou vhodné pro kalibraci jiných tlakoměrů. [5]

2.1.3 Deformační tlakoměry

Princip je založen na pružné deformaci a tím i na změně tvaru vlivem měřicího tlaku. Do této skupiny tlakoměrů patří Bourdonova trubice, membrána, krabice a vlnovec. Bourdonova trubice je trubice stočená do kruhového oblouku, kdy jeden konec je spojen s přívodem tlaku a druhý konec je uzavřen a spojen přes převodové ústrojí se stupnicí. Při působení tlaku dochází ke změně průřezu a zakřivení trubice. Měřicí rozsah Bourdonovy trubice je do 10^9 Pa. Základem membránových tlakoměrů je kovová membrána kruhového tvaru zvlněná soustředěnými kruhy. Tato membrána je umístěna mezi dvěma přírubami, kdy z jedné strany je přiváděn měřený tlak, který vychýlí kovovou membránu. Tato závislost je téměř lineární, a proto je tento pohyb připojen na stupnici přes vhodné převodové ústrojí. Pokud bychom přivedli tlak na obě strany, lze tento tlakoměr využít pro měření difference tlaků. Měřicí rozsah membránových tlakoměrů je do 10^6 Pa. Vlnovcové tlakoměry lze použít pro rozsah do 10^5 Pa a základem je tenkostěnný kovový měch (vlnovec) umístěný v pouzdru, do kterého je přiváděn měřený tlak. Deformace vlnovce se táhlem přenáší na stupnici. Základem krabicového tlakoměru jsou dvě zvlněné membrány, jejichž deformace je převáděna na ukazatel. Bourdonova trubice, membránový a vlnovcový tlakoměr se používají při konstrukci přímo ukazujících provozních tlakoměrů. [5]

2.1.4 Snímače tlaku s elektrickým výstupem

V době moderní techniky jsou žádané tlakoměry s elektrickým výstupem kvůli jednoduchému zpracování a přenášení dat. Takový snímač lze rozdělit na primární a sekundární senzor. Primární senzor se skládá z deformačního členu, který převádí tlak na polohu nebo mechanické napětí, které je převedeno sekundárním senzorem na elektrickou veličinu. Polohu vyhodnocují potenciometrické, indukčnost, kapacitní a optické senzory a mechanické napětí zase tenzometrické, rezonanční a piezoelektrické senzory. [5]

Tlakoměry s potenciometrickým a indukčností senzorem polohy

Tyto senzory se používají v kombinaci s deformačními tlakoměry. U potenciometrického senzoru polohy je jezdec spojen s deformačním členem tlakoměru. Změna jezdcce vyvolá změnu odporu. Předností je jednoduchost a cena, ale nevýhodou je citlivost na vibrace a mechanické opotřebení. Indukčností senzor polohy se používá jako diferenční transformátor, kdy změna polohy způsobí změnu polohy feromagnetického jádra, která změní vzájemnou indukčnost transformátoru. Změna indukčnosti se projeví změnou sekundárního napětí, které je úměrné změně polohy. [5]

Kapacitní snímače tlaku

Princip kapacitního snímače tlaku je velice jednoduchý. Jedna deska kondenzátoru je tvořena membránou. Změna polohy vlivem změny tlaku se projeví změnou kapacity. Závislost změny kapacity na poloze membrány je nelineární a má hyperbolický průběh. Tento princip lze použít i pro měření rozdílů tlaků, kdy měřící membrána tvoří střední pohyblivou elektrodu dvojitého kondenzátoru. Kapacitní senzory jsou velmi malé, a proto je lze umístit do pouzdra společně s elektronikou. Měřící rozsah záleží na konkrétním provedení, ale kapacitní senzory lze použít až do 70 MPa.[5]

Snímače tlaku s odporovými tenzometry

Odporový tenzometr je senzor, který převádí mechanické namáhání na změnu elektrického odporu. Mechanickým namáháním může být tlak nebo tah. Odporové tenzometry mohou být kovové nebo polovodičové. Při deformaci kovového tenzometru se mění jeho geometrické vlastnosti, což se projeví změnou elektrického odporu. Tyto senzory se vyrábějí z tenkého odporového drátku, který může být vhodně stočen a je připevněn na pevné podložce. Složitější tvary jsou získávány odleptáváním z odporové folie. Polovodičové tenzometry se vyrábějí z monokrystalu křemíku a jsou založeny na piezorezistivním jevu, kdy mechanickým namáháním v krystalografické ose křemíku dojde ke změně pohyblivosti nosičů a tím ke změně elektrické vodivosti. Odporové tenzometry se používají k měření malých i velkých deformací a lze je použít i v kombinaci s deformačními tlakoměry. Často se pro měření využívá Wheatstoneův můstek, kterým lze zvětšit citlivost a potlačit nelinearitu. [5]

Piezoelektrické snímače tlaku

Piezoelektrické snímače jsou založeny na piezoelektrickém jevu, kdy u některých krystalů dojde vlivem mechanického namáhání k vytvoření elektrického náboje. Působí-li síla ve směru podél elektrické osy x , mluvíme o podélném piezoelektrickém jevu, kdy hodnota náboje nezávisí na rozměrech krystalu. Působí-li síla na ve směru druhé osy, mluvíme o příčném piezoelektrickém jevu, kdy hodnota vytvořeného náboje závisí i na rozměrech daného krystalu. Snímač se při použití neelektrické veličiny chová jako zdroj elektrického napětí, které nemůže být měřené přímo, ale musí být impedančně oddělené. Piezoelektrické snímače jsou vhodné pro měření časově proměnlivých tlaků a rychlých dějů. Měření statických tlaků je téměř nemožné, protože náboj se vybíjí a napětí klesá. Snímače založené na tomto principu lze použít pro měření tlaků do 50 MPa. [5]

Rezonanční snímače tlaku

Tyto tlakoměry jsou založeny na změně vlastní frekvence kmitání rezonančního prvku vlivem změny jeho mechanického napětí. První rezonanční snímače pracovaly s kmitající strunou, kdy jeden konec byl přichycen k membráně a druhý k měřicímu členu. Kmitání struny bylo buzeno elektromagneticky. Změna tlaku působící na membránu vyvolá změnu mechanické napětí struny a tím dojde ke změně vlastní frekvence, která je nositelem informace o změně tlaku. Moderní rezonanční snímače patří mezi nejpřesnější tlakoměry. [5]

2.1.5 Elektrické tlakoměry pro extrémní tlaky

Tyto tlakoměry využívají změnu elektrické veličiny, jako je závislost odporu na tlaku (měření velkých přetlaků až 10 GPa), závislost tepelné vodivosti plynu na tlaku (měření velkého vakua 10^{-4} až 100 Pa) nebo závislost ionizace plynu při malém tlaku (měření extrémního vakua 10^{-10} až 10^{-1} Pa). Jedním ze zástupců je Piraniho vakuometr, který využívá závislost tepelné vodivosti plynu na absolutním tlaku. Ve skleněné nádobce je platinová spirálka vyhřívána konstantním proudem. Molekuly plynu v měřicí komoře ochlazují odporový drátek, který je připojen do Wheatstoneova můstku, v důsledku tepelné vodivosti. Do druhé větve toho můstku je připojena podobná spirálka umístěná ve vakuové srovnávací komoře. Měřítkem absolutního tlaku je teplota spirálky v měřicí komoře, která je převedena na změnu odporu. [5]

2.2 Měření teploty

Teplota je jednou z nejdůležitějších fyzikálních veličin, a proto je i nejčastěji měřitelná, a to jak v průmyslu, tak i běžném životě. Měření teploty můžeme provádět dotykově i bezdotykově a jednotlivé metody měření lze rozdělit podle použitého principu závislosti fyzikální veličiny na teplotě.

2.2.1 Dilatační měření teploty

Dilatační měření teploty je založené na objemové roztažnosti kapalných, plynných látek a délkové roztažnosti pevných látek. Kapalinové dilatační teploměry jsou tvořeny skleněnou kapilárou s kapalinou a používají se pro lokální měření teploty. Měřicí rozsah závisí na použité kapalině, např. rtuťově teploměry lze použít od $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kovové dilatační teploměry využívají kovy s velkou tepelnou roztažností, jako je mosaz, zinek, hliník, nikl nebo bimetalový pásek. Tyto teploměry se používají pro měření od $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, jejich nevýhodou je malá přesnost a velká časová konstanta. Výhodou je, že je lze využít v ručkových měřidlech. [4]

2.2.2 Elektrické snímače teploty

Odporové snímače

Odporové snímače teploty využívají fyzikálního principu závislosti odporu kovů na teplotě. Tato závislost není úplně lineární a senzor musí být v přímém dotyku s měřeným objektem, a to vedením, prouděním nebo sáláním. Nejčastěji používané kovy jsou platina, nikl, měď, a to díky chemické a fyzikální stálosti. Nejlepší z této kategorie jsou platinové teploměry, které jsou vhodné pro měření teplot od $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $850\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vyrábí se v unifikované řadě, kde označení udává odpor při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (např. Pt100). [6]

Polovodičové snímače

Další skupinou snímačů jsou polovodičové termistory, u kterých se s teplotou mění pohyblivost nosičů a tím i vodivost. Termistory mají záporný teplotní součinitel (NTC-negastor) nebo kladný teplotní součinitel (PTC-pozistor). Negastory se vyrábí práškovou technologií zapékáním oxidů kovů, např. $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$, $\text{MnO}+\text{CoO}$, TiO_2 , CuO , NiO a BaO . Jsou vhodné pro aplikace od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, mají mnohem větší teplotní závislost než odporové snímače a jsou levné. Jejich velkou nevýhodou je značná nelinearita. U

pozistoru dochází s rostoucí teplotou nejdříve k poklesu odporu a při překročení Curieovy teploty dochází prudkému růstu odporu. Courierova teplota závisí na použitém materiálu a pohybuje se od 60 °C do 180 °C. Polovodičové snímače teploty se vyrábějí v mnoha provedení a používají se například pro měření vinutí motoru, jako vratné pojistky atd. V praxi se ještě používají křemíkové monokrystalické senzory s kladným teplotním součinitelem jako u PTC termistoru, ale princip jejich vodivosti je odlišný. Výhodou je konstantní teplotní součinitel a lepší linearita než u NTC termistoru, ale horší než u platinových snímačů. Typickými představiteli křemíkových monokrystalických senzorů jsou senzory s označením KT a KTY. [6]

Polovodičové s PN přechodem

Polovodičové monokrystalické senzory jsou založeny na teplotní závislosti změn vodivosti PN přechodu. Polovodičové materiály Si a Ge mají při nízké teplotě velmi malou vodivost a všechny volné elektrony jsou vázány jako valenční elektrony v krystalové mřížce. Se zvyšováním teploty se zvyšuje jejich energie, která jim umožní překonat zakázanou bariéru a dostat se do vodivostní oblasti. Jako senzory teploty jsou používány diody, tranzistory a integrované obvody. Snímače teploty s monolitickými polovodičovými senzory jsou používány stále častěji. Důvodem jsou malé rozměry a cena. Např. snímač LM 35 má v sobě i linearizaci a poskytuje unifikovaný signál 10 mV/ °C a teplotní rozsah -55 °C do 150 °C. [4]

Termoelektrické snímače

Termoelektrické snímače se skládají z termoelektrického článku. Termoelektrický článek je tvořen dvěma vodiči z různých kovových materiálů, které jsou na obou koncích spolu vodivě spojeny. Jestliže se teplota jednoho spoje liší od teploty druhého spoje, vzniká termoelektrické napětí a obvodem prochází termoelektrický proud. Materiály pro výrobu termoelektrických senzorů jsou normalizovány. Například typ T má složení Cu-CuNi a je nejlepším termočlánkem pro nízké teploty. Obecně lze termoelektrické snímače použít pro měření teplot -200 °C až 2800 °C. Při měření teploty termočlánky se musí řešit problém kompenzace teploty srovnávacího konce. [6]

2.2.3 Měření elektromagnetického záření

Měření elektromagnetického záření se využívá pro bezdotykové měření povrchu těles. Při tomto měření se využívá elektromagnetické záření, které lze rozdělit na několik pásem podle vlnové délky: ultrafialové záření, viditelné světelné záření a infračervené záření. Bezdotykové měření je vhodné pro měření teploty povrchu předmětů vyrobených z tepelných izolantů, rotačních dílů a všude tam, kde není možný dotyk. Zařízení pro měření se nazývá pyrometr. Radiační pyrometry jsou vhodné pro měření teplot $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Spektrální pyrometry měří povrchovou teplotu podle záření určité vlnové délky, jsou přesnější než radiační a měřicí rozsah je od $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $3500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Barvové pyrometry využívají změnu barvy tělesa na teplotě. Skutečná tělesa vyzařují a přijímají více energie než černé těleso. Tento fakt popisuje emisivita záření, což je poměr intenzity záření nečerného tělesa ku černému (rozsah 0 až 1). Díky tomu, že emisivita ovlivňuje měření, musíme přístroj nastavit pro konkrétní materiál. Obecný princip měření spočívá v měření intenzity elektromagnetického záření mezi měřeným tělesem a snímačem a následného vyhodnocení. Snímačem bývá nejčastěji pyrometrický senzor, bolometr nebo sériově zapojené termočlánky. Současně se měří i teplota v okolí snímače. Bezdotykové teploměry jsou vyráběny v přenosném nebo pevném provedení. Speciálními přístroji pro snímání teplotního obrazu tělesa jsou termovizní systémy. [4]

2.3 Měření vlhkosti vzduchu

K vyhodnocení obsahu vody ve formě vodní páry ve vzduchu případně i v jiných plynech se používá několik metod, které se liší především podle rozsahu měření vlhkosti a podle teploty měřeného vzduchu. Mezi běžné metody průmyslového měření patří metoda hygrometrická, psychometrická a metoda rosného bodu. Existuje plno dalších metod jako Coulometrická metoda, difúzní metoda, sorpční metoda, metoda měření tepelné vodivosti, chromatografické metody, metody založené na měření permitivity, vlhkoměr tvořeným monokrystalem iontové soli a spektrální metody. [4,8]

2.3.1 Metoda hygrometrická

Tato metoda využívá vhodné tuhé materiály, které vlivem sorpční vlhkosti mění svůj elektrický odpor dielektrické vlastnosti, délku, apod. Tato metoda je velice jednoduchá a zároveň citlivá.

Dilatační vlhkoměry

Hlavním představitelem je vlasový vlhkoměr. Lidský vlas změni svou délku o 2,5 % až 3 % při změně relativní vlhkosti z 0 % na 100 %. Tato závislost je nelineární a přibližně logaritmická. K zlepšení vlastnosti dochází chemickými úpravami. Délková roztažnost vlasů může být převedena pomocí pákového mechanismu na ručkový ukazatel. Výchylka může být převedena na elektrický signál pomocí odporového potenciometru nebo indukčního snímače. Výhodou tohoto vlhkoměru je, že pracuje pod bodem mrazu, ale nevýhodou je choulostivost. Tyto vlhkoměry jsou jednoduché, málo přesné a patří k nejstarším. [8]

Gravimetrické vlhkoměry

Gravimetrický vlhkoměr představuje z meteorologického hlediska absolutní standard a jeho princip je jednoduchý. Vhodné sušidlo absorbuje vodní páru ze známého objemu vzduchu a měří se přírůstek jeho hmotnosti. Měření je zdouhavé, zejména při malé vlhkosti. Přístroj je značně nákladný a použitelný pouze v laboratorních podmínkách, kde slouží k ověřování a kalibraci dalších standardů. [7]

Odporové vlhkoměry

Vlhkost se posuzuje na základě změny elektrického odporu. Senzor využívá změny elektrické vodivosti a má tvar destičky opatřené elektrodami. Destička bývá vyrobena z keramiky a na jejím povrchu je nanesena vrstva roztoku iontové soli, např. chloridu lithného. Přívodní elektrody jsou napařené na keramickém podkladu. Aby se předešlo polarizaci elektrod, je nutné měřit střídavým napětím. Velikost odporu je závislá na relativní vlhkosti a na teplotě, proto se musí teplotně stabilizovat. Závislost odporu na relativní vlhkosti je přibližně exponenciální. Změna vodivosti pokrývá jenom třetinu až pětinu celkového rozsahu relativní vlhkosti 0 až 100 % a pásmo měření je dané koncentrací roztoku. Sensor je citlivý na kondenzaci a nejde ho použít při vyšších teplotách, ale má dobrou přesnost a stabilitu. [8]

Kapacitní vlhkoměry

Princip se podobá odporovým vlhkoměrům. Vlhkost mění elektrický odpor a kapacitu, tj. impedanci senzoru. Výhodou je citlivost a možnost měření vlhkosti plynů, ale i kapalin. Princip kapacitního senzoru je kondenzátor, jehož dielektrikum tvoří tenká vrstvička materiálu vratně sorbujícího vlhkost z prostředí. Jedna z elektrod je děrovaná, umožňující

okolnímu vzduchu kontakt s dielektrikem. Tyto senzory se vyrábějí také s integrovaným zpracováním signálu, kdy výstupem je eklektické napětí nebo dokonce digitální rozhraní. Kapacitní senzory se vyznačují malou závislostí na teplotě, odolností vůči kondenzaci, dobou odezvy řádu desítek sekund a přesností v jednotkách % RH (Relative humidity). [8]

Vlhkoměry s vyhřívanými termistory

Senzory využívají závislost tepelné vodivosti vzduchu na jeho vlhkosti. Senzor se skládá ze dvou stejných termistorů, z nichž jeden je hermeticky uzavřen v suchém dusíku a druhý je přístupný okolnímu prostředí. Termistory jsou zapojeny do série a tvoří jednu větev můstku. Druhá větev obsahuje pevné rezistory a trimr k nulování. Průchodem proudu se termistory zahřívají a dosažená teplota závisí na stupni jejich ochlazování, tj. na tepelné vodivosti okolního plynu. Můstek se vynuluje při umístění senzoru v suchém vzduchu a přítomnost vodní páry způsobí jeho rozvážení. Senzor poskytuje signál úměrný absolutní vlhkosti, pracuje při vysokých teplotách (až 200°C) a má vysokou chemickou odolnost. [8]

Rezonanční vlhkoměry

Princip je založen na tom, že vlhkost vzduchu se projeví na celkové hmotnosti měřicího materiálu. Zapojíme-li křemíkový výbrus opatřený elektrodami do obvodu oscilátoru, bude frekvence výstupního vysokofrekvenčního napětí závislá na vlastnostech výbrusu, jako je např. jeho hmotnost. [8]

2.3.2 Psychometrická metoda

Metoda je založená na měření dvou teplot. První teplota je měřena volně v prostředí a nazývá se teplota suchého vzduchu. Druhá teplota (teplota mokrého vzduchu) se měří pomocí teplotního senzoru, který je obalen tkaninou, po které vzlíná voda ze zásobníku. Voda se na teploměru odpařuje v závislosti na okolní vlhkosti a teploměr tak ukazuje nižší teplotu než suchý teploměr. Čím je relativní vlhkost menší, tím se voda odpařuje více a teploměr je chladnější. Pokud by byl vzduch zcela nasycen, naměří oba teploměry stejnou hodnotu. Teploty se odečítají ručně a naměřené hodnoty se přepočítávají na údaj vlhkosti s pomocí tabulek a grafů. Existují však i elektronické psychrometry. [7]

2.3.3 Metoda měření rosného bodu

Tato metoda pracuje na měření rosného bodu a využívá malé tělísko, které se ochlazuje tak dlouho, dokud se jeho povrch neoroší. Teplota, u které dojde k orosení, se nazývá rosný bod, který charakterizuje vlhkost plynu. Tato metoda se využívá u kondenzačních vlhkoměrů. Kondenzační vlhkoměr patří k velmi přesným měřidlům, předstihuje ho pouze gravimetrická metoda. Výhodou tohoto vlhkoměru je dlouhodobá stabilita, odolnost proti chemikáliím a velká přesnost. [8]

3 SBĚRNICE

V dnešní době existuje plno inteligentních snímačů teploty, vlhkosti a tlaku, které kromě senzoru pracujícím na některém z výše uvedeném principů obsahují i další obvody. Zejména se jedná o A/D (analogově digitální) převodníky, popřípadě sériové rozhraní umožňující jednoduchou komunikaci s mikropočítačem, dále jen MCU (microcontroller). Mezi tyto sériové sběrnice patří sběrnice SPI (Serial Peripheral Interface), I2C (Inter-Integrated Circuit), které nacházejí uplatnění v mnoha oblastech. Dále existuje plno sběrnic, které jsou typické pro konkrétního výrobce, jako je sběrnice 1-Wire navržená společností Dallas Semiconductor nebo dvou vodičová sběrnice od výrobce SENSIRION, který nabízí inteligentní snímače teploty a vlhkosti na jednom čipu.

