

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola, Šumperk

Gen. Krátkého 1, 787 29 Šumperk



Obor vzdělání: 26-41-M/01 Elektrotechnika

MATURITNÍ PRÁCE

Meteostanice

Školní rok 2021/2022

Michal Basler

**Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola, Šumperk,
Gen. Krátkého 1, 787 29 Šumperk**



Obor vzdělání: 26-41-M/01 Elektrotechnika

ZADÁNÍ MATURITNÍ PRÁCE

z odborných předmětů

Žák/Žákyně: **Michal Basler**

Téma maturitní práce: **Meteostanice**

Obsah maturitní práce: **1. Základní informace
2. Elektronika a zapojení
3. Kód
4. Konstrukce**

Datum zadání: **30. září 2021**

Datum odevzdání: **31. března 2022**

Vedoucí práce: **PaedDr. SOURAL Martin, MBA**

Podpis:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou maturitní práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze maturitní práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Šumperku dne 31.3.2022

.....

Michal Basler

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola, Šumperk,
Gen. Krátkého 1, 787 29 Šumperk

KONZULTAČNÍ LIST

Žák/Žákyně: Michal Basler

Třída: E4

Téma maturitní práce: Meteostanice

Datum kontroly: _____

Obsah kontroly: _____

Hodnocení kontroly: 1 2 3 4 5 **Podpis vedoucího práce:** _____

Datum kontroly: _____

Obsah kontroly: _____

Hodnocení kontroly: 1 2 3 4 5 **Podpis vedoucího práce:** _____

Datum kontroly: _____

Obsah kontroly: _____

Hodnocení kontroly: 1 2 3 4 5 **Podpis vedoucího práce:** _____

Datum kontroly: _____

Obsah kontroly: _____

Hodnocení kontroly: 1 2 3 4 5 **Podpis vedoucího práce:** _____

Datum kontroly: _____

Obsah kontroly: _____

Hodnocení kontroly: 1 2 3 4 5 **Podpis vedoucího práce:** _____

Obsah

Úvod	1
1 Meteorologická stanice.....	2
1.1 Druhy senzorů.....	2
1.2 Popis jednotlivých senzorů na mé stanici	4
2 Popis elektrických obvodů a desek.....	8
2.1 Základní deska	8
2.2 Deska senzorů 1	12
2.3 Deska senzorů 2	12
2.4 Vnitřní jednotka s OLED displejem	13
2.5 Vnitřní jednotka s E-INK displejem.	13
3 Schémata, plošné spoje a zapojení	14
3.1 Základní deska	15
3.2 Deska senzorů 1	17
3.3 Deska senzorů 2	18
3.4 Zobrazovač s OLED displejem.....	19
4 Programy a kód.....	21
4.1 Popis cesty dat	21
4.2 Kód pro stanici.....	23
4.3 Kód pro zobrazovače	24
4.4 Překladačel	26
4.5 API.....	27
4.6 Grafana.....	28
4.7 Node-RED	29
4.8 Twitter.....	30

5	Konstrukce.....	32
5.1	Držáky senzorů	32
5.2	Radiační štít a upevnění senzorů	33
5.3	Anemometr	34
5.4	Větrná korouhev	34
5.5	Solární panely	35
5.6	Hlavní krabice.....	35
5.7	Krabička a stojan OLED zobrazovače.....	36
5.8	Krabička a rámeček pro E-Ink zobrazovač.....	36
6	Výsledek	38
7	Závěr.....	43
8	Seznam obrázků a tabulek	44
9	Resumé	47
10	Zdroje	48
11	Přílohy	50

ÚVOD

V této práci se zabývám návrhem, výrobou, konstrukcí a zprovozněním poloprofesionální meteostanice vyrobené s použitím to 3D tisku.

Meteostanice by měla umět měřit základní veličiny a to teplotu, tlak, vlhkost, rychlost větru, směr větru, UV intenzitu a světelnou intenzitu. Meteostanice by z naměřených jednotek měla také odvodit rosný bod, pocitovou teplotu a relativní tlak.

Cílem mé maturitní práce je zprovoznění meteostanice a zveřejnění měřených dat na internet.

1 METEOROLOGICKÁ STANICE

Meteorologické stanice jsou zařízení, které umožňují lidem zjišťovat aktuální a budoucí počasí.

Ve většině domácností se takhle zařízení nacházejí, ale umí měřit pouze základní údaje jako je teplota, vlhkost a tlak. Navíc také data zobrazují pouze na jednoúčelových obrazovkách a není zde možnost je zobrazit třeba na mobilním telefonu.

Profesionální stanice měří navíc i rychlost a směr větru, UV záření, sluneční záření, množství srážek, množství oblačnosti a mnoho dalších jevů.

1.1 Druhy senzorů

Zde popíšu principy a zařízení, kterými se měří jednotlivé veličiny. Z důvodu, že se jedná o elektrické zařízení, budou zde jmenováno pouze elektrická měření těchto veličin.

1.1.1 Teploměr

Teplotu lze změřit mnoha různými způsoby. Mezi ně patří třeba měření pozistorem, termočlánekem, negistorem anebo polovodičem. Negistoru se při rostoucí teplotě snižuje odpor. U pozistorů odpor naopak roste. U termočláneků se při rostoucí teplotě zvyšuje proud. Termočláanky se skládají ze dvou různých kovů. Díky tomu termočláanky vydrží i velice vysoké teploty.

1.1.2 Vlhkoměr

Čistě elektronicky lze měřit relativní vlhkost pouze kapacitně a odporově. U kapacitních se uvnitř nachází dvě elektrody a oddělující vrstva z hygroskopického materiálu. Mezi elektrodami se měří napětí, a to je dále posíláno na zpracování na užitečný údaj. U odporových vlhkoměrů se mění odpor v závislosti na vlhkosti. Uvnitř se nachází materiál, který absorbuje vlhkost a přes něj se měří odpor. Výsledná jednotka je udávána jako relativní vlhkost v %.

1.1.3 Tlakoměr

Tlak lze elektronicky změřit mnoha způsoby. Jednou z nejrozšířenějších metod měření tlaku je měření tenzometrem. Jedná se o tenkou kovovou folii přilepenou na membránu. Membrána se pohybuje v závislosti na tlaku a tím se pohybuje i kovová folie. Na ní se měří odpor a ten je následně převáděn tlak. Měřit tlak lze i za pomoci piezorezistivního tenzometru. Využívá se piezoelektrického efektu.

1.1.4 Anemometr

Anemometr, anebo měřič rychlosti větru se používá na měření rychlosti větru. Elektronicky lze rychlost větru měřit buď dynamem, anebo „tachometrem“. U měření rychlosti dynamem se používá malý motorek jako generátor. V závislosti na rychlosti větru se generuje napětí. Generované napětí je převáděno pomocí A/D převodníku na signál, který lze už převést na rychlost větru. U měření rychlosti „tachometrem“ se používá v anemometru magnet a Hallova sonda nebo jazýčkové relé. Při jednom otočení magnet aktivuje Hallovu sondu anebo jazýčkové relé. Mikropočítač tyto impulzy vezme a s pomocí průměru anemometru vypočítá přesně rychlost větru.

1.1.5 Větrná korouhev

Větrná korouhev se používá k určení směru větru. Vítr natáčí korouhvi a vnitřní obvody detekují směr větru. Směr lze detekovat buď pomocí mnoha jazýčkových relé nebo Hallových sond, ale tahle cesta umožňuje pouze měřit málo přesně. Šlo by rozpoznat pouze sever, severovýchod, východ, jihovýchod, ... Z tohoto důvodu jsem se rozhodl jít druhou cestou, a to je cesta pomocí enkodéru. Uvnitř korouhve se nachází disk s otvory. Skrze ně svítí světlo na senzory. Z počtu zakrytých senzorů lze velice přesně vyvodit úhel větru. Tahle cesta je i levnější.

1.1.6 Srážkoměr

Tento senzor se používá na měření srážek. Nejjednodušší cesta na měření srážek je překlápěcí nádobka. Nádobka se skládá ze dvou symetrických částí. Když do první nádoby nateče určité množství vody, tak se nádobka překlápí. Toto překlopení zaregistruje procesor, který si počet překlopení zapamatuje. Po překlopení se první část vyprázdní. Následně natéká voda do druhé nádoby. Když do ní nateče stejné množství vody, tak se překlápí zpět, procesor zaregistruje další překlopení, voda odteče a vše může začít znovu.

1.2 Popis jednotlivých senzorů na mé stanici

1.2.1 Teploměr a tlakoměr

Jako senzor teploty, tlaku a vlhkosti jsem zvolil BME280 a BMP280 od firmy Bosch Sensortek. Tento čip byl zvolen z toho důvodu, že komunikace s ním po sběrnici I2C je velice snadná. Z důvodu stále probíhajícího nedostatku čipů se první prototyp stavěl s jeho ekvivalentem a to BMP180. Čip BMP280 se nachází jak ve vnitřních jednotkách, tak i ve venkovní. U malé vnitřní jednotky je měřena pouze teplota, u velké vnitřní jednotky je navíc měřena i relativní vlhkost. U venkovní jednotky měří pouze tlak a teplotu.



Obrázek 1 Senzor BMP280

1.2.2 Vlhkoměr

Jako vlhkoměr byl zvolen senzor DHT22. Tento senzor lze použít i jako teploměr, ale v mé stanici bude použit pouze jako vlhkoměr. Teploměrem v tomto senzoru je termistor a čas, který potřebuje k ustálení je v mém případě až moc velký. S procesorem komunikuje pomocí jednoho vodiče a tím pádem je komunikace s ním bez správné knihovny náročná. Výsledná vlhkost je zobrazena v %, jelikož senzor neměří vlhkost, ale relativní vlhkost, což je jiná veličina.



Obrázek 2 Senzor DHT22

1.2.3 Větrná korouhev

První ze dvou senzorů, které byly vytištěny na 3D tiskárně. Na zjištění úhlu se zde používá jednořádkový Grayův kód. Díky němu lze s pomocí pěti čidel získat až 30 různých poloh, každá o 12 stupňů větší.



Obrázek 3 Větrná korouhev

1.2.4 Anemometr

Anemometr je druhým senzorem, který byl vytištěn na 3D tiskárně. V otočné části se nachází 2 magnety, které spínají Hallovu sondu ve spodní části. Použitím 2 magnetů lze zajistit přesnější měření. Pomocí matematiky lze jednoduše odvodit, jakou rychlostí fouká vítr.



Obrázek 4 Anemometr

1.2.5 Senzor UV intenzity

Jako UV senzor byl zvolen čip MP8511. Tento čip je stavěn na detekci UVA a UVB záření (284 - 390nm). Jelikož senzor posílá data analogově, tak jejich interpretace je s pomocí procesoru velice jednoduchá. Po zpracování je výsledkem hodnota v mW/cm^2 .



Obrázek 5 Senzor UV intenzity MP8511

1.2.6 Senzor intenzity osvětlení

Posledním senzorem je senzor intenzity osvětlení. Byl použit čip BH1750. S pomocí tohoto senzoru je stanice schopna zjistit míru osvětlení. Jelikož také používá sběrnici I2C, tak je komunikace s ním velice jednoduchá.



