



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

IoT zavlažování pokojové rostliny

IoT House Plant Irrigation System

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Jiroušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Šoustek

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky
Student: **Lukáš Jiroušek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Šoustek**
Akademický rok: 2020/21

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:

IoT zavlažování pokojové rostliny

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro zajištění zdravého růstu rostliny je jednou z podmínek zajištění její dostatečné závlahy. Proto se bude bakalářská práce zabývat návrhem závlahy pokojové rostliny na platformě Arduino.

Cíle bakalářské práce:

Provedte rešerši možností zavlažovacích systémů pokojových rostlin.

Seznámení se s vývojem pro platformu Arduino.

Návrh a vytvoření zavlažovacího zařízení pomocí Arduino kompatibilních modulů.

Seznam doporučené literatury:

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

LIGHT, Roger A. Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol. Journal of Open Source Software, 2017, 2.13: 265.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

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 zpracovat rešerši o systémech zavlažování pokojových rostlin, dále navrhnout a zrealizovat zavlažovací systém pro pokojové rostliny se snímáním dodatečných parametrů, které ovlivňují pěstování, pomocí platformy Arduino. Získaná data bude možno prohlížet pomocí grafického uživatelského prostředí. Pro toto prostředí bylo zvoleno rozhraní ThingSpeak. Pro upozornění na nutnou údržbu, jako je například nedostatek vody či nízká úroveň baterie, bylo zvoleno odeslání upozornění na email. To vše sám vyhodnocuje a zpracovává ThingSpeak. Systém byl navržen tak, aby ho bylo možné lehce přizpůsobit různým rozměrům květináčů.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to process a search of houseplant irrigation systems, to design and implement a houseplant irrigation system with sensing of additional parameters affecting cultivation using the Arduino platform. The scanned data can also be viewed using a graphical user interface. The ThingSpeak interface was chosen for this environment. To be notified of the necessary maintenance (lack of water, battery), an e-mail notification was selected, which is evaluated and processed by ThingSpeak itself. The system has been designed to be easily adapted to different pot sizes.

KLÍČOVÁ SLOVA

Arduino, IoT, zavlažování pokojové rostliny, Esp8266, ThingSpeak

KEYWORDS

Arduino, IoT, House Plant Irrigation System, Esp8266, ThingSpeak



2021

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JIROUŠEK, Lukáš. *IoT zavlažování pokojové rostliny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky, 2021, 43 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Peter Šoustek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Šoustkovi nejen za jeho metodickou a odbornou pomoc, ale také za rady při zpracování této práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

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

V Brně dne 22. 5. 2021

.....

Lukáš Jiroušek

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	ZAVLAŽOVACÍ SYSTÉMY	17
3	PLATFORMA ARDUINO	18
3.1	Arduino IDE	18
4	IoT	19
5	EXISTUJÍCÍ ŘEŠENÍ	20
5.1	Chytré samozavlažovací systémy	20
5.2	Samozavlažování na principu vztlínivosti	21
5.3	Senzory pokojových rostlin	22
5.4	Open source řešení	23
6	VÝBĚR KOMPONENT	25
6.1	Měření půdní vlhkosti	25
6.2	Měření hladiny tekutiny	26
6.3	Čerpadla	27
6.4	Baterie a napájení	29
6.5	Vývojová deska (Arduino)	30
6.6	ADC Převodník	32
6.7	Snímání teploty vlhkosti okolí	32
6.8	Snímání půdní teploty	33
7	VOLBA KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ	34
7.1	Koncepční návrh č. 1	34
7.2	Koncepční návrh č. 2	35
7.3	Koncepční návrh č. 3	36
7.4	Výběr konstrukčního řešení	36
8	PŘÍPRAVA ELEKTRONIKY A PROGRAMŮ	37
8.1	Program mikrokontroleru	37
8.2	Zkušební zapojení (nepájivé pole).....	37
8.3	Kalibrace půdního vlhkoměru	38
8.4	Kalibrace čerpadla	38
8.5	Optimalizování pro úsporu energie	38
8.6	Uživatelské rozhraní	38
8.7	Applikace ThingSpeak do mobilu	41
9	VÝROBA	42
9.1	Tvorba modelů.....	42
9.2	Volba materiálu pro 3D tisk	42
9.3	Slicování	42
10	MONTÁŽ	44
10.1	Zapojení elektrotechniky	44
10.2	Kompletace 3D tisku a elektroniky	45
10.3	Test správného chodu	45
11	EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	49
12	ZÁVĚR	51

13	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
14	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	57
15	SEZNAM TABULEK	58
16	SEZNAM PŘÍLOH	59

1 ÚVOD

Pěstování pokojových rostlin je velice oblíbená a hojně vykonávaná činnost, která ale skýtá mnohá úskalí. Některé rostliny potřebují velmi specifické podmínky, jako jsou např. konstantní teplota půdy, půdní vlhkost, okolní teplota apod. Zajišťování těchto potřeb se rychle stává rutinní záležitostí a často se stává, že člověk zapomene. To následně může způsobit rychlý úhyn rostliny.

Tato práce se zabývá návrhem a následnou realizací systému zavlažování propojeného se snímáním podmínek pokojové rostliny na platformě Arduino. Řešení je zvoleno tak, aby ho bylo možné aplikovat na široké množství květináčů a bylo snadno škálovatelné.

Zvolené moduly a řídicí jednotka jsou navzájem kompatibilní, založené na platformě Arduino a zároveň vybrány se snahou udržet co možná nejmenší celkové náklady.

Data naměřená ze senzorů dále budou odesílat informace přes internet do uživatelského prostředí, konkrétně pomocí platformy ThingSpeak. Při vyhodnocení nedostatku vody v reservoáru či nízké kapacitě baterie se odešle upozornění na email.

2 ZAVLAŽOVACÍ SYSTÉMY

Zavlažováním se rozumí nahrazení přírodní vody umělou závlahou. Tento systém se následně stává nezávislým na počasí. Náhrada je pak zpravidla realizována za pomoci řídicí jednotky, která zajišťuje automatický přísun závlahy rostlinám. Nastává tak buď po určitém časovém úseku, při vyhodnocení nedostatečné půdní vlhkosti, nebo v kombinaci těchto dvou způsobů zavlažování. Samotná závlaha může být uskutečněna několika způsoby.

Zavlažování podmokem

Závlaha je přiváděna kanály či potrubím na půdu či rovnou do půdy, kde dochází k jejímu následnému vsakování. Tento typ závlahy se u nás využívá velmi zřídka. Častěji se s ním setkáme v rozvojových zemích, kde ho preferují kvůli jeho jednoduché konstrukci. Mezi nevýhody patří možné ucpání systému a velké ztráty vody.

Zavlažování přenorem

Závlaha je zajištěna protékající vodou, která se vsakuje do půdy. Tento způsob má podobné nevýhody jako zavlažování podmokem – velké ztráty vody. Mezi výhody patří opět jednoduchá konstrukce.

Zavlažování výtopou

Závlaha je realizována dlouhodobě stojící vodou, která dosahuje výšky okolo 30 cm. Tento způsob také nepatří mezi časté, jelikož je ještě náročnější na přísun vody než závlaha přenorem či podmokem. Vznikají tedy ještě větší ztráty. Při nevhodné závlaze může dokonce dojít ke vzniku solné krusty.

Zavlažování postřikem

Pomocí vodních toků či potrubím je závlaha dopravována k systému rozstřikovačů. Tento způsob, na rozdíl od těch předešlých, je energeticky náročnější a vytváří nezanedbatelný tlak na celý systém. Další nevýhodou systému je nutnost přívodu vyšší jakosti vody a dobrého seřízení celého systému. Špatně nastavený postřik může narušit rostlinná tílka a rozrušovat půdu. Tento problém se v poslední době řeší využitím menších kapiček vody – tzv. mikropostřikem, které zavlažují menší plochy či pouze konkrétní rostliny [1].

Kapková zavlažování

Tento způsob zavlažování je realizován obdobně jako metoda postřikem. Zavlažována je každá rostlina zvlášť. Tím pádem se celá závlaha mnohem lépe lokalizuje, a tudíž je možné zavlažovat pouze kořeny či oblast kolem nich. To zásadně snižuje spotřebu vody, protože je zabráněno zbytečnému vypařování vody. To má za následek úsporu až dvou třetin vody [2].

3 PLATFORMA ARDUINO

Arduino je open-source elektronická platforma založená na principu snadného používání softwaru a hardwaru. Pod touto platformou se skrývá nejen fyzický programovatelný obvod, který je také známý pod názvem mikrokontroler, ale také ze softwaru neboli IDE (Integrated Development Environment). Ten se využívá pro psaní kódu, který se následně nahrává do mikrokontroleru [3].

Celá platforma si za několik let své existence vytvořila velkou databázi již vytvořených projektů, návodů a knihoven součástek, které slouží k jednoduchému a rychlému napsání kódu.

3.1 Arduino IDE

Anglická zkratka IDE (Integrated Development Environment) se překládá jako integrované vývojové prostředí. To obsahuje textový editor, který umožňuje psaní kódů, dále zahrnuje sériový ploter pro vykreslování jednotlivých měřených veličin a sériový monitor pro výpis zpráv. Dále obsahuje panel nástrojů, který nabízí mnoho funkcí a dalších možností nastavení. Toto prostředí umožňuje nahrát námi vytvořený kód do mikrokontroleru [5].

4 IoT

Anglická zkratka IoT (internet of things) v doslovném překladu znamená „internet věcí“. Rozumí se tím sít' fyzických zařízení, které obsahují různá čidla, elektroniku, a hlavně sít'ovou konektivitu, díky které si jednotlivá zařízení mohou mezi sebou vyměňovat data [6].

