

Vývoj chytrého květináče s podporou vzdáleného monitorování a automatizované péče o rostliny

Adam Grepl

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Adam Grepl
Osobní číslo:	A22187
Studijní program:	B0714A150006 Aplikovaná informatika v průmyslové automatizaci
Specializace:	Inteligentní systémy s roboty
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Vývoj chytrého květináče s podporou vzdáleného monitorování a automatizované péče o rostliny
Téma práce anglicky:	Development of a Smart Flowerpot with Remote Monitoring Support and Automated Plant Care

Zásady pro vypracování

- Prostudujte technologie senzorů pro měření vlhkosti, teploty a dalších relevantních parametrů.
- Navrhněte a vytvořte mechanickou konstrukci květináče s využitím technologie 3D tisku.
- Implementujte řídicí systém pro sběr a zpracování dat ze senzorů.
- Navrhněte systém pro automatizaci zavlažování.
- Vytvořte rozhraní pro monitorování stavu květináče a případné ovládání na dálku.
- Otestujte funkčnost systému a vyhodnoťte jeho schopnost optimalizovat péči o rostliny.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. HRUŠKA, František. *Technické prostředky integrované automatizace*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017. ISBN 978-80-7454-700-3. Dostupné také z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/41594>.
2. VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stříž, 2017. ISBN 978-80-87106-93-8.
3. PALACKÝ, Petr. *Mikropočítačové řídicí systémy I*. CD-ROM. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1494-0. Dostupné také z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FEI/MRS1/>.
4. HRUŠKA, František. *Senzory: fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití (e-book)*. 2. rozš. vyd. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011. ISBN 9788074540967. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/18582>.
5. AUGUSTO, Juan Carlos a NUGENT, Chris D. (ed.). *Designing smart homes: the role of artificial intelligence. Lecture notes in computer science*. Berlin: Springer, c2006. ISBN 9783540359944. Dostupné také z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=https://doi.org/10.1007/11788485>.
6. JORDAN, John M. *3D printing. MIT Press essential knowledge series*. Cambridge: MIT Press, 2019. ISBN 9780262352413. Dostupné také z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=https://doi.org/10.7551/mitpress/11800.001.0001?locatt=mode:legacy>.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Husár, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **13. prosince 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2025**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 13. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.
- Při tvorbě této práce jsem použil nástroj generativního modelu AI ChatGPT dostupného z: <https://chatgpt.com/> za účelem jazykové kontroly textu. Po použití tohoto nástroje jsem provedl kontrolu obsahu a přebírám za něj plnou zodpovědnost.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a vývojem inteligentního květináče, který zahrnuje automatizované řízení péče o rostliny pomocí senzorického systému a řídicího modulu ESP32. Zařízení je schopné monitorovat aktuální podmínky pro pěstování, jako jsou teplota a vlhkost ovzduší a vlhkost půdy, podle jejíž hodnoty se automaticky spíná zavlažování. Uživatel si nastavuje spínací hodnotu vlhkosti půdy, stejně jako čas zapnutí a vypnutí přívitu, který využívá světla v modrém a červeném spektru. Čerpadlo využívané pro automatické zavlažování pracuje na základě údajů nejen ze senzoru vlhkosti půdy, ale i senzoru hladiny vody pro kontrolu dostupnosti vody při zavlažování.

V praktické části je obsažen vývoj zařízení od volby komponentů, přes návrh konstrukce, programové řešení až po samotné testování funkčnosti.

Klíčová slova: chytrý květináč, pěstování, automatické zavlažování, ESP32, webové rozhraní

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the design and development of a smart flowerpot that incorporates automated plant care using a sensor system and control module. The device is capable of monitoring current growing conditions such as air temperature and air humidity as well as soil moisture, based on which the irrigation system is automatically activated. The soil moisture threshold for irrigation is set by the user, who can also define the time for switching the lighting on and off, which utilizes blue and red light spectra. The pump used for automatic irrigation operates in coordination not only with the soil moisture sensor but also with the water level sensor in the reservoir, to ensure a sufficient water supply.

The practical part includes the development of the device – from component selection and construction design, through software implementation, to the functional testing.

Keywords: smart flowerpot, cultivation, automatic irrigation, ESP32, web interface

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Jakobovi Husárovi Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za cenné rady, odborné poznatky, pomoc, rychlé odpovědi na dotazy prostřednictvím online komunikace a rovněž za osobní konzultace. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlovi Stokláškovu Ph.D. za odbornou konzultaci a pomoc při 3D tisku. V neposlední řadě patří můj dík rovněž mé rodině a přítelkyni za pomoc a podporu při studiu.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I TEORETICKÁ ČÁST	14
1 PĚSTOVÁNÍ ROSTLIN.....	15
1.1 SVĚTLO	15
1.1.1 Nahrazení slunečního svitu	15
1.1.2 Vzdálenost osvětlení od rostliny	15
1.2 VODA	16
1.2.1 Pohyb vody v rostlině.....	16
1.2.2 Působení vody v rostlinách	16
1.3 VLHKOST	16
1.3.1 Vhodná vlhkost v závislosti na fázi růstu	16
1.4 OXID UHLÍČITÝ.....	17
1.4.1 Vliv množství oxidu uhličitého na růst	17
1.4.2 Bezpečnost při využívání oxidu uhličitého	17
1.5 PŮDA.....	17
1.5.1 Textura půdy	17
1.5.2 pH půdy.....	18
2 MIKROPOČÍTAČ	19
2.1 VSTUPNÍ A VÝSTUPNÍ PORTY	19
2.2 MIKROPROCESOR – CPU.....	19
2.2.1 Struktura mikroprocesoru.....	19
2.2.2 Řadič	20
2.3 GENERÁTOR TAKTŮ.....	20
2.4 PAMĚTI.....	20
2.4.1 ROM.....	21
2.4.2 PROM	21
2.4.3 EEPROM.....	21
2.4.4 RAM.....	21
3 SENZORY.....	23
3.1 SENZORY MĚNÍCÍ ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI	23
3.1.1 Odporové senzory	23
3.1.2 Kapacitní senzory	25
3.1.3 Indukčnostní senzory	25
3.2 AKTIVNÍ NAPĚŤOVÉ SENZORY	26
3.2.1 Indukční senzory	26
3.2.2 Termoelektrické senzory	27
3.2.3 Elektrochemické potenciometrické senzory	27

3.3	AKTIVNÍ SENZORY S ELEKTRICKÝM NÁBOJEM	28
3.3.1	Piezoelektrické senzory	28
3.3.2	Pyroelektrické senzory	28
3.4	EMISNÍ SENZORY	28
3.5	IONIZAČNÍ SENZORY	29
3.6	OPTICKÉ SENZORY	29
3.6.1	Refraktometrické senzory	29
3.6.2	Senzory s optickými vlákny	29
3.6.3	Senzory s absorpcí a rozptylem světla	29
3.7	POLOVODIČOVÉ MONOKRYSTALICKÉ SENZORY S PN PŘECHODY	30
3.8	MECHANICKÉ SENZORY	30
3.9	TEKUTINOVÉ SENZORY	31
4	3D TISK.....	32
4.1	VÝHODY 3D TISKU	32
4.2	PROCES NÁVRHU MODELU	32
4.2.1	Návrh 3D modelu s využitím vhodného softwaru	32
4.3	MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ PRO 3D TISK	32
4.3.1	Plastové materiály	32
4.3.2	Příklady ostatních využívaných materiálů	33
4.4	VÝBĚR 3D TISKÁRNY	34
4.4.1	Velikost tiskového prostoru	34
4.4.2	Materiály	34
4.4.3	Požadovaná kvalita tisku	34
5	UKÁZKA EXISTUJÍCÍCH ŘEŠENÍ.....	35
5.1	CHYTRÝ KVĚTINÁČ CLICK AND GROW SMART GARDEN.....	35
5.2	CHYTRÝ KVĚTINÁČ SPIDER FARMER SMART GARDEN G12.....	35
5.3	PĚSTEBNÍ STAN BUDBOX PRO L200.....	35
5.4	GROWBOX SPIDER FARMER SET SF1000.....	35
II	PRAKTICKÁ ČÁST	37
6	VÝBĚR VHODNÝCH KOMPONENTŮ	38
6.1	VÝBĚR MIKROKONTROLERU	38
6.2	VÝBĚR SENZORŮ	39
6.2.1	Senzor vlhkosti půdy	39
6.2.2	Senzor teploty a vlhkosti okolního prostředí.....	39
6.2.3	Senzor pro měření hladiny	40
6.3	VÝBĚR AKČNÍCH ČLENŮ SYSTÉMU	41
6.3.1	Výběr čerpadla	41
6.3.2	Výběr světelného modulu.....	41

