



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

ARDUINO/RPI METEOSTANICE
ARDUINO/RPI WEATHER STATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jakub Rolný

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Tomáš Hůlka

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky
Student: **Jakub Rolný**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenství
Vedoucí práce: **Ing. Tomáš Hůlka**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Arduino/RPi meteostanice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta bude s pomocí Arduina/RPi a vybraných senzorů vyrobit malou meteostanici, která bude schopna snímání požadovaných veličin a bezdrátové komunikace.

Cíle bakalářské práce:

Stručná rešerše problematiky.
Návrh a tvorba vlastní Arduino/RPi meteostanice.
Otestování funkčnosti.

Seznam doporučené literatury:

SAINI, Hardeep, et al. "Arduino based automatic wireless weather station with remote graphical application and alerts." 2016 3rd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN). IEEE, 2016.

HUSSEIN, Khudhur, et al. "Low cost smart weather station using Arduino and ZigBee." Telkomnika 18.1 (2020): 282-288.

SAVIĆ, Trifun, and Milutin RADONJIĆ. "One approach to weather station design based on Raspberry Pi platform." 2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR). IEEE, 2015.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Obsahem práce je navrhnutí a tvorba vnitřní a venkovní meteostanice, která je schopna pomocí senzorů snímat požadované veličiny. Naměřená data venkovní meteostanice, která je napájena pomocí solárního panelu a baterie, jsou pomocí vývojové desky NodeMcu ESP8266, která je schopna bezdrátové komunikace, monitorována na online platformě Arduino IoT Cloud. Vnitřní meteostanice, která je založena na vývojové desce Arduino Uno vyobrazuje svá naměřená data pomocí displeje.

ABSTRACT

The content of the work is the design and creation of indoor and outdoor weather station, which can sense the required quantities using sensors. The measured data of the outdoor weather station, which is powered by a solar panel and battery are monitored on the online platform Arduino IoT Cloud using the NodeMcu ESP8266 development board, which is capable of wireless communication. The indoor weather station, which is based on the Arduino Uno development board, displays its measured data via a display.

KLÍČOVÁ SLOVA

Arduino, Meteostanice, Bezdrátová komunikace, Arduino IoT Cloud

KEYWORDS

Arduino, Meteorostation, Wireless communication, Arduino IoT Cloud



2022

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ROLNÝ, Jakub. *Arduino/RPi meteostanice* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139933>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Tomáš Hůlka.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svým kolegům za cenné rady a připomínky.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že, že tato práce je mým původním dílem, vypracoval jsem ji samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

Jako autor uvedené práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona c. 121/2000 Sb., včetně možných trestně právních důsledků.

V Brně dne 20. 5. 2022

.....

Jakub Rolný

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	17
2.1	IoT	17
2.1.1	Arduino Cloud IoT	17
2.1.2	ThingSpeak	17
2.2	Vývojové desky	18
2.2.1	Arduino UNO	19
2.2.2	Arduino MKR WiFi 1010.....	19
2.2.3	NodeMCU ESP8266 WiFi	20
2.3	Senzory	20
2.3.1	Senzor vnitřní teploty a vlhkosti.....	21
2.3.2	Senzor vnější teploty	22
2.3.3	Senzor tlaku	22
2.3.4	Senzor rychlosti větru	23
2.3.5	Senzor směru větru	23
2.3.6	Senzor vodní hladiny	24
2.3.7	Optický srážkoměr.....	25
2.3.8	MKR ENV Shield.....	25
3	VLASTNÍ ŘEŠENÍ.....	29
3.1	Venkovní meteostanice.....	29
3.1.1	Arduino IoT cloud	29
3.1.2	Vývojová deska	29
3.1.3	Senzory	30
3.1.4	Napájení.....	33
3.1.5	Skříň meteostanice.....	35
3.1.6	Umístění.....	36
3.2	Vnitřní meteostanice.....	38
3.2.1	Vývojová deska	38
3.2.2	Hodiny reálného času	38
3.2.3	Senzory	39
3.2.4	Displeje	39
3.3	Krabice vnitřní meteostanice	40
3.4	Umístění.....	41
4	ZHODNOCENÍ A DISKUZE.....	42
5	ZÁVĚR	45
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
8	SEZNAM TABULEK.....	52
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	53

1 ÚVOD

Počasí nás ovlivňuje mnoha způsoby. Ovlivňuje to, co děláme a co nosíme, jak cestujeme, a dokonce i naše nálady. Meteorologové měří povětrnostní podmínky na různých místech a využívají tyto informace k vytváření zpráv a předpovědí budoucích povětrnostních podmínek. Měření a předpovídání počasí má schopnost pomáhat lidem, podnikům, zemědělcům, dopravním systémům a poskytovat varovné systémy. Je také důležité při určování klimatu v určité oblasti, což zahrnuje měření počasí po dlouhou dobu.

Cílem této práce je proto návrh a tvorba jednoduché a levného řešení venkovní a vnitřní meteostanice, která bude schopna snímat pomocí senzorů požadovaných veličin.

Vnější meteostanice je schopna pomocí senzorů snímat teplotu, vlhkost, absolutní tlak, nadmořskou výšku a rychlost větru. Tyto naměřená data jsou následně pomocí vývojové desky NodeMcu ESP8266, která umožňuje bezdrátovou komunikaci, monitorována v reálném čase na online platformě Arduino IoT Cloud, nebo je možno tyto naměřená data monitorovat pomocí mobilní aplikace. Napájení meteostanice je řešeno pomocí akumulátoru a solárního panelu, které umožní dlouhodobý chod bez nuceného zásahu. Sensory jsou uzavřeny pomocí 3D vytisknuté skříně, která je schopna díky její konstrukci chránit senzory před vnějšími vlivy, ale také umožňuje dostatečnou cirkulaci vzduchu, která je pro senzory potřebná.

Vnitřní meteostanice je více zaměřená na kvalitu ovzduší, proto obsahuje senzor plynů pro měření kvality ovzduší. Dále obsahuje senzory pro měření vnitřní teploty a vlhkosti. Tato meteostanice využívá vývojovou desku Arduino Uno napájenou pomocí 9V baterie, která naměřená data vyobrazuje na displej, jenž je umístěný v 3D vytisknuté krabici.

V závěru je otestována funkčnost meteostanice a vyobrazení naměřených veličin.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Meteostanice je zařízení, které pomocí senzorů snímá atmosférické parametry. Tyto parametry mohou být následně využity k poskytnutí předpovědi počasí. Automatická meteostanice, využívající bezdrátovou komunikaci mají většinou malé rozměry a jsou jednoduché k instalaci. Systém snímá měřené veličiny v reálném čase. Pro snímání parametrů jsou použity levné, ale přesné senzory pro poskytnutí měření. Systém zaznamenává měření a posílá je pomocí bezdrátové komunikace na internet, kde mohou být vyobrazena k nahlédnutí současného počasí. Tyto meteostanice mohou být využity jak v zemědělství, tak pro vzdělávací prostředky nebo v domácnostech. [1] [2]

2.1 IoT

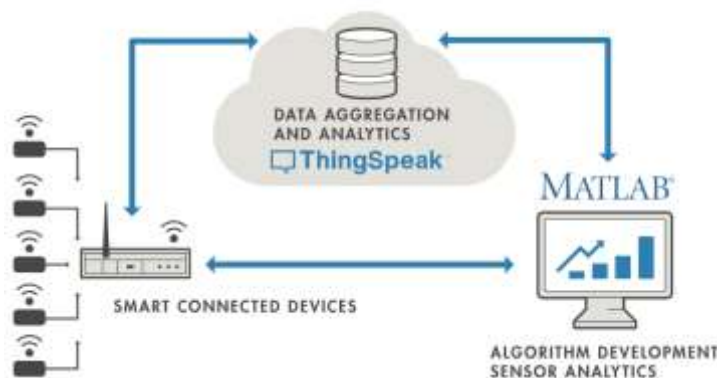
Internet of things (IoT) popisuje nastupující trend, kde velký počet vestavěných zařízení jsou připojena k internetu. Tyto zařízení komunikují s lidmi a s ostatními věcmi a obvykle poskytují data pro cloudové úložiště, následně jsou data zpracovány a analyzovány k poskytnutí důležitých poznatků. Iot řešení jsou vytvořeny pro mnoho vertikálních aplikací jako je monitorování a řízení životního prostředí, monitorování zdraví, monitorování vozových parků, průmyslové monitorování a řízení a domácí automatizace.