V dnešní době se již setkáváme s několika využití IoT v domácnostech. V tomto případě se často užívá název „chytrý dům“. Mezi nejčastější zařízení tohoto typu patří spotřebiče na dálkové ovládání, jako jsou například zásuvky, světla, kamery, meteostanice, ledničky, pračky a mnoho dalších. Zpravidla však nemají jednotné uživatelské rozhraní, a tudíž používají různé technologie a protokoly.

Speciálním odvětvím, které funguje na principu IoT, je průmysl 4.0. Jedná se o koncept tzv. „chytrých továren“. Takové továrny využívají autonomní kyberneticko-fyzikální systémy, které samostatně repetitivně opakují pracovní činnosti, které v ostatních případech zastávají lidé. Tyto stroje mezi sebou komunikují na bázi IoT a jsou dálkově kontrolované či vzdáleně řízené [7].

5 EXISTUJÍCÍ ŘEŠENÍ

Tato kapitola se bude zabývat komerčními i nekomerčními designy již vytvořených systémů zavlažování pokojových rostlin a jejich monitorováním.

5.1 Chytré samozavlažovací systémy

Většina těchto systémů dostupných na trhu neslouží přímo k pěstování pokojových rostlin, ale spíše k hydroponii. Jejich cena se pohybuje i o několik tisíc více než projekt této bakalářské práce. Zpravidla jí chybí snímání různých přídatných parametrů a IoT podpora. Příkladem hydroponického systému je například MXM AV-10 [8].



Obr. 1: MXM All-in-One hydroponický systém MXM AV-10 [8]

Výjimkou je například Parrot Pot: Bluetooth Planter, který se specializuje na pěstování pokojových rostlin. Umožňuje snímat vlhkost půdy, teplotu, intenzitu světla a množství živin. Tyto informace umí sám vyhodnotit a přizpůsobit zavlažování. Systém má svou vlastní mobilní aplikaci, která vyhodnocuje přijímaná data, upozorňuje na nedostatek vody a dává pěstitelské tipy. Výrobce navíc udává životnost baterií jeden rok. Nevýhodou je ale konektivita pomocí Bluetooth a vyšší pořizovací cena [9].



Obr. 2: Parrot Pot: Bluetooth Planter [10]

5.2 Samozavlažování na principu vzlínavosti

Jedná se o hojně využívaný systém zavlažování, kdy je závlaha za pomoci vzlínavosti dopravována ke kořenům rostliny. Tento způsob samozavlažování je hojně používán a znám. Často se mylně označuje jako tzv. „chytré květináče“. V zásadě se objevují dva typy zavlažování založených na tomto principu. Prvním z nich je zavlažování ke kořenům. Jeho nevýhodou však je usazování solí na dně zeminy.



Obr. 3: Květináč na bázi vzlínavosti [11]

Druhý typ zavlažuje na povrchu, a tudíž odpadá nevýhoda dříve zmíněného. Nicméně tento model potřebuje externí reservoár závlahy.



Obr. 4: Samozavlažovací sada na principu vzlinavosti [12]

5.3 Senzory pokojových rostlin

Prvním senzorem je Mi Flower Care Smart Monitor. Ten nabízí možnost měření půdní vlhkosti, teploty, intenzity světla, živin a pH půdy. K tomuto senzoru existuje specificky navržená mobilní aplikace, která umožňuje zvolit ze seznamu námi pěstovanou rostlinu. Následné upozornění o stavu květiny jsou optimalizované přímo na námi pěstovanou rostlinu. Nevýhodou tohoto zařízení je přenos těchto naměřených veličin pomocí Bluetooth [13].



Obr. 5: Mi Flower Care Smart Monitor [14]

5.4 Open source řešení

Díky obrovské komunitě platformy *Arduino* existuje několik open source (volně ke stažení) řešení. Obvykle se jedná o již zmiňovanou hydroponii či zavlažování několika květináčů umístěných vedle sebe. Existují i „chytré květináče“ například Automatic smart plant pot DIY [15]. Takovéto projekty zpravidla nebývají příliš komplexní a zabývají se pouze zavlažováním či snímáním kvality pěstování rostliny.

Jako příklad open source řešení můžeme uvést již zmíněný samozavlažovací květináč Automatic smart plant pot DIY [15]. Ten snímá pouze půdní vlhkost a hladinu závlahy. Tato data však dále neodesílá, tudíž se jedná pouze o samozavlažovací květináč bez IoT konektivity.



Obr. 6: Automatic smart plant pot DIY [16]

Dalším obdobným řešením je například Sprout modern indoor self watering planter [17]. Snímá stejné veličiny jako předešlý typ. Tento model je navíc vybaven následnou konektivitou ovšem pouze pomocí Bluetooth.



Obr. 7: Sprout modern indoor self watering-planter [17]

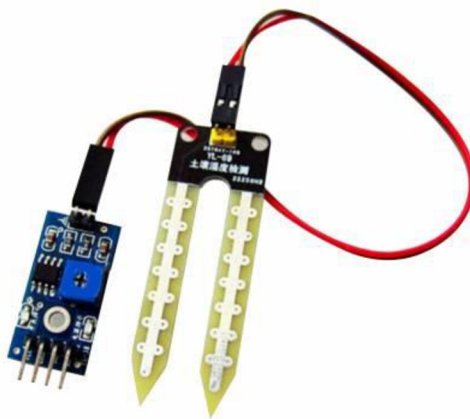
6 VÝBĚR KOMPONENT

Tato kapitola se zabývá výběrem komponent. Jejich volba byla ovlivněna kompatibilitou s platformou Arduino. Dalším kritériem byla také jejich cena, rozměry a další parametry.

6.1 Měření půdní vlhkosti

Půdní vlhkoměr zajišťuje snímání vlhkosti půdy, jejíž hodnota bude snímána k spuštění závlahy. Celý senzor funguje na principu měření permitivity půdy, která přímo závisí na její vlhkosti.

Do užšího výběru byly zvoleny dva typy vlhkoměrů. U prvního z nich (Eses 1474354607) docházelo k měření vlhkosti pomocí páru elektrod. Ten však trpí vysokou degradací zapříčiněnou elektrolyzou [18].



Obr. 8: Půdní vlhkoměr Eses 1474354607 [18]

Druhý vlhkoměr (*ECLIPSERA 1531824339*) je sice dražší, ale velmi dobře odolává elektrolyze, a proto nedochází k tak znatelnému opotřebení. Díky tomu je dosaženo vyšší přesnosti měření [19].



Obr. 9: Půdní vlhkoměr *ECLIPSERA 1531824339* [19]

Tab. 1: Srovnání vlhkoměrů

Název	Cena	Napájecí napětí	Rozměry	Proud
Eses 1474354607	25 Kč	3,3-5 VDC	Modul: 30x16 Sonda: 60x30	Max 6 mA
ECLIPSERA 1531824339	100 Kč	3,3-5,5 VDC	99x22	6 mA

I přes vyšší cenu byl zvolen vlhkoměr *ECLIPSERA 1531824339* z důvodu jeho vyšší životnosti.

6.2 Měření hladiny tekutiny

Měření hladiny vody v reservoáru je velice důležitá věc pro bezpečný chod čerpadla. Při nedostatku tekutiny se automaticky odesílá uživateli upozornění. Existuje více způsobů, jak tento parametr snímat. Hlavní dělení je na kontaktní a bezkontaktní snímače.

Největší výhoda bezkontaktních snímačů je v tom, že nedochází ke kontaktu se snímanou kapalinou. Jsou proto skvělou volbou například do agresivních prostředí. Fungují na principu vysílání a následném přijímání odražených vln, mezi které se řadí například ultrazvukové či rádiové vlny. Naměřené výsledky představují velice přesné

hodnoty. Hlavní nevýhodou těchto snímačů bývá řádově vyšší pořizovací cena v porovnání s ostatními kontaktními modely. Kvůli mrtvé zóně, která je součástí těchto typů zařízení a která se nachází nad maximální výškou hladiny, se zpravidla nehodí pro měření na menší vzdálenosti [20].

Druhou kategorií kontaktních snímačů reprezentují plováky. Fungují zpravidla na principu nadnášení plováku do určité výšky, ve které se snímá kontakt mechanicky, nebo pomocí Hallovy sondy, která pracuje na principu detekce magnetického pole v plováku. Jejich výhodou je nízká pořizovací cena, spolehlivost a odolnost vůči prostředí. Hlavní nevýhodou je fakt, že snímač zpravidla dokáže detekovat pouze jednu pozici [21].

Do této cenové kategorie se řadí také kapacitní senzory. Ty fungují na principu změny elektrické kapacity, která se mění s přibývajícím či klesajícím výškou hladiny. Tento způsob, narozdíl od plováku, disponuje spojitým řízením, které navíc dosahuje vysokých rychlostí měření. Mezi podstatné nevýhody patří nižší životnost zapříčiněná elektrolýzou. Ta může způsobovat toxicitu kapaliny.

Posledním známějším představitelem kontaktních snímačů jsou hydrostatické hladinoměry. Fungují na principu změny hydrostatického tlaku. Kombinuje výhody obou zmíněných kontaktních snímačů – vysokou životnost a přesné, rychlé a spojitě měření. Jejich cena se však pohybuje ve vyšších cenových relacích podobných bezkontaktním snímačům [20].

Pro naše řešení byl zvolen kapacitní půdní vlhkoměr ECLIPSE 1531824339 [19], který je sice primárně určen pro monitorování půdní vlhkosti, ale po vhodné úpravě rozsahů měřených hodnot lze takto měřit i výšku hladiny kapaliny. Důležitým faktorem pro tuto volbu byla jeho cenová dostupnost. Na rozdíl od plovákových senzorů, které se pohybují ve stejné cenové kategorii, umožňuje ECLIPSE 1531824339 navíc i spojitě měření, a tak umožňuje například poslat upozornění uživateli, pokud dojde ke snížení kapaliny v rezervoáru. V případě zvýšení rozpočtu na zařízení by bylo vhodné zvolit některý z bezkontaktních měřičů či hydrostatických hladinoměrů.