Obrázek 6 Senzor intenzity osvětlení BH1750

2 POPIS ELEKTRICKÝCH OBVODŮ A DESEK

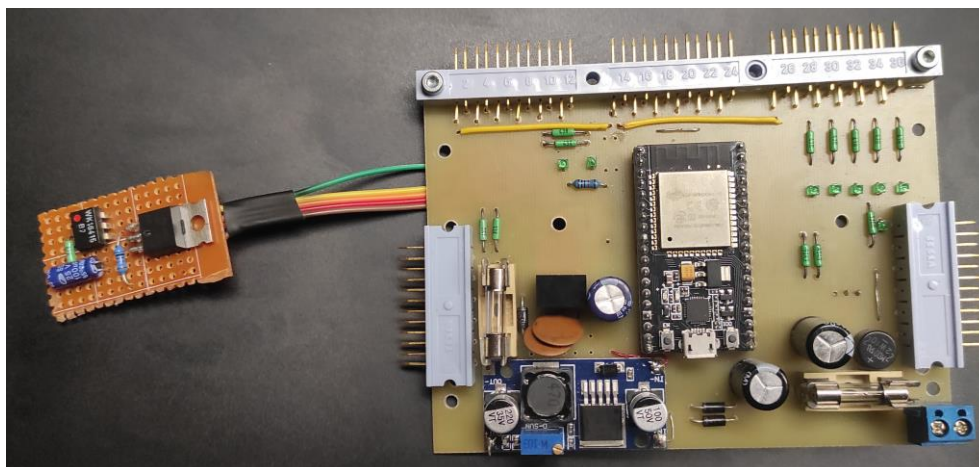
Většina komponentů, které se na deskách nachází jsou ve formě modulů. Moduly byly zvoleny z toho důvodu, že moduly jsou jednodušší na sehnání než samostatné čipy. Kupříkladu je tu čip BME280. Tento čip se v době psaní této práce nedá samostatně nikde sehnat, tak musel být koupen ve formě modulu. Všechny desky, které jsou venku jsou ošetřeny speciálním lakem, aby tyto podmínky vydržely.

2.1 Základní deska

Základní deska se stará o spojení všech senzorů k procesoru a také o jejich napájení.

Pro připojení různých senzorů, baterie a solárního panelu jsou na desce umístěny konektory typu WK. Nejedná se o nejnovější konektory, ale pro tuto stanici jsou ideální.

Aby byla výroba co nejjednodušší, tak byla deska navržena tak, aby co nejvíce spojů bylo na jedné straně desky.



Obrázek 7 Základní deska

2.1.1 Procesor

Jako hlavní procesor jsem zvolil mikrokontroler ESP32 od firmy Espressif. Byl zvolen z mnoha důvodů. Mezi ně patří třeba Wi-Fi připojení, mnoho použitelných pinů pro periferie a taky dvě použitelná jádra na zrychlení výpočtů. Pro jednodušší vývoj jsem zvolil mikrokontroler, který byl již osazen na vývojové desce s nezbytnými komunikačními čipy.



Obrázek 8 Vývojová deska s ESP32

2.1.2 Indikační LED diody

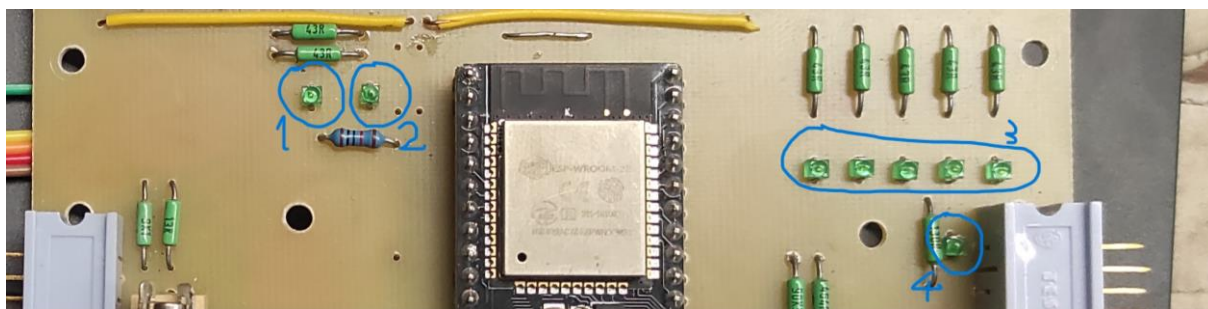
Pro anemometr a korouhev jsou na základní desce indikační LED diody. Tyto LED diody slouží pouze jako indikace stavů jednotlivých senzorů.

LED dioda č. 1 je zde pro indikaci rychlosti větru. Tato dioda se rozsvítí dvakrát za 1 otočení anemometru.

LED dioda č. 2 ukazuje stav napájení všech senzorů. Dioda svítí pouze v tu dobu, kdy je prováděno měření.

Skupina diod č. 3 indikuje aktuální stav směru větru. Úhel je zakódován do jednostopového Grayova kódu. Tím mohu docílit přesnosti 12° .

Poslední dioda č. 4 je zde pro indikaci stavu vyhřívání. Pokud dioda svítí, tak je jisté, že okolní teplota je nižší než -5°C , tak je po dobu měření zapnuto vyhřívání.



Obrázek 9 Indikátory stavů LED diodami

2.1.3 Napájení

Napájení bylo jednou z nejobtížnějších věcí na této stanici. Musel jsem zajistit, aby se převod z 12 voltů od solárních panelů na 6v pro olověný akumulátor byl co nejefektivnější.

Originálně měl na desce být osazen lineární regulátor MAA723 od bývalé Tesly Rožnov. Ale jelikož se jedná o lineární regulátor, tak by jeho ztráty byly vyšší než vlastní spotřeba celého zařízení. Proto jsem se rozhodl lineární cestu opustit a místo něj sem osadil spínaný modul s LM2396, který má převést napětí až s 90 % efektivitou.

Z 6 voltů z akumulátoru jsem potřeboval získat 5 voltů pro mikropočítač. Zde byl zvolen spínaný stabilizátor napětí TSR 1-2450 firmy Traco Power. O napětí 3,3 voltů pro jednotlivé instrumenty se stará modul s procesorem.

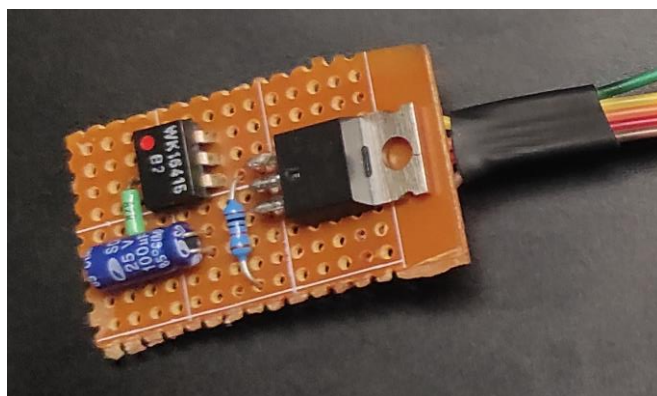
Na desce je také osazen usměrňovač, který je připraven na napájení střídavým proudem. Ale jelikož se baterie dobíjí ze solárního panelu, tak tento vstup nebyl nikdy použit.

2.1.4 Spínací obvody

Aby senzory a vytápěcí obvody nejdely nonstop, tak byly na základní desku dány obvody pro jejich spínání, kdy je potřeba. Tím docílím vyšší výdrže baterie. Pro spínání senzorů byl zvolen MOSFET a pro mnohem náročnější vytápění bylo relé tou správnou volbou.

Jelikož jsem senzory navrhl, aby se senzorům odpojovalo kladné napájecí napětí a ne zem, tak bylo nutné MOSFETy správně otevírat. Tím lze docílit speciálními MOSFETY, kterým se říká „High side switch“.

Ve výsledku jsem ale šel do mnohem jednoduššího řešení. Mikroprocesor spíná optočlen. Optočlen dále podle signálu připojuje 6v přímo na MOSFET. Ten je nyní schopen otevření.



Obrázek 10 Spínací Obvody

2.1.5 Akumulátor

Jako úložiště energie byl vybrán 6 V olověný gelový akumulátor. Tento typ akumulátorů je stavěn na drsnější podmínky. Pro měření napětí je na desce také jednoduchý dělič napětí, jehož výsledné napětí je měřeno jedním z analogových vstupů na procesoru.

Podle výpočtů by mohla stanice fungovat asi měsíc bez přídavného napětí pouze na baterii.

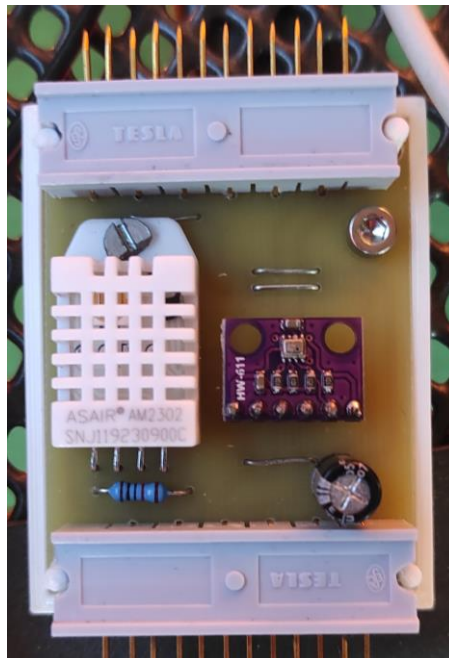


Obrázek 11 Akumulátor

2.2 Deska senzorů 1

Úkolem této desky je sbírat data o teplotě, tlaku a relativní vlhkosti.

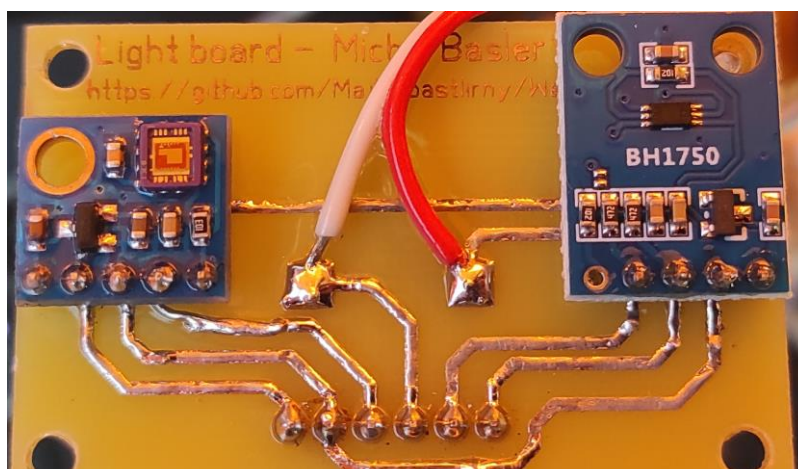
Tlak a teplotu snímá senzor BMP280. Vlhkost snímá senzor DHT22.



Obrázek 12 Deska měření tlaku, teploty a vlhkosti

2.3 Deska senzorů 2

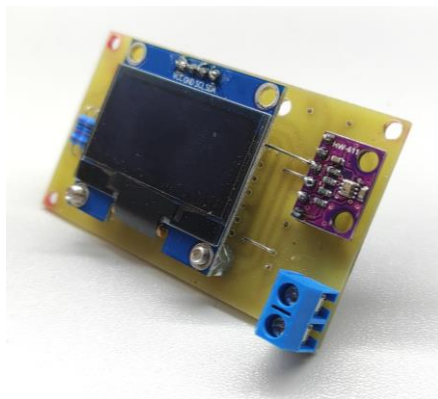
Tato deska má za úkol měřit světlo. Jak UV intenzitu, tak i světelnou intenzitu. Deska je také osazena vyhřívacím odporem. Ten je přilepen na okénko, skrz které senzory vidí na oblohu. Pokud je okénko zasněžené, vyhřívací odpor začne topit a sníh roztaje. Tak je možno měřit UV a světelnou intenzitu i v zimě.



