



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 METEOSTANICE

ARDUINO WEATHER STATION

DIPLOMOVÁ/BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S/MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Navrátil

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Šoustek

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky
Student: **Michal Navrátil**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Šoustek**
Akademický rok: 2018/19

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 meteostanice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student se seznámí s Arduino kompatibilním WiFi modulem Sparkcore (www.spark.io). Tento modul následně použije pro vytvoření jednoduché metostanice se vzdáleným zápisem dat.

Cíle bakalářské práce:

1. Seznámení s modulem Sparkcore, popsání možností tohoto modulu, vývojové prostředky pro něj a konkurenční řešení.
2. Vytvoření jednoduché meteostanice se vzdáleným ukládáním naměřených dat.

Seznam doporučené literatury:

MONK, Simon. Programming Arduino: getting started with sketches. New York: McGraw-Hill, c2012. ISBN 978-0071784221.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vytvoření bezdrátové, solárně napájené meteostanice postavené na platformě Particle. Skládá se z modulu Photon, solárního panelu, senzorů k měření teploty, tlaku a rychlosti větru a webserveru. Senzory jsou připojeny přímo k modulu Photon, který zaznamenává data ze senzorů a dále jsou pomocí wifi odesílány na webserver, který je zapisuje současně do databáze typu SQLite a do tabulek Google Sheets. Aktuální hodnoty, jejich historie i grafické vyobrazení je možné zobrazit v databázi, webovém rozhraní, nebo přímo v tabulkách Google.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to build remote, solar powered weather station using Particle platform. Weather station consists of Photon module, solar panel, sensors to measuring the temperature, pressure, humidity and speed of wind and of the webserver. Sensors are connected directly to the Photon module, which reads data from sensors and sending them over wifi to the webserver, which writes data simultaneously to the SQLite database and to Google Sheets. Current and historical data with charts are accessible from database, web interface or directly in Google Sheets.

KLÍČOVÁ SLOVA

Arduino, Meteostanice, Particle, SQLite, Google Sheets, BME280

KEYWORDS

Arduino, Weather Station, Particle, SQLite, Google Sheets, BME280

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NAVRÁTIL, Michal. *Arduino meteostanice*, Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Šoustkovi za cenné rady, ochotu a odborné vedení práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Šoustka a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 1. 3. 2019

.....

Michal Navrátil

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	METEOROLOGIE	17
2.1	Získávání základních dat o počasí	17
2.2	Teplota	17
2.3	Tlak.....	18
2.4	Vlhkost.....	18
2.5	Rychlost větru.....	18
3	INTERNET OF THINGS	21
3.1	IoT hardware.....	21
3.1.1	Arduino UNO	21
3.1.2	Particle Boron	22
3.1.3	Adafruit HalloWing.....	23
3.1.4	LattePanda	24
3.1.5	The Banana Pi.....	25
3.2	Srovnání vybraných vývojových desek	27
4	VLASTNÍ ŘEŠENÍ.....	29
4.1	Particle Photon.....	29
4.1.1	Parametry.....	29
4.1.2	Spuštění a registrace zařízení	30
4.1.3	Cloudové vývojové prostředí.....	30
4.2	Volba senzorů pro měření.....	31
4.2.1	Teplota, tlak a vlhkost	31
4.2.2	Rychlost větru	33
4.3	Napájení bezdrátové meteostanice	34
4.3.1	Baterie.....	34
4.3.2	Dobíjení	35
4.4	Skříň meteostanice.....	36
4.5	Programová část meteostanice.....	38
4.5.1	Tabulky Google Sheets.....	38
4.5.2	Databáze SQLite3	39
4.5.3	Webové rozhraní.....	40
4.6	Sestavení.....	41
5	ZÁVĚR	43
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	46
8	SEZNAM TABULEK.....	47
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	48

1 ÚVOD

Jednoduchý přístup k jednodeskovým počítačům v dnešní době dává možnost jejich uživatelům tvořit vlastní jednoduchá zařízení, například amatérské prototypy měřicích stanic, které jsou schopny zaznamenávat a zpracovávat data ze senzorů. Téměř v každé domácnosti takovou jednoduchou meteostanici najdeme. Často s bezdrátovým snímačem, který je umístěn venku a je schopen měřit základní parametry prostředí, které jsou současně vyobrazovány na přijímači uvnitř domácnosti. Takto uživatel získává přesnější přehled o stavu počasí venku nezávisle na globálních předpovědích a má na přijímači k dispozici informace o teplotě, vlhkosti, méně často však tlaku, či rychlosti větru. Je také v drtivé většině odkázaný na jediný přijímač v domácnosti.

Cílem bakalářské práce je navrhnout solárně napájenou, bezdrátovou meteostanici s užitím modulu Particle Photon, schopnou pravidelného zápisu jak teploty a vlhkosti, tak i tlaku a rychlosti větru do tabulek Google a SQLite3 databáze, ke kterým bude mít uživatel snadný přístup pomocí počítače nebo telefonu prostřednictvím webového rozhraní. Teoretická část této práce se zabývá meteorologií a údaji, které poskytuje. Dále popisem IoT modulů a jejich ukázkami a porovnáním. Praktická část je soustředěna na návrh, vhodnou volbu komponentů a realizaci domácí meteostanice.

Pro meteostanici je použit snímač teploty, vlhkosti a tlaku a anemometr pro měření rychlosti větru. Tyto snímače jsou připojeny přímo do modulu Photon napájeného z baterie, který hodnoty zaznamenává, vhodně zpracovává a posílá pomocí bezdrátové sítě na webserver, který už převádí data na vhodný formát a zapisuje do tabulek Google a do databáze. Data je možné zobrazit přímo v databázi, nebo přehledně jsou záznamy aktuálního stavu i celé historie k dispozici uživateli v tabulkách Google, kde je lze dále analyzovat a zpracovávat. Ve webovém rozhraní meteostanice, které je k dispozici přes Internet, je možné sledovat aktuální stav včetně přehledu za poslední daný časový úsek.

2 METEOROLOGIE

Meteorologie je věda popisující děje, vlastnosti, složení a stav atmosféry známé jako počasí. Tyto informace jsou každodenně potřeba v mnoha odvětvích i každodenním životě jako je pozemní doprava, letecká doprava nebo například zemědělství, které je na počasí závislé už od zemědělské revoluce 5000 let před našim letopočtem po dnešek, kde je nespočet precizních meteorologických stanic na denním pořádku [1].

2.1 Získávání základních dat o počasí

Aby hodnoty byly přesné a použitelné, je třeba dodržet určitá pravidla při jejich měření a zpracování. Z toho důvodu v České republice vznikla síť meteorologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu a stanovily se podmínky pro měření.

2.2 Teplota

Teplota je nejdůležitější, ale také nejvíce proměnlivou složkou počasí. Poskytuje základní představu o vývoji počasí v dané oblasti a je závislá na mnoha faktorech, jako je rychlost větru, vlhkost, nadmořská výška a sluneční záření. Teplota má velký podíl na modelování klimatického modelu. Měří se pomocí teploměru a výchozí jednotkou v české republice je °C.

Základní teplota

Za základní teplotu se považuje teplota pozorovaná ve výšce 2 metry nad zemí, která slouží jako základ pro předpověď počasí a tvorby denní průměrné teploty [2].

Pro měření se používá budka s bílým, lesklým povrchem se žaluziemi takového tvaru, aby sluneční svit nějak neovlivňoval teplotu snímače. Teplotu je možné měřit kontinuálně během celého dne. Průměrná teplota se pak počítá tak, ze součtu teplot naměřených v 7, 14 a 21 hodin, kde teplota z 21. hodiny je započtena dvakrát a celý tento součet je podělený čtyřmi.

Přízemní teplota

Přízemní teplota je teplota pozorovaná na meteorologických stanicích ve výšce 5 centimetrů nad zemským povrchem [2]. Teplota je dnes měřena také kontinuálně během dne.

Je důležitá zejména pro zemědělství, dále pak je vhodné sledovat tuto teplotu kvůli domácím mazlíčkům. Pro zemědělství například kvůli přízemním mrazíkům, které se v české republice vyskytují hlavně na konci jara, kdy dochází k tomu, že základní teplota ve 2 metrech nad zemí je v kladných číslech, zatímco přízemní teplota je pod bodem mrazu. Za této situace může dojít ke škodě na zemědělských plodinách.

Naopak za slunných, letních dní je možné pozorovat teplotu asfaltu klidně přes 45°C. Člověk rozdíl těchto teplot příliš nevnímá, pokud má na nohou obuv, ale například

čivava, která svou výškou dosahuje maximálně 20 centimetrů je v úplně jiném teplotním prostředí. [3]

Teplota půdy

Teplota půdy je opět důležitým faktorem v zemědělském odvětví. Tato teplota je důležitý faktor, který ovlivňuje dobu setí, klíčení plodin, rychlost zvětrávání a transformaci organických látek a koncovou ekonomiku zemědělství [4].

2.3 Tlak

Tlak je další fyzikální veličinou, která poskytuje informaci o tom, jakou silou působí vzdušný obal Země kolmo na její povrch. Je závislý na teplotě a vlhkosti. Tlak, především jeho změna za daný časový úsek je důležitá pro předpověď počasí. Se zvětšující se nadmořskou výškou tlak klesá, nejvyšší hodnota tlaku je na hladině moře, ke které se tlak přepočítává, aby byl porovnatelný mezi různými meteorologickými stanicemi.