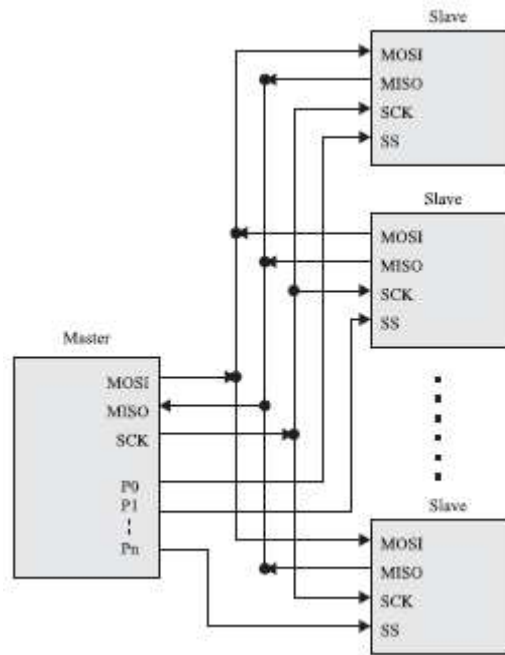
3.1 Sběrnice SPI (Serial Peripheral Interface)

Sběrnice SPI je určena především k připojení pamětí, A/D převodníku, komunikaci mezi MCU a některé mikropočítače také využívají tuto sběrnici k programování jejich Flash paměti. Tato sběrnice slouží k propojení dvou a více zařízení, kdy jedno zařízení je ve funkci řadiče sběrnice Master a ostatní zařízení na sběrnice pracují v režimu Slave. [9,10]

Vlastnosti:

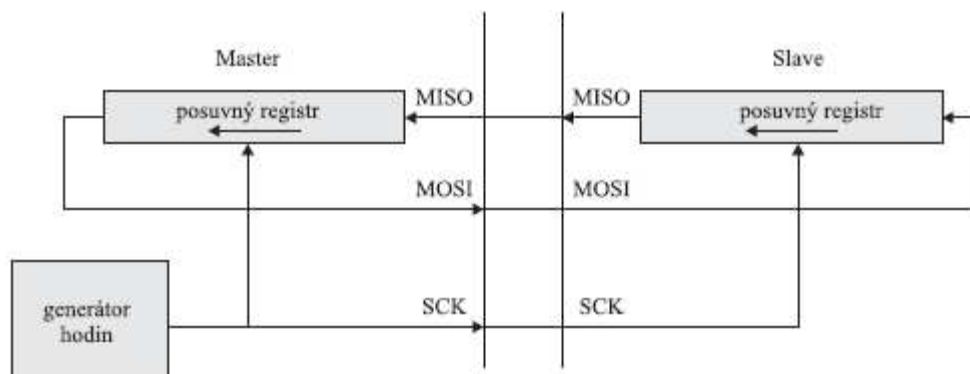
- obousměrná sběrnice - full duplex
- komunikace v základu po 4 vodičích
- přenosová rychlost běžně 1 MHz až 10 MHz
- komunikace na krátké vzdálenosti - nejlépe v rámci jednoho plošného spoje

Na obr. 1 je vidět základní propojení na sběrnici SPI. Datový výstup MOSI (Master Out, Slave In) obvodu Master je připojen na vstupy MOSI všech obvodů Slave, někdy bývá tento vstup označován pouze SDI (Slave Data In). Datový vstup MISO (Master In, Slave Out) obvodu Master je propojen s výstupy MISO všech obvodů Slave, někdy bývá tento výstup označován pouze SDO (Slave Data Out). Výstup hodinového signálu SCK je připojen na vstupy SCK všech obvodů Slave, tento vývod bývá také označován SCLK a CLK. Každý obvod Slave má vstup SS (Slave Slect), často označován jako nSEL, který slouží pro výběr daného Slave zařízení. Tento obvod je aktivní v úrovni log. 0 a může být ovládán výstupními piny MCU nebo přes posuvný registr či multiplexer. [9,10]



Obr. 1 : Zapojení SPI [10]

Na obr. 2 je vidět vnitřní uspořádání SPI komunikace. V jednoduchosti se jedná pouze o propojení dvou posuvných registrů, které jsou řízeny společným hodinovým signálem a vyměňují si tak data. U většiny zařízení je možné nakonfigurovat polaritu hodin i to, zda se má posun provést při sestupné či vzestupné hraně hodinového signálu. Celkem máme tedy čtyři možnosti. [9,10]



Obr. 2 : Komunikace SPI [10]

Obecně komunikační protokol probíhá tak, že aktivujeme příslušné zařízení vývodem SS a s hodinovým signálem odovysíláme adresový byte a datový byte. Data jsou vysílána od nejvýznamnějšího bitu MSB (Most Significant Bit). MSB bit u adresového byte je tzv. R/W (read/write) bit, který určuje, zda se budou data číst $R/W=0$ nebo zapisovat $R/W=1$. Adresa je 7bitová a lze adresovat až 127 zařízení. Díky jednoduchosti sběrnice se při

každém hodinovém impulsu jeden bit odešle a jeden bit přijme, takže při zápisu odešleme adresní, datový byte a přijaté data nás nezajímají. Pokud bychom chtěli číst, tak pošleme adresní byte, libovolný byte a druhý přijatý byte jsou očekávané data. Signál SS=0 po celou dobu komunikace. Sběrnice umožňuje tzv. Burst mode, kdy odesláním adresního bytu nastavíme ukazatel v paměti zařízení a každý přijatý/odeslaný datový byte se ukládá o adresu výše, a to po dobu aktivace Slave zařízení. Tento způsob umožňuje rychlejší komunikaci bez nestálého adresování. [9,10]

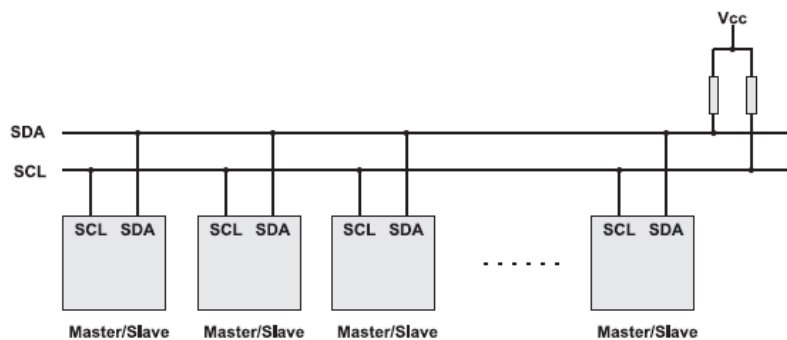
3.2 Sběrnice I2C (Inter-Integrated Circuit)

Sběrnice I2C je určena ke komunikaci s periferiemi jako sběrnice SPI. Sběrnice I2C je flexibilnější, ale o to složitější. [9,10]

Vlastnosti:

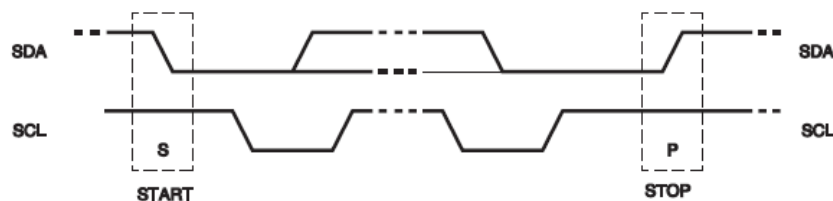
- obousměrná sběrnice - half duplex
- komunikace po 2 vodičích
- přenosová rychlost 100kHz (standart mode), 400kHz (fast mode)
- komunikace na delší vzdálenosti - řadově metry

Na obr. 3 je vidět propojení zařízení na sběrnice I2C. Propojení se realizuje pomocí obousměrného datového vodiče SDA a vodiče pro hodinový signál SCK. Oba tyto vodiče jsou připojeny přes zdvihací (pull-up) odpory na napájecí napětí a pokud je sběrnice v klidu, tak SDA=1 a SCK=1. Jedná se o sběrnici typu multimaster, tj. není striktně určený Master. Všechny zařízení jsou připojeny na sběrnici s otevřeným kolektorem a jsou adresované sedmi nebo desetibitovou adresou. Na sběrnici nemohou být dvě stejné zařízení. [9,10]



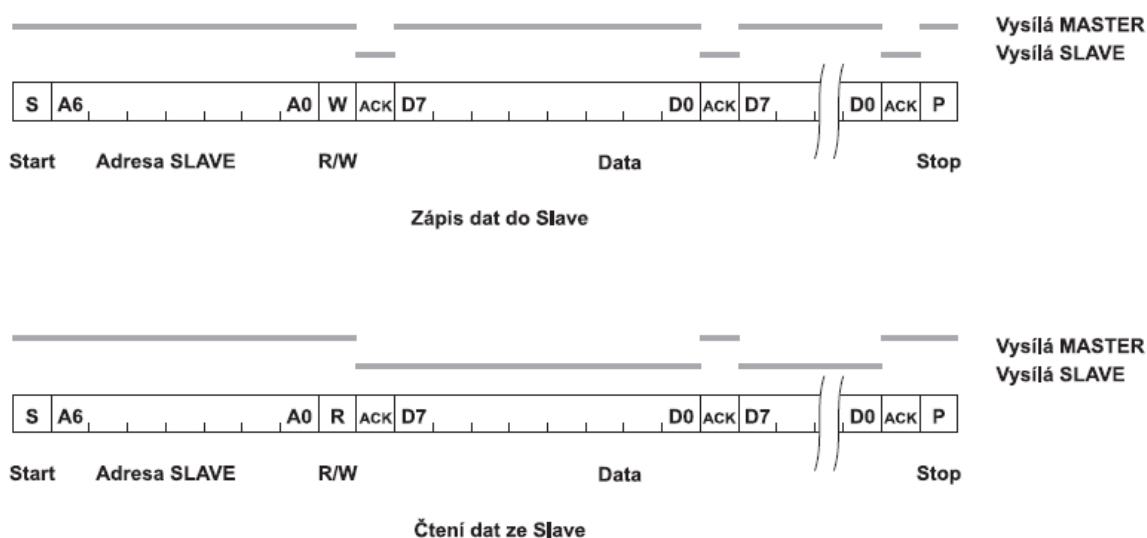
Obr. 3: Zapojení I2C [10]

Při komunikaci na sběrnici platí pravidlo, že logická úroveň na SDA se mění pouze, pokud je SCL=0. Toto pravidlo je porušeno ve dvou speciálních případech tzv. START a STOP podmínky, kterými se zahajuje a ukončuje přenos. Tyto podmínky lze vidět na obr. 4. [10]



Obr. 4: START a STOP podmínka I2C [10]

Na obr. 5 je znázorněn komunikační protokol po I2C sběrnici se sedmibitovou adresací. Data jsou na sběrnici vysíláné od MSB bitu. Komunikace začíná START podmínkou následované adresní bytem, kde nultý bit je R/W bit a následně jsou poslané/odeslané datové byty. Přenos je ukončen STOP podmínkou. Odeslání/přečtení každého bytu je nutné potvrdit ACK (Acknowledge) bitem. Vysílací zařízení uvolní SDA a přijímací zařízení nastaví SDA=0, pokud vysílací zařízení nedostane potvrzení, je přenos ukončen STOP podmínkou. Adresním bytem rozumíme konkrétní adresu zařízení. Adresace např. registru v paměti Slave zařízení se vysílá až v datové části, popřípadě je už daná několika bity v adresním bytu zařízení. Toto rozvržení je dané konkrétním zařízením [9,10]



Obr. 5: Formát rámce I2C [10]

Desetibitová adresace je poněkud složitější. Nejdříve se vyšle horní část adresy s R/W=0, poté zbytek adresy, následně se musí opakovat START podmínka a nakonec se pošle znovu horní část adresy, ale s R/W bitem podle potřeby. [9,10]

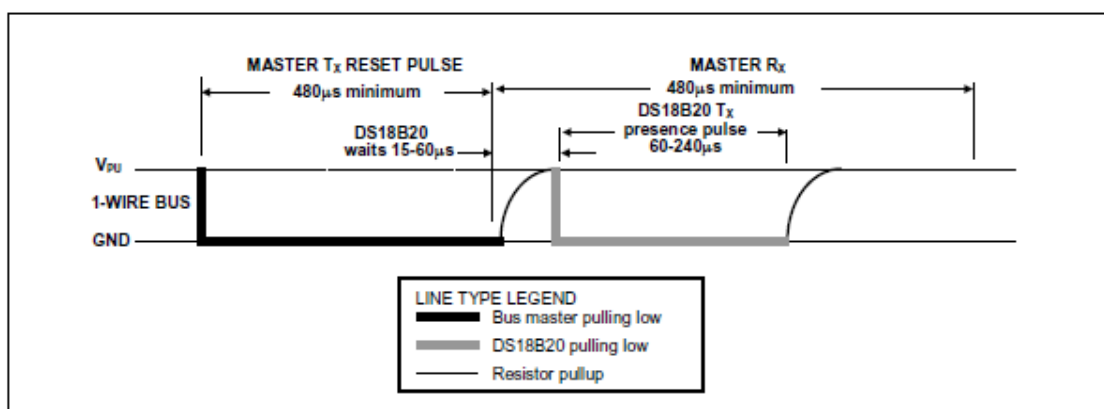
3.3 Sběrnice 1-Wire

Sběrnice 1-Wire byla navržena firmou Dallas Semiconductor nyníjší Maxim pro komunikaci mezi zařízeními po jednom vodiči, když nepočítáme zem. Tato sběrnice je také použita u technologie iButton, která se využívá v elektronických zabezpečovacích systémech. Na sběrnici se vyskytuje jeden řídicí obvod Master a jeden či více ovládaných zařízení Slave[11]

Vlastnosti:

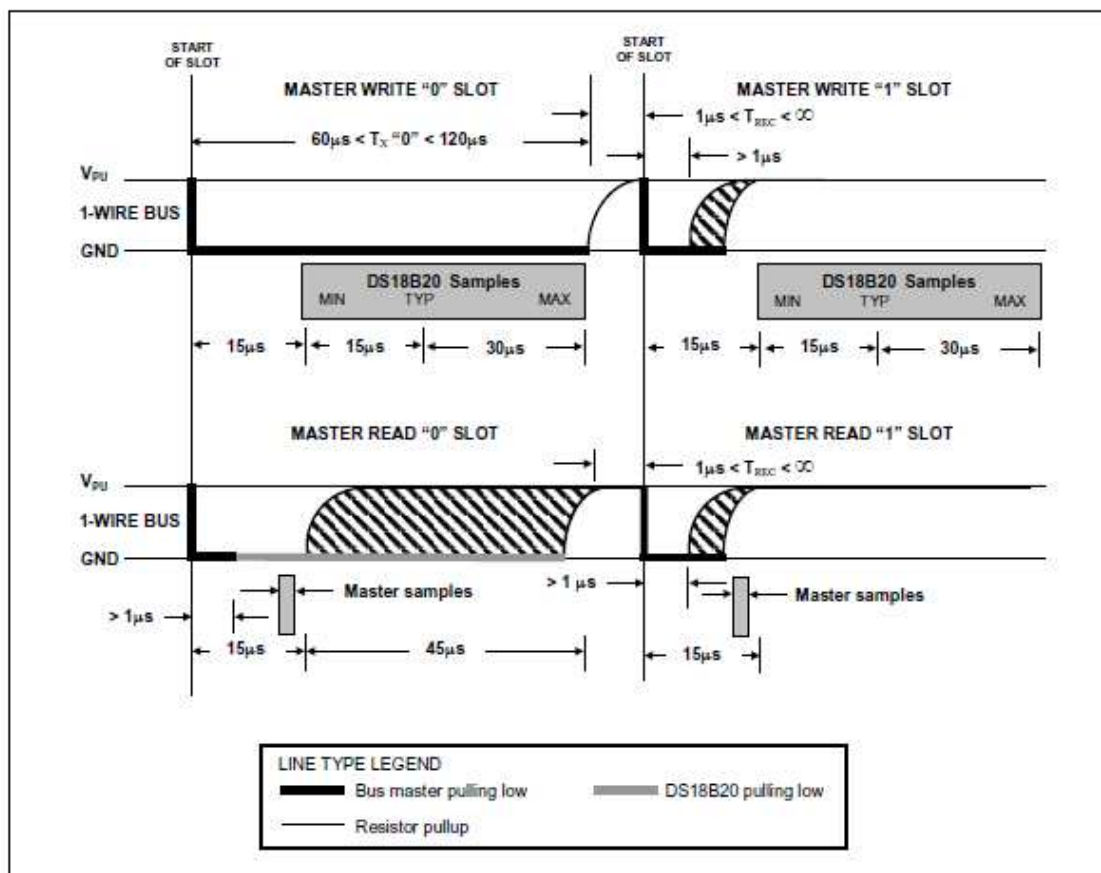
- obousměrná sběrnice - half duplex
- komunikace po jednom vodiči
- standardní přenosová rychlost 15400 bps (bit per second)
- komunikace na velké vzdálenosti - řadově stovky metrů
- unikátní 64bitová adresa

Všechny obvody mají společnou zem a jsou paralelně připojené na datový vodič označený DATA, který je připojen přes pull-up odpor cca 5 k Ω na napájecí napětí. Sběrnice je v klidu v logické úrovni 1. Všechny zařízení jsou připojené na sběrnici prostřednictvím otevřeného kolektoru a nastavují tak sběrnici pouze na logickou úroveň 0. Komunikaci zahajuje Master tzv. reset pulsem, který je vidět na obr. 6. Jedná se o to, že Master nastaví DATA=0 a poté sběrnici uvolní, pull-up odpor zvedne sběrnici do log. 1 a připojené zařízení detekuje tuto náběžnou hranu a nastaví DATA=0. Vše probíhá v přesně definovaných časových intervalech. Pokud je připojené nějaké zařízení, může pokračovat další komunikace.[5]



Obr. 6: Reset 1-Wire [11]

Data jsou vysílána v tzv. time slotech. Slot je dlouhý 60-120 μs a během jednoho slotu může být zapsán nebo přečten jeden bit. Existují čtyři druhy slotu zápis log. 0, zápis log. 1, čtení log. 0 a čtení log. 1. Mezi jednotlivými sloty musí být časová mezera min. 1 μs , kdy je sběrnice v klidu a mezi jednotlivými byty musí být časová prodleva 100 μs . Komunikace probíhá od nejméně významného bitu LSB (Least significant bit). Časové diagramy jsou znázorněny na obr. 7. [11]



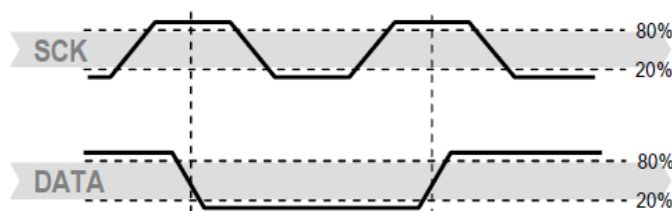
Obr. 7: Čtení/zápis 1-Wire [11]

Každé zařízení komunikující po 1-Wire sběrnici má v sobě ROM (Read only memory) paměť s 64bitovým unikátním kódem. Prvních 8bitů udává typ zařízení, dalších 48bitů udává sériové číslo a posledních 8bitů udává kontrolní součet CRC (Cyclic redundancy check) pro ověření správnosti přijatých dat. Komunikační protokol sběrnice se skládá ze tří kroků. Nejdříve se provede reset sběrnice, následně se vyšle příkaz ROM funkce a následně funkční příkaz konkrétního zařízení. Příkazy ROM funkce slouží pro adresování konkrétního zařízení, také pro identifikaci připojených zařízení pomocí tzv. algoritmu vyhledávání binárního stromu.[11]

3.4 Sběrnice 2-Wire od Sensirion

Dvou vodičových sběrnic existuje několik. Jedná se o to, že jedním vodičem označeným jako DATA se přenášejí data obousměrně mezi Master zařízením a Slave zařízením a po druhém vodiči SCK se přenáší hodinový signál pro synchronizaci dat. Komunikační protokol pak zaleží na každém výrobci daného zařízení. Jedním z mnoha případů je dvou vodičová sběrnice od výrobce Sensirion, která byla navrhnutá pro komunikaci se snímači vlhkosti a teploty označenými SHTxx.