6.4	VÝBĚR UŽIVATELSKÉHO ROZHRANÍ	42
6.5	VÝBĚR NAPÁJECÍHO ZDROJE.....	43
6.6	VÝBĚR DOPLŇKOVÝCH KOMPONENTŮ	43
6.6.1	Výběr stabilizátorů napětí	43
6.6.2	Výběr modulu pro PWM.....	44
6.6.3	Výběr konektorů.....	45
7	NÁVRH A REALIZACE ZAPOJENÍ	46
7.1	ZAPOJENÍ SENZORU HLADINY A DISPLEJE	46
7.2	ZAPOJENÍ PWM MODULU A ČERPADLA	46
7.3	ZAPOJENÍ PŮDNÍHO SENZORU VLHKOSTI.....	47
7.4	ZAPOJENÍ SNÍMAČE VLHKOSTI A TEPLoty OVZDUŠÍ DHT11	47
7.5	ZAPOJENÍ RGB LED KRUHU	47
8	NÁVRH A REALIZACE MODELU KVĚTINÁČE	48
8.1	VOLBA SOFTWARE	48
8.2	POPIS NÁVRHU	48
8.3	FUNKČNOST KVĚTINÁČE.....	49
8.3.1	Návrh hlavní části květináče	49
8.3.2	Návrh části květináče pro hlínu a rostliny – truhlíku.....	50
8.3.3	Návrh víka hlavní části.....	51
8.3.4	Návrh držáku osvětlení	52
8.3.6	Návrh krytky senzoru půdní vlhkosti	53
8.4	3D TISK KVĚTINÁČE A DOPLŇUJÍCÍCH DÍLŮ	54
8.5	VYTIŠTĚNÉ DÍLY.....	55
9	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ ESP32.....	58
9.1	POUŽÍVANÉ KNIHOVNY	58
9.2	DEFINOVÁNÍ GPIO PINŮ	58
9.3	NASTAVENÍ WI-FI KOMUNIKACE	59
9.4	MĚŘENÍ HLADINY VODY	59
9.5	ZOBRAZENÍ WEBOVÉHO ROZHRANÍ	61
9.6	OSVĚTLENÍ.....	62
9.7	AUTOMATICKÉ ZAVLAŽOVÁNÍ	62
9.8	HLAVNÍ ČÁST PROGRAMU.....	63
10	OTESTOVÁNÍ FUNKČNOSTI A VYHODNOCENÍ.....	64
	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	74

ÚVOD

Pěstování rostlin je nejen důležité pro každodenní život, ale také oblíbeným koníčkem po celém světě. V každé části světa jsou klimatické podmínky pro jiné druhy rostlin, ale postupně s objevováním nových technologií a způsobů se tento trend mění.

V pěstitelství se již delší dobu běžně využívá simulování klimatických podmínek jiných zemí pro lepší a kvalitnější růst, například skleníky nebo botanické zahrady. V takových zařízeních se rovněž pravidelně využívá automatického zavlažování a vytápění za účelem dosažení optimálního prostředí pro rostlinu. Cílem návrhu inteligentního květináče bylo umožnit pěstování náročnějších rostlin nejen ve sklenících, ale také v domácnostech či kancelářích. Toto zařízení nabízí možnost informovat uživatele o vlhkosti a teplotě ovzduší, vlhkosti půdy a také může využívat automatické zavlažování s ukazatelem hladiny vody v zásobníku a časovaný přisvit. Zavlažování se spíná pomocí zadané spínací vlhkosti uživatelem. Doba přisvitu se odvíjí rovněž od uvážení uživatelem, kdy se nastavuje čas zapnutí a vypnutí. Základní informace jsou zobrazeny přímo na displeji květináče. Nastavování parametrů a přesný výpis stavu květináče je však ve webovém rozhraní.

V první kapitole teoretické části jsou uvedeny informace k pěstování rostlin. Hlavními poznatky jsou vliv světla, vlhkosti, půdy, zalévání a množství oxidu uhličitého v ovzduší. Druhá kapitola popisuje obecné informace o mikropočítačích a jejich základních částech. Dále teoretická část pokračuje přehledem senzorů používaných napříč celou oblastí automatizace a popisem principu 3D tisku. Literární rešerše je rovněž obsažena v teoretické části, a to na jejím konci.

V prvních dvou kapitolách praktické části jsou popsány nejen zvolené součástky, ale rovněž jejich zapojení a bližší specifikace v celém systému. Nechybí ani blokové schéma zapojení systému. Ve třetí kapitole je popsán návrh a realizace tvorby konstrukce květináče od 3D modelu v programu Solidworks až po samotný tisk a sestavení konstrukce do funkčního celku. Zakončení této části popisuje princip a popis kódu a otestování funkčnosti, včetně popisu webového rozhraní.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 PĚSTOVÁNÍ ROSTLIN

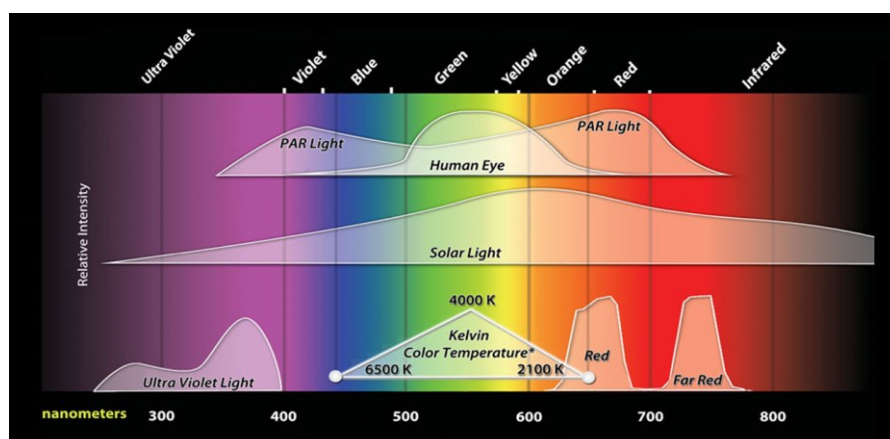
Pro správný vývoj rostliny je zapotřebí několik základních faktorů, mezi které patří voda, světlo, půda, oxid uhličitý vlhkost a teplota. Správná kombinace těchto faktorů vytváří ideální prostředí pro rostliny, které umožňuje jejich optimální růst a efektivní pěstování. [1]

1.1 Světlo

Světlo je nezbytné pro rostlinu, konkrétně jeho intenzita a doba trvání, protože rostliny podle něj poznávají, jaké je roční období. Množství světla, kterému má být rostlina vystavena, závisí na fázi jejího růstu. Před kvetením je pro rostlinu vhodné osvětlení 18 hodin denně, s otevíráním květu se doba vystavení světlu snižuje na 12 hodin. Neméně důležité je však pro rostlinu také dodržování časových úseků tmy. Když rostlina není vystavena světlu, dochází v ní k regeneraci a umožňuje tím správnou funkci svému metabolismu. [1] [2]

1.1.1 Nahrazení slunečního svitu

Rostliny pro fotosyntézu nepotřebují nutně sluneční svit, ale jakýkoliv zdroj světla, takže v domácích podmínkách, pokud nelze mít rostlinu na slunném místě, nebo v zimních měsících, kdy je většinu dne pod mrakem, lze slunce nejlépe nahradit LED osvětlením se světelným spektrem v části s modrou barvou v rozmezí 400–520 nm a červenou barvou v rozmezí 610–720 nm. [2]



