

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Bakalářská práce

Inteligentní květináč

Olga Semenko

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Olga Semenko

Informatika

Název práce

Inteligentní květináč

Název anglicky

Intelligent flowerpot

Cíle práce

Cílem práce je navrhnout a implementovat měřicí systém pro kontrolu vlastností půdy v pěstební nádobě a okolí. Systém umožní měření vlhkosti, teploty vody okolí, intenzitu světla a množství vody v závlahové nádobě.

Metodika

Teoretická část bakalářské práce bude založena na studiu odborné literatury a výběru vhodných metod a komponent pro práci. Na základě těchto znalostí bude navrženo vhodné hardwarové i softwarové řešení. Praktická část práce bude založena na konstrukci a zprovoznění navrženého řešení. Výsledný výstup bakalářské práce bude ohodnocen a porovnán s již existujícími řešeními.

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

Inteligentní květináč, arduino, chytrá domácnost

Doporučené zdroje informací

Scott Fitzgerald, Michael Shiloh: ARDUINO PROJECTS BOOK



Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Josef Pavlíček, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačního inženýrství

Elektronicky schváleno dne 1. 11. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Inteligentní květináč" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Josef Pavlíčkovi, Ph.D. za velmi užitečné rady a pozitivní přístup. Dále chci poděkovat panu Robinu Michalovovi za zapůjčení potřebné techniky a za provedenou instruktáž.

Inteligentní květináč

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh a sestavení inteligentního květináče. Obsahem práce je návrh hardwarového i softwarového řešení celého systému inteligentního květináče. Následně je květináč sestaven dle návrhu a testován. Práce obsahuje i teoretickou část týkající se problematiky zadaného tématu. Hardwarové řešení projektu je elektronické řešení požadavků tohoto projektu. Je sestavena elektronika, která obsahuje funkční prvky dané zadáním. Dále je také navrženo a sestaveno řešení systému zavlažování ze závlahové nádoby v rámci vedení vody a jejího rozprostření po co největším povrchu zeminy v květináči. Softwarové řešení projektu spočívá v napsání zdrojového kódu, který umožňuje komunikaci elektroniky s uživatelem v uživatelsky přijatelném formátu.

Klíčová slova: inteligentní květináč, chytrá domácnost, Arduino, NodeMCU, automatizace zavlažování, RemoteXY

Intelligent flowerpot

Abstract

This bachelor thesis focuses on the design and construction of an intelligent flowerpot. The content of the work is the design of hardware and software solutions for the entire intelligent flowerpot system. Finally, the flowerpot is realized and tested. The thesis also contains a theoretical part concerning the issues of the assigned topics. The hardware solution of the project is an electronic solution to the requirements of this project. The electronics are assembled, which contains the functional elements given by the assignment. Furthermore, the solution of the irrigation system vessel within the water conduction and its distribution over the largest possible surface of the soil in the pot is also designed and assembled. The software solution of the project consists in writing the source code, which enables the communication of the electronics with a user-friendly format.

Keywords: intelligent flowerpot, smart home, Arduino, NodeMCU, irrigation automation, RemoteXY

Obsah

Úvod	8
1 Cíl práce a metodika	9
2 Studium odborné literatury	10
2.1 Inteligentní zavlažovací systémy a květináče	10
2.1.1 Zavlažovací systémy	10
2.1.1.1 Historie zavlažování	10
2.1.1.2 Vývoj zavlažovacích systémů	11
2.1.1.3 Opodstatnění existence automatizované závlahy	12
2.1.1.4 Dnešní systémy zavlažování.....	12
2.1.1.5 Využití v domácnostech	13
2.1.1.6 Chytrá domácnost.....	13
2.1.2 Inteligentní květináče.....	14
2.1.2.1 Samozavlažovací květináč.....	14
2.1.2.2 Automatizovaný květináč	15
2.2 Vývojové sady.....	16
2.2.1 Arduino versus Raspberry Pi	17
2.2.2 Osazení vývojové desky	18
3 Výběr vhodného řešení na základě studia odborné literatury	21
3.1 Návrh elektroniky.....	21
3.1.1 Volba vývojové desky	21
3.1.2 Sensorika	22
3.1.2.1 Měření vlhkosti půdy.....	22
3.1.2.2 Měření hladiny vody.....	23
3.1.2.3 Senzor pro měření okolní teploty a vlhkosti.....	24
3.1.2.4 Senzor pro snímání intenzity světla.....	24
3.1.3 Další elektronické funkční prvky.....	25
3.2 Návrh konstrukce květináče	26
3.2.1 Květináč	26
3.2.2 Vodní okruh	27
3.3 Komunikace květináče s uživatelem.....	28
3.3.1 Mobilní aplikace RemoteXY	28
4 Implementace řešení	29
4.1 Implementace elektroniky	30

4.1.1	Zapojení elektroniky	30
4.1.2	Sestavení kódu	31
4.1.2.1	Příprava zdrojového kódu RemoteXY	31
4.2	Vývoj květináče	37
4.2.1	Umístění čerpadel	37
4.2.2	Zpracování vodního okruhu.....	38
4.2.2.1	Filtr	38
4.2.2.2	Vedení vodního okruhu	41
5	Testování	43
5.1	Testování neelektronických částí květináče.....	43
5.2	Testování elektronické části	43
6	Zhodnocení řešení	44
7	Doporučení dalšího postupu.....	44
	Závěr	45
8	Seznam použité literatury.....	47

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Podpovrchové zavlažování	11
Obrázek 2 - Samozavlažovací květináč	14
Obrázek 3 - Inteligentní květináč - Click & Grow	15
Obrázek 4 - Arduino vs Raspberry Pi	18
Obrázek 5 - Velikost mikrokontrolérů	19
Obrázek 6 - Schéma mikrokontroléru	20
Obrázek 7 - Základová deska Arduino	20
Obrázek 8 - Vývojová deska NodeMcu V3 CH340G	22
Obrázek 9 - Kapacitní senzor vlhkosti půdy	23
Obrázek 10 - Senzor pro měření hladiny vody	24
Obrázek 11 - DHT22	24
Obrázek 12 - Senzor pro měření intenzity světla	25
Obrázek 13 - Relé	25
Obrázek 14 - Čerpadlo	26
Obrázek 15 - Gardenie samozavlažovací truhlík	27
Obrázek 16 - Schéma vodního okruhu	27
Obrázek 17 - Hadice pro vedení vody	28
Obrázek 18 - RemoteXY ukázka	29
Obrázek 19 - Schéma zapojení	30
Obrázek 20 - Průběh zapojování	31
Obrázek 21 - Návod RemoteXY	32
Obrázek 22 - Definice knihoven a nastavení připojení	32
Obrázek 23 - Aplikace na mobile vypnuté autozavlažování	33
Obrázek 24 - Aplikace na mobil zapnuté samozavlažování	33
Obrázek 25 - Konfigurace grafických prvků RemoteXY	34
Obrázek 26 - Konfigurace senzorů	34
Obrázek 27 - Kód pro senzory	35
Obrázek 28 - Kód spuštění čerpadla ručně	36
Obrázek 29 - Kód spuštění čerpadla automaticky	36
Obrázek 30 - Plastový díl samozavlažovacího květináče	37
Obrázek 31 - SLA 3D tiskárna	39
Obrázek 32 - Prototyp filtru v Onshape	39
Obrázek 33 - Deformovaný filtr	40
Obrázek 34 - Finální filtr	40
Obrázek 35 - Filtrační materiál	41
Obrázek 36 - 3D tiskárna Prusa MK3S+	41
Obrázek 37 - Zavlažovací jednotka	42
Obrázek 38 - Zapojený vodní okruh	42

Úvod

V této bakalářské práci se zabývám návrhem a sestrojením řešení systému automatizovaného zavlažování. S touto automatizací je spojeno i zaznamenávání dat ze senzorů. Sensory slouží ke zjišťování aktuálních podmínek rostlin v květináči.

Květináče s podobnými funkcemi již na trhu existují. Existují ale důvody, proč se i přes to věnovat právě vývoji inteligentních květináčů. Sice na trhu můžeme zakoupit takové květináče, které se dokážou postarat o rostlinu skoro naprosto bez přičinění zákazníka. Takovým květináčům je potřeba pouze doplňovat jednou za čas nádrž s vodou. To stačí k tomu, abychom mohli sledovat, jak rostlina roste. Tyto automatizované květináče jsou konstruovány s předpokladem potřeby specifických pomůcek. Nelze například zakoupit jakoukoliv zeminu, a zároveň nelze zasadit jakoukoliv rostlinu. Květináče tohoto typu potřebují specifický, předem připravený, typ půdy prodávaný ve specifické formě. Stejně tak semínka rostlin nemohou být volena naprosto libovolně. Je nutné brát ohled na možnosti květináče a jeho predispozice a doporučení výrobců.

Tato nastavení se odvíjí od profilu kupujícího takového květináče. Požadavky zákazníka jsou vyprofilované v tomto prodejním sektoru na minimální údržbu. Zákazník dle firmy nejčastěji bude kupovat takovýto květináč z důvodu, že o rostlinu chce pečovat skutečně minimálně. Výrobci se tedy snaží maximálně kontrolovat pěstební procesy včetně půdy, která musí být ideální pro pěstování zvolených rostlin.

V této práci si kladu za cíl vyrobit květináč, který bude jeho uživatelům primárně přinášet informace, které se nedají zjistit bez senzorky. Dále také dopomůže k udržování ideální vlhkosti půdy automaticky. Tím usnadní a zpříjemní opakující se procesy. V této bakalářské práci cílím na jinou charakteristiku kupujícího, než je momentálně dáno většinově na trhu. Tento projekt nemá za cíl vytvořit květináč, který v maximální míře nahradí lidskou péči o rostlinu. Tento květináč má pouze zpříjemnit péči a informovat pěstitele o podmínkách. Zaměřuji se zde tedy na kupujícího, který chce mít další informace ohledně rostliny. Kupující v tomto případě chce mít jistá usnadnění, ale nechce, aby byla jeho práce maximálně nahrazena.

Z mého pohledu chybí na trhu výrobky, které jsou určeny pro domácí zahradníky. V této práci se pokusím spojit metody, které dnes užívají zemědělci pro pěstování velkého objemu rostlin, a domácí pěstování rostlin v květináči. Při čemž nechci nahradit lidskou péči ale pouze ji zjednodušit a doplnit o informace, které nejsou běžně dostupné.

1 Cíl práce a metodika

Hlavním cílem práce je vytvořit inteligentní květináč, který zjednoduší a zefektivní práci jeho uživateli. Jedná se o květináč, který pomocí zakomponovaných senzorů a čerpadel dokáže samostatně zavlažovat rostlinu ze zavlažovací nádoby. Zároveň uživatele informuje o podmínkách, které jsou pro rostlinu stěžejní, uvnitř i vně květináče.

K vytvoření této bakalářské práce jsou definovány dílčí cíle:

1. Studium odborné literatury týkající se všeobecných znalostí z oboru automatizovaného zavlažování. Dále informativní průzkum trhu s inteligentními květináči v České republice.
2. Na základě získaných znalostí bude vybráno optimální řešení pro konstrukci květináče v této práci.
3. Realizace vybraného řešení.
4. Testování inteligentního květináče sestrojeného v tomto projektu. Následně zhodnocení funkčnosti a navrhnutí budoucích úprav.
5. Shrnutí a zhodnocení tohoto způsobu zpracování inteligentního květináče.
6. Závěrem bude tento návrh řešení porovnán s již dostupnými řešeními na trhu.

2 Studium odborné literatury

Typů zavlažování je mnoho. Jsou velké rozdíly mezi zavlažovacím systémem pro venkovní využití a zavlažovacím systémem pro vnitřní využití. V této práci se zaměřuji konkrétně na zavlažovací systém pro vnitřní využití. V rámci studia této problematiky bylo nutné pro komplexní představu nastudovat zavlažovací systémy obecně. Po studiu literatury na toto téma jsem se zaměřila primárně na automatizaci těchto procesů. Tato kapitola se tedy bude věnovat dvěma hlavními tématům potřebným k této práci. Nejprve se zaměřuji na existující typy zavlažovacích systémů a principy funkcionalit.

Následně ale bylo nutné se také zaměřit i na elektronickou stránku projektu. Tato část studia je naprosto neodmyslitelná při tvorbě elektronického systému. Dá se říci, že je naprosto stěžejní. Důvod pro kladení takového důrazu na tuto část je logický. Podíváme-li se s odstupem na celé toto téma, nejstabilnější část této práce je elektronika. Ve chvíli, kdy máme elektroniku včetně napsaného funkčního kódu, můžeme tento systém umístit do jakéhokoliv květináče. Stačí k tomuto umístění už jen drobné úpravy konkrétního květináče. Mám-li tuto analogii popsat velmi obrazně, elektronická část je jako mozek celého projektu.