Po zapnutí daného snímače musíme počkat 11 ms, než zařízení přejde do režimu spánku. Po tuto dobu nesmíme posílat do zařízení žádné příkazy. Komunikaci zahajuje Master nejčastěji mikropočítač vysláním startovací sekvence (Transmission start). Tato sekvence je znázorněna na obr. 8. Logická úroveň 1 představuje napětí vyšší jak 80% napájecího napětí a logickou úroveň 0 pak hodnota napětí nižší jak 20% napájecího napětí. [12]



Obr. 8: Startovací sekvence Sensirion [12]

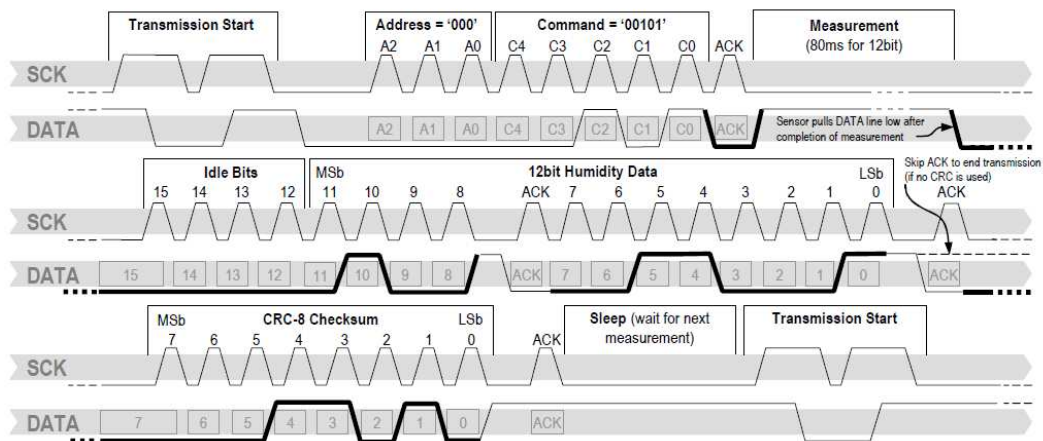
Po startovací sekvenci se pošle příkaz skládající se z 3bitové adresy (000b) a 5bitového příkazu. Přijetí osmi bitů musí být potvrzeno ACK bitem.

Příkazy pro komunikaci:

- 0b000**00011**- příkaz pro měření teploty
- 0b000**00101**- příkaz pro měření relativní vlhkosti
- 0b000**00111**-příkaz pro čtení status registru
- 0b000**00110**- příkaz pro zápis do status registru
- 0b000**11110**- soft reset (reset sběrnic, nastavení status registru na výchozí hodnoty, minimální prodleva 11 ms pro další komunikaci)

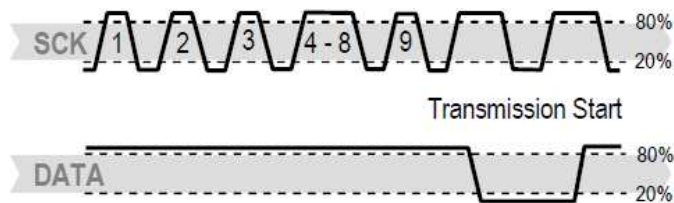
Po příkazu měření teploty nebo vlhkosti musí mikropočítač čekat, než bude měření dokončeno. To může trvat 20-320 ms podle nastaveného rozlišení. Snímač signalizuje dokončení měření úrovní log. 0 na vodiči DATA. Naměřené hodnoty jsou uchovány do

doby, než přijde požadavek na jejich odeslání do mikropočítače. S dalšími pulsy na SCK jsou data odesílána do mikropočítače. Odesílané data se skládají s dvou bytů reprezentující naměřenou hodnotu a jednoho bytu CRC součtu, který je volitelný. Odesílání probíhá od nejvýznamnějšího bitu MSB. Po přijetí 8bitů musí mikropočítač odeslat potvrzovací bit ACK tj. DATA=0. Komunikace končí po přijetí posledního bytu. Pokud bychom chtěli vynechat CRC byte a komunikaci předčasně ukončit, nepošleme potvrzovací bit a necháme DATA =1. Celý tento proces je zachycen na obr. 9. [12]



Obr. 9: Komunikace Sensirion [12]

Pokud dojde při komunikaci k problému, je nutné provést resetovací sekvenci, která je znázorněna na obr. 10.[12]



Obr. 10: Restart Sensirion [12]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 VÝBĚR VHODNÝCH KOMPONENTŮ

Před vlastní realizací zařízení bylo nutné vybrat vhodný typ snímače tlaku, vlhkosti a teploty. Dále bylo nutné vybrat vhodné obvodové řešení pro bezdrátový přenos, Ethernetové rozhraní a v neposlední řadě bylo nutné vybrat vhodný typ mikropočítače. V této kapitole jsou popsány vybrané komponenty a také další stěžejní komponenty, které byly při realizaci použity. Při výběru byl kladen požadavek na přesnost, cenu a jednoduché obvodové řešení.

4.1 Snímače

Volba snímačů byla ovlivněna nabídkou prodejců elektronických součástek. Existují snímače atmosférického tlaku se sériovým rozhraním, které by byly vhodné jak přesností, tak jednoduchostí, ale ty se u nás běžně neprodávají a dovoz ze zámoří by se značně prodražil. Navíc se vyrábějí ve špatně pájitelném provedení. Výběr snímačů vlhkosti je poněkud lepší, lze zakoupit levné odporové vlhkoměry, ale mnohem oblíbenější jsou vlhkoměry s digitálním výstupem od výrobce SENSIRION. Nabídku určuje poptávka, a proto největší výběr je ze snímačů teploty. Nabízí se např. snímače odporové, s analogovým výstupem a snímače s digitálním výstupem a to např. ve formě závislosti střídavého signálu na teplotě, nebo snímače se sběrníci 1-Wire.

4.1.1 MPX4115

Snímač MPX4115 je snímač absolutního tlaku od firmy Freescale s napěťovým výstupem. Jedná se integrovaný snímač obsahující výstupní zesilovač, teplotní kompenzaci a kalibraci. Snímač měří tlak okolního plynu vzhledem k nulovému tlaku vakua uvnitř komory snímače. Typická aplikace tohoto snímače jsou výškoměry a barometry. [13]

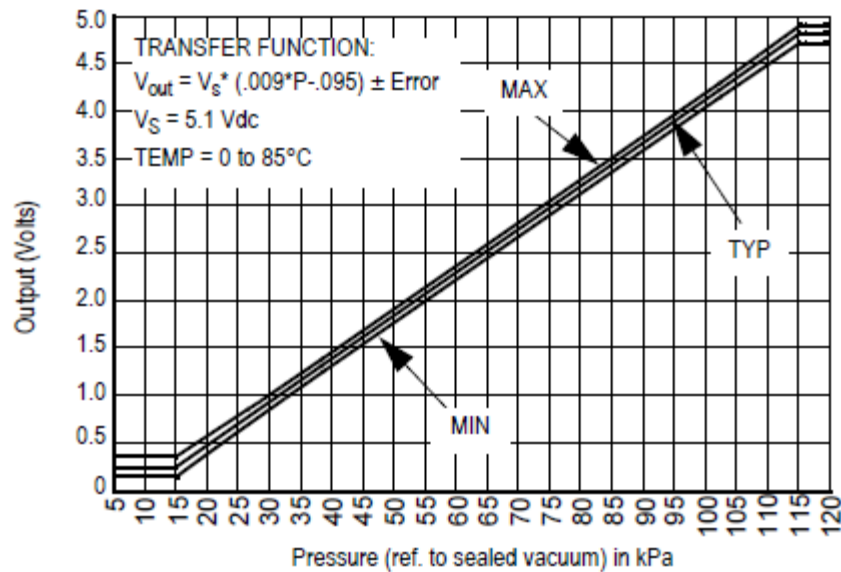
Parametry:

- napájecí napětí typ. 5,1 V
- rozsah měření 15 kPa až 115 kPa
- výstupní napětí 0,2 až 4,8 V
- maximální chyba 1,5 % při teplotě 0 °C až 85 °C
- citlivost 46 mV/kPa

- pracovní teplota -40 °C až 125 °C

Graf na obr. 11 znázorňuje závislost výstupního napětí snímače MPX4115 na absolutním tlaku. Výstupní napětí je popsáno vztahem (1), kde V_{OUT} je výstupní napětí, V_S je napájecí napětí a P je hodnota tlaku v kPa. [13]

$$V_{OUT} = V_S \cdot (0,009 \cdot P - 0,0095) \quad [\text{V}], \quad (1)$$



Obr. 11: Závislost výstupního napětí snímače MPX4115 na absolutním tlaku [13]

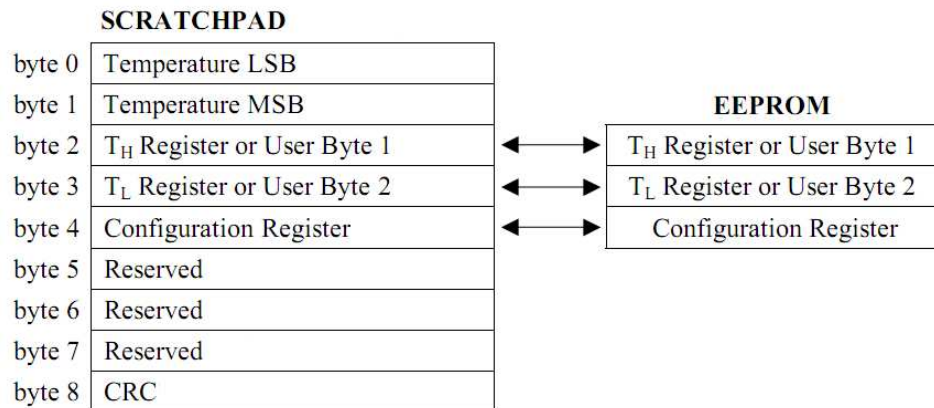
4.1.2 DS18B20

Snímač DS18B20 od firmy MAXIM je digitální snímač teploty komunikující na sběrnici 1-Wire. [11]

Parametry:

- napájecí napětí 3 V až 5,5 V
- rozsah měření -55 °C až 125 °C
- rozlišení 9 bit (0,5 °C) až 12 bit (0,0625 °C)
- přesnost měření $\pm 0,5$ °C pro rozsah -10 °C až 85 °C
- maximální doba převodu 750 ms (12 bit rozlišení)

Vnitřní struktura snímače obsahuje ROM paměť pro uložení 64bitové unikátního kódu, scratchpad (pole registrů), paměť typu EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) pro zálohování některých registrů scratchpadu, teplotní snímač, napájecí část a obvod pro řízení. Jednou z nejdůležitějších součástí je scratchpad, který je znázorněn na obr. 12.



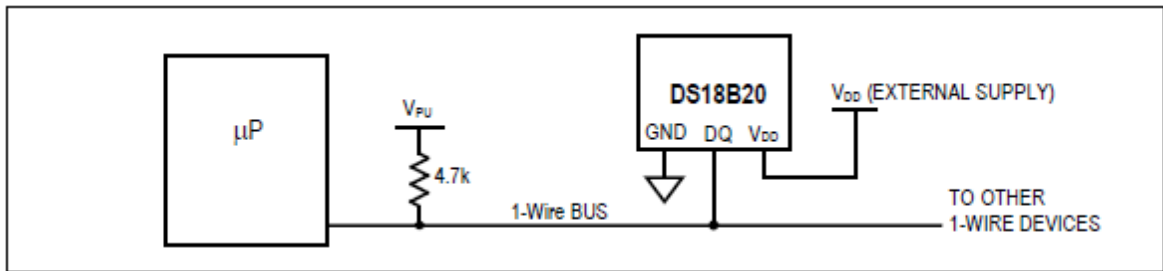
Obr. 12: Scratchpad [11]

V prvních dvou bytech je uložena teplota ve formátu dvojkového doplňkového kódu. Další dva registry slouží pro nastavení horní a dolní hranice teploty, kdy lze pak vyhledat zařízení, u něhož byla jedna z těchto hodnot překročena. Konfigurační registr slouží pro nastavení rozlišení, např. zápisem hodnoty 0x1F se nastaví rozlišení na 9 bit. Po zapnutí napájení je rozlišení 12 bit. Kontrolní součet CRC se počítá podle polynomu, který je zapsán vztahem (2).

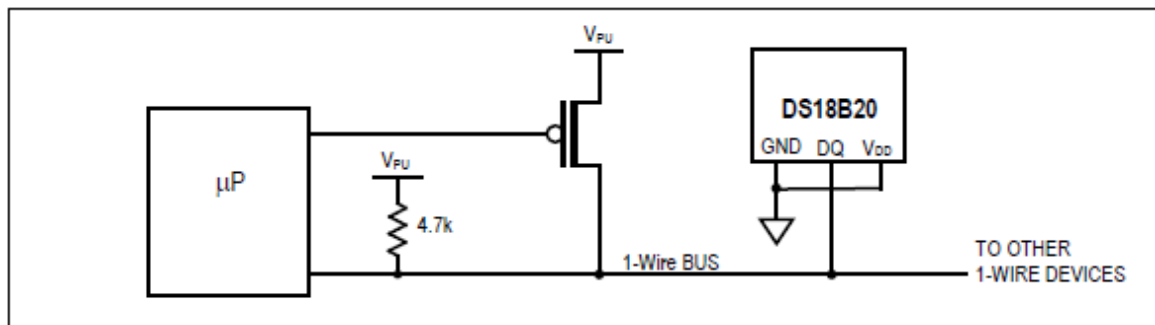
$$CRC = X^8 + X^5 + X^4 + 1 \quad [-], \quad (2)$$

Komunikace s DS18B20

Dříve než začneme s obvodem komunikovat, musíme jej připojit k nějakému master zařízení. Podle způsobu napájení máme dvě možnosti, a to buď s externím napájením obr. 13, nebo s parazitním napájením obr. 14. Parazitní napájení není vhodné pro měření teplot nad 100 °C a dlouhé vedení sběrnice. Také je při měření teploty potřeba větší proud, a proto se musí sběrnice posílit pomocí tranzistoru po dobu, než proběhne převod teploty. Dále mohou vznikat problémy při použití více snímačů. [11]



Obr. 13: Externí napájení DS18B20 [11]



Obr. 14: Parazitní napájení DS18B20 [11]

V další části jsou popsány příkazy ke komunikaci se snímačem.

Příkazy ROM:[11]

- Porovnej ROM - Match ROM (0x55)-Tento příkaz následovaný 64bitovým identifikačním kódem umožňuje vybrat jeden z připojených obvodů.
- Čti ROM – Read ROM (0x33)-Lze použít jen v případě, že na sběrnici je pouze jedno zařízení, po tomto příkazu čteme 64bitový kód.
- Přeskoč ROM – Skip ROM (0xCC)-Lze opět použít jen v případě, že na sběrnici je jedno zařízení, tímto příkazem toto zařízení vybereme a můžeme pokračovat funkčním příkazem.
- Vyhledej ROM – Search ROM (0xF0)-Slouží pro identifikaci připojených zařízení pomocí tzv. algoritmu vyhledávání binárního stromu.
- Vyhledej poplach – Alarm search (0xEC)-Slouží pro identifikaci snímače, u kterého byla překročena horní nebo dolní meze, následně je možné ihned poslat příkaz funkce paměti.

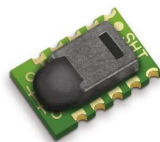
Funkční příkazy DS18B20:[11]

- Zapiš scratchpad – Write scratchpad (0x4E)-Umožňuje zapsání horní, dolní meze a konfiguračního bytu do scratchpadu. Zápis se provádí od druhého bytu scratchpadu. Zápis lze ukončit kdykoliv vysláním reset pulzu. Není tedy nutné vždy zapsat všechny byty.
- Čti scratchpad – Read scratchpad (0xBE)-Po tomto příkazu předá snímač mikroprocesoru sedm bytů scratchpadu a následně mu pošle CRC vyslaných dat.
- Převeď teplotu – Convert temperature (0x44) - Příkaz odstartuje převod teploty. Pracuje-li snímač v parazitním režimu, je nutné, aby mikroprocesor posílil napájení sběrnici po dobu převodu. Pracuje-li snímač s externím napájením, může testovat ukončení převodu čtením dat. Dokud čte log. 0, tak převod stále probíhá.
- Obnov EEPROM – RccalE2 (0xB8)- Snímač obnoví dolní, horní mez a konfigurační registr ze zálohovací paměti. Dobu ukončení obnovení lze určit stejným postupem, jako v případě převodu teploty.
- Kopíruj scratchpad – Copy scratchpad (0x48)-Snímač uloží dolní, horní mez a konfigurační registr do zálohovací paměti EEPROM. Dobu ukončení kopírování lze určit stejným postupem, jako v případě převodu teploty.
- Zjistí způsob napájení – Read power supply (0xB4)-Slouží ke zjištění způsobu napájení. Pokud po vyslání tohoto příkazu čteme log. 0, zařízení signalizuje externí napájení, při čtení log. 1 pak parazitní napájení.