Obrázek 1 – Graf vhodného světelného spektra pro rostliny [2]

1.1.2 Vzdálenost osvětlení od rostliny

Vhodná vzdálenost LED od rostliny je 20–50 cm, záleží na teplotě vydávané osvětlením, aby nedošlo ke spálení rostliny. [2]

1.2 Voda

Většina rostlin se řadí mezi organismy homoiohydričké, což znamená, že udržují vysoký obsah vody, průměrně 60–90 %. V listech a kořenech je obsah vody dokonce kolem 80–90 %. Bez vody dokážou přežít jen některé suchovzdorné rostliny, pylová zrna a semena. Tyto druhy rostlin se řadí mezi organismy poikilohydričké, ale i tyto rostliny v sobě mají minimálně 5–15 % vody. [3]

Voda je tedy nezbytná pro život rostliny a množství dodávané vody závisí na druhu rostliny, délce a intenzitě osvětlení a věku rostliny. [1]

1.2.1 Pohyb vody v rostlině

Voda se v rostlině přenáší pomocí difuze. Obecně jde o spontánní pohyb částic vody z oblasti vyšší koncentrace do oblastí nižší koncentrace. [3]

1.2.2 Působení vody v rostlinách

Jak již bylo zmíněno, rostliny by bez vody nepřežily, nejde ale o vysoký obsah vody v rostlinách, nýbrž o funkce, které voda plní. Voda slouží k rozpouštění anorganických a organických látek a jako prostředí pro pohyb molekul a iontů. Dále jako stavební materiál buněk, transportní, nebo teplotu regulující prostředek, ale také například jako metabolická surovina rostliny při fotosyntéze. [3]

1.3 Vlhkost

Ve vnitřních prostorách běžného lidského obydlí je vlhkost parametr, který je často opomíjen. Optimální hladina vlhkosti přitom hraje důležitou roli při prevenci chorob, ale také do značné míry ovlivňuje velikost a kvalitu výnosu. [1]

1.3.1 Vhodná vlhkost v závislosti na fázi růstu

Stejně jako doba osvětlení rostliny, i míra vlhkosti závisí na fázi růstu. Zatímco v počátcích růstu se doporučuje vlhkost kolem 80 %, během růstu vlhkost 65–75 % a při fázi květu dokonce jen 30 %. Přijatá vláhla během počátku růstu rostliny podporuje vývoj jejího kořenového systému, má také vliv na velikost květů a listů. Během růstu se vlhkost doporučuje snížit, aby se předešlo šíření plísní, nebo jiných maligních hub. [1] [4]

1.4 Oxid uhličitý

Rostliny k růstu potřebují také atmosférické plyny. Zatímco kyslík rostliny využívají jen v malém množství (i když ho díky fotosyntéze produkují) a převážně v noci, oxid uhličitý je pro růst velmi důležitý. [1]

1.4.1 Vliv množství oxidu uhličitého na růst

Hlavním úkolem oxidu uhličitého je společně s vodou a světlem sloužit jako zdroj energie pro průběh fotosyntézy, která zásobuje rostlinu glukózou a živinami. Jako odpadní prvek při fotosyntéze je kyslík. Od tohoto chemického jevu se odvíjí další vývoj rostliny a při dostatku světla a vody, ale nedostatku oxidu uhličitého se to na rostlině projeví až o 30–40 % pomalejším růstem. Naopak při zvýšení koncentrace oxidu uhličitého na hodnotu kolem 500 pmm dojde k růstu o 15–20 %. [1]

1.4.2 Bezpečnost při využívání oxidu uhličitého

Oxid uhličitý pro rostliny ve vnitřních prostorách můžeme dodávat častým větráním. Existují ale i zdroje oxidu uhličitého ve formě tablet nebo závěsných pytlíků, u nich si však musíme dávat pozor na koncentraci. [1]

Běžná hodnota oxidu uhličitého ve venkovním prostředí se pohybuje v rozmezí 350–500 pmm. Při koncentraci vyšší než 1000 pmm dochází u lidského organismu k příznakům únavy a snižování koncentrace, nad 2000 pmm může nastat bolest hlavy. Při hodnotě vyšší jak 5000 pmm je velmi častý stav nevolnosti a zvýšeného tepu a při překročení 40 000 pmm dochází ke ztrátě vědomí a ohrožení života. [5]

Z tohoto důvodu se před pobytem v pěstebních prostorech při navyšování koncentrace oxidu uhličitého doporučuje intenzivnější větrání. [1]

1.5 Půda

Vliv na rostlinu má rovněž půda, ve které roste. Hlavní aspekty jsou textura a pH půdy. [6]

1.5.1 Textura půdy

Jílovité půdy jsou na pěstování problematické, protože rychle vysychají a praskají. Písčité půdy zase dobře propouštějí teplo, ale i vodu, a proto mají problém s udržováním živin

a vlhkosti pro rostlinu. Ideální kombinace je písčito-hlinitá půda, která dobře propouští teplo a zároveň dokáže udržet vodu a živiny pro rostlinu. [6]



Obrázek 2 – Vhodná struktura zrnitosti půdy [6]

1.5.2 pH půdy

Stupnice pH je všeobecně uznávaná pro určení stupně kyselosti. Stupnice má rozsah 0 až 14 pH, kde 0 představuje například kyselinu chlorovodíkovou, 7 je destilovaná voda a 13 odpovídá hydroxidu sodnému. [6] [7]

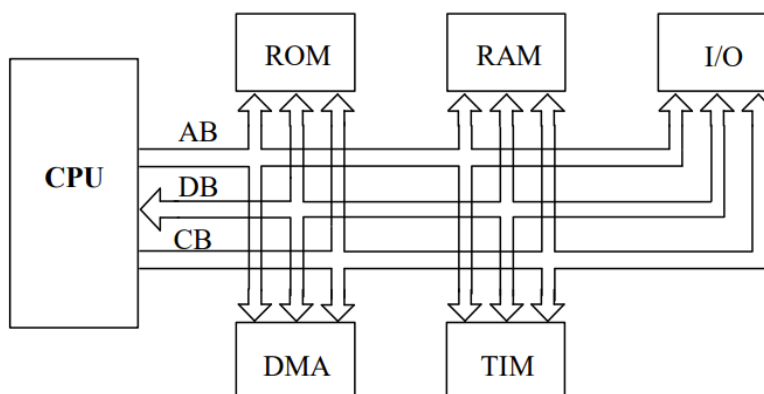
Rostlinám běžně vyhovuje prostředí od 5,7 do 6,7 pH, zvládnou ale růst i v rozmezí 4,5–7,5 pH. Ve vápenatých půdách (s vyšším pH) v kombinaci s organickou složkou (např. kompost nebo chlévský hnůj) se rostlinám může také dařit dobře. Nejvhodnější pro růst je rašelina, která sama o sobě představuje organickou složku, protože vznikla rozkladem rostlin. Pokud je však její pH nízké, lze ho upravit pomocí mletého vápence (vápna). [6]



Obrázek 3 – Rašelina [6]

2 MIKROPOČÍTAČ

Mikropočítač je uspořádání logických obvodů do celku, který umožňuje provádění logických a aritmetických operací podle předem dané posloupnosti neboli programu. Architektury mikropočítačů vycházejí z koncepce stanovené ve 40. letech 20. století Johanem von Neumannem. Z toho vyplývá, že program i data jsou uloženy ve stejné operační paměti. Obvody mikropočítače lze rozdělit do pěti částí, viz obrázek 4. [8] [9]



Obrázek 4 – Blokové schéma mikropočítače [8]

2.1 Vstupní a výstupní porty

Vstupní a výstupní porty umožňují mikropočítači komunikovat s okolím, například prostřednictvím klávesnice, displejů nebo výkonových akčních členů. Toto spojení však není u mikropočítače samozřejmostí. [8]