6.3 Čerpadla

Čerpadlo slouží k přenosu závlahy z rezervoáru do zeminy. Důležitým faktorem pro výběr modelu byla podmínka, že zařízení bude fungovat i při malém napětí, tedy při téměř vybitém akumulátoru.

Do užšího výběru se dostala dvě čerpadla, přičemž každé funguje na odlišném principu. První z nich je peristaltické čerpadlo Grothen G328 [22], ve kterém se stlačuje hadička pomocí lamel. Ty následně vytlačí kapalinu [23]. Výhodou tohoto typu je, že nedochází k přímému styku pumpované kapaliny s čerpadlem.



Obr. 10: Peristaltické čerpadlo Grothen G328 [22]

Druhé ponorné čerpadlo eses 1460321123 musí být, na rozdíl od dříve zmíněného, ponořeno. To je pro náš případ řešení z důvodu malého místa pro elektroniku velmi vhodné. Jako výhodu spatřujeme v jeho tichém chodu a v nižší spotřebě napětí [24].



Obr. 11: Ponorné čerpadlo eses 1460321123 [24]

Pro náš projekt bylo vybráno ponorné čerpadlo eses 1460321123 [24] především kvůli svým rozměrům a možnosti jeho umístění přímo do reservoáru. Dalším benefitem je nižší pořizovací cena.

6.4 Baterie a napájení

Pro napájení obvodu byla vybrána Li-Ion baterie LG INR18650-M36, jejíž kapacita se pohybuje okolo 3 600 mAh a napětí při plném nabití okolo 4,2 V. Piny námi zvoleného mikrokontroleru pracují při napětí 3,3 V. Baterie tudíž zcela vyhovuje a přitom nebude docházet k velkým ztrátám vlivem měniče napětí [25].



Obr. 12: Li-Ion baterie LG INR18650-M36 [25]

Pro napájení baterií byla zvolena nabíječka Li-ion článků TP4056 s ochranou microUSB. Ta nám umožňuje nabíjet baterie pomocí zmíněného konektoru, který se běžně používá v domácnostech pro různá zařízení (např. pro mobilní telefony). Hlavním důvodem použití však bylo zajištění bezpečného a šetrného nabíjení baterií, které se při nevhodném používání mohou poškodit [26].

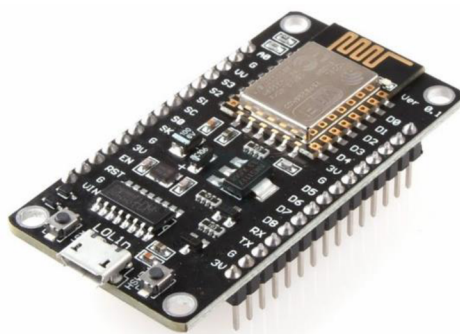


Obr. 13: Nabíječka Li-ion článku TP4056 s ochranou microUSB [26]

6.5 Vývojová deska (Arduino)

Hlavním kritériem pro výběr desky byla kompatibility s platformou Arduino a dostatečný počet pinů. Přihlédli jsme také k pořizovací ceně, spotřebě elektrické energie a vybavení.

První deska, která připadala v úvahu, byla NodeMcu CP2102 Lua WI-fi ESP8266. Je vybavena integrovanou Wi-Fi konektivitou. Obsahuje 11 digitálních pinů a 1 analogový. Flash paměť dosahuje kapacity 4 MB, rozměry se uvádí 57x31x7 mm a váží 8,26 g. Nevýhodou této desky jsou piny pracující při napětí 3,3 V a existence pouze jednoho analogového pinu. Uživatelé také zaznamenali fakt, že k desce nelze připojit anténa, která by zlepšila signál [27].



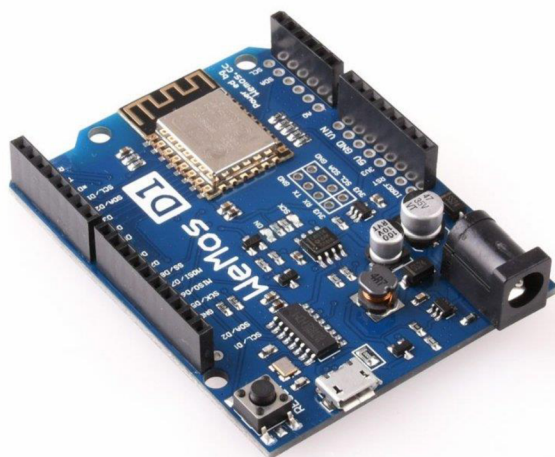
Obr. 14: NodeMcu CP2102 Lua WI-fi ESP8266 [27]

Druhou možnou deskou byl WeMos D1 Mini ESP8266 WiFi modul. Tato deska je vybavena integrovanou Wi-Fi konektivitou [28]. Pokud bychom potřebovali zvýšit dosah Wi-Fi signálu, nabízí se možnost zakoupit rozšířenou verzi této desky, která nabízí i možnost připojení externí antény [29]. Výrobce uvádí, že kapacita flash paměti je 4 MB, rozměry 34,2x25,6x7 mm a váha 8,26 g. Nevýhodou této desky jsou piny pracující při napětí pouze 3,3 V, menší počet pinů než předchozí deska a opět pouze jeden analogový pin [28].



Obr. 15: WeMos D1 Mini ESP8266 WiFi modul [28]

Další alternativou je deska WeMos D1 R2 UNO ESP8266. Podobně jako předchozí modely je vybavena integrovanou Wi-Fi konektivitou, ale na rozdíl od předchozích tato deska umožňuje připojení externí antény. Parametry se uvádí 4 MB pro flash paměť, rozměry 68,6x53,4x12 mm. Díky těmto rozměrům tato deska patří mezi největší v porovnání s výše zmíněnými modely. Nevýhodou jsou, kromě rozměrů, piny pracující při napětí pouze 3,3 V a opět pouze jeden analogový pin [30].



Obr. 16: WeMos D1 R2 UNO ESP8266 [30]

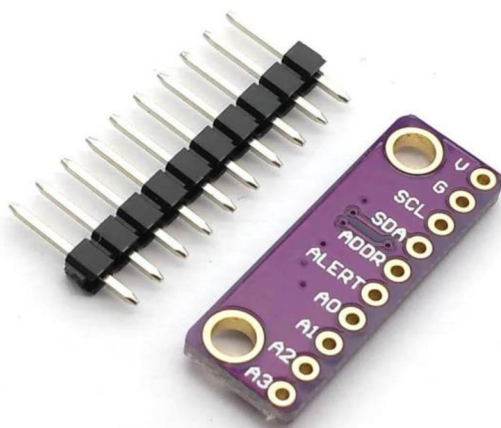
Tab. 2: Porovnání vývojových desek

Název	WeMos D1 R2 UNO	WeMos D1 Mini	NodeMcu CP2102
Mikrokontrolér	ESP8266EX	ESP8266EX	ESP-12E
USB – Serial Převodník	CH340G	CH340G	CH340G
Digitální I/O Piny	11	9	11
Analogové Vstupy	1	1	1
Flash	4 MB	4 MB	4 MB
Délka	68,4 mm	34,2 mm	46 mm
Šířka	53,4 mm	25,6 mm	26 mm
Výška	12 mm	7 mm	7 mm
Cena	188 Kč	148 Kč	172 Kč

Díky svým menším rozměrům a nižší pořizovací ceně byla zvolena deska WeMos D1 Mini ESP8266 WiFi modul [28].

6.6 ADC Převodník

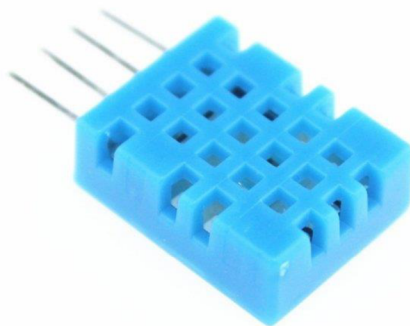
Z důvodu pouze 1 analogového pinu a 2 senzorů, které potřebují pro své snímání být připojeny do analogového pinu, byl přidán ADC převodník ADS1115. Do samotného převodníku mohou být připojeny až 4 další analogové vstupy. Navíc obsahuje integrovaný programovatelný až 16násobný zesilovač, díky němuž jsme schopni získávat přesnější hodnoty a zesílit slabé signály [31].



Obr. 17: 4kanálový I2C ADC převodník, ADS1115 [31]

6.7 Snímání teploty vlhkosti okolí

Pro snímání okolní teploty a vlhkosti byl vybrán modul DTH11 díky jeho nenáročnosti na požadované napětí (minimálně 3 V), dostačující přesnost ($\pm 5\%$ vlhkosti a $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$) a nízkou cenou [32].



Obr. 18: Vlhkoměr a teploměr DTH11 [33]

6.8 Snímání půdní teploty

Pro snímání půdní teploty byl zvolen teploměr DS18B20, především z důvodu nízkého minimálního napětí (3 V) a také jeho nižší ceně a vysoké přesnosti ($\pm 0,2$ °C) [34].