2.1 Inteligentní zavlažovací systémy a květináče

2.1.1 Zavlažovací systémy

2.1.1.1 Historie zavlažování

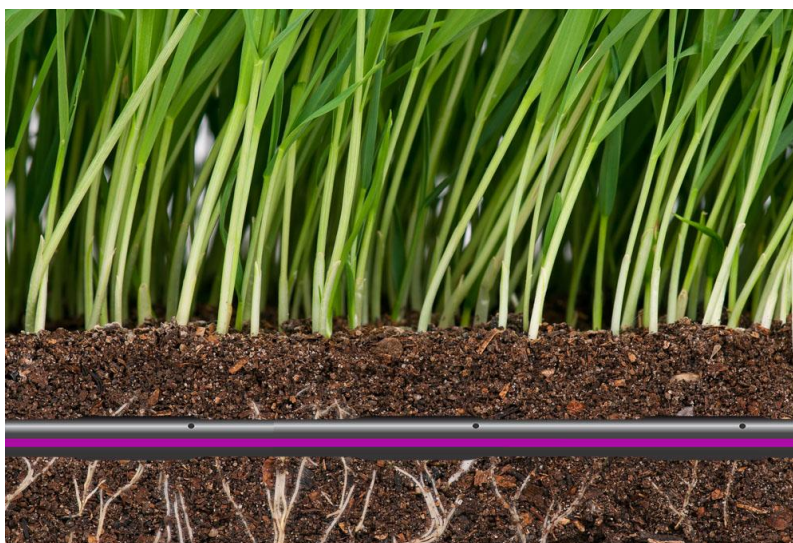
Dle díla Encyclopedia of Soil Science (Lal, 2021) nejstarší archeologické stopy o zavlažování v zemědělství sahají až k 6000 let před našim letopočtem. Podle důkazy, že již v té době v okolí Jordánského údolí. V následujících tisíciletích se umění zavlažování rozšířilo po celé Persii a na Středním východě. Nicméně nezávisle na tomto vývoji se alternativní metody zavlažování i na asijském kontinentu. Takto na začátku vývoje sofistikovaných zavlažovacích systémů se paralelně vyvíjelo více metod zavlažování. Některá zavlažovací schémata se dochovala do dnes. Některá zavlažovací schémata ale nebyla vhodná, nejčastěji z důvodu nedostatečného pochopení odvodnění a následnému dlouhodobému poškození půdy.

Uvážím-li dosavadní zjištění, zavlažování půdy je hlavně v rámci zemědělství velmi důležité téma. Dnes je tento obor propojený s velmi rozsáhlou automatizací. Zároveň také máme o mnoho více dat pro navrhování ideálního zavlažovacího systému pro konkrétní parcelu.

2.1.1.2 Vývoj zavlažovacích systémů

Novodobé závlahové systémy se ve větší míře začaly vyvíjet až na přelomu padesátých a šedesátých let. O tomto tématu zpracovala firma (Úsporné Závlahy s.r.o., 2019) informace z oboru. Na přelomu padesátých a šedesátých let se pro zavlažování velkých ploch se začaly používat hadice vyrobené z polyethylenu (PE) nebo polyvinylchloridu (PVC). Do těchto materiálů se daly snadno vyvrtat otvory, aniž by se při tlaku vody tyto otvory rozšiřovaly. Hadice z těchto materiálů jsou velmi odolné i vůči vnějším vlivům. Takové nebylo na začátku cenově dostupné pro všechny zemědělce. Za předpokladu využití filtračních systémů se s těmito hadicemi pracuje dobře i při nízkém tlaku vody. Vodu je potřeba filtrovat hlavně v případě velkého množství obsáhlých minerálů ve vodě. Při špatné kvalitě vody se hadice nebo otvory mohou ucpávat. Možnost využití i při nízkém tlaku vody je velmi zásadní pro značnou úsporu vody ve srovnání se standardními zavlažovacími metodami.

Obrázek 1 - Podpovrchové zavlažování



Zdroj: (Úsporné Závlahy s.r.o., 2019)

Metoda podpovrchového zavlažování pomocí hadic s otvory mají i své nedostatky. Tato metoda nezajišťuje rovnoměrnou aplikaci vody. Docházelo také k ucpávání otvorů v hadicích kvůli zanesení otvorů půdou. I tak dlouhou dobu poptávka po této metodě automatizované závlahy rostl. Tato metoda zavlažování i přes nevýhody dokázala časem, pomocí technologických inovací, zemědělcům zaručit snadnou instalaci na pole. Kromě zavlažování byla možná i aplikaci hnojiv prostřednictvím tohoto systému. Postupem času se řešila problematika spojená i s ucpáváním otvorů

v hadicích či s ucpáváním kapkovačů¹.

Vyřešením této problematiky se významně prodloužila i životnost systému, a to i na více než dvacet let. Cena systémů časem klesala díky efektivnější výrobě. Poptávka vzrostla a tyto systémy začaly využívat i v soukromém sektoru. Nebyl to už pouze zemědělský produkt. Zavlažovací systémy se dostaly na trh pro konečného spotřebitele. Snížením ceny a zvýšením dostupnosti se automatizované zavlažování z pole přesunulo i na zahradu.

2.1.1.3 Opodstatnění existence automatizované závlahy

Dostáváme se zde k otázce, jak zásadní je výhoda automatizovaného zavlažování oproti jiným, mechaničtějším způsobům? Tato otázka je možná nesmyslná, pokud mluvíme o zemědělství. Tam je každá automatizace a zamezení nasazení lidských zdrojů finančně přínosná. Co ale říci o péči o malé zahrady u lidských obydlí? Kromě usnadnění práce, což je benefit hlavně pro zákazníka se jedná i o velkou úsporu vody.

2.1.1.4 Dnešní systémy zavlažování

Pro optimalizaci využívání vody je potřeba začít s analýzou půdy. Podle těchto informací je možno určit, zda je potřeba zalévat, kolik je potřeba vyžít vody. To vše se rozhoduje nejen v závislosti na prospěch rostliny, ale i pro maximální úsporu zdrojů. Tuto funkci nám mohou zajistit elektronické prostředky.

Pro představu se jedná o sestavu čidel, které si zemědělec nebo laik pořídí podle svého uvážení. Jedná se o senzory, jako například senzor půdní vlhkosti, které změří vlhkost půdy. Měření vlhkosti se běžně provádí v místě kořenů rostliny a před naplánovaným zavlažováním. V případě, že vlhkost půdy je dostatečná, zavlažování se nespustí. Dále se využívají také dešťové a mrazové senzory, které přeruší zavlažovací cyklus během deště a mrazu. Za takových meteorologických podmínek zavlažovat není potřeba. Existují i senzory větru, kdy je přerušeno zavlažování při určité rychlosti větru. Podle rychlosti větru lze určit limit, při kterém některé způsoby zavlažování nejsou efektivní. V takovém případě se tedy zavlažovací cyklus nespustí. Kromě senzorů je potřeba nainstalovat i časovač zavlažování, který bude kompatibilní se senzory a systémem, který je aplikován pro konkrétní potřebu.

¹ Kapkovače slouží k zavlažování jednotlivých rostlin.

2.1.1.5 Využití v domácnostech

S příchodem inteligentních prvků domácnosti se téma automatizace domácnosti stalo velmi populární. Jedním z témat automatické domácnosti je i automatizace v zavlažování zahrad i truhlíků. Vzhledem ke globálnímu oteplování a ke stále více diskutované úspoře vody se jedná o stále více preferovaný způsob, jak o svou zahradu pečovat. Nové domy ať už obytné, či korporátní jsou již velmi často stavěny se snahou o ekologicky neutrální a udržitelné projekty. Při tvorbě těchto projektů je požadovaná maximalizace zelených ploch a zároveň minimalizace spotřeby vody a energie. Ideální projekt je co nejvíce samoudržitelný.

Úspora vody se pravděpodobně v příštích letech stane ještě více ožehavým tématem. Automatizované zavlažování je zatím nejlepší způsob, jak zamezit zbytečnému plýtvání vody při ručním zalévání.

2.1.1.6 Chytrá domácnost

Trend optimalizace veškeré spotřeby se dostává do našich domácností i jako zajímavý doplněk v domácnostech. Dostává nás blíže k do nedávna abstraktní představě domácnosti, kterou mnozí z nás díky sci-fi žánru známe. Chytrou domácnost vnímáme jako ovládání prvků domácnosti hlasem, automatizaci maximálního množství spotřebičů a další elektroniky. Může to být ale i pouze přístup k pro nás dříve nedosažitelným informacím.

Senzory, které jsou zmíněny v kapitole Dnešní systémy zavlažování a které původně měly jasný účel v zemědělství jsou obšírně využitelné. V kompaktnějších a elegantnějších provedeních se dostávají přímo k nám do domácností. Není ani výjimečné ovládání některých prvků domácnosti hlasem. Pro tento projekt nejzajímavější je ale funkce meteostanic. Meteostanice do domácností i na zahradu, které pro naši zvědavost snímají teploty uvnitř i venku, míru slunečního svitu, rychlost větru, vlhkost v místnosti, či dokonce míru CO₂ pro upozornění, že je potřeba vyvětrat. Toto je pouze nastínění možností, které již dnes máme.

Dnešní trend je stále více zpříjemňovat prostředí v práci i v domácnosti, a tyto inteligentní prvky nám v tomto mohou pomoci. Existuje již spousta studií o tom, jaké je ideální prostředí pro co nejlepší efektivitu práce. Jeden z velmi zajímavých poznatků je vliv zelených barev a živých rostlin na člověka. Přítomnost rostlin v domácnosti má velký účinek na naši náladu i dobrý pocit z prostředí. V dnešní chaotické době je však příliš složité pečovat o rostliny tak, aby prospívaly. Pro řešení tohoto problému existují inteligentní květináče.

2.1.2 Inteligentní květináče

2.1.2.1 Samozavlažovací květináč

Začněme typem květináče, který napomáhá při pěstování rostlin bez elektroniky. Samozavlažovací květináče fungují na principu samozavlažování z nádoby, která je pod rostlinou a je oddělena od hlíny. V květináči je část s otvory pro oddělení půdy od nádrže. Voda se do půdy dostává pomocí knotů ze savého materiálu. Knoty pomocí povrchového napětí vodu nasávají a zavlažují tak půdu. Tyto květináče se dají využít i bez knotů. Na začátku pěstování rostliny je nutné ji zalévat standardním způsobem, dokud kořeny rostliny nedosáhnou až k vrstvě vody. Při dostatečné délce kořenů pak lze rostlinu zalévat pouze méně častým doplňováním rezervoáru s vodou.

Obrázek 2 - Samozavlažovací květináč



Zdroj: (Smetana, 2017)

Tento způsob pěstování není vhodný pro všechny typy půd ani pro všechny typy rostlin. Nevýhodou také je častý problém se stojatou vodou v nádrži. Je to velmi jednoduchý způsob samozavlažování, který je cenově dostupný.

2.1.2.2 Automatizovaný květináč

Dnes již také cenově dostupný a pro uživatele nejvíce zjednodušený způsob pěstování rostlin je inteligentní květináč. Takový květináč dokáže o rostlinu s občasným doplněním rezervoáru pečovat sám.

Obrázek 3 - Inteligentní květináč - Click & Grow



Zdroj: (Tyler Chin, 2022)

Tyto typy květináčů se dají velmi snadno pořídit v obchodech s elektronikou či v některých zahradnictvích. Květináče, které na trhu máme fungují tak, že je potřeba k nim dokoupit kazety pro pěstování. Tyto kazety musí být určeny pro ten typ květináče, který máme a většinou je potřeba koupit je od stejné značky jako květináč. V těchto kazetách je již připraven substrát a semínka rostliny, kterou chceme pěstovat. Je možné do půdy v kazetách zasadit i vlastní semínka, nicméně tyto květináče nejsou určeny k běžnému užívání jako jsme zvyklí z obyčejných květináčů. Nejsou vhodné pro aplikaci vlastního substrátu.

Podíváme-li se na květináč (Obrázek 3), můžeme si všimnout ramena, které slouží jako světlo pro květináč. Myšlenka spočívá v tom, že rostlina nebude potřebovat denní světlo, bude tedy růst i přes noc. Musíme si ale definovat, za jakých podmínek může fungovat tato náhrada slunečního světla.