4.1.3 SHT11

Snímač SHT11, který je zobrazen na obr. 15, je snímač teploty a vlhkosti od fy SENSIRION. Snímač komunikuje s okolím po dvou vodičové sběrnici, která je podobná sběrnici I2C(Inter-Integrated Circuit), ale není kompatibilní. Vnitřní struktura snímače obsahuje vlastní senzory relativní vlhkosti a teploty, 14bitový analogově digitální převodník, kalibrační paměť a dvou vodičové rozhraní. Každý snímač SHT11 je individuálně kalibrován v precizní vlhkostní komoře a kalibrační konstanty jsou uloženy v paměti na čipu. Tyto konstanty jsou vnitřně použity pro kalibraci signálů ze senzorů. Na základě změřených dat můžeme vypočítat teplotu rosného bodu. Dále snímač nabízí funkci

vyhřívání, kdy teplota vzroste až o 5 °C. Mezi hlavní výhody tohoto snímače patří jednoduché ovládání, přesnost, nízká spotřeba a malé rozměry. Díky výše uvedeným vlastnostem najde tento snímač uplatnění v automobilovém průmyslu, průmyslovém měření, lékařských přístrojích, vytápění, klimatizaci atd. [12]



Obr. 15: Snímač SHT11 [12]

Parametry:

- napájecí napětí 2,4 V až 5,5 V
- teplota
 - rozsah měření -40 °C až 123,8 °C
 - rozlišení 12 bit (0,04 °C) nebo 14 bit (0,1 °C)
 - přesnost $\pm 0,4$ °C
- relativní vlhkost
 - rozsah měření 0 % až 100 %
 - rozlišení 8 bit (0,4 %) nebo 12 bit (0,05 %)
 - přesnost ± 3 %

Komunikace s tímto snímačem byla popsána již v teoretické části.

Zpracování výstupních hodnot

Digitální hodnota vlhkosti není lineární, a proto se musí přepočítat podle vztahu (3), kde RH_{linear} je lineární vlhkost, SO_{RH} je digitální výstup ze snímače a c_1, c_2, c_3 jsou konstanty, které závisí na rozlišení a jsou uvedeny v tab. 1. [12]

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \quad [\%], \quad (3)$$

Tab. 1: Konstanty lineární a teplotní kompenzace vlhkosti

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3	t_1	t_2
12 bit	-2,0468	0,0367	-1,5955E-6	0,01	0,00008
8 bit	-2,0468	0,5872	-4,0845E-4	0,01	0,00128

Relativní vlhkost můžeme ještě teplotně kompenzovat podle vztahu (4), kde RH_{true} je kompenzovaná linearizovaná relativní vlhkost, RH_{linear} je lineární vlhkost, SO_{RH} je digitální výstup ze snímače a t_1, t_2 jsou konstanty, které závisí na rozlišení a jsou uvedena v tab. 1. [12]

$$RH_{true} = (T_c - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear} \quad [\%], \quad (4)$$

Digitální hodnota teploty je lineární, ale ještě ji musíme teplotně kompenzovat podle vztahu (5), kde T je výsledná teplota, SO_T je digitální výstup ze snímače a d_1, d_2 jsou konstanty, které závisí na rozlišení, napájecím napětím V_{DD} a jsou uvedeny v tab. 2. [12]

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T \quad [^\circ\text{C nebo } ^\circ\text{F}], \quad (5)$$

Tab. 2: Konstanty kompenzace teploty

V_{DD} [V]	d_1 [$^\circ\text{C}$]	d_1 [$^\circ\text{F}$]	SO_T	d_2 [$^\circ\text{C}$]	d_2 [$^\circ\text{F}$]
5	-40,1	-40,2	14 bit	0,01	0,018
4	-39,8	-39,6	12 bit	0,04	0,072
3,5	-39,7	-39,5			
3	-39,6	-39,3			
2,5	-39,4	-38,3			

Nakonec můžeme ještě určit teplotu rosného bodu. Snímač SHT11 tuto teplotu neměří přímo, ale můžeme ji vypočítat na základě změřené vlhkosti a tlaku. Existuje mnoho způsobů výpočtů, ale mnoho z nich je příliš komplikovaných. Pro teplotní rozsah $-40\text{ }^\circ\text{C}$ až $50\text{ }^\circ\text{C}$ lze dobré přesnosti dosáhnout využitím vztahu (6), kde T_d je teplota rosného bodu, RH_{true} je kompenzovaná linearizovaná relativní vlhkost, T je kompenzovaná teplota a T_n, m jsou konstanty uvedeny v tab. 3. [12]

$$T_d = T_n \cdot \frac{\ln\left(\frac{RH_{true}}{100\%}\right) + \frac{m \cdot T}{T_n + T}}{m - \ln\left(\frac{RH_{true}}{100\%}\right) - \frac{m \cdot T}{T_n + T}} \quad [^\circ\text{C}], \quad (6)$$

Tab. 3: Konstanty teploty rosného bodu

Teplotní rozsah	T_n [$^\circ\text{C}$]	m
0 $^\circ\text{C}$ až +50 $^\circ\text{C}$	243,12	17,62
-40 $^\circ\text{C}$ až 0 $^\circ\text{C}$	272,62	22,46

4.2 Ethernetové rozhraní modul Nano SocketLAN

Na obr. 16 je modul Nano SocketLAN od výrobce Connect ONE, poskytující 10/100BaseT Ethernetové rozhraní. Díky tomu modulu je připojení aplikace do Ethenetu velice jednoduché. Tento modul je pinově kompatibilní s modulem Nano SocketiWifi, což dovoluje návrh jedné aplikace a jednoduché použití pro připojení do LAN (Local Area Network) nebo do sítě Wifi.



Obr. 16: Modul Nano SocketLAN [16]

4.2.1 Popis a vlastnosti

Modul Nano SocketLAN je založen na obvodu typu iChip CO2144 s jádrem ARM7. Tento modul je v podstatě samotná jednotka, která zajišťuje veškerou komunikaci po síti, a proto nezatěžuje řídicí mikropočítač. Modul obsahuje 256 kB uživatelskou paměť, kde můžeme uložit vlastní webovou stránku. [16]

Vlastnosti:

- internetové protokoly - ARP, ICMP, IP, UDP, TCP, DHCP, DNS, NTP, SMTP, POP3, MIME, HTTP, FTP a TELNET
- bezpečnostní protokoly - SSL3/TLS1, HTTPS, FTPS, RSA, AES-128/256, 3DES, RC-4, SHA-1, MD-5, MD-2
- hardwarově akcelerované protokoly - AES, 3DES and SHA
- komunikace SCI, SPI, USB
- rozměry 35,0 x 24,88 x 17,4 mm
- napájecí napětí 3,3 V

Nano SocketLAN lze konfigurovat do několika režimů, jako je např. Serial to LAN Bridge, kdy vytvoříme jednoduchý můstek mezi sériovým rozhraním nebo USB a LAN nebo Full Internet Controller mode, kdy libovolný mikropočítač můžeme snadno připojit do Internetu a využít tak bohaté možnosti modulu, jako je zabudovaný webový server, odesílání e-mailu atd. [16]

4.2.2 Počáteční konfigurace

Před prvním použitím tohoto modulu je potřeba provést základní konfiguraci přes počítač v programu iChipConfig. Propojení s počítačem lze provést po sériové lince nebo přes USB. Sériová linka je mnohem spolehlivější, ale modul bychom museli připojit přes převodník 3V TTL / RS232. Jednodušší je použít USB sběrnici. Modul USB pouze emuluje, takže po připojení k počítači se bude hlásit jako virtuální COM port. U propojení přes USB se mohou vyskytnout problémy s ovladači pro operační systém a rozbočovači USB. Po úspěšném spojení s počítačem spustíme program iChipConfig a vybereme záložku Quick Configuration, která slouží pro rychlé a opravdu základní nastavení. Zde nastavíme parametry sítě, jako je IP adresa, maska sítě a výchozí brána, nebo aktivujeme automatické získání hodnot z DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) serveru. Tím je základní konfigurace hotová, a další nastavení je možné přes webové rozhraní z internetového prohlížeče. [17]

4.2.3 Komunikace s mikropočítačem

Komunikace mezi mikropočítačem a modulem probíhá pomocí AT+i příkazů ve formátu AT+i<parametr>, které jsou odesílány z mikropočítače jako obyčejný textový řetězec. Po každém příkazu musí být odeslán znak odřádkování. Na každý příkaz modul odpoví odpovídajícím textovým řetězcem. Seznam a použití všech příkazů lze nalézt v programovém manuálu [18]. Jeden z nejdůležitějšího příkazu je příkaz „AT+iWWW“, který aktivuje zabudovaný webový server, který od této chvíle bude dostupný na příslušné IP adrese:

http://<IP adresa modulu> -uživatelský server

http://<IP adresa modulu>/ichip -konfigurační server

Kromě standartních AT příkazů si můžeme vytvořit vlastní příkazy. Parametrem může být jakýkoli ASCII text (bez mezer) s délkou do 256 znaků.

Zadaní parametru: `AT+i<parametr>=<hodnota>`

Získání hodnoty parametru: `AT+i<parametr>?`

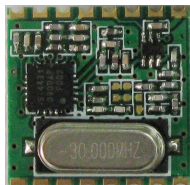
Ve webovém serveru jsou tyto parametry volány prostřednictvím parametru uzavřeného mezi znaky „~“. Například vyše-li mikropočítač příkaz „AT+iVLHKOST=50%“ a bude-li se ve zdrojovém kódu webové stránky vyskytovat textový řetězec „~VLHKOST~“, bude tento řetězec nahrazen „50%“. Odesílání parametru lze provést pomocí standartního HTML (HyperText Markup Language) formuláře. [8]

4.2.4 Webová stránka

Webová stránka může obsahovat HTML kód, odkazy, obrázky a Java applety. Před samotným nahráním webových stránek do modulu NanoSocketLAN je potřeba převést všechny soubory do jediného souboru, tzv. image. K tomu slouží funkce Site Pack v programu iChipConfig. Po spuštění vybereme adresář se soubory příslušné webové stránky a označíme soubor „index.html“. Vybereme odpovídající platformu procesoru modulu, v našem případě CO2144 a stiskneme tlačítko Pack. V horní části okna se načtou použité proměnné a musíme nastavit jejich velikost. Nastavení lze provést i hromadně tak, že proměnné označíme, vyplníme políčko „Fill selected parameters with value“ a stiskneme tlačítko Fill. Nakonec stiskneme tlačítko Save a program nám nabídne, kam chceme soubor ve formátu *.img uložit. Výsledný image musíme ještě nahrát do modulu Nano SocketLAN. To je možné provést až v době, kdy je webový server zapnutý a je dostupný na zadané IP adrese. V tom případě otevřeme webový prohlížeč a zadáme adresu ve tvaru: `http://<IP adresa modulu>/ichip`, tím se dostaneme do konfiguračního serveru modulu. V menu vybereme záložku Files Upload a u volby "Website to upload" vyhledáme přichystaný *.img soubor. Po stisku tlačítka Submit dojde k nahrání naší webové stránky do modulu. Tato stránka bude od této chvíle dostupná na adrese `http://<IP adresa modulu>`, což je uživatelský server modulu. Nahrání image souboru do modulu může být chráněné heslem, které se nastavuje příkazem „AT+iRPG“. [17,18]

4.3 Bezdrátová komunikace modul RFM22B

Na obr. 17 je modul RFM22B od výrobce HopeRF. Jedná se přijímač/vysílač v bez licenčním ISM (Industrial, Scientific and Medical) pásmu.



Obr. 17: Modul RFM22B [19]

4.3.1 Popis a vlastnosti

Modul RFM22B lze použít k obousměrné komunikaci, ale v jeden okamžik je možné přenášet data pouze jedním směrem. Modul komunikuje s mikropočítačem pomocí vstupně výstupních linek v kombinaci se sběrnicí SPI. [19]

Vlastnosti:

- frekvenční rozsah 433/868/915MHz
- citlivost -121dB; výstupní výkon max. 20dB
- napájecí napětí 1,8 V až 3,6 V; spotřeba přijímač 18 mA, vysílač 80 mA při 20 dB
- rychlost přenosu dat 0,123 až 256 kbps
- modulace FSK (Frequency-shift keying), GFSK(Gaussian frequency-shift keying) a OOK (On-off keying)
- digitální RSSI (Received Signal Strength Indication)
- časovač na probuzení, detektor nízkého napětí, teplotní senzor, 8 bitová AD převodník
- 64byte TX a RX FIFO zásobník

4.3.2 Základní použití modulu

Modul RFM22B se může nacházet až v devíti režimech, jako je režim spánku, připravenosti, vysílání a přijímání. V každém režimu jsou různé vnitřní bloky zařízení zapnuté/vypnuté a od toho se odvíjí i samotná spotřeba. Modul reaguje na mnoho událostí

přerušením na výstupním pinu a přečtením stavových registrů můžeme určit, co dané přerušení vyvolalo. Modul obsahuje 127 řídicích registrů. Většina z nich je pro zápis i čtení, ale některé pouze pro čtení. Registry slouží pro nastavení typu komunikace, adres, režimu, modulace, přenosové rychlosti, frekvenčního pásma, kanálu a mnoho dalšího. Registry slouží také pro přístup do TX/RX FIFO zásobníku. Podrobný popis lze nalézt v programovém manuálu. [20] Nastavení těchto režimů je docela složité a pro jednoduchost a základní komunikaci lze použít program v Excelu, kde vstupem jsou požadované hodnoty, jako je typ modulace, rychlost, frekvenční pásmo a výstupem z tohoto programu jsou hodnoty, které musíme uložit do příslušných registrů. Program lze nalézt na stránkách výrobce. [21] RFM22B umožňuje přijímat a vysílat data několika způsoby. Například direct mode pouze moduluje přijaté a vysílané data. Mnohem výhodnější je FIFO mode se zapnutou funkcí auto packet handler. Struktura paketu je vidět na obr. 18.[19]



Obr. 18: Paket RFM22B [19]

Paket se skládá z detekčních, synchronizačních bytů, následuje vysílací hlavička, délka paketu, vlastní data uložená ve FIFO registru a kontrolní součet. Vše se nastavuje v příslušných konfiguračních registrech. Při vysílání stačí data uložit do TX FIFO registru. Tato data jsou automaticky zabalena do paketu a odeslána. Na přijímací straně dojde k detekci přijímaného paketu, dojde k ověření hlavičky proti hlavičce nastavené v přijímači a k ověření kontrolního součtu. Všechny kroky lze vyčíst s příslušných registrů a také lze povolit přerušení na konkrétní události. V praxi to znamená to, že můžeme zjistit, že přijatý paket měl jinou hlavičku nebo že nesouhlasí kontrolní součet atd. Dále můžeme nastavit přerušení pouze na událost, že přišel pouze paket pro nás určený a na tuto událost zareagovat přečtením RX FIFO registru. [19]

4.4 Mikropočítač MC9S08AC32

Mikropočítač MC9S08AC32 je 8bitový mikropočítač značky Freescale s jádrem HCS08. Mikropočítače HCS08 jsou zpětně kompatibilní se všemi kódy napsanými pro mikropočítače HC08. Každé zařízení HCS08 se skládá z jádra HCS08, několika pamětí a periférii. Mikropočítače HCS08 se rozdělují do příslušných rodin, které jsou charakteristické svými vlastnostmi, dostupnými perifériemi, a tak předurčují každý mikropočítač do jiné vhodné oblasti použití. Pro toto zařízení byl zvolen mikropočítač z rodiny AC, což je třetí generace Flexis serie a tím umožňuje kompatibilitu zapojení 8 bitových a 32 bitových MCU. Mikropočítače AC byly navrženy do rušivých prostředí a nabízí slušný výkon, co se EMC/EMI (Electromagnetic compatibility, Electromagnetic interface) vlastností týká. Díky širokému rozsahu napájecího napětí a bohatými perifériemi si určitě najde uplatnění i jinde.

Vlastnosti MCU MC9S08AC32:[15]

- 40 MHz jádro S08, 20 MHz; 32 kB Flash paměti a 2 KB SRAM paměti
- 2x SCI (Serial Comuniacion Interface), SPI, I2C
- 16kanálový 10bitový AD převodník, 3x 16bitový časovač (6, 2 a 2kanály)
- 54 vstupů/výstupů, vnější přerušování KBI (Keyboard Interrupt Module), watchdog, přerušování RTI (real time clock)

4.5 Obvod reálného času DS1307

DS1307 je obvod reálného času od firmy MAXIM. Obvod poskytuje kromě času/kalendáře také 56byťů zálohované paměti pro uživatelská data. Obvod komunikuje po obousměrné sběrnici I2C. Obvod poskytuje informace o sekundách, minutách, hodinách, dnu v týdnu, datu, měsíci a roku. Počet dnů měsíce je řízen automaticky, navíc obvod disponuje korekcí přestupného roku až do roku 2100. DS1307 umožňuje nastavit 12h nebo 24h režim. Vnitřní paměť je zálohovaná 3 V baterií a odběr je do 500 nA.[22]

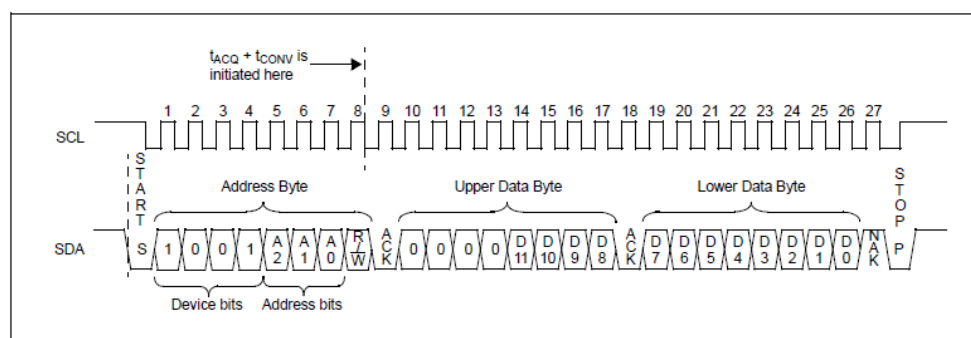
Tab. 4: Uspořádní paměti DS1307 [22]

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00H	CH	10 Seconds			Seconds			Seconds	00–59	
01H	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	00–59	
02H	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1–12 +AM/PM 00–23	
		24	PM/ AM							
03H	0	0	0	0	DAY			Day	01–07	
04H	0	0	10 Date		Date			Date	01–31	
05H	0	0	0	10 Month	Month			Month	01–12	
06H	10 Year				Year			Year	00–99	
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08H–3FH									RAM 56 x 8	00H–FFH

V tabulce tab. 4 je vidět vnitřní uspořádání paměti. Hodnoty jsou v paměti uloženy v BCD (Binary code decimal) kódu. Po zapnutí jsou data v paměti nedefinovaná a musí se příslušně nastavit. Bit CH na adrese 0x00 slouží pro spuštění oscilátoru, po jehož zapnutí dojde k pravidelné inkrementaci všech hodnot. Na adrese 0x07 je konfigurační registr, který umožňuje nastavit frekvenci obdélníkového signálu pro další využití na příslušném pinu obvodu DS1307. Adresa pro I2C komunikaci je binárně 1101000.[22]

4.6 A/D převodník MCP3221

MCP3221 je 12bit A/D převodník od firmy Microchip. Tento převodník se vyznačuje nízkou spotřebou a I2C výstupem. Podporuje I2C sběrnici do rychlosti 400 kHz. Napájecí napětí je od 2,7 V do 5,5 V a odběr proudu v klidu je 5 nA. Maximální odebíraný proud je 250 μ A. Jako referenční napětí převodníku se bere napájecí napětí. Komunikace probíhá podle obr. 19. MCP3221 nemá žádné konfigurační registry a podporuje pouze čtení po I2C sběrnici tj. R/W bit v log. 1. Adresní byte se skládá z bitů identifikující zařízení a tří adresních bitů, které jsou nastaveny od výroby. Převodníky MCP3221 jsou k dispozici s různými adresními bity, aby jich bylo možné použít více v rámci jedné sběrnice I2C.[23]



Obr. 19: Komunikace MCP3221 [23]

5 NÁVRH HARDWARE

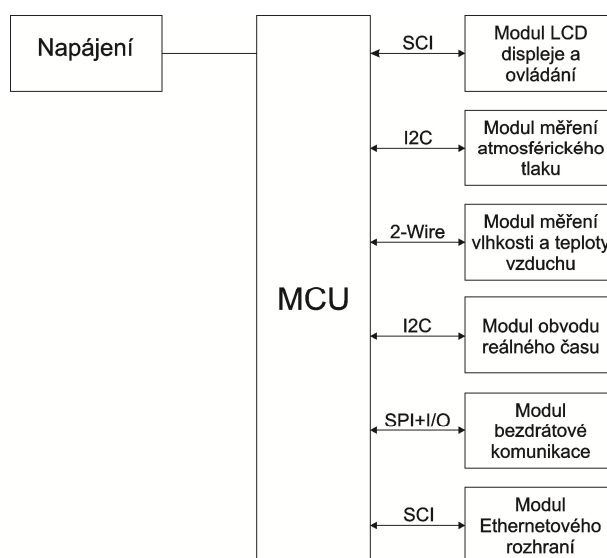
Meteorologická stanice se skládá ze dvou samostatně fungujících zařízení, hlavní stanice a snímací jednotky. Před samotným návrhem předcházela realizace zařízení USBDM JS16, jedná se o programátor/debugger mikropočítačů HCS08 a Coldfire V1 a také návrh a realizace jednoduchého vývojového kitu, pro otestování komunikací se snímači a dalšími obvody. Všechny schémata a desky plošných spojů byly navrženy v programu EAGLE 5.6 (Easily Applicable Graphical Layout Editor).