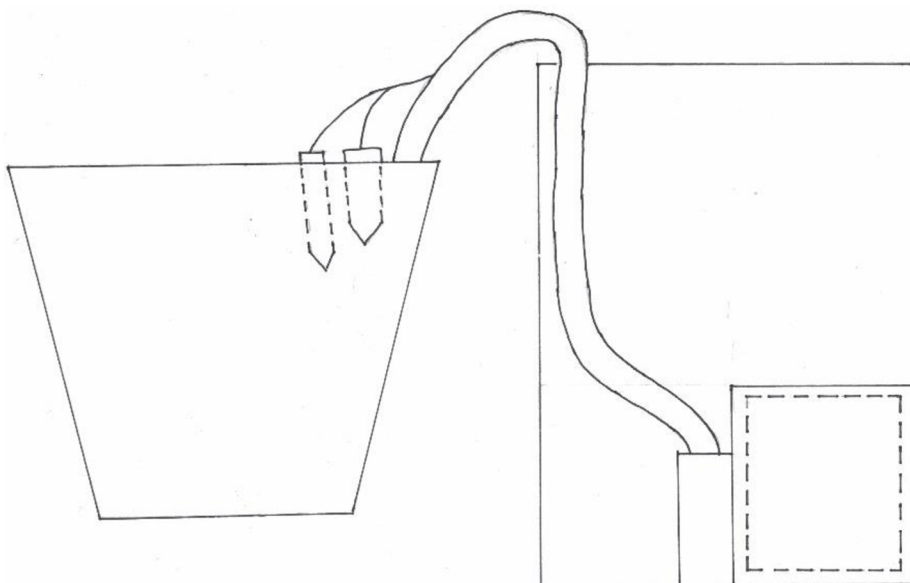
Obr. 19: Půdní teploměr DS18B20 [34]

7 VOLBA KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Koncepční návrh byl vytvořen pro malý rozměr květináče o průměru 18 cm. Každé konstrukční řešení muselo splňovat podmínku týkající se objemu vody v rezervoáru. Té mělo být alespoň 400 ml. Dále měl být do jisté míry adaptabilní pro různé druhy a velikosti květináčů. Kromě toho byly brány v potaz možnosti 3D tisku.

7.1 Koncepční návrh č. 1

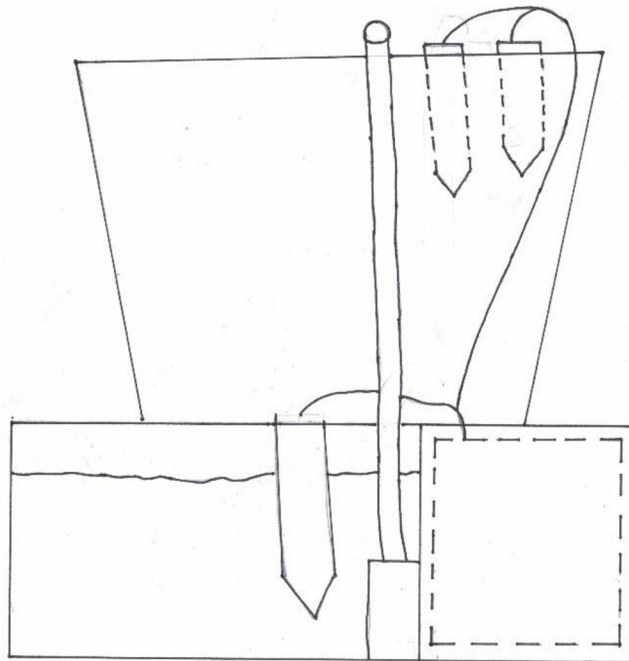
První návrh svým designem připomíná knihu. K jeho hlavním výhodám patří nezávislost na rozměrech květináče, dobrá škálovatelnost, snadné doplňování vody a nabíjení baterií. Nevýhodou je jeho větší rozměr. Celkový vzhled pak narušuje fakt, že přívod vody a kabeláž vlhkoměru nejsou nijak skryty.



Obr. 20: Koncepční návrh č. 1

7.2 Koncepční návrh č. 2

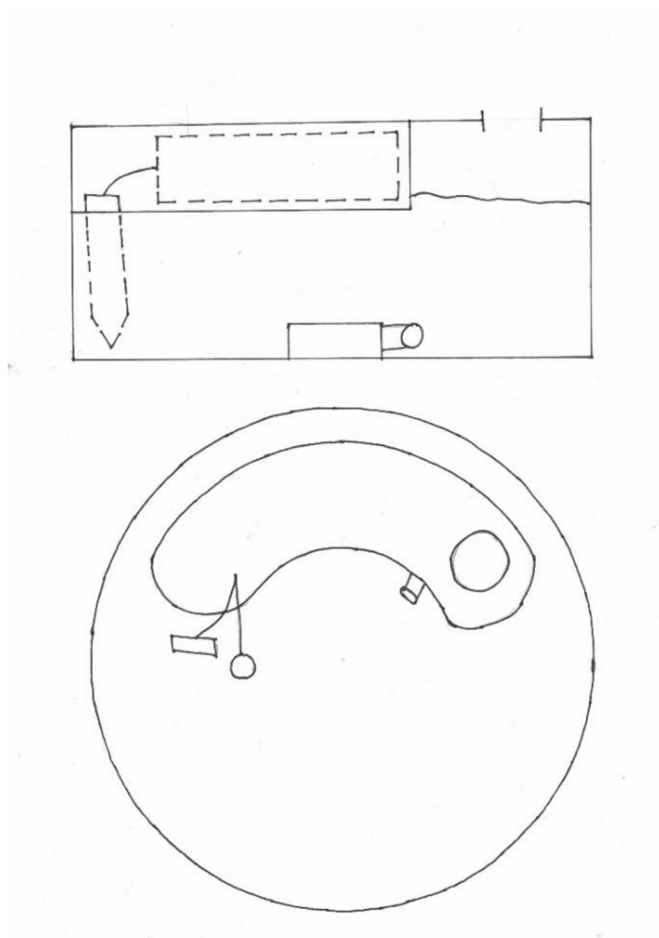
Další návrh vypadá jako tác. Jeho výhody jsou podobné jako u předchozího návrhu – dobrá škálovatelnost, snadné doplňování vody a nabíjení baterií. Na rozdíl od knížky nezabírá tolik místa navíc. Mezi nevýhody této konstrukce řadíme opět odkrytý přívod vody a kabeláž vlhkoměru.



Obr. 21: Koncepční návrh č.2

7.3 Konceptní návrh č. 3

Posledním návrhem je design připomínající rohlíček. Mezi jeho hlavní výhody patří dobře zakrytá kabeláž a přívod vody, dále nezabírá místo navíc, jelikož je umístěn pouze v květináči. Nevýhodou je však horší škálovatelnost a nutnost přizpůsobit model podle rozměrů. Také se nehodí pro pěstování rostlin, které mají tendenci se rozpínat podél obvodu květináče.



Obr. 22: Konceptní návrh č.3

7.4 Výběr konstrukčního řešení

S ohledem na estetický dojem, rozměr a skrytí kabeláže byl vybrán konceptní návrh č. 3.

8 PŘÍPRAVA ELEKTRONIKY A PROGRAMŮ

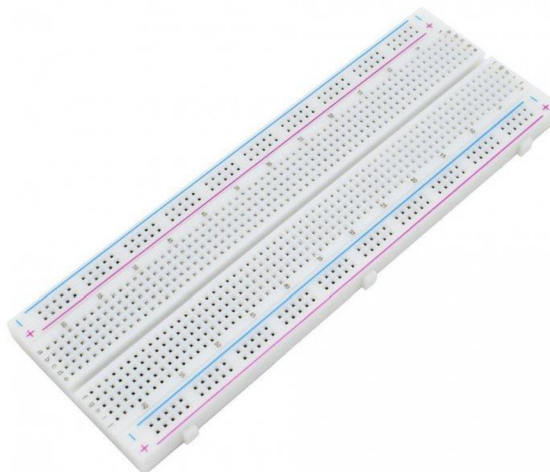
Tato kapitola pojednává o tvorbě programu, zapojení elektroniky, kalibrace senzorů a zpracování dat.

8.1 Program mikrokontroleru

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1, pro psaní programu byl využit software Arduino IDE. Před samotným programováním bylo nutné stáhnout a nainstalovat ovladače pro náš mikrokontroler, pro knihovny senzorů a ovladač pro komunikaci a odesílání dat na internet.

8.2 Zkušební zapojení (nepájivé pole)

Pro kalibraci senzorů a účely tvorby programu bylo využito nepájivého pole, přičemž jednotlivé součástky nemusejí být navzájem pájeny. Použití nepájivého pole přímo pro finální montáž by však bylo nepraktické, jelikož následný obvod je náchylný na rozpojení. Nicméně pro účely testování absence pájení razantně zrychluje celý proces programování a testování.



Obr. 23: Nepájivé kontaktní pole 830 pinů, bílé [35]

8.3 Kalibrace půdního vlhkoměru

Pro správné fungování je nutné zjistit limitní hodnoty senzoru. Zajímají nás tedy hodnoty, kdy je senzor v „suchu“ (okolní vlhkost se blíží 0 %) a v „mokru“ (senzor je ponořen ve vodě, a tak se okolní vlhkost rovná 100 %). Poté, co zaznamenáme tyto hodnoty, můžeme pomocí funkce „map“ nadefinovat nové rozsahy hodnot. Znamená to, že „suchá“ hodnota se rovná vlhkosti 0 % při použití hladinoměru 0 mm. „Mokrý“ hodnotě přiřadíme hodnotu vlhkosti 100 % při použití hladinoměru maximální snímanou výšku 65 mm.

8.4 Kalibrace čerpadla

Pro přesné zavlažování bylo potřeba určit průtok čerpadla. Nejprve bylo provedeno několik měření, při nichž se zaznamenávalo množství vyčerpané vody v různých časových intervalech.

8.5 Optimalizování pro úsporu energie

Pro úsporu energie a pro prodloužení doby mezi nabíjenými bylo využito funkce DeepSleep. Tato funkce po propojení pinů D0 a RST dokáže vypnout aktivitu WiFi i CPU, čímž velmi výrazně sníží spotřebu mikrokontroleru v neaktivním stavu.