Podle Jakuba a Pavly Slavíkových (Slavík & Slavíková, 2020) je pro rostliny zásadní červené světlo. Takové světlo má vlnovou délku 600-700 nm a je to světlo spouštěcí

fotosyntézu. Důležité je i dalece červené světlo (700-800 nm), které dokáže urychlit kvetení a zapříčiňuje velkou plochu listů.

Jiné druhy světla na rostliny mají vliv mnohonásobně menší. Některá spektra se dokonce považují za nepotřebné, například zelené světlo (500-600 nm). Shrneme-li si tyto poznatky, je potřeba si určit, jaké světlo by rostlině skutečně mohlo pomoci rostlině k lepším podmínkám. Při výběru LED zdroje světla je třeba vědět vlnovou délku vydávaného světla. Při průzkumu trhu jsem bohužel narazila na problematiku dohledávání vlnové délky LED světelných implementovaných v květináči. Výrobci tuto informaci při prodeji uvádět nemusí, nevíme tedy, zda LED světla obsažená ve většině květináčů skutečně mohou mít větší vliv na rostliny.

Dále v těchto květináčích funguje automatická regulace vody. Není potřeba rostlinu zalévat, pouze je nutné doplňovat rezervoár vody. Květináč tedy v maximální možné míře minimalizuje jakoukoliv starost o rostlinu a poskytuje zajímavé údaje o jejím růstu v mobilní aplikaci. Bez péče, z kazet s půdou a semínky, dokáže za 2-4 měsíce vypěstovat plnohodnotné bylinky, zeleninu a další typy rostlin. Subjektivně však vnímám i negativum, a to je příliš specifické využití. Při koupi takového květináče jsme omezeni při jeho užívání. Produkt je určen k užití za předpokladu zakoupení dalších velmi specifických produktů zakoupených k tomuto účelu. Není tedy všestranně použitelný jako květináč s přídatnými funkcemi. Tento nedostatek byl impulzem pro zvolení tohoto tématu bakalářské práce. Cílem této práce je vytvořit květináč, který nebude příliš omezovat uživatele ve výběru substrátů a semínek pro pěstování. Dále také nebere uživateli radost z pěstování. Toto tvrzení si možná na první pohled protiče s dosavadním popisem uživatele. Dle dosavadních myšlenek chce většinový uživatel ideálně ušetřit co nejvíce času a rostlině se nevěnovat a mít ji pouze jako estetický doplněk. Jsou ale i takoví uživatelé, kteří do jisté míry mají zájem o zahradničení. V takovém případě jim automatický květináč dostupný na trhu nebude vyhovovat kvůli příliš rozsáhlé automatizaci. Mým dlouhodobým cílem tedy je vytvořit květináč, který je pro zahradníka doplňkem ke koníčku, a bude rozšiřovat hloubku vědomostí ohledně rostliny.

2.2 Vývojové sady

Sestavení elektroniky pro jakýkoliv projekt může být ve chvíli, kdy bychom skutečně každý jednotlivý prvek tvořili od základu velmi složitá záležitost hodná velmi šikovného elektrotechnika. Existují však zjednodušené možnosti tvorby elektroniky pomocí

obrazně řečeno „stavebnic“. Využití těchto stavebnic dává možnost lépe proniknout do samotného návrhu řešení, aniž bychom řešili výrobu základních funkcí a dalších komponent potřebných pro toto řešení.

Na trhu je velké množství nejrozličnějších řešení stavebnic. Je tedy potřeba prozkoumat trh a vybrat takové řešení, které bude vhodné pro tento typ projektů. Při zaměření na tuto problematiku je patrné, že zásadním prvkem pro vytvoření inteligentního květináče bude mikropočítač.

Využití mikropočítače je způsob, jakým se v dnešní době vyrábí veškerá elektronika. Konkrétně absolutně nejčastější využitelné prvky jsou jednočipové počítače. Takovéto počítače lze velmi snadno pořídit na českém trhu.

Pro tvorbu projektů existují přímo prototypovací nástroje, které původně vznikly jako pomůcky pro studium elektrotechniky a programování. Dají se však využít velmi dobře i pro tvorbu projektů v domácím prostředí a jsou často užívány i profesionály při tvorbě prototypů. V rámci jednočipových počítačů vhodných pro prototypování existuje více dostupných řešení. Jedná se o velké množství vývojových desek. Mezi nejčtenější patří značky Arduino, Maker nebo Spresense.

Arduino je zároveň open-source platforma, která je určena pro návrh technologických řešení. Zároveň se jedná i o stejnojmennou návrhářskou desku s mikroprocesorem. Srovnatelné s Arduino deskou je i deska Maker. Maker je na rozdíl od Arduina podstatně levnější, nicméně je v době psaní této práce hůře dostupná na českém trhu. Spresense je jednodeskový počítač od společnosti SONY, který má na rozdíl od již jmenovaných alternativ i integrované GPS, nebo také audio kodek a zesilovač pro audio výstup.

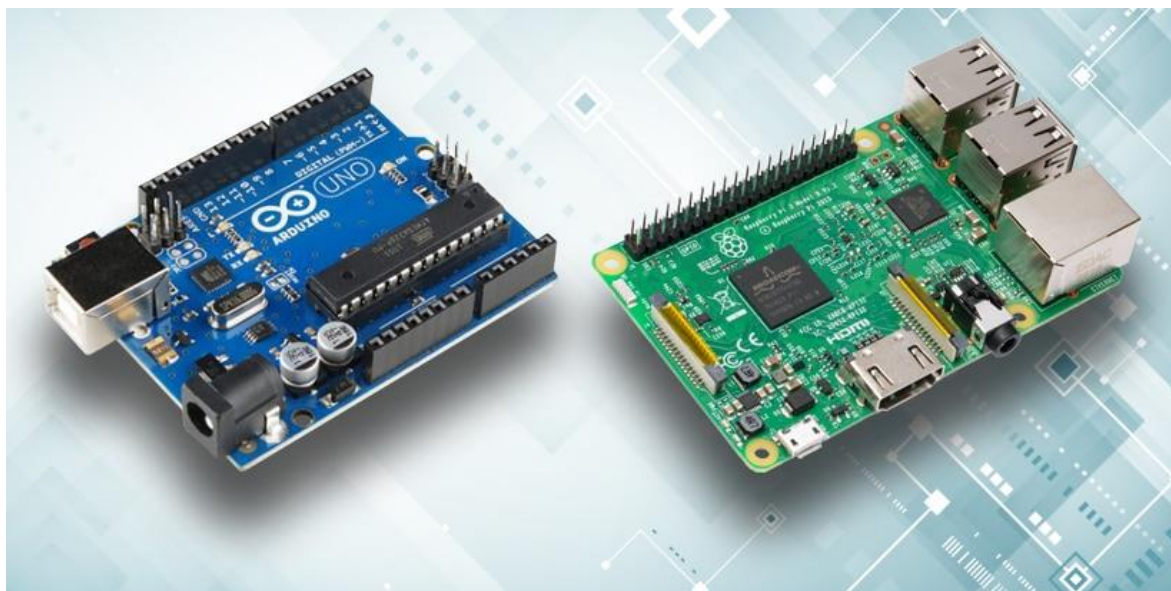
2.2.1 Arduino versus Raspberry Pi

Deska Arduino se dá využít ve velmi rozsáhlém spektru. Nedá se na něm ale zprovoznit Linux. Pokud bychom měli potřebu pro náš projekt využít možnosti zprovoznění v mikropočítači operační systém a pracovat v něm, lze využít desku Raspberry Pi, která se Arduinu podobá velikostně, ale na rozdíl od Arduina je srovnatelná se slabším stolním počítačem. Raspberry Pi obsahuje mikroprocesor a vývod pro monitor a přes USB je možné připojit i klávesnici a myš. Na počítači Raspberry Pi je možné provozovat různé distribuce Linuxu, RISC OS, ale i Microsoft Windows 10 IoT Core. Arduino je také jednodeskový

počítač, který je ale na rozdíl od Raspberry Pi založen na mikrokontrolerech ATmega od společnosti Atmel.

Deska Arduino je v porovnání s Raspberry Pi pro tento projekt vhodnější, jelikož u inteligentního květináče není potřeba zprovoznit operační systém. Nicméně v rámci jiných projektů v domácnosti lze Raspberry Pi také velmi dobře využít. Jako výborný příklad využití může být funkce, která dokáže pomocí Raspberry Pi zprovoznit komunikaci televize s domácím síťovým uložištěm (například NAS) a umožnit tvorbu multimediální knihovny pro pohodlné přehrávání dat uložených na síťovém uložišti na televizi. Pro účel tvorby inteligentního květináče Raspberry Pi tedy není vhodné použít, nicméně se jedná o další způsob řešení některých prvků chytré domácnosti. Rozdíl mezi Arduinem a Raspberry Pi je na první pohled pro laika nepatrný. Velikostně se jedná o velmi podobné mikropočítače. Tento rozdíl se odvíjí od samotné architektury a rozdílnosti prvků Arduina a Raspberry Pi. Arduino je zaměřeno na rychlé programování a prototypování obvodů, Raspberry Pi je nástroj pro počítačové programování. Tedy hlavním hardwarovým rozdílem je to, že Arduino je založeno na využití mikrokontroléru, zatím co Raspberry Pi je deska založena na využití mikroprocesoru (obvykle na ARM Cortex A Series).

Obrázek 4 - Arduino vs Raspberry Pi



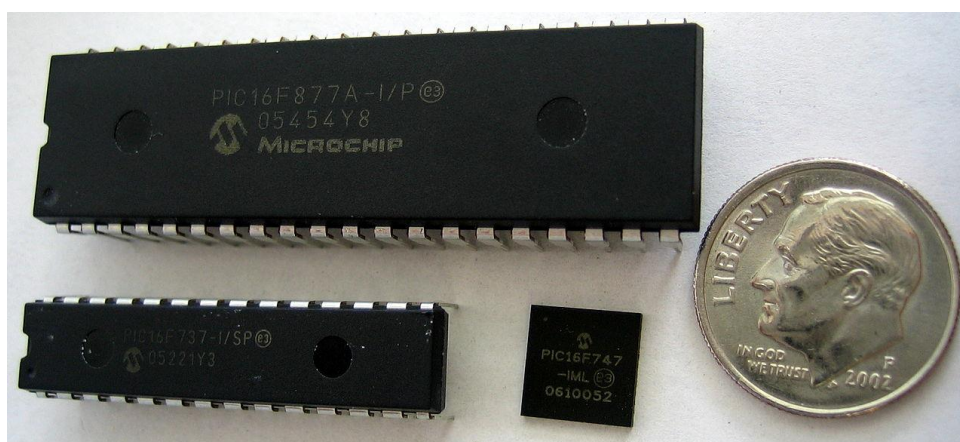
Zdroj: (Gudino, 2018)

2.2.2 Osazení vývojové desky

Dle (prof.RNDr. Milan Tichý, 1998) mikrokontrolér neboli mikrořadič nebo také jednočipový mikropočítač je součástka, která je svou architekturou přizpůsobena speciálně

pro monitorování a řízení různých mechanismů a procesů. Jedná se o čip, ve kterém je integrován vlastní mikroprocesor a dále také operační paměť RAM, pevná paměť ROM, PROM nebo EPROM, paměť dat a časovače umožňující synchronizaci s reálným světem (Obrázek 6). Možnosti aplikace mikrokontrolérů je prakticky neomezená. Lze jej využít ve velmi širokém spektru od běžných elektronických přístrojů v domácnosti, až po nejnáročnější aplikace v dopravní sféře. Jedná se o velmi kompaktní čip (Obrázek 5), který je jednoduché umístit i do drobných spotřebičů v domácnosti, nebo do běžně užívané elektroniky jako je například mobilní telefon.

