

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Monitoring venkovního prostředí

Jan Riegr

Bakalářská práce
2020

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Riegr**
Osobní číslo: **I17055**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Téma práce: **Monitoring venkovního prostředí**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

Zásady pro vypracování

Stav venkovního prostředí většinou měříme pouze teplotou, ale často jsou užitečné i další veličiny jako je vlhkost, tlak, intenzita světla, jeho složek, případně veličiny vyjadřující kvalitu venkovního prostředí, velkou přidanou hodnotou může být nejen aktuální hodnota ale i trendy. Cílem práce je navrhnout zařízení pro monitorování stavu prostředí, které by monitorovalo vlhkost, teplotu a tlak, případně složení vzduchu (obsah oxidu uhličitého, nebo kyslíku, případně nebezpečných plynů). V teoretické části budou vybrány měřicí prvky, kdy bude provedena rešerše dostupných snímačů, popsán způsob jejich použití a bude na tomto základě proveden výběr. Součástí teoretické práce bude popis možnosti sdílení dat a přehled prostředků pro řešení sdílení dat do sítě za použití mimo jiné cloudových služeb. V praktické části bude proveden návrh a realizace měřicí stanice se záznamem na lokálním médiu, nebo a sdílením dat mimo vlastní zařízení.

Rozsah pracovní zprávy: **30-60**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesoru a instrukční soubor. Praha: BEN technická literatura, 2003. 336 s. ISBN 978-80-7300-083-0.
[2] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: programování v jazyce C. Praha: BEN technická literatura, 2003. 216 s. ISBN 978-80-7300-102-0.
[3] VLACH, J. Řízení a vizualizace technologických procesů. Praha: BEN technická literatura, 2002. 160 s. ISBN 978-80-86056-66-X.
[4] BRTNÍK, B. Základní elektronické obvody. Praha: BEN technická literatura, 2011. 156s. ISBN 978-80-7300-408-8
[5] RIPKA, P.; TIPEK, A. Master Book of Sensors. Praha : BEN, 2003. ISBN 0-12-752184

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Rozsival**
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. listopadu 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2020**



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Jan Pidanič, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 17. prosince 2019

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 17. 5. 2020

Jan Riegr

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Pavlu Rozsivalovi za vstřícný přístup, cenné rady a pomoc při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

ANOTACE

Práce se zabývá návrhem a realizací domácí meteostanice. Výstupní data jsou ukládána na lokálním médiu, odesílána na server a zobrazována na LCD displeji.

V teoretické části jsou vybrány a popsány principy běžně užívaných snímačů v komerčně vyráběných meteostanicích. Seznam je doplněn i o další snímače, které jsou běžně dostupné a vhodné pro užití pro měření dané veličiny.

Praktická část se věnuje realizaci meteostanice a jejího uvedení ve funkční celek. U každého snímače je znázorněno jeho zapojení a popsán způsob získání dat. Dále je popsán způsob vytvoření webového rozhraní pro přístup k aktuálním měřeným údajům pomocí jazyků HTML, PHP a kaskádních stylů CSS.

KLÍČOVÁ SLOVA

meteostanice, Arduino, teplota, vlhkost, hluk, tlak, vítr, UV záření

TITLE

Outdoor environment monitoring

ANNOTATION

The work deals with the design and implementation of a home weather station. The output data is stored on a local medium, sent to the server and displayed on the LCD display.

The theoretical part selects and describes the principles of commonly used sensors in commercially manufactured weather stations. The list is supplemented by other sensors that are commonly available and suitable for use in measuring a given quantity.

The practical part is devoted to the implementation of the weather station and its introduction into a functional unit. For each sensor, its connection is shown and the method of data acquisition is described. Next, a method of creating a web interface for access to current measured data using HTML, PHP and cascading CSS styles is described.

KEYWORDS

weather station, Arduino, bus, temperature, humidity, noise, pressure, wind, UV radiation

OBSAH

ÚVOD	13
1 SENZORY A JEJICH PRINCIPY	14
1.1. Senzory pro měření teploty	14
1.1.1. Odporové polovodičové senzory teploty	14
1.1.2. Polovodičové snímače s PN přechodem	15
1.1.3. Krystalový senzor teploty	15
1.2. Senzory pro měření vlhkosti	16
1.2.1. Kapacitní vlhkoměry	16
1.3. Senzory pro měření tlaku	17
1.3.1. Piezorezistorové snímače	17
1.4. Senzory pro měření směru a rychlosti větru	18
1.4.1. Mechanické anemometry	18
1.4.2. Ultrazvukové anemometry	19
1.5. Senzory UV záření	19
1.6. Senzory hluku	20
1.6.1. Kondenzátorový mikrofon	21
1.6.2. Elektretový mikrofon	21
2 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE	21
2.1. OneWire	21
2.2. I ² C	23
2.3. RS485	25
2.4. SPI	26
3 MIKROKONTROLER A PERIFERIE	28
3.1. Platforma Arduino	28
3.2. Ethernet Shield	30
3.3. Modul DS1307	31
3.4. LCD Displej	32

3.5.	UV záření	33
4	PRAKTICKÉ PROVEDENÍ METEOSTANICE	34
4.1.	Napájení	35
4.2.	Získání dat ze senzorů	36
4.2.1.	Senzor teploty DS18B20Z+	36
4.2.2.	Tlakový senzor MPXA6115A	36
4.2.3.	Vlhkoměr HIH-5030-001	37
4.2.4.	Anemometr	38
4.2.5.	Měření intenzity UV záření	40
5	PROGRAM	40
5.1.	Venkovní část	40
5.2.	Vnitřní část	42
6	VZDÁLENÝ PŘÍSTUP	44
6.1.	Provoz webu	44
6.1.1.	Webhosting	44
6.1.2.	Domény	45
6.2.	Praktické řešení	46
7	ZÁVĚR	47
	LITERATURA	48
	PŘÍLOHY	49
	PŘÍLOHA A – Konečná schémata zapojení jednotlivých DPS	49
	PŘÍLOHA B – Seznam použitých součástek	51
	PŘÍLOHA C – Průběh výroby DPS	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Charakteristiky termistorů.....	14
Obrázek 2: Voltampérová charakteristika snímače s PN přechodem.....	15
Obrázek 3: Senzor vlhkosti HIH5030.....	16
Obrázek 4: Vnitřní schéma piezorezistorového snímače.....	17
Obrázek 5: Senzor rychlosti větru	18
Obrázek 6: Senzor směru větru (větrná růžice)	18
Obrázek 7: Ultrazvukový anemometr.....	19
Obrázek 8: Zapojení senzoru ke sběrnici OneWire	22
Obrázek 9: Zahájení komunikace přes sběrnici OneWire	22
Obrázek 10: Vysílání dat přes sběrnici OneWire	23
Obrázek 11: Příjem dat přes sběrnici OneWire	23
Obrázek 12: Schéma zapojení sběrnice I ² C.....	24
Obrázek 13: Průběh komunikace přes sběrnici I ² C	24
Obrázek 14: Schéma zapojení sběrnice RS485	25
Obrázek 15: Modul RS485 pro Arduino.....	25
Obrázek 16: Schéma zapojení sběrnice SPI	26
Obrázek 17: SPI přenos při CPHA = 0	27
Obrázek 18: SPI přenos při CPHA = 1	27
Obrázek 19: Arduino Uno s mikroprocesorem ATmega328	28
Obrázek 20: Napájecí obvod Arduina Uno.....	29
Obrázek 21: Zapojení mikroprocesoru ATmega328P.....	29
Obrázek 22: Ethernet Shield W5100	30
Obrázek 23: Modul reálného času DS1307	31
Obrázek 24: LCD displej 20x4 s expanderem PCF8574.....	32
Obrázek 25: Modul měřící intenzitu UV záření	33
Obrázek 26: Schéma meteostanice	34
Obrázek 27: Zapojení napěťového stabilizátoru 7805.....	35
Obrázek 28: Zapojení napěťového stabilizátoru LE33CZ.....	35
Obrázek 29: Zapojení senzoru ke sběrnici OneWire	36
Obrázek 30: Zapojení senzoru tlaku	37
Obrázek 31: Výstupní charakteristika snímače vlhkosti.....	37
Obrázek 32: Schéma zapojení Anemometru	38

Obrázek 33: Odporová hvězdice větrné růžice	39
Obrázek 34: Výstupní charakteristika senzoru UV záření.....	40
Obrázek 35: Příklad přenosu dat přes RS485	41
Obrázek 36: Ukázka uložených dat	43
Obrázek 37: LCD displej 20x4 se snímanými hodnotami20	43
Obrázek 38: LCD displej 20x4 se snímanými hodnotami	43
Obrázek 39: Webové rozhraní4 znaky.....	43
Obrázek 40: Webové rozhraní	47

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnoty UV indexu.....	20
Tabulka 2: Režimy sběrnice SPI.....	27
Tabulka 3: Popis LED diod ethernetového modulu W5100.....	30
Tabulka 4: Piny modulu reálného času	31
Tabulka 5: Označení vstupů LCD displeje	32
Tabulka 6: Napětí na výstupu větrné růžice	39
Tabulka 7: Označení snímačů pro odesílání dat	42

SEZNAM ZKRATEK

ROM	Read-Only Memory. Paměť jen pro čtení
I ² C	Inter-Integrated Circuit. Vnitřní integrovaný obvod
SDA	Synchronous Data. Synchronní data
SCL	Synchronous Clock. Synchronizační hodinový signál
R/W	Read or Write. Čtení nebo zápis
RRM	Revolutions per minute
EEPROM	Electrically Erasable Programmable

ÚVOD

Mezi lidmi postupně rostou nároky na podrobnější měření stavu venkovního prostředí. Dalším požadavkem, odrážejícím dnešní dobu je možnost sledování aktuálních dat přes internet nebo v mobilním telefonu nebo tabletu. Na trhu sice najdeme řešení, která komplexnější měření umožňují, ale jejich cena se pohybuje v řádech vyšších tisíců korun. Navíc i u takto drahých meteostanic může zákazník narazit na různá omezení ze strany výrobce jako je ukládání naměřených dat jen po určitou dobu nebo omezený vzdálený přístup.

Cílem této práce je navrhnout řešení meteostanice měřící venkovní a vnitřní teplotu, vlhkost, tlak, rychlost a směr větru, intenzitu UV záření a intenzitu hluku. Konkrétní měřené veličiny byly vybrány s ohledem na místo měření. Získané hodnoty budou ukládány na SD kartu a současně odesílány na webový server pro možnost vzdáleného přístupu. Meteostanice bude rozdělena na venkovní a vnitřní část. Ve venkovní části budou umístěny samotné snímače. Vnitřní část data zpracuje, uloží a odešle na web. Současně budou data ještě zobrazena na alfanumerickém displeji.

V teoretické části budou podrobně popsány principy jednotlivých snímačů. Po prozkoumání vlastností běžně dostupných meteostanic na trhu budou vybrány ty snímače, které se v nich běžně používají. Ty budou navíc doplněny o snímače běžně dostupné na trhu se součástkami, které lze k měření také vhodně použít. Také bude podrobně vysvětlen přenos dat skrz jednotlivé sběrnice použité v této práci.

V praktické části budou zdůvodněny volby konkrétních snímačů a podrobně znázorněny a popsány jejich zapojení do obvodu. Dále budou popsány jednotlivé kroky tvorby a provozu vlastního webu sloužící pro vzdálený přístup k naměřeným hodnotám.

1 SENZORY A JEJICH PRINCIPY

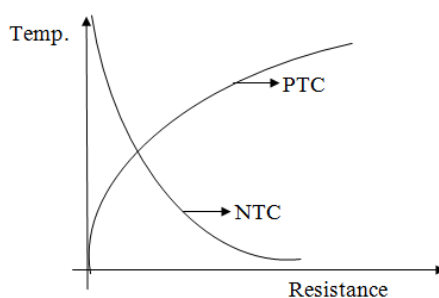
1.1. Senzory pro měření teploty

Teplota je jednou ze základních veličin soustavy SI. Obecně je to vlastnost předmětů, díky které dokáže člověk přiřadit pocity studena a tepla. Základní jednotkou je kelvin, v praxi se, ale používá spíše vedlejší jednotka Celsia. Celsiova stupnice má oproti stupnici kelvinu posunutý začátek: $0 \text{ K} = -273,15 \text{ °C}$, ale stejný rozdíl teplot $1 \text{ K} = 1 \text{ °C}$. Další známou stupnicí je například Fahrenheitova stupnice používaná v USA.

V následujícím přehledu jsou uvedeny senzory, které jsou běžně k sehnání a jsou vhodné k použití pro stavbu domácí meteorologické stanice.

1.1.1. Odporové polovodičové senzory teploty

Termistory najdeme v nejjednodušších teploměrech a meteostanicích. Jsou založeny na změně měrného odporu při změně teploty u kovových oxidů nebo keramiky. Pro běžné teploty vzduchu jsou velmi citlivé. Dle teplotního koeficientu se vyrábějí dva druhy termistorů – pozistory a negastory. Negastor má negativní teplotní koeficient, takže zahříváním součástky odpor klesá. Vlastnosti pozistoru (PTC) jsou opačné. Zatímco pro měření teploty se v meteostanicích používají NTC termistory, PTC termistory najdou uplatnění například v elektronice pro omezení proudu protékajícího obvodem.

