



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

METEOSTANICE PRO SYSTÉM CHYTRÉHO DOMU

WEATHER STATION FOR SMART HOME SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Mitter

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Soňa Šedivá, Ph.D.

BRNO 2023

Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Kybernetika, automatizace a měření**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Bc. Martin Mitter

ID: 206281

Ročník: 2

Akademický rok: 2022/23

NÁZEV TÉMATU:

Meteostanice pro systém chytrého domu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem diplomové práce je návrh realizace meteostanice pro použití v systému inteligentního řízení domu. Systém je vyvíjen ve spolupráci s firmou Ing. Josef Bartoněk - ELECTRO Corp. Navržená meteostanice bude obsahovat vhodné rozhraní a předpokládá se u ní využití pokročilého zpracování dat včetně možností predikcí.

1. Proveďte průzkum trhu na poli systémů pro měření klimatických dat. Zaměřte se na systémy umožňující připojení do dalších systémů.
2. Diskutujte a zvolte vhodné technické řešení snímačů (a případných aktuátorů) jednotlivých klimatických veličin.
3. Zvolte vhodné hardwarové řešení meteostanice a diskutujte jeho předpokládané parametry.
4. Realizujte hardware a software meteostanice dle zvoleného návrhu, proveďte vhodné ověření parametrů a sestavte odpovídající katalogový list.
5. Doplňte realizaci meteostanice o protokol pro integraci do systému inteligentního domu a tento dokumentujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ĎAĎO, S., KREIDL, M. Sensory a měřicí obvody. ČVUT, Praha 1999.

[2] PLATIL, A., RIPKA, P. Sensory a převodníky Laboratorní cvičení. ČVUT, Praha 2004.

Termín zadání: 6.2.2023

Termín odevzdání: 17.5.2023

Vedoucí práce: Ing. Soňa Šedivá, Ph.D.

doc. Ing. Petr Fiedler, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

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

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem meteostanice, jejímž úkolem je poskytovat za pomoci bezdrátového přenosu dat síť Wi-Fi informace o aktuálních naměřených hodnotách teploty, tlaku, relativní vlhkosti, intenzity slunečního svitu, rychlosti a směru větru systému inteligentního domu, který tato data ukládá, zajišťuje jejich vizualizaci pro uživatele a na jejich základě provádí regulaci akčních zásahů. V práci je popsána volba vhodných snímačů těchto veličin a návrh struktury hardwarové části systému. Teoretické parametry navrženého řešení jsou porovnány s konkurencí. Poté je celý systém zrealizován a odzkoušen.

Klíčová slova

meteostanice, chytrý dům, vestavný systém, počasí, teplota, atmosférický tlak, rychlost větru, směr větru, relativní vlhkost

Abstract

This semesterly thesis deals with designing of weather station whose task is to provide via wireless data transfer on Wi-Fi network up-to-date information of measured temperature, barometric pressure, relative humidity, ambient light, wind speed and directions to smart home system, whose job is to store the values, creates its visualization for users and based on the data regulates the systems. The work describes the selection of suitable sensors for those variables and the design of the structure of the hardware part of the weather station. Theoretical parameters of the proposed solution are compared with the competition. Then the whole system is build and tested.

Keywords

weather station, smart home, embeded system, weather, temperature, barometric pressure, wind speed, wind direction, relative humidity

Bibliografická citace

MITTER, Martin. *Meteostanice pro systém chytrého domu*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/151020>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Soňa Šedivá.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	<i>Martin Mitter</i>
VUT ID studenta:	<i>206281</i>
Typ práce:	<i>Semestrální práce</i>
Akademický rok:	<i>2022/23</i>
Téma závěrečné práce:	<i>Meteostanice pro systém chytrého domu</i>

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 17. května 2023

Martin Mitter

Poděkování

Děkuji konzultantovi diplomové práce Ing. Miroslavu Uhrovi a vedoucí práce Ing. Soně Šedivé, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: 17. května 2023

Martin Mitter

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
ÚVOD	11
1. POČASÍ A METEOROLOGIE	12
1.1 POČASÍ.....	12
1.2 METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE	12
1.2.1 <i>Meteorologie</i>	13
1.2.2 <i>Klimatologie</i>	14
1.3 METEOROLOGICKÁ SLUŽBA	14
1.3.1 <i>Světová meteorologická služba</i>	14
1.3.2 <i>Český hydrometeorologický ústav</i>	15
1.4 METEOROLOGICKÉ PRVKY A JEVY.....	16
1.4.1 <i>Teplota vzduchu</i>	18
2. POUŽITELNOST DAT PRO CHYTRÝ DŮM.....	20
2.1 POVĚTRNOSTNÍ DATA	20
2.2 SLUNEČNÍ SVIT	20
2.3 AMBIENTNÍ TEPLOTA VZDUCHU	21
2.4 SRÁŽKY	21
3. PRŮZKUM TRHU.....	22
3.1 METEOSTANICE SPOLEČNOSTI LOXONE.....	22
3.2 METEOROLOGICKÁ STANICE GARNI 2055 ARCUS	24
3.3 WI-FI METEOROLOGICKÁ STANICE GARNI 940.....	26
3.4 SENCOR SWS 9898	28
3.5 WH1080	30
3.6 SROVNÁNÍ METEOSTANIC.....	31
4. NÁVRH SYSTÉMU	33
4.1 NÁVRH HARDWAROVÉ STRUKTURY ŘEŠENÍ.....	33
4.2 VOLBA SNÍMAČŮ A AKČNÍCH ČLENŮ	36
4.2.1 <i>Mechanické snímače</i>	36
4.2.2 <i>Snímače PTU</i>	37
4.2.3 <i>Snímače slunečního záření</i>	39
4.2.4 <i>Akční člen</i>	40
4.3 KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ	41
4.4 VÝSLEDNÝ PRINCIPIÁLNÍ NÁVRH	42
4.5 DISKUZE PŘEDPOKLÁDANÝCH PARAMETRŮ	46
5. HARDWAROVÁ IMPLEMENTACE	47
5.1 ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ	47
5.1.1 <i>Napájecí část</i>	47
5.1.2 <i>Řídící a komunikační část</i>	49
5.1.3 <i>Interní snímače I2C</i>	49
5.1.4 <i>Externí snímače</i>	50

5.1.5	<i>Vyvedená komunikační rozhraní</i>	51
5.2	DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ	54
5.2.1	<i>Návrh</i>	55
5.2.2	<i>Výroba</i>	58
5.3	ZAPOUZDŘENÍ A UCHYCENÍ SYSTÉMU	58
5.4	VÝHŘEVNÝ SYSTÉM NÁLEVKY SRÁŽKOMĚRU	59
5.5	ZMĚNY	60
5.6	KATALOGOVÝ LIST.....	61
6.	OBSLUŽNÝ SOFTWARE METEOSTANICE.....	62
6.1	PO ZAPNUTÍ	62
6.2	HLAVNÍ OBSLUŽNÁ RUTINA.....	63
6.3	TUI	64
6.4	WI-FI A SMART CONNECT	64
7.	INTEGRACE DO SYSTÉMU CHYTRÉHO DOMU	66
7.1	PRINCIP FUNKCE.....	66
7.2	FLASK SERVER	67
7.2.1	<i>Sběr dat</i>	67
7.2.2	<i>Předpověď počasí</i>	67
7.2.3	<i>Grafické zobrazení dat</i>	67
7.3	MQTT SERVER.....	70
7.4	HOME ASSISTANT	70
8.	ZÁVĚR.....	72
	LITERATURA.....	73

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Logo WMO, převzato z [5]	15
1.2	Logo ČHMÚ, převzato z [6]	15
1.3	Meteorologická budka, převzato z [7].....	16
1.4	Radiační kryt, převzato z [7]	16
1.5	Meteorologický měrný pozemek, převzato z [1].....	17
1.6	Profesionální automatizovaná meteorologická stanice, převzato z [1].....	17
3.1	Meteostanice společnosti Loxone, převzato z [11].....	22
3.2	Meteostanice Garni 2055 Arcus, převzato z [12]	24
3.3	Meteostanice Garni 940, převzato z [13].....	26
3.4	Meteostanice Sencor SWS 9898, převzato z [14]	28
3.5	Meteostanice WH1080, převzato z [15].....	30
4.1	Prvotní blokový návrh hardwarové struktury	35
4.2	Topné folie C-532878 a TF24, převzato z [17][18]	41
4.3	zapojení MOSFET jako spínač.....	41
4.4	Wi-Fi modul ESP8266, převzato z [16]	42
4.5	Výsledné blokové schéma zvolené hardwarové struktury řešení	43
4.6	Vnější mechanické díly meteostanice, převzato [31]	44
4.7	Vizualizace zvolené hardwarové struktury řešení	45
5.1	Schéma vnitřního zapojení snímače směru větru [31].....	51
5.2	Schéma el. zapojení napájecí a výpočetní části meteostanice	52
5.3	Schéma el. zapojení rozhraní pro připojení externích čidel.....	53
5.4	Schéma el. zapojení pro připojení interních i2c čidel.....	54
5.5	Pohled na svrchní stranu osazovacího plánu	55
5.6	Pohled na spodní stranu osazovacího plánu	55
5.7	Pohled na svrchní vrstvu plošných spojů	56
5.8	Pohled na svrchní stranu návrhu DPS	56
5.9	Pohled na spodní vrstvu plošných spojů	57
5.10	Pohled na spodní stranu návrhu DPS	57
5.11	Srovnání vyhotovených desek.....	58
5.12	Upevňovací destičky	59
5.13	Sestavený držák radiačního krytu.....	59
5.14	Finální vyhotovení HW části meteostanice	60
5.15	Finální vyhotovení HW části meteostanice	60
6.1	Schéma programové rutiny po zapnutí napájení	62
6.2	Hlavní programová rutina meteostanice.....	63
6.3	Ukázka výstupu z TUI mikrokontroléru.....	64
6.4	Notifikace přijatých přístupových údajů k wi-fi.....	65
7.1	Princip předávání dat uvnitř našeho systému	66
7.2	Zobrazení nejnovějších měřených dat a předpovědi	68
7.3	Zobrazení historie měřených dat	69
5.15	integrace meteostanice do HA.....	70
7.4	Přístup k datům z meteostanice v rámci HA	71

SEZNAM TABULEK

1.1	Významné hodnoty definující teplotní stupnice [9]	18
1.2	Převodní tabulka jednotek teploty [9]	18
1.3	Tabulka určení typu období [1]	19
1.4	Tabulka určení typu dne [1]	19
3.1	Parametry snímačů meteostanice Loxone [10].....	23
3.2	Parametry snímačů meteostanice Garni 2055 Arcus [12]	25
3.3	Parametry snímačů meteostanice Garni 940 [13].....	27
3.4	Parametry snímačů meteostanice Sencor SWS 9898 [14].....	29
3.5	Parametry snímačů meteostanice WH1080 [15]	31
3.6	Srovnání meteostanic	32
4.1	Srovnání parametrů barometrických snímačů [22][23][24][25].....	38
4.2	Srovnání parametrů snímačů vlhkosti [26][27][28][29].....	38
4.3	Srovnání parametrů snímačů intenzity osvětlení [19][20][21]	40
4.4	Soupiska ceny komponent zvolené struktury hardwarového řešení	46
4.5	Předpokládané parametry zvolené struktury hardwarového řešení	46
5.1	Tabulka I2C adres snímačů [20][23][26]	50
5.2	Katalogový list	61

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem realizace meteostanice pro použití v systému inteligentního řízení domu, která v pravidelných intervalech měří a zpracovává údaje z připojených snímačů. Tato data pomocí Wi-Fi přenáší na server ze kterého si je může kdykoliv zpřístupnit systém chytrého domu. Zároveň pomocí webového rozhraní data prezentuje uživatelům. Cílem práce je navrhnout funkční celek, který umožní systému chytrého domu efektivněji fungovat.

Práce je členěna na 7 kapitol. První kapitola v krátkosti shrnuje historii a význam meteorologie a představuje hlavní autority zastřešující meteorologii. Použitelnost a význam meteorologických veličin v systému řízení chytrého domu je představen v kapitole 2. Průzkumem konkurenčních meteostanic na českém trhu se zabývá kapitola 3 a kapitola 4 pokrývá návrh struktury vlastního hardwarového řešení včetně výběru vhodných snímačů. Kapitola 5 se potýká s realizací hardwarové části práce. V kapitole 6 vytvoříme potřebné programové vybavení pro oživení modulu a v kapitole 7 rozšíříme možnosti našeho zařízení implementací do systémů chytré domácnosti.

1. POČASÍ A METEOROLOGIE

Tato část práce se věnuje historickému významu počasí, meteorologie a klimatologie a rozebírá význam jednotlivých meteorologických prvků a jevů.

1.1 Počasí

Počasí je od počátku věků silou, která ovlivňovala činnost všeho na povrchu naší planety. Pojem počasí označuje okamžitý stav atmosféry, pro tuto práci je uvažována atmosféra zemská, který je popsán meteorologickými prvky a jevy. Člověk si pravděpodobně poprvé začal uvědomovat důležitost a význam této život ovlivňující neznámé v prvopočátcích zemědělství. Jednalo se totiž o jeden z nejpodstatnějších faktorů výsledku sklizně, což mělo přímý dopad na jeho blahobyť. Ve snaze pochopit a popsat tyto přírodní úkazy a jevy, započalo usilovné pozorování a bádání, jehož výsledkem je v dnešní době schopnost na základě velkého množství naměřených dat a výpočetně náročných matematických modelů s určitým stupněm přesnosti předvídat vývoj počasí pro nadcházející období. Stupeň přesnosti je nejvyšší pro nejbližší hodiny či dny, s narůstajícím časem se snižuje.

1.2 Meteorologie a klimatologie

Meteorologie a klimatologie jsou vědní obory zabývající se zemskou atmosférou (vlastnosti, složení, probíhající jevy), klimatickými ději a podmínkami povětrnosti. Ač obě tyto vědní disciplíny studují zemskou atmosféru, vyvíjely se samostatně a je mezi nimi jistá odlišnost. Stěžejní vývoj těchto disciplín může být rozdělen do třech období.

První období vývoje je charakteristické nesystematickým a jen zcela primitivním pozorováním atmosféry. Datuje se od prvopočátků lidstva a končí někdy v polovině 15. století. Na základě poznatků této doby si např. staří Egypťané začali spojovat období prudkých dešťů s obavou o rozlítí Nilu a zničení úrody. Právě z tohoto období pochází i první zmínka o meteorologii, se kterou přišel Platón (427 – 347 př. n. l.) ve své práci „*Meteora*“ (~Věci nadzemské“). Aristoteles (384 – 322 př. n. l.) poté shrnul poznatky své doby do díla „*Meteorologica*“.

Soustavným pozorováním atmosférických jevů začíná druhé vývojové období meteorologie a klimatologie. Během něj se stává očividnou absence vhodných měřicích meteorologických přístrojů. Snahou o nápravu této situace v polovině 17. století toto období končí

Třetí vývojová etapa meteorologie a klimatologie přetrvává až do současnosti a je zejména charakteristická systematickým pozorováním počasí, měřením meteorologických prvků a sestavováním stále dokonalejších meteorologických přístrojů.

Za důležité milníky ve vývoji meteorologických přístrojů můžeme považovat tato data:

- cca 1500 Leonardo Da Vinci - hygrometr
- 1606/07 Galileo Galilei a jeho žáci - kapalinové teploměry
- 1641 Jean Rey – rtuťový teploměr
- 1644 Jan Evangelista Torricelli – rtuťový barometr
- 1667 Robert Hooke – anemometr
- 1742 Anders Celsius – celsiova stupnice teploty

Velkou událostí pro meteorologii bylo v roce 1652 zřízení první meteorologické stanice v italském Toskánsku. To mělo za následek další šíření meteorologických stanic do Florencie, Milána, Paříže, Varšavy a dále po celé Evropě. Pro naši zemi je ve spojení s meteorologií významný rok 1752, kdy byla na pražské hvězdárně Klementinum zahájena pravidelná meteorologická měření a přelom roků 1919/20, kdy v Praze vznikl Státní ústav meteorologický. [1][2][3][4].

1.2.1 Meteorologie

Na základě fyzikálních poznatků a metod řešení popisuje meteorologie aktuální stav atmosféry. Bývá, proto označována jako fyzika atmosféry. Název vědní disciplíny je odvozen z řeckých slov „meteoros“ (vznášející se ve výši) a „logos“ (slovo, věda).

Meteorologie tedy v daném místě a čase analyzuje stav atmosféry charakterizovaný souhrnem aktuálních hodnot všech zúčastněných meteorologických prvků a jevů (počasí) a na základě těchto dat stanovuje předpověď. Pro integraci dat a jejich zpracování využívá poznatků nejen fyzikálních, ale také chemických, biologických, hydrologických aj. Hlavní náplní práce meteorologie je studium složení a stavby zemské atmosféry, jejího energetického a tepelného režimu, elektrického pole atmosféry, optických a akustických jevů v ní a oběhu vody v krajině. Uplatnění meteorologie je velmi široké a dělí se proto dále na řadu dílčích oborů meteorologií, např.: [1][2][3][4]

- Dynamická popis statiky, dynamiky a termodynamiky atmosféry
- Synoptická analyzuje a předpovídá počasí
- Fyzikální fyzika oblaků a srážek, záření, opt., el. a akust. jevy v atmosféře
- Aplikovaná konkrétní využití v praxi:
 - Letecká aktuální povětrnostní podmínky a jejich predikce vývoje s ohledem na letecký provoz
 - Námořní aktuální povětrnostní podmínky a jejich predikce vývoje s ohledem na námořní provoz

1.2.2 Klimatologie

Na základě dlouhodobého stavu počasí, většinou vycházející z 50letých průměrů, který je typický pro určitou oblast, popisuje klimatologie klima. Jedná se o pojem zavedený řeckým astronomem Hipparchosem, který jím vyjádřil závislost klimatu na sklonu dopadajícího slunečního záření („klima/klinein“ = sklon).

Klimatologie se zabývá studiem vlivu geografických činitelů na formování klimatu na Zemi, studiem působení klimatu na člověka a naopak, popisu a klasifikace klima a kolísáním klimatu. Podobně jako meteorologie se dále dělí na řadu dílčích oborů. [1][3]

1.3 Meteorologická služba

Až donedávna tvořila jednu z hlavních náplní práce pracovníka meteorologického úřadu (meteorologa) potřeba pravidelného odečítání meteorologických veličin z měřicích přístrojů na specializovaných meteorologických stanovištích a ruční tvorba záznamů o těchto hodnotách. To vedlo k situaci, kdy se meteorologové museli rozhodnout, jakým způsobem omezit četnost těchto měření, aby se zamezilo plýtvání lidské síly a meteorolog se mohl věnovat zpracování získaných dat. Pro základní meteorologické stanice se tak ustálily termíny měření 3x denně, konkrétně pak v 07, 14 a 21 h středního místního slunečního času.

Rozmach v automatizaci a ve výrobě dostupných polovodičových součástek ovšem v posledních letech zajistil přísun dostupných automatizovaných meteorologických stanic, které jsou schopny všechny požadované meteorologické veličiny přesně změřit v předem stanovených časových intervalech, samy zařídit tvorbu záznamů a poskytnout informace o všech naměřených hodnotách z meteorologického stanoviště do meteorologických stanic či observatoří pro pohodlnou práci obsluhy. Díky tomu může meteorolog šetřit svůj čas, naplno se věnovat analýze získaných dat a na jejich základě provádět odborné odhady a zpřesňování matematických modelů.

Obsluhu těchto stanic zřizují meteorologické organizace jednotlivých států (pro ČR je to Český hydrometeorologický ústav - ČHMÚ), které potom navzájem spolupracují v rámci Světové meteorologické organizace. [1][2][3][4]

1.3.1 Světová meteorologická služba

Z podstaty globálního charakteru meteorologie, bylo zapotřebí provést standardizaci meteorologických měření a zajistit sdílení naměřených dat mezi jednotlivými meteorologickými stanicemi. Z tohoto důvodu dne 23.3.1953 22 zakládajících států (mezi nimi i Československá republika) založilo nevládní organizaci World Meteorological Organization (WMO) se sídlem v Ženevě. V současnosti se jedná o specializovaný oddíl OSN, na kterém se podílí 193 členských zemí a teritorií.



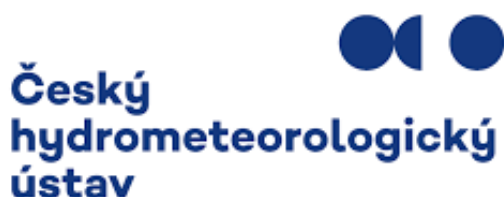
Obrázek 1.1 Logo WMO, převzato z [5]

Nejvyšším správním orgánem organizace je kongres, který se schází jednou za 4 roky. Dále je rozdělena do osmi technických komisí:

- letecká meteorologie
- agrometeorologie
- atmosférické vědy
- základní systémy
- klimatologie
- hydrologie
- pozorovací metody a přístroje
- námořní meteorologie

Hlavním úkolem WMO je shromažďovat z celého světa informace o počasí a ve srozumitelné podobě je předávat širší společnosti. WMO dále zajišťuje podporu výstavby a udržování celosvětové sítě meteorologických stanic, standardizaci dat a postupů měření, pozorování a předpověď klimatických katastrof a dlouhodobé pozorování klimatických změn v souvislosti s globálním oteplováním [5].

1.3.2 Český hydrometeorologický ústav



Obrázek 1.2 Logo ČHMÚ, převzato z [6]

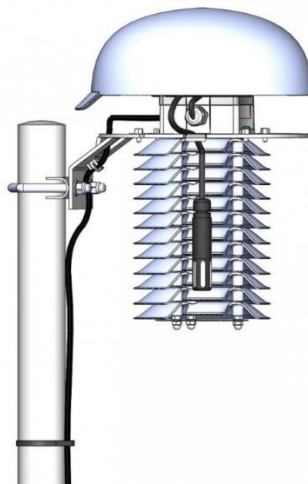
Jak již bylo zmíněno výše, Československá meteorologie vznikla mezi lety 1919/20 v Praze pod názvem Státní ústav meteorologický. Ten navázal na předchozí Ústřední ústav pro meteorologii a geodynamiku ve Vídni a Zemský ústav pro meteorologii a zemský magnetismus v Budapešti. Úkolem aparátu bylo zejména shromažďování a vyhodnocování meteorologických měření z území nově vzniklého Československa, denní sestavování předpovědi počasí, rozvoj a podpora meteorologických bádání a účast na mezinárodním výzkumu v meteorologii [6]

1.4 Meteorologické prvky a jevy

Základem meteorologických prvků je skupina veličin souhrnně nazývaná PTU (Pressure, Temperature, hUmidity – atmosférický tlak, teplota vzduchu, relativní vlhkost). Tradičně se přístroje pro měření těchto veličin umísťují společně do tzv. meteorologické budky. Jedná se o prostor zajišťující maximální cirkulaci vzduchu okolo snímačů, ale současně ochranu před přímým slunečním svitem. Stěny budky jsou tvořeny tepelně izolačním materiálem, který dobře odráží sluneční svit, aby se zamezilo ovlivňování měření přestupem tepla. Dvířka je nutno orientovat směrem k severu, aby při jejich otevření nedocházelo k dopadu slunečních paprsků do vnitřních prostor budky. V dnešní době se pro měření těchto veličin používá elektronických měřicích systémů. Odpadá proto potřeba dvířek pro optický odečet ze snímačů a budka se nahrazuje tzv. radiačním krytem.