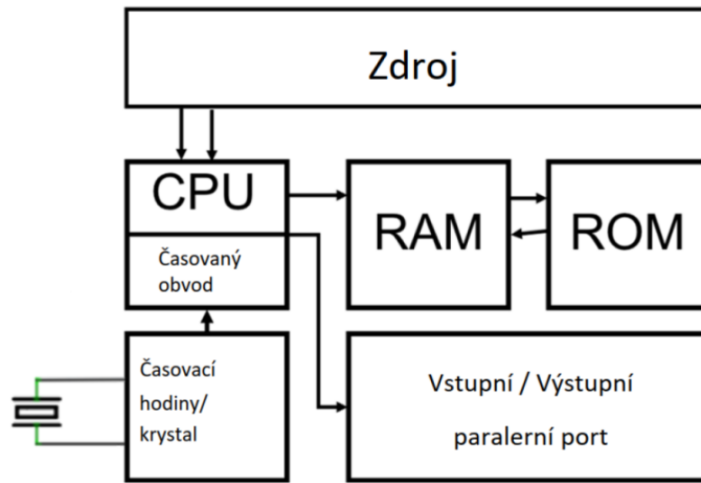
Obrázek 5 - Velikost mikrokontrolérů



Zdroj: (Volné dílo, 2006)

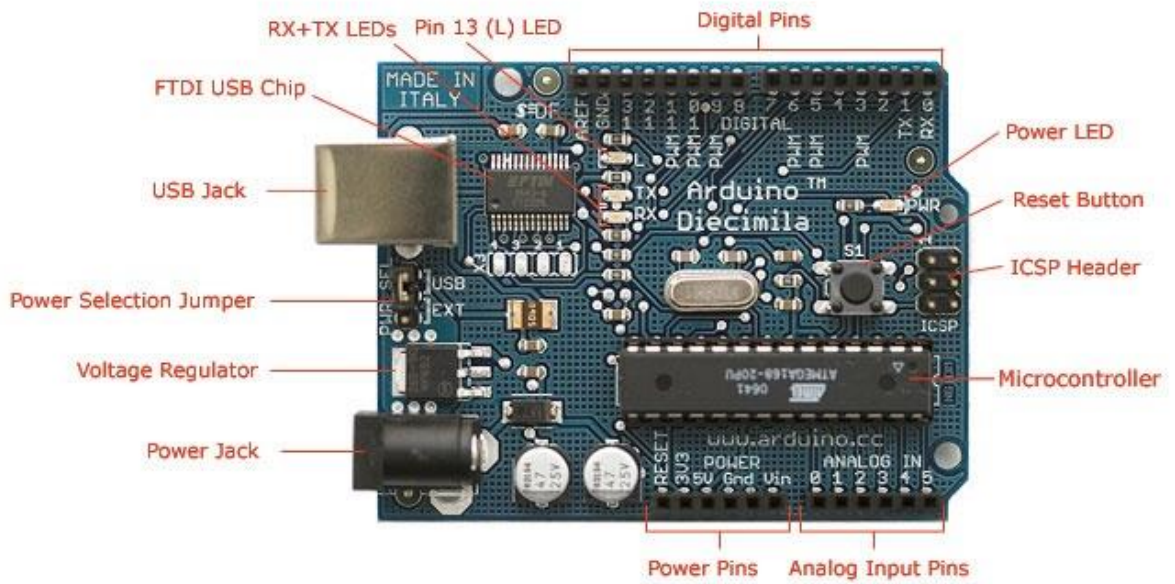
Kromě mikrokontroléru je vývojová deska vybavena i sadami digitálních a analogových vstupně/výstupních (I/O) kolíků, které mohou být propojeny s deskami pro rozšíření plochy pro prototypování, či při menších projektech mohou být využívány přímo pro zapojování senzorů a regulátorů i bez přídavné plochy. Dále je na desce USB port pro zprostředkování komunikace s deskou, i napájecí konektor pro přívod energie. Podrobnější popis prvků na desce Arduino (Obrázek 7) je ilustrativním, nicméně výstižným popisem prvků, kterými jsou všechny typy desek s drobnými odlišnostmi osázeny.

Obrázek 6 - Schéma mikrokontroléru



Zdroj: (Wostl, 2019)

Obrázek 7 - Základová deska Arduino



Photograph by SparkFun Electronics. Used under the Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0 license.

Zdroj: (SparkFun, nedatováno)

3 Výběr vhodného řešení na základě studia odborné literatury

Při výběru vhodného řešení jsem se setkala se třemi nejdůležitějšími otázkami. Rozdělení a pojmenování základních témat vývoje bylo zásadní. V tomto případě jsem rozdělila vývoj na tři části. Elektroniku v tomto případě bylo nutné řešit ihned na začátku. Důvod k tomu je velmi praktický. Právě elektronické součástky je nutno s předstihem objednat a je tedy nutné znát, jakou elektroniku v projektu využiji. Nelze však přemýšlet pouze o elektronice bez ohledu na velikost a úvahách o zakomponování součástek do květináče. Plynule tedy přišla na řadu otázka ohledně konstrukce květináče. Tato otázka se velmi prolíná s otázkou elektroniky. Na závěr při implementaci elektroniky do květináče se před začátkem projektu musíme zamyslet nad formou výstupu dat uživateli.

3.1 Návrh elektroniky

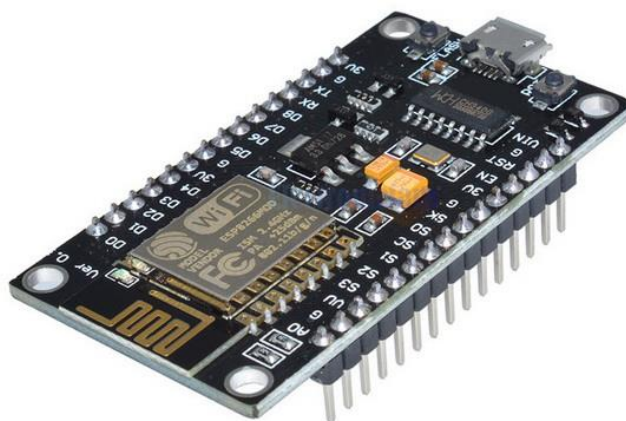
3.1.1 Volba vývojové desky

V předchozí kapitole jsou rozebrány rozdíly různých vývojových desek. Popsali jsme si základní rozdíly mezi hlavními vývojovými deskami na trhu. Porovnali jsme zásadní rozdíly mezi užitím mikrokontroléru a mikroprocesoru. Výstup z tohoto porovnání je takový, že je vhodné pro tento typ úkolu využít mikrokontroler.

Při úvaze, že by květináč mohl komunikovat s nějakým dalším zařízením je nutné si vybrat takovou vývojovou desku, která toto umožňuje. V dnešní době je velmi časté ovládání domácí elektroniky připojením k Bluetooth nebo Wifi. V tomto případě jsem zvolila tedy využití WI-FI ke komunikaci vývojové desky s ovládacím zařízením. Pro takový způsob využití je třeba se ještě jednou zamyslet nad vývojovou deskou. Je potřeba taková vývojová deska, která bude mít ESP čip. Tento čip zajišťuje WI-FI či Bluetooth připojení.

Nabídka vývojových desek s ESP čipem je velká. Kvalitativně se desky od různých značek příliš neliší, proto jsem pro tento případ vybrala desku NodeMcu V3 CH340G (Obrázek 8). Jedná se o vývojovou desku, která obsahuje mikrokontroler ESP8266. Tento mikrokontroler dovoluje funkci WI-FI. Desky Arduino lze také pořídit i s WI-FI modulem. Pro tento projekt jsem však zvolila alternativu NodeMcu V3 s ohledem na momentální velmi rychlou dostupnost.

Obrázek 8 - Vývojová deska NodeMcu V3 CH340G



Zdroj: (Limlejn, 2018)

3.1.2 Senzorika

Nezbytné pro tvorbu inteligentního květináče jsou senzory. Senzory jsou zdrojem informací, které využívá květináč pro svou automatizovanou funkcionalitu. Zároveň ale výstup ze senzorů chci v tomto projektu v upravené formě zobrazovat i uživateli. V této části si musíme již konečně určit ty informace, které chceme znát.

3.1.2.1 Měření vlhkosti půdy

Dle Ing. Dagmar Honsové (2008) má každá metoda měření vlhkosti půdy svůj specifický soubor chyb. Existuje ale základní metoda, podle které se kalibrují ostatní způsoby stanovení vlhkosti půdy. Jedná se o vázkovou metodu, kterou nazýváme také jako gravimetrie. Jedná se o metodu prováděnou v laboratorních podmínkách při potřebě určit velmi přesně vlhkost půdy.

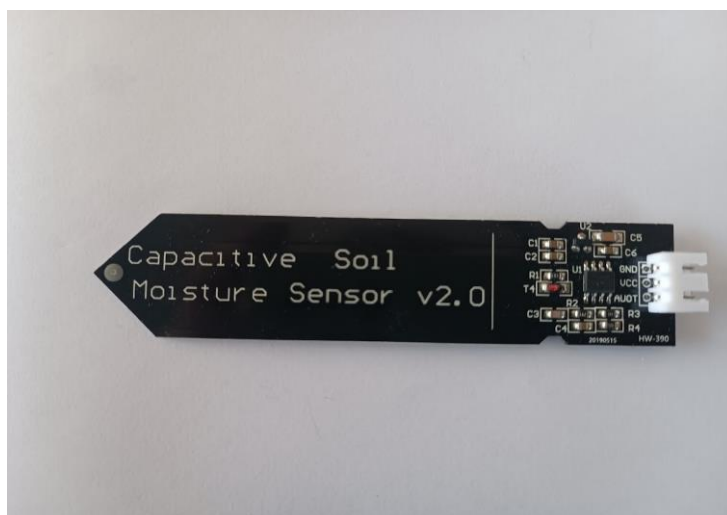
V této práci takto složitou metodu využít nelze. Nicméně ze předchozího zjištěný plyne, že další způsoby měření jsou kalibrovány právě pomocí gravimetricky stanovených hodnot. Při průzkumu možných způsobů měření jsem využila poznatků Ing. Dagmar Honsové, specialistky na biometeorologii. Cituji (Ing. Dagmar Honsová, 2008) „V současnosti jsou používány nedestruktivní elektrické metody umožňující sledování dynamiky změn obsahu vody v půdě pomocí stabilně instalovaných snímačů.“

Pro stanovení vlhkosti půdy jsem se tedy rozhodla využít metody stabilně instalovaného jednoho snímače. Zvolila jsem kapacitní senzor.

Měření pomocí kapacitního snímače vlhkosti je dle (Michael Stoll, 2017) velmi univerzální a flexibilní. Touto metodou není nutné měřit pouze půdu. Lze takto měřit mnoho

sykých materiálů. Nicméně v tomto případě jsme zvolili senzor, který je přímo vykonstruovaný pro měření půdní vlhkosti viz (Obrázek 9). Princip měření vlhkosti je zjednodušeně takový, že senzor vytváří elektrické pole. Materiál, který měříme je vystaven tomuto elektrickému poli a aktuální vlhkost ovlivňuje toto elektrické pole. Na tomto principu senzor rozeznává dostatečně přesně vlhkost materiálu.

Obrázek 9 - Kapacitní senzor vlhkosti půdy

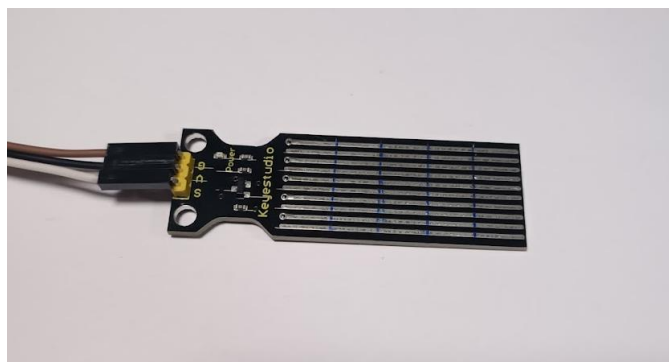


Zdroj: Autor

3.1.2.2 Měření hladiny vody

Tento senzor úzce souvisí i se samotnou konstrukcí květináče. V rámci konstrukce předem víme, že květináč bude mít nádrž s vodou. Z této nádrže bude čerpat vodu pomocí čerpadel. K této funkci nezbytně náleží senzor, který měří, kolik vody v nádrži zbývá. Tento typ senzorů již není principiálně tolik složitý, jako senzor na měření vlhkosti půdy. Zvolila jsem tento senzor. Senzor přímo převádí hladinu vody na analogové hodnoty, které se nám zobrazí.

Obrázek 10 - Senzor pro měření hladiny vody

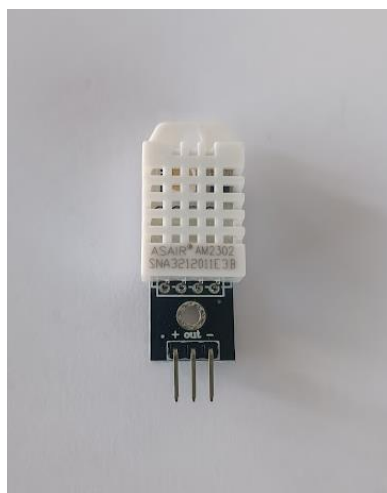


Zdroj: Autor

3.1.2.3 Senzor pro měření okolní teploty a vlhkosti

Pro tento účel jsem zvolila jeden z nejpoužívanějších senzorů pro tyto účely. Jedná se o senzor DHT22. Senzor je populární díky svojí přesnosti měření a kompaktností, jak je patrné zde: (Obrázek 11).