Hodnota normálního tlaku byla stanovena na 1013,25 hPa [5]. K jeho měření se dnes používají digitální čidla s vysokou přesností umožňující kontinuální měření. Dříve se ke kontinuálnímu měření tlaku používal barograf. V aerologii se měří tlak pomocí balónů, letadel, nebo radiosond. Český hydrometeorologický ústav vypouští na hydrometeorologické stanici Praha-Libuš balón k zaznamenávání těchto dat třikrát denně [6].

2.4 Vlhkost

Vlhkost vzduchu představuje množství vodních par obsažených ve vzduchu, které se do něho dostávají vypařováním z vodní hladiny nebo půdy. Tyto páry jsou příčinou vzniků oblačností a srážek.

Relativní vlhkost je míra nasycení vzduchu vodní parou, přesněji poměr mezi skutečným obsahem par a maximálním možným obsahem par za dané teploty. Tato vlhkost je vyjadřována v [%]. Například při mlhách nastává stav vzduchu, kdy je plně nasycen vodními parami, což je hodnota relativní vlhkosti 100 %. K jejímu měření používáme vlhkoměr. [7] Absolutní vlhkost se vyjadřuje v kilogramech na metr krychlový vzduchu.

2.5 Rychlost větru

Vítr můžeme popsat jako horizontální proudění v atmosféře. Toto proudění je způsobeno tlakovými rozdíly v tlaku vzduchu a rotací Země [8]. Je to nezbytná veličina zejména pro letecký provoz.

Rychlost větru měří většina meteorologických stanic. Tuto informaci jsme schopni zaznamenat pomocí anemometru, který bývá umístěn přibližně 10 m nad zemí pro menší ovlivnění měření terénem. Měří se v metrech za sekundu nebo v kilometrech

za hodinu a k odhadu jeho síly nám slouží Beaufortova stupnice síly větru, která dělí vítr do 13 stupňů dle jeho rychlosti od bezvětří až po orkán. S rostoucí rychlostí větru také klesá pocitová teplota.

3 INTERNET OF THINGS

Česky „Internet věcí“, zkratkou IoT je nový trend, který využívá komunikace zařízení mezi sebou, nebo člověkem prostřednictvím bezdrátových přenosů a sítě Internet.

Tato zařízení pak umožňují sběr velkých objemů dat, které lze dále zpracovávat pro využití v mnoha oblastech jako je meteorologie, automatizace, energetika. V praxi pod IoT spadá nespočet elektronických zařízení, které jsou připojeny k Internetu, jako jsou dálkově ovládané zásuvky, spotřebiče, kamery, ale také auta nebo meteostanice. Hojně se této technologii využívá v moderních domech.

3.1 IoT hardware

Hardwarové platformy jsou nedílnou součástí pro vývoj zařízení nebo prototypů. K tomu je možné použít nejrůznějších komunikačních modulů, mikrokontrolérů a jednodeskových počítačů schopných komunikace mezi sebou a sítě Internet. Mnoho firem dnes poskytuje tyto platformy pro rychlý rozvoj a nová řešení, kde každá platforma má určité přednosti a uživatel si může vybrat vyhovující platformu pro jeho projekt. Právě tyto platformy jsou pak klíčovou součástí rozvoje IoT, která umožňuje amatérům i profesionálům rychle a efektivně realizovat své nápady pomocí prototypů za velmi přijatelné ceny. V dalších podkapitolách je zmíněno několik vývojových platform s vybranou zastupující vývojovou deskou a popisem.

3.1.1 Arduino UNO

Arduino je open-source vývojová platforma, která si zakládá na jednoduše ovladatelném softwaru a hardwaru. Arduino je na trhu od roku 2005. Cílem Arduina bylo vytvoření programovací platformy pro studenty, se kterou bude jednoduché pracovat a umožní tím rychlý vývoj prototypů. O kvalitě svědčí rozsáhlá komunita vývojářů sdílející nejrůznější projekty a knihovny zasahující do mnoha odvětví výpočetní techniky.

Většina referenčních souborů a externích knihoven je licencována jako Creative Commons, což zajišťuje to, že je projekt od začátku volně dostupný všem jeho uživatelům, kteří ho chtěli upravovat, nebo vylepšovat. Z toho důvodu brzy začaly vznikat další verze Arduina a jeho klonů. Díky této licenci je možné dodržovat určitou kompatibilitu mezi různými verzemi desek Arduino a deskami jiných výrobců.

Vývojové prostředí Arduina představuje zejména software Arduino IDE, který je také open-source, což je jeden z důvodů, proč tento software je schopný pracovat s nespočtem desek i mimo Arduino. Protože Arduino IDE je vytvořený v jazyce Java, je spustitelný v systémech Windows, Mac OS X a Linux. Po registraci na stránkách Arduino a instalaci pluginu pro prohlížeč je také možnost vyvíjet aplikace přímo v prohlížeči, nicméně fyzické připojení desky k počítači je stále podmínkou.

Jako ukázkou IoT od Arduina zde popíšu desku Arduino UNO WIFI, protože se jedná v podstatě o stejnou desku jako populární Arduino UNO, osazenou navíc Wi-Fi modulem.

Arduino UNO WIFI rev2

Jak už bylo zmíněno, tato deska je potomkem řady Arduino UNO, asi nejrozšířenější řady od Arduina doposud. Přidáním Wi-Fi konektivity vznikl ideální nástroj pro začátek vývoje aplikací pro IoT.



Obr. 1: Arduino UNO WIFI rev2 [9]

Navíc byl použit nový typ 8-bitového mikroprocesoru, nově pak gyroskop a akcelerometr, který už je předdefinován v mnoha knihovnách a připraven k použití. Vývojáři díky těmto novinkám mají možnost programovat desku vzdáleně a bezpečně díky čipu ATECC608A poskytující spolehlivé šifrování během přenosu. Mezi jeho další přednosti patří dedikovaná hlavička ICSP pro komunikaci a programování desek navzájem a v případě poruchy lze pomocí ICSP rozhraní nahrát nebo obnovit „bootloader“ desky.

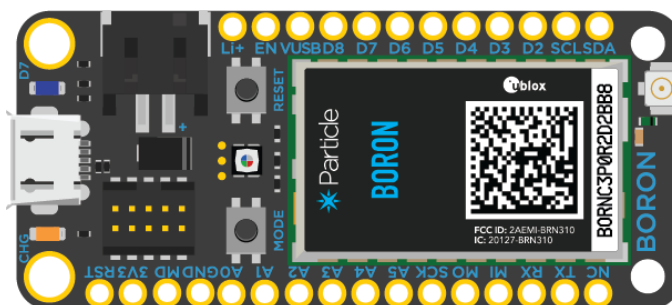
3.1.2 Particle Boron

Particle.io je jedna z nejrozsáhlejších vývojových platforem nabízející vývoj všech důležitých komponentů v jednom. V nabídce se nachází vývojové desky nebo balení vývojových balíčků pro specifitější řešení s vestavěným připojením pomocí mobilní sítě, Wi-Fi, nebo obojího. Doplnky jako programátory desek, ethernetové převodníky, displeje pro Particle.io desky jsou k dostání na stejných webových stránkách s podrobnou dokumentací. Kompatibilní je ale příslušenství z jiných platforem.

Vývoj softwaru pro desky Particle.io je opět řešený pomocí cloudového vývojového rozhraní podrobně popsáno v dokumentaci s příklady aplikací, které lze po propojení vývojové desky s cloudem nahrávat na vývojovou desku jedním klikem. Particle.io nabízí řešení s několika druhy připojení. Wi-Fi modul je podrobně popsán v další části práce, proto zde je uveden jako příklad jeden z LTE modulů.

Particle Boron LTE

Je vývojová deska s podporou LTE, kterou lze využít jako koncový mobilní bod, nebo jako spolupracující součást sítě. Deska je založena na čipu nRF52840, který má integrovanou podporu nízkoenergetické komunikace Bluetooth 5, NFC-A tag a má vestavěné konektory pro připojení baterie, což dělá použití a zavedení systému zase o krok jednodušší. Připojení LTE dává vývojáři možnost pracovat s deskou umístěnou tam, kde chybí pokrytí signálem Wi-Fi nebo je nespolehlivé.



Obr. 2: Particle Boron [10]

Boron, stejně jako ostatní hardware od Particle.io je navržen pro budování aplikací a infrastruktury v cloudu Particle.io. Hlavními výhodami práce s deskami od Particle.io je slušná kompatibilita s knihovnamí pro desky Arduino a velice podobný syntax kódu. Práci s těmito deskami také ulehčuje vestavěná RGB dioda, která při vývoji je schopná poskytovat zpětnou vazbu o běhu, případně chybách kódu a při běhu hotové aplikace signalizovat uživatelem definované signály pro lepší interakci.