Obrázek 13 Deska měření UV a světelné intenzity

2.4 Vnitřní jednotka s OLED displejem

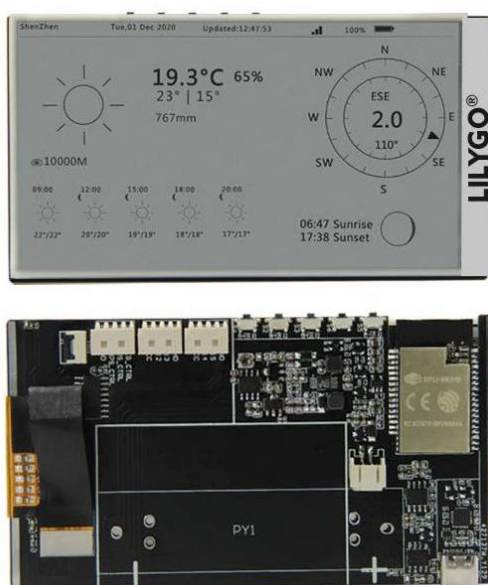
Jako první z mnoha přídaveků ke stanici jsem vyrobil vnitřní jednotku. Uvnitř je pouze procesor ESP8266, OLED displej a stejný senzor teploty a tlaku BMP280. Opět zde mohl být použit senzor BME280, ale nejsou dostupné, takže vlhkost uvnitř nelze měřit. Tato jednotka zobrazí nejnovější data ze stanice.



Obrázek 14 Vnitřní OLED zobrazovač

2.5 Vnitřní jednotka s E-INK displejem.

Tenhle přídavek byl koupen jako celek, kromě baterie a krabičky. Úkolem této vnitřní jednotky je zobrazit data, která jsou až 24hodin stará. Výhodou E-INK displejů je ta, že mohou data zobrazovat i bez elektriny.



Obrázek 15 Vnitřní EINK zobrazovač

3 SCHÉMATA, PLOŠNÉ SPOJE A ZAPOJENÍ

Všechna schémata jsou nakreslena v programu KiCAD 6.0

Plošné spoje jsou až na 1 nakresleny v programu Sprint Layout.

PCB a schémata se nachází na konci dokumentu v [Příloze](#).

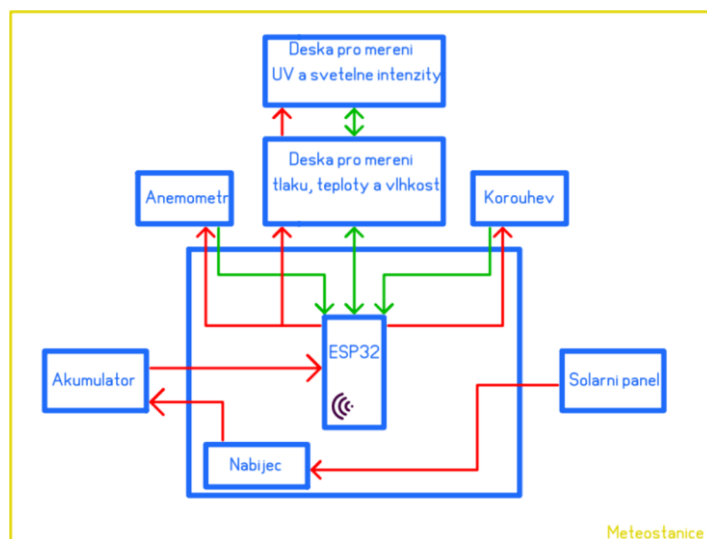
Všechny plošné spoje byly vyrobeny na zakázku u firmy Plosnaky.cz. Mohl jsem si své plošné spoje vyrobit sám, ale na výrobu nemám takové znalosti a vybavení, aby všechny desky byly stejně kvalitně vyrobeny.

Desky, které jsou určeny na venkovní použití jsou pokryty protikorozním lakem.

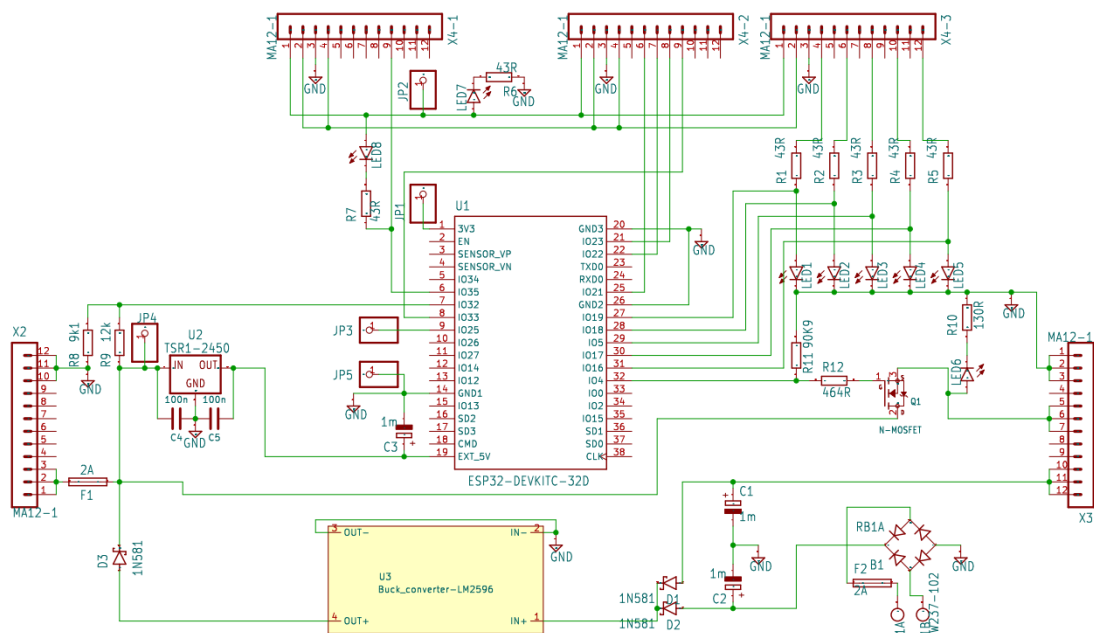
3.1 Základní deska

Označení	Hodnota	Název	Typ	Výrobce
B1	380V~/1,5A	Usměrňovač		
C1-C3	1mF	Elektrolitycký		
C4-C5	100nF	Keramický kondenzátor		
D1-D3	1kV/1A	Schottkyho dioda	UF4007GP	Diode Semiconductor
R1-R7	43R	Metalizovaný odpor	TR191	Tesla
R8	9k1	Metalizovaný odpor	TR191	Tesla
R9	12k	Metalizovaný odpor	TR191	Tesla
R10	130R	Metalizovaný odpor	TR191	Tesla
R11	90k9	Metalizovaný odpor	TR191	Tesla
R12	464R	Metalizovaný odpor	TR191	Tesla
X1		Wago svorka x2		Wago
X2,X3		WK konektor samec		Tesla
X4		WK konektor samec trojnásobný		Tesla
LED1-LED8	10mA/2,5V	Zelená LED	VQA25	Tesla
F1-F2	2A-F	Pojistkové pouzdro		
Q1		N-Mosfet		
U1		ESP32-Devkit		Espressif
U2		TSR1-2450		Traco
U3		Buck měnič s LM2596		

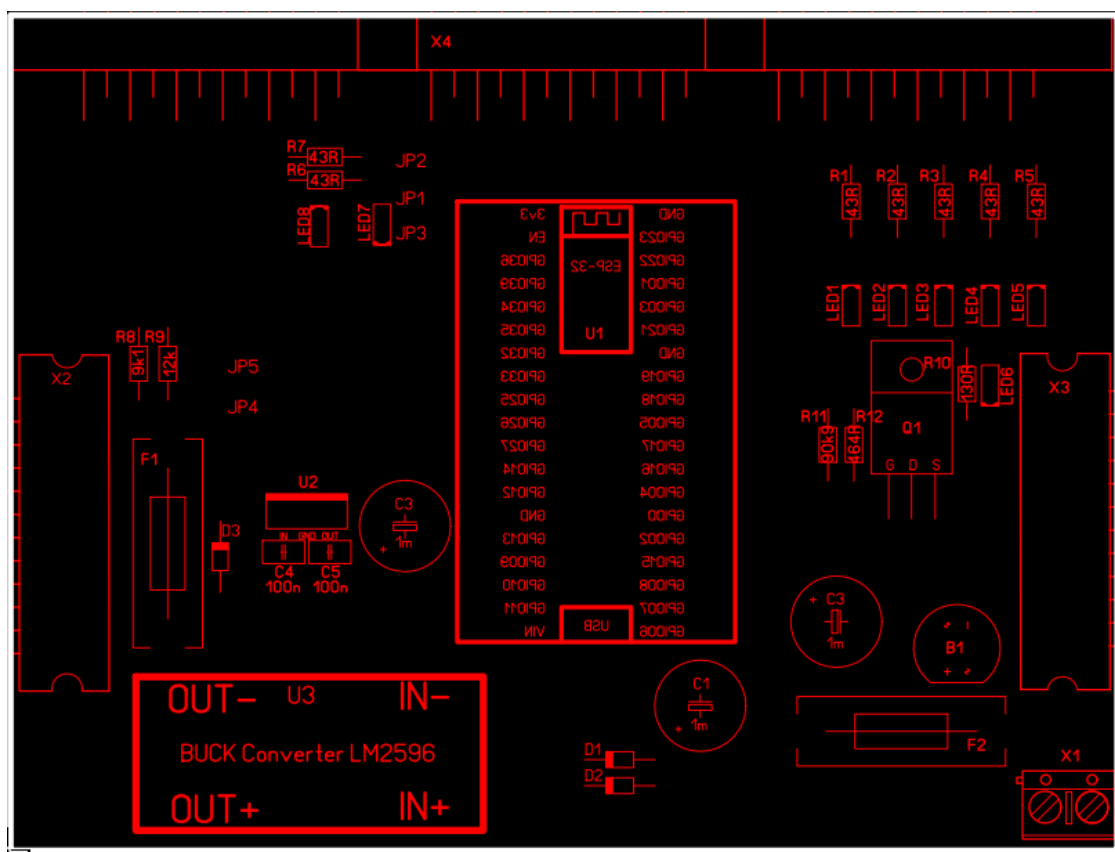
Tabulka 1 Seznam součástek na základní desce