2.2 Mikroprocesor – CPU

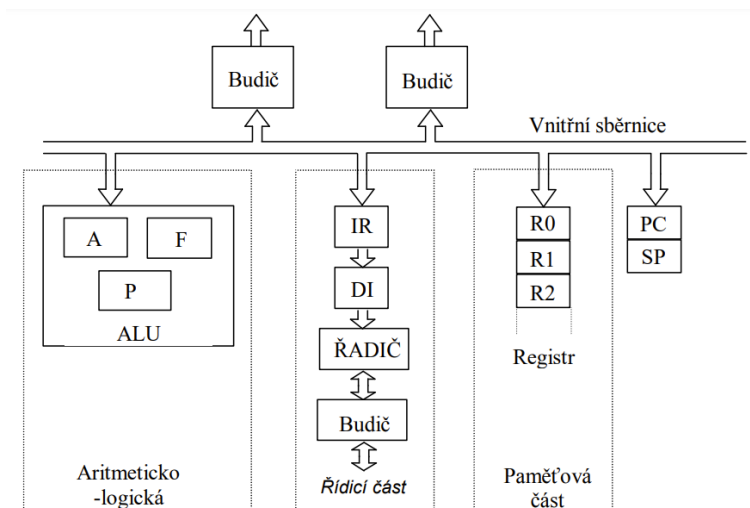
Mikroprocesor je integrovaný obvod vyrobený pomocí technologie vysoké hustoty integrace a je současně základním prvkem mikropočítače, který řídí veškerou činnost, provádí operace a zajišťuje provedení instrukcí uložených v paměti. Rovněž tato data zpracovává a následně řídí jejich tok do výstupních portů. [8]

2.2.1 Struktura mikroprocesoru

Starší typy mikroprocesorů neobsahovaly všechny jeho nezbytné součásti jako například generátor hodinového pulzu, obvody pro řízení sběrnice apod. Výrobci tyto součásti

dodávali jako specializované obvody, které společně s mikroprocesorem tvořily tzv. skupinu mikroprocesoru. [8]

V dnešní době již jsou součástí mikroprocesoru všechny jeho nezbytné části. V mikroprocesoru řídí veškerý chod řadič, ten je tvořen registrem instrukcí, obvodem pro dekódování instrukce a řídicím obvodem, což společně vytváří řídicí část. Dále mikroprocesor tvoří aritmeticko-logická jednotka, paměťová část a sběrnice. [8]



Obrázek 5 – Vnitřní blokové schéma mikroprocesoru [8]

2.2.2 Řadič

Řadič zajišťuje řízení a koordinaci ostatních částí mikroprocesoru. Také generuje veškeré signály řídicí sběrnice mikropočítače. Jeho hlavní funkcí je však načítat, dekódovat a zpracovávat instrukce. Využívá přitom programový čítač (PC) nebo ukazatel na instrukci (IP). Řadič vykonává instrukce postupně jak náleží za sebou. Jen ve výjimečných případech jako je přerušení, nebo volání podprogramu může vykonávat jiné instrukce než ty, které byly načteny v zásobníku. [8]

2.3 Generátor taktů

Krystalový oscilátor v pravidelných intervalech vydává hodinový signál, podle kterého je synchronizována činnost mikroprocesoru a celého mikropočítače. [8]

2.4 Paměti

V mikropočítačích se využívá dvou typů polovodičových pamětí. Paměť, do které lze data zapisovat a rovněž z ní číst (operační paměť RAM), nebo ze které lze pouze číst ROM. [9]

2.4.1 ROM

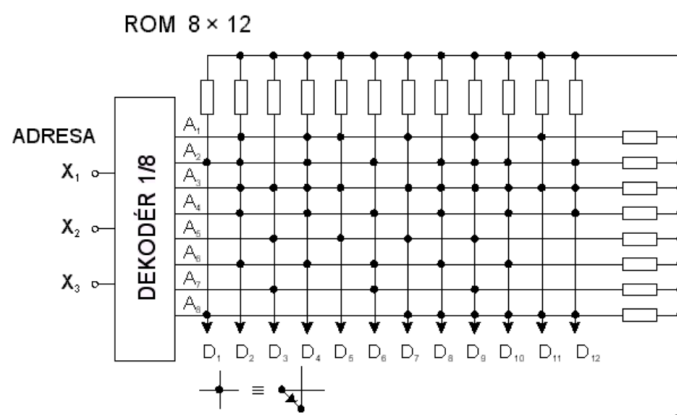
ROM (Read Only Memory) je paměť která obsahuje data, jež lze pouze číst. Obsah ROM bývá zpravidla určen výrobcem. U pokročilejších pamětí stejného typu jako PROM a EEPROM, které se v dnešní době využívají více, lze data zapsat i prostřednictvím uživatele. [9]

2.4.2 PROM

Paměť, do které si může uživatel zapsat v binární formě data, tato data již nelze přepsat. [9]

2.4.3 EEPROM

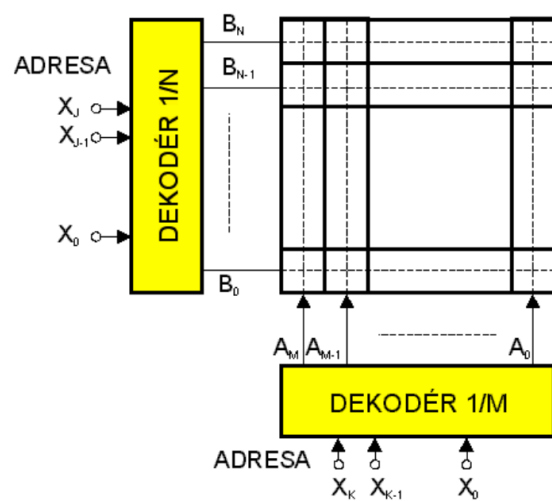
EEPROM je paměť, do které lze data zapisovat, i je mazat. Schopnost udržet data i po vypnutí napájení však stále zůstává zachována. [9]



Obrázek 6 – Realizace ROM paměti [9]

2.4.4 RAM

RAM (Random-Access-Memory) je polovodičová paměť, do které se data ukládají pouze dočasně, lze je jednoduše přepsat nebo upravit. RAM paměť se využívá především pro zápis programu, mezivýsledků apod. [9]

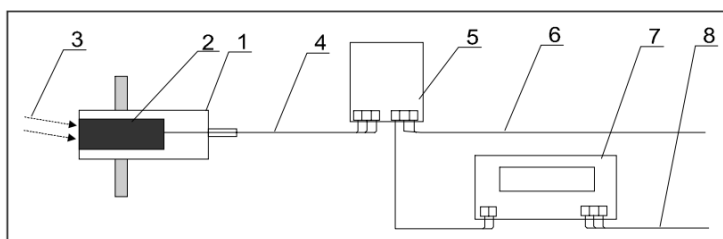


Obrázek 7 – Blokové schéma paměti RAM [9]

3 SENZORY

Pro automatické řízení je nezbytné mít k dispozici údaje o parametrech a stavu řízených nebo sledovaných procesů. [11]

Senzory hrají klíčovou roli v systémech automatického řízení, zejména ve zpětnovazebních regulacích, kde poskytují vstupní data. Z obecného pohledu je zajišťování těchto vstupních dat pomocí snímače (1), který se skládá ze senzoru (2) a převodníku snímaných dat na signál (3). Tento signál se pomocí vodičů (4) přenáší do převodníku (5), kde ho elektrický převodník vyhodnotí a převede na elektrický signál (6). Daný signál se v praxi běžně využívá, jako napěťový signál v rozsahu 0–10 V, nebo -10–+10 V DC, nebo proudový signál v rozsahu 4–20 mA DC. Tento signál je následně vyhodnocen pomocí přímo určené jednotky (7), programu, nebo přes výstup (8) dále používán. Viz schéma na obrázku 8. [10]



Obrázek 8 – Schéma měřicího obvodu [10]