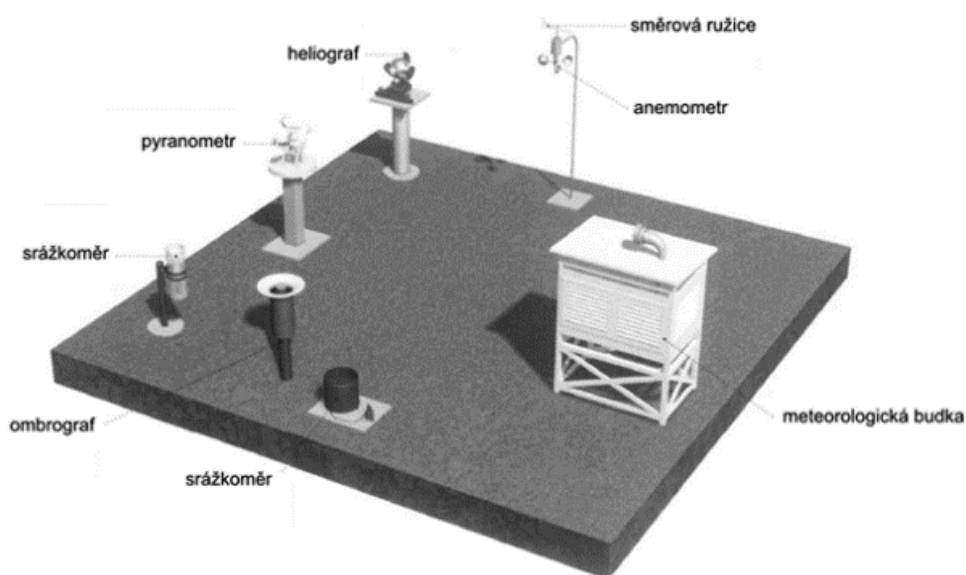
Obrázek 1.3 Meteorologická budka, převzato z [7]



Obrázek 1.4 Radiační kryt, převzato z [7]

Základní veličiny PTU se dále doplňují o hodnoty rychlosti a směru větru, úhrnu srážek, výšky sněhové pokrývky, doby slunečního svitu a přízemní teploty (měřeno ve výšce 5 cm nad zemí). Tyto veličiny lze dále doplnit o veličiny nadstandardní jako je teplota půdy, čistota ovzduší, sluneční záření a výpar z vodní hladiny.

Historicky se meteorologické veličiny měřili výhradně na meteorologickém pozemku, v současnosti je již celá síť základních stanic ČHMÚ vybavena meteorologickými stanicemi automatickými. Přesto, ale řada stanic tradiční přístroje stále používá. [1][4]



Obrázek 1.5 Meteorologický měrný pozemek, převzato z [1]



Obrázek 1.6 Profesionální automatizovaná meteorologická stanice, převzato z [1]

1.4.1 Teplota vzduchu

Teplota jest charakteristikou tepelného stavu hmoty, což je základní fyzikální veličina soustavy SI, která je kvantifikována za pomoci Kelvinovi stupnice v jednotkách kelvin [K]. Pro použití v meteorologii se ovšem ustálila Celsiova teplotní stupnice, s několika výjimkami (USA, Velká Británie, Kanada), které používají stupnici Fahrenheitovu. Jak je vidět z rovnic v tabulce 1.2, Celsiova a Kelvinova stupnice využívají shodné velikosti teplotního dílce a jsou mezi sebou pouze posunuty o konstantu.

Tabulka 1.1 Významné hodnoty definující teplotní stupnice [9]

Typ stupnice	Celsiova [°C]	Fahrenheitova [°F]	Kelvinova [K]
Bod varu vody (1013,16 hPa)	100	211,97	373,13
Tání ledu	0	32	273,15
Fahrenheitova směs ledu a soli	-17,778	0	255,375
Absolutní nula	-273,15	-459,67	0

Tabulka 1.2 Převodní tabulka jednotek teploty [9]

Do / z	Celsiova t_c [°C]	Fahrenheitova t_f [°F]	Kelvinova T [K]
Celsiova t_c [°C]	$= t_c$	$= (t/°F - 32) \cdot 5/9$	$= T - 273,15$
Fahrenheitova t_f [°F]	$= t_c \cdot 1,8 + 32$	$= t_f$	$= T \cdot 1,8 - 459,67$
Kelvinova T [K]	$= t_c + 273,15$	$= (t_f + 459,67) \cdot 5/9$	$= T$

Přístroj pro měření teploty se nazývá teploměr a rozeznáváme 3 hlavní typy:

- Kapalinový teploměr
- Deformační teploměr
- Elektrický teploměr

V meteorologii se teplota vzduchu měří ve výšce 2 m nad zemí s přesností 0,1 °C. Teploměr musí být umístěn takovým způsobem, aby se zamezilo nežádoucímu ovlivňování měření. Používají se meteorologické budky (měření v 7, 14 a 21h SEČ) nebo radiační kryty (nepřetržité měření, zápis 1x za minutu). Z naměřených hodnot se určuje průměrná denní teplota t_{avg} dle následujících rovnic:

$$t_{avg} = \frac{t_7 + t_{14} + 2 \cdot t_{21}}{4} \text{ [°C]} \quad (1.1)$$

$$t_{avg} \cong \frac{t_{max} + t_{min}}{2} \text{ [°C]}, \text{ kde} \quad (1.2)$$

- t_{max} - maximální naměřená teplota za období 0-24 h [°C],
 t_{min} - minimální naměřená teplota za období 0-24 h [°C],
 t_x - teplota naměřená v hodinu x [°C].

Na základě průměrné denní teploty určujeme z tabulky 1.3 3 typy období. Typ dne lze určit na základě hodnot t_{\max} a t_{\min} z tabulky 1.4. [1][4][2][9]

Tabulka 1.3 Tabulka určení typu období [1]

$t_{\text{avg}} > [^{\circ}\text{C}]$	Typ období
0	Bezmrazové období
5	Velké vegetační období
10	Malé vegetační období
15	Pravé léto

Tabulka 1.4 Tabulka určení typu dne [1]

$t_{\min} [^{\circ}\text{C}]$	$t_{\max} [^{\circ}\text{C}]$	Typ období
	≤ -10	Arktický den
	$\leq -0,1$	Ledový den
$\leq -0,1$		Mrazový den
	≥ 25	Letní den
	≥ 30	Tropický den
≥ 20		Den s tropickou nocí

2. POUŽITELNOST DAT PRO CHYTRÝ DŮM

Při návrhu meteorologické stanice pro chytrý dům si je potřeba určit, která měřená data jsou prospěšná pro řízení systémů domu a stanovit jejich předpokládané užití. Níže se proto tato práce zabývá přehledem možné použitelnosti meteorologických veličin v systému řízení chytrého domu. Systém může pro své řízení kromě aktuálních a minulých dat využívat i informaci o předpovědi, což v přehledu nebudeme rozlišovat. Uvedené příklady jsou čistě obecně informativního charakteru a pravděpodobně nepokrývají všechny možné případy užití, neboť pole dostupných technologií pro chytré domy se neustále rozšiřuje.

2.1 Povětrnostní data

Jednou podstatných informací, kterou meteorologická stanice řídicí jednotce domu může poskytnout jsou povětrnostní podmínky. Na základě naměřených dat o velikosti a směru větru, řídicí jednotka detekuje sílící vítr, díky čemuž včas zajistí stažení venkovních rolet a markýz, pokud je dům touto technologií vybaven. Silný vítr může totiž rolety snadno poškodit, což vede ke značným materiálním škodám. Dále je možné provést zavření oken a dveří, aby nedošlo ke škodám na majetku působením silného větru vni objektu.

2.2 Sluneční svit

Informace o intenzitě slunečního svitu nepřímo vedou ke snížení nákladů na osvětlení objektu a k zajištění vhodných podmínek komfortního osvětlení, což snižuje únavu člověka v důsledku namáhání očí. Řídicí jednotka na základě vyhodnocení těchto dat provede přisvit umělým osvětlením v potřebných místnostech, pokud detekuje, že se venku setmělo.

Současně také provádí ovládání žaluzií, aby zamezila zbytečnému užití umělého osvětlení v době, kdy jsou žaluzie zataženy. Pokud ovšem detekuje nadměrný sluneční svit, zajistí potřebné zatemnění místností, aby nedošlo k oslnění přítomných osob. Na základě slunečního svitu se na žaluziích provádí akční zásah i v souvislosti s regulací teploty v místnosti. Pokud potřebujeme místnost vytopit, otevře žaluzie pro využití solárního svitu, pokud naopak místnost chladíme, je tento svit nežádoucí. Všechny tyto zásahy si ale uživatel může kdykoliv libovolně upravit na základě vlastních preferencí.

Další možností využití těchto dat je řízení dávkování chloru do venkovního bazénu, pokud je přítomen. Lze vyzorovat, že zvýšený sluneční svit podporuje tvorbu řas ve vodě a je proto vhodné dávkování upravit, čímž můžeme omezit spotřebu chloru bez ovlivnění kvality vody.

Informace lze použít i k řízení závlahy trávníku/zahrady patřící k objektu. Za silného slunečního svitu je vhodné provedení závlahy odložit, dokud intenzita záření nepoklesne. Při povrchové závlaze by se totiž velké procento vody působením slunce odpařilo dříve,

než se závlaha absorbuje do půdy. Tímto způsobem lze snížit množství vody potřebné na závlahu.

2.3 Ambientní teplota vzduchu

Na základě informace o venkovní teplotě můžeme efektivněji regulovat teplotu uvnitř objektu, ať už systémem topení, klimatizace, či rekuperace tepla. Získáváme tak totiž informaci o poklesu/zvýšení teploty dříve, než tato změna začne působit na prostředí vni objektu a je tedy možné upravit akční zásah takovým způsobem, že komfortnost prostředí není nikterak narušena.

Ve spojení s daty o srážkách je možné informaci o vnější teplotě použít pro obsluhu vytápění okapů, střech, případně i chodníků a příjezdových cest. Pokud systém na základě dat vyhodnotí, že na komunikacích se může nacházet námraza, či sníh, že na střeše se nachází kritické množství sněhu, nebo že se na okapech mohou tvořit rampouchy, zapne příhřev potřebné části, tak aby zamezil možnému úrazu, či škodám na majetku způsobených ledovkou, pádem ledu, či sněhové pokrývky. Naopak, pokud tohoto množství není dosaženo a je detekováno oteplení, které způsobí samovolné roztání sněhu a ledu, systém zbytečně příhřev nezapíná, čímž redukuje energetickou spotřebu

2.4 Srážky

Jak je popsáno výše, tato data mohou být použita pro vyhodnocení míry zasněžení střechy či komunikací a případnou obsluhu vytápění pro odstranění sněhu.

Další využití data nachází jako možná prevence proti vytopení objektu, kdy řídicí jednotka při detekci deště nebo sněžení zajistí uzavření střešních a dalších oken včetně dveří, čímž potenciálním škodám na majetku zabrání.

Informace o srážkách jsou také užitečné při řízení závlahy trávníků a zahrad. Pokud systém detekoval, že právě prší, nebo že pršelo v pár posledních dnech, není potřeba závlahu zapínat. Naopak pokud detekuje dlouhé období sucha, systém může intenzitu a četnost závlahy zvýšit.

Zajímavým způsobem užití informace o srážkách, může být automatické ovládání hlasitosti zvukových zařízení za vydatného deště, který by jinak mohl přehlušit multimediální zařízení.

3. PRŮZKUM TRHU

Tato kapitola se věnuje průzkumu českého trhu na poli konkurenčních řešení naší práce. Představíme vybrané zástupce a provedeme jejich srovnání.

Průzkum proběhl pro meteostanice v cenové hladině do 10000 Kč, neboť právě toto je cenová hladina, které si investor přeje dosáhnout. Při průzkumu vyšla najevo jistá pohodlnost výrobců meteorologických systémů, která se projevila ustálením několika konstrukčních provedení venkovní části meteorologické stanice, které používají všichni výrobci a neprojevují tak snahu o vlastní inovativní řešení. Meteostanice se tak mezi sebou většinou liší jen mírnými obměnami v použití nemechanických el. senzorů meteorologických veličin, umístěním loga firmy na produktu a provedením zobrazovací jednotky.

Z celého sledovaného cenového spektra byli vybráni 4 zástupci, kteří reprezentují všechna ustálená konstrukční řešení výrobku. Seznam byl pro srovnání doplněn o meteostanice z vyšší cenové hladiny, ale konstrukčního určení přímo pro systém chytrého domu. Všechny uvedené meteostanice umožňují nějakým způsobem připojení do dalších systémů. Jednotlivé příklady konkurenčních výrobků si lze prohlédnout níže, seřazené jsou od nejnákladnějšího provedení po provedení cenově nejméně nákladné.

3.1 Meteostanice společnosti Loxone



Obrázek 3.1 Meteostanice společnosti Loxone, převzato z [11]

Meteostanice firmy Loxone, specializující se na systémy chytrých domů a automatizace budov od roku 2008. Stanice je konstruována pro použití v systému chytrého domu stejného výrobce. Provádí se ve verzích Air (bezdrátové provedení) a Tree (připojení

vodičově). Pořizovací cena meteostanice je dle ceníku pro rok 2021 12499,62 Kč (Air) a 11931,40 Kč (Tree) bez DPH.

Napájení je zajištěno ve verzi Air pomocí dvou AA baterií, nebo kabelem, ve verzi Tree pouze kabelem. Napájecí napětí při kabelovém připojení je v rozsahu 10 - 30 V DC. Výrobce uvádí typickou spotřebu 0,07W, při zapnutém výhřevu dešťového senzoru maximálně 1,1W. Při napájení bateriemi uvádí životnost baterií až 2 roky.

Komunikace je ve verzi Tree zajištěna kabelem (2 žíly data, 2 žíly napájení), verze Air komunikuje bezdrátově na frekvenci 868 MHz (4 kanály), nebo 915 MHz (10 kanálů). Udávaný maximální vysílací výkon je 3,16 mW.

Stanice je vybavena dvoustavovým senzorem deště (prší/neprší) s vlastním vyhříváním (funkční jen při napájení kabelem), teplotním snímačem (který sám výrobce na oficiálním E-shopu doporučuje nepoužívat), senzorem jasu a snímačem rychlosti větru. Dostupné parametry snímačů jsou uvedeny v tabulce 3.1. Informace o tolerancích a rozlišení snímačů výrobce neposkytuje.

V rámci nákupu meteostanice obdrží zákazník přístup ke službě Loxone Weather Service na dobu 10 let. Obnova služby na 1 rok v současnosti stojí 1407,87 Kč bez DPH, na 10 let 8976,68 Kč bez DPH. Jak je uvedeno výrobcem, „služba pracuje s kalibrovanými daty od předního poskytovatele dat o počasí na celém světě. Na základě vašich přesných geokordinačních dat v kombinaci s meteorologickými stanicemi v okolí je služba připravena naservírovat vám nejpřesnější data o počasí a jeho předpověď“ [11]. Pro ovládání domu výrobce doporučuje použít hodnotu o aktuální teplotě právě z Weather Service před hodnotou z meteostanice.

Zobrazení meteorologických veličin a předpovědi je možné pomocí Loxone App v telefonu či počítači.[10][11]

Tabulka 3.1 Parametry snímačů meteostanice Loxone [10]

Teplota	Rozsah [°C]	-40 - 125
Senzor deště	Rozsah	Prší/neprší
	vyhřívání	Při napájení kabelem
Intenzita osvětlení	Rozsah [lx]	0 - 188000
Rychlost větru	Rozsah [km/h]	9-145

3.2 Meteorologická stanice GARNI 2055 Arcus



Obrázek 3.2 Meteostanice Garni 2055 Arcus, převzato z [12]

Meteostanice firmy Garni Technology, specializující se na meteorologické přístroje. Firma funguje od roku 1997, s vlastní výrobou započala roku 2015. Stanice je konstruována jako samostatně funkční celek. Pořizovací cena meteostanice je v současnosti 8889 Kč včetně DPH.

Napájení je zajištěno pomocí tří AA baterií. Stanice je vybavena solárním panelem který „podporuje napájení“. Připojení stanice kabelem pro její napájení není možné. Výrobce neuvádí typickou spotřebu ani předpokládanou životnost baterií.

Komunikace stanice s vnitřní ovládací jednotkou je realizována bezdrátově na frekvenci 868 MHz (7 kanálů). Udávaný dosah je 150 m v otevřeném prostoru. Pomocí Wi-Fi umožňuje ovládací jednotka zasílání naměřených dat do služeb Weather Underground, Weathercloud, počasí-meteo.cz nebo na vlastní server. Data jsou přenášena v intervalu 12 sekund (rychlost a směr větru, UV index, intenzita slunečního záření) a 24 sekund (teplota, relativní vlhkost a srážky).

Stanice je vybavena snímači švýcarské značky SENSIRION pro měření teploty, relativní vlhkosti, rychlosti a směru větru, dešťových srážek, barometrického tlaku, UV indexu a slunečního svitu. Radiační štít je vybaven vlastním ventilátorem. Dostupné

parametry snímačů jsou uvedeny v tabulce 3.2. Součástí dodávky je i separátní vnitřní snímač pro měření teploty a vlhkosti.

Zobrazení meteorologických veličin a předpovědi je možné na ovládacím panelu, nebo pomocí služeb Weather Underground, Weathercloud a počasí-meteo.cz v telefonu či počítači.[12]

Tabulka 3.2 Parametry snímačů meteostanice Garni 2055 Arcus [12]

Teplota	Rozsah [°C]	-40 - 80
	Rozlišení [°C]	0,1
	Tolerance [°C]	+55 až +60 ± 0,5, +10 až +55 0,4, -20 až +10 ± 1,3, -40 až -20 ± 1,9
Relativní vlhkost	Rozsah [%]	1 - 99
	Rozlišení [%]	1
	Tolerance [%]	1 až 20 ± 6,5, 21 až 80 ± 3,5, 81 až 99 ± 6,5
Barometrický tlak	Rozsah [hPa]	540 - 1 100
	Rozlišení [hPa]	1
	Tolerance [hPa]	700 až 1100 ± 5, 540 až 696 ± 8
Rychlost větru	Rozsah [km/h]	0 - 180
	Rozlišení [km/h]	0,1
	Tolerance [m/s]	< 5: ± 0.5; > 5: ± 6%
Směr větru	Rozlišení	16 pozic, nebo 360°
Dešťové srážky	Rozsah [mm]	0–19999
	Rozlišení [mm]	0,254 (1 překlopení)
	Tolerance [%]	±7
UV záření	Rozsah	1 – 16
Intenzita osvětlení	Rozsah [lx]	0 - 200000
	Rozlišení [lx]	10

3.3 Wi-Fi meteorologická stanice GARNI 940



Obrázek 3.3 Meteostanice Garni 940, převzato z [13]

Meteostanice firmy Garni Technology. Stanice je konstruována jako samostatně funkční celek. Pořizovací cena meteostanice je v současnosti 4698 Kč včetně DPH.

Napájení je zajištěno pomocí dvou AA baterií. Připojení stanice kabelem pro její napájení není možné. Výrobce neuvádí typickou spotřebu ani předpokládanou životnost baterií.

Komunikace stanice s vnitřní ovládací jednotkou je realizována bezdrátově na frekvenci 868 MHz. Udávaný dosah je 100 m v otevřeném prostoru. Pomocí Wi-Fi umožňuje ovládací jednotka zasílání naměřených dat do služeb Weather Underground, Weathercloud, Weather Observations Website a Ecowitt nebo na vlastní server. Data jsou přenášena v intervalu 16 s.

Stanice je vybavena snímači pro měření teploty, relativní vlhkosti, rychlosti a směru větru, dešťových srážek, barometrického tlaku, UV indexu a slunečního svitu. Dostupné parametry snímačů jsou uvedeny v tabulce 3.3.

Zobrazení meteorologických veličin a předpovědi je možné na ovládacím panelu, nebo pomocí služeb Weather Underground, Weathercloud, Weather Observations Website a Ecowitt v telefonu či počítači.[13]

Tabulka 3.3 Parametry snímačů meteostanice Garni 940 [13]

Teplota	Rozsah [°C]	-25 - 60
	Rozlišení [°C]	0,1
	Tolerance [°C]	± 1
Relativní vlhkost	Rozsah [%]	10 - 99
	Rozlišení [%]	1
	tolerance [%]	± 5
Barometrický tlak	Rozsah [hPa]	700 - 1100
	Rozlišení [hPa]	0,1
	Tolerance [hPa]	± 3
Rychlost větru	Rozsah [m/s]	0 - 50
	Rozlišení [m/s]	0,1
	Tolerance [m/s]	< 5: ± 1, > 5: ± 10%
Směr větru	Rozsah	16 pozic, nebo 0 - 360°
	Rozlišení	1°
Dešťové srážky	Rozsah [mm]	0-6000
	Rozlišení [mm]	0,254 (1 překlopení)
UV záření	Rozsah	0 – 15
Intenzita osvětlení	Rozsah [lx]	0 - 400000
	Rozlišení [lx]	10
	Tolerance [%]	±15

3.4 Sencor SWS 9898



Obrázek 3.4 Meteostanice Sencor SWS 9898, převzato z [14]

Meteostanice firmy Sencor. Stanice je konstruována jako samostatně funkční celek. Pořizovací cena meteostanice je v současnosti 3299 Kč včetně DPH.

Napájení je zajištěno pomocí tří AA baterií. Připojení stanice kabelem pro její napájení není možné. Výrobce neuvádí typickou spotřebu ani předpokládanou životnost baterií.

Komunikace stanice s vnitřní ovládací jednotkou je realizována bezdrátově na frekvenci 868 MHz (7 kanálů). Udávaný dosah je 150 m v otevřeném prostoru. Pomocí Wi-Fi umožňuje ovládací jednotka zasílání naměřených dat do služeb Weather Underground a Weathercloud. Možnost přímého zaslání dat na vlastní server není uvedena, avšak z podporovaných služeb lze data exportovat. Data jsou přenášena v intervalu 12 sekund (rychlost a směr větru) a 24 sekund (teplota, relativní vlhkost a srážky).