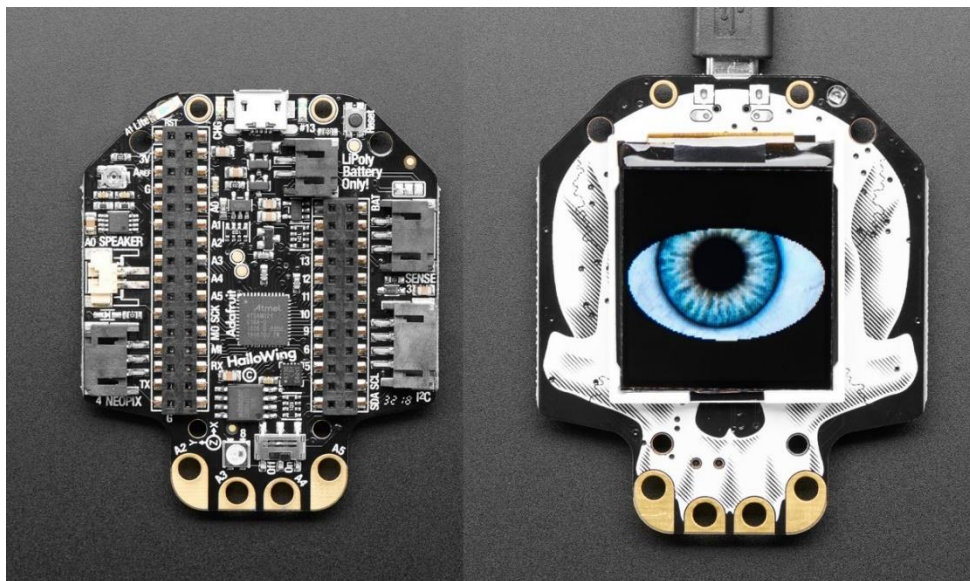
3.1.3 Adafruit HalloWing

Adafruit Industries je společnost zabývající se hlavně tvorbou doplňků vývojových desek převážně pro studijní a kreativní projekty. Velkou výhodou této společnosti je obrovská škála zařízení v nabídce. Od firmy Adafruit najdeme výrobky jako jsou převodníkové komunikační adaptéry, senzory teploty, tlaku, ovzduší, nejrůznější typy „shieldů“ at' už pro připojení k síti GPS, pro připojení reproduktorů nebo pro ovládání krokových motorů pro CNC pohon.

Pro projekty je mnohdy například potřeba displej s větším rozlišením pro zobrazení většího množství informací. Nicméně většina obrazovek dnes funguje na rozhraní HDMI, DVI nebo DisplayPort, které jsou pro malý mikrokontroler buďto úplně nemožné, nebo velice složité k řízení a bylo by potřeba použít dalšího hardwaru k převedení signálu. Firma Adafruit nabízí řešení v obrazovkách různých velikostí a rozlišení, využívající datovou sběrnici I2C, kde k přenosu informací stačí 2 vodiče a k ovládání displeje není potřeba žádných dalších doplňků. Zaměříme-li se ale primárně na vývojové desky, pak vhodným představitelem vývojové desky od firmy Adafruit je deska s integrovaným TFT displejem.

Adafruit HalloWing M0 Express

Deska založená na 48 MHz čipu ATSAMR21, pro kterou je možné najít spoustu využití ve vývoji, především pro zábavné projekty, což bylo u této desky cílem. Deska, vytvořená na oslavu svátku Halloween, ve tvaru lebky o rozměrech 60mm x 51mm x 11mm nabízí integrovaný, plně barevný TFT display s rozlišením 128x128 pixelů o úhlopříčce 36.5mm ať už pro zobrazení hodnot ze senzorů, nebo klidně i animovaných obrázků. Deska má také oproti základním rozhraním vestavěný akcelrometr, senzor světla, výstup i zesilovač pro reproduktor a kapacitní dotyková tlačítka.



Obr. 3: Adafruit HalloWing [11]

HalloWing lze programovat na bázi jazyků Arduino, ale také CircuitPython, což rozšiřuje oblasti využití i počet developerů. Fakt, že je deska určena především k hraní a k zábavným účelům podporuje i fakt, že přichází s přednahráním ukázkovým firmwarem, který na obrazovce displeje vykresluje animované lidské oko, které se rozhlíží kolem viz Obr. 3.

3.1.4 LattePanda

DFRobot je čínská firma založena v roce 2008. Poskytující řešení v oblasti robotiky ale především open source hardwaru s velmi rychle se rozvíjející komunitou. Jejich snaha je vytvářet uživatelsky přívětivé hardwarové a softwarové produkty pro studenty. V nabídce je nyní přes 1300 komponentů ve více jak 200 zemích po celém světě. K jejich cílům patří zpřístupnění hardwaru mladým, kreativním tvůrcům.

Za posledních 5 let dodala tato společnost studentům, učitelům a výzkumným pracovníkům přes 1 milion open source modulů. Jejich nejznámější jednodeskový počítač nese název LattePanda, Který v sobě na rozdíl od jednoduchých programovacích desek nese navíc plnohodnotný systém Windows.

LattePanda V1.0

LattePanda je kompletní jednodeskový počítač s předinstalovaným systémem Windows. Ve své podstatě se jedná o plnohodnotný počítač, který je kompatibilní s většinou počítačových doplňků jako jsou tiskárny, ovladače, webkamery a podobné.

Co z něj ale dělá velmi účinný nástroj pro vývoj, je druhý procesor, který je kompatibilní s vývojovým prostředím Arduino. To znamená, že na jedné a té samé desce lze zároveň vyvíjet a přímo spouštět vyvíjené aplikace a komunikovat s vnějším světem, což dělá vývoj nejen jednodušší, ale mnohem rychlejší a k vývoji prakticky není třeba žádný další notebook nebo počítač.



Obr. 4: LattePanda V1.0 [12]

LattePanda má v sobě pro běh operačního systému Windows procesor Intel Z8350 s frekvencí až 1.92 GHz, Intel HD Graphics, 4GB operační paměti a 64GB EMMC interní paměti. Tyto parametry umožňují vyvíjet v prostředích jako je Visual Studio, NodeJS, Java, Processing a dalších. Další velkou výhodou jsou již existující knihovny pro jazyky, které toto prostředí podporují, což jsou například jazyky C#, Javascript, Ruby a další.

Co se týká rozhraní, nechybí digitální piny z procesoru Intel, digitální a analogové piny z procesoru Arduino pro komunikaci se senzory, USB 3.0, Wi-Fi, Bluetooth 4.0 a další. Za zmínku stojí 6 konektorů pro senzory typu plug and play, do kterých lze jednoduše připojit například senzory na měření teploty, vlhkosti, infračerveného světla, nebo doteku.

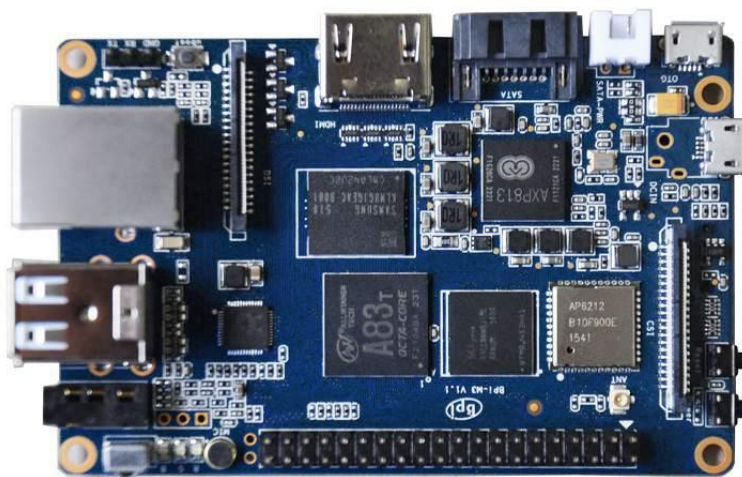
3.1.5 The Banana Pi

Společnost LeMaker Technology působí zejména v oblasti inovace a vzdělávání v průmyslové digitalizaci a automatizaci. Pro podporu tohoto typu inovací ve směru open source vývoje a tvorby prototypů společnost v roce 2013 díky programu na Kickstarteru spustila platformu LeMaker, pod kterou spadají i počítače Banana Pi. Jednodeskové počítače s architekturou podobnou populárním jednodeskovým počítačům Raspberry Pi

a Orange Pi, avšak vyššího výpočtového výkonu a s jinými výhodami. Ideálním zástupcem této společnosti je Banana Pi M3.

Banana Pi M3

Tento jednodeskový počítač na rozdíl od počítače LattePanda nemá zvlášť koprocessor pro běh rozhraní Arduino, ale pouze pro operační systém, kterým je primárně Ubuntu, avšak oficiálně podporované systémy jsou i Debian, ArmBian, Rasbian a dokonce Android 5.



Obr. 5: Banana Pi M3 [13]

Mezi hlavní výhody tohoto jednodeskového počítače patří plná podpora rozhraní SATA2.0 s plnou rychlostí, dále pak 8GB eMMC pro operační systém, což je nejen rychlejší než bootování systému z karty SD, ale také spolehlivější, protože SD karty mají v těchto jednodeskových počítačích poměrně nízkou životnost. Dále lze na desce najít proti běžnějším deskám IR přijímač, což navádí na možnost z desky udělat mediální centrum. Velkou předností je dedikované napájení pro SATA, které by jinak potřebovalo externí zdroj. Nechybí dokonce ani mikrofon a 1Gbps Ethernet.