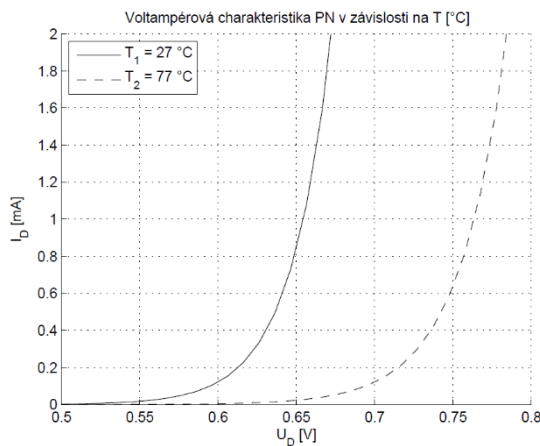


Obrázek 1: Charakteristiky termistorů

Zdroj: (Kufre, 2012, s. 57)

1.1.2. Polovodičové snímače s PN přechodem

Principem těchto snímačů je teplotní závislost napětí PN přechodu v propustném směru. U běžně dostupných snímačů se používají buď diody nebo tranzistory. V případě využití tranzistorů se využívá teplotní závislosti přechodu báze-emitor.



Obrázek 2: Voltampérová charakteristika snímače s PN přechodem

Zdroj: (Malý, 2012)

1.1.3. Krystalový senzor teploty

Krystalové senzory teploty pracují na principu odchýlení kmitočtu oscilátoru od jeho charakteristického kmitočtu při změně teploty. Obvykle bývají použity dva oscilátory. Jeden s nízkým teplotním koeficientem, u něhož se kmitočet se změnou teploty mění jen málo, a druhý s vysokým teplotním koeficientem, u něhož dochází k velkým odchylkám frekvence od daného kmitočtu. Výhodou těchto snímačů je jejich velká rozlišovací schopnost. Nevýhodou je naopak jejich náchylnost vůči okolnímu rušení.

Příkladem krystalového oscilátoru je například velmi oblíbené a používané teplotní čidlo DS18B20.

1.2. Senzory pro měření vlhkosti

Množství vodních par ve vzduchu lze vyjádřit pomocí absolutní nebo relativní vlhkosti. Absolutní vlhkost je hmotnost vodní páry v jednotce objemu vzduchu. Vzduch o určité teplotě dokáže přijmout jen určité množství vodních par, poté dojde k nasycení a kondenzaci. Čím vyšší je teplota, tím více vodních par dokáže vzduch přijmout. Poměr mezi aktuálním a absolutním nasycením udává relativní vlhkost vzduchu. Udává se v procentech a setkáme se s ní při měření nejčastěji.

Posledním důležitým údajem je rosný bod. Říká, na kolik stupňů je třeba vzduch ochladit, aby došlo ke kondenzaci vodních par. Hodnotu rosného bodu lze dopočítat z údajů o teplotě a vlhkosti vzduchu. Pro přesné zjištění hodnoty je nutné měřit obě veličiny jezdím snímačem, čipem.

1.2.1. Kapacitní vlhkoměry

Kapacitní vlhkoměry využívají princip absorpce vody v polymerních materiálech. Základ snímače je kondenzátor mající jednu elektrodu děrovanou, tak aby se vlhkost vzduchu mohla dostat na její povrch. Čím více vodních par je absorbováno polymerovou elektrodou, tím větší kapacita kondenzátoru je.



Obrázek 3: Senzor vlhkosti HIH5030

Zdroj: (HWmakers, 2013)

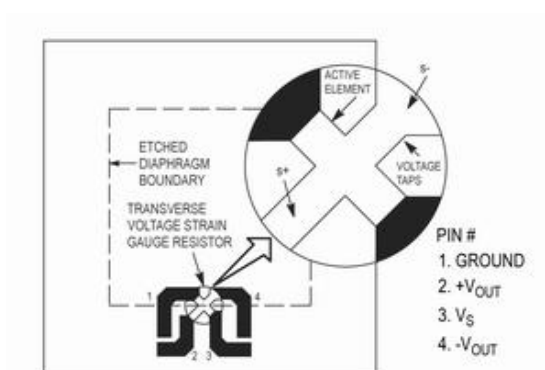
1.3. Senzory pro měření tlaku

Měření tlaku je vždy vztaženo vůči nějakému referenčnímu bodu. V meteorologii se udává hodnota atmosférického tlaku, jehož hodnota je vztažena vůči tlaku ve vakuu.

Atmosférický tlak je síla, která působí v daném místě atmosféry kolmo na plochu o velikosti 1 m^2 . Tato síla je vyvolána „hmotností“ vzduchového sloupce mezi hladinou moře a hranicí atmosféry a její velikost závisí například na teplotě nebo množství vodních par obsažených ve vzduchu. Základní jednotkou pro měření tlaku je pascal. V praxi je každá z měřících stanic v jiné nadmořské výšce. Z toho důvodu se pro vzájemné porovnávání hodnoty přepočítávají pomocí tzv. barometrické formule na úroveň hladiny moře. Stanovená referenční hodnota tzv. „normálního atmosférického tlaku“ je 1013,25 hPa.

1.3.1. Piezorezistorové snímače

Piezorezistorové snímače využívají princip působení tlaku na křemíkové piezorezistory.



Obrázek 4: Vnitřní schéma piezorezistorového snímače

Zdroj: (Olmr, 2005)

Na proud protékající přes plošky (na obrázku č. 1 a 3) působí kolmo měřený tlak, což způsobuje elektrické pole v rezistorech, které generuje napětí na ploškách 2 a 4. Výhodou těchto snímačů je malá citlivost na změnu teploty.

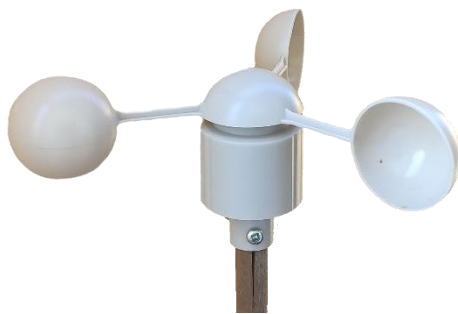
1.4. Senzory pro měření směru a rychlosti větru

Zařízení sloužící k měření rychlosti větru se nazývá anemometr. Měření standardně probíhá 10 metrů nad zemí a principy měření jsou různé. V tomto odstavci uvedu ty, se kterými se lze běžně setkat u domácích meteorostanic.

1.4.1. Mechanické anemometry

Nejrozšířenějším druhem, který lze spatřit na mnoha měřicích stanicích jsou mechanické anemometry. Anemometr tvoří tři nebo čtyři ramena s půlkulovými miskami na koncích. Celá tato část je nasazena na vertikální, s co nejmenším odporem, se otáčející hřídel. Takovému zařízení se také říká „větrná růžice“. Sama je schopna měřit pouze rychlost větru. Pro měření i směru větru je nutno růžici doplnit větrnou korouhví. Obě části jsou prodávány jako jeden kus nebo i samostatně.

Levnější anemometry vytvářejí při otáčení pomocí magnetu a jazýčkového kontaktu pravidelné pulzy. Z jejich pravidelnosti lze vypočítat počet otáček na minutu a následně i rychlost větru. Profesionálnější anemometry zpracovávají data sami a přenášejí je pomocí sběrnic do mikrokontroleru k dalším operacím. V horských oblastech lze spatřit i anemometry s vyhříváním, aby ani v extrémních podmínkách nedocházelo k ovlivnění měření.



Obrázek 5: Senzor rychlosti větru



Obrázek 6: Senzor směru větru (větrná růžice)

Zdroj: vlastní

1.4.2. Ultrazvukové anemometry

Inovativním způsobem měření rychlosti a směru větru jsou ultrazvukové anemometry. Pracují na principu změny rychlosti v šíření ultrazvukového signálu od jednoho snímače ke druhému. Čas, za který ultrazvuková vlna urazí daný úsek za bezvětří je porovnáván s časem, kdy je trajektorie vlny vychylována prouděním vzduchu. Z rozdílu časů je ovládací elektronikou pravidelně počítána rychlost větru.

Při použití dvou párů snímačů lze stejným způsobem vypočít téměř přesně i směr větru. Jeden pár bývá většinou orientován ve směru sever-jih a druhý ve směru východ-západ. Aktuální úhel větru lze zjistit podle toho, jak je která vlna ovlivňována.



Obrázek 7: Ultrazvukový anemometr

Zdroj: (Vojáček, 2011)

1.5. Senzory UV záření

UV záření je elektromagnetické záření dopadající na zemský povrch ze Slunce. Pro člověka je neviditelné. Ve spektru zaujímá oblast ve vlnových délka od 100 do 400 nm. Při průchodu jednotlivými vrstvami atmosféry je postupně zeslabováno, ale v důsledku porušování ozónové vrstvy dochází v posledních letech k dopadu jeho většího množství než tomu bylo dříve.

Dle biologických účinků a vlnových délek se UV záření rozděluje do tří skupin:

- dlouhovlnné záření - UVA (315 – 400 nm) – většina záření dopadajícího na na zemský povrch

- středovlnné záření UVB (280 – 315 nm) – pro člověka nejvíce nebezpečné, způsobuje poškození kůže, nejvíce absorbováno ozonovou vrstvou
- krátkovlnné záření UVC (280 – 100 nm) – plně absorbováno v atmosféře, na zemských površích nedopadá

Měřením intenzity UV záření se ve své práci zabývám kvůli jeho účinkům na člověka. Nejvíce ohrožující je záření střední vlnové délky. Po delší době způsobuje bolestivé záněty kůže a očí.

Pro vyjádření množství záření dopadajícího na zemských površích se používá jednotka „UV index“. Jeden UV index znamená intenzitu 25 mW na metr čtvereční.

Tabulka 1: Hodnoty UV indexu

UV index	intenzita záření	
<2	nízká	doporučené použití slunečních brýlí
3-5	střední	
6-7	vysoká	
8-10	velmi vysoká	nedoporučuje se vycházet okolo poledne
>11	extrémní	nedoporučuje se vycházet

Snímače pro svou funkci většinou využívají diody citlivé na UV záření. Získaný signál je na výstupu zesílen operačním zesilovačem.

1.6. Senzory hluku

Zvukové vlny šířící se prostorem způsobují opakované tlakové změny prostředí kolem nás. Tyto změny naše uši vnímají jako zvuky o různých hlasitostech. Lidské ucho dokáže slyšet zvuky v obrovském rozpětí intenzit. Hladinu intenzity zvuku lze vypočítat dle vzorce

$$B = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \quad (1)$$

kde p je tlak aktuálního zvukového vjemu a p_0 je nejnižší tlak, který je schopno naše ucho zaznamenat jako zvukový vjem. Nejnižší možný tlak zaznamenaný lidským uchem je 20 mPa, naopak prahem bolesti označujeme tlak až kolem 130 Pa.

Hluk lze definovat jako nechtěný zvuk nepříjemný svou nadměrnou intenzitou. Může způsobit řadu zdravotních problémů např. bolest hlavy nebo zvýšený krevní tlak. Jeho intenzita se stejně jako hladina intenzity zvuku vyjadřuje v decibelech.

Zařízení sloužící k převodu zvuku na elektrický signál se nazývá mikrofon. Existuje jich mnoho druhů podle principu funkce.

1.6.1. Kondenzátorový mikrofon

Kondenzátorové mikfony jsou jedny z nejkvalitnějších, a proto se používají hlavně pro profesionální účely. Zvukové vlny rozechvívají jednu z elektrod kondenzátoru připojeného do elektrického obvodu, a tím mění neustále jeho kapacitu. Změna kapacity může být buď sledována předzesilovačem s velkou vstupní impedancí nebo dochází k rozladování vysokofrekvenčního oscilátoru jehož signál je následně demodulován na nízkofrekvenční výstupní signál.

1.6.2. Elektretový mikrofon

Principem funkce jsou elektretové mikfony podobné kondenzátorovým, ale napětí pro změny je generováno elektretem, což je nevodivá permanentně elektricky nabitá hmota. Signál z kondenzátoru je zpracováván vestavěným vysoko impedančním předzesilovačem. Z tohoto důvodu také potřebují elektretové mikfony pro svou funkci napájení. Dnes je najdeme ve většině zařízeních nenáročných na kvalitu zvuku jako jsou notebooky nebo telefony. Vzhledem k jednoduchosti konstrukce se totiž dají snadno miniaturizovat.

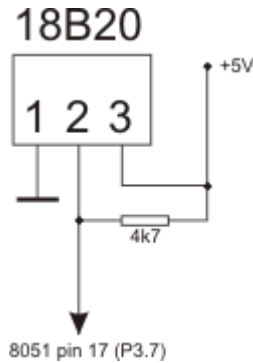
2 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE

V tomto odstavci budou popsány komunikační sběrnice prakticky využitě při následné stavbě meteostanice.

2.1. OneWire

Obvod sběrnice OneWire vždy obsahuje jedno řídicí zařízení (tzv. master), které může obsluhovat i několik obsluhovaných zařízení (tzv. slave) připojených paralelně na společný datový vodič. Každé zařízení komunikující přes OneWire sběrnici má ve své paměti ROM uložené unikátní své 64 - bitové číslo sloužící k přesné identifikaci.