5.1 Hlavní stanice

Hlavní stanice tvoří základ meteorologické stanice. Základní úlohou je měření atmosférického tlaku, vlhkosti a teploty vzduchu a výpočet rosného bodu. Všechny tyto informace jsou zobrazeny na LCD displeji a dále zobrazeny na webové stránce, běžící na integrovaném webovém serveru. Hlavní stanice také kontroluje, jestli nepřišli data ze snímací jednotky.

5.1.1 Blokové schéma

Na obr. 20 je blokové schéma hlavní stanice, kde je vidět základní propojení sběrnic mezi jednotlivými moduly a mikropočítačem MC9S08AC32.



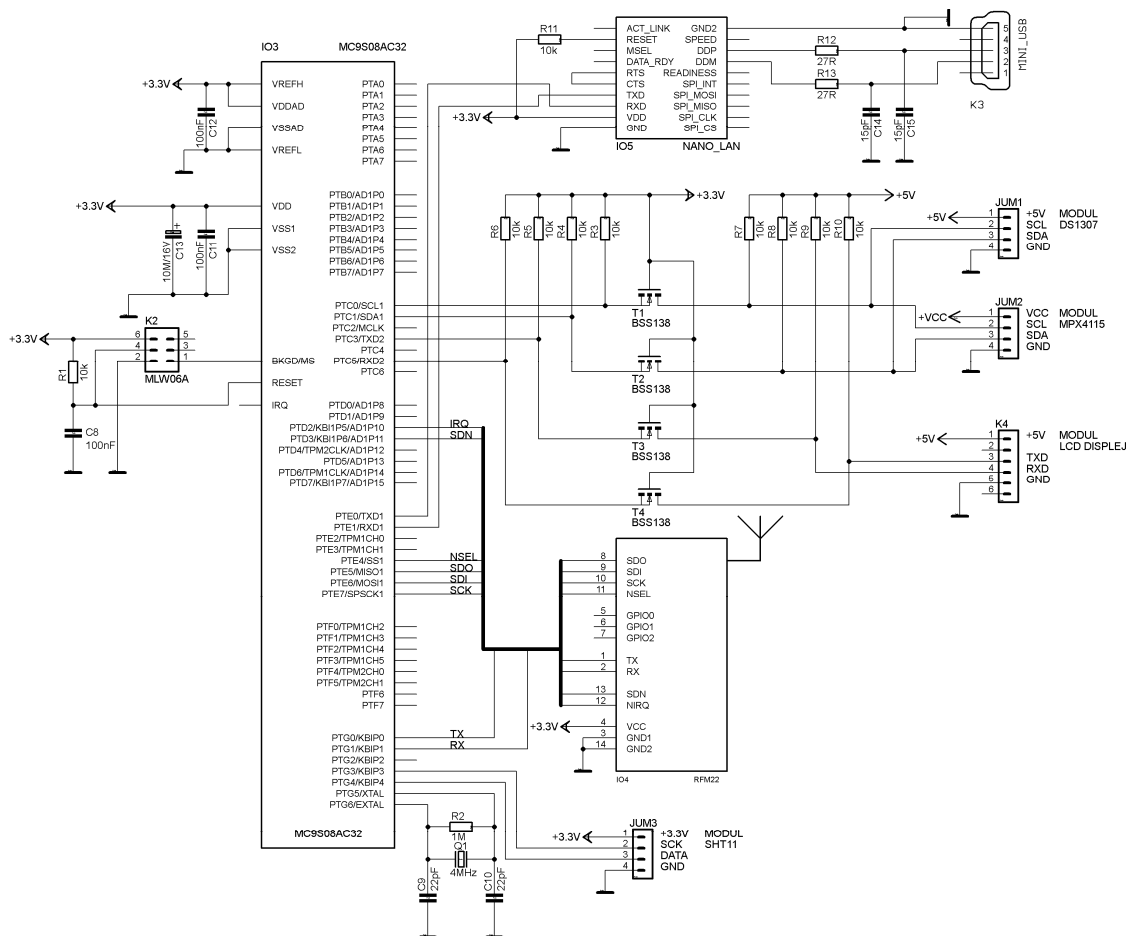
Obr. 20: Blokové schéma hlavní stanice

Hlavní stanice je řešena modulárně, hlavní deska obsahuje pouze napájecí část, převodníky úrovní a konektory, do kterých se jednotlivé moduly zasunují. Propojení mezi hlavní

deskou a modulem LCD (Liquid Crystal Display) displeje je pomocí 6pinového kabelu. Modul bezdrátové komunikace je RFM22B a modul ethernetového rozhraní je Nano SocketLAN. Tyto dva moduly jsou sériově vyráběné a ostatní moduly se musely navrhnout.

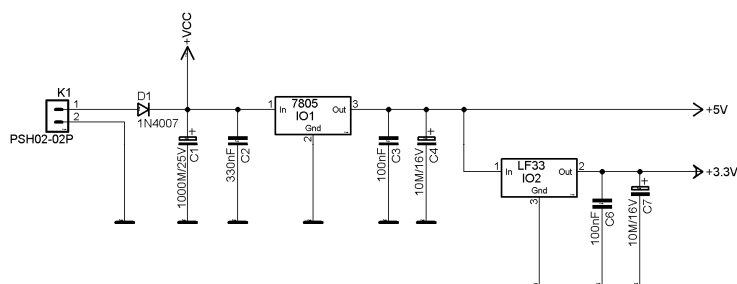
5.1.2 Hlavní deska

Na obr. 21 je schéma hlavní desky. V podstatě se jedná o propojení jednotlivých modulů se sběrnicemi MCU. Mikropočítač IO3 je zapojen podle doporučení výrobce a osazuje přes redukci a s hlavní deskou se spojuje pomocí kolíkových a dutinkových lišt s roztečí 2,54 mm. Konektor K2 slouží pro připojení BDM (Background Debug Mode) programátoru a konektor K3 pro počáteční konfiguraci webového serveru. Moduly IO4 a IO5 je vhodné osadit přes dutinkové lišty s roztečí 2mm, pro případné vyjmutí. Tranzistory T1-T4 tvoří s příslušnými odpory R3-R10 čtyř kanálový obousměrný převodník úrovní 3,3 V a 5 V logiky pro sběrnice I2C a SCI.



Obr. 21: Schéma hlavní desky

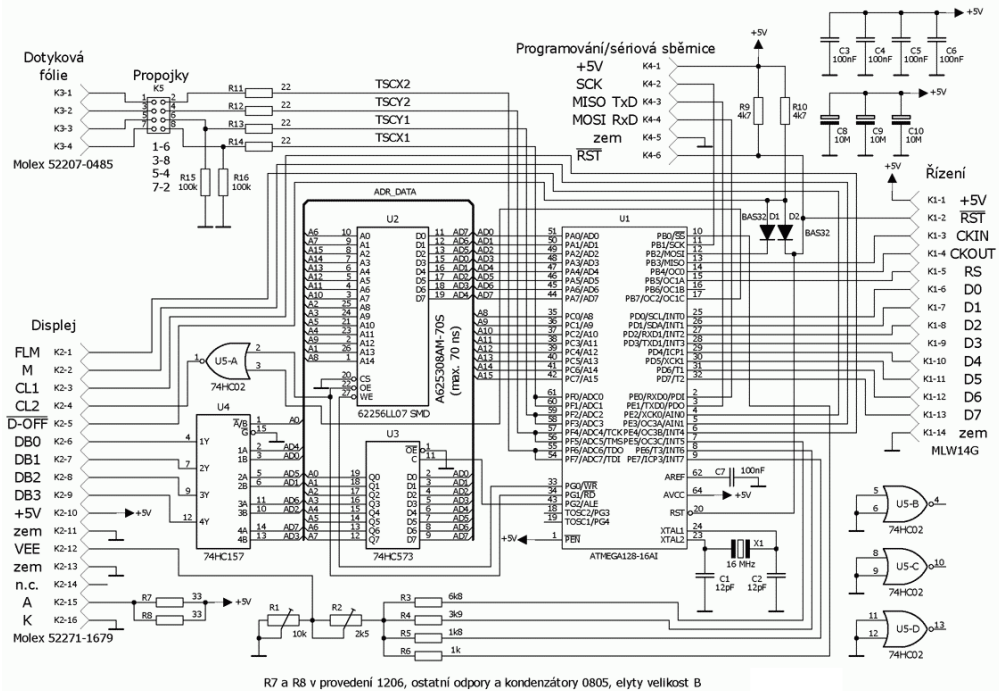
Na obr. 22 je schéma napájení hlavní stanice. Na konektor K1 se přivádí stejnosměrné napětí z adaptéru 7,5 V až 9 V/500 mA. Dioda D1 slouží jako ochrana proti přepólování. Napětí snížené o úbytek napětí na diodě je stabilizované IO1 na 5V a následně stabilizované obvodem IO2 na hodnotu 3,3 V. IO1 je v provedení TO-220 a je nutné jej opatřit chladičem.



Obr. 22: Schéma napájecí části

5.1.3 Řadič LCD displeje

Na obr. 23 je schéma řadiče grafického displeje PG320240WRM-HNNIS3 s dotykovým ovládáním. Autorem tohoto řadiče je p. Brynda a všechny potřebné informace, včetně podkladu DPS a firmwaru lze nalézt na webu.[24] Existuje plno displejů lišící se pouze písmeny v kódovém označení, a proto před realizací tohoto řadiče je nutné ověřit si jejich kompatibilitu. V našem případě byl použit displej PG320240LR-HNN-H-A1-S0 a muselo se upravit řízení kontrastu, protože podle katalogového listu se kontrast řídí pouze trimrem 500k Ω mezi piny 12 a 13. Dále bylo nutné upravit firmware, protože u původního displeje svítí pixel v logické úrovni 0 a u displeje PG320240LR-HNN-H-A1-S0 je tomu naopak. Řadič je použit proto, že displej obsahuje pouze budiče, a displej se musí periodicky obnovovat. To zabere dostatek času i poměrně výkonnému mikropočítači a navíc je to i paměťově náročné. Řadič je velice inteligentní a dovoluje komunikovat s mikropočítačem paralelně nebo sériově, navíc obsahuje několik fontů s českou diakritikou a disponuje mnoha funkcemi, jako je vykreslování úseček, kružnic a obdélníků.



Obr. 23: Schéma řadiče LCD

Ovládání řadiče

V našem případě byla použita sériová sběrnice SCI s datovým rámcem jeden start bit, 8 datových bitů bez parity a 1 stop bit, při rychlosti 9600Bd. Komunikace s řadičem probíhá pomocí instrukcí, které si řadič ukládá do vyrovnávací paměti 3 kB a postupně je zpracovává. Instrukce se skládá ze znaku '*' a tří bytů (parametry) a musí se odeslat v čase menším než 1 sekunda. Pokud se jedná o výkonnou instrukci bez návratové hodnoty, řadič na ni neodpoví. V případě, že instrukce navrácí hodnotu, vyšle řadič po vykonání instrukce 2 byty s hodnotou (LSB, MSB). V případě, že master chce do řadiče posílat obrazová data, vyšle instrukci s kódem hexadecimálně 0xFF s počtem bytů obrazových dat v byte2 (byte1 a byte3 mohou mít libovolnou hodnotu). Za touto instrukcí pak řadič vyšle daný počet bytů pro videopaměť. Řadič obsahuje celkem 3 buffery pro obrazovou paměť. Délka bufferu je 9600 bytů - odpovídá rozlišení 320 x 240 obrazových bodů. [24]

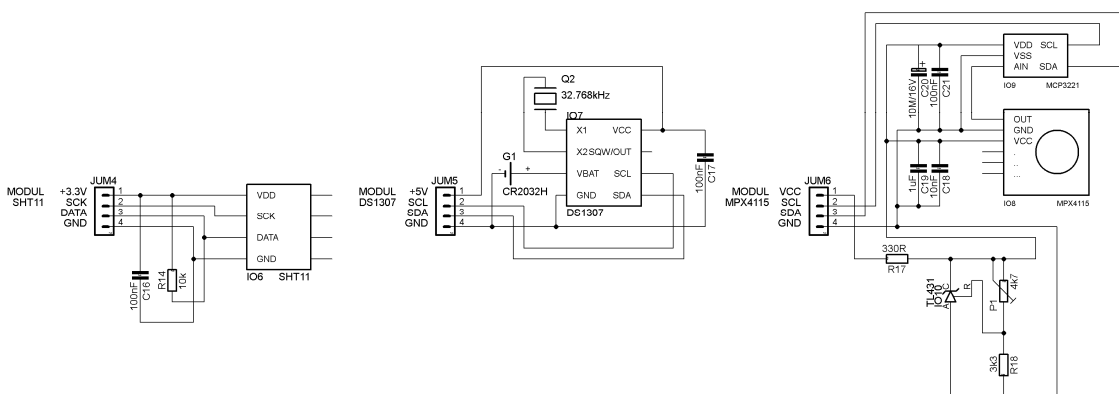
Ukázka několika instrukcí:

- 0x00 - nastaví počáteční adresu ve videopaměti pro další zápis obrazových dat (byte1=libovolný, byte2=LSB, byte3=MSB); adresa = 0-9599
- 0x01 - vybere obrazový buffer pro zobrazování (byte1=libovolný, byte2=0-2, byte3=libovolný)

- 0x12 - navrátí souřadnici X dotykové fólie - po korekci a filtraci (LSB, MSB)
(byte1=libovolný, byte2=libovolný, byte3=libovolný)
- 0x22 - nakreslí kruh podle typu kreslení, pozice kurzoru = střed
(byte1=libovolný, byte2=LSB poloměru, byte3=MSB poloměru)
- 0x25 - nastaví typ fontu pro zobrazení textu
(byte1=libovolný, byte2=0-10, byte3=libovolný)
- 0x26 - nakreslí znak podle kurzoru a typu kreslení
(byte1=libovolný, byte2=znak 0-255, byte3=libovolný)
- 0x27 - navrátí šířku a výšku daného znaku nastaveného fontu
(byte1=libovolný, byte2=znak 0-255, byte3=libovolný)

5.1.4 Ostatní moduly

Na obr. 24 jsou schémata ostatních modulů. Modul vlhkosti a teploty je osazen snímačem SHT11. Modul obvodu reálného času je osazen obvodem DS1307, který je zálohován 3 V baterií a taktován krystalem Q2. Modul snímání tlaku obsahuje snímač MPX4115, jehož analogové napětí je přivedeno na vstup A/D převodníku MCP3221. Napájecí napětí pro snímač a převodník je získané z napěťové reference TL431 a je nastavené trirem P1 na hodnotu 5,1 V.



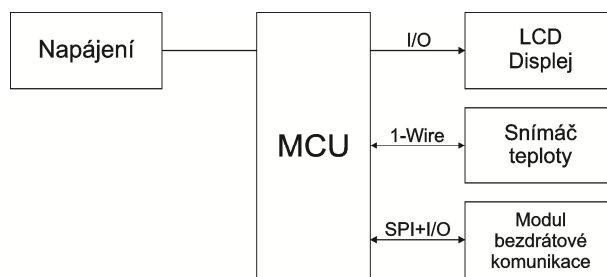
Obr. 24: Ostatní moduly hlavní stanice

5.2 Snímací jednotka

Snímací jednotka měří pouze teplotu, kterou posílá bezdrátově do hlavní stanice. Hodnota aktuální teploty je zobrazena na LCD displeji. Snímací jednotka je realizovaná na jedné desce plošného spoje a je navržena pro provoz z baterie.

5.2.1 Blokové schéma

Na obr. 25 je blokové schéma snímací jednotky. Srdcem je opět mikropočítač MC9S08AC32, který komunikuje s 3 ½ místným LCD displejem, teplotním snímačem DS18B20 a modulem bezdrátové komunikace RFM22B.



Obr. 25: Blokové schéma snímací jednotky

5.2.2 Celkové schéma snímací jednotky

Jako zdroj napětí pro snímací jednotku slouží baterie 2x1,5 V. Toto napětí je DC měničem IC2 udržováno na hodnotě 3,3 V. Napájecí napětí je přes RC člunek přivedeno na vstup A/D převodníku mikropočítače kvůli vyhodnocení slabé baterie. Konektor K1 slouží pro připojení BDM programátoru. Displej je připojen na jednotlivé vývody mikropočítače libovolně a to tak, aby se usnadnil návrh DPS (deska plošného spoje). Odpor R7 a R8 slouží jako ochrana proti zkratu vlivem zasunutí konektoru K2. Odpor R5 má funkci pull-down odporu kvůli detekci zasunutí konektoru. LCD displej je statický displej, který se musí budit obdélníkovým signálem o frekvenci 40 Hz. Pokud bude signál na společné elektrodě označené COM v protí fázi s jednotlivým segmentem, tak segment bude svítit. V opačném případě nesvítí. Schéma snímací jednotky je vidět na obr. 26.

6 NÁVRH SOFTWARE

Při návrhu software bylo použito vývojové prostředí CodeWarrior 6.3 od Freescale ve verzi Special Edition s omezením kódu 32 kB. Celý software je naprogramován v jazyce C a některé funkce jsou naprogramovány v assembleru. Celý program hlavní stanice a snímací jednotky se skládá z několika zdrojových souborů, a to kvůli přehlednosti. Některé z nich obsahují pouze základní funkce pro přístup k hardwaru a některé z nich poskytují i vysokoúrovňové funkce. Většina těchto souborů vznikla během návrhu celého zařízení a byla psaná po malých kouscích od začátku. Nejedná se tedy o knihovny, které by poskytovali komplexní funkce k daným zařízením.