Obrázek 11 - DHT22



Zdroj: Autor

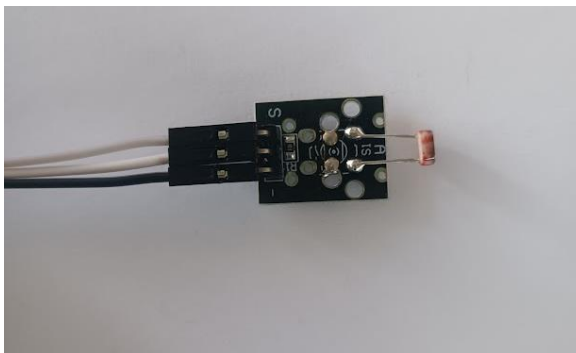
3.1.2.4 Senzor pro snímání intenzity světla

Jedna z informativních funkcí pro uživatele je intenzita světla. Tento údaj umožňuje uživateli sledování množství osvětlení v okolí květináče. Tento ukazatel velmi závisí na umístění senzoru, je tedy nutné senzor umístit tak, aby byly údaje z něj reálné.

Údaj získaný z fotosenzoru umožní uživateli vybrat správné umístění rostliny. To, zda je umístění správné však musí rozhodnout sám uživatel v návaznosti na rostlině. Uvedu

velmi jednoduchý příklad. Uživatel pěstuje rostlinu, která prospívá v polostínu. V takovém případě může uživatel přesně zjistit hodnotu intenzity osvětlení. V případě polostínu by bylo tedy ideální, aby intenzita světla byla přibližně 60-70 %. Uživatel tedy s touto vědomostí může umístit květináč na místo, které tomuto požadavku skutečně odpovídá.

Obrázek 12 - Senzor pro měření intenzity světla

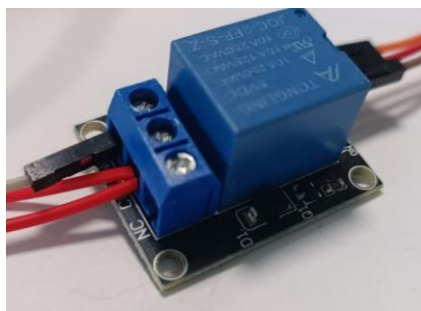


Zdroj: Autor

3.1.3 Další elektronické funkční prvky

Kromě senzorů je zde nutné zajistit funkčnost automatizovaného zalévání. Pro zalévání je nutné mít nádrž s vodou a čerpadla, která budou přečerpávat vodu pro zalití. Pro konstrukci tohoto řešení jsou potřeba 2 čerpadla s bočním odčerpáváním vody (Obrázek 14) a jedno relé (Obrázek 13). Relé je zařízení sloužící ke otevírání a uzavírání elektrického obvodu.

Obrázek 13 - Relé



Zdroj: Autor

Z hlediska elektroniky tento systém bude fungovat velice jednoduše. Relé bude spínat obvod ve chvílích, které kódově určím že má. Ve chvíli, kdy se obvod sepne, spustí se proces zalévání. Zapnou se čerpadla, která z vodní nádrže začnou odčerpávat vodu. Podrobnější popis odčerpávání vody z hlediska konstrukce květináče naleznete v kapitole Vodní okruh.

Obrázek 14 - Čerpadlo



Zdroj: Autor

3.2 Návrh konstrukce květináče

V této fázi návrhu řešení se zabývám konstrukcí hardwarové části. Je zde nutné najít způsoby, jak květináč bude zavlažovat rostlinu, nebo kde bude umístěná elektronika, aby fungovala správně. Mimo jiné je potřeba vyřešit i základnější otázky jako jaký typ nádoby pro vývoj. Při řešení některých konstrukcí v této 3D tisk.

3.2.1 Květináč

Při projektu jsem uvažovala nad dvěma metodami jak květináč navrhnout. První metodou by bylo pořídit úplně obyčejný květináč a k němu doplnit externí rezervoár vody. Tato metoda je zajímavá a využitelná, nicméně je zde problém s kompaktností takového systému. Chyběla mi u tohoto nápadu ta myšlenka využitelnosti uživatele, který si to koupí jako produkt pro užívání. Velmi nepraktický rezervoár nacházející se v okolí květináče by ohrozil celkovou využitelnost květináče v obyčejné domácnosti. Přišla tedy na řadu druhý návrh. Tento návrh jsem na konec vybrala jako finální návrh.

Zvolila jsem takovou metodu, která kombinuje kapilární závlahu se samo zavlažovacími květináčů a elektronický závlahový systém. Samozavlažovací květináče jsou na trhu velmi běžné. Z vlastní zkušenosti však vím, že samozavlažovací květináč je potřeba doplňovat i o zalévání ze shora (hlavně v létě). Ne každý druh rostliny se dokáže dostatečně zavlažovat pouze pomocí kapilárního zavlažování od spodní části květináče. Proto mnou využitá metoda spočívá v tom, že využiji samozavlažovací truhlík a na spodní část, kde se nachází nádrž na vodu umístím vodní okruh s čerpadly, které vodu ze spodní nádrže přečerpají i nahoru a zalijí tak půdu i ze shora.

Pro takto zvolený postup je nutné vybrat samozavlažovací květináč. V tomto případě potřebuji vybrat ideálně větší truhlík. Důvodem takového výběru je dobrá přístupnost k práci uvnitř květináče. Zvolila jsem tedy květináč od značky Gardenie (Obrázek 15).

Obrázek 15 - Gardenie samozavlažovací truhlík



Zdroj: (e-sportshop.cz, 2022)

3.2.2 Vodní okruh

Na schématu vodního okruhu (Obrázek 16) je znázorněn systém zavlažování. Tento systém se odvíjí od skutečnosti, že vybraný samozavlažovací květináč má ve spodní části vodní nádrž. Tento rezervoár vody mohou využít a zasadit do spodní části dvě čerpadla. Čerpadla povedou vodu pomocí hadic (Obrázek 17) do horní části květináče. V této horní části bude při implementaci řešení nutné vytisknout na 3D tiskárně zalévací hlavici. Díky tomuto systému se maximálně rozprostře plocha zalévání. Je potřeba plochu co nejvíce rozptýlit po celém povrchu půdy kvůli zachování homogenity vlhkosti v půdě. Detailní postup technického provedení je možné zjistit v kapitole Implementace řešení.

Obrázek 16 - Schéma vodního okruhu



Zdroj: Autor

Obrázek 17 - Hadice pro vedení vody



Zdroj: Autor

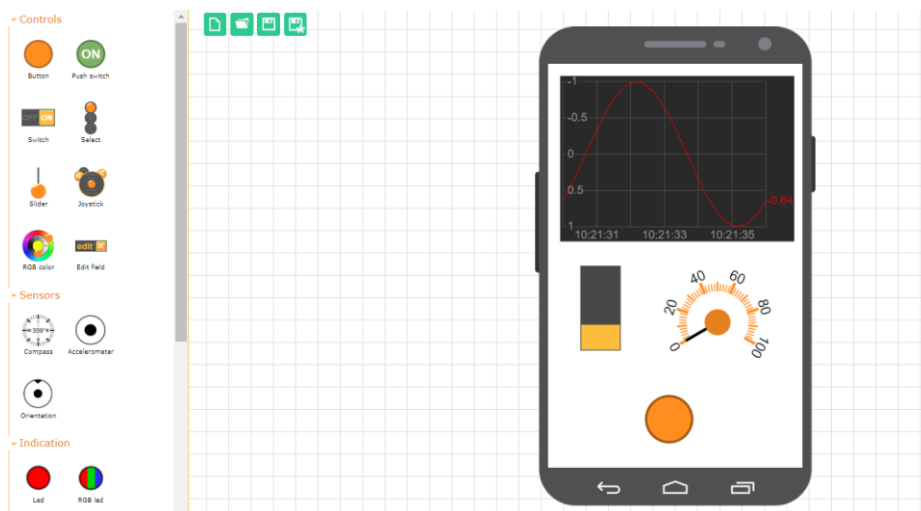
3.3 Komunikace květináče s uživatelem

Při sestavování návrhu květináče bylo nutné uvážit i praktickou stránku celé problematiky. I v rámci tvorby prototypu květináče, jako je tento je nutné uvažovat nad budoucím využitím. Rozhodla jsem se tedy implementovat i externí ovládání elektrických prvků. Je mnoho možností, jakým způsobem lze ovládat prvky květináče na dálku. V rámci prototypu tohoto květináče jsem zvolila nástroj RemoteXY.

3.3.1 Mobilní aplikace RemoteXY

RemoteXY je velmi důmyslně vytvořené prostředí pro ovládání vývojových desek na dálku. K tomu, aby deska mohla být ovládána pomocí tohoto nástroje, musí být podporována výrobcí RemoteXY. Nástroj nám umožňuje jednoduchou tvorbu grafického prostředí ve stejnojmenné mobilní aplikaci. Grafické prostředí vytvoříme velmi jednoduchou a uživatelsky příjemnou formou (Obrázek 18).

Obrázek 18 - RemoteXY ukázka



Zdroj: (Shemanuev, nedatováno)

V tomto nástroji máme k dispozici různé typy tlačítek, spínačů, ukazatelů a senzorů. Po volbě prvků a jejich rozmístění si stáhneme automaticky generovaný kód. Tento kód vložíme do Arduino IDE². Následně je nutné si stáhnout knihovnu, která umožní správné fungování vygenerovaného kódu. V Arduino IDE s vloženým vygenerovaným kódem následně zformulujeme kód pro správné fungování ukazatelů v aplikaci na základě senzorů. Ve fázi, kdy máme kód dokončen je potřeba ho nahrát na vývojovou desku. Na konec si nainstalujeme aplikaci RemoteXY a připojíme vývojovou desku k této aplikaci.

RemoteXY je placený nástroj. Je možné ho zdarma vyzkoušet, ale v aplikaci nesmí být více než 5 prvků. Při využití více prvků je nutné si v mobilní aplikaci zaplatit licenci na určitý časový úsek. Pro účel této práce a pro prezentaci jsem zakoupila licenci na 3 měsíce za 80 korun.

4 Implementace řešení

Při implementaci řešení jsem se držela struktury, která byla navržena už v kapitole Výběr vhodného řešení na základě studia odborné literatury. Nicméně při samotné implementaci vznikalo postupně hodně nepředvídatelných problémů, které bylo potřeba řešit.

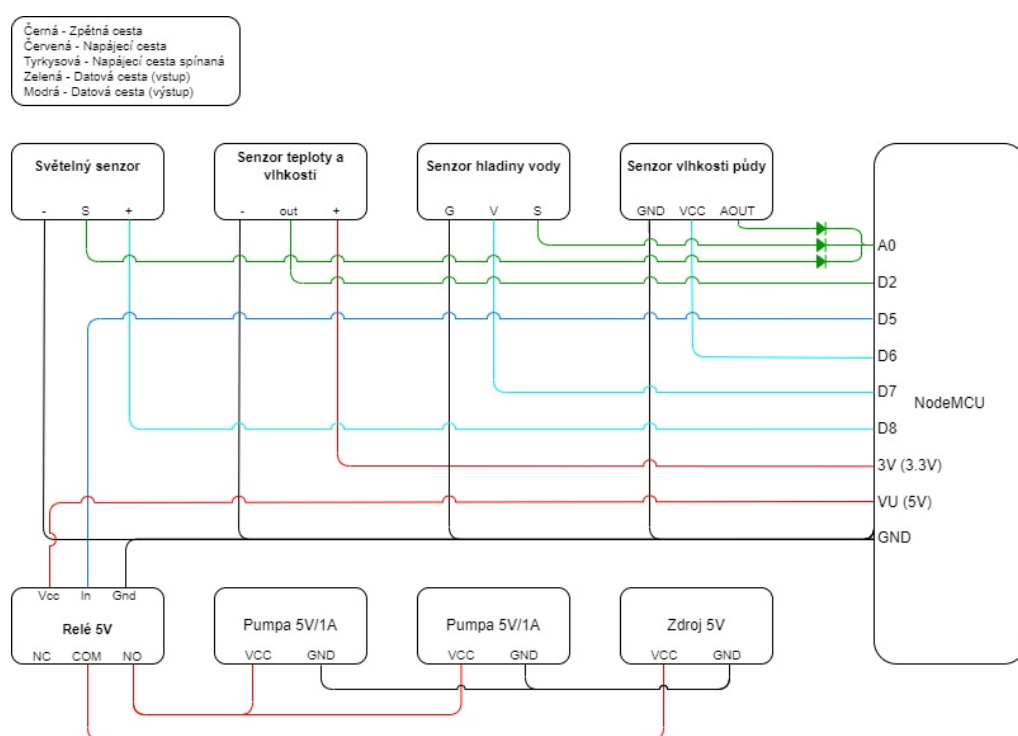
² Vývojové prostředí pro programování kódu a jeho následné nahrání do vývojové desky. Prostředí s užitím jazyka C++.