Senzory pro svou činnost využívají fyzikálních, fyzikálně-chemických, nebo mechanických principů. Působením vnějších vlivů dochází k vyvolání některé z výše zmíněných reakcí, a to způsobí změnu výstupního stavu senzoru. Senzory se dělí do několika skupin podle toho, jaký fyzikální jev při svém působení na senzor vyvolá změnu – tyto skupiny jsou popsány v následujících kapitolách. [10]

3.1 Senzory měnící elektrické vlastnosti

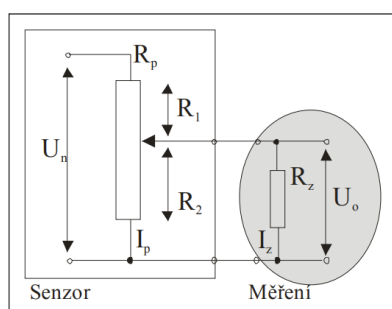
3.1.1 Odporové senzory

Každý materiál má při průchodu elektrického proudu určitý elektrický odpor. Odporové senzory vystavují vodič mechanickým vlivům jako například změna průřezu a délky, nebo využívají změny měrného odporu při vystavení vodiče světlu, magnetickému poli anebo

určité teplotě. Při těchto vlivech mění vodič svůj odpor a tím lze měřit parametry měřené veličiny. [10]

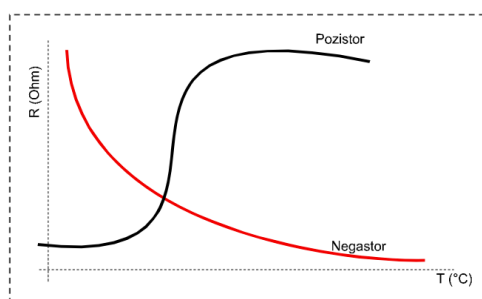
Příklady některých odporových senzorů:

- Kontaktní odporové senzory: tyto senzory využívají skokovou změnu elektrického odporu, ke které dojde sepnutím nebo rozepnutím obvodu. [10]
- Potenciometrické odporové senzory: využívá se zde odporové dráhy s pohyblivým kontaktem (sběračem). V každém místě odporové dráhy je jiný odpor a podle hodnoty odporu na sběrači lze určit jeho polohu na odporové dráze a naopak. [10]



Obrázek 9 – Potenciometrický odporový senzor [10]

- Odporové senzory teploty: elektrický odpor je fyzikální veličina, která je závislá na teplotě. Teplota prostředí se přenáší na rezistor a jeho odporová hodnota se podle toho mění. Tato změna je vyhodnocována a převáděna na teplotu. [10]
- Termistory: termistory rovněž využívají závislost odporu na teplotě, jsou ovšem mnohem citlivější než klasické odporové senzory teploty. Dělí se na NTC (negastory) a PTC (pozistory). Negastory svůj odpor s rostoucí teplotou nelineárně snižují, pozistory s rostoucí teplotou naopak odpor nelineárně zvyšují. [10]



Obrázek 10 – Porovnání charakteristik negastoru a pozistoru [10]

- Tenzometrické odporové senzory: jedná se o miniaturní válcové vodiče, jejichž odpor se mění v závislosti na tlaku, který je na ně vyvíjen. [10]

- Odporové senzory vlhkosti: tyto senzory využívají změny odporu v závislosti na vlhkosti materiálu. Pro měření vlhkosti pevných materiálů se využívá elektrod ve tvaru jehel, které se přiloží k/do měřeného materiálu. Protože je však odpor současně závislý na teplotě, je nutno tento senzor doplnit o senzor teploty a při vyhodnocování využít kompenzace. [10]

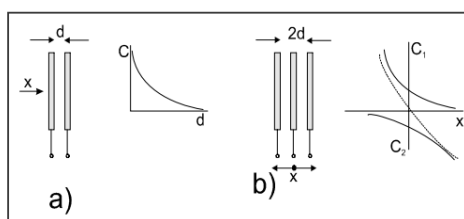
3.1.2 Kapacitní senzory

Kapacitní senzory se skládají ze dvou nebo více elektrod u nichž se mění kapacita v důsledku vnějších vlivů. Změna kapacity se snímá na kondenzátorech. Vnější vlivy mohou na kondenzátor působit tak, že změní jeho permitivitu, plochu elektrod nebo jejich vzdálenost.

Všeobecně jsou kapacitní senzory velmi využívány v oblastech snímání technologických veličin, např. měření geometrických rozměrů, polohy, nebo tlakových sil. Jsou malé a mají nízkou hmotnost. [10]

Příklady některých kapacitních senzorů:

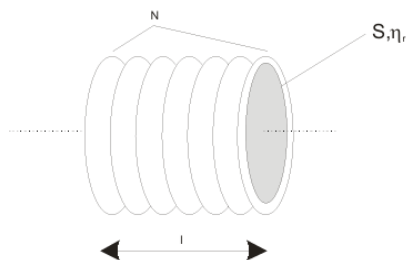
- Kapacitní senzory se změnou hodnoty dielektrika: zpravidla dochází ke změně hodnoty permitivity prostředí mezi elektrodami. Této změny lze dosáhnout například působením tlaku na dielektrikum. [10]
- Kapacitní senzory se změnou rozměrů elektrod: vnější vliv mění vzdálenost elektrod, v závislosti na jejich vzdálenosti se mění kapacita. [10]



Obrázek 11 – Změna vzdálenosti elektrod [10]

3.1.3 Indukčnostní senzory

Jedná se o skupinu pasivních senzorů, které využívají změny indukčnosti vlivem vnějších podnětů. Jako snímač se zde využívá válcové cívky, jejíž vlastností je právě indukčnost. Tento typ senzorů nejčastěji reaguje na změnu magnetického toku nebo permeability. Indukční senzory lze poté rozdělit do kategorií podle jejich uspořádání magnetického obvodu. [10]



Obrázek 12 – Schéma válcové elektromagnetické cívky [10]

Příklady některých indukčních senzorů:

- Sensory s malou vzduchovou mezerou: hojně využívány pro měření geometrických rozměrů, polohy apod. Sensor snímá vnější podnět, který působí změnou rozměrů vzduchové mezery cívky. [10]
- Sensory s otevřeným magnetickým obvodem: vlivem posuvu jádra cívky dochází ke změně indukčnosti. [10]
- Sensory s potlačeným magnetickým polem: použitá cívka zpravidla neobsahuje jádro. Změnu indukčnosti vyvolá přítomnost elektricky vodivého předmětu v okolí cívky. [10]

3.2 Aktivní napět'ové senzory

Vlivem vnějšího působení měřené veličiny dochází ke generování elektrického napětí. [10]

3.2.1 Indukční senzory

Indukční senzory fungují na principu Faradayova zákona, tj. využívají vzniku elektrického napětí v důsledku dynamických změn magnetického toku. [10]

Lze je rozdělit na elektromagnetické a elektrodynamické. Indukční elektromagnetické senzory generují elektrické napětí při změně pohybu magnetického obvodu. Elektrodynamické indukční senzory generují napětí v důsledku pohybu cívky, vodiče, nebo toku vodivé kapaliny. [10]

Příklady některých indukčních senzorů:

- Indukční senzor průtoku: jedná se o elektrodynamický indukční senzor, kde dochází ke vzniku elektrického napětí vlivem rychlosti vodivé kapaliny v kolmém směru na vodič. [10]

- Senzor indukční magnetostrikční: vlivem deformace feromagnetického materiálu (jádra cívky) dochází ke změně permeability a tím ke změně indukce. [10]

3.2.2 Termoelektrické senzory

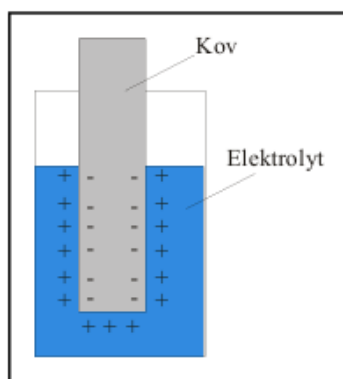
Při styku dvou různých vodičů, nebo polovodičů dochází ke vzniku rozdílů potenciálů. Pokud jsou tyto dva kovy z různého materiálu zapojeny v uzavřeném elektrickém obvodu dvěma spoji, bude mezi těmito spoji naměřeno termoelektrické napětí. Jeden spoj je zpravidla srovnávací a druhý měřicí. [10]

Příklady některých termoelektrických senzorů:

- Senzory termoelektrické kovové: termočlánek se skládá z vhodných kovů zvolených v závislosti na použití. Při výběru se zohledňují aspekty jako: citlivost, odolnost, nebo také linearita závislosti napětí na teplotě. [10]
- Senzory termoelektrické nekovové: kov je v tomto případě nahrazen uhlíkem. Vhodný je například grafit. Využití těchto senzorů je díky jejich vysoké teplotní odolnosti v pecích nebo jaderných reaktorech. [10]

3.2.3 Elektrochemické potenciometrické senzory

Tyto senzory využívají napětí, které vzniká v důsledku rozdílů potenciálů v místě styku mezi dvěma kovy, mezi dvěma roztoky, kovem a roztokem apod.