6.1 Hlavní stanice

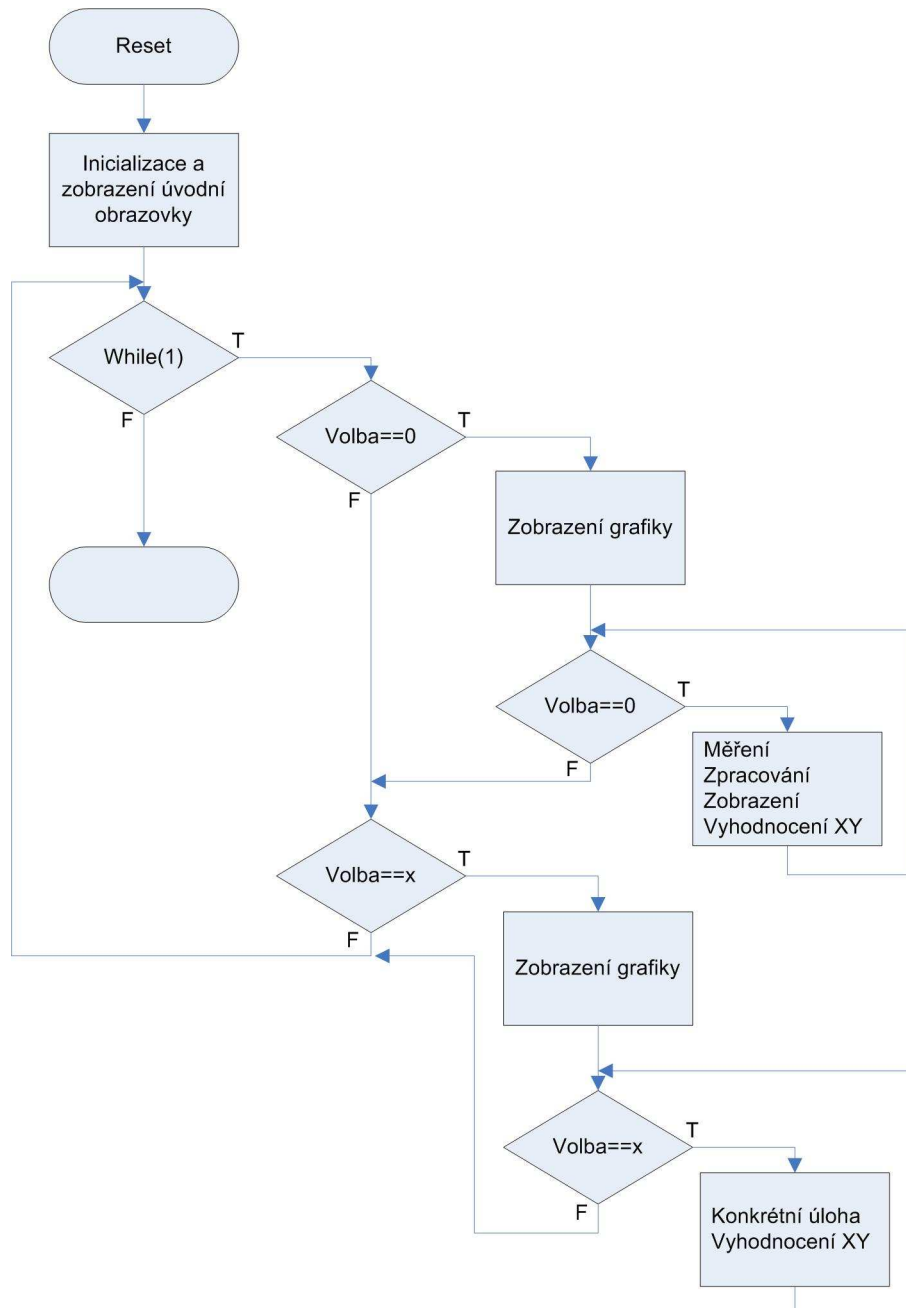
Celý program se skládá z několika zdrojových souborů, jejichž význam je uveden níže.

Soubory a funkce:

- **sci_gb60.asm/ sci_gb60.h**- funkce pro práci se sériovým rozhraním SCI1 a SCI2, mezi tyto funkce patří inicializace, zápis znaku, čtení znaku a zápis textového řetězce
- **sht11.c/ sht11.h**- funkce pro práci se snímačem SHT11, mezi tyto funkce patří reset sběrnice, měření tlaku a vlhkosti a dále funkce pro výpočet linearizovaných, kompenzovaných hodnot a výpočet rosného bodu
- **rtc_tlak.c/rtc_tlak.h**- funkce pro inicializaci I2C sběrnice, funkce pro čtení a zápis bytu do DS1307 a čtení naměřených hodnot z A/D
- **rfm22.c/rfm22.h**-funkce pro práci s SPI sběrnici, funkce pro inicializaci a přechod do přijímacího režimu RFM22B
- **displej.c/displej.h**-funkce jsou nadstavbou základních funkcí řadiče, které umožňují jednodušší ovládání
- **main.asm/main_asm.h**-funkce časové prodlevy
- **global.h**-sdružení všech hlavičkových souborů, kvůli opakovanému vkládání
- **main.c**-hlavní zdrojový soubor

6.1.1 Popis programu

Na obr. 27 je znázorněn zjednodušený vývojový diagram hlavní stanice, který popisuje základní rozvržení celého programu.



Obr. 27: Jednoduchý vývojový diagram hlavní stanice

Po resetu mikropočítače se provede inicializace všech sběrnic a zařízení, následně se vykreslí na displeji úvodní obrázek a nakonec program uváže v nekonečné smyčce, kdy se testuje proměnná VOLBA. Tato proměnná určuje, co se na displeji bude vykreslovat,

v podstatě slouží pro přepínání jednotlivých režimů (zobrazení měřených veličen, nastavení, informace). Na základě této proměnné se vykreslí příslušný layout, tj. hlavní nadpis, tlačítka atd. Po dobu, kdy se hodnota proměnné nemění, se v cyklu opakuje příslušný program a na displeji se překresluje jen plocha s aktuálními údaji. Na konci každého cyklu se vyhodnocují souřadnice z dotykové folie. Pokud souřadnice odpovídají příslušnému tlačítku, tak se provede příslušný krok. Vyhodnocení a obecně práce s grafikou je docela složitá, protože při návrhu se musí pořád počítat jednotlivé pixely. Nejdůležitější je VOLBA=0. Při této volbě se měří, vyhodnocují a zpracovávají všechny měřené veličiny. Měří se tlak, teplota, vlhkost, vypočítává se teplota rosného bodu a dále se testuje přijetí teploty ze snímací jednotky a načítají se aktuální hodnoty z obvodu reálného času. V okamžiku, kdy jsou všechny hodnoty připravené, provede se jejich uložení do webového serveru a zobrazení na displeji. Nakonec se provede vyhodnocení souřadnic a pokračuje se od začátku, popřípadě se změní režim. Např. režim VOLBA=1 slouží pro nastavení času a data. Díky použitému displeji s dotykovým ovládním lze vytvořit příjemné uživatelské rozhraní.

6.2 Snímací stanice

Celý program se skládá z několika zdrojových souborů, jejichž význam je uveden níže.

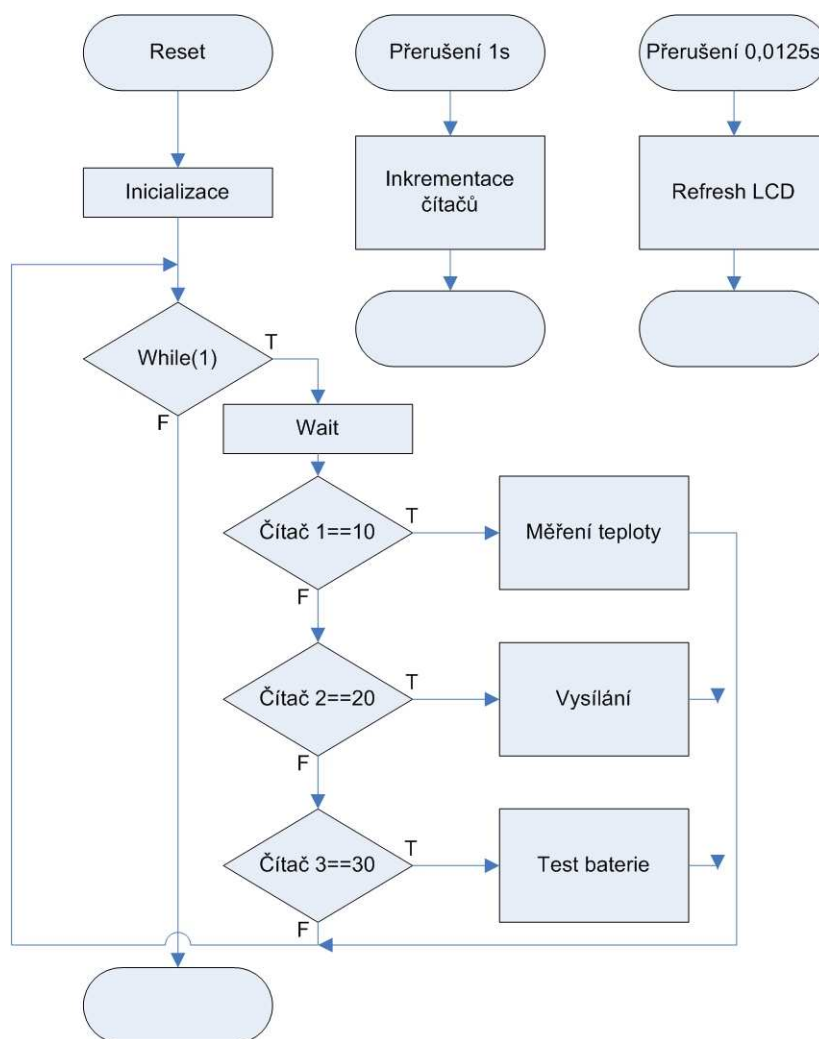
Soubory a funkce:

- `one_wire.asm/one_wire.h`-funkce pro reset, čtení a zápis bytu na 1-Wire sběrnici
- `rfm22.c/rfm22.h`-funkce pro práci s SPI sběrnici a dále funkce pro inicializaci a přechod do vysílacího režimu RFM22B
- `main.c`-hlavní zdrojový soubor

6.2.1 Popis programu

Na obr. 28 je vývojový diagram snímací jednotky, který poskytuje základní pohled na řešení celého programu. Program využívá přerušování od časovačů. První přerušování je nastaveno na 0,0125 s (80 Hz) a slouží k pravidelnému obnovování-buzení displeje s frekvencí 40 Hz. Při každém přerušování se změní logická úroveň v opačnou a dojde tak ke generování obdélníkového signálu. V poli o velikosti 4byty se uchovává informace o tom, který segment má svítit. Při obnově displeje se podle hodnot tohoto pole rozhodne o tom,

zda se má změnit polarita daného segmentu vůči společné elektrodě. Druhý časovač generuje přerušení s periodou 1 sekunda a dochází k inkrementaci tří proměnných označených jako čítače. Po resetu zařízení dojde k inicializaci portů, SPI sběrnice a modulu RFM22B, poté program uváže v nekonečné smyčce a na začátku každého cyklu přejde do čekacího módu kvůli nižší spotřebě. V okamžiku přerušení se pokračuje tam, kde program skončil, a hodnoty v čítačích jsou porovnány s pevně nastavenými hodnotami. Při shodě se provedou příslušející funkce: každých 10 s se měří teplota, každých 20 s se hodnota vysílá a každých 30 s se vyhodnocuje test slabé baterie. V programu je řešen i kontrolní součet přijatých dat ze snímače, možnost, že není snímač připojen (na displeji „nC“) nebo že došlo k chybě (na displeji „Err“).



Obr. 28: Jednoduchý vývojový diagram snímací jednotky

6.3 Webová prezentace

Součástí této práce je i vytvoření jednoduché webové stránky, která bude sloužit pro prezentaci naměřených dat, jako je teplota, vlhkost, rosný bod, tlak z hlavní stanice a teploty ze snímací stanice. Dále jsou na stránce zobrazeny i informace o připojení, jako je např. IP adresa a MAC adresa webového serveru. Webová stránka je napsaná značkovacím jazykem XHTML a je obohacena o kaskádové styly CSS. Stránka je XHTML 1.0 Strict validní a jako základní layout je použita volně dostupná šablona. Ukázka je na obr. 29.

Nano SocketLAN™ Webová prezentace

Úvod **Meteostanice** search keywords

Parametry serveru

IP Adresa:	192.168.0.142
Maska sítě:	255.255.255.0
Brána:	192.168.0.1
MAC Adresa:	00039417056C

Hlavní stanice

Teplota:	26.5 °C
Vlhkost:	44.1 %
Rosný bod:	13.3 °C
Tlak:	976 hPa

Snímací jednotka 1

Teplota 1:	25.2 °C
------------	---------

Aktuality

02.06.2011 Firmware Update-
aktualní verze i2128d809b01
[download](#)

Odkazy

- [Data Sheet 1.20](#)
- [Product Brief](#)
- [Programmer's Manual 8.40](#)
- [Firmware Update](#)
- [iChipConfia Utility for Windows XP](#)
- [iChipConfia Utility User Manual](#)
- [USB Driver](#)

(c) 2008 sitename.com. design by [nodethirtythree](#) - [free css templates](#)

Obr. 29: Ukázka webové prezentace

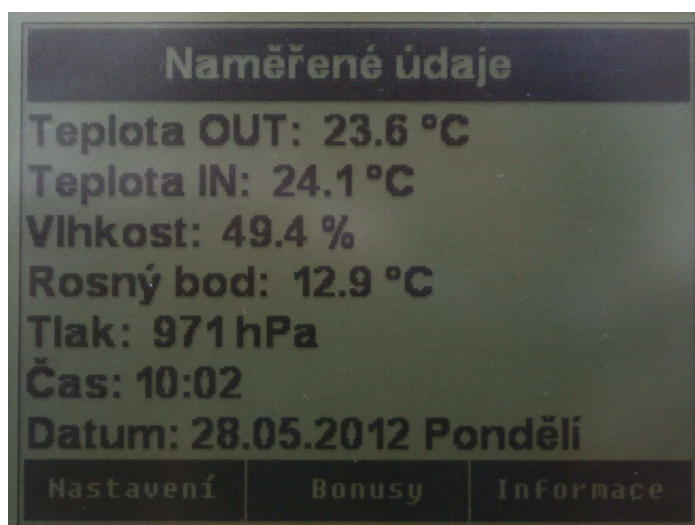
7 OVLÁDÁNÍ ZAŘÍZENÍ

Hlavní stanice umožňuje díky použitému grafickému displeji s dotykovým ovládním, jednoduché a přehledné ovládní celého zařízení. Snímací jednotka nemá žádné nastavovací prvky. Po zapnutí hlavní stanice se zobrazí uvítací obrázek, který je vidět na obr. 30.



Obr. 30: Uvítací obrázek-foto

Po krátké časové prodlevě se vykreslí základní layout a naměřené veličiny (obr. 31). Všechny veličiny jsou měřené hlavní stanicí, kromě venkovní teploty označené „Teplota OUT“, která je měřená snímací jednotkou. Pokud by byla snímací jednotka vypnutá, nebo mimo dosah bezdrátového přenosu, tak by se místo teploty zobrazil textový řetězec „---““. Ve spodní liště jsou vykresleny tři tlačítka-nastavení, bonusy a informace.



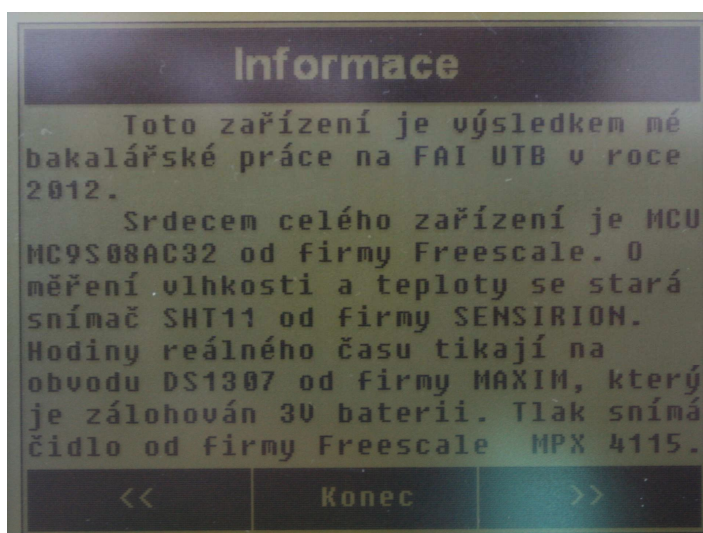
Obr. 31: Naměřené veličiny-foto

Tlačítko „nastavení“ slouží pro nastavení časových údajů, kdy tlačítka plus a minus nastavujeme příslušné hodnoty. Nastavení lze uložit a ukončit, nebo pouze ukončit. Vše je vidět na obr. 32.



Obr. 32: Nastavení-foto

Tlačítko „bonusy“ nemá zatím žádný význam, je zde pouze kvůli základnímu rozvržení layoutu (orámování, hlavní nadpis, tři tlačítka a prostor pro vlastní informace). Po stisknutí tlačítka „Informace“ se zobrazí informace o celém zařízení, kdy můžeme toto zobrazení ukončit, nebo listovat na další stránky. Vše je vidět na obr. 33.



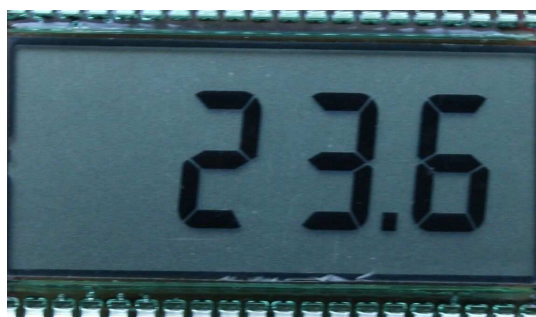
Obr. 33: Informace-foto

Snímací jednotka nás po zapnutí přivítá znaky „CAU“ a poté se zobrazí teplota např. „23.6“. V případě, že není zasunutý konektor se snímačem, zobrazí se „nCC“ a v případě

že není detekovaný snímač na 1-Wire sběrnici se zobrazí „Err“. Vše je vidět v následujících obrázcích obr. 34 až obr. 37.



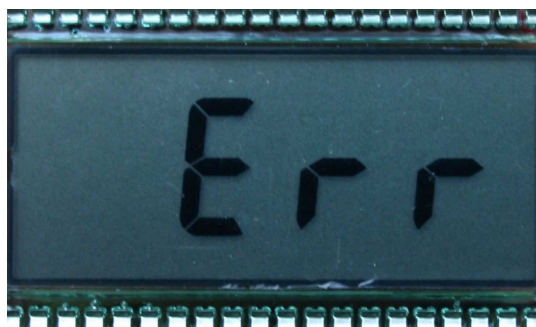
Obr. 34: Snímací jednotka-úvod-foto



Obr. 35: Snímací jednotka-teplota-foto



Obr. 36: Snímací jednotka-chyba 1-foto



Obr. 37: Snímací jednotka-chyba 2-foto

8 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI A POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT

Výsledné zařízení, splňuje všechny základní požadavky, které od něj byly očekávány. Mezi tyto požadavky patří, měření teploty a vlhkosti vzduchu, měření atmosférického tlaku, bezdrátový přenos teploty ze snímací jednotky do hlavní stanice a prezentace naměřených dat prostřednictvím webové stránky.