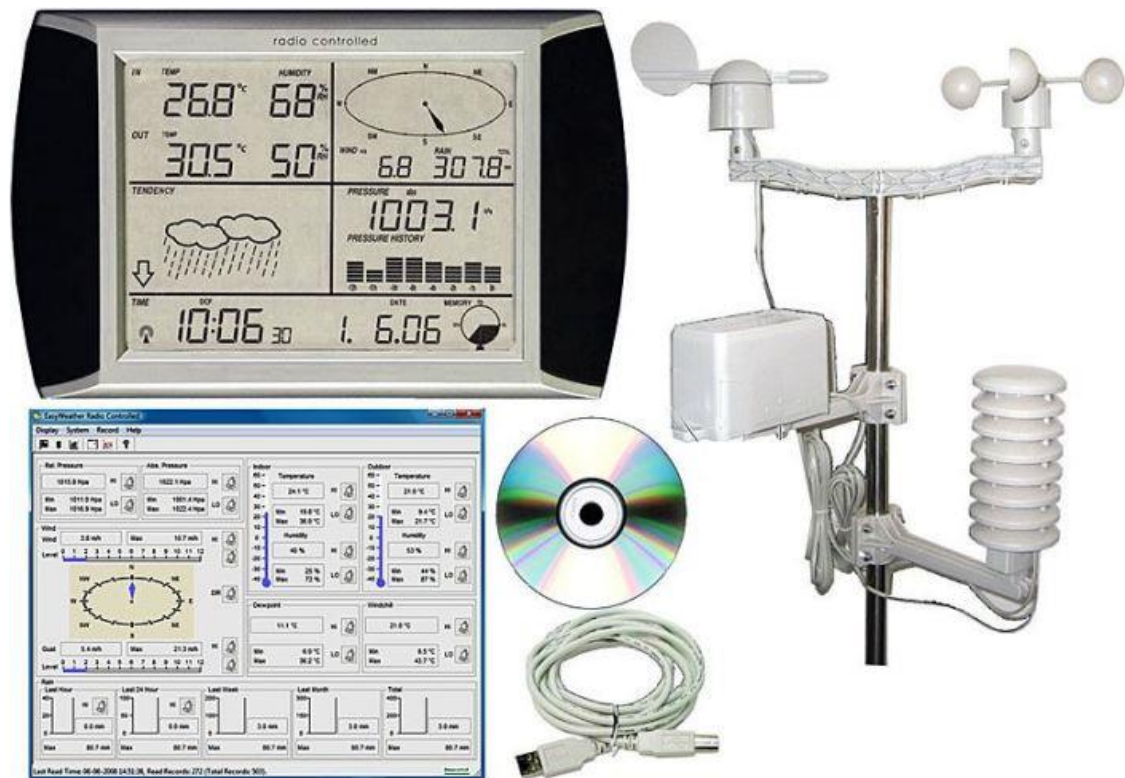
Stanice je vybavena snímači pro měření teploty, relativní vlhkosti, rychlosti a směru větru, dešťových srážek a barometrického tlaku. Dostupné parametry snímačů jsou uvedeny v tabulce 3.4.

Zobrazení meteorologických veličin a předpovědi je možné na ovládacím panelu, nebo pomocí služeb Weather Underground a Weathercloud v telefonu či počítači.[14]

Tabulka 3.4 Parametry snímačů meteostanice Sencor SWS 9898 [14]

Teplota	Rozsah [°C]	-40 - 80
	Rozlišení [°C]	0,1
	Tolerance [°C]	+5,1 až +60 ± 0,4, -19,9 až +5 ± 1, -40 až -20 ± 1,5
Relativní vlhkost	Rozsah [%]	1 - 99
	Rozlišení [%]	1
	Tolerance [%]	1 až 20 ± 6,5, 21 až 80 ± 3,5, 81 až 99 ± 6,5
Barometrický tlak	Rozsah [hPa]	540 - 1 100
	Rozlišení [hPa]	1
	Tolerance [hPa]	700 až 1100 ± 5, 540 až 696 ± 8
Rychlost větru	Rozsah [km/h]	0 - 180
	Rozlišení [km/h]	0,1
	Tolerance [m/s]	< 5: ± 0,5; > 5: ± 6%
Směr větru	Rozlišení	16 směrů°
Dešťové srážky	Rozsah [mm]	0–19999
	Rozlišení [mm]	0,254 (1 překlopení)
	Tolerance [%]	±7

3.5 WH1080



Obrázek 3.5 Meteostanice WH1080, převzato z [15]

Meteostanice společnosti Shenzhen Fine Offset Electronics Co. Stanice je konstruována jako samostatně funkční celek. Pořizovací cena meteostanice je v současnosti 1990 Kč včetně DPH.

Napájení je zajištěno pomocí dvou AA baterií. Připojení stanice kabelem pro její napájení není možné. Výrobce neuvádí typickou spotřebu ani předpokládanou životnost baterií.

Komunikace stanice s vnitřní ovládací jednotkou je realizována bezdrátově na frekvenci 868 MHz. Udávaný dosah je 70 - 100 m v otevřeném prostoru. Data jsou přenášena v intervalu 48 s.

Stanice je vybavena snímači pro měření teploty, relativní vlhkosti, rychlosti a směru větru, dešťových srážek a barometrického tlaku. Dostupné parametry snímačů jsou uvedeny v tabulce 3.53.3.

Zobrazení meteorologických veličin a předpovědi je možné na ovládacím panelu, nebo pomocí USB kabelu a programu Easy weather v počítači.[15]

Tabulka 3.5 Parametry snímačů meteostanice WH1080 [15]

Teplota	Rozsah [°C]	-40 - 65
	Rozlišení [°C]	0,1
	Tolerance [°C]	±1
Relativní vlhkost	Rozsah [%]	1 - 99
	Rozlišení [%]	1
	tolerance [%]	±5
Barometrický tlak	Rozsah [hPa]	920 - 1080
	Rozlišení [hPa]	0,1
Rychlost větru	Rozsah [km/h]	0 - 160
Směr větru	Rozsah	16 pozic, nebo 0 - 360°
	Rozlišení	22,5°
Dešťové srážky	Rozsah [mm]	0-9999
	Rozlišení [mm]	1 překlopení 0,3

3.6 Srovnání meteostanic

Při pohledu na tabulku srovnání meteostanic 3.6 je jasně patrné, že vyšší cena ani deklarovaný způsob užití, nám nemusí vždy nutně zajistit nejvhodnější produkt. Meteostanice firmy Loxone, ač byla favoritem, právě svým konstrukčním určením pro systémy chytrého domu, zcela neobstála oproti své daleko lacinější konkurenci. Svou neschopnost měření dostatečně širokého rozsahu meteorologických veličin se sice snaží kompenzovat službou Weather service, to ovšem vyvolává otázku, zda je při nutnosti spoléhat se na tuto službu v tak hojně míře, koupě meteostanice vůbec nutná.

Překvapující je zjištění, že meteostanice v cenové relaci do 10000 Kč jsou vybaveny venkovními jednotkami se snímači velice podobných parametrů bez ohledu na cenovou hladinu. Ač lze pozorovat se stoupající cenou jisté zpřesňování výsledků měření a snahu o rozšíření škály měřených atmosférických veličin, nejeví se toto jako zlepšení odpovídající ceně. Je tak jasně patrná snaha výrobce zaujmout spotřebitele namísto kvalitou měření spíše konstrukčním provedením zobrazovací jednotky a grafikou zobrazení meteorologických dat. Pro použití v systému chytrého domu ovšem právě použití speciální zobrazovací jednotky pro každý jednotlivý systém není úplně žádoucí, protože by to mohlo vést k informační zahlcenosti uživatele. Předpokládá se tedy použití univerzálního panelu, či chytrého telefonu, pro řízení a monitorink celého systému.

Z těchto důvodů, jeví se důraz na zobrazovací panel jako lichý a jako nejvhodnější konkurenční řešení hodnotíme meteostanice v cenové hladině 3 až 5 tisíc Kč (z uvedených příkladů Garni 940 / Sencor). Tyto stanice měří všechny požadované veličiny v dostatečné kvalitě, zajišťují možnost propojení s dalšími systémy, a přitom minimalizují vynaložené finanční prostředky na, pro nás nepotřebný, ovládací panel.

Tabulka 3.6 Srovnání meteostanic

Typ meteostanice		Loxone (3.1)	Garni 2055 (3.2)	Garni 940 (3.3)	Sencor SW 9898 (3.4)	WH1080 (3.5)
obecné	Cena [Kč] s DPH	15125	8889	4698	3299	1990
	Způsob napájení	AA baterie/ kabel	AA baterie	AA baterie	AA baterie	AA baterie
	Způsob získání dat	Wi-Fi/ kabel	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi	USB
Teplota	Rozsah [°C]	-40 – 125	-40 – 80	-25 – 60	-40 – 80	-40 – 65
	Rozlišení [°C]		0,1	0,1	0,1	0,1
Relativní vlhkost	Rozsah [%]	Weather service	1 – 99	10 – 99	1 – 99	1 – 99
	Rozlišení [%]		1	1	1	1
Barometrický tlak	Rozsah [hPa]	Weather service	540 - 1 100	700 – 1100	540 – 1100	920 – 1080
	Rozlišení [hPa]		1	0,1	1	0,1
Rychlost větru	Rozsah [km/h]	9-145	0 - 180	0 - 180	0 – 180	0 – 160
	Rozlišení [km/h]		0,1	0,1	0,1	
Směr větru	Rozlišení	Weather service	16 pozic nebo 360°	16 pozic nebo 360°	16 pozic	16 pozic
Dešťové srážky	Rozsah [mm]	Prší/neprší	0–19999	0 – 6000	0 – 19999	0 – 9999
	Rozlišení [mm]	Weather service	0,254 (1 překlopení)	0,254 (1 překlopení)	0,254 (1 překlopení)	0,3 (1 překlopení)
UV záření	Rozsah	Weather service	1 – 16	0 – 15		
Intenzita osvětlení	Rozsah [lx]		0 - 200000	0 - 400000		
	Rozlišení [lx]		10	10		

4. NÁVRH SYSTÉMU

Tato kapitola se věnuje návrhu struktury hardwarového řešení, zvolení vhodných snímačů, akčních členů a komunikačního rozhraní pro systém. Na základě vybraných komponent poté modifikuje původní strukturu návrhu, představí výsledné navržené řešení a diskutuje jeho parametry.

4.1 Návrh hardwarové struktury řešení

Jak bylo zmíněno v kapitole 3 - Průzkum trhu, pro navrhovaný systém je ovládací panel zcela redundantní součástí, a proto se práce nebude zabývat jeho návrhem. V návrhu je však třeba zohlednit skutečnost, že to byl právě tento panel, který umožňoval zasílání naměřených dat do dalších systémů. Je tedy třeba zajistit, aby přenos dat do systému chytrého domu zajistila sama venkovní meteostanice. K řešení tohoto požadavku je možné přistoupit dvěma způsoby.

Prvním možným řešením je použití kabelového vedení pro propojení meteostanice a řídicí jednotky chytrého domu. Toto provedení používá i například dříve uvedená konkurenční meteostanice firmy Loxone ve verzi Tree. Jedná se sice o rušení odolné robustní řešení, při návrhu je si však třeba uvědomit, že požadavkem na umístění meteostanice je vyšší poloha bez okolních překážek, což logicky vede k umístění meteostanice do střešní oblasti budovy. Tato oblast se ovšem vyznačuje zvýšenou pravděpodobností zásahu bleskem se všemi potížemi s tímto jevem spojenými. Mohlo by dojít k události, kdy se při zásahu blesku stane exponovaná meteostanice právě tím, co zapříčiní zničení všech kabelem propojených systémů chytrého domu, nebo alespoň jejich velké části.

Z tohoto důvodu k řešení problematiky přenosu dat bylo přistoupeno způsobem druhým, což je bezdrátová komunikace. Nabízí se použití vlastního radiového modulu (např. na frekvenci 868 MHz), kterým je zabezpečeno přímé spojení mezi meteostanicí a řídicí jednotkou, tak jako ho používají konkurenční řešení při komunikaci s ovládacím panelem. To s sebou ovšem nese nutnost zásahu do systému řídicí jednotky chytrého domu, kterou je potřeba o tuto funkcionalitu dovybavit. Namísto toho bylo rozhodnuto využít skutečnosti, že chytré domy, pro které je navrhovaná meteostanice primárně určena, se v dnešní době vyznačují vysokým stupněm „zasítovanosti“ (přítomnosti rozvodů sítě ethernet) což zajišťuje pokrytí signálu Wi-Fi v rámci celého objektu. Meteostanici bude vybavena o možnost Wi-Fi připojení a za pomoci již existující infrastruktury naměřená data přeneseme přímo na server (řídicí jednotka chytrého domu).

V rámci snahy o univerzálnost celého navrhovaného systému je uvažováno vytvoření přípravy pro rozšíření o modul LAN, pokud by zákazník, navzdory doporučením, na kabelovém připojení trval. Není to ovšem primárním cílem této práce.

Vlastní zkušenosti napovídají, že je vhodné vybavit systém kromě Wi-Fi připojení i alternativním způsobem komunikace. Ten je možné využívat při vývoji systému a po uvedení do provozu, pro diagnostiku při odstraňování případných závad. Pro tuto funkcionalitu se osvědčilo vyvedení komunikace UART na vlastní konektor. Při návrhu tento požadavek zohledníme.

Na základě analýzy konkurence a po konzultaci s investorem bylo doporučeno systém vybavit snímači pro měření rychlosti a směru větru, srážkoměrem (mechanické snímače), snímači PTU veličin, slunečního svitu a UV záření. Pro zajištění schopnosti měřit srážky i v zimním období, kdy existuje možnost, že by srážkoměr zamrzl, nebo byl zasněžen, bude při návrhu uvažována možnost dovybavit srážkoměr o vyhřívací člen (topná folie) pro rozpouštění naakumulovaných srážek, pokud tak již snímač nebude vybaven od výrobce.

Předání informace systému, že je dovybaven příhřevem, nebo modulem LAN provedeme pomocí přepínačů na DPS (Deska Plošných Spojů) meteostanice, což je při vytváření návrhu také nutno zohlednit.

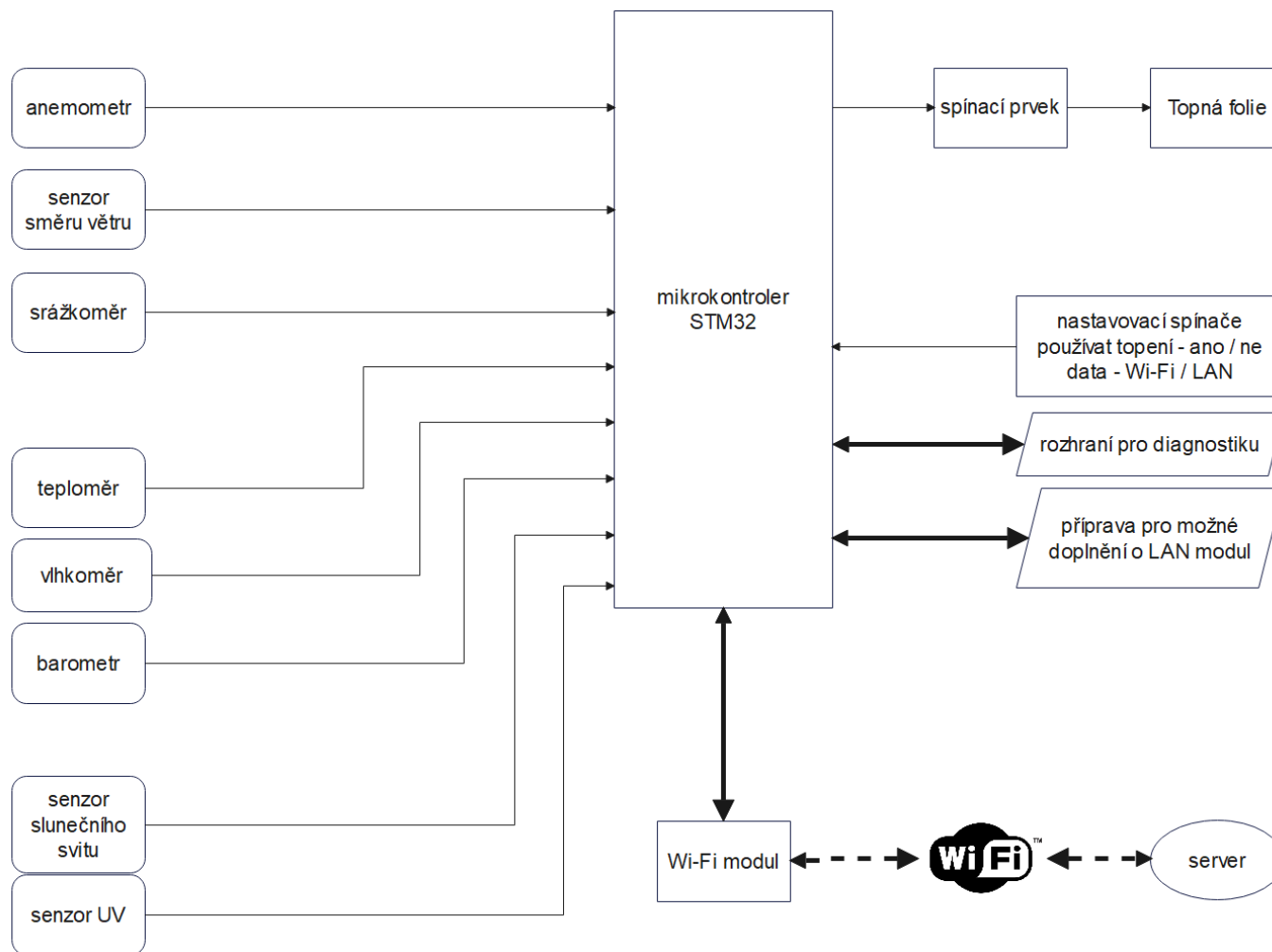
Pro vyčítání dat ze snímačů, jejich zpracování a obsluhu komunikace s nadřazeným systémem je třeba vybavit meteostanici mikrokontrolérem. Předpokládáme použití mikrokontroléru řady STM32, který si investor přál použít, vzhledem ke skladovým zásobám a kladným zkušenostem s nimi.

Všechny tyto úvahy byli brány v potaz pro prvotní návrh hardwarové struktury řešení meteostanice se kterou se lze seznámit na obrázku 4.1. Takto navržený systém je ovšem pouze první představou, jak bude meteostanice ve výsledku vypadat a existuje zde proto prostor pro případné změny.

Kromě datové části systému, je nutné se zamyslet i nad připojení meteostanice ke zdroji elektrické energie. Použití baterií jako napájecího zdroje po vzoru konkurence je sice lákavé, ovšem nutnost vylézt na střechu kvůli každé výměně baterií z podstaty věci popírá myšlenku chytrého domu jakožto prostředku pro komfortní život člověka. Použití topného členu by navíc zajistilo brzké vybití akumulátorů. Na přání zákazníka je sice v našich silách tuto funkcionalitu zajistit, dokonce meteostanici dovybavit i o solární panel (za předpokladu navýšení ceny), který by baterii dobíjel, v této práci ovšem pro napájení meteostanice bude primárně uvažováno využití vhodně upraveného síťového napětí.

Návrhové určení meteostanice pro systém chytrého domu by měl zajistit, že v blízkém okolí meteostanice se bude tento zdroj el. energie nacházet. Zajištění převodu na vhodnou úroveň napětí a přivedení kabelu k meteostanici by se nemělo jevit jako nepřekonatelný problém.

Za hodno zmínky se jeví i možnost využití již existující instalace. Pokud např. poskytovatel internetu objekt připojil do sítě internet za pomoci střešní bezdrátové přípojky, je možné využít jejího již existujícího napájení přes POE i pro napájení meteostanice.



Obrázek 4.1 Prvotní blokový návrh hardwarové struktury

4.2 Volba snímačů a akčních členů

Protože zabudované AD (analogově digitální) převodníky (ADC) mikrokontroléru STM32 neosňují svou přesností a odolností proti šumu, máme pro měření neelektrických veličin dvou možností.

První možností je dovybavit mikrokontrolér o externí přesnější ADC, který ovšem bude na DPS zabírat cenné místo a zvyšovat finanční náročnost řešení. Při možných budoucích pokusech o rozšiřování desky, budeme navíc limitováni počty volných vstupů ADC.

Nabízí se proto možnost druhá, která je i trendem dnešní doby při návrhu vestavěných systémů. Bude použito snímačů s digitálním výstupem, které už mají přímo ve svém vlastním pouzdře zabudován vlastní, k měření dané veličiny vhodně uzpůsobený, obvod s ADC. Umístění ADC vni pouzdra součástky navíc maximálním způsobem eliminuje možnost zarušení signálu na cestě mezi snímačem a převodníkem a závislost na parametrech vedení. V mnoha případech navíc odpadá starost s linearizací výstupu signálu, protože výrobce snímače tohoto typu tuto problematiku adresoval již při návrhu. Všechny tyto snímače potom mohou, v rámci mezí daného protokolu, komunikovat s nadřazeným systémem. Například v rámci jedné, dvou vodičové sběrnice I2C. Při návrhu bude na tento typ řešení z těchto důvodů kladen důraz.

4.2.1 Mechanické snímače

Za mechanické snímače tato práce uvažuje snímače rychlosti a směru větru a snímač srážek kvůli jejich typickému provedení s mechanickými pohyblivými částmi.

Pro měření rychlosti a směru větru bylo uvažováno užití ultrazvukového anemometru zejména kvůli jeho bezúdržbovosti a dlouhé životnosti plynoucí z absence pohyblivých částí. Obrovskou překážkou použití tohoto typu snímače se ukázala býti pořizovací cena. Nejlevnějším nalezeným zástupce ultrazvukového anemometru, který není samostatně funkčním celkem, je na e-shopu AliExpress snímač neznámého výrobce opatřený pouze blíže nespecifikovaným asijským textem a popiskem „485 Ultrasonic Wind Speed & Direction Sensor High Precision Environmental Monitoring Anemometer Integrated Transmitter“ za cenu 7159,86 Kč. [30] Bude-li pominut fakt, že snímač je poskytován od ne zrovna nejvhodnějšího dodavatele pro opakovanou výrobu meteostanice, nelze snímač použít, protože se nachází mimo rozpočet. Je tedy potřeba využít konvenčních typů snímačů.

Na základě průzkumu u dodavatelů bylo zjištěno, že na našem trhu neexistuje dostatečně široká nabídka pro nákup tohoto typu snímačů v rozumné cenové kategorii. Jako jediný použitelný produkt pro navrhovanou meteostanici se ukázala být sestava náhradních vnějších mechanických dílů pro meteostanici WH1080, která byla představena v kapitole 3.5. Sestava T110 je za cenu 850 Kč vybavena anemometrem,

ukazatelem směru větru, srážkoměrem, držáky a stojanem což je pro navrhovanou meteostanici ideální.[31]

Všechny tři přístroje pracují na principu spínání jazýčkových kontaktů permanentním magnetem.

Snímač srážek je tvořen překlopným člunkem. Při dešti způsobí každých 0,2794 mm srážek jedno překlopení člunku, jedná se tedy o nejmenší rozlišitelnost snímače. Při přechodu člunku střední hodnotou dochází k vybavení jazýčkového kontaktu. Při propojení výstupu snímače s GPIO pinem mikroprocesoru můžeme překlopení člunku zaznamenávat pomocí požadavku na přerušení (IRQ).

Anemometr pracuje na podobném principu. Na ose rotační části anemometru je umístěn magnet, který při každé otočce vybaví jazýčkový kontakt. Při větru o rychlosti 2,4 Km/h dojde ke spínání jazýčkového kontaktu s frekvencí 1 Hz. Snímač bude připojen k GPIO pinu mikrokontroléru, který pomocí IRQ bude snímat otáčky.

Snímač pro určení směru větru je vybaven osmi jazýčkovými kontakty, které jsou uspořádány do hvězdy kolem osy snímače. Na ose snímače je magnet, který vybavuje příslušné jazýčkové kontakty. Sepnutí jazýčkového relé způsobí připojení příslušného rezistoru na výstupní piny snímače. Připojením výstupu snímače do odporového děliče lze polohu připojené korouhve určit za pomoci ADC mikrokontroléru.