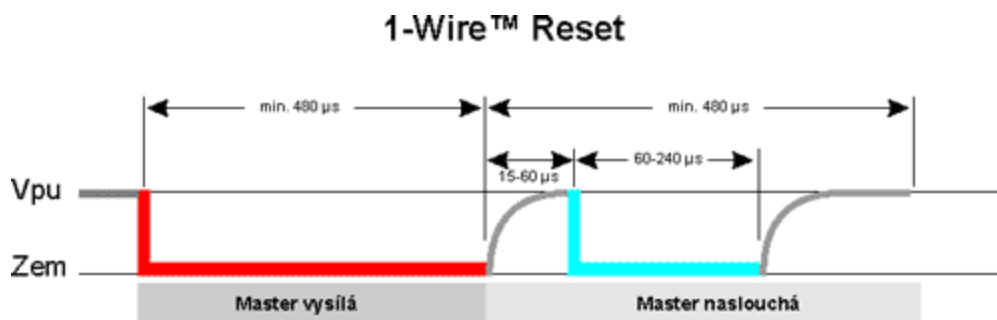
Konkrétní funkci sběrnice budu ilustrovat na čidle DS18B20, které ve své práci používám pro měření vnitřní teploty. Celkově jsou vyvedeny 3 vodiče – jeden datový a dva sloužící k napájení. Konkrétní zapojení ilustruje schéma níže:



Obrázek 8: Zapojení senzoru ke sběrnici OneWire

Zdroj: (Malý, 2004)

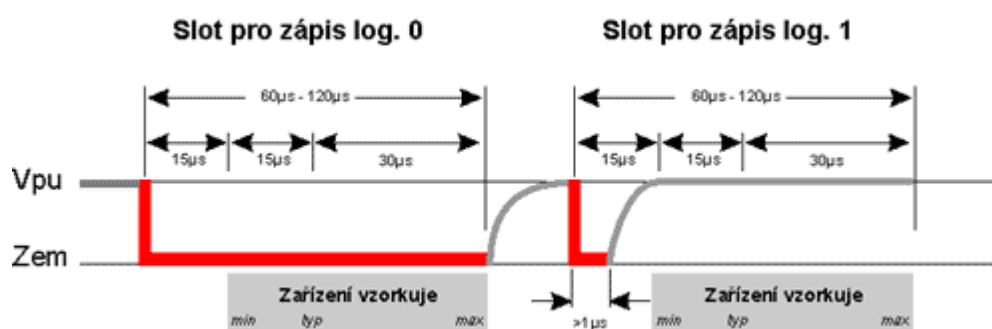
Rezistor 4k7 slouží jako tzv. pull-up. Zdvihá vedení sběrnice do stavu logické 1 a omezuje současně protékající proud. Obsluhující master zařízení vždy začíná komunikaci stažením datového vodiče do logické 0 po dobu 500 ms. Po uplynutí této doby je sběrnice opět vytažena na úroveň logické 1. Tato vzestupná hrana funguje jako znamení obsluhovanému slave zařízení k začátku komunikace.



Obrázek 9: Zahájení komunikace přes sběrnici OneWire

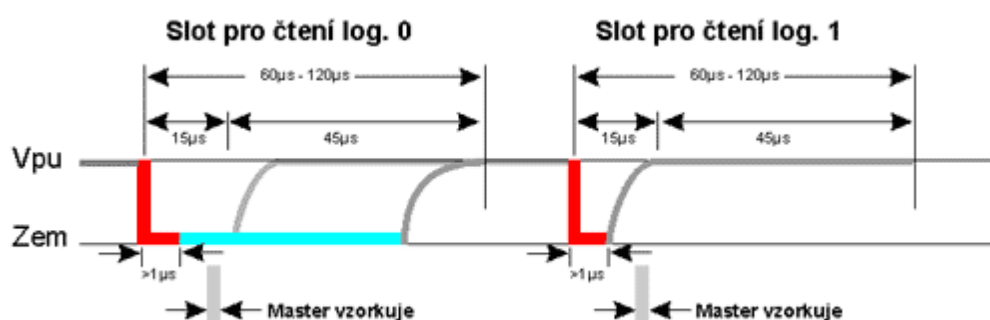
Zdroj: (Malý, 2004)

Samotná data jsou posílána po jednotlivých bitech v rámci krátkých časových oken, mezi kterými následuje vždy krátká mezera. V rámci komunikace existují dva typy časových oken. Master zařízení data buď přijímá nebo naopak vysílá. Konkrétní průběhy obou operací znázorňují obrázky níže.



Obrázek 10: Vysílání dat přes sběrnici OneWire

Zdroj: (Malý, 2004)

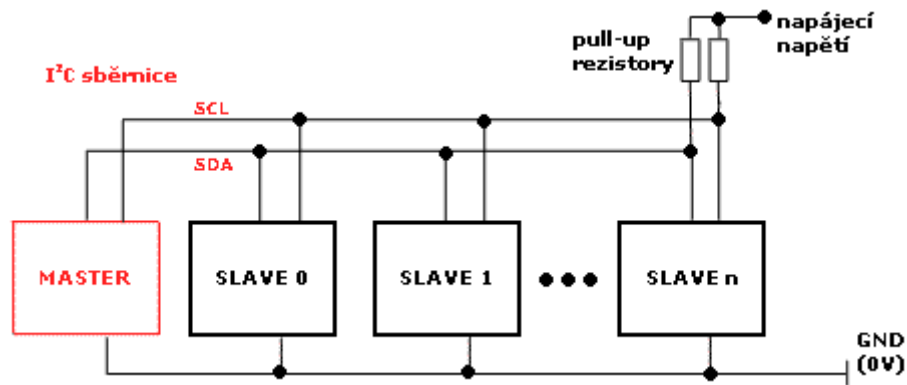


Obrázek 11: Příjem dat přes sběrnici OneWire

Zdroj: (Malý, 2004)

2.2. I²C

Internal-Integrated-Circuit bus je interní datová sběrnice pracující na menší vzdálenosti. Většinou pomocí ní komunikují jednotlivé integrované obvody v rámci jednoho zařízení. Provoz je obousměrný a probíhá po dvou vodičích s označeními „SDA“ a „SCL“. „SDA“ přenáší samotná data a „SCL“ hodinový signál pro synchronizaci. V základní verzi se každé zařízení adresuje 7 - bitově, což umožňuje připojení až 128 zařízení k jedné sběrnici.

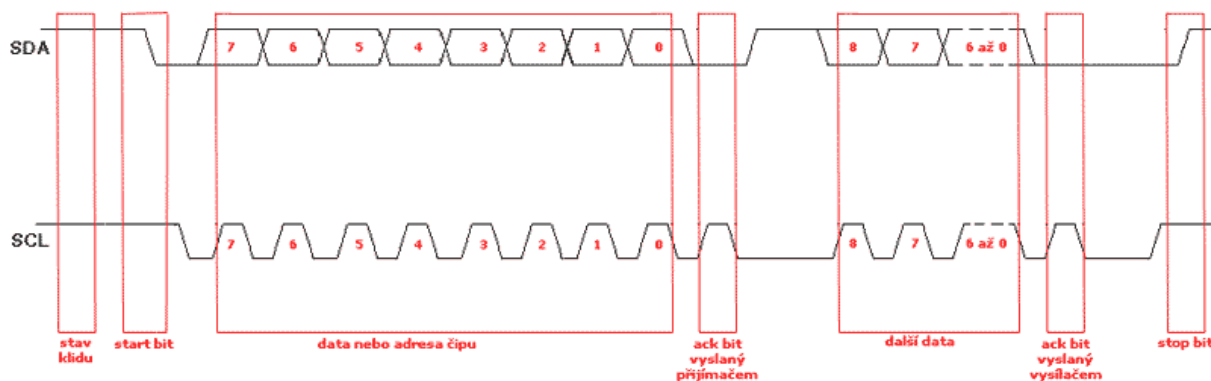


Obrázek 12: Schéma zapojení sběrnice I²C

Zdroj: (Olejár, 2000)

Obvod, který chce komunikovat vyšle adresu cílového zařízení a informaci, zda půjde o příjem nebo vysílání dat (R/W bit, který je součástí adresy).

V klidovém stavu je na obou vodičích stav logické 1, zajištěný pull-up rezistory. Přenos začíná vygenerováním start bitu – pádem vodiče SDA do stavu logické 0. Data jsou přenášena postupně bit po bitu při každém pulzu hodinového signálu. Logická úroveň vodiče SDA se může měnit jen v případě logické 0 na vodiči SCL. Po odeslání 8 - bitové skupiny potvrdí přijímací zařízení bezchybný příjem odesláním tzv. ack bitu. Logická 0 znamená bezchybný přenos, logická 1 chybu. Logická 0 také znamená připravenost pro další příjem dat. Úspěšný přenos končí nevysláním ack bitu, neúspěšný přenos vysláním stop bitu.

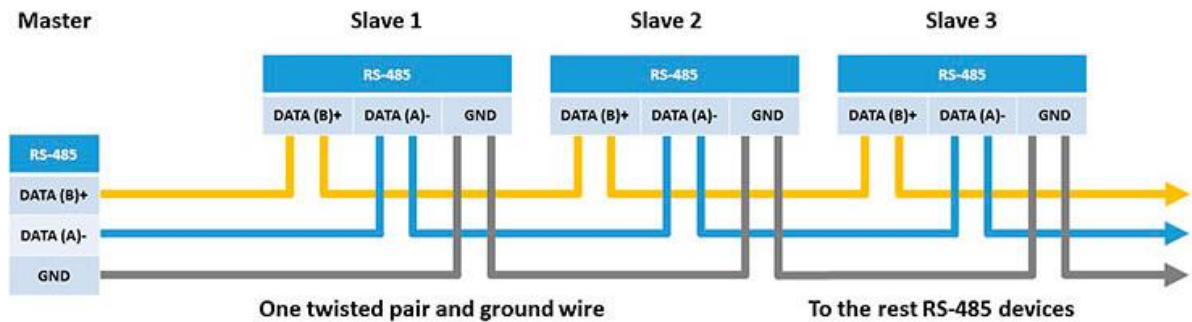


Obrázek 13: Průběh komunikace přes sběrnici I²C

Zdroj: (Olejár, 2000)

2.3. RS485

Standard sériové komunikace RS485 byl definovaný v roce 1983 a používá se zejména v průmyslovém prostředí. Na jednu sběrnici lze připojit až 32 zařízení a komunikovat až na vzdálenost 1200 metrů. Komunikace probíhá v závislosti na počtu použitých vodičů buď poloduplexně (2 vodiče) nebo duplexně (4 vodiče).



Obrázek 14: Schéma zapojení sběrnice RS485

Zdroj: (IPC2U)

Ve své práci využívám dvouvodičové vedení, proto se budu dále věnovat jen tomuto typu.

Ve dvouvodičovém zapojení se jednotlivé vodiče označují písmeny A a B. Logické úrovně jsou přenášeny rozdílem napětí mezi těmito dvěma vodiči. Pro stav logické 1 je v ideálním případě na vodiči A napětí -2 V a na vodiči B +2 V. Ve stavu logické 0 jsou úrovně opačné. Při spojení na delší vzdálenost mohou nastat problémy v rozdílnosti potenciálu zemí vůči sobě. Problém lze vyřešit propojením jednotlivých zemí společným vodičem.

Sběrnice je díky principu přenosu odolná vůči rušení. Případné indukované napětí se ve většině případů přičte k oběma vodičům stejně a rozdíl mezi nimi zůstane stejný. Přijímače navíc obvykle detekují rozdílný stav už při rozdílu kolem 200 mV.



Obrázek 15: Modul RS485 pro Arduino

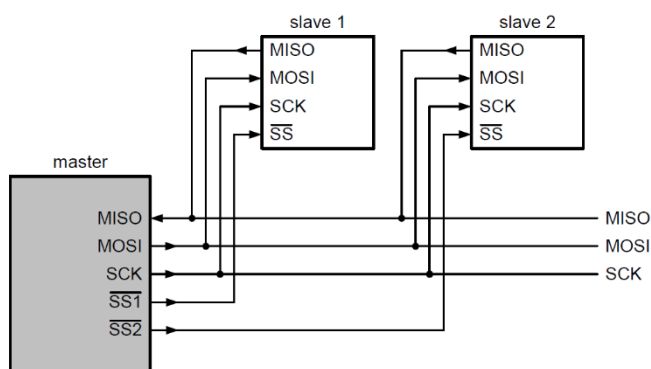
Zdroj: (Arduino8.cz, 2015)

2.4. SPI

SPI je sériová vysokorychlostní sběrnice používající se ke komunikaci mikrokontroleru s jeho periferiemi.

Může být tří nebo vícevodičová. Čtvrtý vodič sloužící k adresaci dat je doplněn při současném připojení více zařízení.

- MISO (master-in/slave out) – přenos dat z řízených obvodů do řídicího obvodu
- MOSI (master-out/slave in) – přenos dat z řídicího obvodu do řízených obvodů
- SCK (serial clock) – časový signál pro synchronizaci
- SS (slave select) – adresovací vodič



Obrázek 16: Schéma zapojení sběrnice SPI

Zdroj: (Matoušek, 2018, s. 7)

Komunikaci řídí master obvod generovaným hodinovým signálem, případně ještě adresačním signálem na konkrétním vodiči. Adresování probíhá nastavením logické nuly na konkrétním vodiči SS konkrétního slave obvodu.

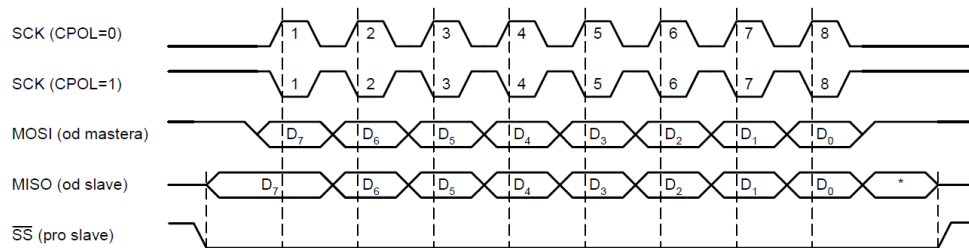
Přenos začíná generací hodinového signálu. V tento okamžik vyšlou obě zařízení svá data skrz vodiče MISO a MOSI. Komunikace je ukončena ukončením vysílání hodinového signálu případně nastavením daného vodiče SS do stavu logické jedničky.