3.2 Srovnání vybraných vývojových desek

Každá z desek má určité přednosti, které jsou vhodné pro jiné projekty. Záleží také ovšem na ceně, kvůli rozpočtu na projekt. Například se zmiňovanou deskou LattePanda je možné kombinovat grafické prostředí naprogramované v jazyce C# a použít integrované CPU s grafickým čipem pro vykreslování přímo na display, kdežto zase u Arduino desek by bylo potřeba použít externí zařízení, které bude převádět signály z Arduino desky na grafickou prezentaci. V následující tabulce jsou desky rozděleny podle rozhraní, rozměrů, napájení a dalších vlastností, na jejichž základě lze získat představu o vhodnosti použití. Nicméně všechny informace nejsou v tabulce (jako například integrovaný display) a pro výběr desky je potřeba podrobnějšího hledání.

Protože desky s možností instalace plnohodnotného operačního systému a desky, u kterých je možné pouze nahrávat firmware, jsou velmi odlišné v parametrech a u každého typu je kladen důraz na jiné hardwarové vlastnosti, je zde uvedena tabulka parametrů zvlášť pro desky s OS a zvlášť pro desky bez OS.

Tab. 1: Vývojové desky – bez operačního systému [9, 10, 11]

Desky bez operačního systému			
Název	UNO	BORON	HalloWing
Čipset	ATMEGA4809	Cortex-M4F	ATSAMD32G29
Rychlost čipu	16 MHz	64 MHz	48 MHz
Firmware	Arduino	Particle	Arduino CircuitPython
Rozměry [mm]	69 x 53 x 14	23 x 51 x 11	60 x 51 x 11
Flash Memory	48 KB	1 MB	8 MB
SRAM	6144 B	256 kB	32 kB
EEPROM	256 B	4 MB	-
Napájení	7 až 12 V	3.3 až 5 V	3.3 až 5 V
Váha	25 g	10 g	17.5 g
Konektivita	USB, I2C, WiFi	USB, I2C, 2G/3G/LTE, Bluetooth, NFC-A	USB, I2C
Digitální konektory	14	14	14
Analogové konektory	6	6	6
Cena	999 Kč	1120 Kč	800 Kč

Tab. 2: Vývojové desky – s operačním systémem [12, 13]

Desky s operačním systémem		
Název	LattePanda	Banana Pi M3
Procesor	Intel Atom X5-Z8300	Cortex-A7
Počet jader	4	8
Frekvence procesoru	1.44 GHz	1.5 GHz
Koprocesor	ATmega32u4	-
Grafický procesor	Intel HD Graphics	PowerVR SGX544MP1
Grafický výstup	HDMI, MIPI-DSI	HDMI, MIPI-DSI
Operační systém	Windows 10 + Arduino čipset	Android, Ubuntu, Debian, Armbian, Rasbian, Arch Linux, FreeBSD, Lakka TV
Rozměry [mm]	88 x 70 x 17	92 x 60 x 17
RAM	2 GB DDR3L	2 GB DDR3L
Paměť	32 GB eMMC Flash	8 GB eMMC Flash
Rozšiřitelná paměť	Jen přes USB	Micro SD, SATA, USB
Napájení	5 V	5 V
Váha	100 g	45 g
Konektivita	USB 3.0, USB 2.0, WiFi, Bluetooth 4.0, Ethernet	2x USB 2.0, Ethernet, Bluetooth 4.0, WiFi
Vstupně-výstupní porty	Intel Processor – 6x ATmega – 20x	40x
Cena	2750 Kč	2200 Kč

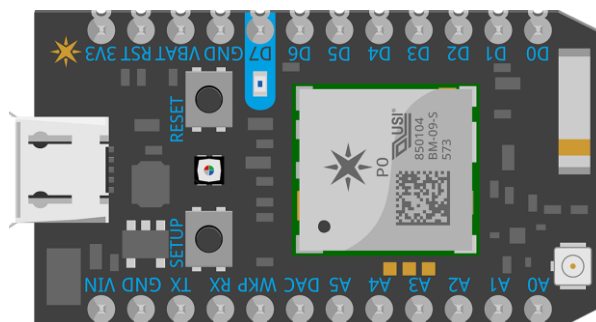
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Následující kapitola se zabývá vlastním řešením konstrukce jednoduché meteostanice na vývojové desce Photon (dříve Core) od výše zmíněné vývojové platformy Particle.io. Řešení se skládá z podrobného popisu vývoje od registrace zařízení na Particle Cloudu a popis jeho prostředí, přes výběr vhodných senzorů, spuštění databází a komunikace mezi nimi a webovým rozhraním.

Pro meteostanici byla poskytnuta starší verze modulu nesoucí jméno Particle Core, která však nedokázala provádět požadované operace správně. Také již nepodporovala novější funkce Particle cloudu a byl velký problém desku vůbec registrovat. Proto byla nahrazena novější deskou jménem Photon, se kterou by neměly už být problémy během registrace a komunikace s weby a databázemi.

4.1 Particle Photon

Particle Photon je malá vývojová deska spadající pod stejnou vývojovou platformu jako Particle Boron. Zásadní rozdíly oproti desce Boron je absence slotu na SIM kartu, který ale v případě desky Photon je nahrazen modulem pro WiFi komunikaci.



Obr. 6: Particle Photon [14]

Další zásadní rozdíly v hardwarových vlastnostech jsou vyobrazeny v další tabulce, kde je vidět, že Photon má na svou velikost velice výkonný čip, který je schopný provádět složitější vyhodnocení a analýzy už při měření před odesláním na server. Avšak této vlastnosti nebude dále využito kvůli šetření energie.

4.1.1 Parametry

Hlavní přednosti, které Photon nabízí je mimo WiFi modulu známá RGB dioda, která velmi výrazně urychlila vývoj a pomohla vyřešit spoustu problémů během vývoje jako je komunikace, časté nahrávání další verze firmwaru. Další velká výhoda spadající pod WiFi modul je, že firmware se nahrává vzdáleně z cloudu. Je zapotřebí ale mít na paměti, že je potřeba připojení k Particle cloudu, aby bylo možné nový firmware zkompileovat a nahrát do zařízení.

Tab. 3: Vlastnosti Particle Photon [14]

Particle Photon	
Jméno	PHOTON
Čipset	ARM Cortex M3
Rychlost čipu	120 MHz
Firmware	Particle
Rozměry [mm]	37 x 21 x 11
Flash Memory	1 MB
SRAM	128 kB
EEPROM	2047 kB
Napájení	3.3 až 5.5 V
Váha	5 g
Konektivita	USB, I2C, WiFi
Digitální konektory	18
Analogové konektory	10
Cena	390 Kč

4.1.2 Spuštění a registrace zařízení

Je doporučeno, aby Photon byl při prvním spuštění zaregistrován. Po registraci získá vývojář přístup do cloudového rozhraní, kde je možné nejen sledovat stav zařízení, ale také komunikovat pomocí funkcí integrovaných v desce Photon.

Registraci lze provést několika způsoby, první, zároveň doporučený postup je registrace zařízení pomocí webového rozhraní Particle, kde jsou všechny potřebné kroky pro úspěšnou registraci. Druhou možností je registrace pomocí mobilního telefonu, kde je postup obdobný a po registraci se spustí výchozí aplikace, pomocí které lze ovládat jednotlivé piny na Photonu.

Poslední možností registrace je doporučeno využít až při potížích s registrací. Jedná se o registraci přes příkazový terminál Particle CLI, který je spustitelný na systémech s Windows po stažení a instalaci ze stránek Particle. Tato možnost není sice doporučena na rozdíl od instalace přes telefon nebo prohlížeč, ale Particle CLI bude dodatečně potřeba instalovat zejména kvůli řešení potíží, protože jedním příkazem je možné přehrát firmware na tovární, nebo z terminálu udělat konzoli Photonu s okamžitou odezvou a automatickým obnovením komunikace.

4.1.3 Cloudové vývojové prostředí

Platforma Particle.io používá k vývoji aplikací pro svá zařízení primárně cloudové vývojové prostředí, což umožňuje vývoj a nahrávání aplikací do zařízení bezdrátově pomocí jednoho kliknutí. Knihovny i s ukázkovými kódy pro vývojové desky jsou dostupné na jednom místě online a k přidání do aktivního projektu stačí jednoho kliknutí.

Protože všechny kódy a projekty jsou online, jsou všechny pohromadě a nemělo by se tak stát, že vývojář ztratí své projekty.

Nevýhodou však je, že pro úspěšnou kompilaci a nahrání firmwaru do zařízení je potřeba mít přístup k Particle cloudu. Nabízí se otázka lokálního vývojového prostředí, kde by vývoj aplikací a kompilace probíhala přímo na zařízení vývojáře. Existuje lokální vývojové prostředí se všemi knihovnami a správou projektů, avšak kompilace stále probíhá online.

```

a-bakalarka-bme280.ino
1  /*
2  Anemometr -> green(signal) D3, hnedy(V+) D7, cerny(V-)
3  BME280 -> D0 -> SDA ; D1 -> SCL
4  */
5  #include "HttpClient.h"
6  #include "Adafruit_BME280.h"
7
8  SYSTEM_MODE(SEMI_AUTOMATIC);
9  STARTUP(WiFi.selectAntenna(ANT_EXTERNAL));
10
11  HttpClient http;
12  //TCPClient client;
13
14  //Headery pro HTTP Post request
15  http_header_t headers[] = {
16    { "Content-Type", "application/json" },
17    { "Accept", "application/json" },
18    { "Accept", "*/*" },
19    { NULL, NULL }
20  };
21  http_request_t request;
22  http_response_t response;
23
24  //Knihovny pro BME
25  ...
26
Ready. vutspark v0.7.0

```

Obr. 7: Vývojové prostředí Particle.io

Využito je tedy cloudové rozhraní Particle IDE, které je zobrazeno na obrázku výše. Možnou nevýhodou pro vývojáře je postrádání konfigurace barev, fontů a velikosti písma.