Obrázek 16 Blokové schéma meteostanice



Obrázek 17 Základní deska schéma

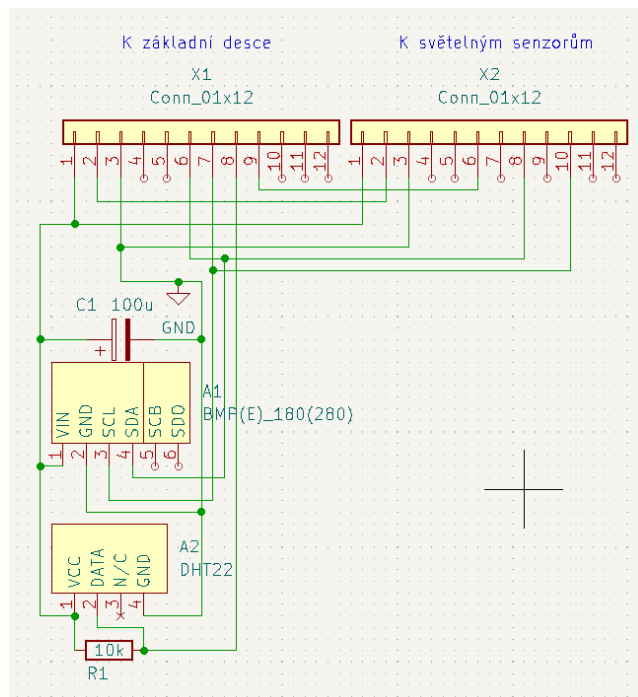


Obrázek 18 Osazovací plán Základní desky

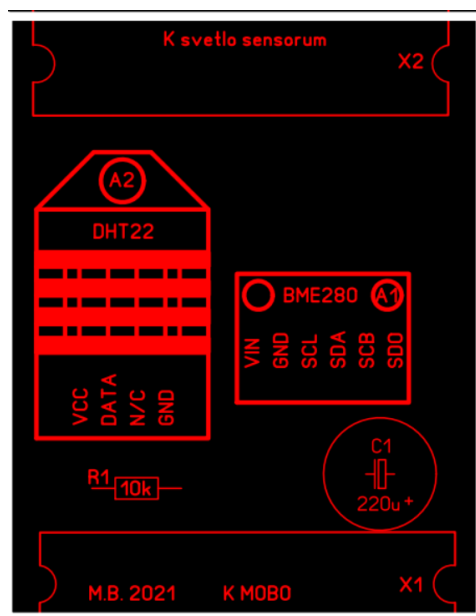
3.2 Deska senzorů 1

Označení	Hodnota	Název	Typ	Výrobce		
A1		BMP280		Bosch sensortek		
A2		DHT22		Asair		
C1	100uF	Elektrolytický kondenzátor				
R1	10k/0,25w	Metalizovaný odpor	TR191			
X1,X2		WK konektor		Tesla		

Tabulka 2 Seznam součástek na desce senzorů 1



Obrázek 19 Schéma desky senzorů 1

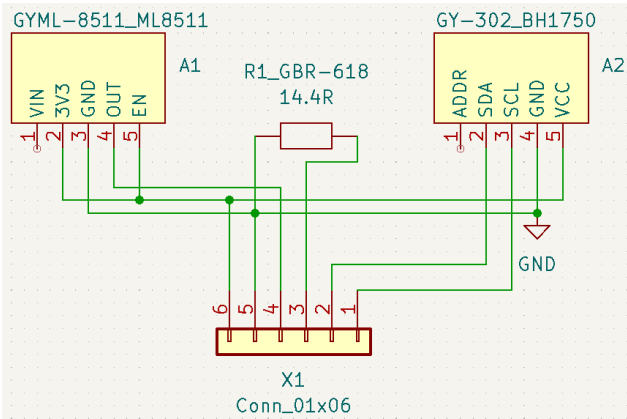


Obrázek 20 Osazovací plán desky senzorů 1

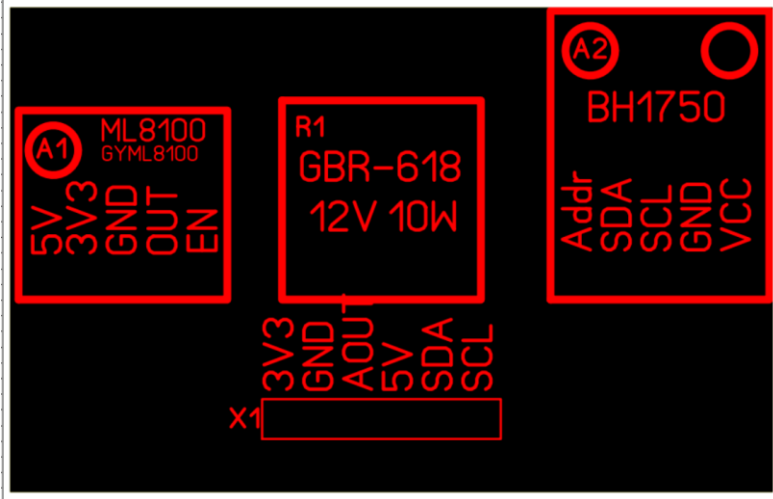
3.3 Deska senzorů 2

Označení	Hodnota	Název	Typ	Výrobce		
A1		Senzor UV intenzity	ML8100			
A2		Senzor světelné intenzity	BH1750			
R1	14,4R/10W	Topný odpor	GBR-618			
X1		Lišta kolíků				

Tabulka 3 Seznam součástek na desce senzorů 2



Obrázek 21 Schéma desky senzorů 2

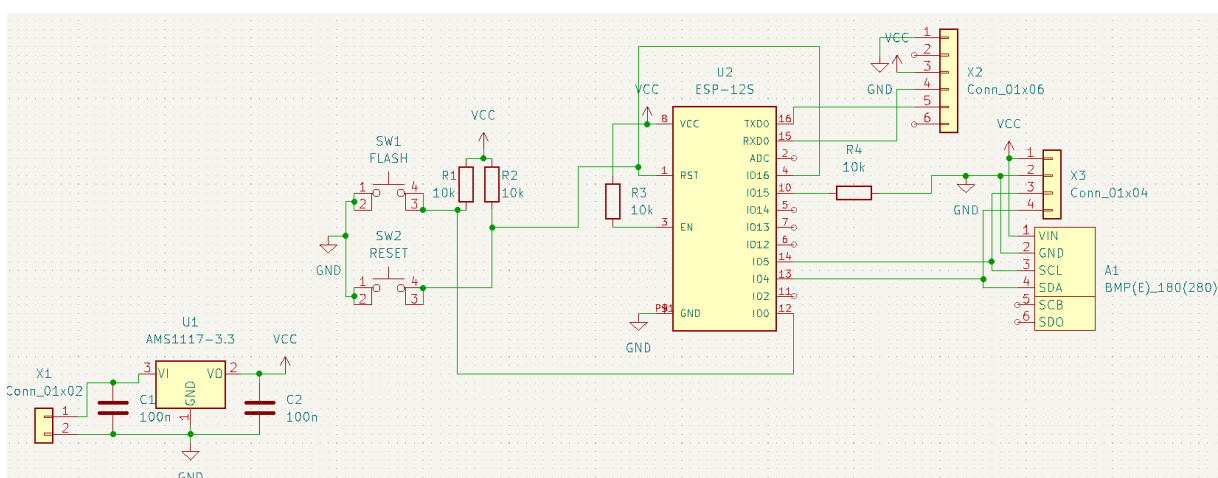


Obrázek 22 Osazovací plánec desky senzorů 2

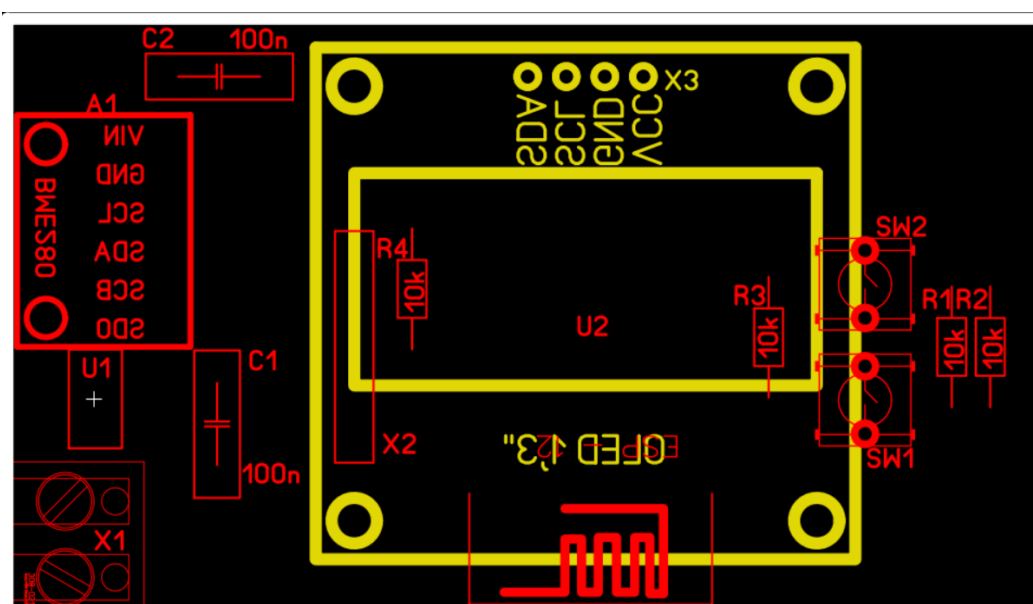
3.4 Zobrazovač s OLED displejem

Označení	Hodnota	Název	Typ	Výrobce
A1		BMP280		Bosch sensortek
C1,C2	100nF	Keramický kondenzátor		Tesla
X1		Wago konektor		Wago
X2		Hřebenový konektor 6x		
X3		OLED konektor		
R1-R4	10k/0,25W	Metalizovaný odpor	TR191	Tesla
SW1-SW2		Tlačítko		
U1		Lineární SMD regulátor na 3,3V	AMS1117	Advanced monolythic systems
U2		ESP-8266_ESP-12		Espressif

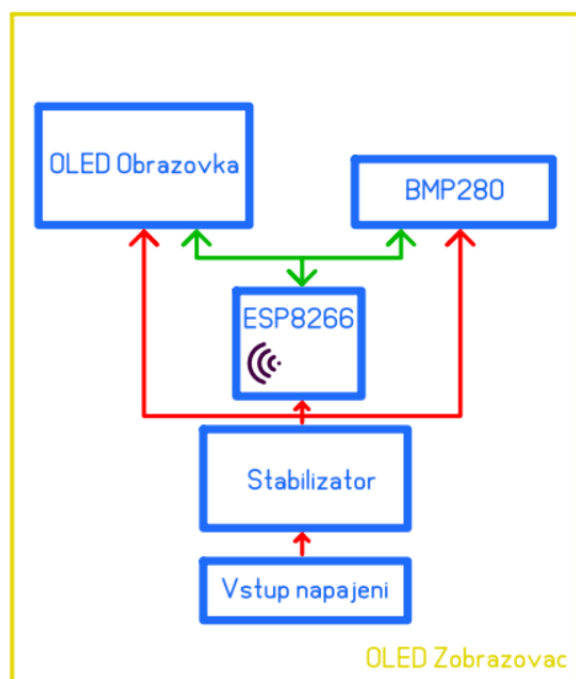
Tabulka 4 Seznam součástek OLED zobrazovač



Obrázek 23 Schéma zobrazovače s OLED displejem



Obrázek 24 Osazovací plánec zobrazovače s OLED displejem



Obrázek 25 Blokové schéma OLED zobrazovače

4 PROGRAMY A KÓD

Kód je nejdůležitější částí této stanice. Bez něj by nic nefungovalo. Z důvodu velice dlouhých kódů budou u některých částí odkazy na GitHub a do příloh, kde se kód nachází.

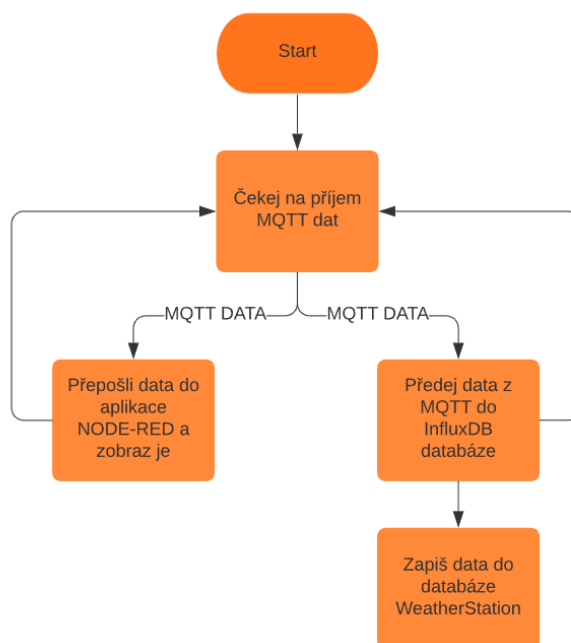
Kód pro stanici a zobrazovače byl napsán v jazyce C++ v programu Arduino IDE.