Pomocí konstant CPOL (Clock Polarity) a CPHA (Clock Phrase) se určují parametry přenosu. Konstanta CPOL určuje klidovou úroveň hodinového signálu. Konstanta CPHA určuje okamžik čtení hodnoty bitu. Bit je čtený při vzestupné hraně hodinového signálu (CPHA = 0)

nebo při hraně sestupné (CPHA = 1). SPI sběrnice tedy může pracovat celkem ve čtyřech režimech.

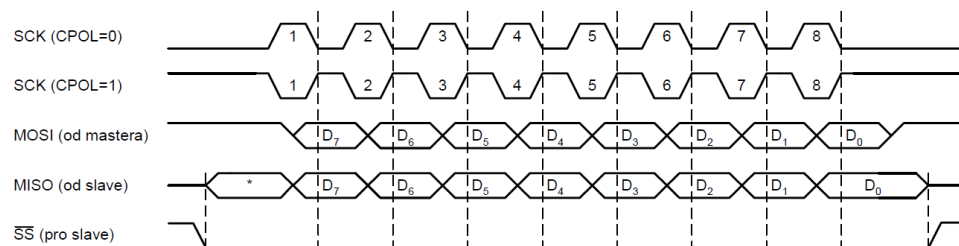
Tabulka 2: Režimy sběrnice SPI

CPOL	CPHA	okamžik čtení	SPI režim
0	0	sestupná hrana	0
0	1	náběžná hrana	1
1	0	náběžná hrana	2
1	1	sestupná hrana	3



Obrázek 17: SPI přenos při CPHA = 0

Zdroj: (Matoušek, 2018, s. 8)



Obrázek 18: SPI přenos při CPHA = 1

Zdroj: (Matoušek, 2018, s.8)

3 MIKROKONTROLER A PERIFERIE

V této kapitole bude popsán použitý mikrokontroler a jednotlivé použité periferie.

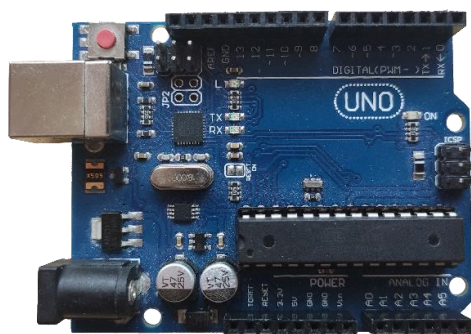
3.1. Platforma Arduino

Arduino je otevřená vývojářská platforma, jejíž jádrem jsou 8-bitové mikroprocesory od firmy Atmel. Každý mikroprocesor je zasazený do vývojové desky obsahující podpůrné obvody pro funkci jako jsou stabilizátor napětí, krystal, vývody jednotlivých vstupů a výstupů nebo programovací piny (zpravidla USB port).

Typů desek existuje velké množství. Rozdělují se podle úrovní jednotlivých mikroprocesorů. Největší ze skupin Arduino Arduino Mega nabízí 53 digitálních a 15 analogových vstupů a výstupů.

Mikroprocesor má v sobě nahraný tzv. bootloader, což je kód, který se po připojení napájení postará o základní nastavení mikroprocesoru. Uživatel se tedy o interní nastavení nestará, jen nahrává svůj program s instrukcemi. Programování je možné v jazyce C, C++ nebo lze využít populární knihovny Wiring.

Další výhodou je velké množství modulů, které se dají k vývojové desce připojit. Mnou použité moduly jsou popsány dále.

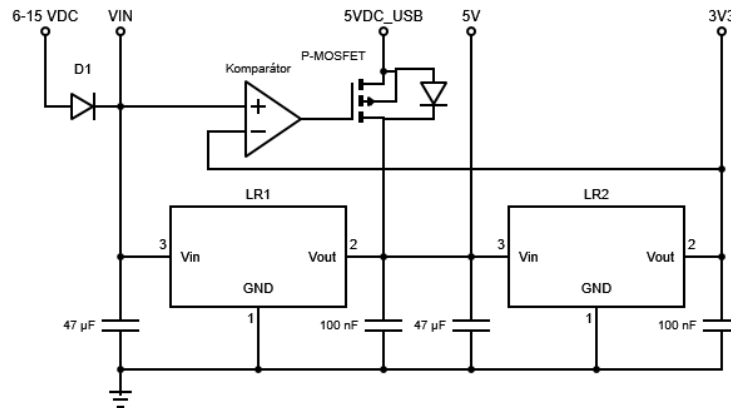


Obrázek 19: Arduino Uno s mikroprocesorem ATmega328

Nejpoužívanější verzí je Arduino Uno.

Desku lze napájet souosým konektorem nebo USB portem. Vstupní napájecí obvod obsahuje dva stabilizátory napětí pro úrovně 5 V (LR1) a 3,3 V (LR2). V případě napájení z USB portu

je stabilizátor LR1 komparátorem odpojen. Dioda D1 chrání desku před prepólováním. Vstupní napětí se může pohybovat mezi 6 až 15 V s proudovým zatížením do 1 A. Napájet desku a současně se vyhnout úbytku napětí na ochranné diodě lze i přes pin V_{IN} .



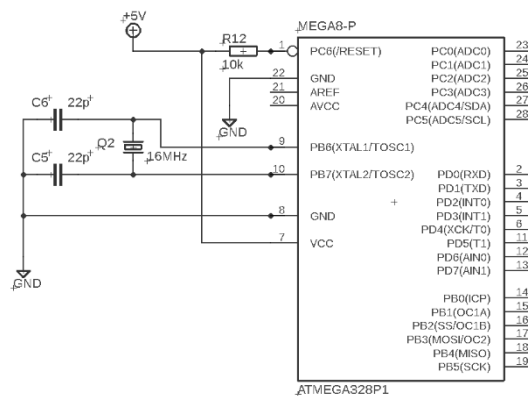
Obrázek 20: Napájecí obvod Arduina Uno

Zdroj: (Svoboda, 2018)

Při současném připojení napájení přes souosí konektor i USB port je komparátorem napájení přes USB port odpojeno. Na desce dále najdeme USB převodník.

Použití mikroprocesoru bez modulu:

Pro použití mikroprocesoru mimo vývojovou desku je nutné připojit napájení s úrovní 5 V. Resetovací vstup je v tomto případě připojen přes odpor také k napájecímu napětí. Pokud by zůstal nezapojen, mikroprocesor by se nacházel ve stavu trvalého resetu. Pro správnou funkci je ještě nutné připojit krystal s filtračními kondenzátory.



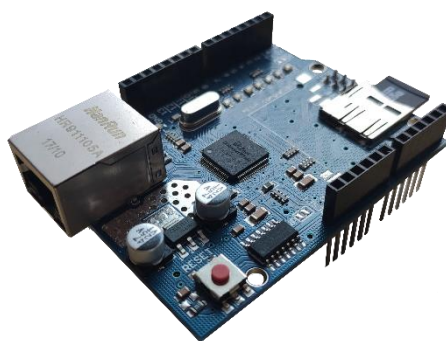
Obrázek 21: Zapojení mikroprocesoru ATmega328P

Zdroj: vlastní

Kolem této platformy se za její dobu existence vytvořila velká fanouškovská komunita, což znamená velkou možnost pomoci při řešení případných problémů.

3.2. Ethernet Shield

Ethernet modul je jedním z velmi populárních doplňků k desce Arduino. Pomocí čipu Wiznet W5100 a síťového konektoru RJ45 umožňuje připojení celého projektu k internetu. Rovněž obsahuje slot pro paměťovou microSD kartu. Podporována je práce s adresami typu IPv4 rychlostí až 100 Mb/s.



Obrázek 22: Ethernet Shield W5100

Zdroj: vlastní

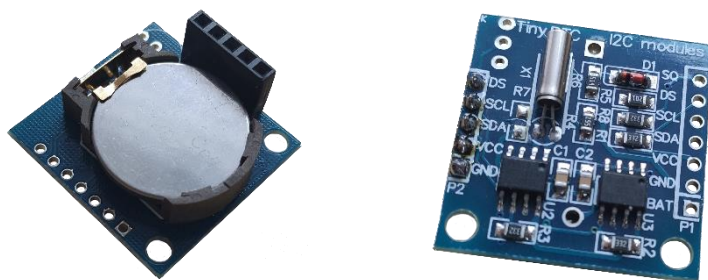
Téměř všechny piny jsou průchozími do pinů desky, na kterou je modul nasazen. Nelze použít jen skupinu digitálních pinů 10 až 13, které slouží ke komunikaci modulu s řídicí deskou pomocí sběrnice SPI. Nelze použít ani digitální pin 4 kterým jsou přenášena data určená k zápisu na SD kartu. K indikaci stavu připojení slouží řada LED diod na desce.

Tabulka 3: Popis LED diod ethernetového modulu W5100

pin	indikace
PWR	napájení
LINK	připojení k síti, bliká při komunikaci
FULLD	duplexní komunikace
100M	rychlosti připojení 100 Mb/s
TX/RX	příjmu/odesílání dat, blikají při komunikaci
COLL	chyby připojení

3.3. Modul DS1307

Modul umožňuje získávat v programu údaje o aktuálním čase a datumu. Komunikuje přes I²C sběrnici a je napájen baterií CR2032. Při prvním spuštění je nutné nastavení aktuálního času a datumu. Pokud poté již není vyjmuta baterie nastavené informace jsou udržovány včetně korekcí různých dnů v měsíci a přestupných let. Přesné počítání času je získáváno pomocí oscilátoru s frekvencí 32,768 MHz.



Obrázek 23: Modul reálného času DS1307

Zdroj: vlastní

Kromě časového obvodu DS1307Z obsahuje modul i paměťový EEPROM obvod Atmel632 o velikosti 32 kB. K modulu lze pomocí OneWire sběrnice připojit na vstup „DS“ teplotní senzor DS18B20, jehož data budou ukládána do zmíněné paměti a mohou být čtena spolu s časovým údajem.

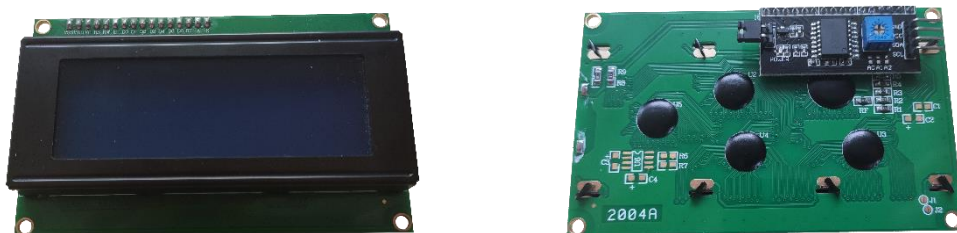
Aktuální napětí baterie je možné kontrolovat na pinu „BAT“. Výstup je analogový. Výstupní obdélníkový signál krystalu je k dispozici na pinu „SQ“.

Tabulka 4: Piny modulu reálného času

pin	funkce
V _{CC}	napájení modulu
GND	
SDA, SCL	komunikace přes sběrnici I ² C
SQ	obdélníkový signál
BAT	napětí baterie
DS	vstup pro teplotní senzor

3.4. LCD Displej

Jedna z mnoha možností zobrazení výstupních dat je použití alfanumerického displeje. Ty se vyrábějí v mnoha velikostech. Nejčastěji je však užíván formát 16x2, tedy 16 znaků na šířku ve dvou řádcích pod sebou. Displej lze k mikrokontroleru připojit dvěma způsoby. Buď je možné využít přímého propojení pinů displeje s piny mikrokontroleru anebo lze využít expander modul a sběrnici I²C.



Obrázek 24: LCD displej 20x4 s expanderem PCF8574

Zdroj: vlastní

Displej má celkem 16 vstupních pinů. Při přímém připojení je nutno připojit minimálně 10 z nich.

Tabulka 5: Označení vstupů LCD displeje

pin	funkce
V _{SS}	napájení displeje
V _{DD}	
V _O	nastavení kontrastu
RS	volba registru
RW	čtení/zápis
E	povolení zápisu do registrů
D0 - D7	datové piny
A	napájení osvětlení
K	

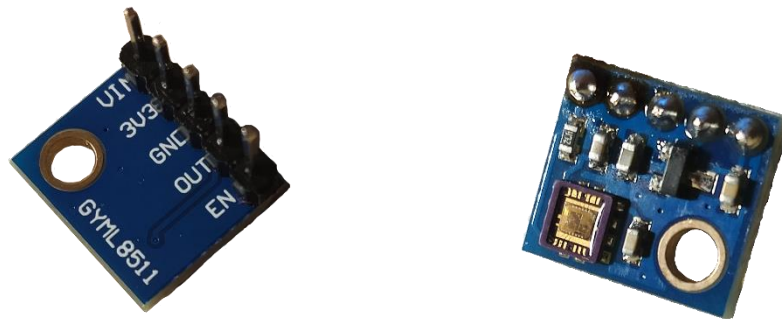
Data a příkazy jsou ukládány do dvou registrů mezi kterými je přepínáno pinem RS. Pomocí logické nuly lze vstoupit do registru 1 s příkazy (např. pro nastavení kurzoru). Logická jednička pak umožňuje vstup do druhého registru se samotným zobrazovaným textem. Zápis všech dat a příkazů je povolován v okamžiku jejich přítomnosti na daných vstupech krátkým 500 ns trvajícím pulzem na pinu E. Zobrazované znaky jsou posílány jednotlivě ve formě ASCII kódů

a ukládány do registru 2. Příkazy jsou odesílány rovněž ve formě čísel a ukládány do registru 1. Kontrast lze nastavit pomocí pinu V_O . Čím více je pin přizemněn, tím je kontrast větší.