Obrázek 13 – Grafické znázornění rozdílů potenciálů [10]

Příklady některých elektrochemických potenciometrických systémů:

- Senzory pH: využívají vlastností vody, konkrétně disociace rozpuštěných látek na ionty a štěpení se na hydroxoniové a hydroxylové ionty. [10]

- Senzory iontově selektivní: díky vysoce citlivé membránové soustavě, dokážou rychle a poměrně přesně stanovit koncentraci určitého druhu iontů v roztoku. [10]

3.3 Aktivní senzory s elektrickým nábojem

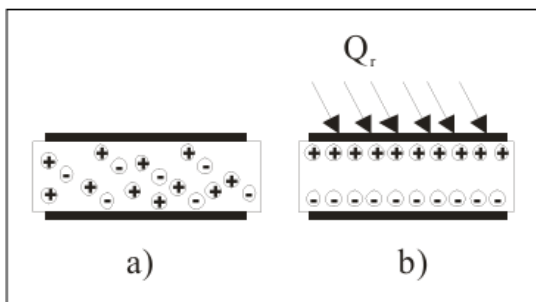
Při detekci požadované veličiny dojde k vytvoření elektrického náboje. Dělí se na piezoelektrické a pyroelektrické senzory. [10]

3.3.1 Piezoelektrické senzory

Senzory fungují na principu piezoelektrického jevu. U piezoelektrických krystalů (například křemen) dochází při deformaci ke vzniku elektrického náboje. Při ukončení působení mechanické síly se krystal vrátí do původního stavu a elektrický náboj zanikne. [10]

3.3.2 Pyroelektrické senzory

Pyroelektrické senzory reagují na elektromagnetické záření. Při ozáření dochází k uspořádání částic. [10]



Obrázek 14 – Pyroelektrický senzor před a) a po b) ozáření [10]

3.4 Emisní senzory

Ve vakuovém prostředí dochází mezi katodou a anodou k emisi elektronů vlivem vnějšího podnětu, zpravidla dopadem světla, působením tepla, nebo změny vzdálenosti elektrod elektronkového systému s katodou a anodou. [10]

Příklady některých emisních senzorů:

- Senzory s fotoelektrickou emisí: Díky emisi fotonů, termoemisi a svodovému proudu mezi elektrodami dochází k procházení proudu v obvodu katody a anody. Nejčastěji užívaným senzorem s fotoelektrickou emisí je fotonka, skleněná baňka plněná vakuem, která obsahuje fotokatodu a anodu. [10]

- Fotonásobiče: Fungují téměř na stejném principu jako výše zmíněné fotonky, ale s lepší citlivostí a přesností díky využití sekundární emise. [10]

3.5 Ionizační senzory

Ionizační senzory jsou složeny ze dvou elektrod umístěných v plynném prostředí. Mezi těmito elektrodami vzniká ionizační proud, jehož velikost závisí na napětí elektrod, rozměrech snímače, vzdálenosti elektrod, ale především na druhu plynu, působením jaderného záření apod. [10]

Příklady některých ionizačních senzorů:

- Ionizační senzor jaderného záření: je využíván k detekci jaderného záření a to všech 3 druhů (záření α , β a γ). [10]
- Senzor ionizační proporcionální: ionizační proud je zde rozdělen na úrovně, podle kterých lze určit o jaké detekované záření se jedná, kolik částic obsahuje a jaké dosahuje energie. [10]

3.6 Optické senzory

Optické senzory se dělí na refraktometrické, senzory s optickými vlákny a senzory, které využívají absorpci a rozptyl světelných paprsků. [10]

3.6.1 Refraktometrické senzory

Refraktometrické senzory jsou hojně využívány pro měření koncentrace, nebo hustoty kapalných roztoků. Díky změně těchto vlastností roztoků dojde ke změně indexu lomu. [10]

3.6.2 Senzory s optickými vlákny

Využívají základního principu optického vlákna. Paprsek ve vláknu se při šíření odráží maximálně pod úhlem 90° . Pomocí senzorů s optickým vláknem se dá například přenášet světlo z obtížně dostupných míst, nebo je možné snímat změnu polohy působením ohybů optického vlákna. [10]

3.6.3 Senzory s absorpcí a rozptylem světla

Lze měřit koncentraci látek v kapalinách. Využívají se dva způsoby měření pomocí senzorů s absorpcí a rozptylem světla. První způsob měří světelný tok před a po průchodu prostředím,

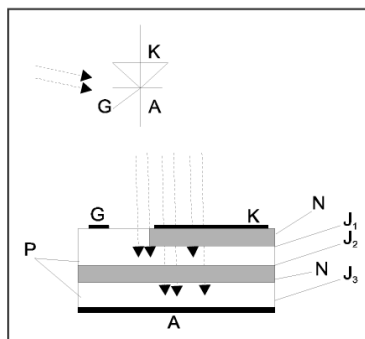
to znamená, že vyhodnocuje absorpci. Druhý způsob snímá světelný tok, který prostředí odráží kolem, tudíž snímá rozptýl látek. [10]

3.7 Polovodičové monokrystalické senzory s PN přechody

Tyto senzory využívají základních principů PN přechodu, jako jsou rekombinace, difuze apod. Nejčastěji užívanými součástkami jsou diody, tranzistory a tyristory, které se využívají ke spínání výkonových částí obvodu pomocí malého proudu nebo napětí. [10]

Příklady některých senzorů s PN přechody:

- Polovodičové PN diody jako teplotní senzory: princip na změně vodivosti křemíku a germania při změně teploty. [10]
- Polovodičové tenzometry: změna vodivosti PN přechodu vlivem silového působení na něj. [10]
- Fototranzistor: tranzistor se otevírá a zavírá vlivem působení elektromagnetického záření. [10]
- Fototyristor: využívá se jako spínací prvek. [10]



Obrázek 15 – Schéma a polovodičová struktura fototyristoru [10]

3.8 Mechanické senzory

Snímají vnější vlivy, jako silové působení, změnu polohy, změnu geometrického tvaru tělesa apod. [10]

Příklady některých mechanických senzorů:

- Kinematické senzory: využívají například gyroskopů, nebo vlivu odstředivé síly. [10]

- Deformační senzory: princip deformace materiálů a snímání jejich změny, například pružina, nebo vlnovec. [10]
- Dilatační senzory: využívají teplotní roztažnosti kovů, nebo jsou tvořeny kapilárami s tekutinami. [10]

3.9 Tekutinové senzory

Snímanou veličinou je v tomto případě tlak kapaliny, k jehož změně dochází vlivem vnějšího podnětu. Zpravidla se využívá kapalina, jako stlačované médium lze ale využít i plyny. [10]

Příklady některých tekutinových senzorů:

- Senzory tekutinové s proudovou a záchytnou tryskou: snímání tlaku plynu působícího na trysku. [10]
- Senzory rotační objemové: proudění kapaliny nebo vzduchu otáčí mechanickým systémem, jehož rychlost otáčení je přímo úměrná rychlosti proudění měřeného média. [10]