Twitter bot a API jsou napsány v jazyce Python v programu Visual Studio Code.

4.1 Popis cesty dat

Aby bylo možné data naměřená stanicí zobrazit, musí se prvně dostat ze stanice na server.

Sběr a ukládání dat



Obrázek 26 Cesta dat

4.1.1 Cesta ze stanice na server

Po připojení stanice k Wi-Fi síti je navázán kontakt s MQTT serverem. MQTT je protokol pro komunikaci IOT zařízení mezi sebou.

Výhodou MQTT protokolu je ten, že data jsou člověkem čitelná, takže lze pomocí aplikace hodnoty jednoduše přečíst s minimálními nároky na síťové připojení.

MQTT data jsou přijaty serverem a jsou dále zpracovány

4.1.2 Server

4.1.2.1 Překladač dat

Na serveru jsou data přijata speciálním programem, který překládá MQTT data na data, která jsou zapsána do InfluxDB databáze, kde jsou uloženy.

4.1.2.2 NodeRED

NodeRED je program, který byl v první fázi vývoje používán na zobrazení naměřených dat v grafech a měřácích. Tento program pracoval přímo s MQTT daty, takže data nepřežily restart serveru. Nyní je tento program jen udržován při životě, ale žádný význam nemá.

4.1.2.3 InfluxDB

Jedná se o databázi, která má za úkol uchovávat data ze stanice a dále je distribuovat do různých zobrazovačů.

4.1.2.4 Grafana

Grafana je program, který zobrazuje naměřené hodnoty v různých grafech a měřácích. Jelikož jsou data brána přímo z databáze, tak je možné data zobrazit i retrospektivně. Data z Grafany jsou veřejně dostupná na mých webových stránkách <https://grafana.majkl.tk>

4.1.2.5 API

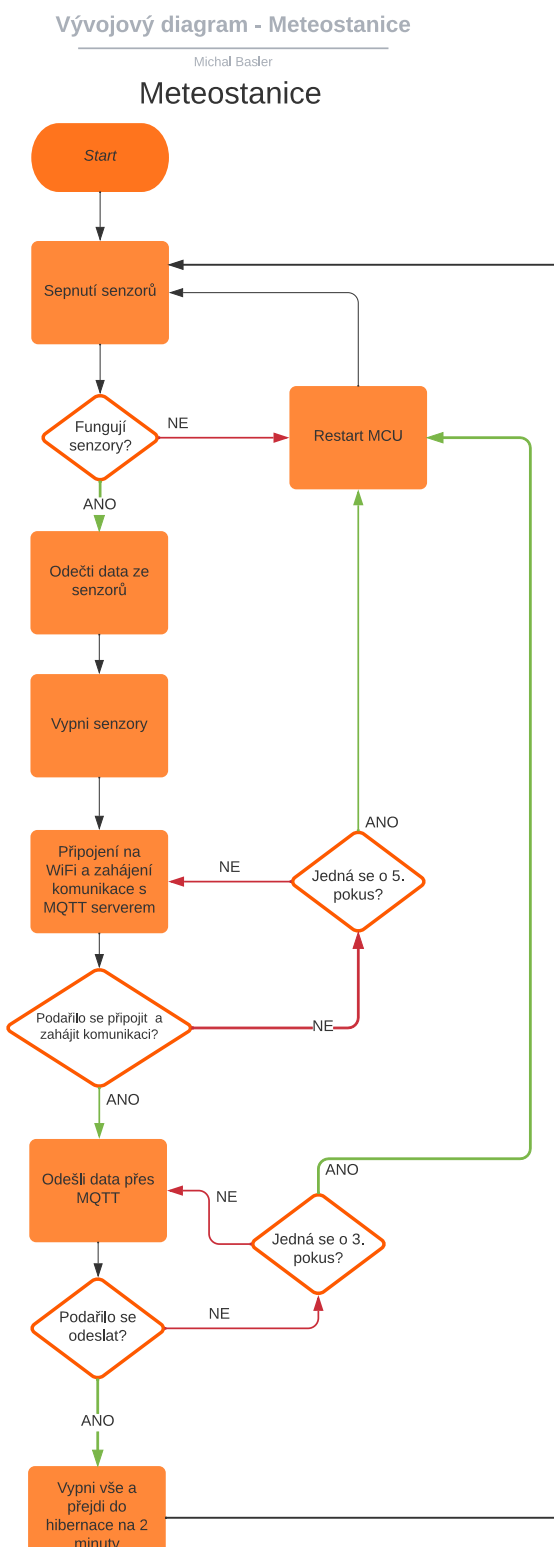
API neboli application programming interface je navržen tak, aby mohly počítače, co s nejmenším problémem data ze stanice při podání dotazu na adresu <https://weatherapi.majkl.tk> získat ty nejaktuálnější data bez toho, aniž by se museli přímo dotazovat databázi.

4.1.2.6 Twitter bot

Poslední věcí, co jede na serveru jede. Tento kód má za úkol každou sudou hodinu zveřejnit data ze stanice v tweetu. <https://twitter.com/majklzbastlirny>

4.2 Kód pro stanici

Odkaz na kód: [Meteostanice](#) , [Příloha 1 - Kód meteostanice](#)



Obrázek 27 Vývojový diagram kódu pro meteostanici

Po startu programu se načte z paměti stav vytápění. Pokud je tato hodnota rovna 1, tak se vytápění sepne. Následně se sepnou všechny senzory.

Prvně se odečte hodnota intenzity osvětlení z modulu BH1750. Následně se odečte napětí na baterii pomocí napěťového děliče. Dále odečte absolutní tlak a teplotu ze senzoru BMP280, změří UV intenzitu z modulu MP8511. Následně změří rychlost větru. Toto měření probíhá po dobu 20 vteřin. Dále se přečte už jen směr větru. Nakonec se odečte teplota a vlhkost ze senzoru DHT22. V rámci čtení ze senzoru DHT22 se vypočítají i hodnoty jako rosný bod, větrný chlad, pocitová teplota a relativní tlak.

Po odečtení a vypočítání všech hodnot se musí hodnoty odeslat. Mikropočítač se připojí k Wi-Fi síti a následně k MQTT serveru. Samozřejmě pokud Wi-Fi nebo MQTT připojení selže, tak je potřeba něco udělat, aby se zabránilo kompletnímu zamrznutí. Pro to jsou v kódu ochranné prvky, které po uplynutí nastaveného času restartují mikropočítač. Po navázání stabilního připojení se data odešlou a mikropočítač se uvede do režimu hibernace na přednastavený čas. Po probuzení vše začíná od znova.

4.3 Kód pro zobrazovače

Odkaz na kód: [OLED Zobrazovač, Příloha 2 - Kód OLED zobrazovače](#)

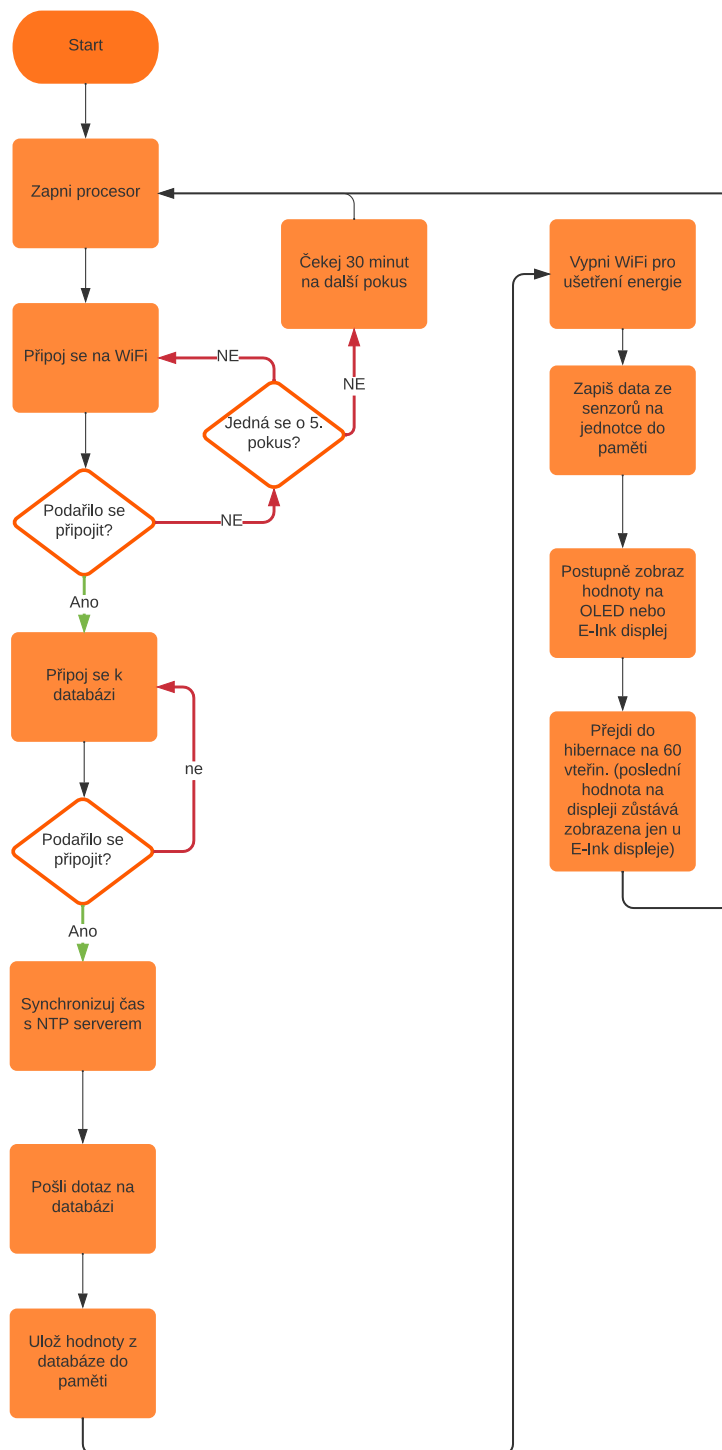
Odkaz na kód: [E-Ink Zobrazovač, Příloha 3 - Kód E-Ink zobrazovače](#)

Tyto kódy jsou si velice podobné, tak jsem je dal do 1 sekce.

Vývojový diagram - Meteostanice

Michal Basler

Vnitřní jednotky



Obrázek 28 Vývojový diagram vnitřních jednotek

Prvně probíhá připojení k Wi-Fi. Pokud se nepodaří připojit, tak se mikropočítač uspí na 30 minut. Po uplynutí 30 minut se zkusí připojit znovu.

Po připojení na Wi-Fi se pošle dotaz InfluxDB databázi. Ta vrátí nejnovější hodnoty. A také se pošle dotaz na NTP server s požadavkem o čas a datum.

Vypne se Wi-Fi pro uspořené energie a začnou se data zobrazovat.