Druhou možností je připojení displeje přes modul s obvodem PC8574. Nyní stačí připojit pouze čtyři vodiče sběrnice I²C. Obvod PC8574 funguje jako 8 - bitový převodník. Z důvodu velké úspory vodičů je tento způsob připojení často využíván a prodávané displeje mají převodní modul často již napájen na vstupních pinech.

3.5. UV záření

Pro samotné měření modul využívá snímač ML8511. Jeho vlastnosti jsou popsány v praktické části.



Obrázek 25: Modul měřící intenzitu UV záření

Zdroj: vlastní

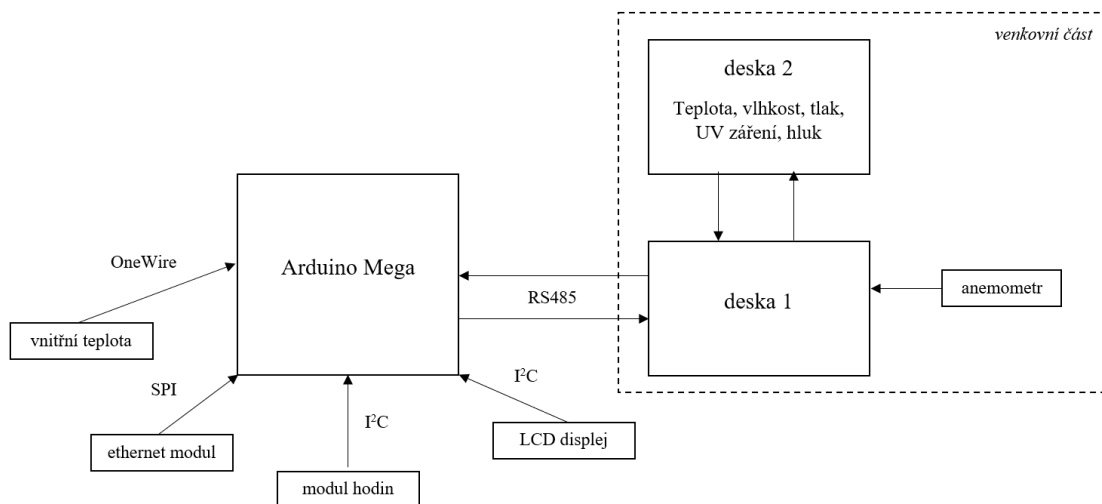
Piny 3V3 a GND slouží k napájení napětím 3,3 V. Modul lze napájet také až 6 V přes pin V_{IN} , na kterém je připojen napěťový regulátor. Pin „OUT“ je výstupní a pin „E“ ovládací. Logická 1 znamená zapnutý stav, logická 0 vypnutý.

4 PRAKTICKÉ PROVEDENÍ METEOSTANICE

Meteostanice je rozdělena na dvě základní části – vnitřní a vnější. Vnější část obsahuje mikroprocesor ATmega328P do nějž jsou připojeny všechny venkovní snímače. Tedy teploměr, vlhkoměr, hlukoměr, anemometr, tlakoměr a měřič intenzity UV záření. Snímače jsou z důvodu možného teplotního ovlivňování a ochrany napájecí části před povětrnostními podmínkami umístěny na samostatné desce plošných spojů. Na tuto desku jsou vyvedeny pouze samotné sběrnice mikrokontroleru. Celá venkovní část je umístěna v radiálním krytu, čímž je elektronika chráněna, ale zároveň je zajištěno proudění vzduchu k desce se snímači. Venkovní část je s vnitřní částí propojena pomocí sběrnice RS485.

Vnitřní část zpracovává data ze snímačů, sdílí je a ukládá. Základem je deska Arduino Mega R3 s nasazeným ethernetovým modulem. Dále tato část obsahuje LCD displej pro zobrazení aktuálních měřených hodnot, modul hodin, komunikační RS485 modul a teplotní senzor DS18B20 pro měření vnitřní teploty.

Praktická část této bakalářské práce začínala vznikat v době kompletního uzavření vysokých škol z důvodu virové epidemie. Kvůli tomu byla všechna řešení navržena tak, aby byla realizovatelná v domácích podmínkách.

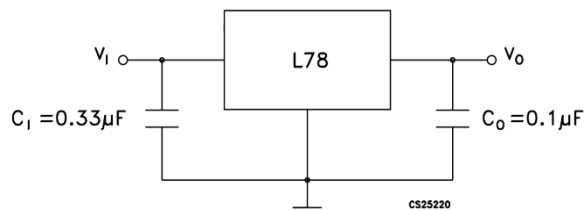


Obrázek 26: Schéma meteostanice

Zdroj: vlastní

4.1. Napájení

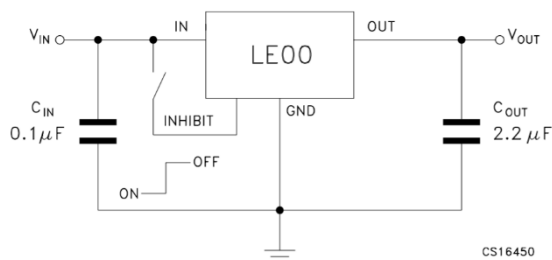
Pro správnou funkci celého obvodu, zejména snímačů, je nutné co nejpřesnější úroveň napájecího napětí. S ohledem na případné ztráty ve vedení od napěťového zdroje k desce se snímači a mikrokontrolerem je stabilizátor umístěn přímo na desce. Hlavní stabilizátor 7805 poskytuje na svém výstupu stálé napětí 5 V s možným proudovým odběrem až 1 A. Na vstupní i výstupní straně je doplněn o filtrační kondenzátory sloužící jako krátkodobé zdroje energie při rychlé změně zatěžovacího proudu.



Obrázek 27: Zapojení napěťového stabilizátoru 7805

Zdroj: datasheet stabilizátoru L7805

I přes snahu o výběr snímačů pracujících na stejné napěťové úrovni bylo nakonec nutné doplnit zapojení o druhý stabilizátor s výstupem 3,3 V s proudovou zatížitelností až 350 mA. Celá soustava je napájena z napěťového zdroje 9 V.



Obrázek 28: Zapojení napěťového stabilizátoru LE33CZ

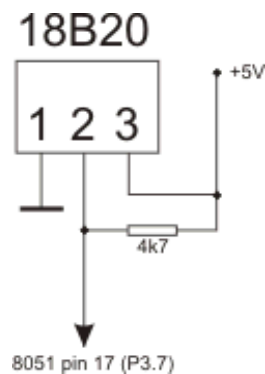
Zdroj: datasheet stabilizátoru L7805

Svorka „Inhibit“ slouží při použití stabilizátoru v logických obvodech. Při připojení této svorky k zemní svorce zůstane stabilizátor stále zapnut. Při připojení k napájecímu napětí dojde k vypnutí.

4.2. Získání dat ze senzorů

4.2.1. Senzor teploty DS18B20Z+

Tento senzor je v zapojení použit dvakrát ve dvou různých provedeních. Venkovní část obsahuje SMD variantu, naopak vnitřní nerezovou variantu. Samotný snímač je zde zataven v nerezové tyčince.



Obrázek 29: Zapojení senzoru ke sběrnici OneWire

Pro správnou funkci je nutný import knihoven „OneWire“ a „DallasTemperature“. Získávání dat poté probíhá pomocí příkazů „requestTemperatures“ a „getTempByIndex(x)“. Z principu sběrnice OneWire k ní může být připojeno více čidel najednou. Volání konkrétního čidla v příkazu probíhá pomocí proměnné „x“.

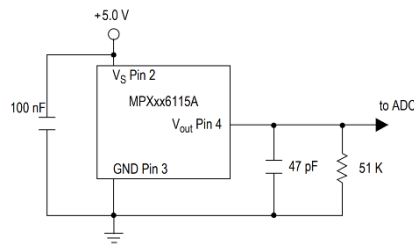
Snímač může kromě uvedeného zapojení pracovat i v tzv. parazitním režimu. V něm je napájen pouze výstupním digitálním pinem. Napájecí výhody se navzájem spojí a uzemní. Vzhledem k nespolehlivosti jsem, ale raději zvolil jiné řešení.

4.2.2. Tlakový senzor MPXA6115A

Měření probíhá pomocí piezoelektrického jevu popsaného v teoretické části. Výstupní veličinou je napětí pohybující v rozsahu 4,633 (pro 15 kPa) až 4,768 V (pro 115 kPa) se středem na hodnotě 4,7 V. Výsledná hodnota se vypočte pomocí vzorce

$$P = \frac{V_{OUT}}{0,009 \cdot V_{SUPPLY}} + \frac{95}{9} \quad (2)$$

Pro přesnost měření je tedy velmi důležité stabilní napájecí napětí. U tohoto konkrétního typu snímače je to 5 V.



Obrázek 30: Zapojení senzoru tlaku

Zdroj: datasheet senzoru tlaku MPXA6115A

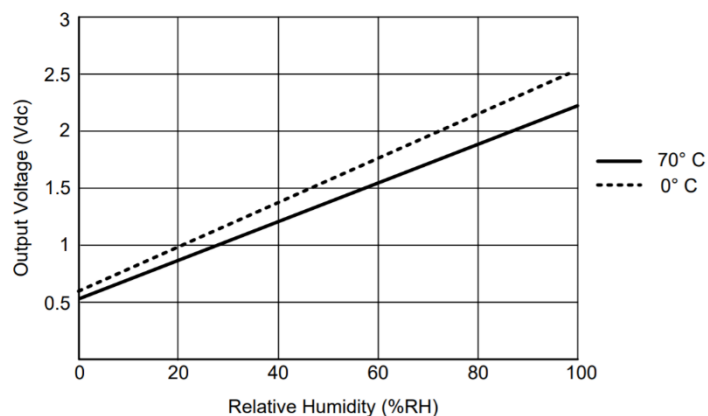
4.2.3. Vlhkoměr HIH-5030-001

Výstupní veličinou tohoto vlhkoměru je napětí měnící se v závislosti na vlhkosti vzduchu po lineární křivce. Napájecí napětí může být v rozmezí 2,7 až 5,5 V, ale výrobcem je doporučována hodnota 3,3 V. Relativní vlhkost vzduchu pro teplotu vzduchu 25 °C se vypočte dle vzorce:

$$\text{senzorRH} = \frac{V_{\text{OUT}}}{0,00636 \cdot V_{\text{SUPPLY}}} - 23,82 \text{ [%]} \quad (3)$$

Pro jiné teploty vzduchu je nutná teplotní kompenzace z důvodu posunu křivky výstupního napětí.

$$\text{TrueRH} = \frac{\text{senzorRH}}{1.0546 - 0.00216 \cdot T} \text{ [%]} \quad (4)$$

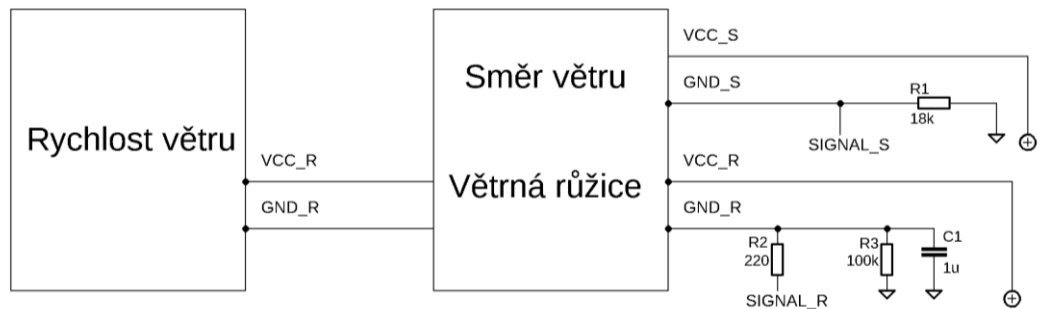


Obrázek 31: Výstupní charakteristika snímače vlhkosti

Zdroj: datasheet senzoru vlhkosti

4.2.4. Anemometr

Snímač rychlosti větru a větrná růžice jsou spolu již z výroby propojeny, což umožní vést k mikrokontroleru pouze jeden vícežilový kabel. Jsou využity celkem 4 žíly pro dva oddělené napěťové okruhy.



Obrázek 32: Schéma zapojení Anemometru

Zdroj: vlastní

4.2.4.1. Měření rychlosti větru

Otáčející se hlavice snímače v sobě obsahuje magnet, který dvakrát za jednu otočku zvedne jazýčkový kontakt na desce uvnitř snímače, a tím přeruší obvod. V tuto chvíli je vstup mikrokontroleru stažen k zemi pomocí pull-down rezistoru, aby nedocházelo k indukci šumu. Vedle pull-down rezistoru je ještě zapojen kondenzátor pro odfiltrování záchvěvů při spínání.