4.1 Implementace elektroniky

4.1.1 Zapojení elektroniky

Elektronická stránka projektu má dva zásadní oddíly. První je fyzické zapojení veškerých komponent na vývojovou desku. Vzhledem ke zvolenému typu desky, která nemá vyvedené kolíky na jednoduché zapojování bylo nutné využít pájku. Pro přehled v zapojení bylo nutné zakreslit schéma (Obrázek 19). Podle tohoto schématu je zapojena i elektronika na desce.

Obrázek 19 - Schéma zapojení



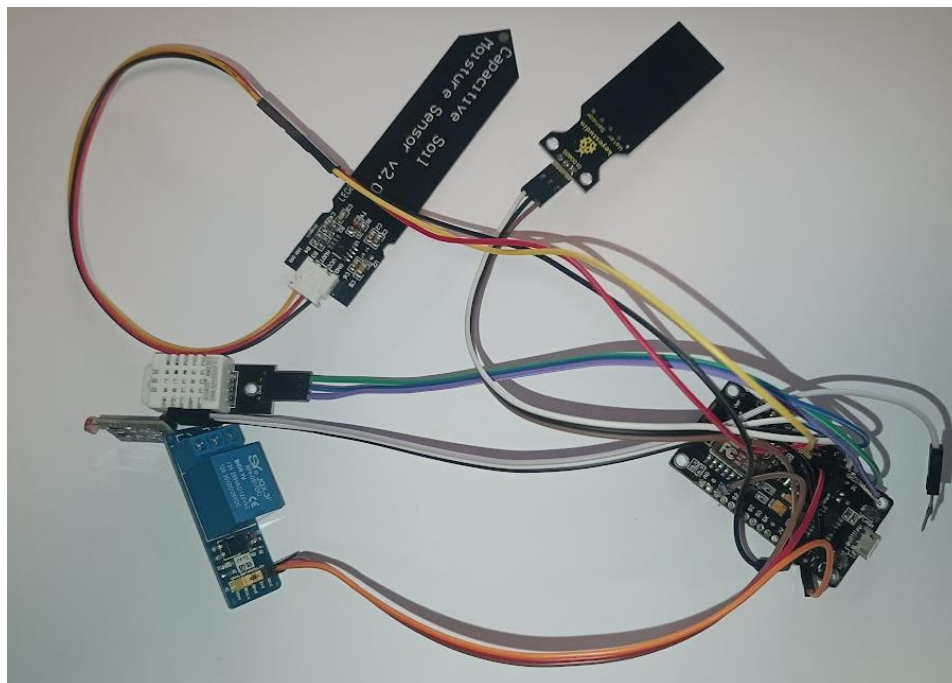
Zdroj: Autor

Použití senzorů i vývojové desky bylo předem promyšlené a princip byl popsán v kapitole Výběr vhodného řešení na základě studia odborné literatury. Samotné zapojování tedy nebylo náročné. Vyskytla se však jedna překážka, která předem promyšlená nebyla. Port A0 ke kterému vedou datové vstupy všech senzorů je na desce pouze jeden. Samotné připájení více vstupů na jeden port není problematické. Nicméně povaha těchto vstupů neumožňuje jen tak jednoduché připájení více senzorů. Může nastat rušení. K zamezení takové chyby bylo nutné na takové cesty připájet ještě diody³. Umístění diod je také

³ Dioda je součástka umožňující proudění jedním směrem, a zabraňující proudění směrem opačným.

zakresleno ve schématu (Obrázek 19). Při samotném zapojování jsem udělala snímek, který ukazuje průběh zapojování (Obrázek 20).

Obrázek 20 - Průběh zapojování



Zdroj: Autor

4.1.2 Sestavení kódu

Podle rozvržení kapitol se může zdát, že tato část práce následuje až po zapojení. Pravda však je, že při tvorbě takového kódu se jedná o neustálé testování malých částí úseku. Průběh takového zapojování tedy jde podle plánu, nicméně jde také ruku v ruce se zprovozněním částí kódu. Tyto části se navzájem velmi úzce prolínají.

4.1.2.1 Příprava zdrojového kódu RemoteXY

Zároveň bylo nutné testování kódu vést tak, aby byla již ze začátku celá funkce elektroniky kompatibilní s mobilní aplikací, kterou nabízí RemoteXY. Na začátku si tedy bylo nutné určit, jak bude tato aplikace vypadat. V případě této aplikace není velký výběr grafických designů. Nicméně prvky, které jsou využitelné jsou velmi užitečné právě pro tento projekt. Sestavila jsem tedy koláž dostupných prvků pro co nejpřehlednější ovladatelnost. Způsob sestavování je patrný na ilustrativním příkladu (Obrázek 18). Po

konečném rozmístění a konfiguraci všech prvků nástroj RemoteXY nabízí návod, jak zprovoznit tuto aplikaci na mobilním telefonu.

Obrázek 21 - Návod RemoteXY

1. **Download the source code** of the program, open it in the Arduino IDE.
2. Install **RemoteXY library** for Arduino IDE.
3. Compile the source code and upload it to the Arduino board using the Arduino IDE.
4. Correctly connect **the Bluetooth module** to the Arduino board.
5. Install the mobile app **RemoteXY ver.4.11.1** for smartphone/tablet.
6. Connect to Arduino using mobile app.

Zdroj: (Shemanuev, nedatováno)

Při následování tohoto návodu se dostáváme k fázi, kdy máme základní rozhraní, do kterého můžeme vpisovat funkční kód. Tento kód obsahuje kromě konfigurací nastavení WI-FI modulu (Obrázek 22) také velmi specifickou část. Jedná se o šifrovaný kód, který v sobě ukrývá veškerá nastavení grafických prvků. I při drobné změně prvků ve vývojáři na stránkách RemoteXY se vygeneruje odlišná číselná řada. Pro grafický návrh takový, jako mám v tomto projektu je kód tento (Obrázek 25).

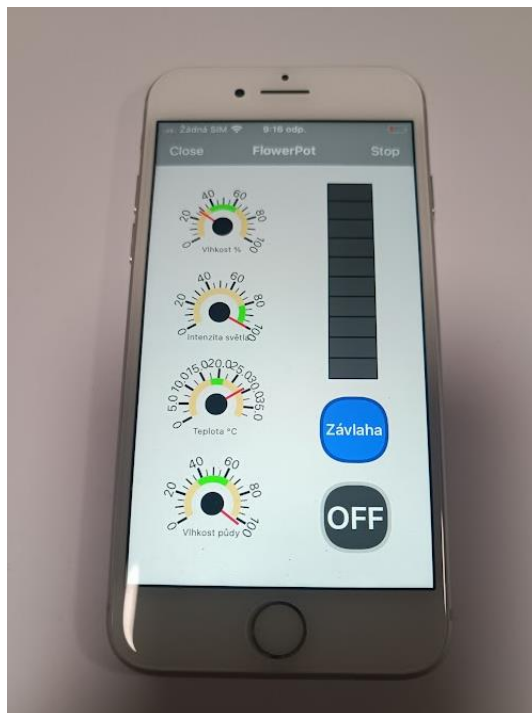
Obrázek 22 - Definice knihoven a nastavení připojení

```
//Knihovny
#define REMOTEXY_MODE__ESP8266WIFI_LIB_POINT
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <RemoteXY.h>
#include <DHT.h> //Knihovna pro čidlo teploty/vlhkosti

// RemoteXY nastavení připojení
#define REMOTEXY_WIFI_SSID "FlowerPot"
#define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "FlowPot5"
#define REMOTEXY_SERVER_PORT 6377
```

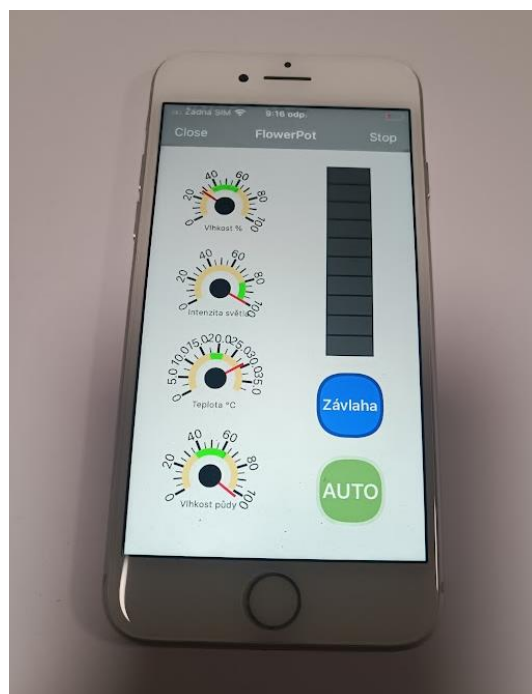
Zdroj: Autor

Obrázek 23 - Aplikace na mobile vypnuté autozavlažování



Zdroj: Autor

Obrázek 24 - Aplikace na mobil zapnuté samozavlažování



Zdroj: Autor

Obrázek 25 - Konfigurace grafických prvků RemoteXY

```
// RemoteXY konfigurace
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] = // 331 bytes
{ 255,2,0,17,0,68,1,16,16,1,1,2,40,59,15,15,190,31,90,195,
  161,118,108,97,104,97,0,71,56,6,6,22,22,3,24,36,135,0,0,0,
  0,0,0,200,66,0,0,160,65,0,0,32,65,0,0,160,64,24,86,108,
  104,107,111,115,116,32,37,0,81,0,0,0,0,0,0,12,66,135,0,0,
  12,66,0,0,130,66,81,0,0,130,66,0,0,200,66,66,0,42,5,11,
  50,191,8,71,56,6,50,22,22,3,24,36,135,0,0,0,0,0,0,28,
  66,0,0,160,64,0,0,160,64,0,0,32,64,24,84,101,112,108,111,116,
  97,32,194,176,67,0,81,0,0,0,0,0,0,136,65,135,0,0,136,65,
  0,0,176,65,81,0,0,176,65,0,0,28,66,71,56,6,28,22,22,2,
  24,36,135,0,0,0,0,0,0,200,66,0,0,160,65,0,0,32,65,0,
  0,160,64,24,73,110,116,101,110,122,105,116,97,32,115,118,196,155,116,108,
  97,0,81,0,0,0,0,0,0,160,66,135,0,0,160,66,0,0,200,66,
  71,56,6,72,22,22,3,24,36,135,0,0,0,0,0,0,200,66,0,0,
  160,65,0,0,32,65,0,0,160,64,24,86,108,104,107,111,115,116,32,112,
  197,175,100,121,0,81,0,0,0,0,0,0,12,66,135,0,0,12,66,0,
  0,130,66,81,0,0,130,66,0,0,200,66,10,58,40,78,15,15,4,26,
  31,65,85,84,79,0,31,79,70,70,0 };
```

Zdroj: Autor

V dalších krocích tedy přišla na řadu samotná funkčnost. Bylo nutné propojit veškeré senzory a tlačítka v aplikaci se skutečným zapojením. Začala jsem tedy konfigurací všech vstupů.

Obrázek 26 - Konfigurace senzorů

```
//Konfigurace DHT senzoru
#define DHTPIN D2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

//Konfigurace senzoru světla
#define lightPower D8
#define lightPin A0

//Konfigurace senzoru hladiny vody
#define waterLevelPower D7
#define waterLevelPin A0

//Konfigurace senzoru vlhkosti půdy
#define soilPower D6
#define soilPin A0

//Konfigurace relé čerpadla
#define pumpPower D5
```

Zdroj: Autor

Tato konfigurace odpovídá i schématu (Obrázek 19). Následující obrázky znázorňují kód sestavený pro jednotlivé senzory.