4.3.1 E-Ink zobrazovač

Všechny hodnoty se zapíší do bufferu a zobrazí se najednou. Zde je vše zobrazeno na 1 stránce a tím pádem se hodnoty aktualizují jednou za 2 minuty. Navíc jsem do této jednotky umístil senzor vlhkosti a teploty BME280. Tím pádem mohu zobrazovat teplotu a vlhkost uvnitř. Poslední funkcí je persistence dat. To znamená, že když nebude Wi-Fi síť dostupná, tak se poslední data budou stále zobrazovat. K identifikaci stáří dat se v pravém dolním rohu nachází okénko s časem a datem poslední aktualizace.

4.3.2 OLED zobrazovač

Z důvodu malé obrazovky jsou všechna data zobrazována postupně. Z toho důvodu je tento zobrazovač stále zapojen do elektrické sítě. Každá sada dat je na displeji po dobu 5 sekund. Po zobrazení všech dat je mikropočítač uveden do hibernace pouze na 30 vteřin.

4.4 Překladač

Tento kód není můj. Odkaz na kód: [Překladač](#)¹

Tento kód slouží k překladi MQTT do InfluxDB databáze.

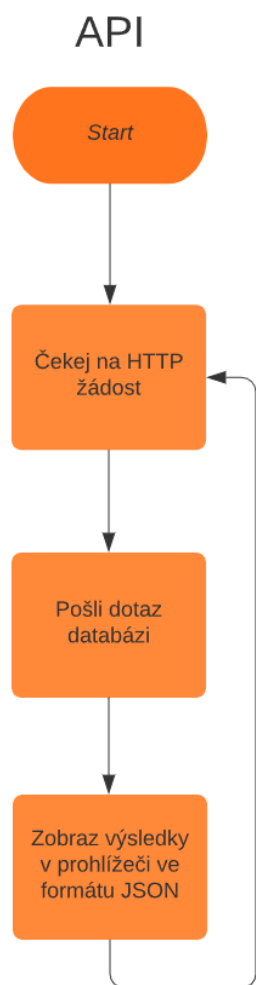
¹ Překladač = <https://github.com/hardwario/bch-mqtt2influxdb>

4.5 API

Odkazy na kód: [PHP aplikace](#), [Python aplikace](#), [Příloha 4 - Kód PHP aplikace](#), [Příloha 5 - Kód Python aplikace](#)

API neboli Application Programming Interface je styl komunikace, kterým komunikují počítače mezi sebou po internetu.

Kód jsem napsal z toho důvodu, kdyby někdo chtěl informace z mé stanice, bez přímého přístupu k databázi.



Obrázek 29 Vývojový diagram API

Kód v PHP slouží k zobrazení dat v prohlížeči z hlavního kódu.

Po přístupu na danou stránku, PHP spustí Python aplikaci, počká, než vrátí naformátovaná data a výsledná data zobrazí v prohlížeči, v příkazovém řádku anebo si to aplikace uživatele sama převezme.

Kód v Pythonu slouží k dotázání databáze, naformátování dat a odeslání dat PHP aplikaci.

Po spuštění kódu se pošle dotaz databázi a přijatá data se uloží jako 1 dlouhý řádek.

Následně se správně naformátuje, aby byly v souladu s REST API protokolem.

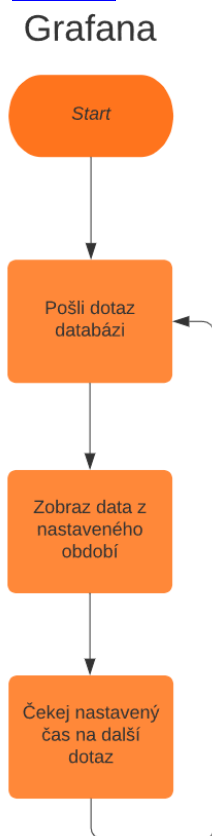
Výsledný text se pošle PHP aplikaci a kód se ukončí.

4.6 Grafana

Odkaz na aplikaci: [Grafana](#)

Grafana je aplikací, která mi umožňuje zobrazovat data z meteostanice úhledně v grafech.

Ukázku můžete vidět v kapitole 6, část [Grafana](#)



Obrázek 30 Vývojový diagram Grafany

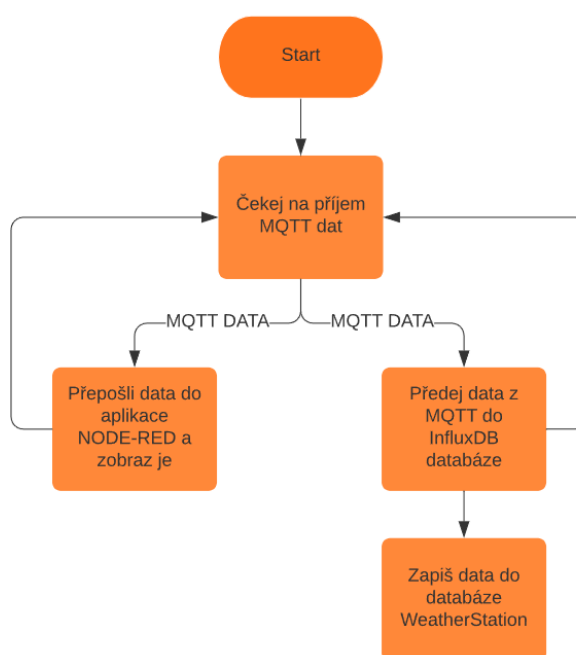
4.7 Node-RED

Odkaz na aplikaci: [Node-RED](#)

Node-RED je další z aplikací, která může zobrazovat data. Tato aplikace ale již není mnou používána, protože není na zobrazování dat přímo určena. Aplikace data brala přímo z MQTT serveru a když nastal restart serveru, na kterém Node-RED jel, tak byla data ztracena).

Ukázku můžete vidět v kapitole 7, část [NodeRED](#).

Sběr a ukládání dat



Obrázek 31 Vývojový diagram aplikace Node-RED a cesta dat

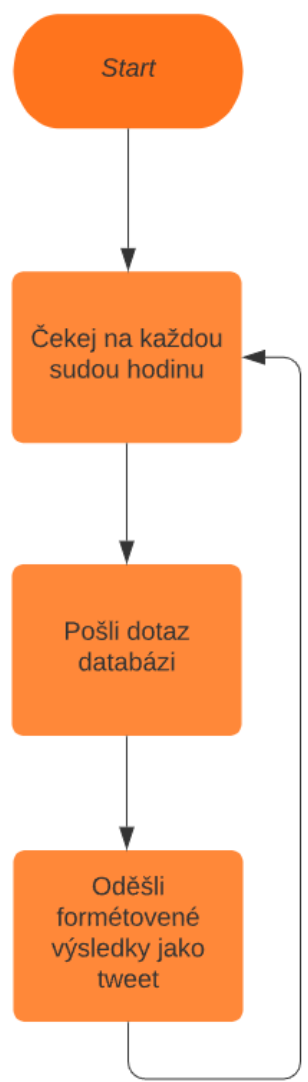
4.8 Twitter

Odkaz na kód: [Twitter](#), [Příloha 6 - Kód Twitter bota](#)

Tento kód je z důvodu bezpečnosti NEFUNKČNÍ, nemá důležité přihlašovací údaje, které by šly zneužít. Jinak kód funguje stabilně.

Kód jsem napsal proto, abych rychle věděl, jak venku je, aniž bych musel cokoli na mobilu otevírat.

Twitter bot



Obrázek 32 Vývojový diagram Twitter bota

Kód je každou sudou hodinu spuštěn pomocí linuxového nástroje CRON.

Po spuštění kód pošle dotaz databázi o nejnovější data, obratem je kód dostane zpět.

Data jsou uložena do proměnných.

U směru větru je úhel přeložen na světové strany.

Pokud je rychlost větru 0 m/s, tak se místo rychlosti a směru větru zobrazí „Nyní nefouká“.

Následně je Tweet, poskládán z přijatých informací.

Tweet je pomocí uživatelských informací zveřejněn a aplikace se ukončí.

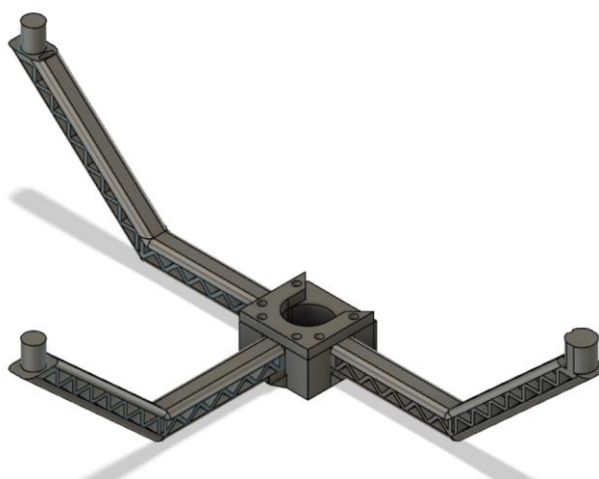
5 KONSTRUKCE

Všechny mechanické části až na šrouby, matky, podložky a na krabici jsou vytištěny na mé 3D tiskárně Prusa i3 MK3S. Všechny držáky, korouhev a anemometr byly vymodelovány v programu Autodesk Fusion 360. Aby části vydrželi i drsné podmínky, tak jsou části vytištěny z materiálu PETG.

Pro spojení jsou použity šrouby s IMBUS hlavou o velikosti M3, maticky M3 a také zatavovací vložky o velikosti M3

5.1 Držáky senzorů

Držáky jsou celkem 3. K nim patří i kusy, které jednotlivé držáky spojí do 1 kusu a připevní je ke stojanu.



Obrázek 33 Držáky senzorů

5.2 Radiační štít a upevnění senzorů

Radiační štít slouží k tomu, aby senzory uvnitř něj nebyly moc ovlivňovány okolním prostředím. Štít zabraňuje přímému slunečnímu svitu na senzory a také ochraňuje před deštěm a sněhem.

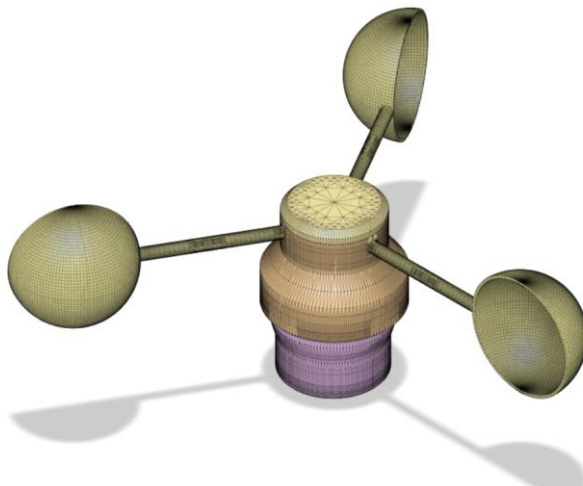
V mé práci se štít skládá z několika částí.



Obrázek 34 Radiační štít řez

5.3 Anemometr

Anemometr se skládá ze 4 částí. Tím jsou lopatky, základna, kryt a tělo. Uvnitř se nachází ložisko a odpor, který celý anemometr vyhřívá.



Obrázek 36 Anemometr

5.4 Větrná korouhev

Větrná korouhev je asi mechanicky nejsložitější součást stanice. Kvůli jednoduchosti korouhev rozdělím na 4 části. Na směrovku, držáky diod, rotor a krabičku.