4.2 Volba senzorů pro měření

Od senzoru se očekává v rámci možností co nejvyšší přesnost a rozumná spotřeba, protože meteostanice bude napájena bateriemi. Proto nepřípadá v úvahu například senzor MQ-9 pro měření oxidu uhelnatého, který je nutno zahřívat na pracovní teplotu cca 40 °C, což trvá 5-10 minut. Místo toho se bude vybírat senzor podle počtu charakteristik, které je schopen měřit, rychlosti měření a spotřeby.

4.2.1 Teplota, tlak a vlhkost

Pro přehled možných senzorů slouží následující tabulka, ze které bude podle vhodnosti pro toto konkrétní řešení zvolen nejvhodnější senzor. V úvahu připadá senzor teploty

DS18B20, kombinovaný senzor teploty a vlhkosti DHT11 a DHT22, nebo kombinovaný senzor teploty, vlhkosti i tlaku v jednom BMP280 a BME280. Základní vlastnosti lze porovnat v nadcházející tabulce:

Tab. 4: Přehled parametrů vybraných senzorů [15]

Přehled parametrů vybraných senzorů					
Označení	DS18B20	DHT11	DHT22	BMP280	BME280
Výrobce	Maxim	Eclipse	Eclipse	Bosch	Bosch
Napájení	3–5.5 V	3–5.5 V	3.3–6 V	1.8–3.6 V	1.8–5 V
Spotřeba	1.5 mA	2.5 mA	2.5 mA	2.7 μ A	3.6 μ A
Rychlost	0.7 s	5 s	2 s	1 s	1 s
Teplota	-10 až 85 °C	0 až 50 °C	-40 až 80 °C	-40 až 85 °C	-40 až 85 °C
Přesnost	± 0.5 °C	± 2 °C	± 0.5 °C	± 1 °C	± 1 °C
Vlhkost	-	20 až 90 %	0 až 100 %	-	0 až 100 %
Přesnost	-	± 5 %	± 5 %	-	± 3 %
Tlak	-	-	-	3 až 110 kPa	3 až 110 kPa
Přesnost	-	-	-	± 100 Pa	± 100 Pa
Cena	136 Kč	64 Kč	194 Kč	77 Kč	315 Kč

Na základě tabulky je zvolen senzor BME280 od firmy Bosch, protože má velmi slušnou dobu odezvy, spolu s BMP280 má řádově nižší spotřebu, ale má navíc i měření vlhkosti. Je z porovnávaných senzorů nejdražší, nicméně druhou, levnější volbou pro tuto aplikaci by byl BMP280 díky spotřebě, ale sehnat do meteostanice zvlášť pouze vlhkoměr by nebylo vhodné, jelikož samotný senzor vlhkosti není příliš k dostání a kombinovat dva různé teplotní senzory je složité.



Obr. 8: Zvolený senzor – BME280 [15]

BME280 již má uplatnění v mnoha odvětvích, jako například v automatizaci, v navigování, nebo například v chytrých hodinkách díky rozměrům a nízké spotřebě. Pro aplikaci v jednoduché vzdálené meteostanici proto bude nejvhodnějším kandidátem a díky jednoduché digitální komunikaci I2C nebude problém spolehlivě měřit požadované veličiny nezávisle na velikosti vstupního napětí, jak je tomu u analogových senzorů.

4.2.2 Rychlost větru

Z rešeršní části práce je zřejmé, že k tomu, aby bylo možné rychlost větru měřit, je určen anemometr. Na českém trhu je velmi málo anemometrů nabízených samostatně. Co je ale k dostání, je nespočet hotových meteorologických stanic obsahujících anemometr, avšak kupovat celou meteostanici a demontovat anemometr pro vlastní meteostanici je neekonomické, navíc bez přiložených specifičních listů by nebyla zajištěna správná funkčnost.

Další možnost je koupit anemometr jako náhradní díl už k existující meteostanici, nicméně nastává podobný problém, protože se kupuje díl už k určitému modelu meteostanice, výrobce tedy neposkytuje žádné další informace o tom, jak anemometr funguje, tedy jestli je napájen, jestli funguje jako generátor nebo ne a neznáme ani žádné rovnice, které by nám převedly holá data z anemometru na rychlost větru. Proto ani tato možnost není vhodná.

Jako vhodná možnost se ze začátku zdál anemometr ze zahraničí od výrobce Bejing XNQ, který se na základě referencí u velmi široké škály měřících produktů jevil jako vhodný. V potaz byly brány vlastnosti vývojové desky Photon, konkrétně tedy, že na analogovém vstupní portu může být maximální napětí 3.3 V, ze kterého by se dále vhodným přepočtem dala získat požadovaná rychlost. K dispozici od výrobce byla jen nedostačující tabulka druhů anemometrů obsahující buďto jen rozsah v miliampérech nebo jen rozsah ve voltech. Nicméně na základě hodnocení byla zvolena varianta 0-5 V s rozsahem měření do 60 m/s v ceně 1150,- Kč. Přiložena byla i dokumentace pro přepočet napětí na metry za sekundu, proto byl anemometr objednán. Bylo předpokládáno, že anemometr funguje jako generátor. Proto vhodnou volbou rezistorů, popřípadě omezením napětí a následnou kalibrací bude docíleno požadované přesnosti. S anemometrem došel i návod k zapojení v čínském jazyce. Po přeložení bylo zjištěno, že je potřeba anemometr napájet napětím o velikosti 10-30 V pro správnou funkčnost, což pro meteostanici napájenou bateriemi nebylo možné použít.

Jako vyhovující byl vybrán pulzní anemometr, který není potřeba napájet, ale funguje na principu uzavírání a otevírání obvodu jako spínač v ceně 1300,- Kč. Doložena byla i data potřebná pro komunikaci a potřebné přepočty, proto byl tento anemometr objednán.



Obr. 9: Zvolený anemometr – Bejing XNQ [16]

K dodanému anemometru byl přibalen opět manuál v čínském jazyce, ze kterého bylo následně přeloženo několik základních důležitých informací pro tento projekt.

Tab. 5: Specifikace vybraného anemometru [16]

Anemometr	
Parametr	Hodnota
Rozsah měření	0 až 60 m/s
Pracovní teplota	-25 až 60 °C
Napětí	3 až 30 V
Spotřeba	0 až 25 mA
Konstanta	0.88

Výrobce také udává, že pro reálnou rychlost v metrech za sekundu se mezi sebou vynásobí počet otáček za sekundu a konstanta. Ovšem po měření a grafickém vyobrazení bylo zjištěno, že za jednu otáčku anemometr vytvoří 8 impulzů, což je výhoda kvůli přesnějšímu měření, ale také to znamená, že rovnice bude ještě upravena na následující tvar:

$$v = \frac{\text{počet impulzů za sekundu}}{8} \cdot 0.88 \quad (1)$$

Tato rovnice bude využita pro přepočty v modulu Photon.

4.3 Napájení bezdrátové meteostanice

Protože meteostanice nebude mít k dispozici žádnou drátovou konektivitu, bude muset disponovat systémem baterie, solárního panelu a vhodného dobíjecího obvodu dané baterie. Je potřeba brát na vědomí, že rozsah pracovní teploty je poměrně vysoký a také je nutno zajistit vhodné dobíjení a ochranu proti úplnému vybití baterie a zamezit tak jejímu poškození.

4.3.1 Baterie

Pro meteostanici byl doporučen typ baterie Li-ion, konkrétně typ 18650. K dispozici jsou z vlastních baterií značky, které uvedené v následující tabulce. Obecně při výběru baterie je potřeba si dávat pozor na padělané baterie, které v popisu mají uveden ochranný obvod, ale ve skutečnosti chybí, nebo kapacitu, které nakonec nedosahují. V tabulce jsou uvedeny skutečné naměřené kapacity a skutečná existence ochranného obvodu.

Tab. 6: Přehled parametrů vybraných baterií

Přehled parametrů vybraných baterií			
Značka	DoublePow	TrussFire	LiitoKala
Model	ICR 18650	IMR 18650 40 A	NCR18650B
Ochranný obvod	NE	NE	ANO
Kapacita	1200 mAh	2500 mAh	1500 mAh
Váha	37 g	46 g	48 g
Cena	32 Kč	125 Kč	100 Kč

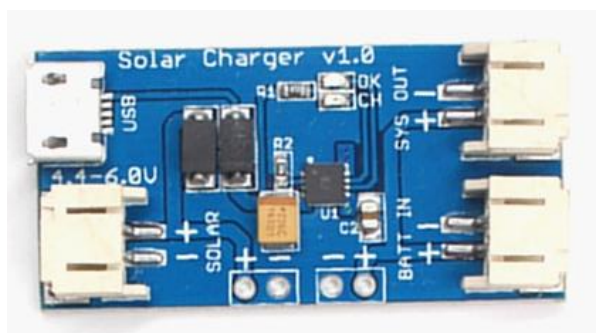
Na základě informací z tabulky bylo vybíráno mezi značkou TrussFire díky její vysoké kapacitě a LiitoKala díky existenci ochranného obvodu, který baterii chrání před úplným vybitím, nebo naopak proti poškození při nabíjení vyšším než dovoleným napětím. Protože ale baterie TrussFire jsou vyrobené pro vysoké vybíjecí proudy a svým použitím spadají spíše do oblasti ručního nářadí, tak zvolené baterie budou dva články LiitoKala zapojené paralelně pro získání vyšší kapacity.