4.2.2 Snímače PTU

Tato skupina snímačů zajišťuje měření meteorologických veličin laikům nejvíce známých. Je proto vhodné výběru právě tohoto typu snímačů věnovat zvýšenou pozornost, protože právě tyto naměřené hodnoty (zejména teplota) budou s největší pravděpodobností pod nejpřísnějším drobnohledem.

První vybíranou komponentou ze skupiny PTU je barometrický snímač. Náhledem do katalogů dodavatelů komponent bylo z barometrických snímačů absolutního tlaku pracujících v rozsahu teplot -40 až 85 °C a s měřicím rozsahem 30 až 110 kPa vybráno sedm možných kandidátů. Jejich srovnání je ilustrováno v tabulce 4.1. Provozní napětí 1,8 V z výběru vyřadilo všechny snímače firmy TDK InvenSense protože tato logika není kompatibilní s logikou 3,3 V vyžadovanou mikrokontrolérem a vedla by na použití obousměrného převodníku logické úrovně. Z takto zúženého výběru byl vyřazen i snímač firmy ROHM Semiconductors, protože oproti své konkurenci vyniká pouze vysokou pořizovací cenou. Ze zbývajících dvou snímačů byl jako nejvhodnější pro meteostanici vybrán senzor 2SMPB-02E, který má z výběru vyšší přesnost a jen nepatrně vyšší cenu, což můžeme zanedbat. Je důležité zmínit, že snímač je vybaven funkcí měření teploty, ovšem s přesností měření nedostačující pro případné nahrazení teploměru.

Tabulka 4.1 Srovnání parametrů barometrických snímačů [22][23][24][25]

Typové označení	Výrobce	Cena (1ks) [Kč]	Cena (od 100ks) [Kč]	Způsob komunikace	Provozní napětí [V]	ADC [bity]	Přesnost měření tlaku [Pa]	Přesnost měření teploty [°C]	typ. odběr [μA]
2SMPB-02E	Omron Electronics	102,77	56,1	I2C, SPI	1,7-3,6	24	± 80	± 2	640
2SMPB-02B	Omron Electronics	90,27	49,22	I2C, SPI	1,7-3,6	24	± 100	± 2	640
BM1383AGLV-ZE2	ROHM Semiconductor	148,41	81,09	I2C	1,7-3,6	16	± 100	± 2	650
ICP-10101	TDK InvenSense	95,12	51,77	I2C	1,8	16	± 100	± 0,4	300
ICP-10111	TDK InvenSense	95,12	51,77	I2C	1,8	16	± 100	± 0,4	300
ICP-10125	TDK InvenSense	177,74	96,9	I2C	1,8	16	± 100	± 0,4	300
ICP-10110	TDK InvenSense	104,3	56,87	I2C	1,8	16	± 100	± 0,4	300

Tabulka 4.2 Srovnání parametrů snímačů vlhkosti [26][27][28][29]

Typové označení	Výrobce	Cena (1ks) [Kč]	Cena (od 100ks) [Kč]	Způsob komunikace	Provozní napětí [V]	ADC [bity]	Přesnost měření vlhkosti [%RH]	Přesnost měření teploty [°C]	typ. odběr [μA]
ENS210-LQFM	ScioSense	65,54	38,51	I2C	1,7 - 3,6	16	± 3	± 0,3	61
SHT20	Sensirion	170,85	93,33	I2C	2,1 - 3,6	12, 14	± 4	± 0,3	300
SHT21	Sensirion	252,71	119,09	I2C	2,1 - 3,6	12, 14	± 3	± 0,3	300
SHT25	Sensirion	340,17	215,22	I2C	2,1 - 3,6	12, 14	± 1,8	± 0,2	300

Svou pozornost nyní práce obrací na výběr snímače vlhkosti. Z katalogů dodavatelů byl omezen počet přípustných kandidátů na čtyři podmínkou provozních teplot -40 až 85 °C a rozsahem měření 0 až 100 %RH. Při pohledu do katalogových listů snímačů bylo zjištěno, že všechny navržené snímače vlhkosti jsou zároveň konstruovány jako přesné snímače teploty a výběrem správného čidla bude zajištěno měření obou veličin jedinou komponentou. Srovnání parametrů snímačů je uvedeno v tabulce 4.2. Při pohledu na deklarované přesnosti měření bylo zjištěno, že nejpřesnějším snímačem je snímač SHT25, čemuž ovšem odpovídá i jeho vysoká cena. Tolerancí jen o něco málo horších parametrů přesnosti se dostáváme do cenové kategorie daleko přijatelnější, aniž by byla markantním způsobem znehodnocena použitelnost naměřených dat. Pro použití v meteostanici byl zvolen snímač teploty a vlhkosti ENS210-LQFM.

4.2.3 Snímače slunečního záření

V úvodu kapitoly byl vznesen požadavek na měření intenzity svitu UV záření a viditelného spektra záření. Po nahlédnutí do katalogů jednotlivých dodavatelů bylo od přímého měření intenzity UV záření upuštěno. Tento typ snímače nezanedbatelné hodnoty nevnáší do systému chytrého domu téměř žádnou přidanou hodnotu. Fakt, že z naměřených hodnot stanovit hodnotu UV indexu je věcí nelehkou a že tuto informaci je možné volně získat z internetové předpovědi bez ovlivnění přesnosti výsledku nepromluvil v prospěch zachování funkcionality.

Aktuální hodnota intenzity osvětlení má ovšem pro systém inteligentní domácnosti přínos velký, a byla jí proto věnována patřičná pozornost. Ze snímačů pracujících v rozsahu teplot -40 až 85 °C a s napájecím napětím 3,3 V vyloučili v cenové hladině do 100 Kč tři možní kandidáti, shodou okolností všichni od stejného výrobce – ROHM Semiconductors.

Jejich srovnání si lze prohlédnout v tabulce 4.3. Zelenou barvou jsou vyznačeny nejlepší hodnoty, oranžovou nejhorší. Z uvedené trojice byl jako nejvhodnější zvolen snímač BH1751FVI-TR, protože splňuje požadavek komunikace přes I2C a má nejširší měřicí rozsah. Jeho nevýhodou je sice vyšší cena oproti nejlevnějšímu řešení, ovšem v kontrastu s komfortem návrhu, který toto navýšení ceny přinese se jedná o zanedbatelnou částku. Je si navíc potřeba uvědomit, že vyšší cena platí jen na první pohled, protože levnější snímač vyžaduje ještě pořízení vhodného AD převodníku pro převod proudu na užitečná data, čímž se tento rozdíl stírá.

Tabulka 4.3 Srovnání parametrů snímačů intenzity osvětlení [19][20][21]

Typové označení	cena (1ks) [Kč]	Cena (od 100ks) [Kč]	Způsob komunikace	ADC [bity]	Měřicí rozsah [lx]	Přesnost [poměr absolutních hodnot]	typ. odběr [μA]
BH1751FVI-TR	70,13	42,08	I2C	16	0,11-100000	1,2	120
BH1721FVC-TR	74,21	43,86	I2C	16	1-65528	1,2	140
BH1680FVC-tr	32,64	16,52	Proudová změna	16	0-50000	1,2	75

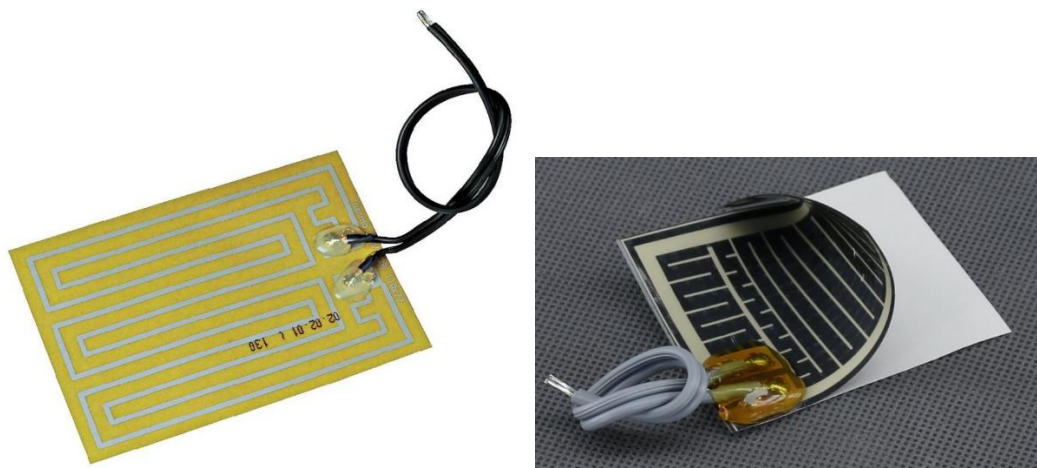
4.2.4 Akční člen

Investor vyjádřil zájem o rozšíření srážkoměru T116 o topný akční člen, pro zachování jeho funkcionality i během mrazivých atmosférických podmínek.

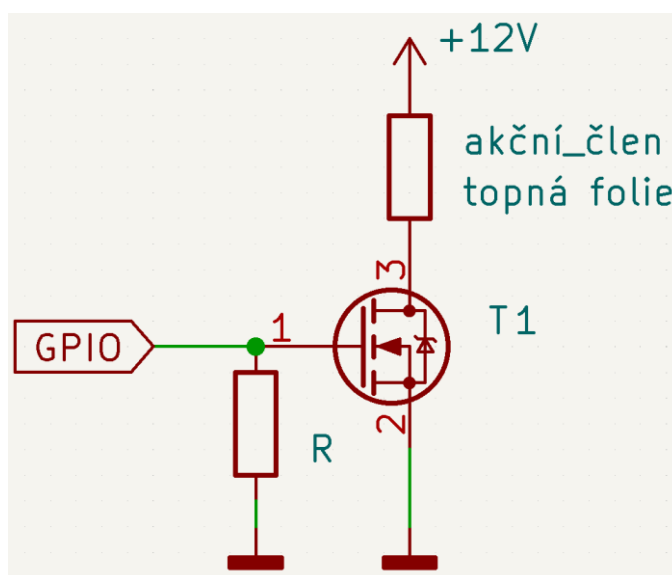
Dodávaný kabel snímače je 2 vodičový se 4 pinovým konektorem. Lze ho proto rozšířit o další 2 vodiče (pozice 1 a 4) při zachování původního konektoru a zpětné kompatibility. Této skutečnosti lze využít pro napájení topného členu. Teoreticky jej jen stačí připojit uvnitř snímače a na vhodném místě jej zafixovat. Výrobce neposkytuje k produktu informace o rozměrech snímače, proto bude nutné provést přesný výběr topného členu až po pořízení srážkoměru. Jako nejvhodnější se pro výhřev snímače jeví použití topné samolepící folie, protože se dá jednoduše vytvarovat a upevnit do nálevky, což zajistí stabilní homogenní výhřev na velkém procentu její plochy. Na poli topných folií pro nízká napájecí napětí je výběr dostupných produktů velmi úzký. Z dostupných provedení proto na základě edukovaného odhadu předpokládáme jako nejvhodnější použití folie C-532878 na 12 V o příkonu 12W a velikosti 11x7,7 cm, která je v e-shopu Terko.cz nabízena za 249 Kč, nebo 2x folii TF24 také na 12V, ale o výkonu 3W a rozměrů 60x47 mm dostupnou na e-shopu Growzone.cz za 169 Kč. Tento odhad je potřeba ověřit. [17][18]

Protože spínání topné folie nemůže být prováděno přímo GPIO pinem mikroprocesoru, je zapotřebí do obvodu vřadit vhodný spínací prvek. Jako nejjednodušší se jeví použití elektromagnetického relé, protože jde o časem prověřené řešení. Jeho použití ovšem není zcela vhodné, protože otřesy vzniklé při spínání, jeho elektromagnetické pole a cívkou generované teplo by mohli negativně ovlivnit přesnost měření snímačů v malém prostoru radiačního krytu. Mechanický kontakt má navíc omezený počet sepnutí a tím i limitovanou životnost.

Z těchto důvodů bylo zvoleno použití unipolárního tranzistoru typu MOSFET jakožto spínacího členu, který se vyznačuje lepšími parametry. Přesný typ tranzistoru ovšem nemůže být vybrán bez znalosti akčního členu, tzn. dokud nebudou vyzkoušeny rozměry a topný výkon folie na srážkoměru.



Obrázek 4.2 Topné folie C-532878 a TF24, převzato z [17][18]



Obrázek 4.3 zapojení MOSFET jako spínač

4.3 Komunikační rozhraní

Pro realizaci úvah z úvodu kapitoly promítneme do finálního návrhu vyvedení konektoru s UART rozhraním pro diagnostiku meteostanice, další 2 konektory s UART a SPI rozhraním pro možné budoucí rozšíření o LAN modul a min. 2 mikropřepínače na DPS pro předání informace, zda je připojen topný člen a LAN modul. Pokud při navrhování DPS zbydou volné piny mikrokontroléru a na DPS zůstane volné místo, bylo by vhodné použít modul mikrosřepínačů o více než jen dvou spínačích, pro případ, že by v budoucnu bylo potřeba funkcionalitu meteostanice rozšířit. S tím je spojena skutečnost, že sběrnice I2C bude zpřístupněna pomocí konektoru, pro případné rozšiřování systému o další komponenty.

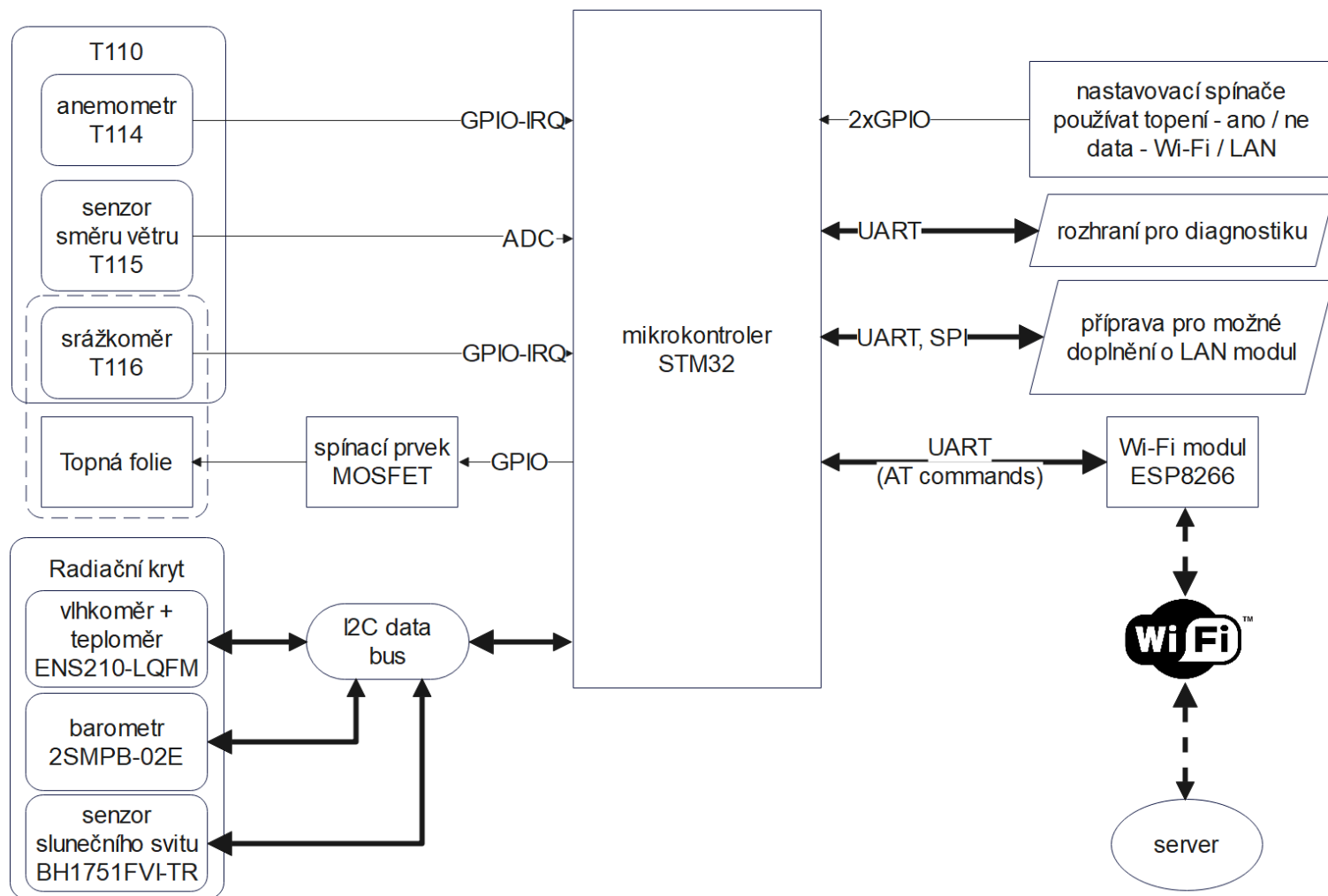
Konektivitu pomocí Wi-Fi zajistí modul ESP8266, se kterým máme z předchozích projektů kladné zkušenosti a ustálil se jakožto osvědčené řešení. Sám implementuje všechny vrstvy referenčního modelu ISO/OSI a stačí mu tedy pomocí rozhraní UART pouze zadávat tzv. AT příkazy. Modul komunikuje na frekvenci 2,4 GHz, stejně jako mikrokontrolér využívá 3V3 logiku, lze pomocí povrchové montáže připájet na DPS meteostanice, má vlastní malou integrovanou anténu a je vybaven i konektorem pro připojení antény externí. Cena modulu je 128 Kč. [16]



Obrázek 4.4 Wi-Fi modul ESP8266, převzato z [16]

4.4 Výsledný principiální návrh

Výběrem vhodných snímačů a aktuátoru došlo ke zpřesnění a úpravě prvotního blokového návrhu hardwarové struktury zobrazené na obrázku 4.1. Byla potvrzena nutnost dovybavit srážkoměr o topný element a byla nastíněna možnost provedení tohoto řešení. Vhodnou volbou snímače bylo docíleno sloučení měření teploty a vlhkosti do jediné součástky. Bylo zavrženo použití snímače UV záření a rozhodnuto získávání hodnoty z veřejné meteorologické předpovědi. Volbou všech nemechanických snímačů pro komunikaci skrze I2C byla eliminována potřeba rozšířit systém o externí přesný ADC, či měření přesných hodnot ne zcela přesným interním ADC mikrokontroléru. Ten je tak nakonec použit pouze pro vyčítání směru větru z větrné růžice, což ovšem neovlivní přesnost měření, protože ta má jen 16 stavů, které jsou od sebe dostatečně napěťově vzdáleny. Veškeré úpravy prvotního návrhu reflektuje výsledné blokové schéma hardwarového řešení na obrázku 4.5.

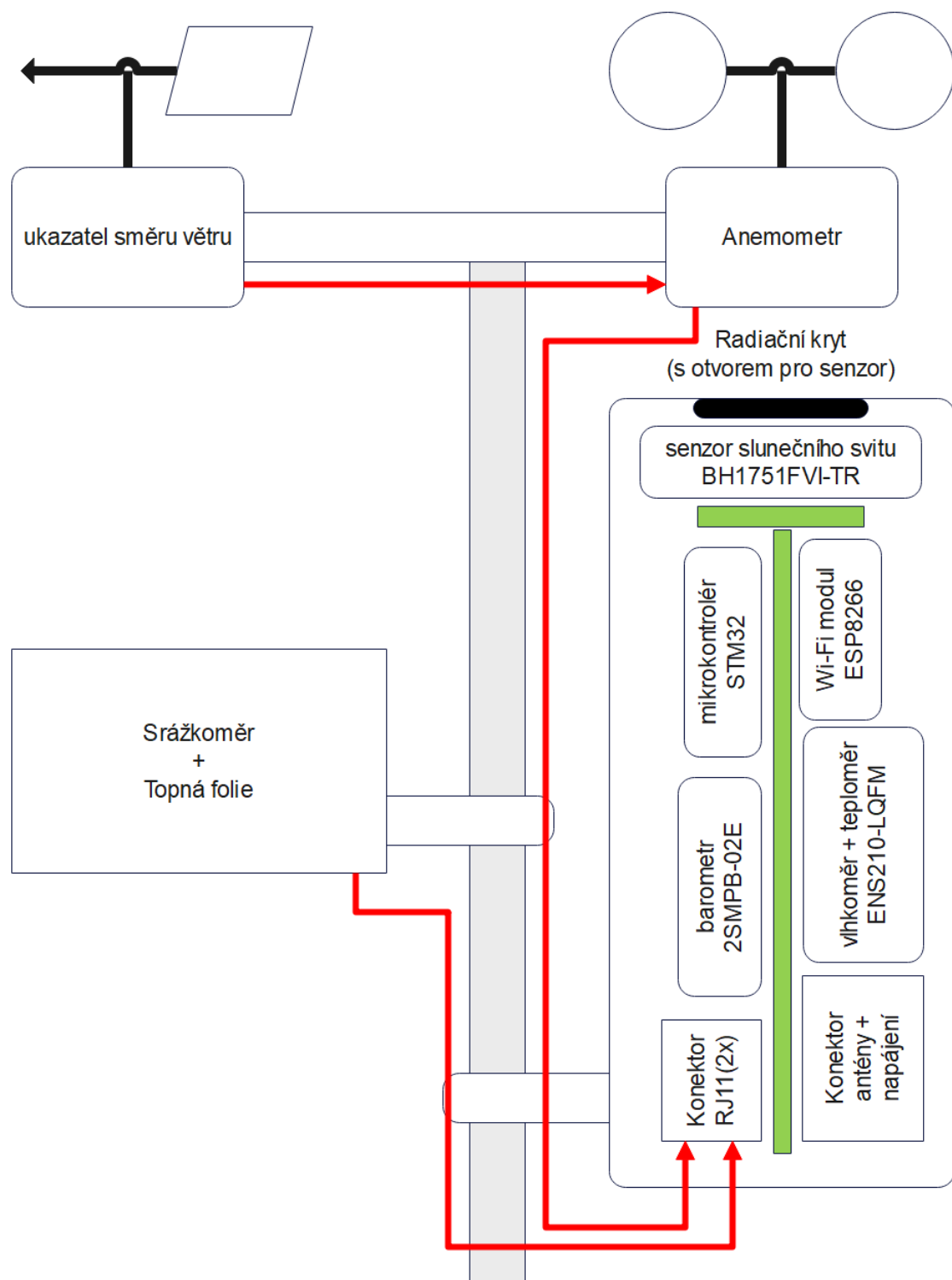


Obrázek 4.5 Výsledné blokové schéma zvolené hardwarové struktury řešení

Předpokládá se umístění modulu Wi-Fi, mikrokontroléru, nemechanických snímačů meteorologických veličin a spínacího členu topné folie do prostoru radiačního krytu. Při návrhu DPS je třeba zohlednit skutečnost, že při provozu meteostanice můžeme předpokládat zahřívání všech komponent, což bude mít za následek ohřev okolního vzduchu a jeho následné stoupání. Z konstrukčního principu radiačního krytu můžeme s největší pravděpodobností zanedbat hromadění teplého vzduchu okolo DPS, ač je tento předpoklad vhodné ověřit měřením. Stoupající vzduch bude ovšem zahřívát všechny prvky na své cestě od zdroje tepla směrem vzhůru. Navržená DPS by tedy měla pro zamezení vlivu tohoto jevu na snímače dodržet rozvrstvení prvků v pořadí od nejnižšího po nejvýše položený: konektory a spínače, snímače, mikrokontrolér a Wi-Fi modul, spínací prvek. Výjimkou z tohoto rozvržení bude snímač slunečního svitu. Ten bude umístěn na DPS připájené kolmo na hlavní desku pod vyvrtaným otvorem v horním krytu radiačního štítu tak, aby byl zajištěn přístup slunečního svitu ke snímači. Předpokládanou podobu výsledné hardwarové realizace demonstruje obrázek 4.7. Zeleně je znázorněna DPS z profilu, šedě nosná stožárová tyč. Obrázek demonstruje rozložení hardwarového řešení a nejedná se o technický výkres v měřítku.