2.1.1 Arduino Cloud IoT

Arduino IoT Cloud je online platforma, která poskytuje snadné prostředky k vytvoření, rozmístění a monitorování IoT projektů. Obsahuje přátelské rozhraní a dokáže se vypořádat s problémy jako konfigurace, psaní kódu, upload a vizualizace. K použití je zapotřebí použít cloud kompatibilní desku. Je zde možnost výběru mezi oficiální Arduino deskou nebo deskou založenou na ESP32 / ESP8266 mikrokontroléru. Arduino IoT Cloud v současnosti podporuje propojení přes Wi-Fi, LoRaWAN® a mobilní sítě. [3]

2.1.2 ThingSpeak

ThingSpeak je IoT analytická platforma, která umožňuje sloučit, vizualizovat a analyzovat reálná data a následně je zobrazit v cloudu. Poskytuje okamžitou vizualizaci dat nahrána pomocí zařízení na ThingSpeak. S možností využití MATLAB® kódu je možné provést online analýzu a zpracování dat v průběhu jejich přijímání.



Obr. 1: ThingSpeak komunikace [4]

Na levé straně Obr.1 se vyskytují chytré zařízení, které se nacházejí na okraji sítě. Tato zařízení shromažďují data a zahrnují věci, jako jsou např. nositelná zařízení, bezdrátové snímače teploty, monitory srdečního tepu, snímače hydraulického tlaku nebo stroje v továrně. Uprostřed se nachází cloud, kde jsou data z mnoha zdrojů nashromážděna a analyzována v reálném čase, často pomocí analytické platformy IoT určené pro tento účel. Pravá strana diagramu znázorňuje vývoj algoritmu spojeného s použitím IoT. Zde se inženýr nebo datový vědec snaží získat náhled na shromážděná data provedením historické analýzy dat. V tomto případě jsou data stažena z platformy IoT do prostředí desktopového softwaru, aby umožnila inženýrovi nebo vědci prototypovat algoritmy, které se nakonec mohou spustit v cloudu nebo na samotném chytrém zařízení. [4]

2.2 Vývojové desky

Vývojové desky tvoří jádro projektu, ke kterým lze připojit další periférie jako jsou například senzory nebo displeje. Jedná se o mikrokontrolér zabudovaný na jedné desce s plošnými spoji. Tato deska poskytuje všechny obvody nezbytné pro užitečnou řídicí úlohu: mikroprocesor, I/O obvody, generátor hodin, RAM, uloženou programovou paměť a všechny nezbytné podpůrné integrované obvody. Záměrem je, aby byla deska okamžitě užitečná pro vývojáře aplikací, aniž by museli věnovat čas a úsilí vývoji hardwaru ovladače.

Protože jsou obvykle levné a mají obzvláště nízké kapitálové náklady na vývoj, jednodeskové mikrokontroléry jsou ve vzdělávání dlouho oblíbené. Jsou také oblíbeným prostředkem pro vývojáře, jak získat praktické zkušenosti s novou rodinou procesorů.

2.2.1 Arduino UNO

Arduino UNO je vývojová deska, která poskytuje 14 digitálních vstupních/výstupních pinů (z nichž 6 lze použít jako PWM výstupy), 6 analogových vstupů, 16 MHz krystal, USB připojení, napájecí konektor, ICSP header a resetovací tlačítko. Obsahuje vše potřebné pro podporu mikrokontroléru. [5]



Obr. 2: Arduino UNO [6]

2.2.2 Arduino MKR WiFi 1010

Arduino MKR WiFi 1010 je jeden z nejjednodušších vstupních bodů k základnímu návrhu IoT aplikací. Ať už na vybudování senzorové sítě připojené ke kanceláři nebo domácímu routeru, nebo k vytvoření Bluetooth® Low Energy zařízení posílající data do mobilního telefonu. [7]



Obr. 3: Arduino MKR WiFi 1010 [8]

2.2.3 NodeMCU ESP8266 WiFi

NodeMCU ESP8266 Wifi je vývojová deska založená na ESP8266, což je wifi SOC (systém na čipu) vyráběný společností Espressif Systems. Jedná se o vysoce integrovaný čip navržený tak, aby poskytoval plnou internetovou konektivitu v malém balení. Velkou výhodou je nízká cena. [9] [10]



Obr. 4: NodeMCU ESP8266 Wifi [11]

Tab. 1: Porovnání vývojových desek

	Arduino UNO	Arduino MKR WiFi 1010	NodeMCU ESP8266 Wifi
USB konektor	USB 2.0 A/B	Micro USB (USB-B)	Micro USB (USB-B)
Digitální I/O Piny	14	8	16
Analogové vstupní piny	6	7	1
Analogové výstupní piny	-	1	-
Bluetooth®	Ne	Ano	Ano
Wi-Fi	Ne	Ano	Ano
I/O Napětí	5 V	3.3 V	3.3 V
Vstupní napětí	7-12 V	5-7 V	7-12 V
Taktovací frekvence	16 MHz	48 MHz	80 MHz
Flash paměť	32 KB	256 KB	4 MB
SRAM	2 KB	32 KB	64 KB
Cena	453 Kč	682 Kč	147 Kč

2.3 Senzory

Senzory jsou jedny z hlavních částí meteostanice. S jejich pomocí dokážeme snímat požadované veličiny, které mohou být následně dále zpracovány. V této kapitole jsou podrobněji popsány nejpoužívanější senzory pro meteostanici.

2.3.1 Senzor vnitřní teploty a vlhkosti

Teplotní senzor je zařízení, které detekuje a měří teplo, které převádí na elektrický signál. Může měřit teplotu vzduchu, teplotu kapaliny nebo teplotu pevných látek. K dispozici jsou různé typy teplotních senzorů a každý z nich používá jiné technologie a principy pro měření teploty. Používají se v mnoha různých aplikacích a průmyslových odvětvích. Jsou všude kolem nás, přítomné v každodenním životě i v industriálním prostředí. Příkladem mohou být průmyslové, zdravotní, vědecké a laboratorní aplikace, dále můžeme najít využití v domácnostech, automobilech a transportu. [12]

Vlhkostní senzor je elektronické zařízení, které měří vlhkost ve svém okolí a převádí ji na odpovídající elektrický signál. Snímače vlhkosti se liší velikostí a funkcí; některá čidla vlhkosti lze nalézt v kapesních zařízeních (jako jsou chytré telefony), zatímco jiná jsou integrována do větších vestavěných systémů (jako jsou systémy sledování kvality vzduchu). Senzory vlhkosti se běžně používají v meteorologii, lékařství, automobilovém průmyslu, HVAC a zpracovatelském průmyslu.