Dále bylo použito spínání senzorů pomocí NPN tranzistoru, což umožňuje spínat senzory pouze na minimální potřebnou dobu a zamezit odebírání energie.

Poslední možností úspory je princip čtení dat z ADC převodníku ADS1115. Informace jsou zobrazeny pomocí funkce „ads.readADC_SingleEnded“, která zapne převodník pouze na krátký okamžik. Je to však dostatečná doba pro načtení požadovaných hodnot.

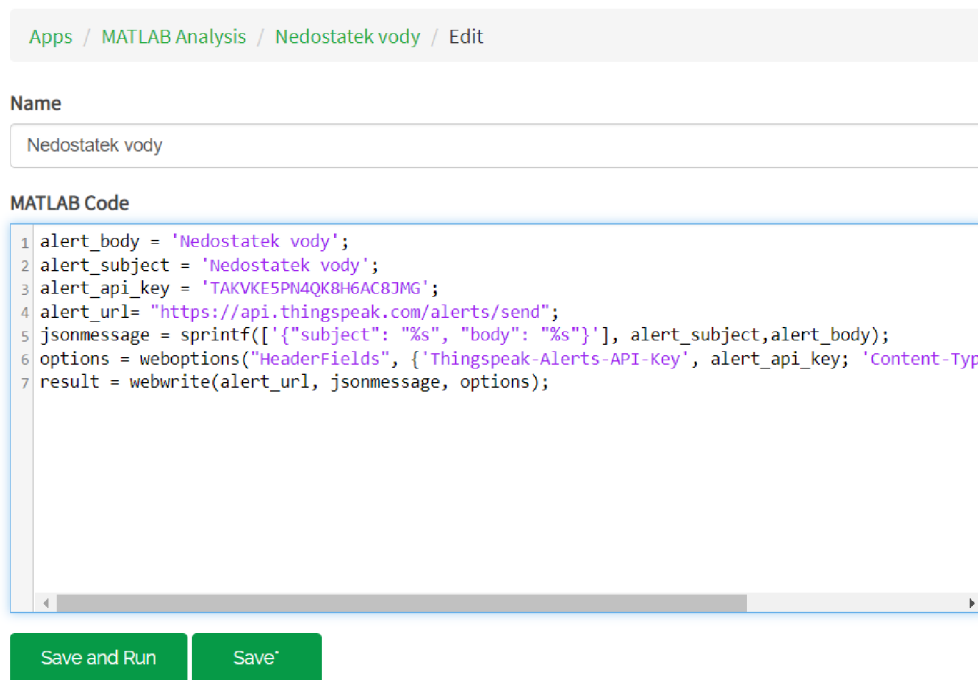
8.6 Uživatelské rozhraní

Pro zobrazování dat ze senzorů byl využit server ThingSpeak, kvůli jeho bezplatné verzi. Stačí si pouze založit účet. Ten může obsahovat až tři projekty a dokáže zaslat až 800 emailů ročně.

Pro upozornění na nutnou obsluhu zařízení, nízkou hladinu vody či malé kapacity baterií byl zvolen způsob zaslání oznámení na email uživatele. Konkrétně se jedná o funkci ThingSpeaku – React a MATLAB Analysis. Ve funkci MATLAB Analysis se vytvoří program, který uživateli odešle email i s popisem problému (vybité baterie, nedostatek vody).

Funkce MATLAB Analysis byla zvolena především kvůli možnosti odesílání emailů mimo samotný program mikrokontroleru. Díky tomu se snižuje doba jeho aktivního provozu. S tím je spojená i nižší spotřeba energie. Tato funkce dále umožňuje

odesílat emaily pouze poprvé, kdy je splněna podmínka pro odeslání upozornění. Uživatel tedy nedostává zprávy při každém měření, kdy se dostáváme pod kritickou hodnotu.



Obr. 24: Příklad funkce MATLAB Analysis

Druhou funkcí je React. Ta umožňuje vykonat akci v momentě, kdy se námi sledovaná veličina dostane pod svoji přípustnou míru. Avšak tuto zprávu uživatel nedostane znovu, dokud senzor nepřesáhne svou přípustnou míru. To umožňuje vyhnout se záplavě emailů.

Apps / React / Nedostatek vody

Edit React

Name:	Nedostatek vody
Condition Type:	Numeric
Test Frequency:	On data insertion
Last Ran:	2021-05-12 22:44
Channel:	IoT pokojové rostliny
Condition:	Field 5 (Výška hladiny) is less than or equal to 22
MATLAB Analysis:	Nedostatek vody
Run:	Only the first time the condition is met
Created:	2021-05-12 10:26 pm

Obr. 25: Příklad funkce React



Alert: Nedostatek vody

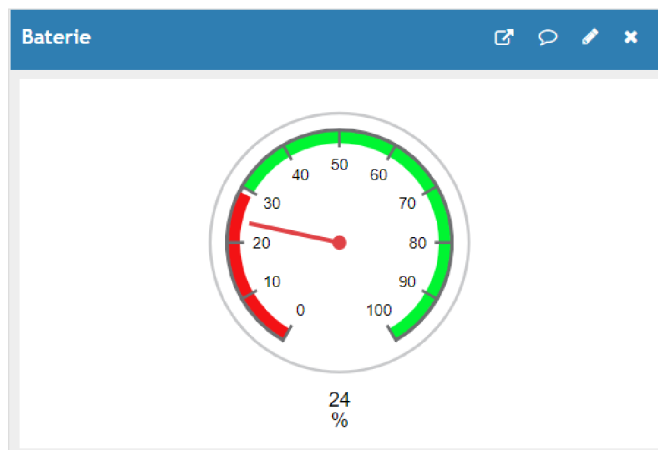
Nedostatek vody

Time: 2021-05-14 12-31-03.754 +00:00

You are receiving this email because a ThingSpeak Alert was requested using your ThingSpeak Alerts API key. For more information please refer to the [ThingSpeak Alerts Documentation](#).



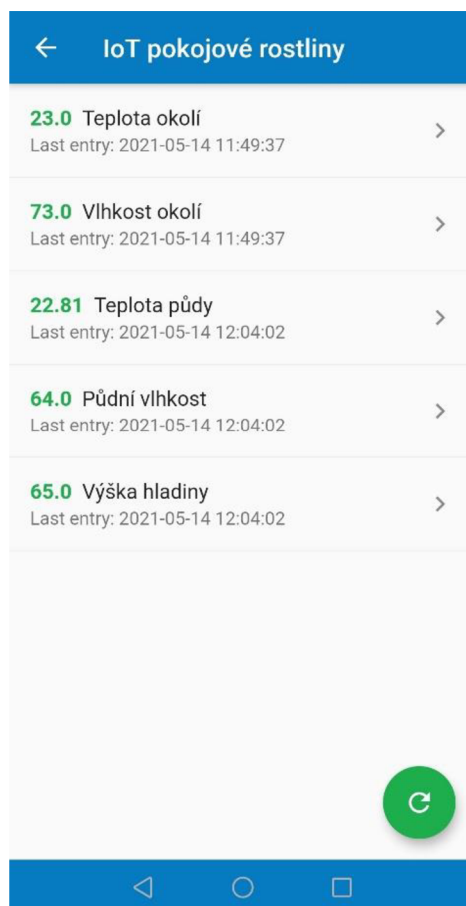
Obr. 26: Příklad upozornění na email



Obr. 27: Příklad widgetu

8.7 Aplikace ThingSpeak do mobilu

Mobilní rozhraní ThingSpeaku umožňuje v mírně zredukované verzi zobrazovat hodnoty a grafy měřených veličin. Chybí zde však možnost tvorby nových aplikací či zobrazování widgetů. Mobilní aplikace je dostupná pro operační systémy Android i iOS.



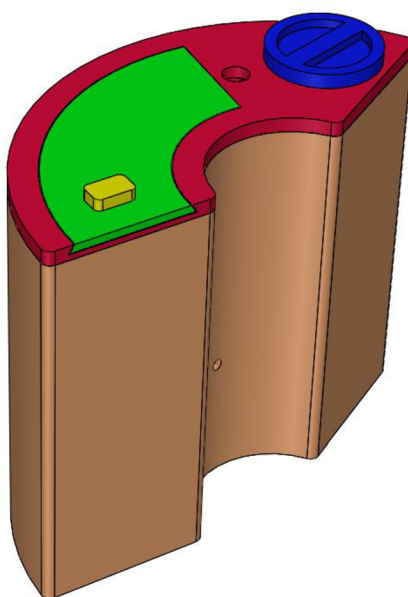
Obr. 28: Hlavní přehled mobilní aplikace ThingSpeak

9 VÝROBA

Tato kapitola se zabývá výrobou neelektronických součástí systému od tvorby elektronických dat (CAM modelů, G-codu) až po jejich finální úpravy.

9.1 Tvorba modelů

Modely byly vytvořeny v CAD softwaru Solidwork. Všechny modely vznikly tzv. parametrickým modelováním, které umožňuje snadno změnit některý z parametrů a tím zcela změnit geometrii a upravit tolerance s ohledem na kvalitu 3D tisku.