4 3D TISK

4.1 Výhody 3D tisku.

Díky 3D tisku jsou v dnešní době návrhy různých řešení jednodušší než dříve, a to z ekonomického i ekologického hlediska. Výroba spočívá v adaptivní technologii, tj. materiál se přidává, na rozdíl od dřívější výroby, kdy se materiál především odebíral (například CNC stroje). [14]

4.2 Proces návrhu modelu

Při navrhování nového modelu je nutné brát v potaz několik klíčových vlastností výrobku. Je důležité již předem vědět, k čemu bude daný díl využíván, jakým silám a teplotám vystavován a jakým účelům bude sloužit. [14]

4.2.1 Návrh 3D modelu s využitím vhodného softwaru

Při navrhování modelu je nezbytné vytvořit nejprve jeho model v CAD systému. Pomocí softwaru lze přesně namodelovat požadovaný díl se všemi potřebnými detaily, a to v měřítku 1:1. Výstupní soubor poté bývá zpravidla ve formátu STL, se kterým dokážou pracovat softwary vytvořené pro 3D tiskárny. Zde je poté možné doladit detaily tisku, jako jsou podpěry, orientace tisku (především z důvodu pevnosti a stability), výplň apod. Po veškerých úpravách dochází k exportování G-kódu, což je jazyk používaný pro řízení tiskových hlav, ale také například CNC strojů. [14]

4.3 Materiály využívané pro 3D tisk

Pro 3D tisk se dnes využívají převážně různé druhy plastů, setkáme se ale i s materiály kovovými, kompozitními, biokompatibilními, ale i keramikou a pískem. [14]

4.3.1 Plastové materiály

Nejpoužívanějším typem plastu jsou termoplasty, protože jsou recyklovatelné a lze je opakovaně roztavit a nechat vytvrdnout. [14]

Některé z často používaných plastových materiálů:

- PLA (polylactic acid): v oblasti 3D tisku se jedná o nejpoužívanější materiál. Mezi jeho přední vlastnosti patří lehká výroba (především z kukuřičného škrobu), nízká

teplota tání, takže není zapotřebí tak vysokých teplot při tisku a vytisknuté modely jsou odolnější vůči deformacím různých typů. [15]

- ABS (akrylonitrilbutadienstyren): původně první materiál, ze kterého se kdy tisklo. ABS je termoplast, což znamená, že při opakovaném roztavení nedochází ke změně jeho vlastností. Do dnes je velmi často používán, ale pro jeho tisk je dobré vytvořit vhodné podmínky, abychom dosáhli požadované tiskové kvality. Mezi jeho přední výhody patří vyšší teplota tání, takže lze použít v prostředí do 90 °C a jeho houževnatost. Nevýhodou jsou již zmíněné podmínky pro tisk. Při tisku z materiálu ABS může lehce dojít k poškození výtisku. ABS má velkou tepelnou roztažnost, a tak často dochází ke kroucení požadovaného dílu. Pro tisk je tedy vhodné použít takové 3D tiskárny, které disponují boxem pro udržení stále teploty kolem výtisku a rovněž dokáže zabránit průvanu a větru. [15]
- PET-G (polyethylentereftalát): původní složka tohoto materiálu (PET) je nejpoužívanější plast na světě. Vyrábí se z něj například lahve, nebo potravinové obaly. PET-G je však kromě původní složky (PET) ještě rozšířeno o upravený glykol, díky kterému lze tento materiál využít pro tisk. Svými vlastnostmi, jako jsou například dočasná deformace, nebo teplotní odolnost až do 80 °C je vhodný například pro mechanicky namáhané součásti. [15]

4.3.2 Příklady ostatních využívaných materiálů

- Nylon: využívá se na tisk dílů, u kterých je potřeba aby byly mechanicky odolné. Další výhodou je rovněž odolnost proti chemikáliím. Nylon je však považovaný za materiál vyšší cenové kategorie. [15]
- Kompozitní materiály: základní složkou je plast, který bývá rozšířen jiným typem materiálu, například dřevo nebo měď. Je vhodný pro prvky, které slouží převážně pro vizuální využití, například jako dekorace. Při tisku je nutné dbát opatrnosti především z důvodu rizika ucpání trysky sekundárním materiálem přidaným do plastu. [15]

4.4 Výběr 3D tiskárny

4.4.1 Velikost tiskového prostoru

Jedním z velmi důležitých faktorů je velikost tiskové plochy tiskárny. Velkým tiskovým prostorem však nevyřešíme veškeré problémy. Z důvodu nutného brání ohledu na zvolený materiál pro tisk, bychom velkých rozměrů tiskového prostoru plně využili jen při tisku PLA. Rovněž je dobré tisknout menší díly, jako prevenci proti vzniklým škodám v důsledku nějaké kolize nebo poruchy, při které by došlo ke ztrátě velkého množství filamentu a času. Ideální je tedy zvolit si tiskárnu s rozměry kolem 20x20x20 cm. [16]

4.4.2 Materiály

Při výběru tiskárny je nutné již předem vědět z jakého materiálu budeme tisknout. ABS nutně vyžaduje vyhřívanou podložku, ideálně však ochranný box, jak již bylo zmíněno výše. Materiály jako PET-G a PLA jsou na tisk méně náročné, vždy je však vhodné zvolit tiskárnu, která umožňuje volbu těchto materiálů (některé tiskárny umožňují tisk jen z vlastních očipovaných cartridge). [16]

4.4.3 Požadovaná kvalita tisku

Dalším faktorem je výsledná kvalita výtisku. Tento faktor ovlivňuje především přesnost tiskárny, která je dána šířkou trysky. Roli ale hraje i výška vrstvy tisku, kdy při nižší výšce vrstvy dochází ke snížení viditelnosti rýh způsobených nánosem vrstvy plastu. Při nižší výšce tisku zase ale dochází ke zvýšení časové náročnosti tisku. Je tedy nutné zvolit vhodný kompromis. [16]

5 UKÁZKA EXISTUJÍCÍCH ŘEŠENÍ

V dnešní době se stále více domácností přiklání k využívání technologií, které umožňují automatizaci různých činností. Tyto technologie zajišťují větší pohodlí, bezpečnost a efektivitu energetického hospodářství. [28]

Chytrý květináč lze v určitých formách rovněž koupit v obchodech. Řešení, která různí výrobci nabízejí působí zjednodušeně, pravděpodobně kvůli realizaci sériové výroby.

5.1 Chytrý květináč Click And Grow Smart Garden

Tento květináč lze využít pro pěstování rostlin s podporou automatického zavlažování, ovšem v tomto případě se jedná o jediný automatizovaný proces. Osvětlení tohoto květináče funguje pouze v přesně daném intervalu, kdy 16 hodin svítí a 8 ne. [12]

Aplikace, kterou uvádí výrobce, neslouží tedy k nastavování a ovládání automatizovaných procesů květináče, nejde ani spárovat s květináčem. Jde jen o průvodce pěstování s tipy a doporučeními pro dané typy rostliny. Cena tohoto květináče se dne 17.3.2025 pohybovala kolem 2000 Kč. [12]

5.2 Chytrý květináč Spider Farmer Smart Garden G12

Tento květináč již disponuje více možnostmi ovládání. Rovněž lze automatizovaným zavlažováním dodávat vodu rostlině. Pomocí mobilní aplikace lze monitorovat stav rostliny a zásoby květináče, ale rovněž ovládat osvětlení a upravovat zavlažování. Dne 17.3.2025 se cena tohoto květináče pohybovala kolem 3000 Kč. [2]

5.3 Pěstební stan BudBox PRO L200

Další možností vhodného pěstování rostlin je pomocí pěstebních stanů.