Obrázek 4.6 Vnější mechanické díly meteostanice, převzato [31]



Obrázek 4.7 Vizualizace zvolené hardwarové struktury řešení

4.5 Diskuze předpokládaných parametrů

Pro zvolené hardwarové řešení předpokládáme parametry uvedené v tabulce 4.5. Skutečné parametry se mohou od předpokládaných parametrů lišit a bude je potřeba ověřit měřením. Prozatímní náklady na realizaci za zvolené komponenty jsou 1617 Kč. Pokud budeme předpokládat, že zbývající náklady na realizaci se udrží na částce 1500 Kč (500 Kč doprava, 500 Kč výroba DPS, 500 Kč další výdaje), můžeme odhadovat, že navržené řešení meteorostanice pro systém chytrého domu dosáhne výrobních nákladů v cenové hladině 3000 Kč, a to se srovnatelnými, nebo lepšími parametry než konkurenční meteorostanice v cenové hladině 10 000Kč.

Tabulka 4.4 Soupiska ceny komponent zvolené struktury hardwarového řešení

zařízení	typ	cena [Kč]
vnější mechanické díly	T110	850
barometr	2SMPB-02E	102,77
vlhkoměr + teploměr	ENS210-LQFM	65,54
snímač slunečního svitu	BH1751FVI-TR	70,13
mikrokontrolér	STM32	150
Wi-Fi modul	ESP8266	130
topná folie	C-532878	249
Součet:		1617,44

Tabulka 4.5 Předpokládané parametry zvolené struktury hardwarového řešení

Teplota	Rozsah [°C]	-40 - 100
	Rozlišení [°C]	0,016
	Tolerance [°C]	typ. 0,15 max. 0,3
Relativní vlhkost	Rozsah [%RH]	0-100
	Rozlišení [%RH]	0,03
	Tolerance [%RH]	typ. 2 max. 4
Barometrický tlak	Rozsah [hPa]	300 - 1100
	Rozlišení [Pa]	0,06
	Tolerance [Pa]	typ. 50 max. 80
Rychlost větru	Rozsah [km/h]	0-180
Směr větru	Rozlišení	16 poloh (22,5°)
Dešťové srážky	Rozsah [mm]	0-99999
	Rozlišení [mm]	0,2794
UV záření	Rozsah	z meteorologické předpovědi
Intenzita osvětlení	Rozsah [lx]	0,11-100000
	Rozlišení [lx]	1

5. HARDWAROVÁ IMPLEMENTACE

Tato kapitola si klade za cíl zrealizovat hmotnou část návrhu systému z předchozí kapitoly.

Je zapotřebí na základě navrženého blokového návrhu (obrázek 4.7) a vybraných snímačů, akčních členů a ostatního příslušenství vytvořit schéma elektrického zapojení. To poté použijeme pro návrh desky plošných spojů. Na základě takto vytvořených podkladů získáme soupis potřebných součástek a zdrojové soubory pro výrobu desky plošného spoje. Vybavení těmito nástroji následně můžeme náš návrh zhmotnit. Produkt našeho snažení dále otestujeme a vytvoříme mu podmínky pro fyzické umístění na měřené místo včetně poskytnutí zdroje energie pro jeho činnost.

5.1 Elektrické zapojení

Pro návrh schématu elektrického zapojení, a později i pro návrh desky plošného spoje, budeme využívat služeb open source návrhového prostředí KiCad EDA (Electronic Design Automation).

Protože předpokládáme, že navrhovaný systém bude větší velikosti, rozčleníme ho na menší části. Pro zachování dobré čitelnosti vznikajícího elektrického schématu, využijeme možnosti návrhového prostředí KiCad implementace elektrického schématu na několik listů, které budou mezi sebou propojeny v rámci KiCad projektu. Propojení se realizuje pomocí speciálního bloku ve kterém přidělíme jednotlivým signálovým vláknům vlastní pojmenování.

5.1.1 Napájecí část

V rámci zajištění co nejjednoduššího připojení vyvíjeného systému k co nejširší paletě napájecích zdrojů použijeme šroubovou svorkovnici. Ta zajistí pevné spolehlivé připojení s nízkým přechodovým odporem, čímž minimalizujeme rizika spojená s běžně používanými konektory jako je např. nechtěné vysunutí konektoru, špatný kontakt způsobený nadměrným opotřebením nebo degradací zapříčiněnou působením vnějších klimatických podmínek a jiné. Je potřeba si uvědomit, že každé volné konektorové spojení je potenciálním rizikem pro požární bezpečnost, což je, vzhledem k předpokládanému umístění meteostanice na obtížně přístupných místech a v blízkosti hořlavého trámů, problém.

Nevýhodou šroubové svorkovnice je absence fyzického bezpečnostního systému, který by zajistil připojení vodičů na správné kontakty. Vzhledem k potencionálnímu lidskému selhání je potřeba tento problém adresovat. Případná záměna vodičů otočí polaritu napájecího napětí a nechráněnému systému by mohla způsobit nevratné škody.

Elegantním řešením tohoto problému je vložení Graetzova usměrňovacího diodového můstku do cesty napájecího napětí. Ten sice na napájecím napětí vytvoří jeho úbytek, ale zajistí, že bez ohledu na tom, zda obsluha dodrží připojovací polaritu, nebo ne, systém vždy obdrží polaritu správnou. Úbytek napětí navíc v naší aplikaci není problémem, protože ho dále budeme stejně regulovat. Z nabídky na trhu zvolíme CD-HD2004.

Pro zajištění ochrany před nepředvídanými událostmi opatříme napájecí vstup tavnou pojistkou.

Abychom zajistili, že systém bude fungovat s širším spektrem napájecích napětí, použijeme regulátor / stabilizátor napětí. Mikrokontrolér a zbývající komponenty ke své funkci vyžadují napětí o hodnotě 3,3 V. Na základě těchto parametrů, odhadovaného odběru do 200 mA a ceny jsme vybrali automotive LDO (Low-dropout regulator – regulátor napětí s nízkým úbytkem) regulátor NCV1117ST33T3G od výrobce ONSEMI, který lze provozovat při teplotách od -40 do +125 °C a se vstupním napětím od 4,5 až do 20 V.

Jako doplňkovou ochranu připojených zařízení implementujeme k výstupu regulátoru transil, který bude v případě potřeby schopen ochránit komponenty před přepětím. Jedná se o ochranu zejména před elektrostatickými výboji a přepětí při přechodových stavech. Krátkodobě bude teoreticky schopen fungovat i jako ochrana při selhání regulátoru napětí, do doby než dojde k přetavení ochranné pojistky. Jelikož bude potřeba ochránit více částí zařízení, použijeme komponentu ESD8104MUTAG taktéž od výrobce ONSEMI. Ta v sobě obsahuje transily 4. Jedná se o komponentu určenou pro 3V3 (3,3 V) systémy s nízkou kapacitou pro provoz na datových linkách jako je např. USB, HDMI, eSATA a další. Toho později použijeme pro ochranu našich komunikačních sběrnic/linek.

Pro orientační kontrolu napětí (např. při napájení z akumulátoru) jsme vstupní napětí za usměrňovacím můstkem připojili k rezistorovému děliči napětí. Výstup z děliče je ochráněn dalším transilem a připojen na vstup A/D převodníku mikrokontroléru. Očekáváme, že napájecí napětí (U_{cc}) za normálních okolností nebude vyšší než 12 V. Pokud pro jistotu přičteme rezervu 5 V (U_{cc-max}), a víme-li, že referenční napětí A/D převodníku (U_{ref}) je 3,3 V, můžeme poměr děliče napětí určit následovně:

$$\text{dělicí poměr } [-; V; V] = \frac{U_{ref}}{U_{cc-max}} = \frac{3,3 V}{17 V} \sim 0,2 \quad (5.1)$$

Nepřejeme si, aby dělič zbytečně zatěžoval zdroj napájení. Proud děličem (I_{d-max}) proto omezíme na maximálně 1,5 mA. Na základě ohmova zákona vypočítáme celkový odpor děliče ($R_{děliče}$) následovně:

$$R_{děliče} [\Omega; V; A] = \frac{U_{cc-max}}{I_{d-max}} = \frac{17}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 11\,333 \, \Omega \quad (5.2)$$

Hodnoty rezistorů (ve schématu značeny jako R2 a R3) určíme následujícím způsobem:

$$R_3 [\Omega; \Omega; -] = R_{děliče} \cdot \text{dělicí poměr} = 11\,333 \cdot 0,2 = 2\,266 \, \Omega \quad (5.3)$$

$$R_2 [\Omega; \Omega; \Omega] = R_{děliče} - R_3 = 11\,333 - 2\,266 = 9\,067 \, \Omega \quad (5.4)$$

Výběrem z rezistorové řady E a skladových zásob určíme hodnoty rezistorů následovně:

$$\mathbf{R3 = 2k4 \text{ a } R2 = 9k53}$$

Pro zajištění přesného měření napětí potřebujeme, aby se skutečné hodnoty rezistorů od očekávaných odlišovali co možná nejméně. Použité rezistory proto budou ve výrobní toleranci 1%.

Zapojení jsme doplnili o LED, která bude indikovat připojení napájecího napětí. Použitá dioda má dle katalogových údajů pracovní bod při napětí na diodě U_f 2,3 V a proudu diodou I_f 20 mA. Pokud je tedy výstupní napětí stabilizátoru U_c 3,3 V, určíme hodnotu předřadného rezistoru R takto:

$$R[\Omega; V; V; A] = \frac{U_c - U_f}{I_f} = \frac{3,3 - 2,3}{20 \cdot 10^{-3}} = 50 \Omega \rightarrow \mathbf{47R} \quad (5.5)$$

Schéma navrženého zapojení je zobrazeno na obrázku 5.2 dole. Je ohraničeno čárkovanou čarou do bloku s popisem „Power supply“.

5.1.2 Řídící a komunikační část

Obsluhu systému bude zajišťovat mikrokontrolér. Na základě požadavků investora o použití skladových zásob, bude použit mikrokontrolér STM32G041F8P6. Po připojení potřebných periférií k němu zjistíme, že všechny jeho piny jsou plně obsazeny, takže po této stránce bude plně využito jeho potenciálu.

Pro bezdrátové spojení bude použito wifi modulu ESP 07.

Pro uvedení do provozu přivedeme na příslušné napájecí piny výstupní napětí ze stabilizátoru. Každý modul dostane také svůj filtrační kondenzátor 100 nF. Protože není důvod pro využívání resetovacích pinů, natrvalo je připojíme za pomoci pull up rezistorů k napájecímu napětí. To samé provedeme pro chip enable.

Po konzultaci s katalogovým listem wi-fi modulu zjistíme, že je zapotřebí pin GPIO15 uzemnit pro přepnutí do provozního módu. [16]

Mikrokontrolér bude propojen s wi-fi modulem komunikačním rozhraním UART. Ve schématu toto komunikační rozhraní označíme názvy wifi_TX a wifi_RX. Je zapotřebí nenechat se ovlivnit spojováním pinů stejných názvů, ale spojení překřížit a propojit tedy přijímací linku wifi modulu s linkou mikrokontroléru vysílací a naopak.

Provozní mód wi-fi modulu vyžaduje použití pull up rezistoru na lince STM RX - ESP TX. Toto nebude realizováno diskretní součástkou, ale za pomoci interního pull up rezistoru mikrokontroléru.

Schéma navrženého elektrického zapojení je zobrazeno na obrázku 5.2 uprostřed. Je ohraničeno čárkovanou čarou do bloku s popisem „control and communication“.

5.1.3 Interní snímače I2C

Interními snímači jsou myšleny snímače, které budou umístěny nerozebíratelně na desce plošného spoje. Všechny tyto snímače budou komunikovat s mikrokontrolérem po společné I2C sběrnici. Pro zajištění ochrany všech zařízení na sběrnici budou oba signálové vodiče opatřeny vlastními transily.

Každý ze snímačů bude mít vlastní filtrační kondenzátor 100 nF.

Bude použito snímačů 2SMPB-02E, ENS210-IQFM a BH1751FVI-TR. Snímač intenzity svítu ve schématu oddělíme konektorem, protože se předpokládá, že bude později umístěn na vlastním kusu desky plošného spoje, který bude ovšem s hlavní deskou spojen nerozebíratelně.

Při zapojování je potřeba zjistit z katalogových listů I2C adresy senzorů a zkontrolovat, zda nedochází ke kolizi. Aby výrobci tomuto předešli, mají některé snímače pin, kterým si lze adresu navolit. Výčet adres je v tabulce 5.1. Po pohledu do ní zjistíme, že ke kolizi skutečně dochází (zvýrazněno oranžově). Adresy, které budeme používat jsou

zvýrazněny zeleně. Tuto skutečnost v návrhu zohledníme. Všechny snímače zapojíme pomocí doporučeného zapojení z katalogových listů. [20][23][26]
Schéma tohoto funkčního celku navrženého elektrického zapojení je zobrazeno na obrázku 5.4.

Tabulka 5.1 Tabulka I2C adres snímačů [20][23][26]

snímač	adresní pin	Adresa
snímač tlaku	H	0x56
	L	0x70
snímač intenzity svitu	H	0x5C
	L	0x23
snímač teploty a tlaku	Není k dispozici	0x70

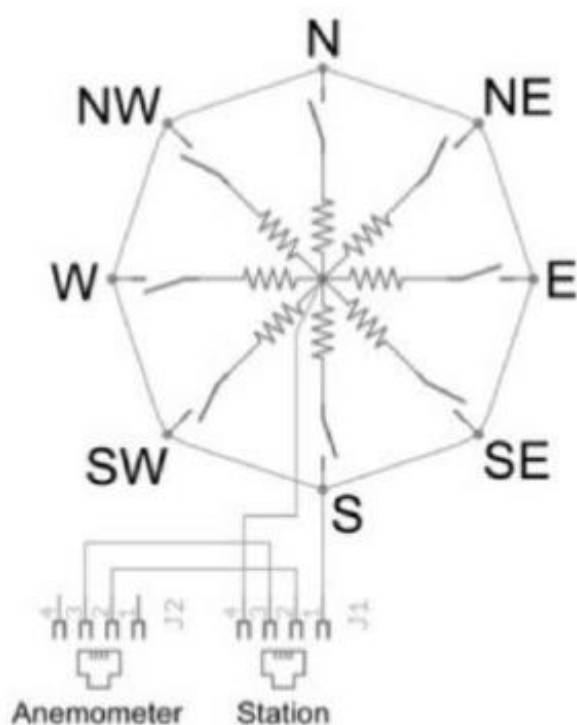
5.1.4 Externí snímače

Externími snímači jsou myšleny snímače, které budou umístěny mimo desku plošných spojů a budou se k ní připojovat rozebíratelně pomocí konektorů RJ 11. Tyto snímače nekomunikují s mikrokontrolérem po žádné sběrnici. Informace předávají ve formě elektrického napětí. Pro zajištění ochrany mikrokontroléru jsou všechny signálové vodiče opatřeny vlastními transily.

Snímače rychlosti větru a směru větru jsou spojeny do jednoho společného 4 pinového konektoru RJ 11. Snímač rychlosti větru je tvořen jazýčkovým relé, které spíná magnet ve umístěný ve větrné korouhvi. Výstupní vodič opatříme filtračním kondenzátorem 10 pF, který potlačí napěťové výkyvy způsobené záchvěvy mechanického kontaktu při sepnutí. Výstup snímače přivedeme na příslušný GPIO pin mikrokontroléru. Pro připojení napětí nepoužijeme diskretního pull up rezistoru, ale interního v mikrokontroléru.

Snímač směru větru je tvořen osmi jazýčkovými relé po obvodu korouhve snímače. Ty na výstup připojí příslušný rezistor. Pro zjištění stavu snímače použijeme napěťového děliče s pevným rezistorem 10 kΩ, kdy se snímač chová jako variabilní rezistor, ze kterého budeme odečítat A/D převodníkem napětí. Pro filtraci záchvěvů mechanických snímačů použijeme kondenzátor 10 pF. Ukázka vnitřního zapojení na obrázku 5.1

Snímač srážek je tvořen kolébkou, která při svém překlapaní sepne magnetem jazýčkové relé. Snímač zapojíme identickým způsobem jako snímač rychlosti větru. Protože si přejeme tento snímač dovybavit další funkcionalitou, přivedeme na volné piny konektoru RJ 11 výstup z napěťového děliče pro připojení NTC teplotního snímače a výstup spínacího MOSFET tranzistoru. Teplotní snímač bude sloužit pro dohled na topné folie, které mají teoreticky zajistit, aby snímač srážek nezamrzl. Schéma tohoto funkčního celku navrženého elektrického zapojení je zobrazeno na obrázku 5.3



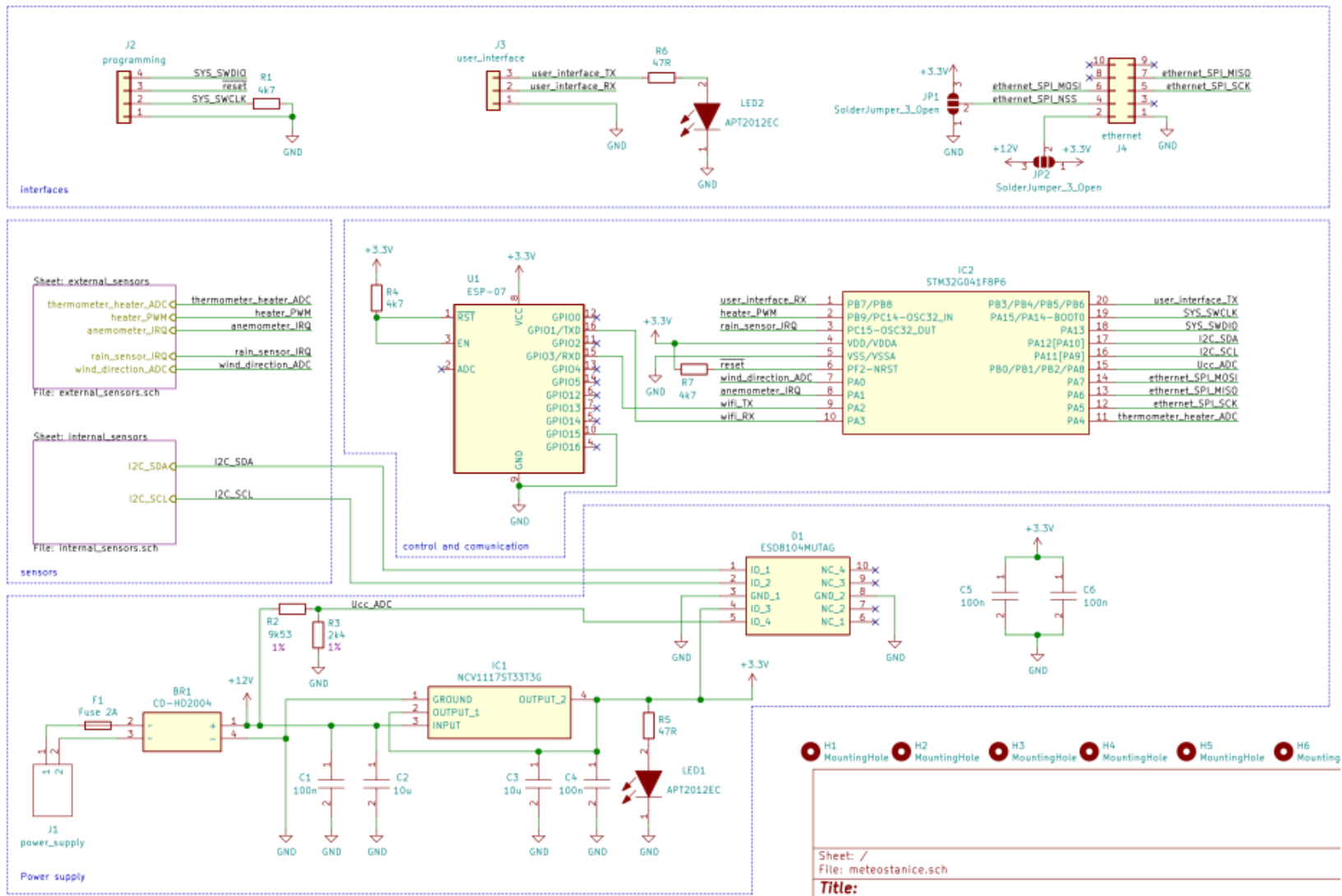
Obrázek 5.1 Schéma vnitřního zapojení snímače směru větru [31]

5.1.5 Vyvedená komunikační rozhraní

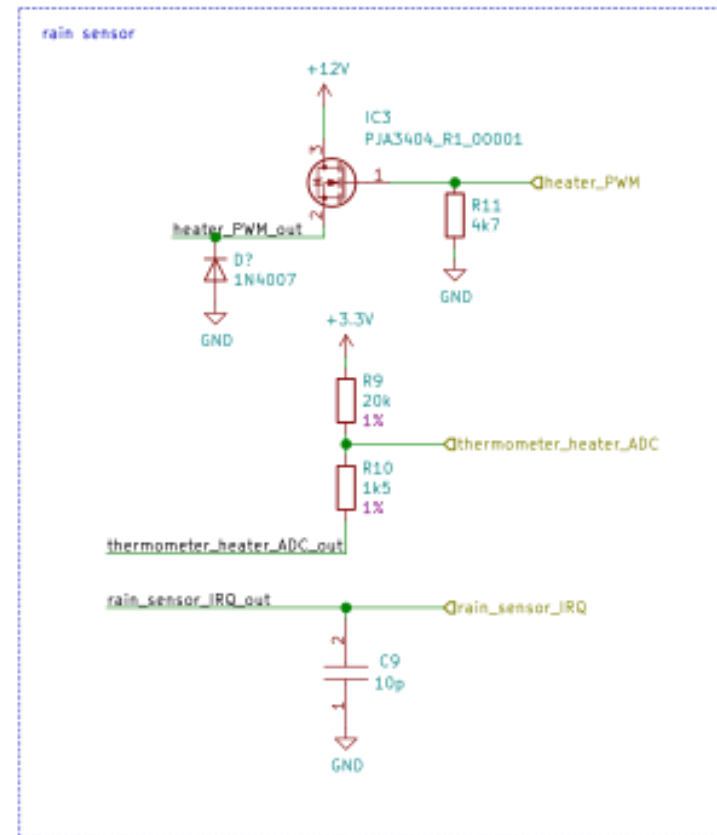
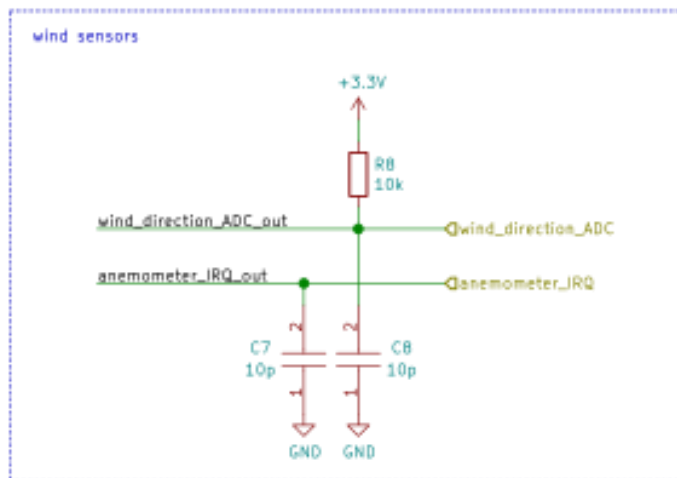
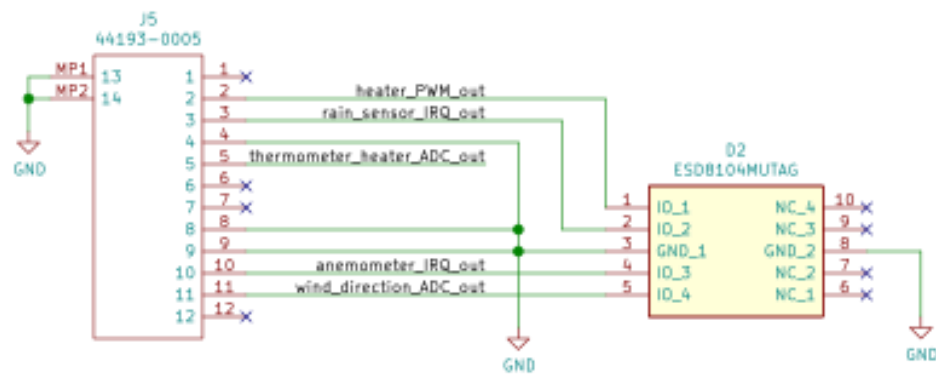
Pro pohodlné nahrání programu do mikrokontroléru a debugging při ožívání systému pomocí ST Link V2 bude systém opatřen konektorem „programming“. Ten je přímo spojen s příslušnými piny mikrokontroléru.