Pro počítání pulzů je na mikrokontroleru využita funkce přerušení, aby zbytečně nedocházelo k opakovaným kontrolám vstupu. Pokaždé, když se na daném vstupu objeví impulz přičte se do proměnné jednička. Každé dvě vteřiny poté je dle vzorce:

$$\text{RPM} = \frac{\text{počet pulzů za } 2\text{s}}{2} \cdot 30 \quad (5)$$

vypočten počet celých otáček za minutu (RRM) a následně obvodová rychlost dle vzorce:

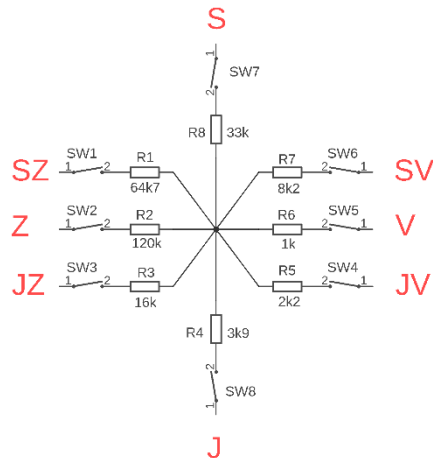
$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \text{ [m/s]} \quad (6)$$

kde: d -průměr pohyblivé hlavice anemometru [m]

n -počet otáček anemometru za minutu

4.2.4.2. Měření směru větru

Základní deska větrné růžice obsahuje hvězdnici osmi odporů různých hodnot a jazýčkových kontaktů. Ty pomocí magnetu, umístěném v pohyblivé hlavici, připojují jednotlivé odpory k výstupním svorkám. Lze rozlišit celkem 8 směrů.



Obrázek 33: Odporová hvězdice větrné růžice

Zdroj: vlastní

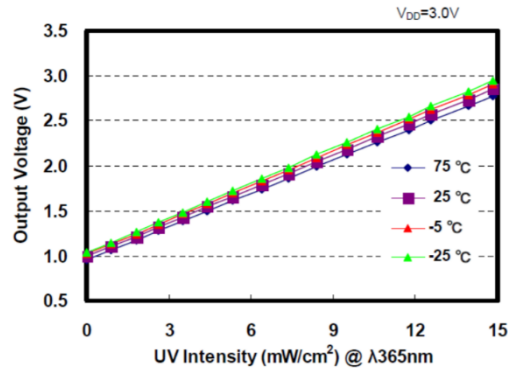
Pomocí dalšího 18 k Ω velkého odporu je vytvořen napěťový dělič, jehož výstupní napětí vždy odpovídá jednomu ze směrů.

Tabulka 6: Napětí na výstupu větrné růžice

směr	velikost odporu [Ω]	Výstupní napětí [V]	výstup A/D převodníku
S	33k	1,71	349
SV	8k2	3,36	688
V	1k	4,68	957
JV	2k2	4,39	899
JV	3k9	4,04	826
JZ	16k	2,57	526
Z	120k	0,63	128
SZ	64k7	1,05	214

4.2.5. Měření intenzity UV záření

Výstupní veličinou senzoru měřícího intenzitu UV záření je napětí měnící se v závislosti na množství UV záření dopadajícího na snímač. Napájecí napětí snímače je 3,3 V s výstupním napětím v rozmezí 0,96 až 2,8 V. Měřena je intenzita záření na vlnových délkách 280 až 390 nm, které jsou pro člověka nejvíce ohrožující.



Obrázek 34: Výstupní charakteristika senzoru UV záření

Zdroj: datasheet snímače ML8511

Výrobce v dokumentaci neuvádí žádný přepočtový vzorec, pouze hodnoty koncových bodů výstupní charakteristiky. Pomocí nich lze vypočítat výstupní hodnotu UV indexu dle vzorce:

$$\text{UVindex} = \frac{V_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{REF}} - 0,96 \cdot 15}{2,8 - 0,96} [-] \quad (7)$$

Výstup je přímo závislý na přesnosti napájecího napětí. Z toho důvodu je uvedený vzorec ještě doplněn případnou korekcí odchylek.

$$V_{\text{REF}} = \frac{V_{\text{OUT}}}{3,3} \quad (8)$$

5 PROGRAM

5.1. Venkovní část

Po spuštění programu dojde k zahájení sériové komunikace a komunikace po sběrnici OneWire. Hned poté je pin 2 nastaven do vstupního režimu. Tento pin umožňuje na zvoleném

mikroprocesoru funkci přerušení, čehož je využito při snímání rychlosti větru. K přerušení, a tedy k přičtení půlotočky anemometru do proměnné dojde při každé detekci náběžné hrany. Ke čtení, odesílání dat z jednotlivých senzorů a nulování čítače dochází v jednotlivých funkcích každé dvě sekundy.

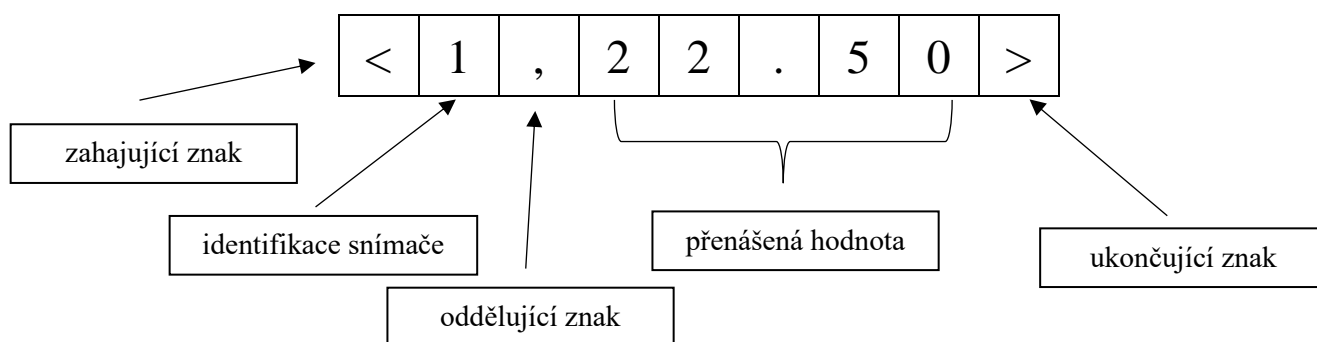
Čtení dat přes sběrnici OneWire probíhá pomocí knihoven „OneWire.h“ a „DallasTemperature.h“ a následného příkazu „getTemp“.

Odeslání dat:

Všechny údaje ze snímačů jsou uloženy v proměnně typu float, neboť téměř všechny veličiny je vhodné měřit s přesností jednoho desetinného místa. Následně jsou pomocí funkce „dtostrf“ převedeny na pole znaků typu char a pomocí funkce SendData odeslány na sběrnici. Pro samotné odeslání přes sběrnici RS485 je pomocí knihovny SoftwareSerial.h na pinech 3 (TXControl), 10 (RX) a 11 (TX) vytvořen sériový port.

Průběh komunikace přes sběrnici:

Nejprve je pomocí funkce „digitalWrite“ zvednut řídicí pin sériové linky do stavu logické jedničky, čímž se povolí komunikace. Na začátku samotné zprávy je odeslán zahajující znak a po něm číslo snímače ze kterého hodnota pochází (viz tabulka níže). Samotná naměřená hodnota je oddělena čárkou kvůli správné interpretaci zprávy přijímačem.



Obrázek 35: Příklad přenosu dat přes RS485

Zdroj: vlastní

Tabulka 7: Označení snímačů pro odesílání dat

snímač	veličina
1	venkovní teplota
2	rychlost větru
3	vlhkost
4	směr větru
5	tlak
6	hluk

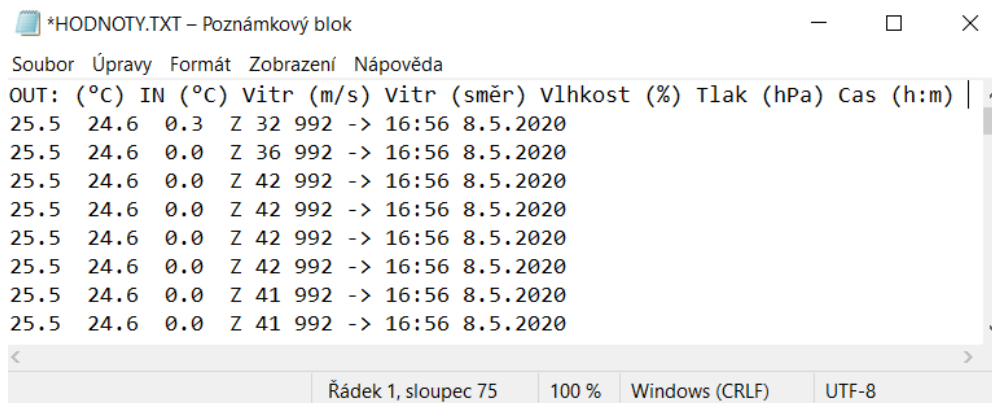
5.2. Vnitřní část

Příjem dat:

Po zapnutí mikrokontroleru je zahájena komunikace po sběrnici RS485 a sériové lince. Řídící pin sériové komunikace je nastaven jako výstupní a stažen k logické nule, čím je povolen příjem dat. Jejich přítomnost na vstupu je neustále kontrolována ve funkci „loop“. V případě příchodu dat a zahajovacího znaku jsou data znak po znaku čtena a postupně ukládána do pole char. Po ukončení komunikace dojde k jejich roztřídění na číslo snímače a naměřenou hodnotu pomocí funkcí atof (desetinné číslo typu float) a atoi (celé číslo typu integer). Data o směru větru jsou posílána ve formě číselného výstupu z A/D převodníku a dle Tabulky 2 je přes podmínky zjištěn přesný směr. Vnitřní teplota je získávána až zde ve vnitřní části meteostanice. Následně dojde k vypsání hodnot na LCD displej, uložení na SD kartu a odeslání na web.

Lokální ukládání dat:

Po startu programu dojde ke kontrole vložení SD karty. V případě chyby je běh programu zastaven v nekonečné smyčce a pro pokračování je nutný reset mikroprocesoru. V případě úspěšné kontroly dojde k otevření karty pro zápis a k vytisknutí popisové hlavičky do TXT souboru. Není-li soubor ještě vytvořen vytvoří se. Poté jsou již postupně ukládána samotná data opatřena údajem o čase uložení.

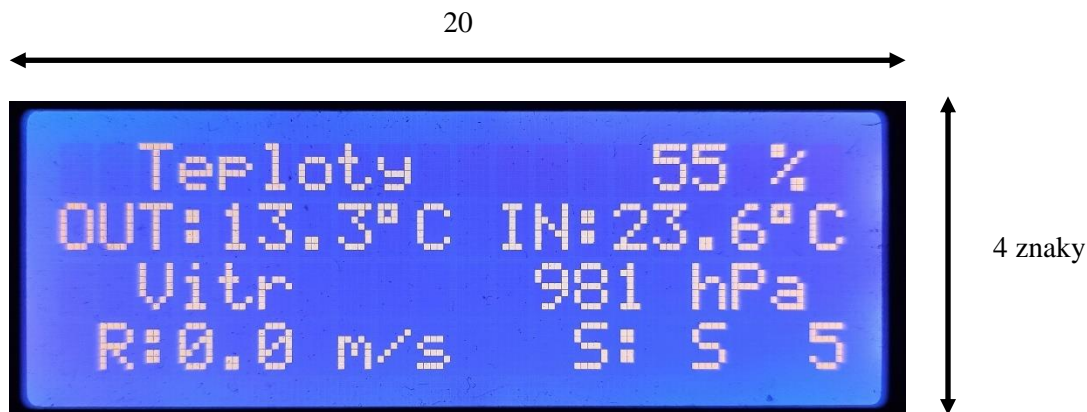


Obrázek 36: Ukázka uložených dat

Zdroj: vlastní

Práce s displejem:

Pro obsluhu displeje jsou v programu využity knihovny „Wire.h“ a „LiquidCrystal_I2C.h“. Samotný displej je k mikrokontroleru připojen přes sběrnici I²C. V inicializaci knihovny je nutné uvést jeho adresu na sběrnici a velikost. Ta je v tomto případě 20x4.



Obrázek 38: LCD displej 20x4 se snímanými hodnotami

Zdroj: vlastní

Vypsání hodnoty se provádí příkazem „lcd.print“. Před samotným příkazem vypsání je ještě nutné příkazem „lcd.setCursor (šířka, výška)“ nastavit kurzor na místo, tak má být daný znak vypsán nebo odkud se má začít vypisovat řetězec. Pozice šířky a výšky jsou indexovány od nuly.

6 VZDÁLENÝ PŘÍSTUP

6.1. Provoz webu

K vizualizaci získaných dat si lze buď naprogramovat vlastní řešení nebo využít některé z mnoha služeb. sloužících ke sběru a zpracování dat. Liší se od sebe podporou různých komunikačních protokolů, objemem přijímatelných dat i možnostmi jejich následného zpracovávání. V této práci jsem se rozhodl jsem se zkusit naprogramovat vlastní řešení. Níže popisuji nutnosti k tomu potřebné.

6.1.1. Webhosting

Webhostingem se rozumí pronajmutí určitého prostoru na cizím serveru pro účel provozování vlastních webových stránek. Pronájem může být zdarma, případně za poplatek. Bezplatný hosting má omezenou technickou podporu a je většinou spojen s povinným umístěním reklamy na webové stránce.

Ceny za placený hosting se dle poskytovaných služeb pohybují od desítek korun až do řádu tisíců. Na výběr je zpravidla několik tarifů. Níže uvádím srovnání několika českých hostingů.

6.1.1.1. Onebit

Onebit je jeden z nejznámějších a mezi uživateli jeden z nejlépe hodnocených webhostingů. Nabízí garantovanou dostupnost 99,99 %. a aktuálně čtyři tarify cenově od 29 do 179 Kč. I v nejnižší obsahuje podporu PHP nebo databázi MySQL. Nevýhodou může být nedostupnost nepřetržité podpory.