Senzory vlhkosti lze rozdělit do dvou skupin, protože každá kategorie používá k výpočtu vlhkosti jinou metodu: senzory relativní vlhkosti (RH) a senzory absolutní vlhkosti (AH). Relativní vlhkost se vypočítá porovnáním skutečné hodnoty vlhkosti při dané teplotě s maximálním množstvím vlhkosti pro vzduch o stejné teplotě. Snímače relativní vlhkosti proto musí měřit teplotu, aby bylo možné určit relativní vlhkost. Naproti tomu absolutní vlhkost se měří bez vztahu k teplotě. [13]

Tab. 2: Porovnání vybraných senzorů [14]

	DHT11	DHT22
Teplotní rozsah	0-50 °C (±2 °C)	-40-80 °C (±0,5 °C)
Rozsah vlhkosti	20-90 % (±5 %)	0-100 % (±2 %)
Rozlišení	Vlhkost: 1 % Teplota: 1 °C	Vlhkost: 0.1 % Teplota: 0.1 °C
Provozní napětí	3-5.5 V DC	3.3-6 V DC
Spotřeba proudu	0.5-2.5 mA	1-1.5 mA
Vzorkovací doba	1 s	2 s
Rozměry	2.3 x 1.2 x 0.5 cm	2.5 x 1.5 x 0.8 cm
Cena	64 Kč	114 Kč



Obr. 5: DHT11 [15]



Obr. 6: DHT22 [16]

2.3.2 Senzor vnější teploty

Tyto sensory jsou uzpůsobeny pro venkovní podmínky. Jsou tedy vodotěsné, mají nerezové ocelové zapouzdření a mohou být použity i v znečištěném prostředí. Jejich rozsah měření se pohybuje v rozmezí -55°C až 125°C a přesnost až na setiny $^{\circ}\text{C}$. [17]



Obr. 7: Sonda s teplotním čidlem DS18B20 [17]

2.3.3 Senzor tlaku

Snímač tlaku je zařízení nebo přístroj, který je schopen měřit tlak v plynech nebo kapalinách. Snímač tlaku se skládá z prvku citlivého na tlak, který dokáže určit aplikovaný tlak, a z komponentů pro převod informace na výstupní signál. Tlakový senzor generuje signál na základě měření použitého tlaku.

Tab. 3: Porovnání senzorů tlaku

	BMP180	BMP280
Rozsah tlaku	30-110 kPa (0.3-1.1 bar)	30-110 kPa (0.3-1.1 bar)
Rozlišení	10 Pa	6 Pa
Spotřeba	0.3 μA	0.1 μA
Napájení	1.8 V-3.6 V	1.71 V-3.6 V
Maximální rychlost I2C	3.5 MHz	3.5 MHz
Velikost	21 x 18 mm	15.2 x 12.0 mm
Cena	49 Kč	47 Kč



Obr. 8: BMP180 [18]



Obr. 9: BMP280 [19]

2.3.4 Senzor rychlosti větru

Senzor pro měření rychlosti větru se nazývá anemometr. Anemometry jsou důležitými nástroji pro meteorology, kteří studují počasí. Jsou také důležité pro práci fyziků, kteří studují způsob pohybu vzduchu.

Nejběžnější typ anemometru má tři nebo čtyři misky připevněné k horizontálním ramenům. Ramena jsou připevněna ke svislé tyči. Jak vítr fouká, misky se otáčejí a tyč se roztočí. Čím silnější vítr fouká, tím rychleji se tyč otáčí. Anemometr počítá počet otáček, což se následně využije k výpočtu rychlosti větru. Protože rychlosti větru nejsou konzistentní (dochází k nárazům a útlumu), rychlost větru je obvykle průměrována za krátkou dobu.



Obr. 10: Anemometr [20]

2.3.5 Senzor směru větru

Pro měření směru větru se využívá větrná korouhev, která je namontována na hřídeli a je vyvýšená nad zemí. Vítr zachycuje list kormidla a roztáčí ho. Úzký konec lopatky ukazuje do větru a určuje směr, ze kterého vítr přichází.

Moderní větrné korouhve jsou kvalitní a vysoce citlivé nástroje. Mají vysokou přesnost při nižších rychlostech větru a nízký práh pro zahájení otáčení. To znamená, že je možno detekovat i sebemenší změnu směru větru. Dnes jsou vyrobeny tak, aby byly odolné a schopné odolat bouřlivým podmínkám po dlouhou dobu. [21]



Obr. 11: Větrná korouhev [22]

2.3.6 Senzor vodní hladiny

Vodní senzor je navržen pro detekci vody. Lze jej široce použít při snímání srážek, hladiny vody, a dokonce i úniku kapalin. Používá se také k detekci objemu vody nebo pro upozornění k zalití rostlin. Senzor vodní hladiny pracuje na principu řady exponovaných paralelních vodičů, které společně fungují jako proměnný rezistor (stejně jako potenciometr), jehož odpor se mění podle hladiny vody. Změna odporu odpovídá vzdálenosti od horní části snímače k hladině vody, což znamená že je odpor nepřímo úměrný výšce vody. Senzor vytváří výstupní napětí podle odporu, jehož měřením můžeme určit hladinu vody. [23] [24]



Obr. 12: Senzor vodní hladiny [25]

2.3.7 Optický srážkoměr

Srážkoměr je bezúdržbový optický dešťový senzor, který lze použít pro širokou škálu aplikací pro monitorování a kontrolu srážek. Tento senzor je zcela utěsněn před okolním prostředím. Jeho vhodné umístění je např. na stožár meteorologické stanice, budovy nebo další infrastrukturu. Srážkoměr snímá vodu dopadající na jeho vnější povrch pomocí paprsků infračerveného světla, tím dokáže detekovat kapky deště o velikosti menší než půl milimetru. [26]



Obr. 13: Optický srážkoměr [27]

2.3.8 MKR ENV Shield

Jedná se o shield pro vývojovou desku MKR WiFi 1010. Tento shield dokáže zaznamenávat údaje o okolním prostředí, jako je teplota, vlhkost, tlak, UV a intenzita světla. K umožnění vytvoření projektu, kde je potřeba lokálně uložit data, má tento shield slot pro mikro SD kartu. Jedná se o provedení velmi jednoduché, kdy máme více různých senzorů po hromadě zabudované na jedné desce. Nevýhodou je vyšší cena shieldu. [28]



Obr. 14: MKR ENV Shield [29]

3 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

V následující kapitole je popsána tvorba dvou variant meteostanic, a to venkovní a vnitřní. Venkovní meteostanice je zaměřena na snímání počasí, zatímco vnitřní meteostanice je více orientována na snímání kvality vzduchu.

3.1 Venkovní meteostanice

Zprávy o počasí, které jsou možné vidět např. v mobilní aplikaci, často pocházejí ze stanic několik kilometrů daleko od naší polohy. V důsledku toho mohou být v těchto přehledech značné nesrovnalosti ve srovnání se skutečnými podmínkami v našem okolí. To je důvod, pro tvorbu vlastní venkovní meteostanice, která dokáže pomocí senzorů a bezdrátové komunikace snímat a monitorovat počasí v reálném čase a na konkrétním místě.

3.1.1 Arduino IoT cloud

Pro online monitorování senzorů byla vybrána platforma Arduino IoT cloud. Byla zvolena z důvodu snadného vytvoření IoT projektů s přátelským rozhraním. Je zde možno konfigurovat, psát kód, uploadovat a vyobrazovat změřená data. Je velmi snadno použitelný i pro úplné začátečníky. Výhodou této platformy je nejen vytváření libovolných widgetů k zobrazení měřených veličin, ale také její mobilní aplikace, kde je možné vyobrazit naměřená data v reálném čase. Arduino IoT cloud nabízí několik plánů, které je možné využít. Jelikož je využíván bezplatný plán, je zde možno použít pouze 5 veličin, které mohou být monitorovány.