Pro případné možné rozšíření meteostanice o drátový ethernet modul vyvedeme z mikrokontroléru do příslušného konektoru SPI sběrnici. Protože nevíme, jaký modul bude použit, připravíme pro konektor možnost selekce jumperem mezi napájecím napětím z našeho napěťového regulátoru a neupraveným napájecím napětím.

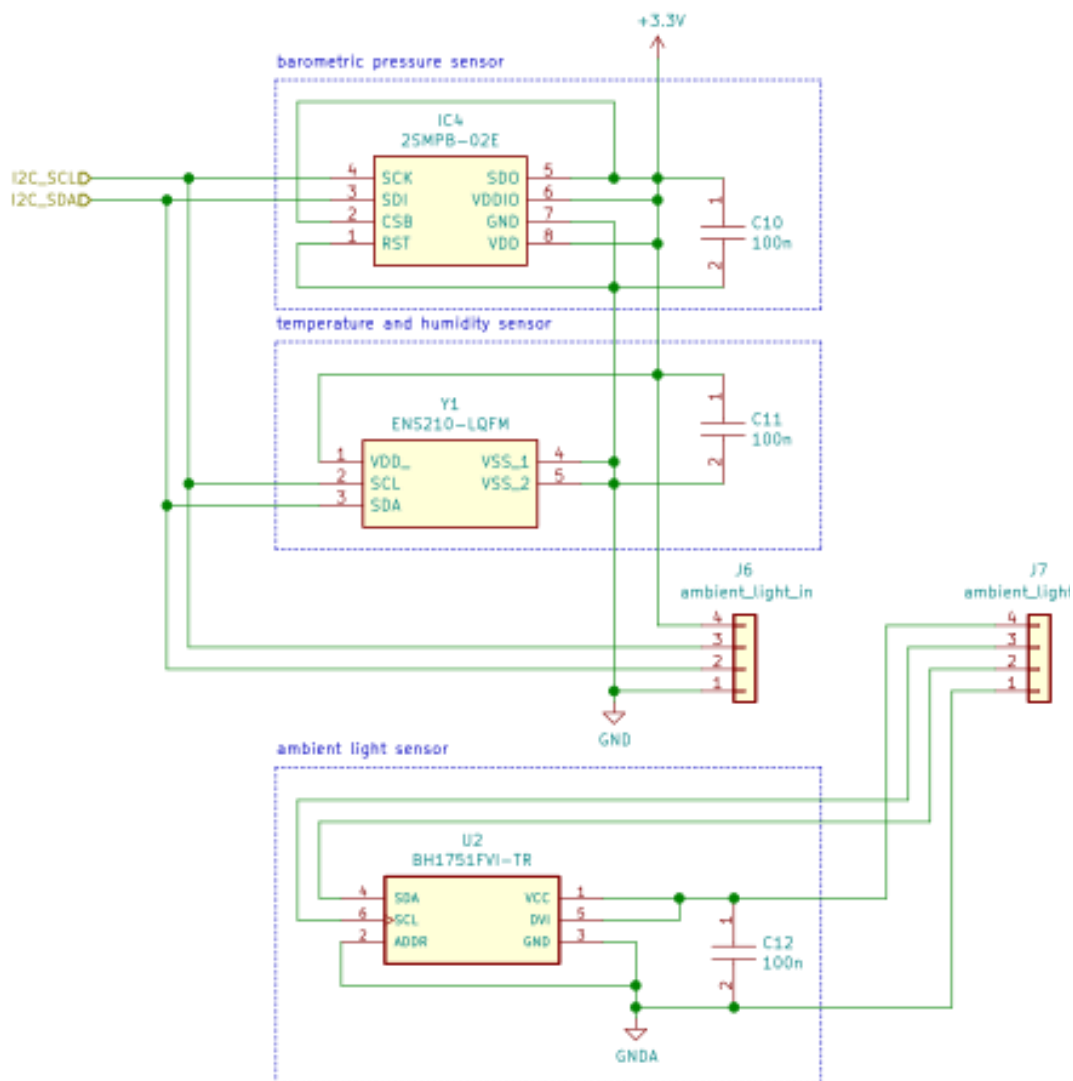
Posledním, ale neméně důležitým vyvedeným rozhraním bude další UART. Tento bude sloužit pouze pro komunikaci s uživatelem a výpis dat do konzole. Ve schématu je označen jako „user_interface“, později ho budeme nazývat zkratkou TUI (Text User Interface). Abychom mohli pouze pohledem zkontrolovat, zda meteostanice vyvíjí nějakou činnost, bude na linku TX připojena dioda, která bude při komunikaci na lince blikat.



Obrázek 5.2 Schéma el. zapojení napájecí a výpočetní části meteostanice



Obrázek 5.3 Schéma el. zapojení rozhraní pro připojení externích čidel



Obrázek 5.4 Schéma el. zapojení pro připojení interních i2c čidel

5.2 Deska plošných spojů

Pro návrh desky plošných spojů jsme vycházeli z elektrického zapojení vysvětleného v předchozím textu a taktéž jsme pro ni využili prostředí KiCad EDA.

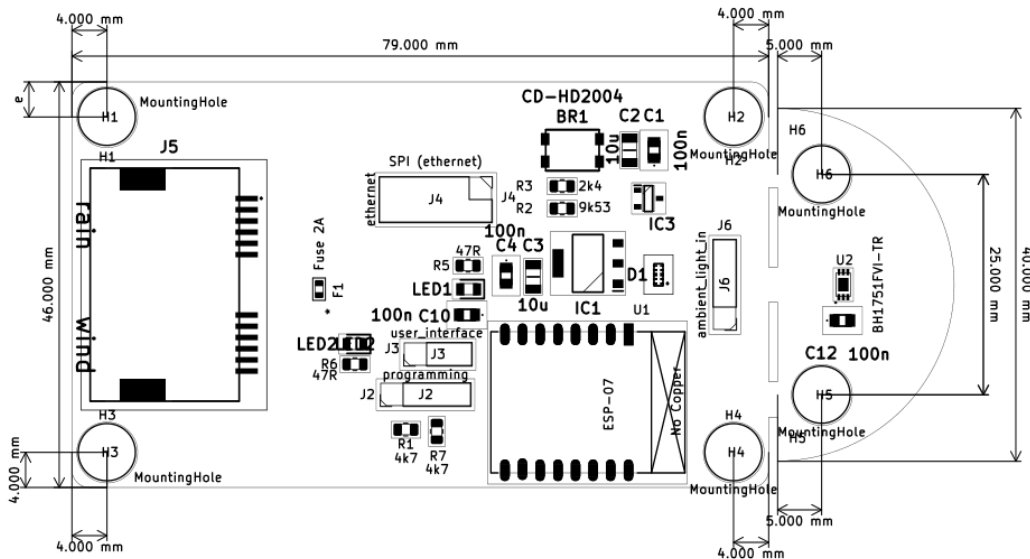
Při návrhu jsme byli omezeni rozměry meteorologického krytu, kde bude výsledný produkt našeho snažení umístěn. To jest pevná šířka modulu 46 mm a délka 80 mm. V návrhu také vytvoříme separátní malou desku plošného spoje pro umístění snímače intenzity svitu. Deska bude odlamovací, aby se dala jednoduše osadit součástkami společně s hlavní deskou a poté jednoduše oddělit. Důvodem je potřeba umístění snímače kolmo k hlavní desce.

Při návrhu desky plošných spojů budeme postupovat dle rozmístění v teoretickém blokovém návrhu – obrázek 4.7

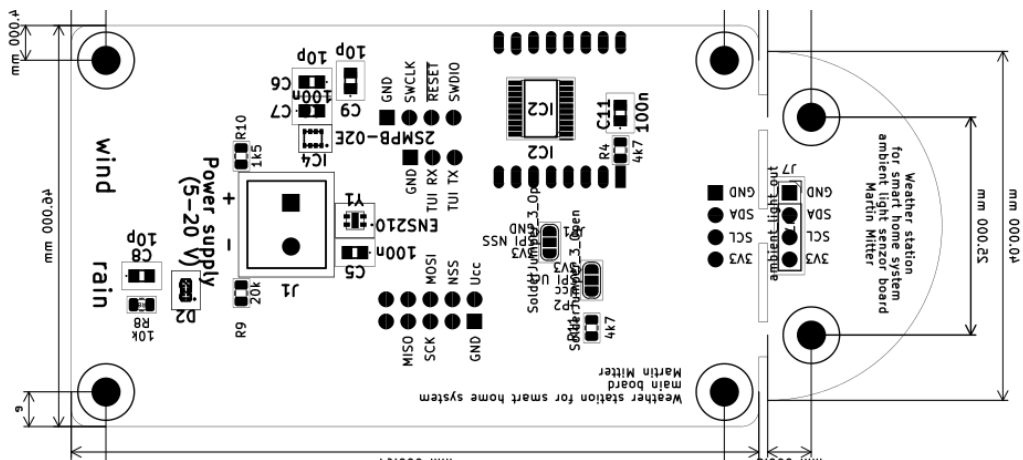
5.2.1 Návrh

Deska je navržena jako dvouvrstvá s osazením z obou stran a využívá rozlité mědi pro zjednodušení výrobního procesu. Obsahuje popisky pro jednodušší orientaci při osazování a při provozu. Všechny použité součástky jsou typu SMD vyjma šroubové svorkovnice, která je osazením skrze díry upevněna spolehlivěji a hřebenových konektorů pro komunikaci. Pro případ, že by bylo desku plošných spojů potřeba upevnit jiným než navrhovaným způsobem, třeba v jiné aplikaci, je deska opatřena montážními dírami.

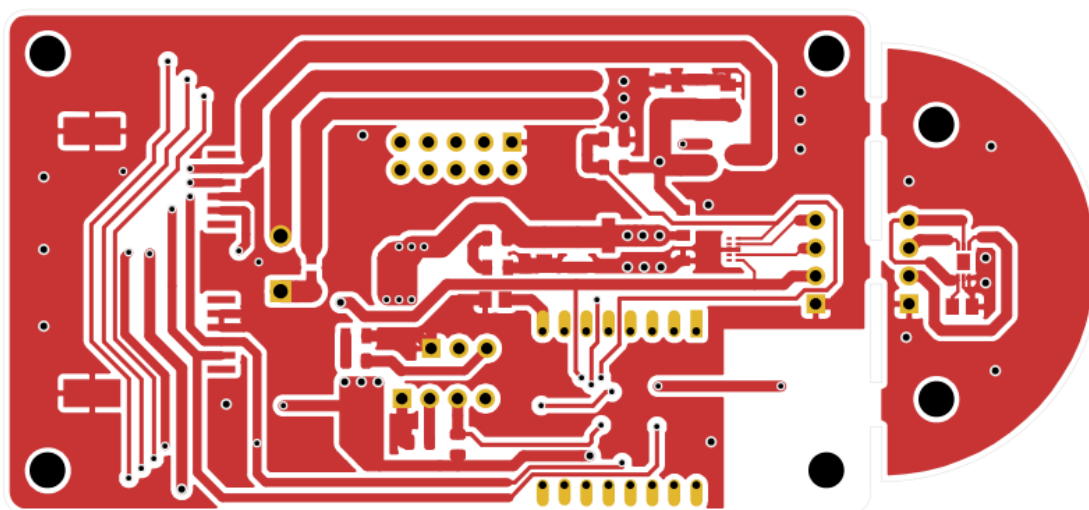
Protože vícevrstvý návrh může být nepřehledný a nemá dostatečně prezentační charakter, za pomoci FreeCAD softwaru byla vygenerována i 3D ukázka návrhu desky plošných spojů. Výsledek je zobrazen na obrázku 5.8 a obrázku 5.10. Při prohlídce 3D návrhu má konstruktér poslední šanci odhalit možné chyby, či nedokonalosti pře skutečným vyhotovením.



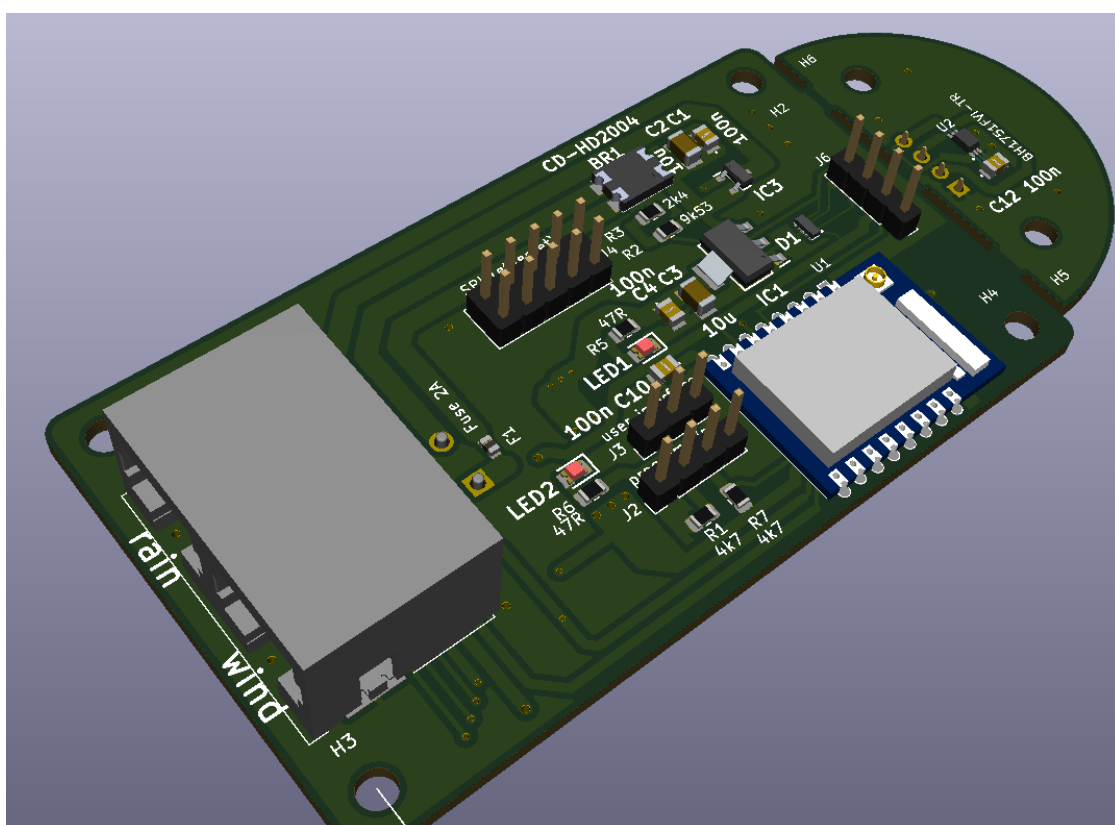
Obrázek 5.5 Pohled na svrchní stranu osazovacího plánu



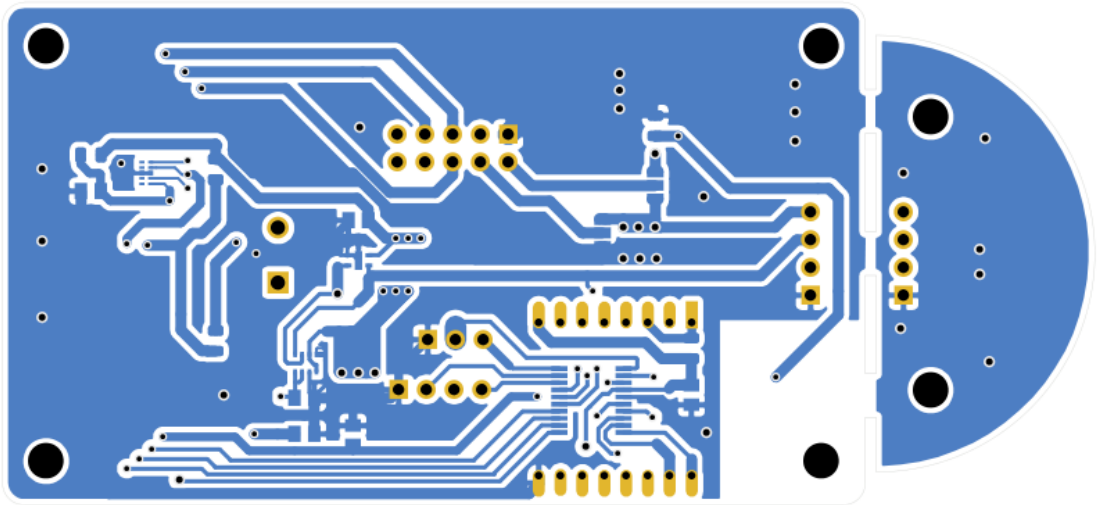
Obrázek 5.6 Pohled na spodní stranu osazovacího plánu



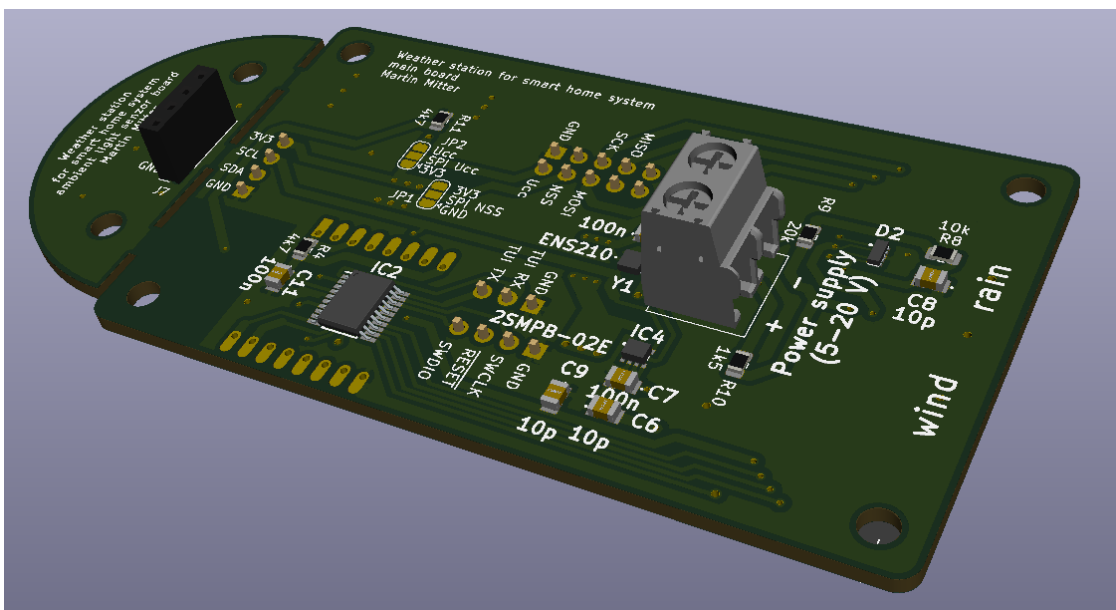
Obrázek 5.7 Pohled na svrchní vrstvu plošných spojů



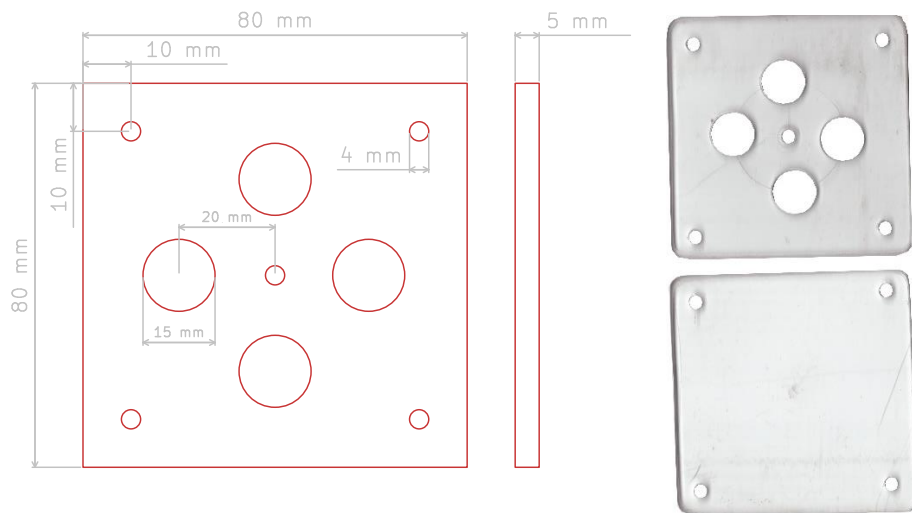
Obrázek 5.8 Pohled na svrchní stranu návrhu DPS



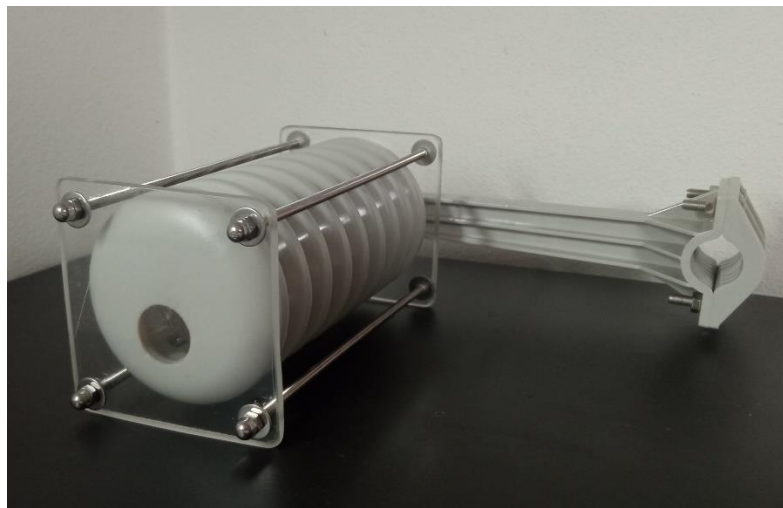
Obrázek 5.9 Pohled na spodní vrstvu plošných spojů



Obrázek 5.10 Pohled na spodní stranu návrhu DPS



Obrázek 5.12 Upevňovací destičky



Obrázek 5.13 Sestavený držák radiačního krytu

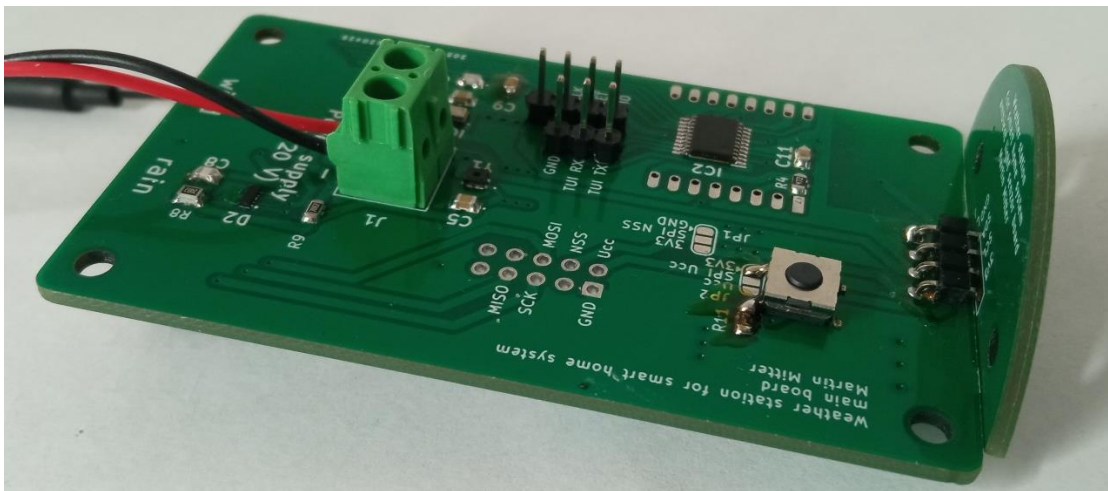
5.4 Výchřevný systém nálevky srážkoměru

Přípojný kabel byl pouze 2 žilový, pro implementaci výchřevného systému byl nahrazen 4 žilovým. NTC snímač teploty byl připájen na přívodní vodič a upevněn uvnitř těla snímače. Pro výchřev byli použity dvě topné folie diskutované v kapitole principiálního návrhu upevněné po obou stranách nálevky. Zkušební testy ukázali, že topné folie nelze uspokojivě upevnit tak, aby nepřekáželi v činnosti snímači. Jejich topný výkon se taktéž neukázal jako dostatečný. Tyto problémy způsobili, že od myšlenky výchřevného systému bylo upuštěno. NTC snímač ovšem zůstal zachován, jelikož vykazuje velmi uspokojivé výsledky při určování ambientní teploty.