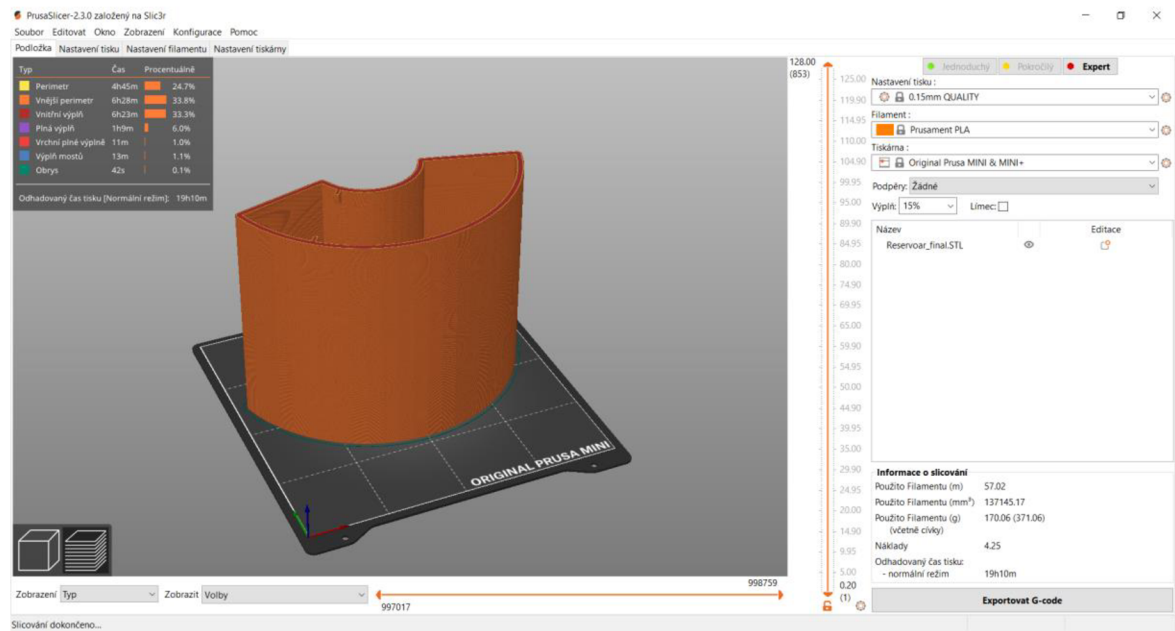
Obr. 29: Model ze Solidworks

9.2 Volba materiálu pro 3D tisk

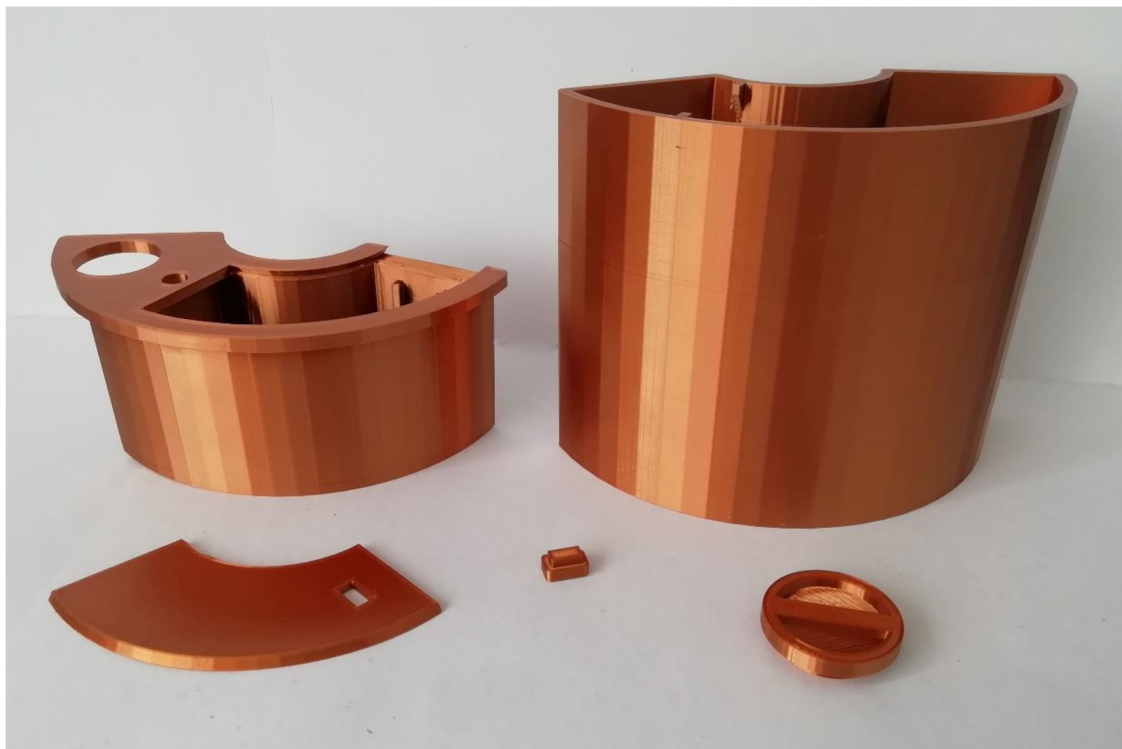
Pro tisk modelů bylo zvoleno materiálu PETG, který v porovnání s materiálem PLA vyžaduje vyšší teploty pro tisk, nicméně lépe odolává vodě a slunečnímu záření. Díky tomu materiál PETG potřebuje nižší počet perimetrů stěn. Celý výtisk se tedy stává lehčím, levnějším a rychlejším na výrobu.

9.3 Slicování

Slicování je operace na přípravu programu (G-codu) pro 3D tiskárnu. Použili jsme slicovací program PrusaSlicer, který je založen na open-source projektu Slic3r a sám je také open-source. Tento software umožňuje řadu funkcí od nastavitelných podpor, proměnlivých výšek vrstev až po malování pozic švu [36].



Obr. 30: Ukázka slicování v PrusaSlicer



Obr. 31: Vytisknuté 3D díly

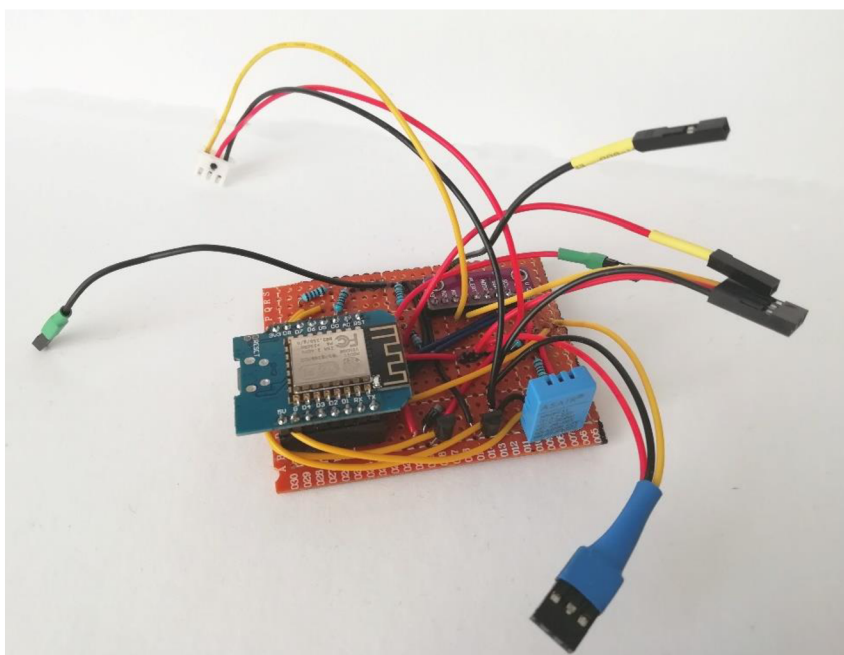
10 MONTÁŽ

V této kapitole objasníme zapojení potřebné elektroniky až po finální kompletaci všech dílů a následný test její funkčnosti.

10.1 Zapojení elektrotechniky

Pro zapojení obvodu byla použita PCB prototypová deska o rozměrech 50x70 mm, pro zapojení desky poté Dupont kolíkových lišt připájených na mikrokontroleru, které jsou zapojeny v Dupont dutinových lištách namontovaných na PCB prototypové desce. To nám umožňuje vyjmát mikrokontroler pro jeho výměnu, či snadné nahrání nového programu.

Pro uložení baterií byl zvolen držák opět pro snadné vložení či vyjmutí baterií. Totéž platí pro zvolené spojení čerpadla s PCB deskou, kde bylo použito Dupont spojení. To zajišťuje snadnou montáž a demontáž. Jednotlivé kabely byly barevně označeny pro jednoduchost a nezaměnitelnost při montáži.



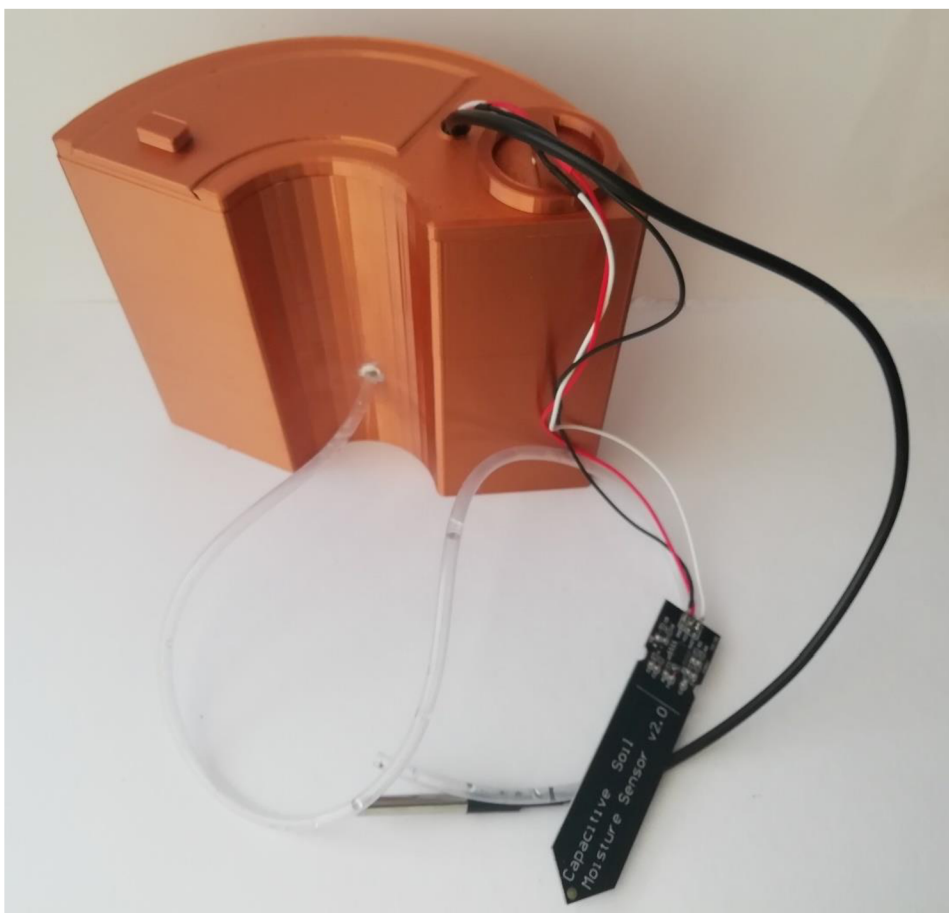
Obr. 32: Zapojení elektroniky na PCB desce

10.2 Kompletace 3D tisku a elektroniky

Těsnění

Pro zajištění vodotěsnosti celku byl použit silikon. Toto řešení sice není esteticky nejvhodnější, ale za to je jednoduché na montáž a osvědčilo se dobrou funkčností.