Naměřené hodnoty byly porovnány s domácí meteostanicí Hyundai WSC 1908, jejíž cena je přibližně kolem 1500 Kč. V tab. 5 jsou zaznamenány naměřené hodnoty za stejných podmínek. Hlavní stanice a snímací stanice se v okamžiku měření nacházely vedle sebe, a proto lze porovnat i jednotlivé snímače teploty.

Tab. 5: Naměřené hodnoty

	Hlavní stanice	Snímací jednotka	Hyundai
Teplota vzduchu	26,0 °C	26,0 °C	24,9 °C
Vlhkost vzduchu	44,7 %	-	36%
Atmosférický tlak	967 hPa	-	976 hPa

Snímač teploty SHT11(hlavní stanice) a DS18B20 (snímací jednotka) ukazovaly po ustálení stejnou teplotu, teplota ze stanice Hyundai se lišila přibližně o 1 °C. Rozdíl hodnot vlhkosti a tlaku je podstatně větší. S velkou pravděpodobností jsou přesnější hodnoty z výše navržené stanice, protože pouhá cena použitých snímačů se přibližuje ceně celé stanice Hyundai. Přenos naměřených dat ze snímače DS18B20 a SHT11 je ověřen CRC součtem a při chybě se s těmito daty dále nepracuje. Měření tlaku je zpřesněno aritmetickým průměrem z dvou set po sobě naměřených hodnot.

Dosah bezdrátového přenosu ze snímací stanice záleží na nastaveném vysílacím výkoně. V současné době je nastaven poloviční výkon a pokrytí je dostatečné v blízkém okolí rodinného domu, takže přenos venkovní teploty je bezproblémový. Kontrola a správnost přijatých dat je řešena na straně modulu RFM22B a hlavní stanice, buď ukazuje správnou teplotu, nebo pokud během 30 cyklů měření nepřijdou žádné data, tak zobrazuje pomlčky.

Ethernetové rozhraní je spolehlivé, ale může se vyskytnout problém s počáteční konfigurací sítě jako je nezískání IP adresy z DHCP serveru a nutnost ruční konfigurace. Tento problém se vyskytl např. u Wifi routeru se 4 portovým switchem nejmenovaného výrobce.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací bezdrátové meteorologické stanice s připojením k Internetu. Samotnému návrhu, který se nachází v praktické části této práce, předchází teoretická část, ve které jsou nejdříve objasněny nejčastěji měřitelné meteorologické veličiny, jako je atmosférický tlak, teplota a vlhkost vzduchu, teplota rosného bodu a pojmy s těmito veličinami související. V další kapitole jsou popsány obecné principy měření těchto veličin a poslední kapitola teoretické části se zabývá popisem sériových komunikačních sběrnic SPI, I2C, 1-Wire a dvouvodičové sběrnice od výrobce SENSIRION.

Na začátku praktické části jsou popsány vlastnosti a principy obsluhy snímače tlaku MPX4115, snímače teploty a vlhkosti vzduchu SHT11 a snímače teploty DS18B20. Většina těchto snímačů disponuje sériovým komunikačním rozhraním, díky čemuž je zapojení do obvodu velice jednoduché. Výhodou použitých snímačů je přesnost, což se projevilo adekvátní cenou. V dalších kapitolách jsou popsány vlastnosti použitého mikropočítače MC9S08AC32, vlastnosti a obsluha modulů realizujících bezdrátový přenos (RFM22B), Ethernetové rozhraní (Nano SocketLAN) a také je zde stručně popsán obvod reálného času DS1307 a 12 bit A/D převodník s I2C výstupem MCP3221.

Zbývá část praktické části se zabývá návrhem a realizací zařízení, jak po stránce hardwaru, tak i softwaru. Celé zařízení bylo rozděleno na dvě části, na hlavní stanici a snímací jednotku. Snímací jednotka měří pouze teplotu a posílá ji bezdrátově do hlavní stanice, která měří teplotu a vlhkost vzduchu, atmosférický tlak a poskytuje Ethernetové rozhraní. Poslední kapitoly praktické části a celé bakalářské práce popisují obsluhu zařízení a zhodnocení naměřených dat a komunikace.

Všechny schémata a podklady pro tvorbu desek plošných spojů jsou uvedeny v přílohách a lze je najít také na doprovodném CD společně se zdrojovými soubory pro mikropočítače a zdrojovými soubory webové stránky.

Hlavním přínosem této práce je prohloubení a získání nových znalostí z oblasti programování mikropočítačů a komunikaci s novými periferiemi, které díky svému charakteru najdou uplatnění i v jiných zařízeních. Díky použitému grafickému displeji s dotykovým ovládáním, se nabízí mnoho vylepšení např. posílání emailu, grafy s vývojem měřených veličin atd.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

This bachelor thesis describes the design and implementation of wireless weather station with an Internet connection. The most frequently measured meteorological variables like atmospheric pressure, temperature, humidity or dew point are described in the theoretical part. The proposal itself is located in the practical part. The theoretical part also includes the measurement general principles of these variables and describes serial communication buses SPI, I2C, 1-Wire and 2-Wire bus by SENSIRION.

Features and communication principles of integrated pressure sensor MPX4115, digital humidity and temperature sensor SHT11 and digital thermometer DS18B20 are described at the beginning of the practical part. The interaction is done by the serial communication interface included in most of these sensors which yields the circuit connection simplicity. These sensors exceed with a high accuracy which results in adequate price. The properties of the utilized microcomputer MC9S08AC32, wireless transceiver RFM22B features and Ethernet module Nano SocketLAN are described in the following chapters. Real-time clock DS1307 and A/D converter with 12-bit resolution and I2C output are described at the end of the chapter.

The rest of the practical part deals with the design and implementation of of wireless weather station with an Internet connection. The whole device was divided into two parts: the main station and the scanning unit. The scanning unit measures temperature which is wirelessly transmitted to the main station. Apart the remote temperature, the main station is capable to measure and display local temperature, humidity and atmospheric pressure. The main station also provides an Ethernet interface. The last chapters provide station handling and evaluation of measured data and communication quality.

All circuit board schemes and complementary materials are listed in the appendix and can be also found on the CD. This media also contains the microcomputer and website source codes.

The main finding of this work is a knowledge deepening on a field of microcomputer programming and peripheral communication which due to its character can find application in other devices. The touch graphic display grants many improvements such as emails sending or charts representing development of measured values.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KLABZUBA, Jiří. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie: III. díl-Tlak vzduchu a tlakové útvary*. [1. vyd., 3. dotisk]. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2009, 20 s. ISBN 978-80-213-0704-9.
- [2] KLABZUBA, Jiří. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie: V. díl-Bilance tepla na aktivním povrchu, teplota půdy, vzduchu a vody*. [1. vyd., 3. dotisk]. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2009, 46 s. ISBN 978-80-213-0778-0.
- [3] KLABZUBA, Jiří a Věra KOŽNAROVÁ. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie: VI. díl-Voda v atmosféře, výpar, vlhkost vzduchu, půdy a materiálů*. [1. vyd., 3. dotisk]. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2009, 40 s. ISBN 978-80-213-1123-7.
- [4] HRUŠKA, František. *Technické prostředky informatiky a automatizace: (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace)*. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.
- [5] KADLEC, Karel. Snímače tlaku – principy, vlastnosti a použití. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha: FCC Public, 2007, 2,7,10,11 [cit. 2012-05-22]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz>
- [6] SMUTNÝ, Lubomír. Snímače teploty – současný stav a směry vývoje. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha: FCC Public, 2007, č. 5 [cit. 2012-05-22]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz>
- [7] HANZAL, Josef. Vlhkoměry. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha: FCC Public, 2003,11 [cit. 2012-05-22]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz>
- [8] ČVUT. Měření vlhkosti návod do cvičení[online].[cit. 2012-05-22]. Dostupné z WWW:<<http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34SES/cviceni/Navody%20na%20cviceni/07.Mereni%20vlhkosti.pdf>>.
- [9] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Externí sériové sběrnice SPI a I²C. [online]. 2008 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sbernice-spi-a-i2c/>

- [10] DUDÁČEK, Karel. Sériová rozhraní SPI, Microwire, I2C a CAN. [online]. 2002 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dudacek/NMS/Seriova_rozhrani.pdf>.
- [11] Maxim. DS18B20 Datasheet [online]. 2008 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>>.
- [12] Sensirion the Sensor Company. SHT1x Datasheet [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf>.
- [13] Freescale Semiconductor. MPX4115 Datasheet [online]. 2006 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX4115.pdf>.
- [14] Freescale Semiconductor. HCS08 reference manual [online]. 2007 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/HCS08RMV1.pdf>.
- [15] Freescale Semiconductor. MC9S08AC60 Datasheet [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08AC60.pdf?fp=1>.
- [16] Connect One. Nano SocketLAN Datasheet v. 1.20 [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.connectone.com/media/upload/Nano_Socket_LAN_DS.pdf>.
- [17] Connect One. iChip Config Utility Manual v. 2. 4. 82 [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.connectone.com/media/upload/iChip_Config_Utility_Manual.pdf>.
- [18] Connect One. ATi Programmers Manual v. 8.40 [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.connectone.com/media/upload/ATi_Programmers_Manual_8_40.pdf>.
- [19] Hope RF. RFM22B/23B Datasheet v. 1.0 [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.hoperf.com/upload/rf/RFM22B_23B.pdf>.
- [20] Hope RF. RFM22B/23B Register Description [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.hoperf.com/upload/rf/AN440.pdf>>.

- [21] Hope RF. RFM22B/23B Utility[online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.hoperf.com/upload/rf/RF22B%2023B%2031B%2042B%2043B%20Register%20Settings_RevB1-v5.xls>.
- [22] Maxim. DS1307 Datasheet [online]. 2008 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>>.
- [23] Microchip. MCP3221 Datasheet [online]. 2006 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21732c.pdf>>.
- [24] BRYNDA, Miloš. Řadič grafického displeje LCD PG320240WRM-HNNIS. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: www.ok1fmf.net
- [25] Texas Instruments. TPS61097-33 Datasheet [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps61097-33.pdf>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
SI	Zkratka z francouzského Le Système International d'Unités
A/D	Analogově digitální
MCU	Microcontroller
SPI	Serial Peripheral Interface
I2C	Inter-Integrated Circuit
MOSI	Master Out, Slave In
SDI	Slave Data In
MISO	Master In, Slave Out
SDO	Slave Data Out
SS	Slave Select
SCK, CLK, SCLK	Hodinový řídicí signál
DATA	Datový vodič
SDA	Datový vodič u I2C
ACK	Acknowledgement
R/W	Read/Write
LSB	Least Significant Bit
MSB	Most Significant Bit
ROM	Read Only Memory
CRC	Cyclic Redundancy Check
SCI	Serial Communications Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
LCD	Liquid Crystal Display
EAGLE	Easily Applicable Graphical Layout Editor

EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
LAN	Local Area Network
COM	Sériový port u počítače
USB	Universal Serial Bus
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
HTML	HyperText Markup Language
FSK	Frequency-shift keying
GFSK	Gaussian frequency-shift keying
OOK	On-off keying
RSSI	Received Signal Strength Indication
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference
KBI	Keyboard Interrupt
RTI	Real Time Interrupt
BDM	Background Debug Mode
DPS	Deska plošného spoje

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 : Zapojení SPI [10].....	24
Obr. 2 : Komunikace SPI [10]	24
Obr. 3: Zapojení I2C [10]	25
Obr. 4: START a STOP podmínka I2C [10]	26
Obr. 5: Formát rámce I2C [10]	26
Obr. 6: Reset 1-Wire [11]	27
Obr. 7: Čtení/zápis 1-Wire [11]	28
Obr. 8: Startovací sekvence Sensirion [12]	29
Obr. 9: Komunikace Sensirion [12].....	30
Obr. 10: Restart Sensirion [12].....	30
Obr. 11: Závislost výstupního napětí snímače MPX4115 na absolutním tlaku [13].....	33
Obr. 12: Scratchpad [11].....	34
Obr. 13: Externí napájení DS18B20 [11]	35
Obr. 14: Parazitní napájení DS18B20 [11].....	35
Obr. 15: Snímač SHT11 [12].....	37
Obr. 16: Modul Nano SocketLAN [16]	39
Obr. 17: Modul RFM22B [19].....	42
Obr. 18: Paket RFM22B [19]	43
Obr. 19: Komunikace MCP3221 [23].....	45
Obr. 20: Blokové schéma hlavní stanice.....	46
Obr. 21: Schéma hlavní desky	47
Obr. 22: Schéma napájecí části.....	48
Obr. 23: Schéma řadiče LCD.....	49
Obr. 24: Ostatní moduly hlavní stanice	50
Obr. 25: Blokové schéma snímací jednotky.....	51
Obr. 26: Celkové schéma snímací jednotky.....	52
Obr. 27: Jednoduchý vývojový diagram hlavní stanice	54
Obr. 28: Jednoduchý vývojový diagram snímací jednotky.....	56
Obr. 29: Ukázka webové prezentace	57
Obr. 30: Uvítací obrázek-foto	58
Obr. 31: Naměřené veličiny-foto	58

Obr. 32: Nastavení-foto	59
Obr. 33: Informace-foto	59
Obr. 34: Snímací jednotka-úvod-foto	60
Obr. 35: Snímací jednotka-teplota-foto	60
Obr. 36: Snímací jednotka-chyba 1-foto	60
Obr. 37: Snímací jednotka-chyba 2-foto	60

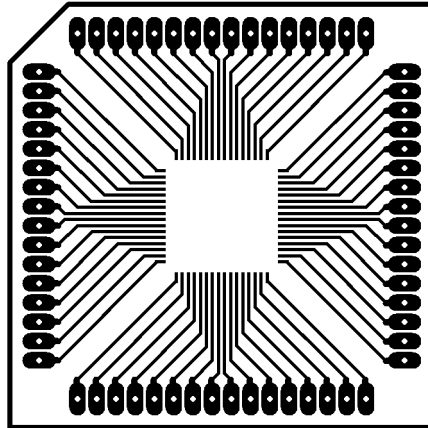
SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Konstanty lineární a teplotní kompenzace vlhkosti.....	37
Tab. 2: Konstanty kompenzace teploty.....	38
Tab. 3: Konstanty teploty rosného bodu	38
Tab. 4:Uspořádní paměti DS1307 [22].....	45
Tab. 5:Naměřené hodnoty.....	61

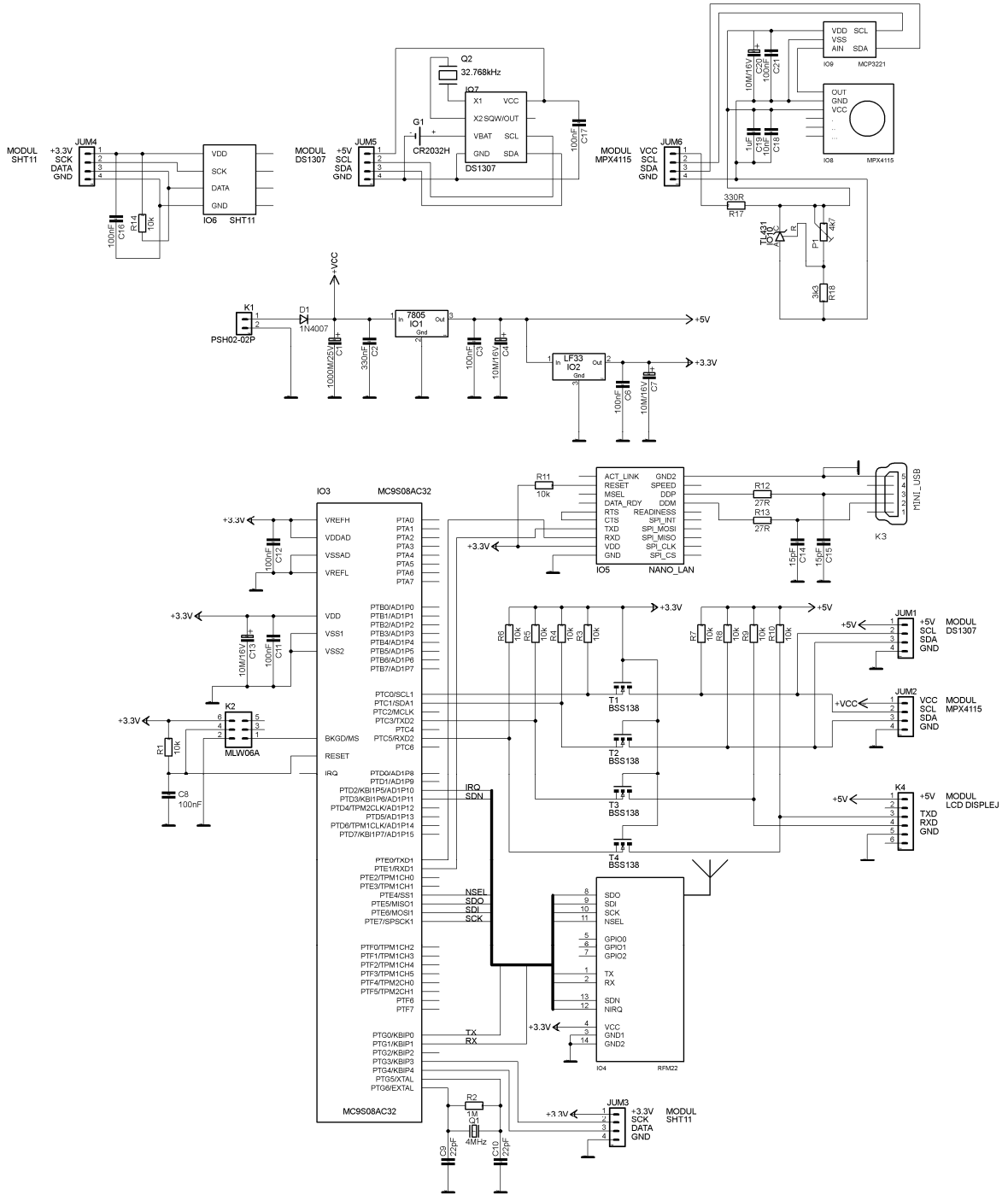
SEZNAM PŘÍLOH

P I	Redukce QPF64/4x16pin
P II	Schéma hlavní stanice
P III	DPS hlavní stanice-hlavní jednotka
P IV	Osazení hlavní stanice-hlavní jednotka
P V	Moduly hlavní stanice
P VI	Seznam součástek hlavní stanice
P VII	Schéma snímací jednotky
P VIII	DPS snímací jednotky
P IX	Osazení snímací jednotky
P X	Seznam součástek snímací jednotky
P XI	Výsledná realizace