4.3.2 Dobíjení

Od bezdrátové meteostanice se očekává, že nebude vyžadovat častou údržbu, proto pro dobíjení baterie bude vybrán vhodný dobíjecí obvod s ohledem na nominální napětí baterie 3.7 V a maximální dobíjecí proud 2 A. Solární panel bude vybrán na základě vstupních parametrů dobíjecího obvodu.

Dobíjecí obvod

Dobíjecí obvod zajišťuje, aby energie ze solárního panelu byla vhodně předána do baterie. V případě dobíjení baterie odpojí solární panel a v případě nízkého napětí baterie odpojí baterii od meteostanice a zabrání tak jejímu poškození. Pro tento úkon byl vybrán dobíjecí obvod CN3065 s maximálním dobíjecím proudem 500 mA.



Obr. 10: Dobíjecí obvod CN3065 [17]

Tento dobíjecí obvod má vestavěné konektory pro solární panel, baterii a výstup do meteostanice. Navíc lze obvod díky USB konektoru dobíjet i jinými externími zdroji. K dobíjení baterie vyžaduje na vstupu pro solární panel napětí do 6 V.

Solární panel

Volba solárního panelu vychází ze vstupního napětí dobíjecího obvodu, tedy solární panel s napětím 6 V. Solárních panelů s tímto napětím je široká rozměrová řada. S velikostí solárního panelu roste i maximální proud, který je solární panel schopen poskytnout. Protože vybraný dobíjecí obvod má maximální dobíjecí proud 500 mA, zvolený solární panel bude mít maximální výstupní proud stejný, spíše vyšší.

Na základě požadavků byl zvolen solární panel o rozměrech 165 x 165 mm, který za ideálních podmínek podle výrobce dosahuje proudu až 750 mA.



Obr. 11: Solární panel [18]

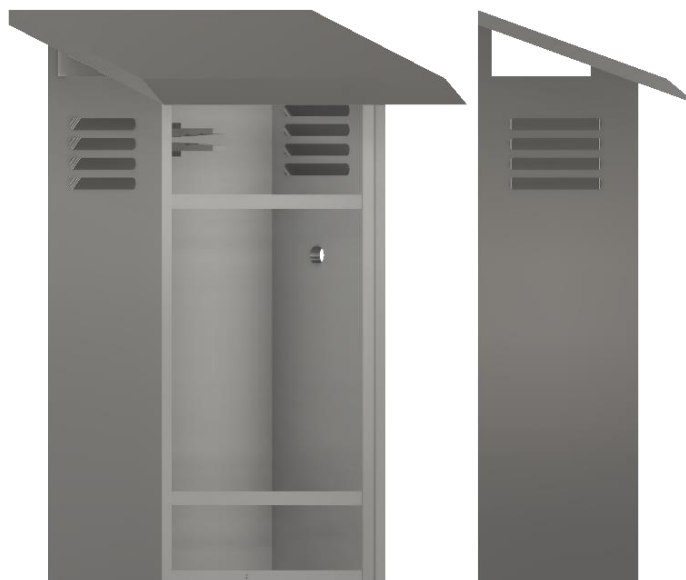
Mezi ideální podmínky, pro které platí proud 750 mA, patří bezvětrí, žádné srážky, žádná oblačnost a intenzita slunečního záření 1000 W/m^2 . V České republice tyto podmínky nenastanou ale příliš často a solární panel nebude orientován po dobu celého dne kolmo ke Slunci. Proto byl zvolen solární panel s proudem větším o 250 mA. Tím bude zajištěna delší doba nabíjení.

4.4 Skříň meteostanice

Hlavní úkol skříně meteostanice je zabránění přímého styku elektronických součástek s vodou. Mimo to by měla skříň, přesněji barva skříně, co nejméně ovlivňovat měření a měla by odolávat venkovním podmínkám v zimě i v létě, měla by mít kompaktní rozměry a dobrou přístupnost k součástem pro případné opravy.

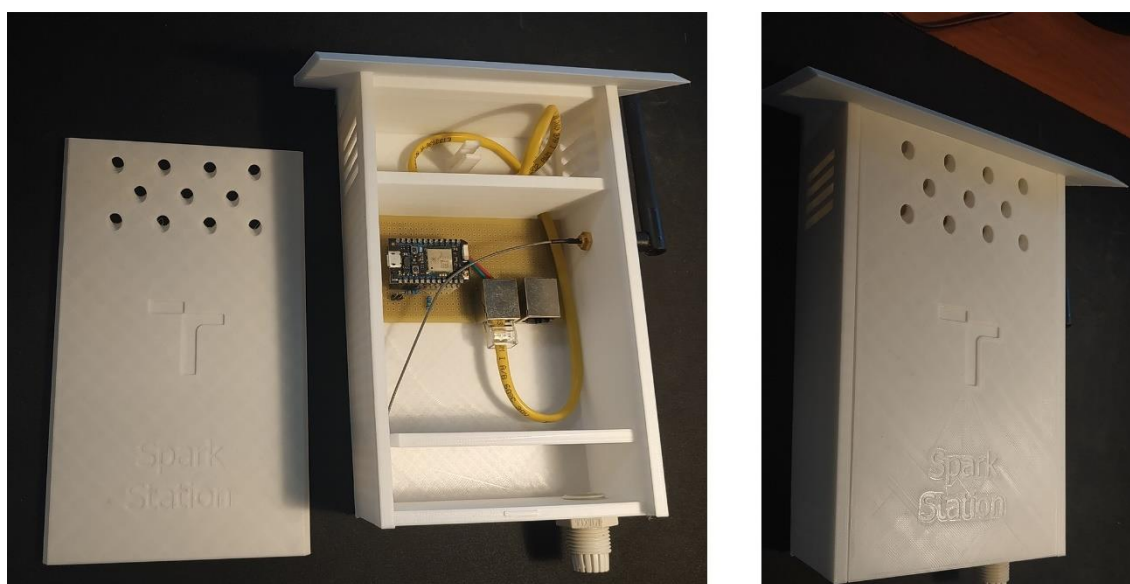
Materiál skříně by měl mít tedy světlou, nejlépe bílou barvu. Měl by odolávat teplotám zhruba do 40°C a slunečnímu záření. Pro tyto podmínky by bylo vhodné použít dřevo s povrchovou úpravou a následnou impregnací nebo plast, který nedegraduje vlivem slunečního záření a povětrnostních podmínek. Protože je k dispozici možnost 3D tisku, zvolený materiál je ABS, který se začíná deformovat až při teplotách vyšších než 90°C a na rozdíl od PLA se nedeformuje vlivem venkovních podmínek a v porovnání se dřevem je velmi lehký.

Skříň pro meteostanici má 3 úseky dělené přepážkou. Úsek pro baterie bude naspodu meteostanice, elektronické součásti uprostřed a samotné čidlo s ventilačními otvory na stranách meteostanice bude nahoře a odděleno nakloněnou stříškou. Oddělená stříška zajistí, aby sluneční paprsky nedopadaly přímo na stěnu nad senzorem, což by mohlo ovlivnit měření.



Obr. 12: Návrh skříně meteostanice

Skříň byla navrhnutá tak, aby nemusely být při tisku použity podpory. Tisk skříně s celkovými rozměry 203 x 152 x 78 mm proběhl na 3D tiskárně Creality Ender 3. Doba tisku byla 17 hodin (bez víka) při výšce vrstvy 0.2 mm.

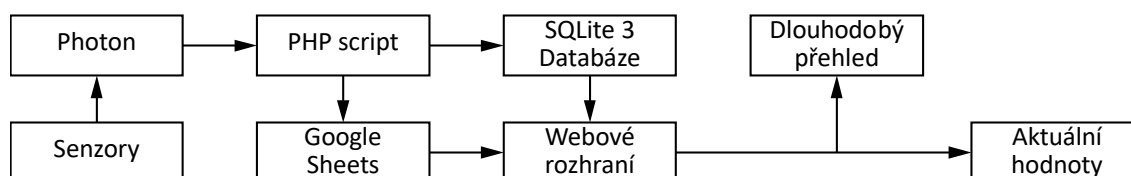


Obr. 13: Skříň meteostanice

4.5 Programová část meteostanice

Komunikace mezi senzorem BME280 a Photonem bude zprostředkována pomocí I2C rozhraní, kde k přenosu informací o teplotě, tlaku a vlhkosti stačí jeden vodič. Komunikace mezi anemometrem a Photonem bude probíhat pomocí jednoho digitálního pinu, který bude počítat impulzy za určitý časový úsek dle rovnice (1). Photon po každém odeslání informací bude převeden do režimu „deep sleep“ na dobu kolem 5 minut, kdy jeho spotřeba několik μA . Aby spotřeba byla opravdu nízká, je potřeba vypínat i senzory připojené k Photonu. Proto budou senzory napájeny přes digitální pin Photonu, který po ukončení měření bude vypnut.