Kompletně smontovaný systém



Obr. 33: Smontovaný systém

10.3 Test správného chodu

Kontrola vodotěsnosti

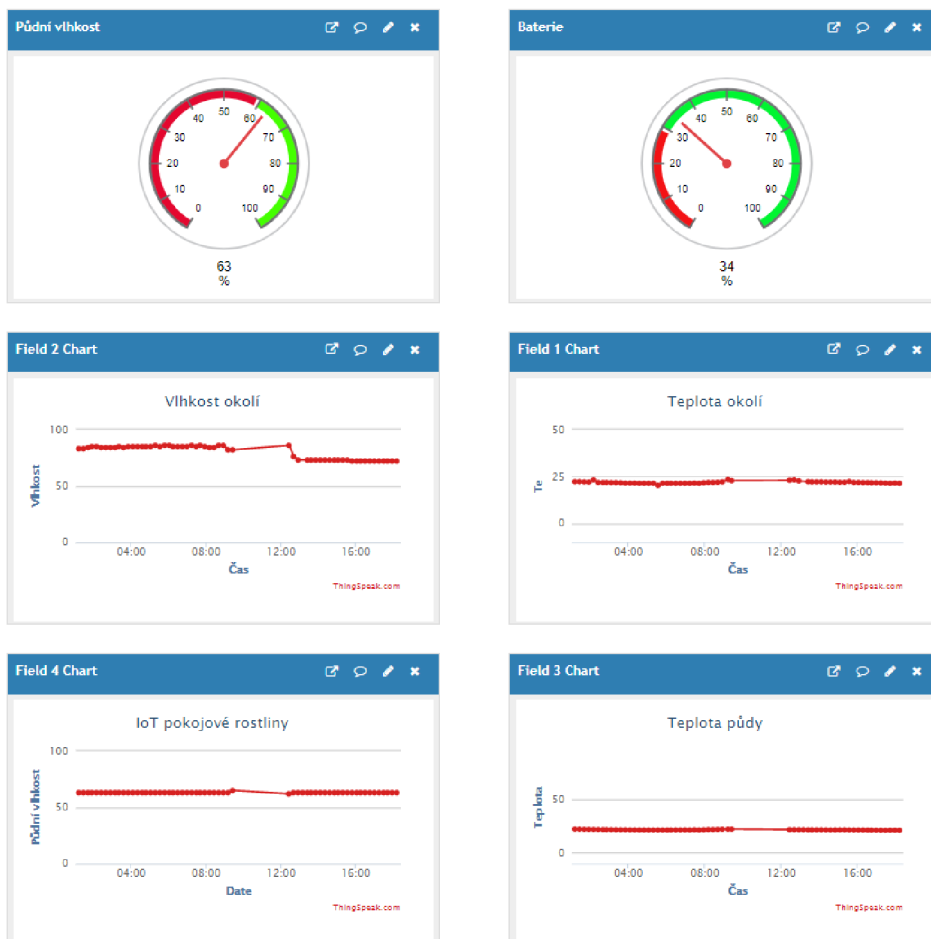
V této fázi se kontrolovala vodotěsnost 3D tisku a míst utěsněných silikonem. Test spočíval v naplnění reservoáru vodou až po jeho maximum. Poté v tomto stavu setrval několik dní. Celý systém obstál ve zkoušce vodotěsnosti.

Ověření funkčnosti

Tento test ověřoval funkčnost celého systému, dobíjení baterie, hodnoty sensorů, funkce čerpadla a množství vody dopraveného za jedno sepnutí. Systém obstál i v této zkoušce bez větších problémů.

Přijímání dat

Test přijímání dat také dopadl pozitivně. Data byla kontinuálně přijímána a zobrazována ve formě grafů či již zmíněných widgetů. Funkce upozornění na email také fungovala dle předpokladu, tedy zasílala zprávu pouze po prvním překročení kritické hodnoty. Upozornění poslala znovu, až když došlo k jejímu opětovnému překročení.



Obr. 34: Ukázka přijímaných dat

Test výdrže

V tomto testu byla baterie nabita na svoji maximální kapacitu. Měřila se doba její výdrže do nutnosti dalšího nabití. Získaný údaj je však orientační a závisí na zavlažované rostlině a frekvenci snímání, která v našem případě probíhala každou hodinu. V tomto testu systém vydržel přibližně 25 dnů.



Obr. 35: Praktická ukázka použití systému

11 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Cena patřila k hlavním kritériím při výrobě celého systému. Všechny komponenty byly zakoupeny v České republice. V případě nákupu těchto součástek v zahraničí by se výsledná částka mohla snížit až o jednu třetinu.

Tab. 3: Výpis cen použitých komponent

Komponenty	Cena [Kč]
2x Půdní vlhkoměr	192
Wemos D1 mini	188
Baterie	138
Nabíječka	24
Ponorné čerpadlo	48
Hadička	24
Držák na bat.	18
ADC převodník	88
DTH11	46
Teploměr sonda	58
Ostatní	35
Suma	859

Do položky „ostatní“ řadíme spojovací materiál (kabely, pájka) a „korunové“ položky, jako jsou rezistory či transistory. Dunpont lišta byla součástí balení s deskou Wemos D1 mini.

Další náklady počítáme za 3D tisk, kde po přepočítání hmotnosti výtisků získáme částku pohybující se okolo 260 Kč. Zanedbatelná částka je pak za množství použitého tmelu k těsnění. V ceně však není zahrnuto poštovné a balné ani práce na výrobě.

Celková suma toho projektu tedy činí přibližně 1 119 Kč, což nechává projekt v cenové hladině ostatních nekomerčních řešení. Naopak je výrazně levnější v komerčním prostředí.

12 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a realizovat IoT zavlažovací systém pro pokojové rostliny na platformě Arduino. Kromě toho byla provedena rešerše již realizovaných možností zavlažování pokojových rostlin.

Tato práce se v prvních kapitolách zabývá představením jednotlivých druhů zavlažovacích systémů, platformou Arduino a vysvětlením pojmů, jako je například IoT.

V 5. kapitole je provedena rešerše již realizovaných řešení zavlažovacích systémů pro pokojové rostliny, a to jak komerčních, tak nekomerčních řešení. Také se zde zmiňujeme o IoT senzorech u pokojových rostlin.

Od 6. kapitoly se již práce věnuje samotnému návrhu řešení, od výběru komponentů až po tvorbu programů. Jsou zde představeny jednotlivé komponenty a důvody jejich zvolení pro náš návrh. S ohledem na námi vybrané díly, rozměry a technologii výroby byly zpracovány tři konstrukční řešení. Z nich bylo vybráno konstrukční řešení č. 3. Jako jediné totiž nezabírá místo mimo květináč, a navíc elegantně skrývá kabeláž. Dále se práce zabývá tvorbou programu mikrokontroleru v prostředí Arduino IDE a rozhraní ThingSpeak.

Další kapitoly se zabývají vznikem samotného systému, od přípravy počítačových modelů v programu Solidwork až po finální úpravy. Byl vytvořen tzv. parametrický model, který umožňuje snadno a rychle měnit celkovou geometrii a vůle 3D výtisku. Zmiňujeme zde také přípravu dat pro 3D tiskárnu (G-code) a samotný tisk. Mezi další témata patří celkové zapojení elektroniky, montáž jednotlivých komponent a jejich těsnění a v neposlední řadě také odzkoušení celého systému.

Poslední kapitola se věnuje cenovému zhodnocení systému. Z výsledků vyplývá, že náš návrh je mnohem levnější než jiná komerční řešení. Cenově se pohybujeme v rozmezí nekomerčních návrhů, které naše řešení zpravidla převyšuje svými funkcemi.

Mezi hlavní výhody celkového systému patří její cenová dostupnost, kombinace IoT monitorování potřeb rostliny s automatickým zavlažováním. Umístění přímo v květináči dělá především u prostorově rozměrnějších rostlin celý systém oku takřka nepostřehnutelným.

K nevýhodám systému řadíme nutnost dodatečně těsnit některá místa, při horším pokrytí WiFi signálem chybí zesilovací anténa, která však při testování nebyla zapotřebí. Jako nedostačující se může jevit také použití pouze jedné baterie, což způsobeno především menším prostorem pro elektroniku, To je však eliminováno použitím systému pro zavlažování většího květináče.