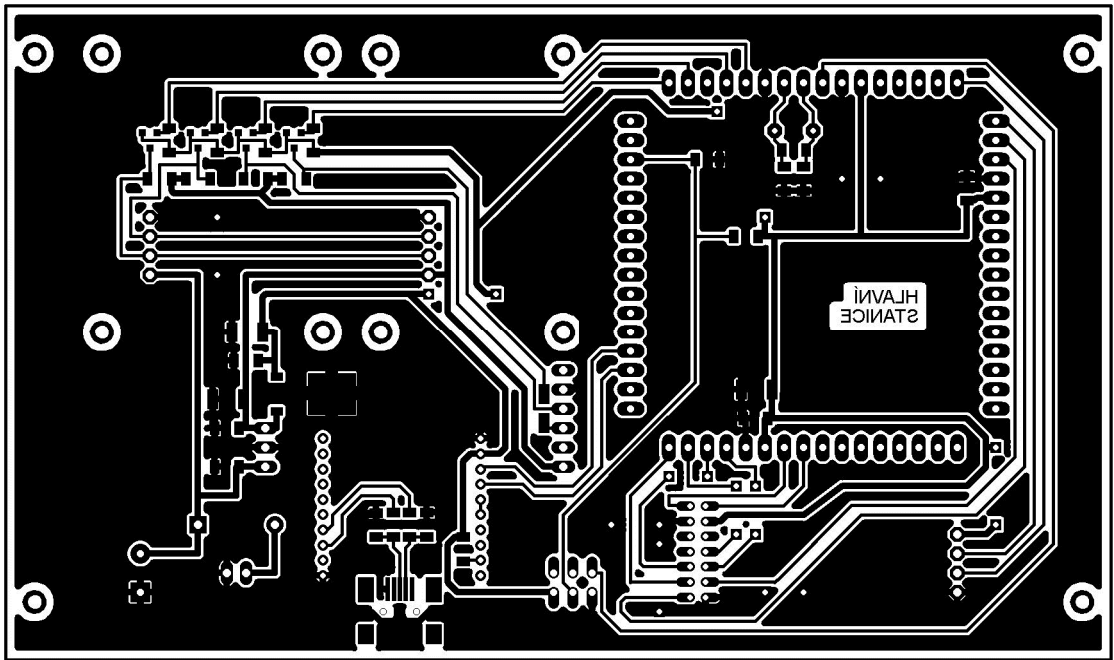
PŘÍLOHA P I: REDUKCE QPF64/4X16PIN



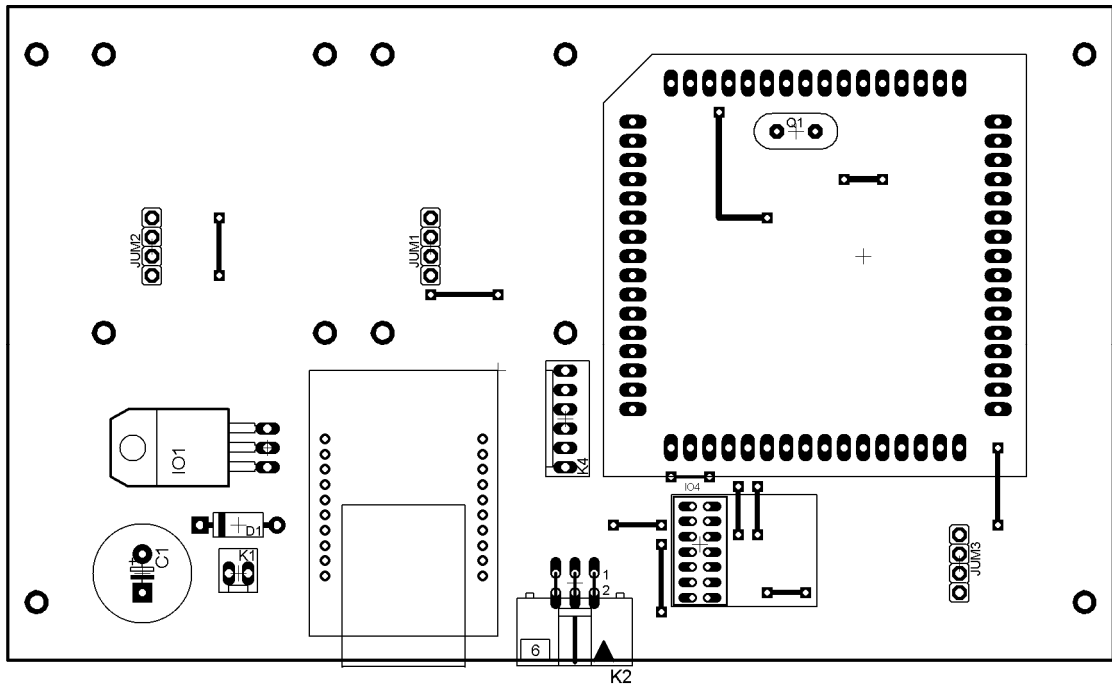
PŘÍLOHA P II: SCHÉMA HLAVNÍ STANICE



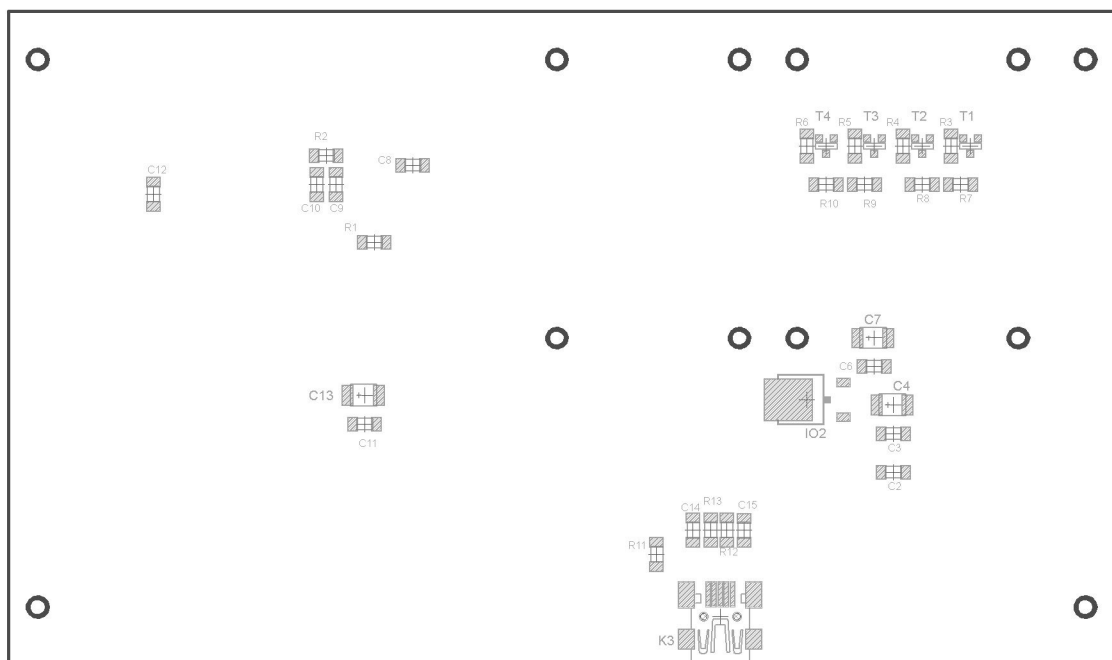
PŘÍLOHA P III: DPS HLAVNÍ STANICE-HLAVNÍ JEDNOTKA



PŘÍLOHA P IV: OSAZENÍ HLAVNÍ STANICE-HLAVNÍ JEDNOTKA

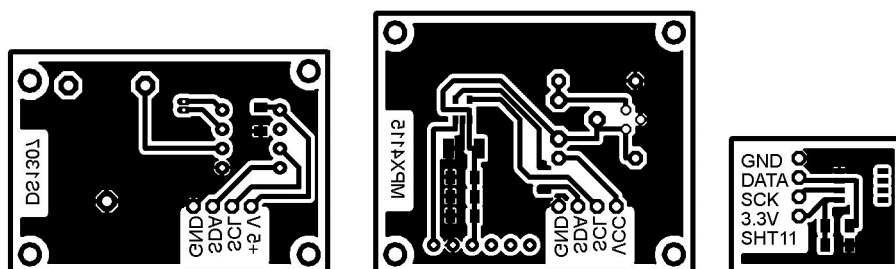


Top pohled

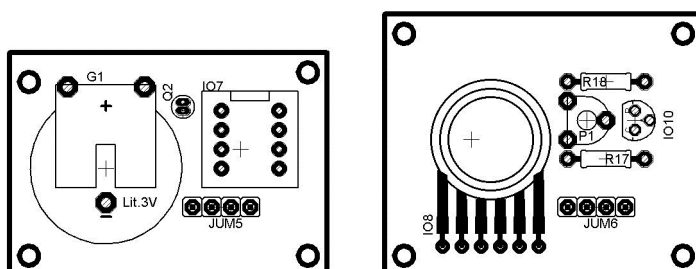


Bottom pohled

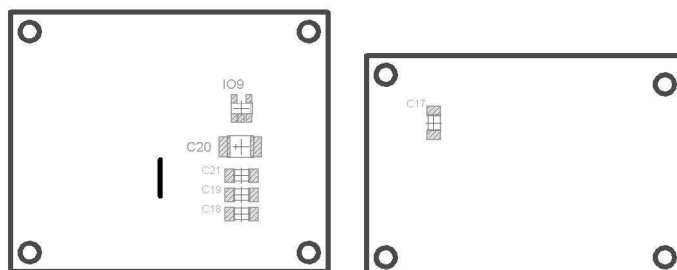
PŘÍLOHA P V: MODULY HLAVNÍ STANICE



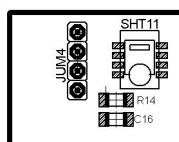
DPS-modul obvodu reálného času, modul měření atmosférického tlaku a modul měření teploty, vlhkosti (zleva)



Top pohled- modul obvodu reálného času a modul měření atmosférického (zleva)



Bottom pohled - modul měření atmosférického tlaku a modul obvodu reálného času (zleva)

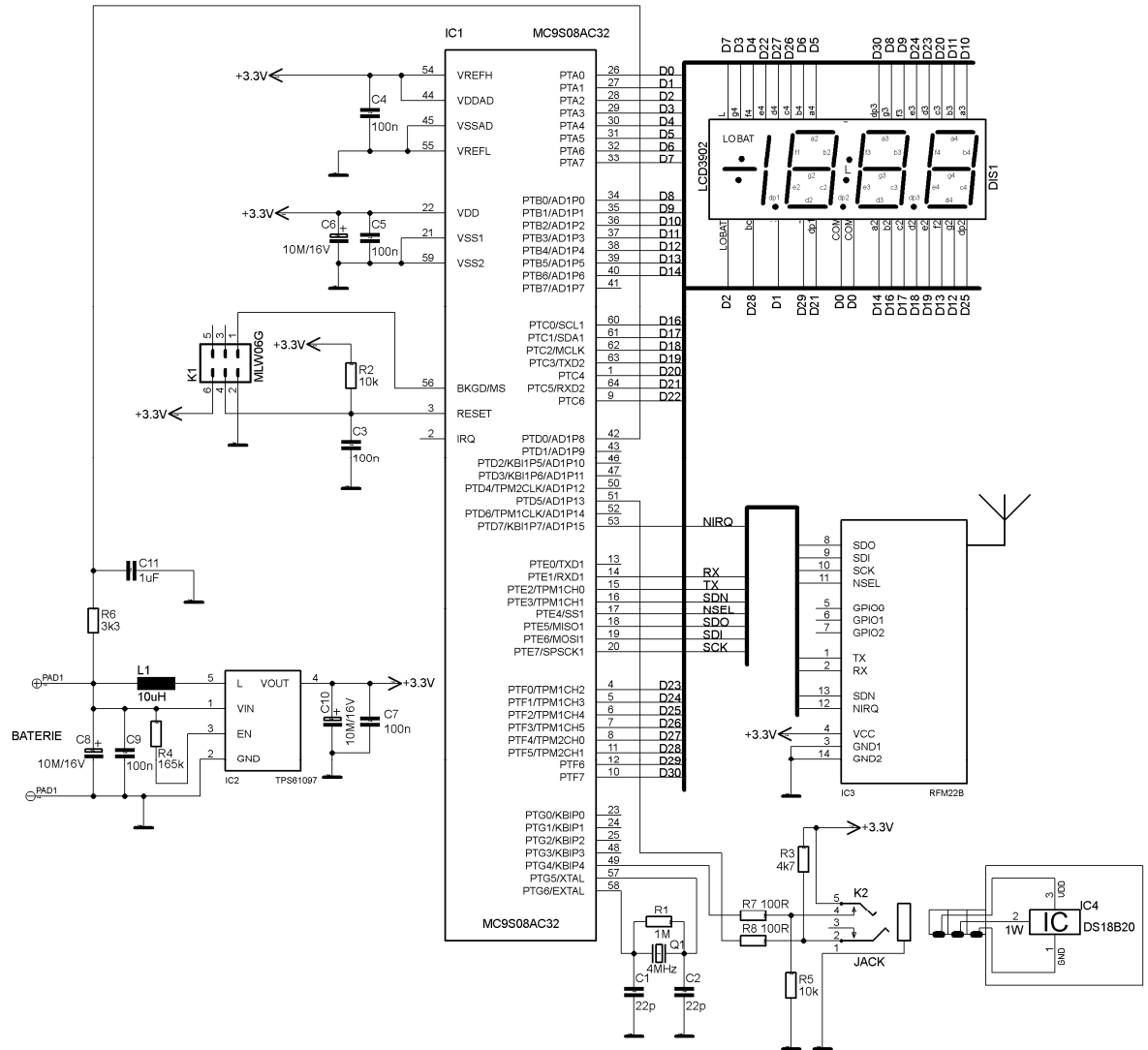


Top pohled- modul měření teploty a vlhkosti

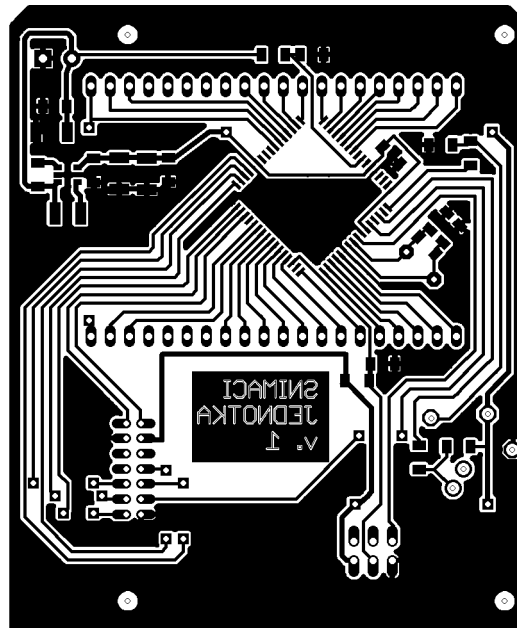
PŘÍLOHA P VI: SEZNAM SOUČÁSTEK HLAVNÍ STANICE

Název	Hodnota	Provedení
R1, R3-R11,R14	10k	SMD 1206
R2	1M	SMD 1206
R12,R13	27R	SMD 1206
R17	330R	
R18	3k3	
C1	1000M/25V	
C2	330n	SMD 1206
C3,C6,C8,C11,C12,C16, C17,C18,C21	100n	SMD 1206
C4,C7,C13,C20	10M/16V	SMD B
C9,C10	22p	SMD 1206
C19	1u	SMD 1206
C14, C15	15p	SMD 1206
D1	1N4007	
T1,T2,T3,T4	BSS138	SMD SOT23
Q1	4MHz	
Q2	33,768kHz	
IO1	7805	
IO2	LF33	SMD DPAK
IO3	MC9S08AC32CFUE	osazení přes redukci
IO4	RFM22B	
IO5	Nano SocketLAN	
IO6	SHT11	
IO7	DS1307	
IO8	MPX4115	
IO9	MCP3221	
IO10	TL431	
G1	CR2032H	
P1	4k7	trimr
K1	PSH02-02P	
K2	MLW06G	
K3	mini USB	SMD
K4	PSH02-06P	
JUM1-JUM3	4pin dutinková lišta 2,54mm	
JUM1-JUM3	4pin kolíková lišta 2,54mm	
Doporučení:	dutinková lišta 2x7pin rozteč 2mm jako patice pro IO4 dutinková lišta 2x10pin rozteč 2mm jako patice pro IO5 osazení IO1 chladičem	

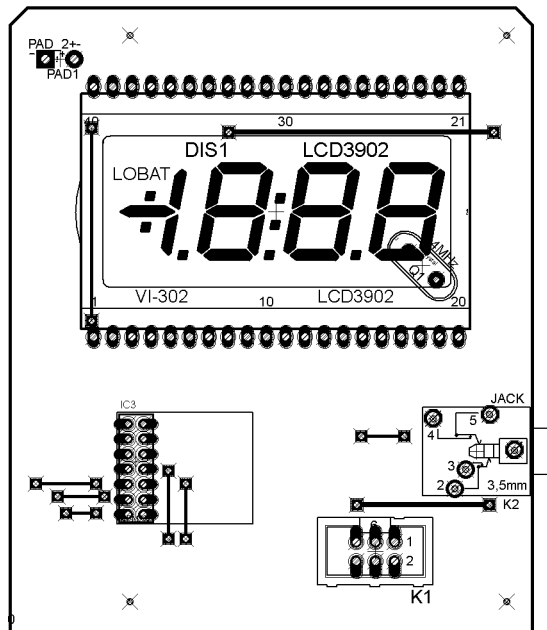
PŘÍLOHA P VII: SCHÉMA SNÍMACÍ JENOTKY



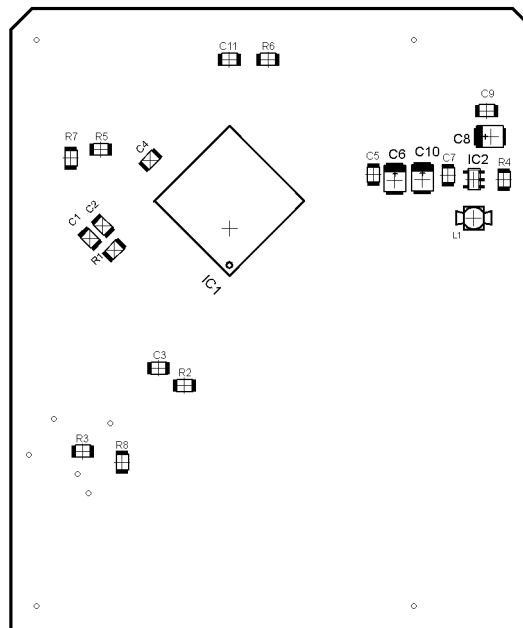
PŘÍLOHA P VIII: DPS SNÍMACÍ JEDNOTKY



PŘÍLOHA P IX: OSAZENÍ SNÍMACÍ JEDNOTKY



Top pohled



Bottom pohled

PŘÍLOHA P X: SEZNAM SOUČÁSTEK SNÍMACÍ JEDNOTKY

Název	Hodnota	Provedení
R1	1M	SMD 1206
R2, R5	10k	SMD 1206
R3	4k7	SMD 1206
R4	165k	SMD 1206
R6	3k3	SMD 1206
R7,R8	100R	SMD 1206
C1,C2	22p	SMD 1206
C3,C4,C5,C7,C9	100n	SMD 1206
C6,C8,C10	10M/16V	SMD B
C11	1u	SMD 1206
L1	10 μ H	SMD
IC1	MC9S08AC32CFUE	
IC2	TPS61097-33	
IC3	RFM22B	
IC4	DS18B20	
Q1	4MHz	
K1	MLW06G	
K2	JACK 3,5mm zásuvka do DPS	
	JACK 3,5mm na kabel	propojení 3vodičovým kabelem s IC4
Doporučení:	dutinkové lišta 2x7pin rozteč 2mm jako patice pro IC3	
	DPS je navržena pro krabičku KM-33C	

PŘÍLOHA P XI: VÝSLEDNÁ REALIZACE