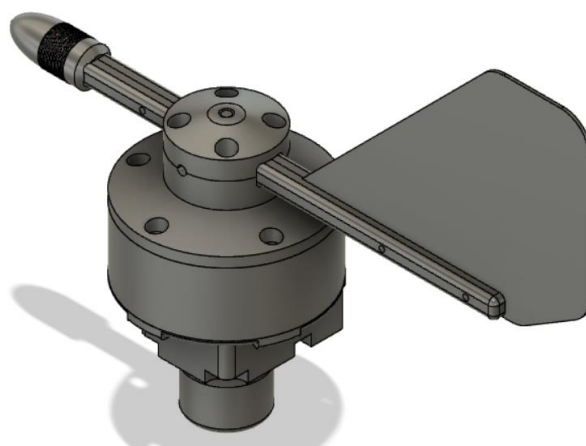
Uvnitř jsou ložiska o vnějším průměru 10 mm, vnitřním průměru 3 mm a šířce 4 mm.

Uvnitř se nachází 5 rozdělaných optočlenů TCRT5000.

Tato korouhev není originálně má, ale převzata z internetu a modifikována pro vlastní potřebu.

[Originální autor²](#)

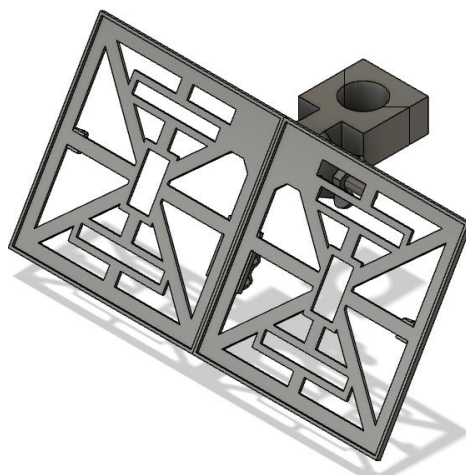
² Originální autor = <https://www.thingiverse.com/thing:42858>



Obrázek 37 Korouhev

5.5 Solární panely

Pro napájení celé stanice slouží dva 6 V solární panely. Ty mají také vyhřívací jednotky, aby v zimě mohli stále vyrábět alespoň nějakou elektřinu.



Obrázek 38 Držák solárních panelů

5.6 Hlavní krabice

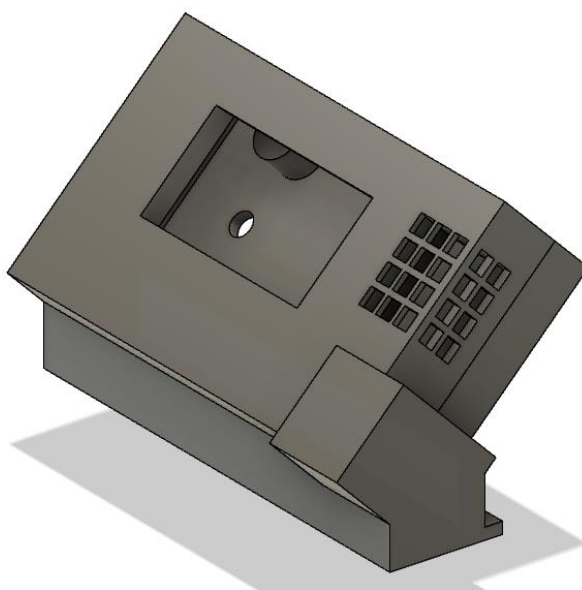
Hlavní krabice, ve které se nachází veškerá elektronika a akumulátor je krabice PKG 300 OPTH firmy Dietzel Univolt. Tuto krabici jsem si zvolil z toho důvodu, protože je dostatečně velká na vše, má průhledné víko a taky protože se mi doma válela a na nic jsem ji nepoužíval.



Obrázek 39 Krabice UNIVOLT PKG300 bez průhledného víka

5.7 Krabička a stojan OLED zobrazovače

Jelikož je tento zobrazovač vyroben mnou, tak jsem již od začátku věděl, jak to bude ve výsledku vypadat. Tím pádem jsem měl větší volnost při návrhu.

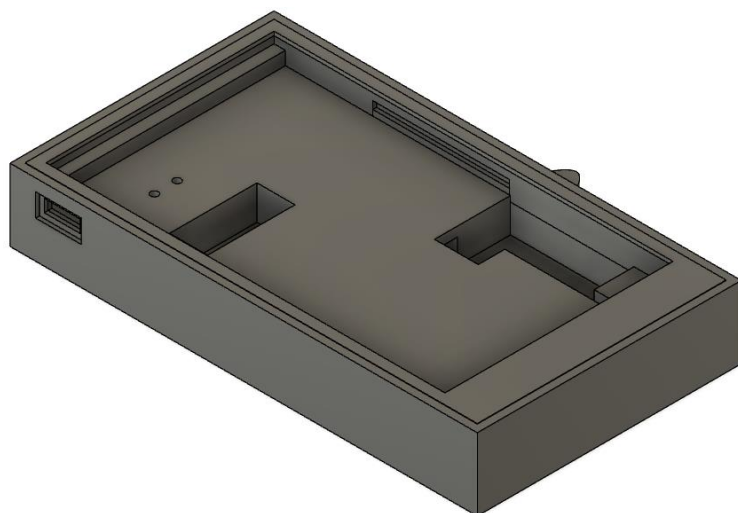


Obrázek 40 OLED zobrazovač

5.8 Krabička a rámeček pro E-Ink zobrazovač

U zobrazovače s E-Ink obrazovkou jsem se musel řídit velikostmi displeje a desky.

Ve střední části krabičky se nachází místa pro senzor BME280 a pro akumulátor.



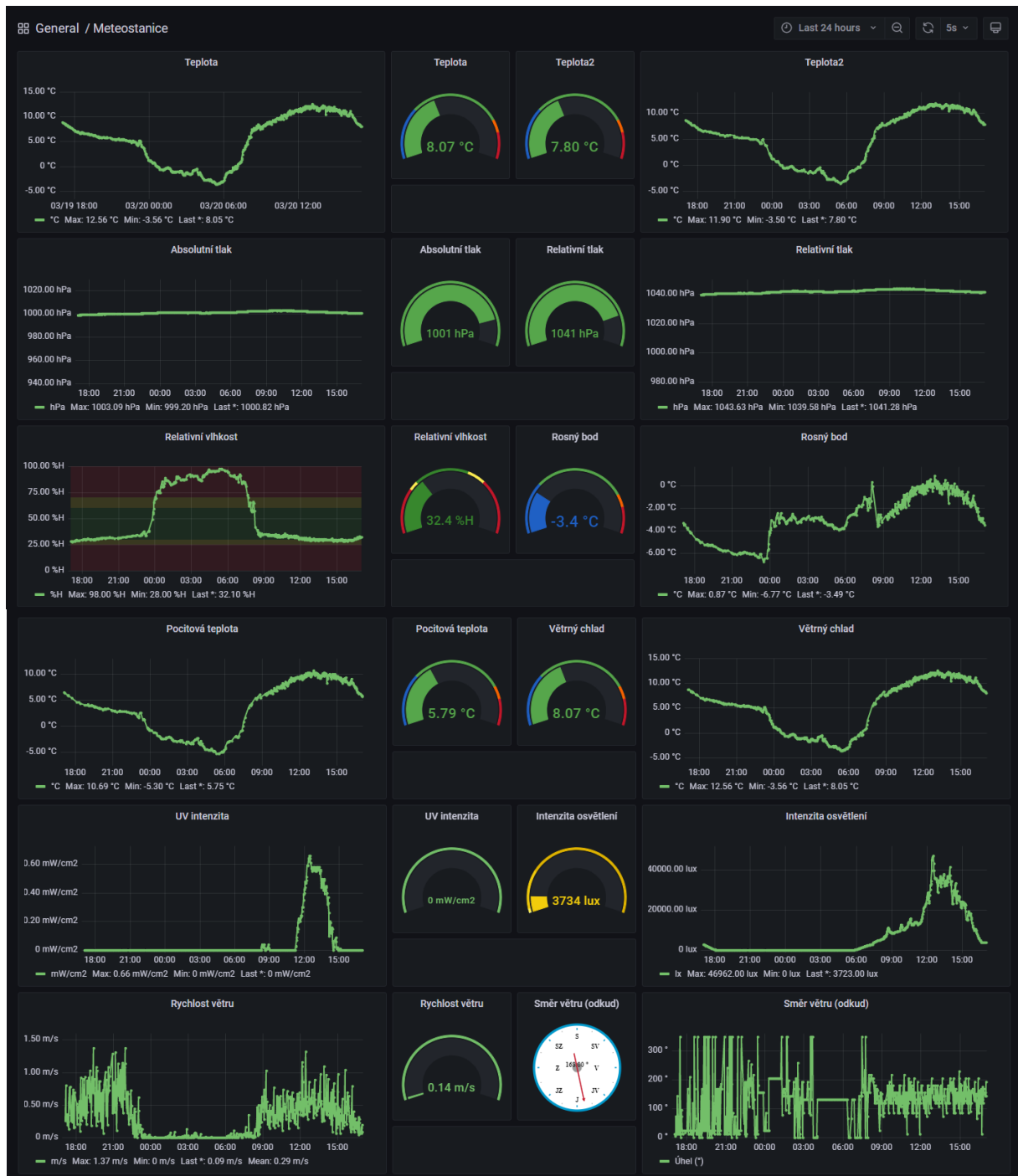
Obrázek 41 Zobrazovač s E-Ink displejem

6 VÝSLEDEK



Obrázek 42 Meteostanice komplet

6.1 Grafana



Obrázek 43 Výsledek Grafana

6.2 Twitter bot



Obrázek 44 Výsledek Twitter bot

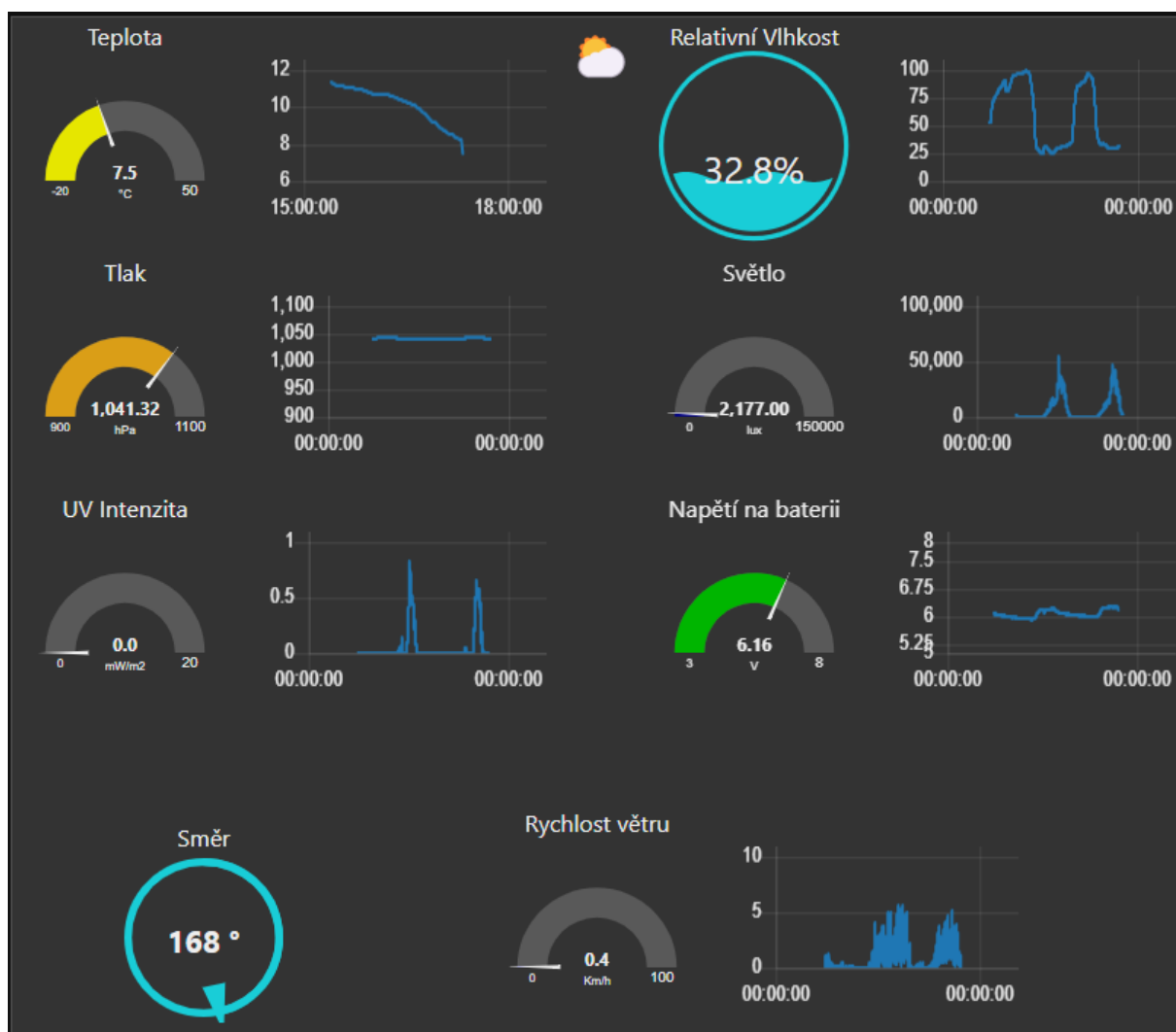
6.3 API

```
PS C:\Users\Michal> Invoke-RestMethod https://weatherapi.majkl.tk

DewPoint      : -3,83
HeatIndex     : 5,51
Humidity      : 31,3
Light         : 3059
Precipitation : 0
Pressure      : 1041,2
PressureRAW   : 1000,75
Speed         : 0,29
Temperature   : 7,85
Temperature2  : 7,6
UV            : 0
WindChill     : 7,85
WindDir       : 156
```