Obrázek 27 - Kód pro senzory

```
//Zaznamenání času spuštění cyklu
currentMillis = millis();

//Načtení a předání hodnoty teploty a vlhkosti
if (currentMillis - timerDHT22 >= periodDHT22 )
{
  RemoteXY.temperature = dht.readTemperature();
  RemoteXY.humidity = dht.readHumidity();
  timerDHT22 = currentMillis;
}

//Načtení a předání hodnoty světla
if (currentMillis - timerLight >= periodLight )
{
  digitalWrite(lightPower, HIGH);
  float lightValue = analogRead(lightPin);
  RemoteXY.light = map(lightValue, 0, 1023, 100, 0);
  digitalWrite(lightPower, LOW);
  timerLight = currentMillis;
}

//Načtení a předání hodnoty vlhkosti půdy
if (currentMillis - timerSoil >= periodSoil )
{
  digitalWrite(soilPower, HIGH);
  delay(10);
  int soilValue = analogRead(soilPin);
  RemoteXY.soil = map(soilValue, 180, 545, 100, 0);
  digitalWrite(soilPower, LOW);
  timerSoil = currentMillis;
}

//Načtení a předání hodnoty hladiny vody
if (currentMillis - timerWaterLevel >= periodWaterLevel )
{
  digitalWrite(waterLevelPower, HIGH);
  delay(10);
  int waterLevel = analogRead(waterLevelPin);
  if (waterLevel <= 255)
  {
    RemoteXY.level_1 = 0;
  }
  if (waterLevel >= 256 && waterLevel <= 330)
  {
    RemoteXY.level_1 = 20;
  }
  if (waterLevel > 330 && waterLevel <= 365)
  {
    RemoteXY.level_1 = 40;
  }
  if (waterLevel > 365 && waterLevel <= 390)
  {
    RemoteXY.level_1 = 60;
  }
  if (waterLevel > 390)
  {
    RemoteXY.level_1 = 100;
  }
  digitalWrite(waterLevelPower, LOW);
  timerWaterLevel = currentMillis;
}
```

Zdroj: Autor

Podíváme-li se na část napsanou k měření hladiny vody, můžeme si všimnout, že tato část kódu je rozsáhlejší. Při testování funkčnosti bylo zjištěno, že senzor nedokáže při vzestupu a klesání hladiny vody měřit lineárně. Pro tento účel bylo nutné délku senzoru rozdělit na 5 částí. Následovalo měření hladiny vody v každé z úrovní, kterou jsme si stanovili. Tímto jsem vytvořila velmi jednoduchou mapu hodnot náležitých aktuálnímu stavu hladiny vody. Naměřené hodnoty byly zakomponovány v kódu a při měření vlhkosti tedy senzor bude číst hodnoty a dávat je do takového výstupu, který je pro uživatele čitelný.

Dále bylo nutné sepsat logiku kódu i pro funkci zalévání. Zalévání je napsáno tak, že při kliknutí na tlačítko „Zalít“ v aplikaci se spustí zalévání po dobu držení tlačítka (Obrázek 28). V aplikaci však je ještě spínací tlačítko. V případě, že je zapnuté automatické zavlažování, vodní čerpadla se spustí ve chvíli, kdy je příliš suchá půda (Obrázek 29). Pokud automatické zavlažování máme vypnuté, zalévání se spustí pouze za předpokladu, že stiskneme tlačítko „Zalít“ nebo ručně.

Obrázek 28 - Kód spuštění čerpadla ručně

```
//Manuální spuštění čerpadla
if (RemoteXY.water_pump != 0)
{
    digitalWrite(pumpPower, LOW);
}
else
{
    digitalWrite(pumpPower, HIGH);
}
}
```

Zdroj: Autor

Obrázek 29 - Kód spuštění čerpadla automaticky

```
//Spuštění čerpadla pokud je vlhkost půdy nižší než 10% a je k dispozici voda v nádrži
if (RemoteXY.autoSwitch_1 != 0)
{
    if (currentMillis - timerPump >= periodPump )
    {
        if (RemoteXY.level_1 > 0 && RemoteXY.soil < 10)
        {
            digitalWrite(pumpPower, HIGH);
            delay(20000);
            digitalWrite(pumpPower, LOW);
        }
    }
}
```

Zdroj: Autor

4.2 Vývoj květináče

Vývoj květináče se odvíjí od principů již navržených při výběru řešení. Na začátku tvorby praktické části projektu bylo potřeba provést měření pro zakreslení umístění čerpadel vody. Při tomto zakreslování bylo nutné se zamyslet i nad vedením hadic vedoucích od čerpadel. Čerpadla musí být umístěna tak, aby hadice vedly esteticky podél hrany květináče. Zároveň však musíme myslet i na hydrodynamiku.

4.2.1 Umístění čerpadel

Při umístění hadic pouze podél dna a následně nahoru podél hrany by velmi často vznikal jev zavzdušnění čerpadla. Tento jev sice lze částečně odstranit pořízením samo-odvzdušňovacích čerpadel. Taková čerpadla jsem se také rozhodla využít v tomto projektu. Nicméně i přes to se při špatné hydrodynamice může stát, že vznikne v hadici vzduchová kapsle, která nedovolí dalšímu proudění vody kvůli nedostatečnému tlaku vody.

Řešení této problematiky jsem zvolila metodu mechanického ohnutí hadice do správného tvaru. Jedná se o to, že hadici za výstupem z čerpadla ohnu tak, aby u výstupu z čerpadla vždy zůstala voda v hadici. Tím zamezíme vzniku vzduchových bublin ve vodním okruhu.

Po umístění čerpadel a rozvržení vedení hadicové soustavy jsem mohla určit místa, která je potřeba v květináči upravit. Bylo tedy nutné pro estetické vedení hadicové soustavy vyvrtat otvory v nasazovací části samozavlažovacího květináče. Tato úprava je patrná na (Obrázek 30) na horních stranách plastového dílu.

Obrázek 30 - Plastový díl samozavlažovacího květináče



Zdroj: Autor

4.2.2 Zpracování vodního okruhu

Ke zprovoznění vodního okruhu, který slouží k přečerpávání vody z nádrže je potřeba sestavit poměrně rozsáhlý hydraulický okruh. Za začátek tohoto okruhu můžeme považovat vodní nádrž, která se nachází ve spodní části květináče. V tomto místě umístíme dvě čerpadla. Tato čerpadla ale musí přečerpávat pouze čistou vodu. Vzhledem k umístění vodní nádrže v kapsli pod zeminou se toto stává problémem. Voda v nádrži z principu funkčnosti tohoto prototypu nikdy nebude bez nečistot.

4.2.2.1 Filtr

Bylo tedy potřeba vytvořit prostor, kde bude voda filtrovaná. Filtr má být umístěn tak, aby oba motory přečerpávali pouze filtrovanou vodu. K tomuto bylo potřeba vytvořit prototyp takového filtračního systému (Obrázek 32). Tento prototyp bylo nutné vytisknout na SLA 3D tiskárně⁴ (Obrázek 31) vzhledem ke konstrukci. Po provedení prvního pokusu výtisku jsem byla nemile překvapena uvědoměním, že volba materiálu tisku je zásadní. Vytiskla jsem tento prototyp nejprve z resinu⁵, který je vodou rozpustný s ideou, že po vytvrzení laserem již tato vlastnost nebude problém. Po prvním testování však materiál degradoval po dlouhodobém styku s vodou což lze vidět na snímku (Obrázek 33). Bylo tedy potřeba využít resin, který není vodou omyvatelný. Takový resin má nevýhodu, že je nutné 3D tiskárnu velmi důkladně vypláchnout, tentokrát ne vodou ale IPA⁶.

⁴ 3D tiskárna fungující na principu vytvrzování tekutého polymeru pomocí laserového záření. Postup jinak nazývaný Stereolitografie

⁵ Jinými slovy UV pryskyřice. Kapalným materiálem, který se při 3D tisku postupně vytvrzuje v zadaném tvaru

⁶ Isopropylalkohol

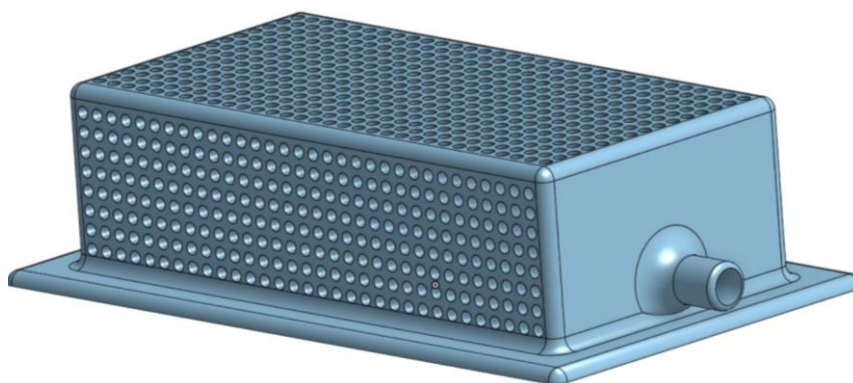
Obrázek 31 - SLA 3D tiskárna



Zdroj: Autor

Tisk jiným materiálem přinesl kýžený výsledek (Obrázek 34) a po testování tento materiál zachovává svou kvalitu.

Obrázek 32 - Prototyp filtru v Onshape



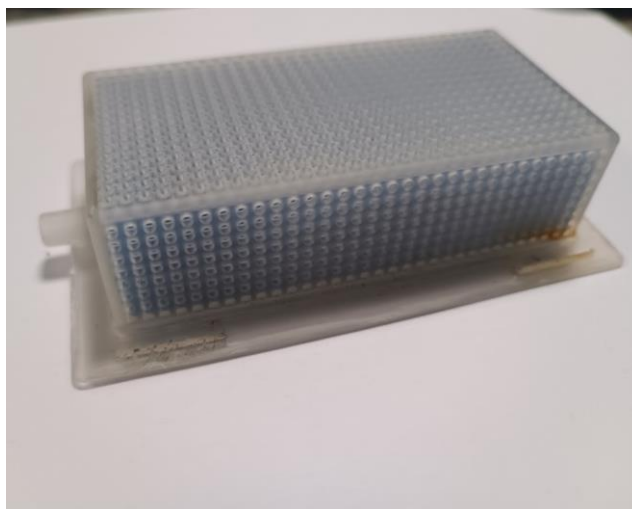
Zdroj: Autor

Obrázek 33 - Deformovaný filtr



Zdroj: Autor

Obrázek 34 - Finální filtr



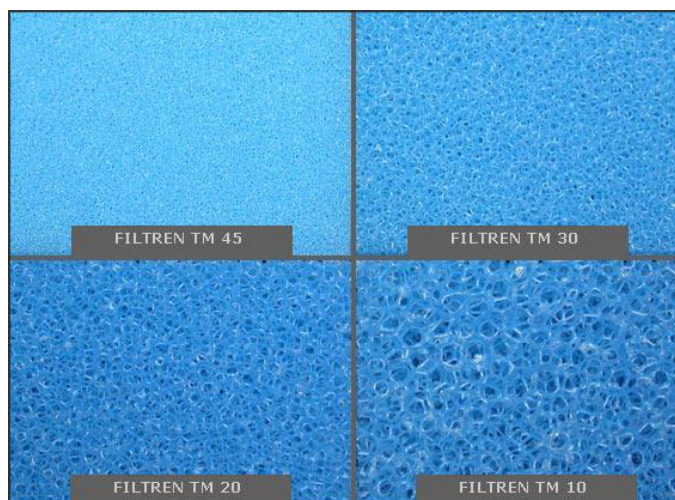
Zdroj: Autor

Do vytištěného filtru jsem vložila ještě filtrační látku, která je dostatečně pórovitá na to, aby k čerpadlům dostatečně proudila voda. Konkrétně se jedná o látku Flitren tm 10. Na (Obrázek 35) je znázorněn rozdíl mezi různými filtračními materiály na vodu. Tento filtr zamezí i drobným částem nečistot (které by se dostaly skrze otvory) vstupu do čerpadla.

Dále bylo nutné také vyřešit uchycení filtru. Při úvaze bylo nutné zvážit nutnost čištění květináče v případě zazimování. Z toho důvodu jsem zvolila uchycení magnetické. Magnety jsou přilepené na spodní straně květináče v místech, kde bude na druhé straně umístěn filtr. Na (Obrázek 34) je patrné, že tento filtr již byl nějakou dobu přichycen pomocí magnetů pod vodou v rámci testování. Je to patrné na znečištění a na místech, kde zůstala

rez. Tato rez je poslední problém, který bylo nutné v rámci filtrace řešit. Řešení bylo však velmi snadné, nahradit tyto magnety nerezovými.