FEATURES	Free	Entry	Maker	Maker Plus
General				
Any OS & Chromebook compatible	✓	✓	✓	✓
Access projects on any device	✓	✓	✓	✓
3rd party device support	✓	✓	✓	✓
IoT Projects				
Things	2	10	25	100
Variables	5	10	unlimited	unlimited

Obr. 15: Definice plánu [30]

3.1.2 Vývojová deska

Výběr desky byl omezen použitím platformy Arduino IoT cloud, kde je zapotřebí použít kompatibilní hardware. Je zde možnost vybrat mezi oficiálními deskami Arduino nebo desek založených na mikrokontroleru ESP32/ESP8266. Pro meteostanici byla vybraná deska NodeMcu CP2102 Lua Wi-fi ESP8266. Hlavní faktor pro výběr této desky byla

cena, jelikož výroba této desky je velmi levná oproti oficiálním deskám Arduina. Tato základní deska umožňuje nejen bezdrátovou komunikaci WiFi, ale také poskytuje dostatečné množství vstupních pinů pro zapojení senzorů. Mezi další výhody patří také nízká spotřeba energie. Menší nevýhodou je možnost použití pouze jednoho analogového pinu.



Obr. 16: NodeMcu CP2102 Lua Wi-fi ESP8266 [11]

3.1.3 Senzory

Jak již bylo v kapitole 3.1.1 zmíněno, je možno monitorování pouze 5 veličin. Následující výběr senzorů byl zvolen v závislosti na nejpoužívanějších senzorů meteostanic.

Senzor teploty a vlhkosti

Pro senzor teploty a vlhkosti byl vybrán senzor DHT11. Tento senzor pracuje s vysokou přesností jak pro měření teploty, tak vlhkosti. Velkou výhodou je opět cena, která je nižší než u přesnější varianty DHT22. Pro měření teploty je možné využít také senzor BMP180, ale jeho přesnost je o něco menší.



Obr. 17: DHT11 [15]

Senzor tlaku a nadmořské výšky

Pro měření tlaku a nadmořské výšky byl vybrán senzor BMP180, mezi jehož výhody patří hlavně nízká cena, přesnost a nízká spotřeba. Senzor dokáže měřit nejen barometrický tlak, ale také teplotu s jejíž pomocí dokáže získat informace o aktuální nadmořské výšce.



Obr. 18: BMP180 [18]

Senzor větru

Senzor rychlosti větru je malý a lehký, snadno se přenáší a montuje. Koncept tří misek dokáže efektivně získat informace o rychlosti větru. Plášť je vyroben z polykarbonátového kompozitního materiálu, který má dobré antikorozi vlastnosti, které mohou zaručit dlouhodobé používání anemometru bez koroze. Vnitřní ložiskový systém zajišťuje přesnost sběru informací. [31]



Obr. 19: Anemometr 0-5V [20]

Tab. 4: Parametry anemometru

Zdroj napájení	10 ~ 30 V DC
Rozsah měření	0 ~ 30 m/s
Přesnost	$\pm (0.2 + 0.03 V) \text{ m/s}$
Minimální měřitelná hodnota	0.1 m/s
Spotřeba energie	0.4 W
Doba odezvy	$\leq 0.5 \text{ s}$
Start rychlosti větru	$\leq 0.2 \text{ m/s}$
Pracovní teplota	-20 °C ~ 60 °C
Výstupní signál	0-5 V

Pro měření rychlosti větru a úspěšné zapojení k základní desce je potřeba převést výstupní signál v podobě napětí ve voltech na rychlost větru v m/s. Anemometr vydává výstupní analogový signál v rozmezí 0-5 V v závislosti na rychlosti jeho otáčení (rychlosti větru). Tento signál je následně zpracován základní deskou, která dokáže přijímat analogový vstup pouze v rozmezí 0-3.3 V, což zapříčiní změnu maximální možné měřitelné rychlosti větru. Maximální rychlost větru byla vypočítána ze vztahu:

$$out_{max} = \frac{v_{max}}{V_{max}} \cdot in_{max} = \frac{30}{5} \cdot 3.3 = 19.8 \text{ m/s} \quad (1)$$

Kde out_{max} je maximální rychlost větru [m/s], v_{max} maximální rychlost větru anemometru [m/s], in_{max} maximální vstupní napětí [V], V_{max} maximální výstupní napětí anemometru [V].

Při programování je následně hodnota ve voltech převáděna na hodnoty v rozmezí 0-1023. Tento převod umožňuje obvod uvnitř mikrokontroléru, který se nazývá analogově-digitální převodník nebo ADC. Výsledná rovnice pro výpočet rychlosti větru vypadá následovně:

$$v = \frac{(x - in_{min}) \cdot (out_{max} - out_{min})}{in_{max} - in_{min}} + out_{min} \quad (2)$$

Kde v je rychlost větru [m/s], x vstupní napětí [V], in_{min} minimální vstupní napětí [V], in_{max} maximální vstupní napětí [V], out_{min} minimální rychlost větru [m/s], out_{max} maximální rychlost větru [m/s].

Pro uložení anemometru do stabilní svislé polohy byla vytvořena pomocí 3D tisku konzola.



Obr. 20: Konzola anemometru

3.1.4 Napájení

Napájení je řešeno pomocí baterie 18650. Jedná se o lithium-iontový akumulátor o kapacitě 2600 mAh a jmenovitém napětí 3.7 V. Díky své kapacitě a vysokému vybíjecímu proudu je vhodný i pro zařízení s vyšší spotřebou elektrické energie. S použitím těchto článků je potřeba dávat pozor na případné podbíjení nebo přebíjení, kdy může dojít k nenávratnému poškození nebo například explozi.

Tab. 5: Parametry baterie

Typ článku	ICR18650P-5C Doublepow
Kapacita	2 600 mAh, 9.62 Wh
Jmenovité napětí	3.7 V
Pracovní napětí	2.8 až 4.2 V
Nabíjecí napětí	4.2 V
Počet nabíjecích cyklů	≥ 500 cyklů
Max. nabíjecí proud	2 500 mA



Obr. 21: Baterie 18650 [32]

Tento akumulátor je následně dobíjen pomocí solárního panelu o vysoké účinnosti, který umožní dlouhodobý chod meteostanice bez nuceného zásahu.

Tab. 6: Technické specifikace solárního panelu

Výstupní napětí	6 V
Výstupní výkon	1 W
Výstupní proud	0-200 mA
Typ panelu	polykrystalický
Rozměry	110 x 60 x 2.5 mm



Obr. 22: Solární panel [33]

Pro nabíjení lithiové baterie elektrickou energií získanou solárním panelem slouží deska TP4056 s vestavěnou ochranou. Tato ochrana chrání baterii proti přebíjení, podbíjení nebo zkratu.

Tab. 7: Specifikace desky TP4056

Vstupní napětí	5 V
Nabíjecí proud	1 A
Napětí při ukončení nabíjení	4.2 V
Maximální proud protizkratové ochrany	3 A



Obr. 23: TP4056 [34]

Pro úspěšné napájení základní desky je potřeba poskytnou dostatečné napětí, které je v rozmezí 9-12 V DC. Ke zvýšení napětí je použit step-up modul napájení MT3608 DC-DC, který nejen poskytne dostatečné napětí pro napájení základní desky, ale také poskytne dostatečně velké vstupní napětí pro anemometr, které je 10 ~ 30 V DC. Velmi důležitou věcí při zapojení tohoto modulu je mít větší napětí na výstupu než na vstupu, proto je možné hodnotu výstupního napětí regulovat pomocí zabudovaného víceotáčkového potenciometru (trimmru). V opačném případě dojde k trvalému poškození modulu. Modul je navíc osazen ochranou proti zkratu a přehřátí.