- výhody: výběr z mnoha tarifů,
- nevýhody: zákaznická podpora není dostupná nepřetržitě

6.1.1.2. Endora

Další ze známých hostingů je od firmy Endora. Na rozdíl od předchozího Onebitu nabízí jeden tarif zcela zdarma, pokud se uživatel obejde bez podpory HTTPS, emailu a technické podpory. Na poli placených tarifů má Endora při srovnatelných nabídkách oproti Onebitu nižší ceny.

- výhody: možnost bezplatné verze, nižší ceny
- nevýhody: zákaznická podpora není dostupná nepřetržitě, absence HTTPS v bezplatném tarifu

6.1.1.3. Wedos

Wedos je z hlediska uživatelů největší hostingová společnost v České republice. Nabízí celkem tři tarify. Jeden za 33 korun a další dva s možností sestavit si služby na míru. Webhosting je určen pro webové aplikace založené na operačním systému Linux, webovém serveru Apache, databázi MySQL a skriptovacím jazyce PHP.

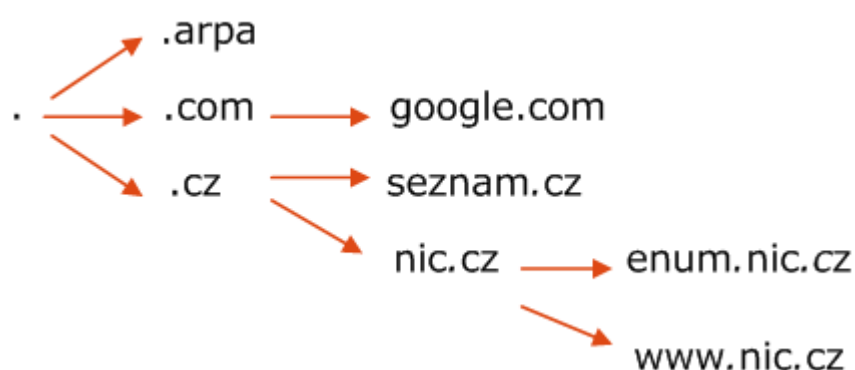
- výhody: možnost volitelného sestavení tarifu
- nevýhody: občasné potíže s dostupností

6.1.2. Domény

Zřízení webhostingu znamená pouze zřízení místa na serveru poskytovatele k uložení webových stránek. K samotnému přístupu na stránky je třeba mít zaregistrovanou doménu.

Doména slouží pro jednoznačné označení konkrétního počítače připojeného k internetu. Dělí na několik úrovní, a tím tvoří strom.

Mezi domény první úrovně patří obecné domény (.net .com) a národní domény podle dvoupísmenných zkratk států. Přidělování probíhá dle úrovní- např. správce domény „nic.cz“ rozhoduje sám komu doménu přidělí a nemusí žádat správce domény „cz“.



Zdroj: (CZ.NIC, 2019)

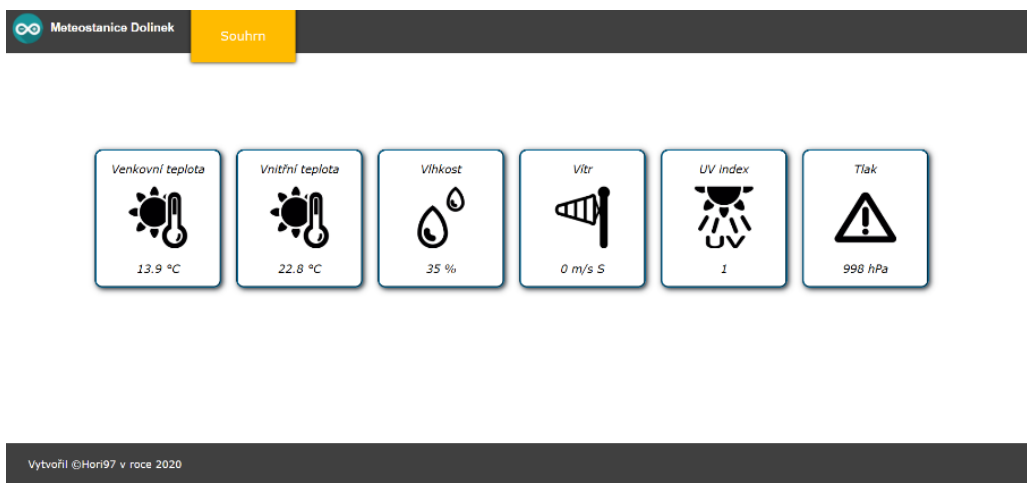
Dle toho, na jaké úrovni domény se rozhodneme provozovat naši stránku se liší cena za její pronájem. Využití domén nižších úrovní už bývá zpravidla bezplatné.

6.2. Praktické řešení

Webové rozhraní meteostanice funguje na webhostingu firmy Onebit na adrese www.meteorodolinek.cz. Při vytváření rozhraní byl kladen důraz na jednoduchost a přehlednost. Nebyla využita žádná předlohová šablona. Pro tvorbu stránky byly použity programovací jazyky HTML, PHP a kaskádové styly CSS. Web se skládá z jedné hlavní stránky s přehledem všech aktuálně naměřených hodnot. Design je responzivní, přizpůsobuje se velikosti prohlížeče.

Arduino v této situaci funguje jako klient. Hodnoty jsou odesílány pomocí HTTP protokolu a PHP skriptu na server, kde jsou zapisovány do MySQL databáze. Odesílání všech hodnot probíhá najednou v rámci řetězce a funkce GET.

Webová stránka obsahuje tři hlavní části. Část „logger“ se připojí k databázi, přijme data, roztřídí je a uloží. Části „databaseFunctions“ a „index“ generují samotnou stránku.



Obrázek 40: Webové rozhraní

Zdroj: vlastní

7 ZÁVĚR

Původní záměr vytvořit meteostanici mající venkovní a vnitřní část byl splněn.

Oproti původním plánům, ale došlo k pár změnám. Původní záměr byl použit ve vnitřní části pro zpracovávání dat desku Arduino Uno, případně použít pouze mikroprocesor na vlastní desce. Bohužel hlavně kvůli komunikaci přes sběrnici RS485 se z kapacitních důvodů mikroprocesoru nepodařilo tento plán realizovat. Druhým ústupkem je využití modulu k měření UV záření. Původní plán použití samotného snímače na vlastní desce se ukázal jako nemožný vzhledem k jeho velmi malé velikosti. Z vlastní desky jsem tedy vyvedl jen komunikační piny, na které je nasazen modul.

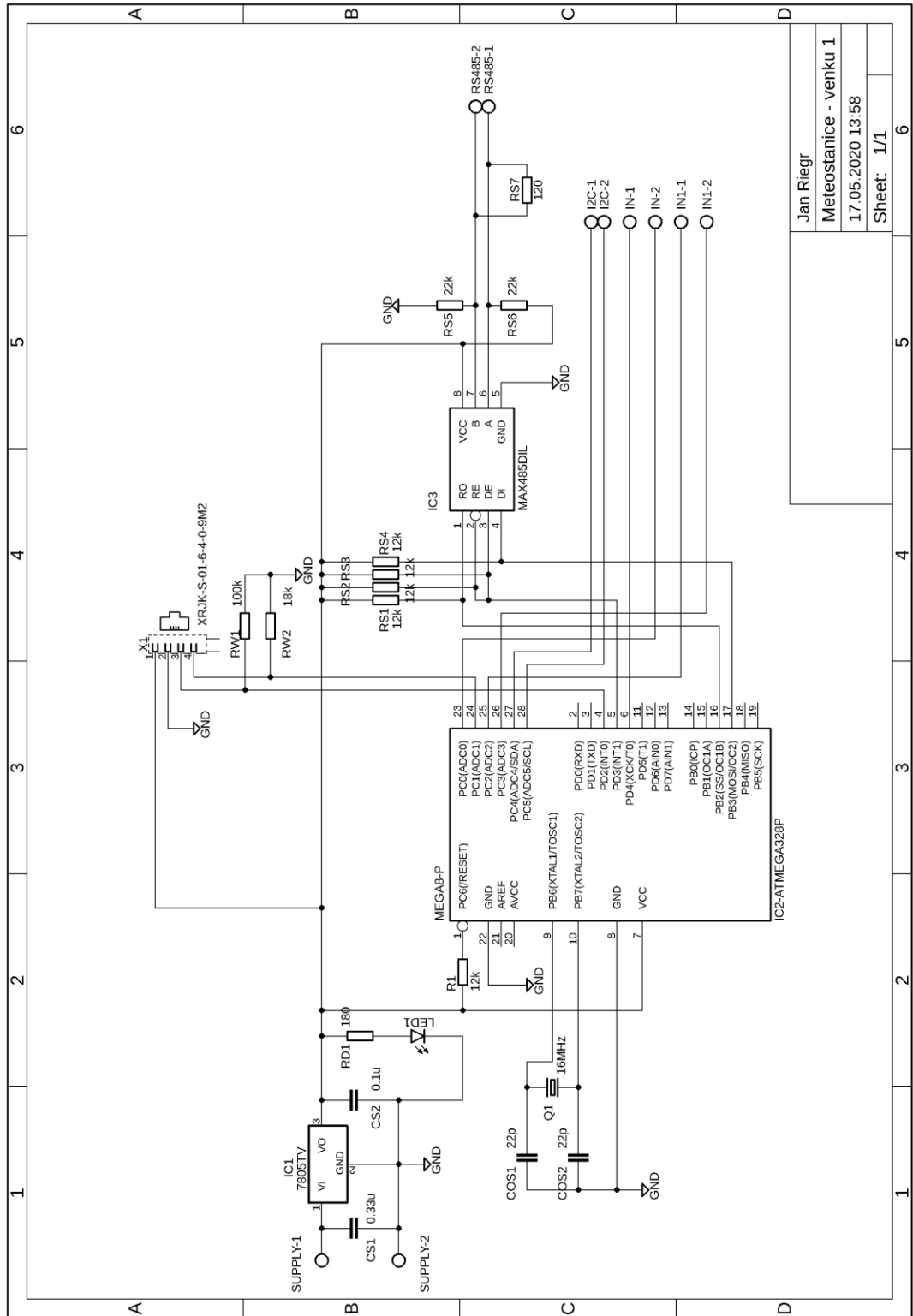
Žádný z ústupků však nemá vliv na funkčnost celé soustavy.

LITERATURA

- Základní rozdíly mezi RS-232, RS-422 a RS-485. *IPC2U* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://ipc2u.cz/articles/simple-decisions/zakladni-rozdily-mezi-rs-232-rs-422-a-rs-485/>
- Arduino – komunikace přes RS485 až na vzdálenost 1200m. *Arduino8* [online]. 2015, 20.7.2015 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://www.arduino8.cz/lekce-35-arduino-komunikace-pres-rs485-az-na-vzdalenost-1200m/>
- OLEJÁR, Martin. Stručný popis sběrnice I2C a její praktické využití k připojení externí eeprom 24LC256 k mikrokontroléru PIC16F877. *HW server* [online]. 2000, 20.5.2000 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/navrh-obvodu/strucny-popis-sbernice-i2c-a-jeji-prakticke-vyuziti-k-pripojeni-externi-eeprom-24lc256>
- MALÝ, Martin. Sběrnice 1-Wire. *HW server* [online]. 2004, 17.11.2004 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/sbernice-1-wiretm.html>
- VOJÁČEK, Antonín. Anemometr WindSonic - ultrazvukový snímač větru. *HW server* [online]. 2011, 31.8.2011 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/anemometr-windsonic-ultrazvukovy-snimac-vetru>
- OLMR, Vít. Senzory pro měření tlaku v integrovaném provedení. *HW server* [online]. 2005, 2.8.2005 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/senzory-pro-mereni-tlaku-v-integrovanem-provedeni.html>
- NEŘOLD, Marek. *Konstrukce jednoduché meteorologické stanice*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Jaroslav Freisleben.
- KUFRE, Jack, Emmanuel NWANGWU, Israel ETU a Ernest OSUAGWU. A Simple Thermistor Design for Industrial Temperature Measurement. In: *Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 2016, s. 57. ISSN 2250-2424.
- MATOUŠEK, David. UNIVERZITA PARDUBICE. *Mikroprocesorová technika*. 2018. Kapitola 12: Sběrnice.
- SVOBODA, Aleš. Vše o napájení Arduina. *Arduino návody* [online]. 2018, 3. 9. 2018 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/technikuv-blog/napajeni-arduina.html>
- Make your own weather station with Arduino. *HWmakers* [online]. 2013, 21.3.2013 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://www.hwmakers.eu/arduino/make-your-own-arduino-weather-station/>
- O DOMÉNÁCH A DNS. CZ.NIC [online]. 2019, 2019 [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://www.nic.cz/page/312/o-domenach-a-dns/>