Ze zadání je požadován zápis do tabulek Google Sheets. Tento zápis bude prováděn pomocí PHP skriptu spuštěném na webserveru. Jako sekundární databáze bude využita databáze SQLite3, ve které budou ukládána data stejným skriptem PHP pro rychlý přehled ve webovém grafickém rozhraní. V tabulkách Google Sheets budou data uložena zvlášť a graficky znázorněna přímo na listu.



Obr. 14: Schéma komunikace

4.5.1 Tabulky Google Sheets

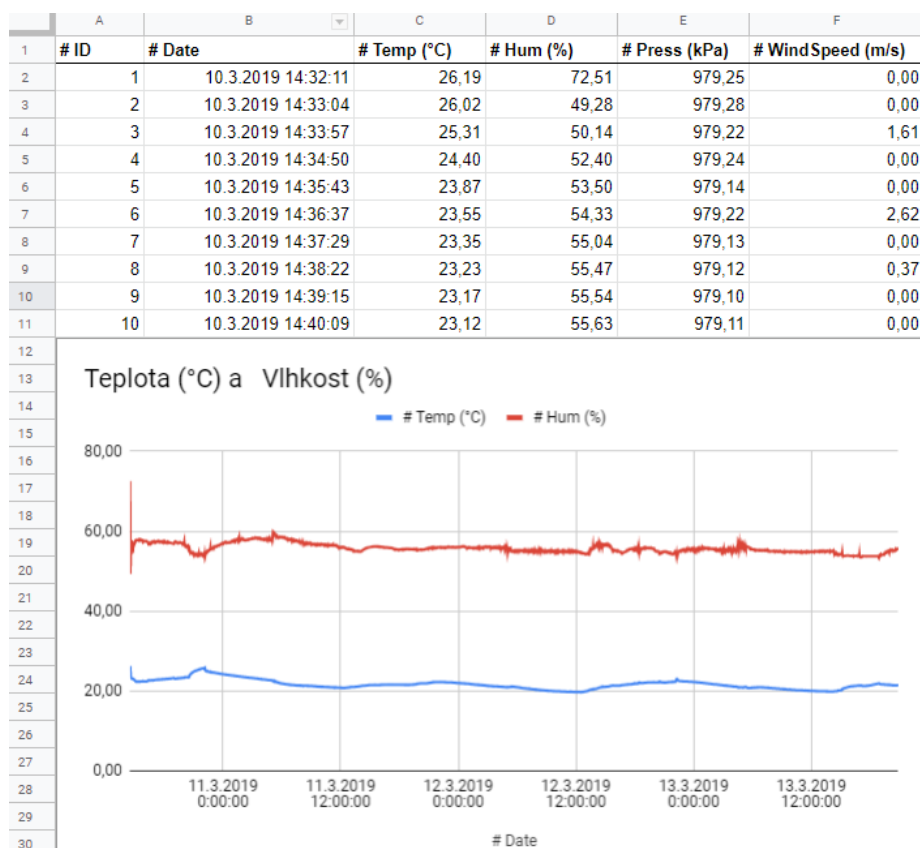
V Photonu jsou data získávána a uchovávána v datových typech „float“ které používají pro oddělení desetinné části tečku. Pro práci s tabulkovými editory jako je Excel nebo Google Sheets je charakteristická práce s hodnotami, které používají desetinnou čárku. PHP skript tedy před posláním do tabulek data ještě upraví na vhodný formát a pomocí zápisu JSON pošle data nejdříve do skriptu na Google Cloudu, který v sobě nese všechna práva potřebná pro zápis do Google Sheets.

```

1 {
2   "temp": "20,73",
3   "hum": "64,96",
4   "press": "1037,25",
5   "windspeed": "0,0",
6   "power": "63,7"
7 }
  
```

Obr. 15: Struktura JSON

Zpracování těchto dat probíhá v náhledu listu živě. Samotný list je přístupný uživatelům s patřičnými právy, kteří mohou dále data čerpat a analyzovat vlastním softwarem.



Obr. 16: Google Sheets

4.5.2 Databáze SQLite3

SQLite3 databáze je jednoduchá knihovna, která nepotřebuje pro svůj chod speciální server a každá databáze tvoří jeden soubor, do kterého se data ukládají. Nevyžaduje žádnou konfiguraci a lze provozovat na mnoha platformách. To znamená, že vytvořená databáze může být stažena a použita na jiném operačním systému nebo klidně i mobilním telefonu. V případě webserveru pro meteostanici s verzí PHP 5.3.0 je tato databáze předinstalovaná.

Stejný PHP script, který posílá data do tabulek Google, zapisuje obdržená data z modulu Photon do databáze na stejném webserveru, jako je script. Při prvním spuštění skriptu je nutno databázi vytvořit, buďto manuálně, nebo tak, jak je uvedeno v následující ukázce práce s SQLite Databází.

Tab. 7: Ukázka práce s SQLite3 databází

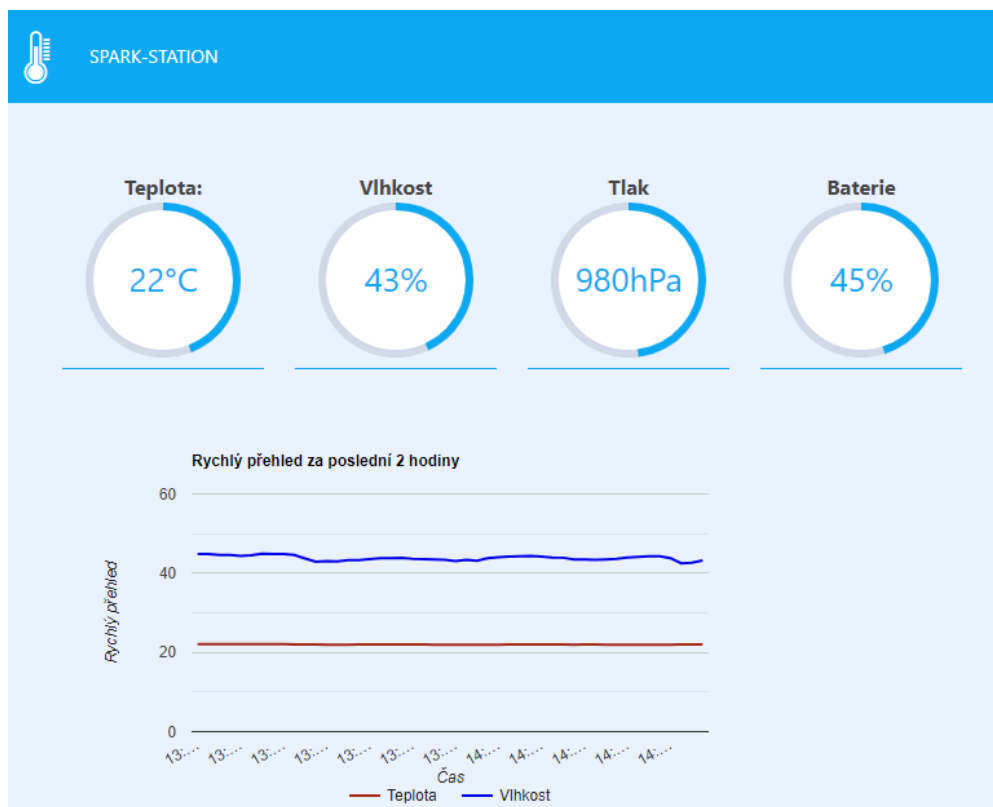
```
$db->exec("CREATE TABLE IF NOT EXISTS data(  
    id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,  
    time TEXT,  
    temp INTEGER,  
    hum INTEGER,  
    press INTEGER,  
    ws INTEGER,  
    power INTEGER  
)");
```

Z vytvořené databáze lze obdobným příkazem získávat libovolná data, která dle požadavků lze seřadit, nebo z nich třeba vypsát jen určitý časový interval. Těchto možností je využito u tvorby grafu pro webové rozhraní.

4.5.3 Webové rozhraní

Webové rozhraní meteostanice slouží pro okamžitý přístup k určité části dat a je přístupné pomocí adresy URL komukoliv. Drobnou úpravou kódu lze přístup omezit třeba jen členům rodiny.

Od webového rozhraní se požaduje rychlý, jednoduchý přehled naměřených hodnot meteostanice, který bude dostupný uživatelům na PC i v telefonu pomocí webového prohlížeče. Pro zachování vzhledu na obrazovkách s různým rozlišením bude použita volně dostupná knihovna Metro UI, která nabízí grafické komponenty pro weby a je naprogramována v jazycích HTML, CSS a Javascript. Použity z této knihovny budou grafy, které budou sloužit k zobrazení aktuálních informací.



Obr. 17: Webové rozhraní

Webové rozhraní se skládá z části, kde jsou zobrazeny okamžité hodnoty a části, kde je zobrazen průběh teploty a vlhkosti za poslední 2 hodiny. Webové rozhraní je obnovováno pomocí scriptu Ajax, který umožňuje obnovovat a přepisovat hodnoty na zobrazené stránce bez nutnosti manuálně obnovovat stránku. K vyobrazení průběžného dvouhodinového grafu je použito volně dostupné rozhraní pro vykreslování grafů Google Charts.

4.6 Sestavení

Sestavení a zapojení všech komponentů do skříně meteostanice probíhalo podle předem připraveného postupu, kde všechny potřebné otvory meteostanice byly předtisknuty. Nebylo tudíž potřeba žádných dalších operací.