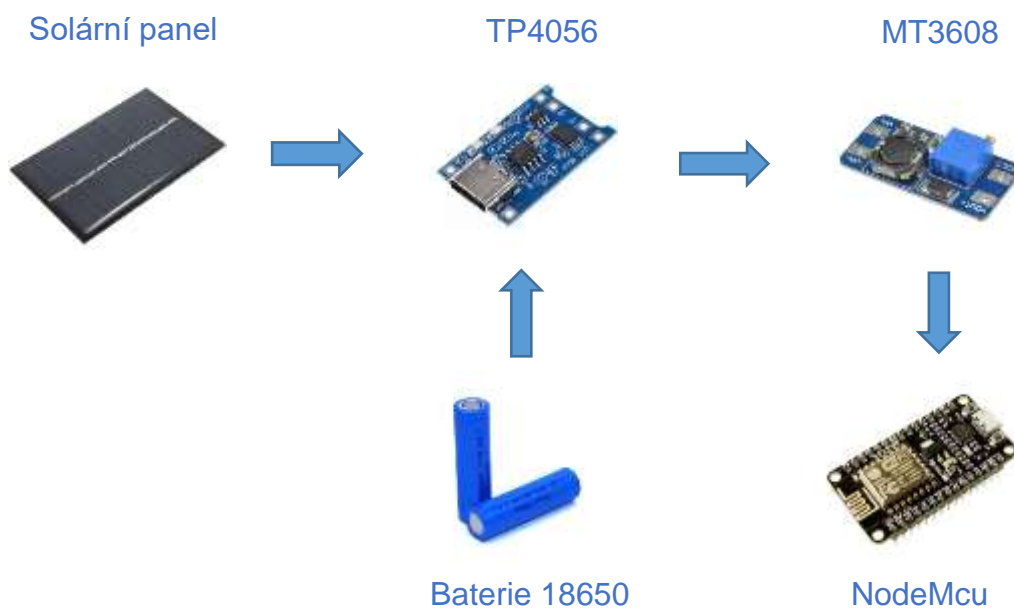
Tab. 8: Specifikace modulu MT3608

Maximální výstupní proud	2 A
Vstupní napětí	4 V ~ 24 V
Výstupní napětí	5 V ~ 28 V
Účinnost	≤ 93 %



Obr. 24: Step-up modul napájení MT3608 DC-DC [35]

Jelikož je meteostanice napájena pomocí baterie, je snahou, aby spotřeba energie byla minimální. Proto je čip ESP8266 uveden do tzv. deep sleep módu, který se postará o minimální spotřebu energie, která je v řádech uA, a tím i delší životnost baterie.



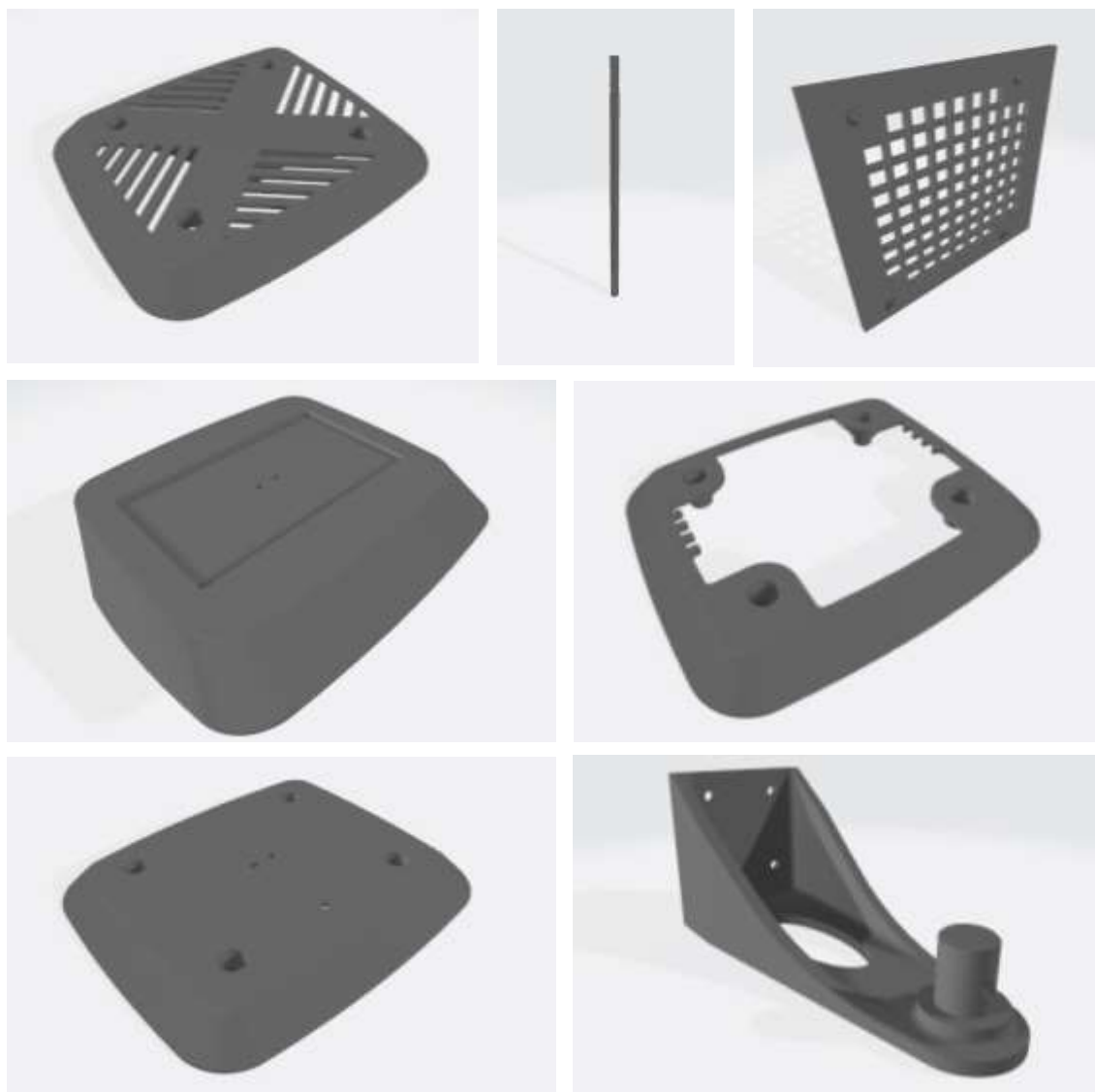
Obr. 25: Schéma zapojení napájení

3.1.5 Skříň meteostanice

Pro zhotovení skříně meteostanice byl zvolen 3D tisk. Vnější varianta meteostanice by měla být voděodolná a měla by být zajištěna cirkulace vzduchu kolem senzorů. Konstrukce byla proto navržena s ohledem na ochranu meteorologických senzorů před srážkami a přímým slunečním svitem, ale také umožňující volnou cirkulaci vzduchu

kolem nich. Skříň se skládá z jednotlivě vytisknutých částí, které jsou následně spojeny. V horní části se nachází solární panel, jenž je izolován od senzorů vůči možnému přenosu tepla do vnitřní části skříně se senzory.

Pro 3D tisk byla použita kombinace materiálů PLA a PETG o velikosti filamentu 1,75 mm. Jedná se velmi používané materiály díky jejich velké pevnosti a snadného tisknutí.



Obr. 26: Části skříně meteostanice

3.1.6 Umístění

Výběr správné lokality je nejdůležitějším krokem v projektu instalace meteostanice, protože určuje přesnost naměřených dat. Při výběru umístění meteostanice je třeba zvážit její vliv na senzory jako jsou např. senzor rychlosti větru, senzory teploty a vlhkosti atd.

Pokud jsou v okolí a v blízkosti překážky nebo anemometr není umístěn kolmo k zemi, ovlivní to měření rychlosti vzduchu.