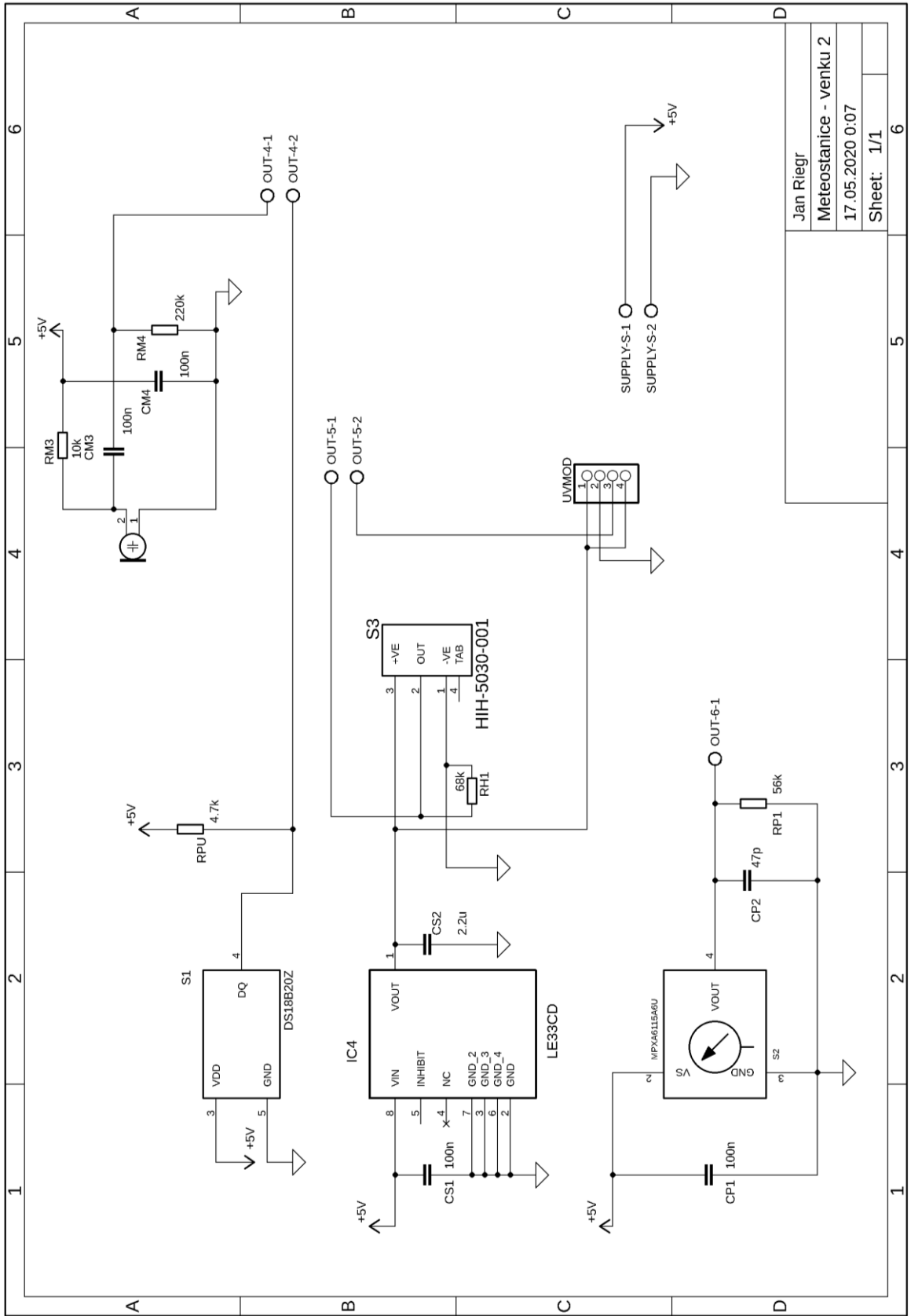
PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A – Konečná schémata zapojení jednotlivých DPS



A.1: DPS - Venkovní část I

Jan Riegr	6
Meteorstanice - venku 1	6
17.05.2020 13:58	6
Sheet: 1/1	6



PŘÍLOHA B – Seznam použitých součástek

Tabulka B.1 – Použité součástky – Venkovní část 1

Označení	Popis	Hodnota/Typ	Pouzdro/Provedení
R1	metalizovaný rezistor	12 k Ω	0207
RD1	metalizovaný rezistor	180 Ω	0207
RS1, RS2, RS3, RS4	metalizovaný rezistor	12 k Ω	0207
RS5, RS6	metalizovaný rezistor	22 k Ω	0207
RS7	metalizovaný rezistor	120 Ω	0207
RW1	metalizovaný rezistor	100 k Ω	0207
RW2	metalizovaný rezistor	18 k Ω	0207
COS1, COS2	keramický kondenzátor	22 pF	THT
CS1	keramický kondenzátor	0,33 uF	THT
CS2	elektrolytický kondenzátor	0,1 uF	THT
IC1	stabilizátor pevného napětí	7805CV-DG	TO220
IC2 - ATMEGA328-P	mikrokontrolér AVR MEGA	ATMEGA328P	SDIP28
IC3	Transceiver pro RS422/RS485	MAX485CPA	DIP8
LED01	LED	5 mm	T-1 3/4
Q1	krystal	16 MHz	HC49US
X1	RJ11 konektor	WEBP 6-4 LP	RJ11
SUPPLY-1	šroubovací svorkovnice	AK500/2DS-5.0-V-GREY	
SUPPLY-2			
I2C-1			
I2C-2			
IN-1			
IN-2			
IN-3-1			
IN-3-2			
RS485-1			
RS485-2			

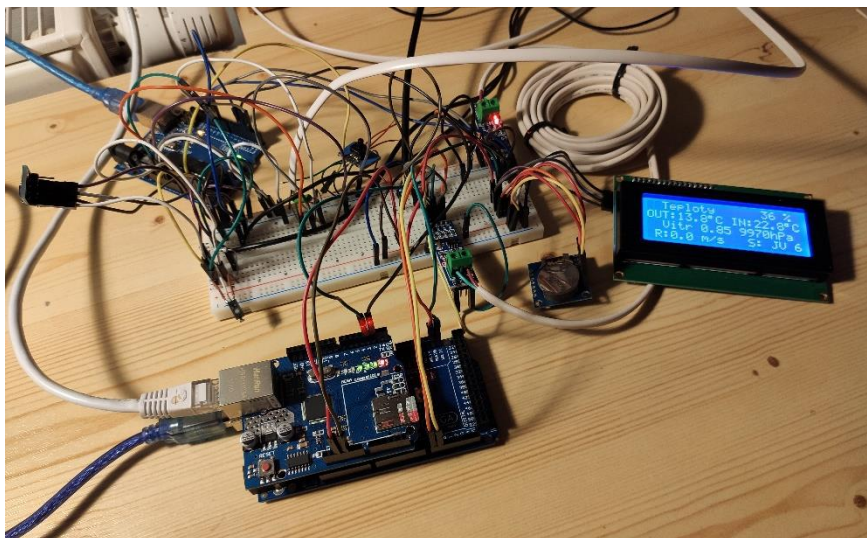
Tabulky B.2: Použité součástky - Venkovní část 2

CM1, CM2, CP1, CS1	keramický kondenzátor	100 nF	0805
CP2	keramický kondenzátor	47 pF	0805
CS2	tantalový kondenzátor	2,2 uF	A
RH1	metalizovaný rezistor	68 kΩ	0207
RM1	rezistor	10 kΩ	0603
RM2	rezistor	220 kΩ	0805
RP1	metalizovaný rezistor	56 kΩ	0207
RPU	metalizovaný rezistor	4,7 kΩ	0207
S1	teplotní senzor	DS18B20Z+	SO08
S2	tlakový senzor	MPXA6115A6U	SMD
S3	čidlo vlhkosti	HIH-5030-001	SMD
S4	elektretový mikrofon	MCE101	
IC4	stabilizátor napětí	LE33CD	SO8 -
SUPPLY-S-1	šroubovací svorkovnice	AK500/2DS-5.0-V-GREY	
SUPPLY-S-2			
OUT-4-1			
OUT-4-2			
OUT-5-1			
OUT-5-2			
OUT-6-1			
UVMOD	kolíková lišta	S1G20 2,54mm	

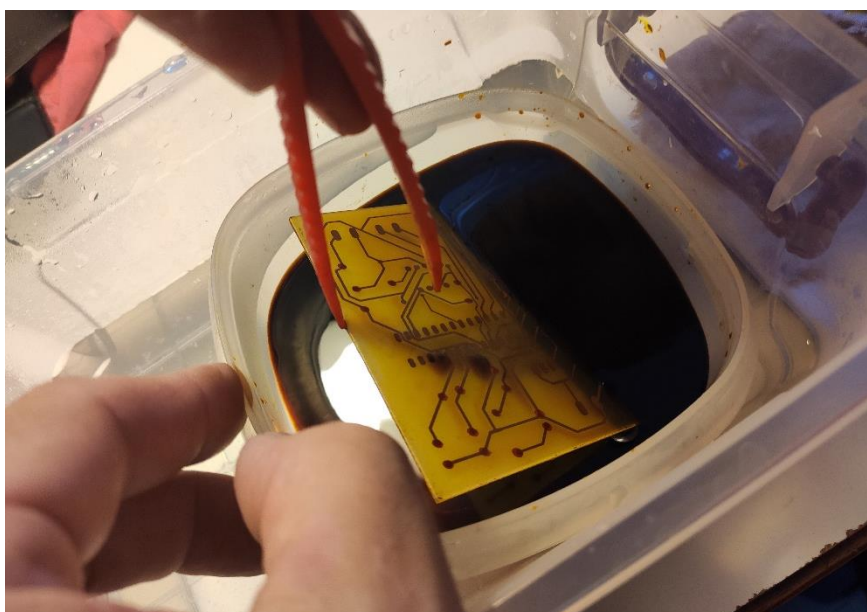
Tabulka B.3.: Použité součástky - Vnitřní část

Arduino Mega 2560 R3
Arduino Ethernet Shield W5100
Převodník TTL na RS485
Modul RTC DS1307
LCD I2C display 20x4
DS18B20 - vodotěšná varianta

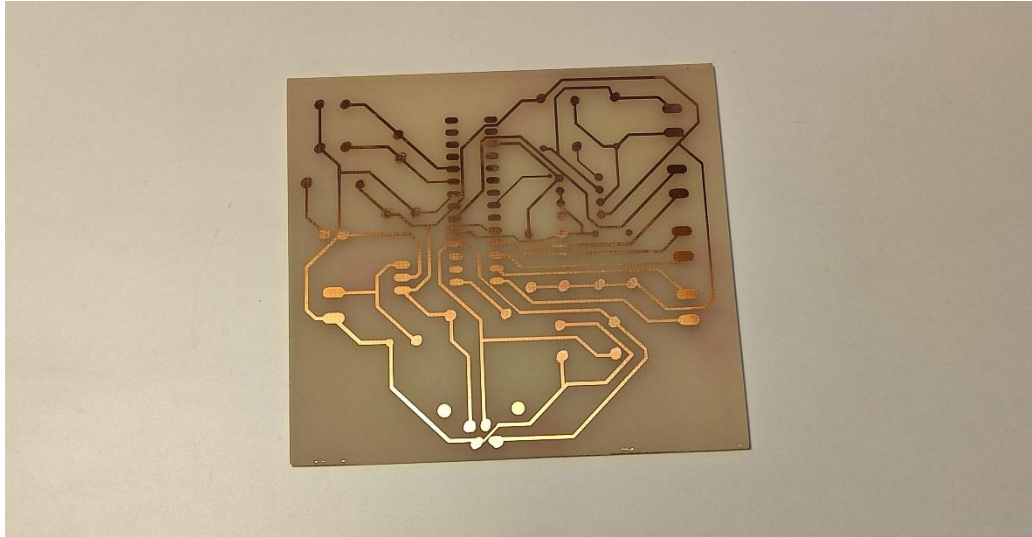
PŘÍLOHA C – Průběh výroby DPS



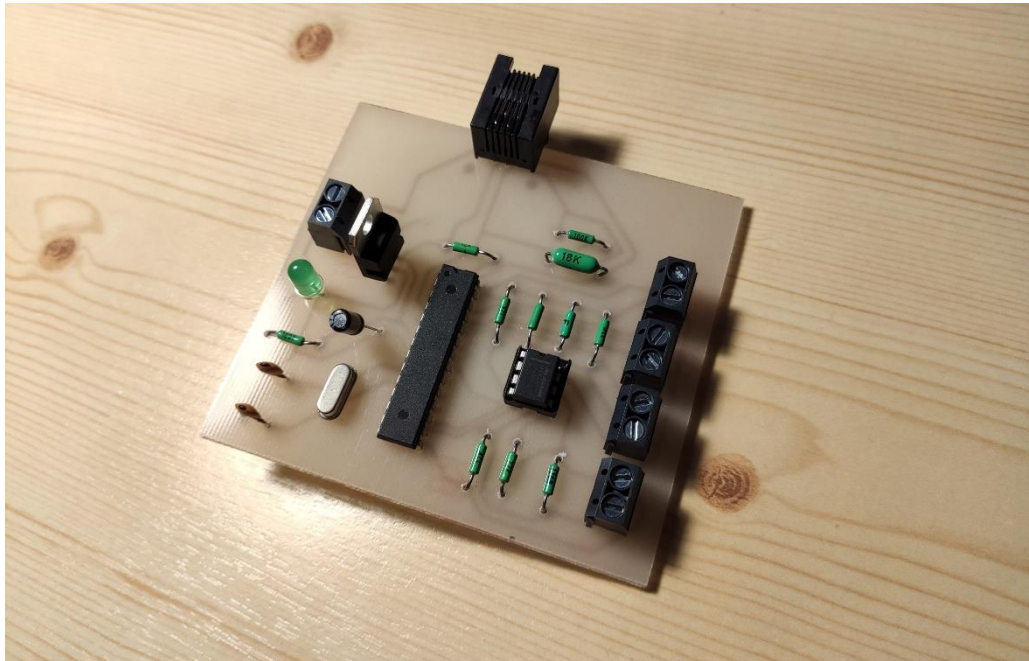
C.1.: Funkční prototyp meteostanice v nepájivém poli



C.2: Výroba DPS fotocestou



C.3: Výsledná vyrobená DPS



C.4: Osazená výsledná DPS