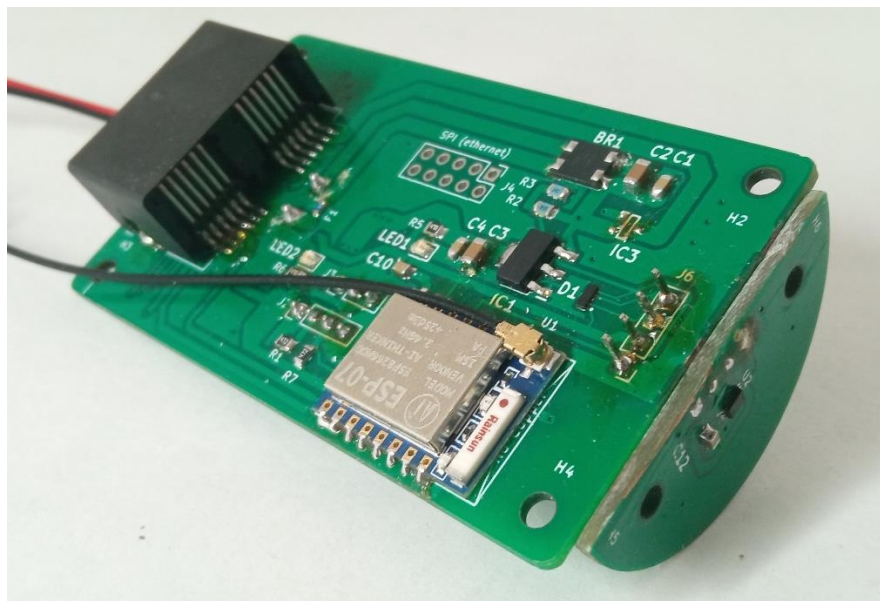
5.5 Změny

Největší změnou v návrhu systému bylo opuštění implementace výhřevného systému nálevky. Při vývoji softwaru meteostanice se toto ovšem nakonec ukázalo jako příhodná okolnost, jelikož se objevila potřeba přidělení tlačítka pro systém Smart connect. Tato změna nevyžaduje kompletní výrobu nových desek plošných spojů. Dostačuje na desku plošných spojů neosadit MOSFET tranzistor a tlačítko připájet mezi pájecí jumper pro napájení SPI rozhraní a již přítomný pull down rezistor, který byl na vstupu řízení tranzistoru. Implementace je znázorněna na obrázku

Dále se ukázalo, že hodnota kondenzátoru C9 nedostačuje k potlačení nežádoucích přechodových dějů na jazýčkovém relé dešťového senzoru. Hodnota byla proto zvýšena na 100 nF, což problém odstranilo.



Obrázek 5.14 Finální vyhotovení HW části meteostanice



Obrázek 5.15 Finální vyhotovení HW části meteostanice

5.6 Katalogový list

Srovnáním naměřených hodnot s referenčními měřidly jsme získali představu o funkčnosti systému. Na základě katalogových údajů jednotlivých snímačů a ověření funkčnosti vytvoříme katalogový list meteostanice.

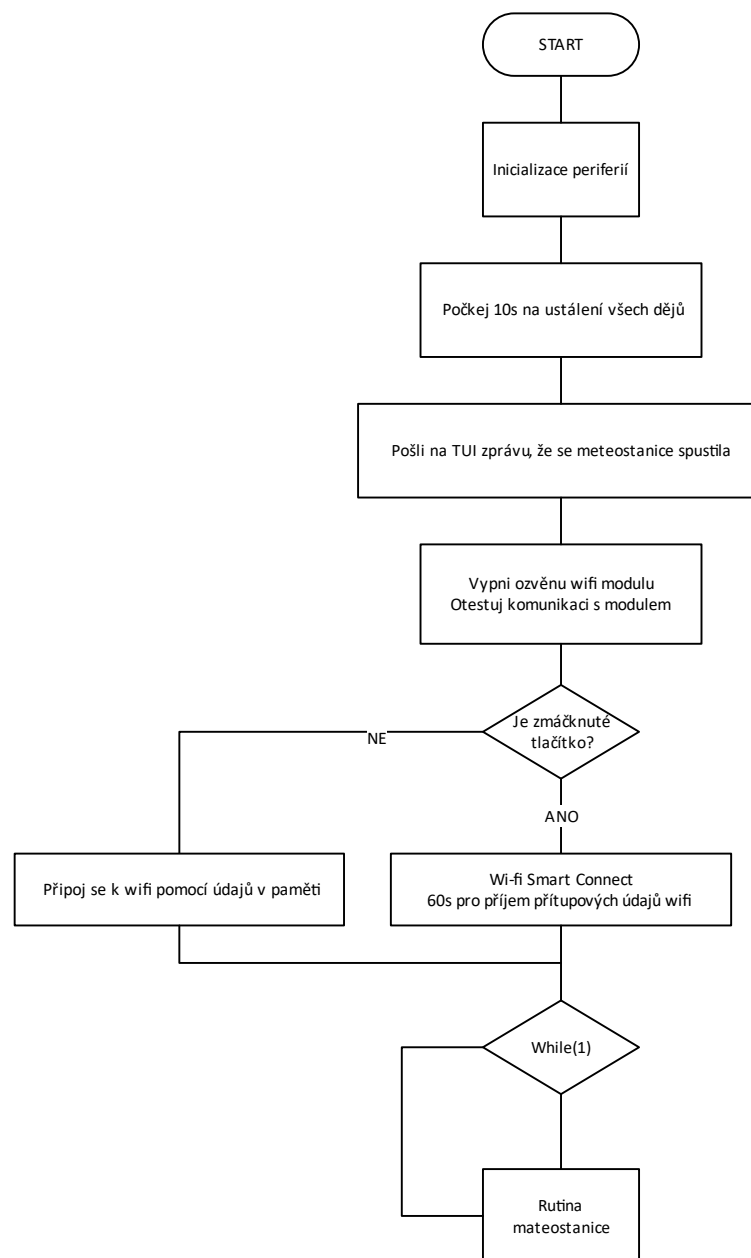
Tabulka 5.2 Katalogový list

Provozní parametry	Napájecí napětí [V]	4,5 – 20
	Průměrný odběr [mA]	90
	Operační teplota [°C]	-40 - +60
	Perioda měření [s]	10
Teplota	Rozsah [°C]	-40 - 100
	Rozlišení [°C]	0,016
	Tolerance [°C]	typ. 0,15 max. 0,3
Relativní vlhkost	Rozsah [%RH]	0-100
	Rozlišení [%RH]	0,03
	Tolerance [%RH]	typ. 2 max. 4
Barometrický tlak	Rozsah [hPa]	300 - 1100
	Rozlišení [Pa]	0,06
	Tolerance [Pa]	typ. 50 max. 80
Rychlost větru	Rozsah [km/h]	0-180
Směr větru	Rozlišení	16 poloh (22,5°)
Dešťové srážky	Rozsah [mm/h]	0-99999
	Rozlišení [mm/h]	0,2794
Intenzita osvětlení	Rozsah [lx]	0,11-100000
	Rozlišení [lx]	1

6. OBSLUŽNÝ SOFTWARE METEOSTANICE

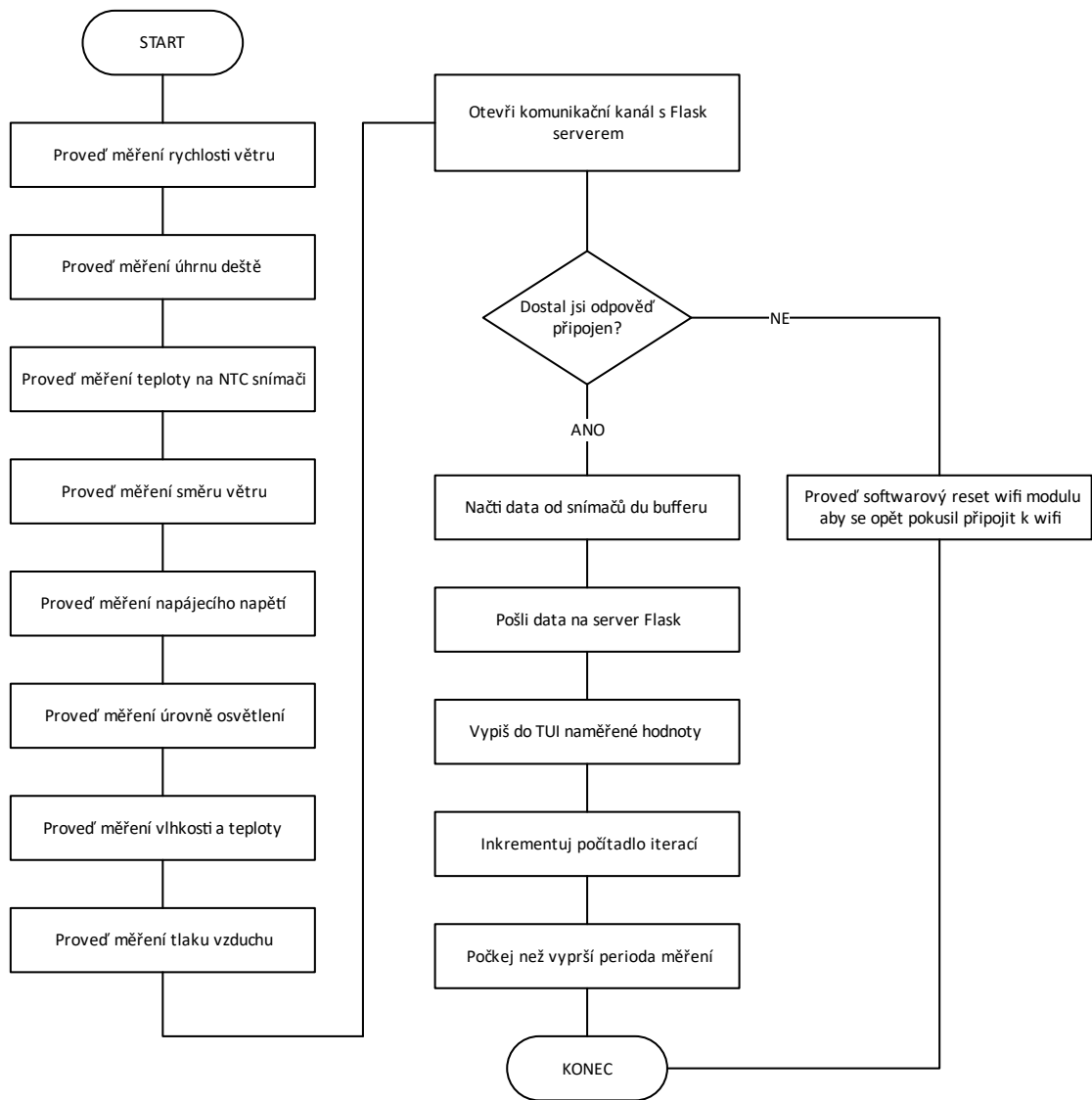
Vyvíjen v jazyce C v prostředí STM32CubeIDE, které zajišťuje širokou podporu pro práci s mikrokontroléry STM. Protože je softwarová implementace poněkud rozsáhlá, bude přiložena v příloze a princip programu bude předveden vývojovým diagramem.

6.1 Po zapnutí



Obrázek 6.1 Schéma programové rutiny po zapnutí napájení

6.2 Hlavní obslužná rutina



Obrázek 6.2 Hlavní programová rutina meteostanice

6.3 TUI

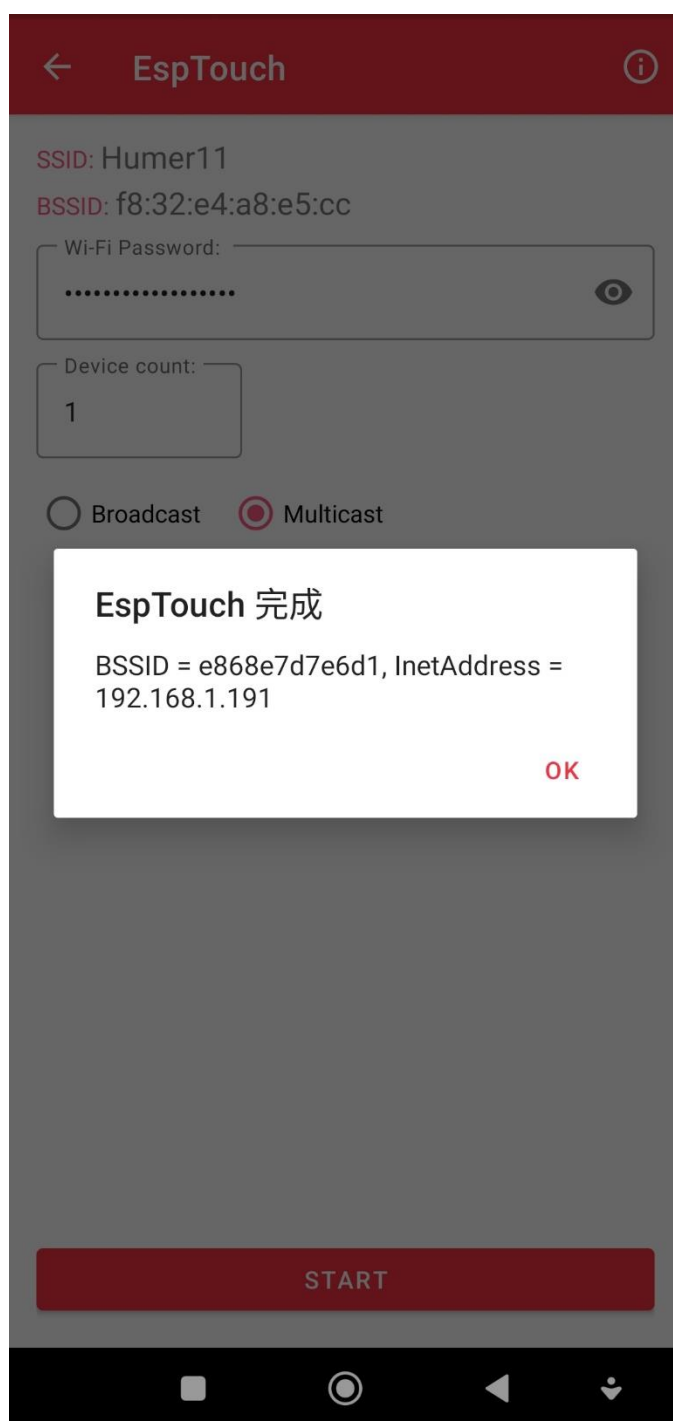
Skrze UART vypisujeme informační zprávy, této grafické úpravy:

```
=====
CONNECT
OK
-----
Temperature:          23.6 °C
Temperature NTC:     23.4 °C
Humidity:            46.7 %
Pressure:            1011.7 hPa
Illuminance:         7.1 lx
Wind direction:      45 °
wind Speed:          0.00 m/s
Rain:                1.118 mm/h
Supply Voltage:      5.0 V
iterace:             618
=====
```

Obrázek 6.3 Ukázka výstupu z TUI mikrokontroléru

6.4 Wi-fi a Smart Connect

Aby se náš systém obešel bez nutnosti napevno stanovit přístupové údaje k Wi-fi, implementovali jsme do našeho systému Smart Connect. Z PlayStore si stačí do svého mobilního přístroje nainstalovat aplikaci EspTouch a ujistit se, že je telefon připojen k Wi-fi síti do které si přejeme připojit meteostanici. Pak připojíme k meteostanici zdroj napájení a držíme zmáčknuté tlačítko meteostanice. Po deseti sekundách by měla být meteostanice v módu posluchače. Nyní máme 60 sekund abychom na telefonu v aplikaci zmáčknuli EspTouch, vyplnili heslo k wifí na kterou se připojujeme a klikli start. O tom, že meteostanice informaci obdržela nás zpráví notifikace.



Obrázek 6.4 Notifikace přijatých přístupových údajů k wi-fi

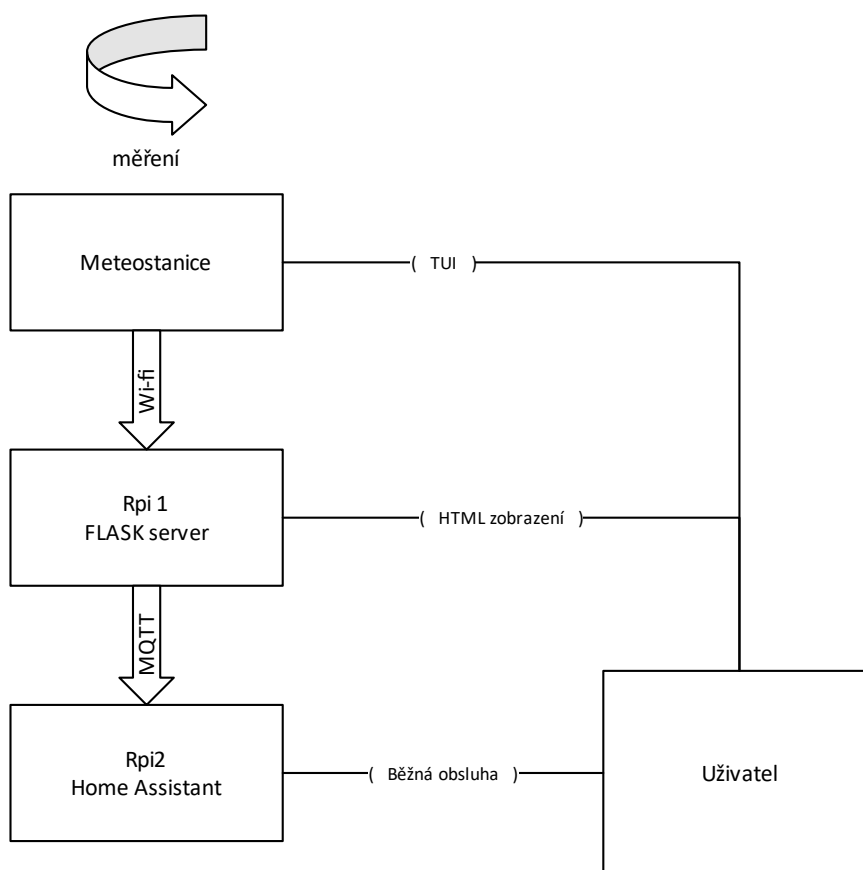
7. INTEGRACE DO SYSTÉMU CHYTRÉHO DOMU

Náš systém lze pro řízení chytrého domu využít ve dvou úrovních. Domácnost malého rozsahu jsme schopni obsloužit pomocí postupů zpracování dodaných hodnot, které si uživatel sám implementuje v rámci obsluhy Flask serveru. Pro řízení domácností středního rozsahu a pohodlnější obsluhu jsme implementovali předávání naměřených dat do prostředí Home assistant kde je uživatel může libovolně dle svého uvážení dále používat.

7.1 Princip funkce

Princip předávání dat ilustruje následující obrázek 7.1. a funguje tímto způsobem:

1. Meteostanice kontinuálně měří požadované meteorologické veličiny. Po každém ukončeném měření připraví naměřená data na přenos.
2. Vytiskne je přes UART (TUI) a pomocí Wi-Fi metodou GET odešle na Flaks server.
3. Ten obdržená data za zálohuje do souboru .tsv (tab separated column) a za pomoci MQTT serveru předá data Home Assistantovi pro další práci s nimi.



Obrázek 7.1 Princip předávání dat uvnitř našeho systému

K naměřeným datům může uživatel přistupovat vícero způsoby:

- Pomocí TUI čte přímo ze stanice
- Ručně získá od Flask serveru soubor s naměřenými daty
- Z Flask serveru si vyžádá data v HTML zobrazení
- Skrze prostředí Home assistenta si vyžádá z Flask serveru HTML zobrazení
- V prostředí Home assistenta otevře kartu s daty ze snímače (preferováno)

7.2 Flask server

Jedná se o program v jazyce Python běžící na dedukovaném stroji, který využívá mikro webový framework Flask.