Vnější varianta meteorologické stanice by měla být instalována nejlépe na otevřeném prostranství bez jakýchkoliv překážek nebo 1.5 metru nad vrcholem okolních budov. Měření vlhkosti by měla odrážet vlhkost atmosféry v určité lokalitě. Rostliny a vodní plochy toto měření ovlivňují, proto je výhodné sensor vlhkosti umístit alespoň 15 metrů od nejbližšího stromu nebo vodní plochy. [36]



Obr. 27: Umístění meteostanice [37]

3.2 Vnitřní meteostanice

Hlavní inspirací k vytvoření vnitřní varianty meteostanice bylo měření kvality vzduchu, která pomáhá např. k lepšímu soustředění člověka při práci. Měřené veličiny jsou následně vyobrazovány pomocí displejů. Jako dodatek je také schopna zobrazit aktuální čas a datum.

3.2.1 Vývojová deska

Pro vnitřní variantu meteostanice byla vybrána vývojová deska Arduino UNO. Tato deska je velmi snadno programovatelná, není příliš drahá a hlavním faktorem pro výběr této desky bylo velké množství analogových pinů, potřebných pro připojení různých senzorů a displejů.



Obr. 28: Arduino UNO [6]

3.2.2 Hodiny reálného času

Hodiny reálného času DS1307 umožňují udržovat informace o aktuálním datu a času. Pro správnou funkci je potřeba vložit do modulu baterii LIR2032. Tento modul umožňuje komunikaci po sběrnici I2C a je energeticky velmi nenáročný, což znamená že může běžet bez připojení napájení podle údajů výrobce až 9 let. Mezi další výhody také patří detekce přestupných roků či přesný kalendář až do roku 2100, díky kterému snadno zjistíme i den v týdnu.



Obr. 29: RTC hodiny reálného času [38]

3.2.3 Senzory

Výběr senzorů byl zvolen s ohledem na snímání kvality vzduchu.

Senzor teploty a vlhkosti

Pro senzor teploty a vlhkosti byl opět vybrán sensor DHT11 jako u venkovní verze. Tento senzor totiž disponuje jak dobrou cenou, tak přesností měření.

Senzor plynů

Pro snímání kvality vzduchu byl vybrán senzor plynů MQ135. Tento senzor dokáže detekovat více skupin plynů ovlivňujících kvalitu ovzduší. Senzor je nejvíce citlivý na amoniak, oxidy dusíku, benzen, kouř a oxid uhličitý. Výhodou je dlouhá životnost a stabilita. Nevýhodou je velký proudový odběr, který se pohybuje okolo 120 mA, proto je tento senzor napojen na spínač, kterým se dá senzor vypnout/zapnout. Pro přesné měření kvality ovzduší je potřeba řádně senzor zahřát na pracovní teplotu, což znamená 5-10 minut.

Koncentrace plynů se vyjadřuje v jednotkách ppm (parts per milion). Uvádí se, že při překročení koncentrace 1000 ppm oxidu uhličitého se může objevit pocit ospalosti a vydýchaného vzduchu, nad 2000 ppm nastává horší schopnost koncentrace a u některých osob i bolest hlavy. Nad 5000 ppm se objevuje zrychlený tep. Koncentrace přesahující 45 000 ppm vedou ke ztrátě vědomí a smrti. [39]



Obr. 30: Senzor plynů MQ-135 [40]

3.2.4 Displeje

Pro vyobrazení naměřených veličin byl vybrán způsob pomocí displejů. Jedná se totiž o rychlý a jednoduchý způsob, jak snímané veličiny kontrolovat. Jedná se o poměrně malé displeje, na kterých je také možno vidět aktuální čas a datum.

LCD displej

Pro vyobrazení naměřených hodnot od senzorů byl vybrán LCD displej, který dokáže vyobrazit 16x2 znaků. Výhodou LCD displeje je široký pozorovací úhel, velikost pozorovací plochy, vysoký kontrast a nízká cena. Nevýhodou je potřeba zapojení minimálně 10 vodičů, resp. 6 datových vodičů do Arduina. Pro redukci tohoto problému

je využít obvodu PCF8574, který funguje jako 8 bitový převodník na I2C sběrnici. Tímto stačí zapojit LCD displej pouze pomocí 4 vodičů.



Obr. 31: LCD displej 16x2 [41]



Obr. 32: I2C sériové rozhraní [42]

OLED displej

Pro vyobrazení data, času a míry kvality ovzduší byl použit o něco menší OLED displej o velikosti 0,96“. Výhodou OLED displeje je vysoký jas, kontrast a velmi nízká spotřeba, které je dosaženo tím, že u OLED displeje svítí pouze ty body, které jsou aktivovány. Oproti LCD displeji má vyšší rozlišení o hodnotě 128x64 bodů. Displej obsahuje řídicí obvod SSD1306, který obstarává komunikaci s Arduinem po rozhraní I2C.



Obr. 33: OLED displej [43]

3.3 Krabice vnitřní meteostanice

Pro zhotovení krabice pro vnitřní meteostanici byl opět použit 3D tisk z materiálů PLA a PETG o velikosti filament 1.75 mm. Krabice je zhotovena ze dvou jednotlivě vytisknutých částí s otvory pro displeje a ovládací tlačítka.