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zavlažování. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zavla%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD#Pot%C5%99eba_z%C3%A1vlah
- [2] Kapková závlaha. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kapkov%C3%A1_z%C3%A1vlaha.
- [3] What is an Arduino. *Sparkfun* [online]. SparkFun Electronics [cit. 2021-4-8]. Dostupné z: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all>
- [4] *What is Arduino* [online]. Arduino [cit. 2021-4-18]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [5] *Arduino Software (IDE)* [online]. Arduino [cit. 2021-4-18]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/guide/environment>
- [6] *Co to je IoT?* [online]. České Radiokomunikace, 2020 [cit. 2021-4-18]. Dostupné z: www.iotport.cz/iot-novinky/ostatni-clanky-o-iot/co-to-je-iot
- [7] *Co je IoT* [online]. IoT portál [cit. 2021-4-4]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/co-je-iot>
- [8] *MXM All-in-One hydroponický systém MXM AV-10* [online]. Internet Mall, a.s [cit. 2021-4-6]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/kvetinace/mxm-all-in-one-hydroponicky-system-mxm-av-10-100047518895?src=sug&s=MXM%20AV-10>
- [9] *Wifi Plant Watering Sensor System* [online]. Postscapes [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.postscapes.com/wireless-plant-sensors/>.
- [10] *Parrot Pot - Smart, Connected Flower Pot - White* [online]. Amazon.com [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Parrot-Pot-Smart-Connected-Flower/dp/B01KV0JCI4>
- [11] *Samozavlažovací květináč VÍNO* [online]. DT GLASS s.r.o [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.darkove-sklo.com/samozavlazovaci-kvetinac-vino>
- [12] *Automatická závlaha rostlin* [online]. Nejlepší-dárčky.cz [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: https://www.nejlepsi-darecky.cz/automaticka-zavlaharostlin?gclid=Cj0KCQiApY6BBhCsARIsAOI_GjZ1-isdBwzcCEJpe2HnkU6Js_jdWIZTS2gImU1VZ2z7Kg6LXjJWXuYaAlCtEALw_wcB
- [13] *Xiaomi Mi Plant se o kytky sice nepostará, dohlédne však, abyste to udělali vy!* [online]. GeekLife.cz [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.geeklife.cz/xiaomi-mi-plant-se-o-kytky-sice-nepostara-dohledne-vsak-abyste-to-udelali-vy/>

- [14] *Huahuacaocao Flower Care Smart Monitor* [online]. Xiaomi Global Community [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://xiaomi-mi.com/sockets-and-sensors/xiaomi-huahuacaocao-flower-care-smart-monitor/>
- [15] *Automatic Smart Plant Pot - (DIY, 3D Printed, Arduino, Self Watering, Project)* [online]. Autodesk [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/Automatic-Smart-Plant-Pot-DIY-3D-Printed-Arduino-S/?linkId=66516096>
- [16] *Automatic Smart Plant Pot - (DIY, 3D Printed, Arduino, Self Watering, Project)* [online]. MakerBot Industries, 2019 [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/make:704700>
- [17] *Arduino Automatic Plant Watering System* [online]. Autodesk [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/Sprout-Modern-Indoor-Self-Watering-Planter/>
- [18] *Půdní vlhkoměr pro jednodeskové počítače* [online]. dratek.cz [cit. 2021-3-18]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1399-eses-pudni-vlhkomer-pro-jednodeskove-pocitace.html>
- [19] *Půdní vlhkoměr analogový s antikorozi sondou V1.2* [online]. dratek.cz [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/4875-pudni-vlhkomer-analogovy-s-antikorozni-sondou-v1.2.html>
- [20] *Spojité měření výška hladiny - principy měření a provedení snímačů* [online]. Automatizace.HW.cz [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/spojite-mereni-vyska-hladiny-principy-mereni-a-provedeni-snimacu.html>
- [21] *Plovákový senzor vodní hladiny* [online]. Návodů Drátek [cit. 2021-3-18]. Dostupné z: <https://navody.dratek.cz/navody-k-produktum/plovakovy-senzor-vodni-hladiny.html>
- [22] *Grothen G328 Peristaltické čerpadlo 12V* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/grothen-g328-peristalticke-cerpadlo-12v/>
- [23] *Peristaltické čerpadlo BT100M 0.07 - 380ml/min* [online]. HotAir.cz [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.hotair.cz/detail/davkovace-tekutych-pripravku/automaticke-davkovace/peristalticke-cerpadlo-bt100m-0-07-380ml-min.html>
- [24] *Ponorné čerpadlo mini ultra-tiché DC 3-6V 120 L/H* [online]. dratek.cz [cit. 2021-3-18]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1271-eses-mini-cerpadlo.html>
- [25] *LG INR18650-M36 3600mAh 10A 18650 Li-Ion Baterie* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/3600mah-lg-inr18650-m36-10a-18650-li-ion-baterie/>

- [26] *Nabíječka Li-ion článku TP4056 s ochranou microUSB* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/3600mah-lg-inr18650-m36-10a-18650-li-ion-baterie/>
- [27] *IoT ESP8266 Lua NodeMcu V3 WIFI modul* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-4-7]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/iot-esp8266-lua-nodemcu-v3-wifi-modul--tcp-ip/>
- [28] *WeMos D1 Mini ESP8266 WiFi modul* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-4-7]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/wemos-d1-mini-esp8266-wifi-modul/>
- [29] *WeMos D1 Mini Pro 16MB ESP8266 WiFi modul* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-4-7]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/wemos-d1-mini-pro-esp8266-wifi-modul/>
- [30] *WeMos D1 R2 UNO ESP8266* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-4-7]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/wemos-d1-r2-uno-esp8266/>
- [31] *4-kanálový I2C ADC převodník, ADS1015* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-4-8]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/4-kanalovy-i2c-adc-prevodnik--ads1115/>
- [32] *DHT11 teploměr a vlhkoměr digitální* [online]. dratek.cz [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/829-dht11-teplomer-a-vlhkomer-digitalni.html?gclid=CjwKCAjwJ2FBhAuEiwAIKu19naLFEow_1WHeOJVC_GSC1DIzsots9w6hCMXohKy1kGalRjdzO7jRoCGYAQA vD_BwE
- [33] *ASAIR senzor teploty a vlhkosti vzduchu DHT11* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: https://www.laskarduino.cz/arduino-senzor-teploty-a-vlhkosti-vzduchu-dht11/?gclid=CjwKCAjwJ2FBhAuEiwAIKu19uVMFJjorfW4g2Qq3IIBWYpqK2p0hzE5hi3X6ZgeoxyBUiG1Jj56oxoCV30QA vD_BwE
- [34] *DS18B20 Digitální vodotěsné čidlo teploty 1m* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/dallas-digitalni-vodotesne-cidlo-teploty-ds18b20-1m/>
- [35] *Nepájivé kontaktní pole 830 pinů, Bílé* [online]. laskarduino.cz [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/nepajive-kontaktni-pole-830-pinu--bile/>
- [36] *Prusaslicer* [online]. Prusa Research [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/prusaslicer/>

14 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: MXM All-in-One hydroponický systém MXM AV-10 [8].....	20
Obr. 2: Parrot Pot: Bluetooth Planter [10]	21
Obr. 3: Květináč na bázi vzlínivosti [11]	21
Obr. 4: Samozavlažovací sada na principu vzlínivosti [12].....	22
Obr. 5: Mi Flower Care Smart Monitor [14]	22
Obr. 6: Samozavlažovací květináč [16]	23
Obr. 7: Bluetooth samo zavlažovací květináč [17]	24
Obr. 8: Půdní vlhkoměr Eses 1474354607 [18].....	25
Obr. 9: Půdní vlhkoměr <i>ECLIPSE</i> 1531824339 [19].....	26
Obr. 10: Peristaltické čerpadlo Grothen G328 [22]	28
Obr. 11: Ponorné čerpadlo eses 1460321123 [24].....	28
Obr. 12: Li-Ion baterie LG INR18650-M36 [25]	29
Obr. 13: Nabíječka Li-ion článku TP4056 s ochranou microUSB [26].....	29
Obr. 14: NodeMcu CP2102 Lua WI-fi ESP8266 [27].....	30
Obr. 15: WeMos D1 Mini ESP8266 WiFi modul [28]	30
Obr. 16: WeMos D1 R2 UNO ESP826 [30].....	31
Obr. 17: 4kanálový I2C ADC převodník, ADS1115 [31]	32
Obr. 18: Vlhkoměr a teploměr DTH11 [33]	33
Obr. 19: Půdní teploměr DS18B20 [34]	33
Obr. 20: Koncepční návrh č. 1	34
Obr. 21: Koncepční návrh č.2	35
Obr. 22: Koncepční návrh č.3	36
Obr. 23: Nepájivé kontaktní pole 830 pinů, bílé [32]	37
Obr. 24: Příklad funkce MATLAB Analysis	39
Obr. 25: Příklad funkce React.....	40
Obr. 26: Příklad upozornění na email	40
Obr. 27: Příklad widgetu	41
Obr. 28: Hlavní přehled mobilní aplikace ThingSpeak	41
Obr. 29: Model ze Solidworks	42
Obr. 30: Ukázka slicování v PrusaSlicer	43
Obr. 31: Vytisknuté 3D díly	43
Obr. 32: Zapojení elektroniky na PCB desce.....	44
Obr. 33: Smontovaný systém	45
Obr. 34: Ukázka přijímaných dat.....	46
Obr. 35: Praktická ukázka použití systému.....	47

15 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Srovnání vlhkoměrů	26
Tab. 2: Porovnání vývojových desek	31
Tab. 3: Výpis cen použitých komponent.....	49

16 SEZNAM PŘÍLOH

Zip soubor obsahující:

- Elektronickou verzi této práce
- Zdrojový kód pro mikrokontroler
- Schéma zapojení
- Zdrojové kódy pro rozhraní ThingSpeaku
- Modely tištěných dílů ve formátu STL
- Model v programu Solidworks