Obrázek 35 - Filtrační materiál

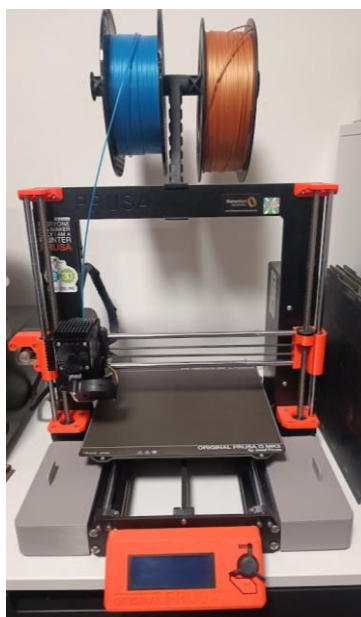


Zdroj: (Eurofoam, Technické pěny, 2010)

4.2.2.2 Vedení vodního okruhu

Vedení soustavy jsem vyřešila hadicemi vedenými od čerpadel nahoru na horní hranu Květináče. Zde bylo nutné vyřešit způsob distribuce vody podél celé šířky květináče. Tuto problematiku jsem opět vyřešila 3D tiskem. Tentokrát jsem využila 3D tiskárnu Prusa MK3S+ (Obrázek 36).

Obrázek 36 - 3D tiskárna Prusa MK3S+



Zdroj: Autor

Obrázek 37 - Zavlažovací jednotka



Zdroj: Autor

Vytvořila jsem prototyp zavlažovací jednotky, která má být duplicitně umístěna na horní hraně květináče (Obrázek 37). Tento model má přípojku pro hadičku, která vede vodu, na druhé straně je uzavřen. Podél celé délky jsou koncipovány otvory, kterými bude proudit voda a tímto způsobem po celé délce dosáhneme stejné závlahy. Na tento výtisk byl použit PLA⁷ filament⁸.

Následně takto vytvořený systém musím zasadit do květináče. Výsledek tohoto provedení tedy vypadá následovně (Obrázek 38).

Obrázek 38 - Zapojený vodní okruh



Zdroj: Autor

⁷ Kyselina polymléčná (přes matoucí název se jedná spíše o polyester)

⁸ Tiskové struny. Struny vcházejí do 3D tiskárny, tam se nahřejí na vysokou teplotu a následně 3D tiskárna tiskne tenká vlákna z materiálu struny. Tato tenká vlákna skoro okamžitě tuhnou ve správném tvaru.

5 Testování

V tomto případě budeme testovat tento květináč v podmínkách, za kterých by ho využíval sám uživatel. Testování většinou probíhalo průběžně v každé etapě projektu. Na základě takového testování bylo často nutné přepracovat původní ideu.

V rámci testování jsem tedy přišla na několik chyb, které se daly průběžně opravovat. Nejčastěji se jednalo o nesprávné užití materiálů.

Květináč po sestavení neelektronické části bylo nutné otestovat. Test probíhal ve dvou fázích. Otestování neelektronických částí květináče a následně testování elektrických obvodů a sensorů. Testování jsem rozdělila kvůli rozdílným podmínkám pro testování.

5.1 Testování neelektronických částí květináče

Před dokončením celé fáze neelektronické části květináče jsem testovala i samotné vyrobené součásti. Viz (Obrázek 33) z kapitoly Návrh konstrukce květináče. Tyto testy probíhaly krátkodobě a bylo zde nutné několik dní nechat tento materiál v květináči naplněném vodou a částicemi zeminy. Částice zeminy byly přidány pro co nejpřesnější chemické složení kapaliny, ve které se tyto výrobky budou nacházet dlouhodobě.

Po zhotovení neelektronické části jsem květináč umístila do venkovního prostředí. Jelikož bylo nutné ověřit, že materiály využitě pro mechanické části projektu budou funkční i v případě, že elektronika bude například pro zazimování truhlíku dočasně odpojena. Toto testovací období tedy trvalo od září roku 2021 do února roku 2022. Za tuto dobu se materiály i pod vlivem mrazu a výkyvům vlhkosti nepoškodily. Jedná se kromě samotného truhlíku i o vytištěný filtr a zavlažovací jednotku, hadice vedoucí vodu a výjimku neelektronických částí v tomto případě tvoří čerpadla, která byla zazimována také. Tímto testem tedy prošel květináč úspěšně.

5.2 Testování elektronické části

Další fází testování bylo otestovat funkčnost a stabilitu elektronických součástek. Tato problematika byla složitější z toho důvodu, že součástky náchylné na vlhkost. V případě sensorů pro měření hladiny vody a vlhkosti půdy můžeme očekávat poruchu kvůli špatné kvalitě sensorů. Míru kvality v tomto případě není možno zjistit nijak jinak než testováním. Proběhlo tedy dvoutýdenní testování funkčnosti sensorů za běžných podmínek využívání v domácnosti. V rámci tohoto období se na senzorech nevyskytly žádné závady. Závlahový

system fungoval tak, jak byl navržen. Po detailní kontrole senzorů po testování se neprojeví žádné defekty. Mohu tedy říci, že v rámci dvoutýdenního testování v domácím prostředí senzory nebyly shledány jako závadové.

6 Zhodnocení řešení

Toto řešení květináče ze subjektivního pohledu vnímám jako dobré. Řešení odpovídá zadání práce. První prototyp výrobku má vždy své nedostatky. Tento květináč není propracovaný dostatečně pro vstup na trh. Velký přínos pro tento projekt bylo zakomponování mobilní aplikace. Ze zadání bylo nutné, aby květináč nějakým způsobem dokázal komunikovat s uživatelem. Komunikace se zařízením pomocí mobilní aplikace je v dnešní době pro nové produkty velký plus.

Dalším přínosem je z mého pohledu rozhodnutí, že automatické zavlažování je funkce, kterou uživatel může ale nemusí použít.

7 Doporučení dalšího postupu

Při případném dalším vývoji bych doporučovala zvážit využití prototypovací aplikace. V takovém případě by bylo vhodné vytvořit vlastní aplikaci, která nabídne více možností pro práci s datovými výstupy senzorů. Dále by bylo velmi dobré pro další vývoj, kdyby byly zakomponovány ochranné prvky. Ochrannými prvky jsou myšleny upozorňující hlášky při přílišném nedostatku vody, nebo upozornění na přelití. V případě vytvoření vlastní aplikace na mobil by bylo vhodné taky upravit grafický design a zpřehlednit prvky. Toto jsou ale poznámky, které by bylo vhodné řešit při vývoji druhé verze květináče.

Závěr

Cílem této práce bylo navržení měřicího systému pro kontrolu podmínek v pěstební nádobě i vně. Konkrétně se zadání týkalo měření vlhkosti půdy, hladinu vody, teplotu v okolí a intenzitu světla. Všechny tyto požadavky byly splněny. Květináč dokáže měřit tyto hodnoty a předkládat je uživateli v čitelné podobě. Bylo navrženo a zkonstruováno hardwarové i softwarové řešení. Rozsah této práce splnil zadání a byl rozšířen o některé prvky.

V kapitole Studium odborné literatury jsem obšírně rozvedla témata týkající se vývoje automatizace v zemědělství a chytré domácnosti. Z této kapitoly vyplývá, že směr vývoje jde právě směrem automatizací. Nejedná se pouze o zemědělství, trend automatizace se prolétá lidským životem ve velmi mnoho směrech. Mimo jiné je toto téma velmi zajímavé a rozsáhlé. Dále jsem v této části rozebrala vývojové sady. Vývojové sady jsou naprosto stěžejním tématem ke studiu, pokud chceme vytvořit takovouto automatizaci v domácím prostředí. V tomto tématu jsem porovnála nejznámější vývojové desky, a následně popsala jejich funkcionalitu.

Další část této práce Výběr vhodného řešení na základě studia odborné literatury se týkala již konkrétnějšího výběru konkrétní vývojové desky, senzorů i další elektroniky. Také ale bylo nutné vybrat pěstební nádobu a hlavně postup. Směr, jakým tento projekt bude postupovat je v této kapitole poprvé určen. Tento směr je až na drobné odchylky dodržen. Odchylky mohly vznikat kvůli chybným představám před samotným prováděním práce. Při vytváření práce jsem ve spoustě aspektů musela průběžně měnit a vyvíjet některé prvky. Tyto změny jsou nejčastěji popsány v další kapitole: Implementace řešení.

Samotná implementace řešení v tomto projektu byla velmi rozsáhlá, ale zároveň byl tento projekt zábavný. Ten princip tvorby, kdy vytvářím kód a ihned mohu vidět skutečně hmatatelné výsledky je pro mne velmi inspirující.

V této práci jsem si musela osvojit některé dovednosti, které jsem před psaním této práce neměla. Jedna z takových dovedností je pájení, nebo tisk na 3D tiskárnách různých typů. Samotné modelování v Onshape pro mne byla také nová zkušenost, protože do této doby jsem byla zvyklá hlavně na AutoCAD. Onshape je ale nástroj, který je bezplatný a kompatibilní pro 3D tisk. Tyto nově nabitě dovednosti jsou pro mne velmi přínosné.

Já osobně všechny nástroje pro zpracování tohoto projektu nevlastním. Veškeré prostředky jsem si zapůjčila od pana Robina Michalova, který mi poskytl i instruktaž ohledně správného použití.

8 Seznam použité literatury

- [1] e-sportshop.cz, 2022. *e-sportshop.cz*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: https://www.e-sportshop.cz/gardenie-smart-samozavlazovaci-truhlik-hneda_z31345/#41198
- [2] Eurofoam, Technické pěny, 2010. *Eurofoam, Technické pěny*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://www.eurofoam-tp.cz/filtrace-vody-odlucovacce-ropnych-latek.php>
- [3] Gudino, M., 2018. *Raspberry Pi 3 vs Arduino Uno Rev3*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/comparing-arduino-uno-and-raspberry-pi-3>
- [4] Thomas Mach, 2020. Smart home, Německo: VKI nakladatelství [cit. 2022-3-31].
- [5] Ing. Dagmar Honsová, 2008. *Vlhkost půdy a metody jejího měření*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1101>
- [6] Lal, R., 2021. *Encyclopedia of Soil Science*. Third Edition editor místo neznámé: Taylor & Francis Ltd., [cit. 2022-3-31].
- [7] Limlejn, 2018. *GRM*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Available at: http://old.grm.cz/articles.php?article_id=79
- [8] Michael Stoll, 2017. *How does a capacitive moisture measurement work?*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: https://www.acoweb.de/en/how-does-a-capacitive-moisture-sensor-work?utm_source=ekotechnikacom&utm_medium=article&utm_campaign=ekotechnikacom
- [9] prof.RNDr. Milan Tichý, D., 1998. *Elektronické zpracování signálů*. Praha: Karolinum, nakladatelství UK., [cit. 2022-3-31].
- [10] Shemanuev, E., nedatováno *RemoteXY*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://remotexy.com/en/>
- [11] Slavík, J. & Slavíková, P., 2020. *Vliv barev světla na rostliny: příležitost pro umělé pěstírny i otazníky nad zjednodušeným pohledem na „bio“ osvětlen*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: http://www.smartcityvpraxi.cz/rozhovory_komentare_103.php
- [12] Smetana, J., 2017. *SAMOZAVLAŽOVACÍ KVĚTINÁČE*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://www.svetkvetinacu.cz/samozavlazovaci-kvetinace/>
- [13] Tyler Chin, 2022. *This Indoor Garden Is An Almost Fool-Proof Way to Grow Your Own Vegetables*. [Online], [cit. 2022-3-31].

Dostupné na: <https://www.gearpatrol.com/food/a36166238/click-and-grow-smart-garden-review/>

[14] Úsporné Závlahy s.r.o., 2019. *Úsporné závlahy*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://usporne-zavlahy.cz/o-nas/>

[15] Úsporné Závlahy s.r.o., 2019. *Úsporné Závlahy*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://usporne-zavlahy.cz/historie-zavlazovani/>

[16] Wostl, M., 2019. *Co je to mikrokontrolér?*. [Online], [cit. 2022-3-31].
Dostupné na: <https://blog.zonepi.cz/maker-uno-ve-vyuce-1-5-co-je-to-mikrokontroler/>

[17] Fitzgerald, S., Shilon, M., 2013. *Arduino Projects Book*, USA: Break Time Books, [cit. 2022-3-31].

[18] Bernier, Samuel N. 2015. *Make: Design for 3D Printing*, Praha: Marker Media nakladatelství [cit. 2022-3-31].

[19] Elise Moss. 2021. *Getting Started with Onshape Third Edition*, USA: Stephen Schroff [cit. 2022-3-31].