Obr. 34: Horní část krabice



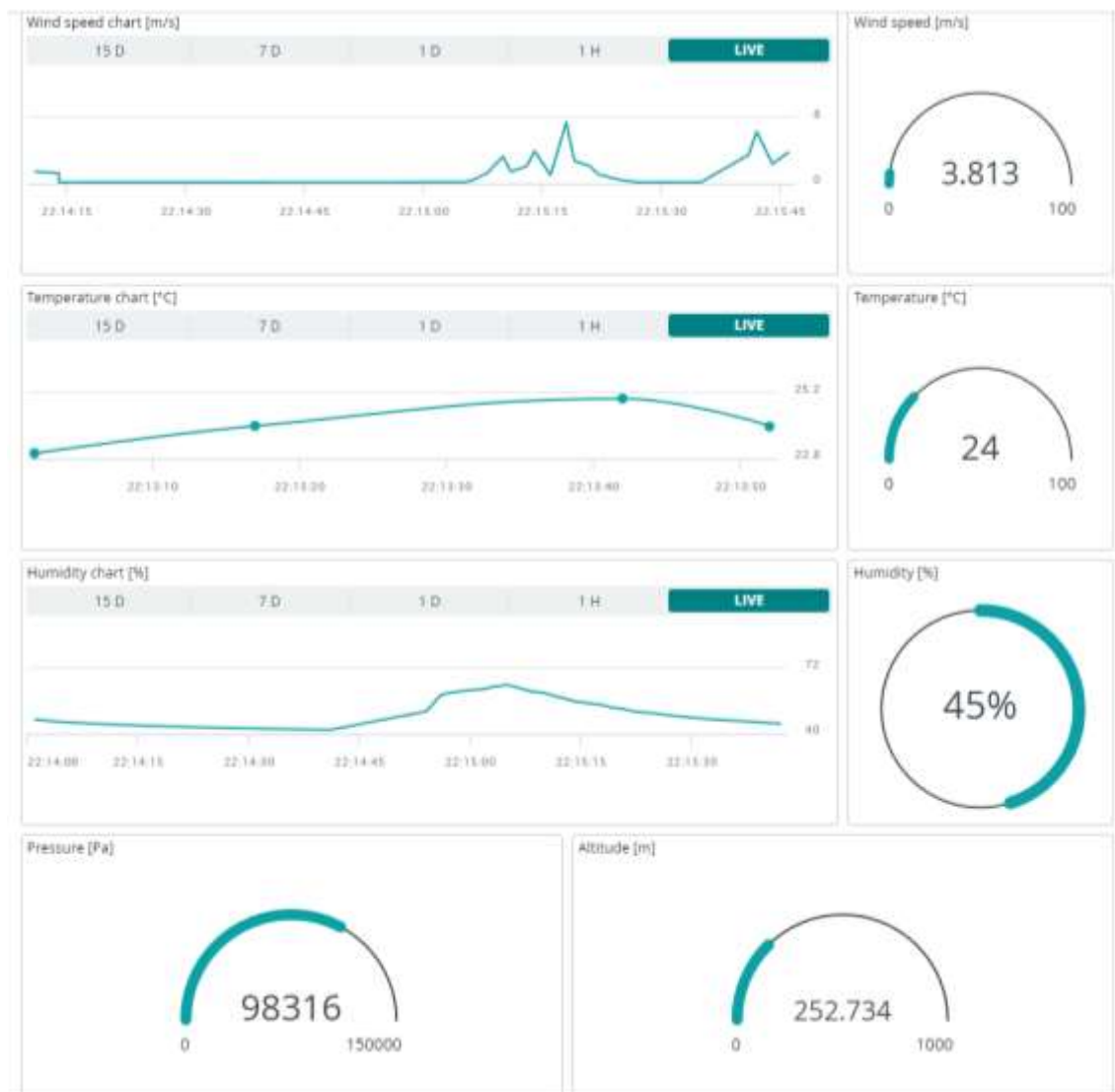
Obr. 35: Spodní část krabice

3.4 Umístění

Vnitřní meteostanice by neměla být vystavena přímému slunečnímu světlu, ale také by neměla být schována celý den ve stínu. Měla by být umístěna mimo topení nebo ventilátorů a měla by se nacházet několik centimetrů nad zemí. Povrch nosné desky, kde je instalován senzor teploty a vlhkosti, by měl být drsný, neměl by odrážet příliš světlo a neměl by být tmavý. [36]

4 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Pro monitorování naměřených veličin pomocí venkovní meteostanice bylo provedeno experimentální měření, jehož výsledky byly vyobrazeny na platformě Arduino IoT Cloud. Měřené veličiny byly rychlost větru, teplota a relativní vlhkost vzduchu, absolutní tlak a nadmořská výška. Při monitorování je možné vidět jak konkrétní hodnotu měřené veličiny, tak její změnu v čase buď v průběhu uplynulých 15 dnů nebo podrobněji v aktuálním grafu.



Obr. 36: Online monitorování

Tyto monitorovaná data je možno následně stáhnout a uložit v CSV formátu k případnému dalšímu použití jako např. pro porovnání naměřených hodnot. Online monitorování je také možno sledovat v mobilní aplikaci IoT Remote.

Monitorování výsledků vnitřní meteostanice je řešeno pomocí displejů, ale pro ukázkou naměřených veličin byl použit nástroj sériový monitor v softwaru Arduino IDE. Snímané veličiny byly teplota, relativní vlhkost, ppm (parts per milion), datum a čas.

```

21:53:28.371 -> Vlhkost: 44%   Teplota: 23°C
21:53:28.419 -> 215329| Time = 21:53:29, Date (D/M/Y) = 19/5/2022
21:53:28.701 -> ppm: 65.17
21:53:28.701 -> Vlhkost: 44%   Teplota: 24°C
21:53:28.748 -> 215329| Time = 21:53:29, Date (D/M/Y) = 19/5/2022
21:53:29.029 -> ppm: 65.79
21:53:29.029 -> Vlhkost: 44%   Teplota: 23°C
21:53:29.029 -> 215329| Time = 21:53:30, Date (D/M/Y) = 19/5/2022
21:53:29.313 -> ppm: 65.79
21:53:29.359 -> Vlhkost: 44%   Teplota: 23°C
21:53:29.359 -> 215330| Time = 21:53:30, Date (D/M/Y) = 19/5/2022
21:53:29.639 -> ppm: 63.81
21:53:29.686 -> Vlhkost: 44%   Teplota: 23°C
21:53:29.686 -> 215330| Time = 21:53:30, Date (D/M/Y) = 19/5/2022
21:53:29.967 -> ppm: 66.15
21:53:29.967 -> Vlhkost: 43%   Teplota: 23°C
21:53:30.014 -> 215330| Time = 21:53:31, Date (D/M/Y) = 19/5/2022

```

Obr. 37: Snímané veličiny vnitřní meteostanice

Obě měření probíhala ve stejné místnosti, proto je vidět že se výsledky teploty a relativní vlhkosti příliš neliší.

Co se týče možného vylepšení vnější meteostanice, tak je možné přidat více sensorů jako je např. sensor pro měření vnější teploty, deště, UV záření nebo směru větru. Jednou nevýhodou solárních panelů meteostanice je jejich využití pouze přes den, když svítí slunce. Tento problém by v budoucnu mohl vyřešit použití tzv. nočních solárních panelů, které pracují na principu využití tepla nebo infračervená světla vyzařované z povrchu solárního panelu do vesmíru. [44]



Obr. 38: Výsledná podoba meteostanice

5 ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo navrhnout a vytvořit vnější meteostanici, která bude schopna pomocí sensorů snímat požadované veličiny a bezdrátové komunikace. Pro monitorování naměřených dat byla vybrána online platforma Arduino IoT Cloud, která poskytuje v bezplatném plánu monitorování pouze pěti veličin. V závislosti na to, byly vybrány senzory, které měří teplotu a relativní vlhkost vzduchu, absolutní tlak, nadmořskou výšku a rychlost větru. Tyto senzory by bylo možné zaměnit např. za senzor deště, směru větru nebo UV záření. Senzory byly připojeny k vývojové desce NodeMcu ESP8266, která dokáže pomocí WiFi naměřené hodnoty odeslat na online platformu Arduino IoT Cloud, kde jsou environmentální data monitorována. Napájení bylo vyřešeno pomocí akumulátoru, který byl dobíjen pomocí solárního panelu. Senzory byly následně uloženy do 3D vytisknuté skříně meteostanice, která je chrání vůči vnějším vlivům a zajišťuje dobrou cirkulaci vzduchu.

K vnější variantě byla navíc vytvořena vnitřní meteostanice, jenž je více orientována na snímání kvality ovzduší. Je založena na vývojové desce Arduino Uno. K této desce byly připojeny senzory plynu, teploty a vlhkosti jejichž hodnoty byly vyobrazeny pomocí displeje. V závěru byla funkčnost obou variant meteostanic otestována. Meteostanice byla vytvořena s ohledem na nízkou cenu, ale zároveň na dostatečnou přesnost měřených veličin.