Obr. 18: Sestavená meteostanice

Po uzavření meteostanice získala finální vzhled. Solární panel může být umístěn přímo na stříšce meteostanice, nebo na jiném místě s větší intenzitou světla. Z anemometru je připravený dostatečně dlouhý kabel, aby anemometr mohl být uchycen výše, než je zbytek meteostanice. K uchycení anemometru jsou připraveny čtyři díry na spodní části. Meteostanice je tímto připravená k použití.

5 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo seznámení se s modulem od firmy Particle a na jeho základě vytvořit jednoduchou meteostanici se vzdáleným ukládáním dat.

Meteostanice byla vytvořena dle zadání. K meteostanici bylo navíc vytvořeno jednoduché webové rozhraní pro rychlý náhled pomocí webového prohlížeče a je možné ji jednoduše rozšířit o nové senzory. K ukládání naměřených dat je využita navíc SQLite3 databáze, která umožňuje do budoucna propojení s dalšími aplikacemi. Dále byla rozšířena o solární panel, díky kterému může být využívána na místě, kde není možnost dobíjení ze sítě. Měření a odesílání dat probíhá v uživatelem stanovených intervalech, zbytek času je v režimu s nízkou spotřebou. Pro přehled stavu baterie byl vytvořen jednoduchý obvod připojený k meteostanici, který umožňuje odesílání hodnoty napětí baterie spolu se zbytkem údajů. Ve webovém rozhraní, které se automaticky obnovuje se zobrazují aktuální naměřené hodnoty a grafický průběh hodnot za stanovený časový úsek. Všechny naměřené hodnoty jsou ukládány v tabulkách Google Sheets a uživatel má možnost přímo v listu data analyzovat, nebo sdílet. Veškeré zdrojové kódy jsou volně dostupné a byly zveřejněny pod názvem SparkStation na webové službě GitHub, což znamená, že každý uživatel si může kód stáhnout a upravit dle svých požadavků.

Meteostanice byla testována několik jarních týdnů, během kterých se stav baterie pohyboval stále nad 90 % a měřené hodnoty byly porovnatelné s hodnotami naměřenými meteostanicemi v okolí. Meteostanice byla také testována bez solárního panelu, kde pouze na baterie byla schopná posílat údaje každých 5 minut ještě 20 dní. Meteostanice je tedy plně funkční, rozšiřitelná a přesná.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Co je to meteorologie. *Meteorologická stanice Maruška* [online]. ©2006-2007 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z <http://maruska.ordoz.com/meteorologie/meteorologie>.
- [2] Přízemní měření. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. ©2010-2011 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/oa/prizemni_mereni.html
- [3] ŽÁK, Michal. Proč je důležité sledovat přízemní teplotu vzduchu. In: *in-počasí.cz* [online]. 2015 [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/prizemni-teplota-vzduchu-14.7.2015/>
- [4] POKLADNÍKOVÁ, H a J.ROŽNOVSKÝ. Výskyt extrémních teplot půdy na stanici Vizovice. *International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia*, 2011. s. 1 [cit. 2019-05-13]. ISBN 978-80-228-17-60-8. Dostupné z: http://www.cbks.cz/SbornikPolana07/pdf/Pokladnikova_Roznovsky.pdf
- [5] SMOLKA, Václav. Měření a zaznamenávání tlaku vzduchu. In: *in-počasí.cz* [online]. 2015 [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/tlak-vzduchu-4.8.2015/>
- [6] Aerologická měření. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. ©2010-2011 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/oa/sondaz_info.html
- [7] Meteorologie. *Garni Technology* [online]. ©2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z <https://www.garni-meteo.cz/cz/meteorologie/>
- [8] Vítr. *In-počasí.cz* [online]. ©2017 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z <https://www.in-pocasi.cz/aktualni-pocasi/vitr/>
- [9] Arduino: Arduino store. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://store.arduino.cc/arduino-uno-wifi-rev2/>
- [10] Particle Docs: Particle Boron datasheet. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://docs.particle.io/datasheets/cellular/boron-datasheet/>
- [11] Adafruit product list: Adafruit HalloWing M0 Express. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://www.adafruit.com/product/3900>
- [12] DFROBOT product list: LattePanda V1.0. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://www.dfrobot.com/product-1405.html>
- [13] Banana Pi product list: BPI-M3. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <http://www.banana-pi.org/m3.html>
- [14] Particle Docs: Particle Photon datasheet. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://docs.particle.io/datasheets/wi-fi/photon-datasheet/>
- [15] Arduino-shop.cz katalog produktů: BME280 Modul. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://arduino-shop.cz/arduino/1361-bme280-modul-mereni-teploty-vlhkosti-a-barometrickeho-tlaku-precizni.html>
- [16] Beijing XNQ sensor store product list: Wind speed sensor transmitter. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://www.aliexpress.com/item/Wind-speed-sensor-transmitter-speed-three-cup-anemometer-pulse-RS485-modbus-0-10V-0-5V-4/32878891689.html>
- [17] Consonance-elec product list: CN3065 Lithium Ion Battery Charger. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <http://www.consonance-elec.com/seriesCN3065-E.html>
- [18] ANGUI Store product list: Solar Cells [cit. 2019-05-22]. Dostupné z <https://www.aliexpress.com/item/6V-Solar-Panel-with-30-100-200cm-wire-Mini-Solar-System-DIY-For-Battery-Cell-Phone/32878001955.html>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Arduino UNO WIFI rev2 [9]	22
Obr. 2: Particle Boron [10]	23
Obr. 3: Adafruit HalloWing [11]	24
Obr. 4: LattePanda V1.0 [12]	25
Obr. 5: Banana Pi M3 [13]	26
Obr. 6: Particle Photon [14]	29
Obr. 7: Vývojové prostředí Particle.io	31
Obr. 8: BME280 [15]	32
Obr. 9: Beijing XNQ [16]	33
Obr. 10: Dobíjecí obvod CN3065 [17]	35
Obr. 11: Solární panel [18]	36
Obr. 12: Návrh skříně meteostanice	37
Obr. 13: Skříň meteostanice	37
Obr. 14: Schéma komunikace	38
Obr. 15: Struktura JSON	38
Obr. 16: Google Sheets	39
Obr. 17: Webové rozhraní	41
Obr. 18: Sestavená meteostanice	42

8 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Vývojové desky – bez operačního systému [9, 10, 11]	27
Tab. 2: Vývojové desky – s operačním systémem [12, 13]	28
Tab. 3: Vlastnosti Particle Photon [14]	30
Tab. 4: Přehled parametrů vybraných senzorů [15]	32
Tab. 5: Specifikace vybraného anemometru [16]	34
Tab. 6: Přehled parametrů vybraných baterií	35
Tab. 7: Ukázka práce s SQLite3 databází	40
Tab. 8: Seznam součástí.....	49

9 SEZNAM PŘÍLOH

A	Seznam součástí	49
B	Obsah CD.....	50

A SEZNAM SOUČÁSTÍ

Tab. 8: Seznam součástí

Seznam součástí	
Název	Odkaz
Particle Photon	https://rlx.sk/sk/wifi/4809-photon-with-headers-particle-photonh.html
Externí WiFi anténa	https://www.aliexpress.com/item/D1-mini-Pro-16M-bytes-external-antenna-connector-ESP8266-WIFI/32812447045.html
Napájecí konektory	https://www.aliexpress.com/item/620pcs-Dupont-Connector-2-54mm-Dupont-Cable-Jumper-Wire-Pin-Header-Housing-Kit-Male-Crimp-Pins/32839071531.html
Plošný spoj univerzální	http://www.pselectronic.cz/k5107-040-dps-47x72-pc04-plosny-spoj-univerzalni.html
Senzor teploty, tlaku a vlhkosti	https://arduino-shop.cz/arduino/1361-bme280-modul-mereni-teploty-vlhkosti-a-barometrickeho-tlaku-precizni.html
Anemometr	https://www.aliexpress.com/item/Wind-speed-sensor-transmitter-speed-three-cup-anemometer-pulse-RS485-modbus-0-10V-0-5V-4/32878891689.html
Baterie	https://www.aliexpress.com/item/2PCS-lot-New-Protected-Original-Rechargeable-battery-18650-NCR18650B-3400mah-with-PCB-3-7V-For-panasonic/32360453063.html
Držák baterií	https://www.aliexpress.com/item/New-DIY-18650-Battery-Box-Black-Plastic-Batteries-Holder-Storage-Case-For-1x-2x-3x-4x/32821725795.html
Dobíjecí obvod	https://www.aliexpress.com/item/Mini-Solar-Lipo-Charger-Board-CN3065-Lithium-Battery-Charge-Chip-DIY-Outdoor-Charging-Board-Module-with/32905496351.html
Solární panel	https://www.aliexpress.com/item/6V-Solar-Panel-with-30-100-200cm-wire-Mini-Solar-System-DIY-For-Battery-Cell-Phone/32878001955.html
ABS Filament	https://www.alza.cz/gembird-filament-abs-bila-d4481164.htm

B OBSAH CD

- Elektronická verze bakalářské práce – `navratil_bp.pdf`
- Zdrojový kód desky Photon – ve složce Photon
- Zdrojové kódy webového rozhraní – ve složce Web
- Zdrojový kód Google Sheets – ve složce Google
- Modely meteostanice – ve složce Modely