Obrázek 45 Výsledek API

6.4 NodeRED



Obrázek 46 Výsledek NodeRED

6.5 OLED Zobrazovač



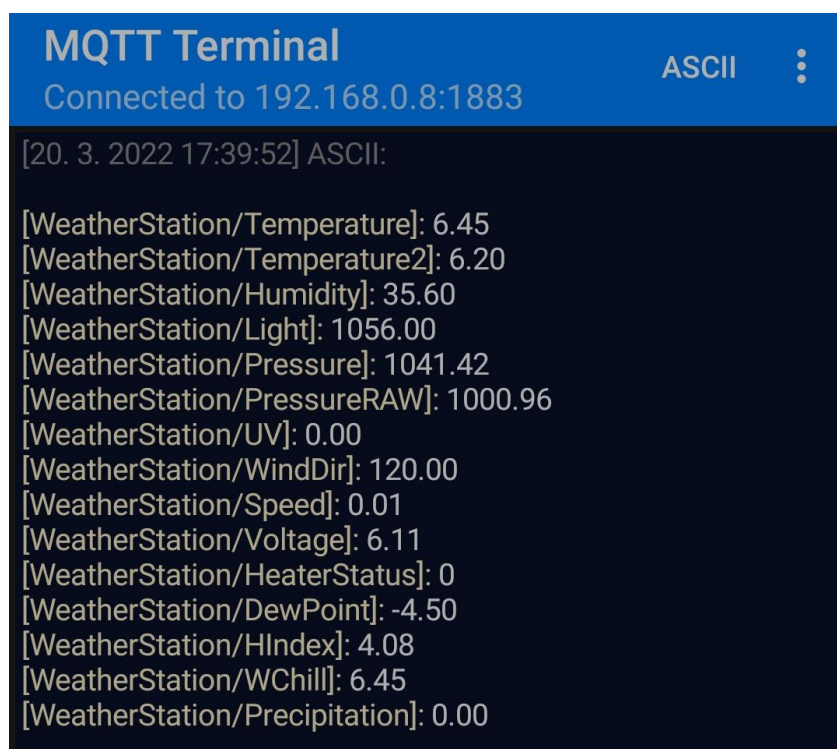
Obrázek 47 Výsledek OLED

6.6 E-Ink Zobrazovač



Obrázek 48 Výsledek E-Ink

6.7 MQTT data



Obrázek 49 Výsledek MQTT

7 ZÁVĚR

Úkolem mé maturitní práce bylo postavit poloprofesionální meteorologickou stanici a zveřejnit naměřené informace na internet. Stanoveného cíle bylo dosaženo v plné míře.

V rámci maturitní práce jsem se naučil lépe programovat v jazyce Python a C++, pracovat s databázemi InfluxDB2 a spravovat linuxové systémy.

V práci jsem popsal použité senzory, mechanické součásti, plošné spoje a hlavně kód, který vše pojí dohromady.

V budoucnosti bych chtěl projekt rozšířit ale i zmenšit. Chtěl bych vše dát do jednoho menšího zařízení, které by nezabíralo tak velké místo. Také by bylo lepší na provoz nemít celý server, ale třeba jen zařízení o velikosti Raspberry Pi 4, které by všechna data zpracovalo i zobrazilo.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

8.1 Obrázky

Obrázek 1 Senzor BMP280	4
Obrázek 2 Senzor DHT22	5
Obrázek 3 Větrná korouhev.....	6
Obrázek 4 Anemometr.....	6
Obrázek 5 Senzor UV intenzity MP8511	7
Obrázek 6 Senzor intenzity osvětlení BH1750	7
Obrázek 7 Základní deska	8
Obrázek 8 Vývojová deska s ESP32	9
Obrázek 9 Indikátory stavů LED diodami.....	9
Obrázek 10 Spínací Obvody.....	11
Obrázek 11 Akumulátor	11
Obrázek 12 Deska měření tlaku, teploty a vlhkosti.....	12
Obrázek 13 Deska měření UV a světelné intenzity	12
Obrázek 14 Vnitřní OLED zobrazovač	13
Obrázek 15 Vnitřní EINK zobrazovač	13
Obrázek 16 Blokové schéma meteostanice	15
Obrázek 17 Základní deska schéma	16
Obrázek 18 Osazovací plán Základní desky.....	16
Obrázek 19 Schéma desky senzorů 1	17
Obrázek 20 Osazovací plánek desky senzorů 1.....	17
Obrázek 21 Schéma desky senzorů 2	18
Obrázek 22 Osazovací plánek desky senzorů 2.....	18
Obrázek 23 Schéma zobrazovače s OLED displejem	19

Obrázek 24 Osazovací plánec zobrazovače s OLED displejem.....	19
Obrázek 25 Blokové schéma OLED zobrazovače	20
Obrázek 26 Cesta dat.....	21
Obrázek 27 Vývojový diagram kódu pro meteostanici	23
Obrázek 28 Vývojový diagram vnitřních jednotek	25
Obrázek 29 Vývojový diagram API	27
Obrázek 30 Vývojový diagram Grafany	28
Obrázek 31 Vývojový diagram aplikace Node-RED a cesta dat	29
Obrázek 32 Vývojový diagram Twitter bota	30
Obrázek 33 Držáky senzorů	32
Obrázek 34 Radiační štít řez.....	33
Obrázek 35 Krytka.....	33
Obrázek 36 Anemometr.....	34
Obrázek 37 Korouhev.....	35
Obrázek 38 Držák solárních panelů.....	35
Obrázek 39 Krabice UNIVOLT PKG300 bez průhledného víka.....	36
Obrázek 40 OLED zobrazovač.....	36
Obrázek 41 Zobrazovač s E-Ink displejem.....	37
Obrázek 42 Meteostanice komplet	38
Obrázek 43 Výsledek Grafana.....	39
Obrázek 44 Výsledek Twitter bot.....	40
Obrázek 45 Výsledek API	40
Obrázek 46 Výsledek NodeRED.....	41
Obrázek 47 Výsledek OLED.....	41
Obrázek 48 Výsledek E-Ink	42
Obrázek 49 Výsledek MQTT	42

8.2 Tabulky

Tabulka 1 Seznam součástek na základní desce.....	15
Tabulka 2 Seznam součástek na desce senzorů 1	17
Tabulka 3 Seznam součástek na desce senzorů 2	18
Tabulka 4 Seznam součástek OLED zobrazovač	19

9 RESUMÉ

Tato maturitní práce se zabývá návrhem, stavbou a oživením poloprofesionální meteostanice.

Stanice umí měřit teplotu, relativní vlhkost, absolutní tlak, UV intenzitu, světelnou intenzitu, rychlost větru a směr větru. Dále umí vypočítat relativní tlak, pocitovou teplotu, rosný bod a větrný chlad.

Tyto hodnoty se zobrazují v aplikacích Grafana, NodeRED, na zařízeních s OLED a E-Ink obrazovkou a také jako tweet na Twitteru.

Většina kódu je napsaná v C++ v Arduino IDE 1.8.19, v Pythonu ve Visual Studio Code a pár řádků je napsáno v PHP.

This finals project focuses on the design, construction, and testing of my semi-professional weatherstation.

Weatherstation can measure temperature, relative humidity, absolute pressure, UV intensity, light intensity, wind speed, and wind direction. Next, it can calculate relative pressure, heat index, dewpoint, and wind chill.

These values are displayed in Grafana, NodeRED, on devices with OLED and E-Ink devices and as a tweet on Twitter.

The majority of the code is written in C++ using the Arduino IDE 1.8.19, Python using Visual Studio Code, and few lines are written in PHP.

10 ZDROJE

Datasheety:

Mikropočítač ESP8266:

ESP8266 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf

Mikropočítač ESP32:

ESP32 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

Senzor DHT22:

DHT22 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>

Senzor BME280:

BME280 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<https://www.mouser.com/datasheet/2/783/BST-BME280-DS002-1509607.pdf>

Senzor BMP280:

BMP280 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf>

Senzor MP(L)8511:

ML8511[online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf

Senzor BH1750:

BH1750 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<https://www.mouser.com/datasheet/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf>

5v stabilizátor TSR 1-2450:

TSR 1-2450 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<https://www.tme.eu/Document/8ede9b33d0d1c988330d6ae3f3b9c081/TSR1-EN.pdf>

LED diody VQA25:

VQA25 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<https://teslakatalog.cz/VQA25.html>

Buck měnič LM2596:

LM2596 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>

3,3V stabilizátor AMS1117:

AMS1117 [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

<http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf>

Patenty

Jednostopý Grayův kód:

Jednostopý Grayův kód [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:

[https://www.winzurf.co.nz/Single Track Grey Code Patent/Single track Grey code encoder_patent.pdf](https://www.winzurf.co.nz/Single_Track_Grey_Code_Patent/Single_track_Grey_code_encoder_patent.pdf)

HTTPS odkazy

Grafana:

Grafana [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://grafana.com>

NodeRED:

NodeRED [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://nodered.org>

Překladač:

Přek. [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://github.com/hardwario/bch-mqtt2influxdb>

Korouhev:

Korouhev [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:42858>

11 PŘÍLOHY

Všechny přílohy jsou rozděleny do složek.

3D soubory ve formátu 3MF:

[~/Přílohy/Hardware/3D Soubory](#)

Schémata a PCB:

[~/Přílohy/Hardware/Schémata a PCB](#)

Kód:

[~/Přílohy/Kód](#)

Fotografie:

[~/Přílohy/Foto](#)