- [14] DHT11 vs. DHT22. In: Fyzikální kabinet *FyzKAB* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <http://kabinet.fyzika.net/ESP32/ESP32-dht/ESP32-a-cidlo-teploty-a-vlhkosti-DHT11.php>
- [15] Digitální teploměr a vlhkoměr, *THT* DHT11. In: GM electronic [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/digitalni-teplomer-a-vlhkomer-dht11>
- [16] Digitální teploměr a vlhkoměr, *THT* DHT22. In: GM electronic [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/digitalni-teplomer-a-vlhkomer-s-dht22>
- [17] Teploměr vodotěsný - sonda 2m DS18B20. In: *Drátek* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/2029-teplomer-vodotesny-sonda-2m-ds18b20.html?gclid=CjwKCAjw9e6SBhB2EiwA5myr9tSp3Fku58f6ObdHyefn5g0yCiC4Amu-YURmSqtD4MoJCwHO9BtMnBoCpIwQAvD_BwE
- [18] Bmp180 barometrický tlak, teplota a nadmořská výška čidlo pro Arduino. In: Light in the box [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://www.lightinthebox.com/cz/p/bmp180-barometricky-tlak-teplota-a-nadmorska-vyska-cidlo-pro-arduino_p5089115.html
- [19] Senzor na měření teploty a tlaku BMP280 5V. In: Pájeničko [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://pajenicko.cz/senzor-na-mereni-teploty-a-tlaku-bmp280-5v>
- [20] 3-Cup Anemometer, 0~45 m/s Wind Speed, RS 485 Output. In: Ato [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.ato.com/3-cup-anemometer-45-m-s>
- [21] What Is A Wind Vane?. In: Davis instruments [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.davisinstruments.com/pages/what-is-a-wind-vane>
- [22] Aluminum Wind Direction Sensor. In: Renke [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.renkeer.com/product/aluminum-wind-direction-sensor/>
- [23] How Water Level Sensor Works and *Interface* it with Arduino. In: Last minute engineers [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://lastminuteengineers.com/water-level-sensor-arduino-tutorial/>
- [24] Arduino - Water Detector / Sensor. In: Tutorials point [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: https://www.tutorialspoint.com/arduino/arduino_water_detector_sensor.htm
- [25] Rain Water Level Sensor Module Detection Liquid Depth Height *for*. In: Joom [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.joom.com/cs/products/5da78be91436d40101d0f7ec>
- [26] Rain Gauges [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://rainsensors.com/>
- [27] Hydreon RG-11 Optical Rain Gauge. In: Fondriest [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.fondriest.com/hydreon-rg-11.htm>

- [28] Environmental data in the Arduino IoT Cloud. In: *Arduino Documentation* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://docs.arduino.cc/cloud/iot-cloud/tutorials/cloud-environmental-data>
- [29] Arduino MKR ENV Shield rev2. In: *Arduino Official Store* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://store.arduino.cc/products/arduino-mkr-env-shield-rev2?_gl=1%2A1ncunkb%2A_ga%2AMzk2ODE2NzcyLjE1ODA2NDc0ODA.%2A_ga_NEXN8H46L5%2AMTY1MDE5NzcyOC4xMTUuMS4xNjUwMTk5ODExLjA.
- [30] For individuals. In: *Arduino Cloud* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://cloud.arduino.cc/plans>
- [31] Polycarbon Wind Speed Sensor. In: *Renke* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.renkeer.com/product/polycarbon-wind-speed-sensor/>
- [32] Baterie 18650 3,7V 2600mAh ICR18650P - 5C Doublepow. In: *Drátek* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/5127-baterie-18650-3-7v-2600-mah-inr18650.html?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYuvfNuLx-G9hBi60nAXqY50RgH-WaQkvbmzE_ZIUYhFxpK-pIEUkkzUaAhlHEALw_wcB
- [33] Solární panel 6V 1W až 200mA. In: *Drátek* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1589-solarni-panel-6v-1w-az-200ma.html>
- [34] TP4056 USB-C nabíječka Li-Ion baterií s ochranou. In: *Drátek* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/34679-nabijeci-deska-li-ion-baterii-usb-c.html?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYusu2lO76k2jAMG_gHPxf7XuShl9DC_ivFvprBAe1TNDn2KcgwM_pkMaAuV0EALw_wcB
- [35] Step up modul napájení MT3608 2A DC-DC. In: *Drátek* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1696-step-up-modul-napajeni-mt3608-2a-dc-dc.html>
- [36] Weather Station Installation And Buying Guide. In: *Renkeer* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.renkeer.com/weather-station-installation-and-buying-guide/>
- [37] Installing your Personal Weather Station. In: *Wunderground* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.wunderground.com/pws/installation-guide>
- [38] RTC hodiny reálného času. In: *Drátek* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/842-rtc-hodiny-realneho-casu.html?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYut1359KSHXe4pg0KMFqlkfpTyDJzhOFKdmtVoUiRrPd69HpfZPCaYcaApQkEALw_wcB
- [39] Pozor na koncentraci CO₂ v domácnosti – správné větrání je základ. In: *Nalezeno* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/bydleni/vetrani-1/pozor-na-koncentraci-co2-v-domacnosti-spravne-vetrani-je-zaklad.aspx>

- [40] Senzor plynů MQ135 MQ-135 pro Arduino. In: Drátek [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/1298-senzor-plynu-mq135-mq-135-pro-arduino.html?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYus6xY25ktxNklRwHCxyc06WuJf7sI6Ysi9VKiDqaqZHjEGj20TIFAAaAuwoEALw_wcB
- [41] Display žlutý 16x2 znaků. In: Drátek [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/990-display-zluty-16x2-znaku.html>
- [42] LCD Sériové rozhraní IIC/I2C/TWI/SP 1602. In: Drátek [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1071-lcd-seriove-rozhrani-iic-i2c-twi-sp-1602.html>
- [43] OLED displej 0,96" 128x64, I2C, bílý. In: *GM electronic* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/oled-display-0-96-128x64>
- 'Night solar panels' are able to generate enough energy *to* charge a phone. But how do they work?. In: Euro news [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.euronews.com/green/2022/04/08/reverse-solar-panel-technology-still-works-when-the-sun-goes-down>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: ThingSpeak komunikace [4].....	18
Obr. 2: Arduino UNO [6]	19
Obr. 3: Arduino MKR WiFi 1010 [8].....	19
Obr. 4: NodeMCU ESP8266 Wifi [11]	20
Obr. 5: DHT11 [15]	21
Obr. 6: DHT22 [16]	21
Obr. 7: Sonda s teplotním čidlem DS18B20 [17].....	22
Obr. 8: BMP180 [18]	22
Obr. 9: BMP280 [19]	22
Obr. 10: Anemometr [20]	23
Obr. 11: Větrná korouhev [22]	24
Obr. 12: Senzor vodní hladiny [25]	24
Obr. 13: Optický srážkoměr [27]	25
Obr. 14: MKR ENV Shield [29].....	25
Obr. 15: Definice plánu [30].....	29
Obr. 16: NodeMcu CP2102 Lua Wi-fi ESP8266 [11].....	30
Obr. 17: DHT11 [15]	30
Obr. 18: BMP180 [18]	31
Obr. 19: Anemometr 0-5V [20]	31
Obr. 20: Konzola anemometru.....	32
Obr. 21: Baterie 18650 [32]	33
Obr. 22: Solární panel [33]	34
Obr. 23: TP4056 [34].....	34
Obr. 24: Step-up modul napájení MT3608 DC-DC [35].....	35
Obr. 25: Schéma zapojení napájení	35
Obr. 26: Části skříně meteostanice	36
Obr. 27: Umístění meteostanice [37]	37
Obr. 28: Arduino UNO [6]	38
Obr. 29: RTC hodiny reálného času [38].....	38
Obr. 30: Senzor plynů MQ-135 [40]	39
Obr. 31: LCD displej 16x2 [41].....	40
Obr. 32: I2C sériové rozhraní [42].....	40
Obr. 33: OLED displej [43]	40
Obr. 34: Horní část krabice.....	41
Obr. 35: Spodní část krabice.....	41
Obr. 36: Online monitorování.....	42
Obr. 37: Snímané veličiny vnitřní meteostanice.....	43
Obr. 38: Výsledná podoba meteostanice	43

8 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Porovnání vývojových desek	20
Tab. 2: Porovnání vybraných senzorů	21
Tab. 3: Porovnání senzorů tlaku	22
Tab. 4: Parametry anemometru	31
Tab. 5: Parametry baterie	33
Tab. 6: Technické specifikace solárního panelu	33
Tab. 7: Specifikace desky TP4056	34
Tab. 8: Specifikace modulu MT3608	35

9 SEZNAM PŘÍLOH

Porovnání_měření.xlsx