7.2.1 Sběr dat

Data, která Flask server od meteostanice obdrží, automaticky zálohuje do textového souboru pro pozdější použití. Zálohy probíhají do souboru typu TSV (tab separated values) pro zajištění co nejjednodušší čitelnosti dat. Pro každý den je vytvořen nový záznam a všechny tyto soubory se ukládají do složky „save“ na zařízení provozujícím Flask server.

7.2.2 Předpověď počasí

Není možné vytvářet složité meteorologické předpovědi na základě údajů z jediné meteorologické stanice. To ani není cílem této práce. Na základě zjištěné hodnoty tlaku jsme ale schopni velmi primitivní předpověď pro velmi blízké časové období vytvořit. Tuto funkcionalitu podporuje jen HTML rozhraní poskytované Flask serverem. Použitím panel_iframu v Home assistantovi jsme ale schopni si tuto informaci také zobrazit.

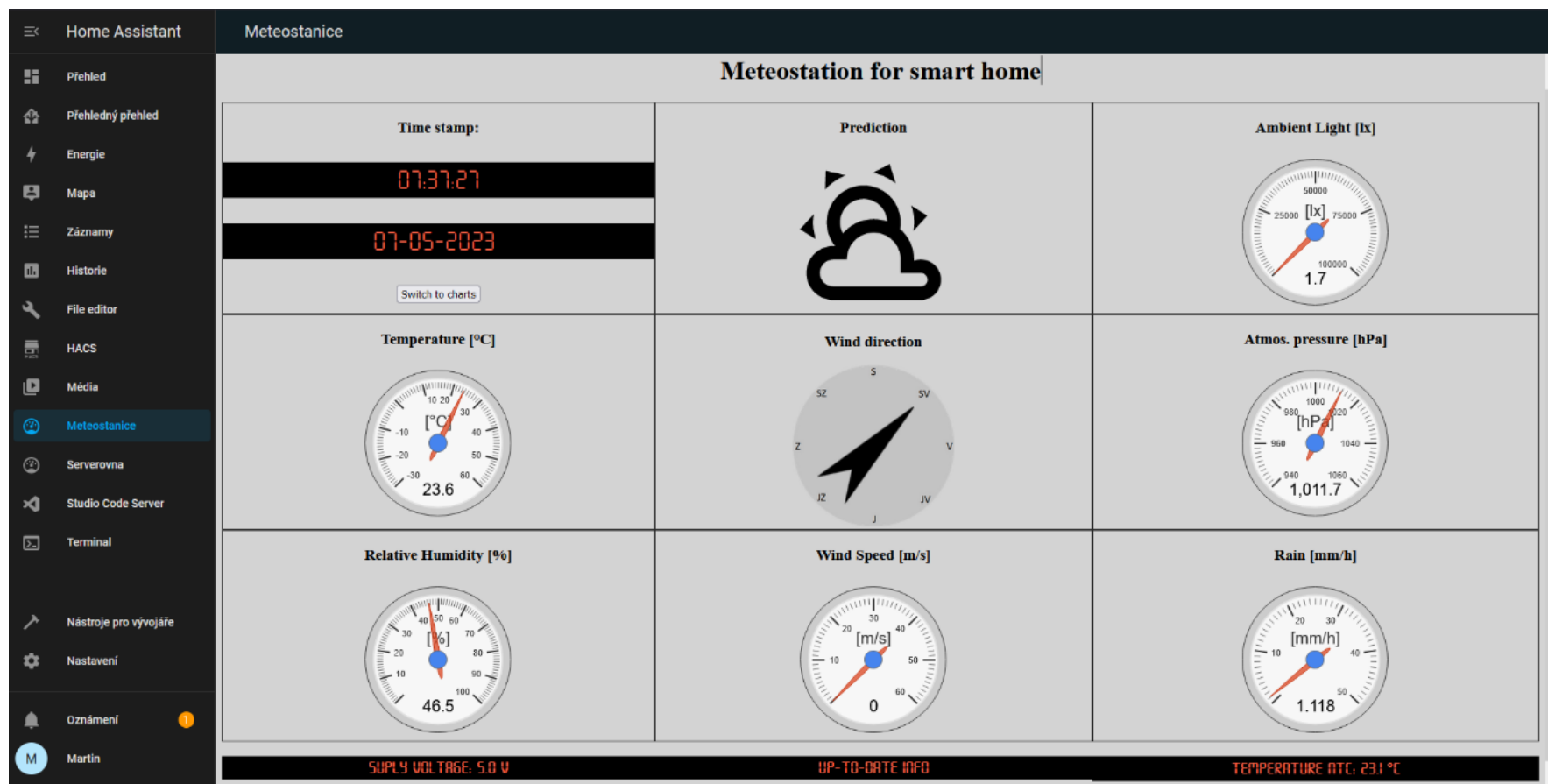
Predikce funguje následovně:

1. Pokud je naměřený tlak nižší než 1000 hPa je velká šance, že bude brzy pršet, nebo již prší
2. Pokud se měřený tlak pohybuje v rozmezí od 1000 hPa do 1020 hPa znamená to nestálé počasí
3. Pokud naměřený tlak přesahuje hodnotu 1020 hPa bude pravděpodobně slunečno

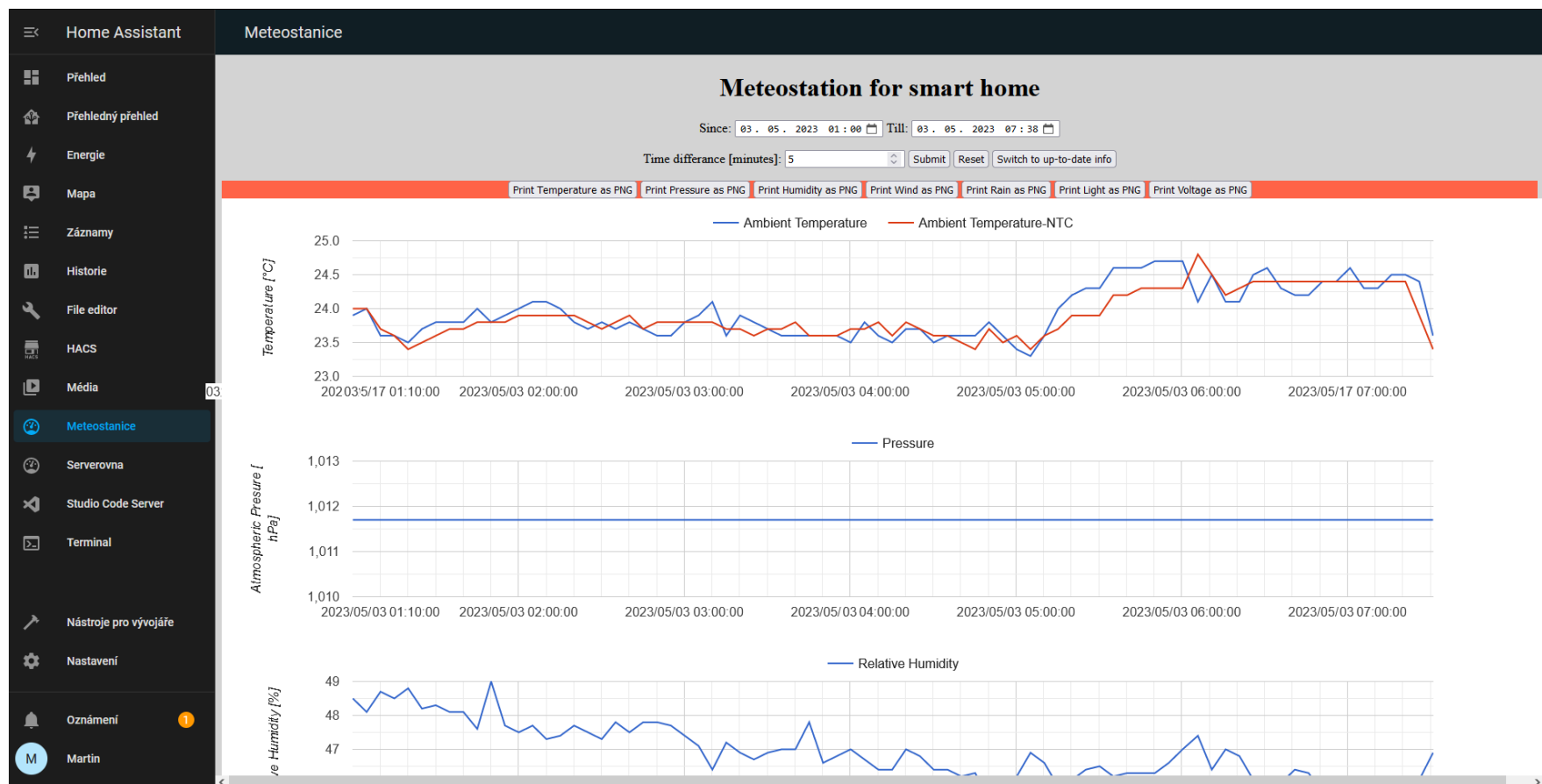
Predikci počasí předáme uživateli zobrazením jedné ze tří možných grafických ikon. Ikony poskytují Piktogrammery jako free, open-source.

7.2.3 Grafické zobrazení dat

Pro vykreslování grafů průběhů sledovaných veličin a zobrazení aktuálních hodnot na ukazateli je použito služeb Google charts. Jedná se o jednoduchou možnost, jak vytvořit grafickou reprezentaci hodnot v HTML.



Obrázek 7.2 Zobrazení nejnovějších měřených dat a předpovědi



Obrázek 7.3 Zobrazení historie měřených dat

7.3 MQTT server

Službu MQTT brokera zajišťuje Mosquitto broker, který je v Home Assistantovi poskytován jako stáhnutelný doplněk v rámci obchodu s doplňky.

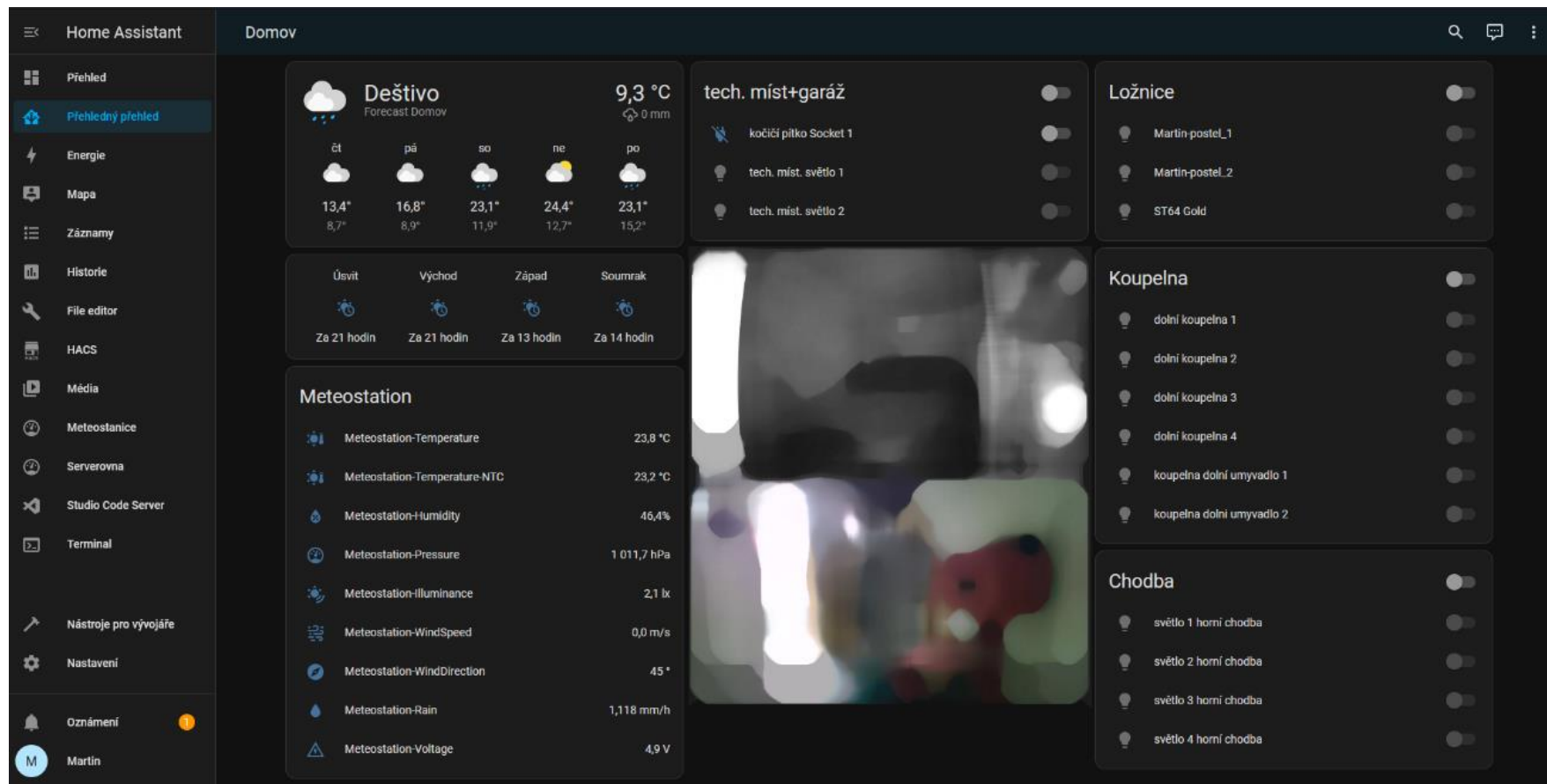
7.4 Home Assistant

Bezplatný a open-source software pro domácí automatizaci navržený pro centrální řízení systému inteligentní domácnosti. Nejpohodlnějším způsobem použití je instalace Home Assistant operačního systému na dedikované zařízení (např.: Raspberry Pi). Základní nastavení je velmi intuitivní a Home Assistant jím uživatele bez problému provede. Potom je již možné systém z velké části pohodlně používat bez potřeby speciálních znalostí.

Pro zprovoznění získávání dat z meteostanice stačí v obchodu s doplňky nainstalovat Mosquitto broker a Studio Code Server. Studio Code Server nám zpřístupní configuration.yaml, kam pak již jen stačí na konec souboru vložit následující text:

```
1 mqtt:
2   sensor:
3     - name: "Meteostation-Temperature"
4       state_topic: "Flask/meteostation/Temperature"
5       unit_of_measurement: "°C"
6       icon: mdi:sun-thermometer
7     - name: "Meteostation-Temperature-NTC"
8       state_topic: "Flask/meteostation/TemperatureNTC"
9       unit_of_measurement: "°C"
10      icon: mdi:sun-thermometer
11     - name: "Meteostation-Humidity"
12       state_topic: "Flask/meteostation/Humidity"
13       unit_of_measurement: "%"
14       icon: mdi:water-percent
15     - name: "Meteostation-Pressure"
16       state_topic: "Flask/meteostation/Pressure"
17       unit_of_measurement: "hPa"
18       icon: mdi:gauge
19     - name: "Meteostation-WindSpeed"
20       state_topic: "Flask/meteostation/WindSpeed"
21       unit_of_measurement: "m/s"
22       icon: mdi:weather-dust
23     - name: "Meteostation-WindDirection"
24       state_topic: "Flask/meteostation/WindDirection"
25       unit_of_measurement: "°"
26       icon: mdi:compass
27     - name: "Meteostation-Rain"
28       state_topic: "Flask/meteostation/Rain"
29       unit_of_measurement: "mm/h"
30       icon: mdi:water
31     - name: "Meteostation-Illuminance"
32       state_topic: "Flask/meteostation/Illuminance"
33       unit_of_measurement: "lx"
34       icon: mdi:sun-wireless
35     - name: "Meteostation-Voltage"
36       state_topic: "Flask/meteostation/Voltage"
37       unit_of_measurement: "V"
38       icon: mdi:flash-triangle-outline
39
```

Obrázek 7.4 integrace meteostanice do HA



Obrázek 7.5 Přístup k datům z meteostanice v rámci HA

8. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala návrhem realizace meteostanice pro použití v systému inteligentního řízení domu.

První část práce se věnovala rozboru vědních disciplín se kterými meteostanice úzce souvisí a představení organizací které meteorologii zastřešují.

Pozornost práce se poté přesunula na představení přínosu informací poskytovaných meteostanicí pro systém chytrého domu a způsoby, jak jich využít.

Následně jsme provedli průzkum trhu konkurenčních řešení a konkurenční konstrukce mezi sebou porovnali.

Informace získané z průzkumu trhu jsme využili pro výběr vhodných snímačů meteorologických veličin pro použití v meteostanici

Zvolili jsme hardwarové řešení meteostanice a diskutovali jeho předpokládané parametry.

Na základě navrženého hardwarového řešení jsme vytvořili fyzický funkční celek.

Realizovali jsme softwarové vybavení meteostanice a za jeho pomoci jsme oživilí vzniklý hardware.

Provedli jsme ověření funkčnosti a parametrů. Sestavili jsme katalogový list.

Modul meteostanice jsme doplnili o integrace do systému inteligentního domu.

LITERATURA

- [1] *Úvod do studia meteorologie a klimatologie. Klimatologie a hydrogeografie pro učitele* | Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity [online]. [cit. 29.12.2021]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/01-uvod.html
- [2] Příspěvatelé Wikipedie, *Meteorologie* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2021, Datum poslední revize 5. 11. 2021, 09:58 UTC, [citováno 29. 12. 2021] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Meteorologie&oldid=20611255>
- [3] *Historický vývoj meteorologie a klimatologie*. [online]. Poslední aktualizace 30. 10. 2015 [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.pocasicz.cz/aktuality-o-pocasi/aktuality-471/historicky-vyvoj-meteorologie-a-klimatologie-472>
- [4] Vysoudil, M. *Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 2013. ISBN 978-80-244-3892-4.
- [5] *Světová meteorologická organizace*. [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://public.wmo.int/en/about-us/who-we-are>
- [6] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/o-nas/historie-ustavu>
- [7] *Meteorologická budka* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <http://metmladez.wz.cz/metdeti/i01.htm>
- [8] *Meteokryt před vlivy počasí - COMETEO F8100* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <http://www.mericitechnika.cz/meteokryt-pred-vlivy-pocasi-radiacni-kryt-cometeo-f8100#fotografie>
- [9] Příspěvatelé Wikipedie, *Teplota* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2021, Datum poslední revize 4. 11. 2021, 13:17 UTC, [citováno 30. 12. 2021] <<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Teplota&oldid=20608901>>
- [10] Loxone, *Weather Station Air part No.: 100245*, datasheet [online], Datum poslední revize 10. 4. 2020, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_WeatherStationAir.pdf
- [11] *Meteostanice Air* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://shop.loxone.com/cscz/meteostanice-air.html>
- [12] *GARNI 2055 Arcus* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.garnitechnology.cz/garni-2055-arcus/>
- [13] *GARNI 940* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.garnitechnology.cz/garni-940/>
- [14] *Sencor SWS 9898* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.sencor.cz/meteorologicka-stance/sws-9898>
- [15] *Meteostanice WH1080* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.hadex.cz/t104-meteostanice-wh1080/>

- [16] *ESP8266 WIFI Modul ESP-07* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/esp8266-wifi-modul-esp-07#product-detail>
- [17] *Topná samolepící fólie na 12 V* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.terko.cz/cs/topna-samolepici-folie-na-12-v-prikon-12w-11x7-7cm-603pv-html>
- [18] *12V/ 3W topná folie ohebná, samolepící, PES (60 x 47mm)* [online]. [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.growzone.cz/12V-3W-topna-folie-ohebna-samolepici-PES-60-x-47mm-d3731.htm>
- [19] ROHM semiconductors, *Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC BH1721FVC*, datasheet No.: 11046ECT10 [online], Poslední revize 2019.9-Rev. C, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/348/bh1721fvc-e-1874429.pdf>
- [20] ROHM semiconductors, *Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC BH1751FVI*, datasheet No.: 11046EBT09 [online], Poslední revize 2011.11-Rev. B, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: https://cz.mouser.com/datasheet/2/348/ROHMS34827_1-2561481.pdf
- [21] ROHM semiconductors, *Analog Current Output Ambient Light Sensor IC BH1680FVC*, datasheet No.: 12046EBT14 [online], Poslední revize 2012.02-Rev. B, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/348/bh1680fvc-e-1874336.pdf>
- [22] OMRON Corporation, *2SMPB-02B Digital Barometric Pressure Sensor*, datasheet 2SMPB-02B [online], Poslední revize:16(Jun.,2017), [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: https://cz.mouser.com/datasheet/2/307/omron_2SMPB-02B_DS_rev16-1219470.pdf
- [23] OMRON Corporation, *2SMPB-02E Digital Barometric Pressure Sensor*, datasheet 2SMPB-02E [online], Poslední revize:05(Jun.,2017), [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/307/Omron-2SMPB-02E-1275261.pdf>
- [24] ROHM semiconductors, *Pressure Sensor IC BM1383AGLV*, datasheet TSZ02201-0M1M0FZ15130-1-2 [online], Poslední revize 24.Mar.2016 Rev.003, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/348/bm1383aglv-e-1874398.pdf>
- [25] TDK InvenSense, *High Accuracy, Low Power, Waterproof Barometric Pressure and Temperature Sensor IC ICP-10100, ICP-10101, ICP-10110, ICP-10111*, datasheet DS-000186 [online], Poslední revize 05/06/2019 Rev.1.2, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: https://product.tdk.com/system/files/dam/doc/product/sensor/pressure/capacitive-pressure/data_sheet/ds-000186-icp-101xx.pdf
- [26] ScioSense, *ENS210 Relative Humidity and Temperature Sensor with I²C Interface*, datasheet SC-000897-DS-2 [online], Poslední revize 04-Dec-2020 Rev.2, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/1081/ENS210-1984006.pdf>

- [27] Sensirion, *SHT20 Humidity and Temperature Sensor IC*, datasheet [online],
Poslední revize May 2014 Rev.4, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z:
https://cz.mouser.com/datasheet/2/682/Sensirion_Humidity_Sensors_SHT20_Datasheet-1511098.pdf
- [28] Sensirion, *SHT21 Humidity and Temperature Sensor IC*, datasheet [online],
Poslední revize May 2014 Rev.4, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z:
https://cz.mouser.com/datasheet/2/682/Sensirion_Humidity_Sensors_SHT21_Datasheet-1511537.pdf
- [29] Sensirion, *SHT25 Humidity and Temperature Sensor IC*, datasheet [online],
Poslední revize May 2014 Rev.3, [cit. 30. 12. 2021], dostupné z:
https://cz.mouser.com/datasheet/2/682/Sensirion_Humidity_Sensors_SHT25_Datasheet-1512227.pdf
- [30] *485 Ultrasonic Wind Speed & Direction Sensor High Precision Environmental Monitoring Anemometer Integrated Transmitter* [online]. [cit. 29. 12. 2021].
Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/4001193055844.html>
- [31] *Vnější mechanické díly k meteo WH1080 a WH1090* [online]. [cit. 29. 12. 2021].
Dostupné z: <https://www.hadex.cz/t110-vnejsi-mechanicke-dily-k-meteo-wh1080-a-wh1090/>
- [32] MITTER, Martin. *Meteostanice pro systém chytrého domu*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/138467>. Semestrální práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Soňa Šedivá.

PŘÍLOHY

příloha 1 CD