Tento pěstební stan pomáhá udržovat vhodnou teplotu, vlhkost a složení vzduchu uvnitř. Je rovněž kompatibilní s dalšími dodávanými systémy pro pěstování, jako vzduchotechnika, LED osvětlení. Tento pěstební stan se dne 17.3.2025 cenově pohyboval kolem 6000 Kč. [2]

5.4 Growbox Spider Farmer SET SF1000

Growboxy jsou dalším druhem pěstebních pomůcek. Využívají kombinace pěstebních stanů a automatizovaných procesů pro vytvoření vhodných podmínek pro rostlinu. [2]

Tento growbox se skládá ze stanu pro udržování stabilní teploty, ventilátoru, který plní funkci přívodu čerstvého vzduchu, cirkulačního ventilátoru, který imituje vítr, uhlíkového filtru a osvětlení. LED osvětlení je doplněno časovačem pro nastavení doby svitu. Ventilátory jsou programovatelné, lze je tedy využít pro automatické odvětrávání a udržování stabilní teploty. Tento kompletní growbox se dne 17.3.2025 pohyboval v nákupní ceně cca 13 000 Kč. [2]



Obrázek 16 – Growbox [2]

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 VÝBĚR VHODNÝCH KOMPONENTŮ

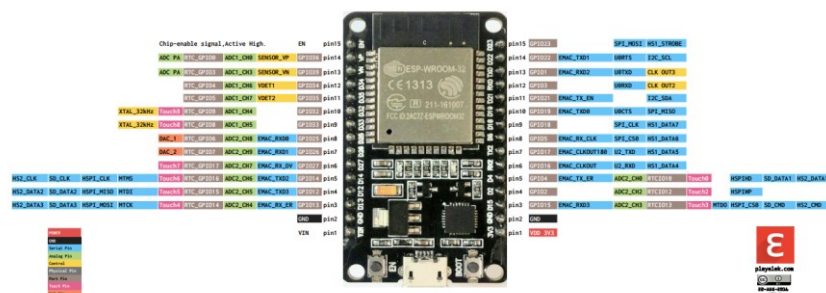
Při výběru vhodných komponentů bylo nutné uvažovat požadované vlastnosti výsledného produktu a prostředí, kterému budou součástky a díly vystaveny. Převážně šlo o vliv vody, vlhkosti a teploty. Nezbytné bylo rovněž určení takových dílčích částí, které zaručovaly funkčnost a kompatibilitu napříč celým řešením. Pro tyto součástky byl posléze na míru navrhnut 3D model květináče připravený k tisku, který zohledňuje nejen trasy pro komunikaci, ale rovněž bezpečnost práce s elektrickou energií.

6.1 Výběr mikrokontroleru

Pro řízení systému chytrého květináče byl zvolen DOIT ESP32 DEVKIT V1. Tato vývojová deska využívá čipu ESP-32WROOM-32 od společnosti Espressif Systems. Nejedná se přímo o oficiální desku od firmy Espressif, ale jde o levnější kopii, která má téměř identické parametry jako oficiální ESP32-DevKitC.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného mikrokontroleru:

- Dvoujádrový procesor o maximální frekvenci 240 MHz, který dokáže zpracovávat souběžně několik paralelních úloh.
- 20–25 běžně použitelných GPIO pinů. Tyto piny lze využít jako vstupní i výstupní a používají se pro připojení senzorů, akčních členů, nebo pro komunikaci I2C, SPI a UART. Tyto piny lze rovněž konfigurovat jako analogové vstupy a PWM.
- Vestavěný modul Wi-Fi a Bluetooth, což umožňuje bezdrátovou komunikaci přes internet, nebo mobilní zařízení bez nutnosti dalších modulů.
- Pro daný mikrokontroler lze vyvíjet program ve volně dostupném programovacím prostředí Arduino IDE.
- Množství a dostupnost knihoven, podpory a návodů pro daný mikrokontroler.



Obrázek 17 – DOIT ESP32 DevKit1 Pinout [17]

6.2 Výběr senzorů

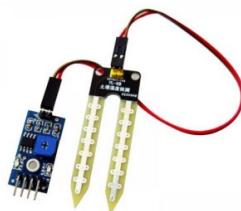
Mikrokontroler DOIT ESP32 DevKit1 má pracovní napětí 3,3 V, tudíž byly vybrány senzory, které pracují na stejném napěťovém rozsahu a jsou kompatibilní.

6.2.1 Senzor vlhkosti půdy

Pro měření vlhkosti půdy byl použit senzor ESES pro jednodeskové počítače. Funguje na principu měření vodivosti půdy mezi dvěma kovovými elektrodami. Z důvodu rizika elektrolýzy je výrobcem doporučováno napájet senzor pouze při měření a poté jej od napájení opět odpojit.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného senzoru:

- Cenová dostupnost a jednoduchý princip měření.
- Analogový výstup, který lze využít pro měření přesné hodnoty vlhkosti půdy.
- Pracovní napětí 3,3–5 V.



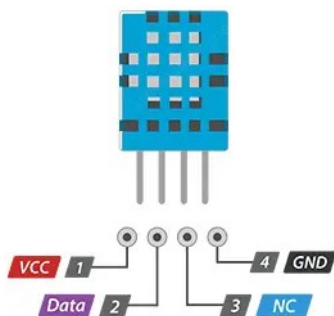
Obrázek 18 – Půdní senzor vlhkosti [18]

6.2.2 Senzor teploty a vlhkosti okolního prostředí

Pro měření vlhkosti a teploty okolního prostředí byl zvolen senzor DHT11. Tento modul kombinuje měření teploty a relativní vlhkosti v jednom, což rovněž usnadňuje integraci do celého systému. I přes snímání analogových veličin využívá díky komunikaci 1 wire, jen jeden digitální vstup mikrokontroleru.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného senzoru:

- Pracovní napětí 3–5 V.
- Měření teploty v rozsahu 0–50 °C s přesností ± 2 °C.
- Měření vlhkosti v rozsahu 20–90 % RH s přesností ± 5 % RH.
- Kompatibilita s deskou ESP32 a dostupné množství knihoven a podpory.



Obrázek 19 – DHT11 Pinout [19]

6.2.3 Senzor pro měření hladiny

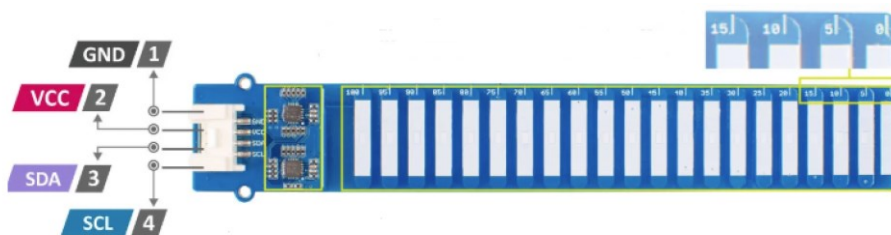
Volba senzoru hladiny sebou nesla komplikace spojené s omezenou nabídkou. Nejčastěji prodávány senzory hladiny kompatibilní s ESP32 jsou buď plovoucí spínače, které však nedokážou detekovat hladinu průběžně, ale pouze sepnou při určitém stavu, nebo snímač hladiny, který však detekuje hladinu v maximální výšce 4 cm, což bylo nedostačující.

Nejlépe podmínky splňoval senzor Grove – snímač hladiny vody.

Tento snímač funguje na principu kapacitního senzoru, kdy obsahuje 20 elektrod, které detekují hladinu vody. Hlavní výhodou tohoto principu je, že na rozdíl od snímače vlhkosti půdy nedochází k elektrolýze a může hladinu měřit nepřetržitě, což je dobré pro správnou funkčnost celého systému.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného senzoru:

- Pracovní napětí 3,3–5 V, tudíž je kompatibilní s ESP32.
- Komunikace přes I2C sběrnici, v tomto případě se využívá adres 0x77 a 0x78.
- Rozsah měření 0–10 cm.



Obrázek 20 – Grove – snímač hladiny vody Pinout [20]

6.3 Výběr akčních členů systému

Systém využívá 2 akční členy, konkrétně čerpadlo pro automatické zavlažování a osvětlení pro přísvit a efektivní růst rostliny. Tyto komponenty využívají vyššího pracovního napětí než ESP32, což bylo vyřešeno regulátory napětí.

6.3.1 Výběr čerpadla

Čerpadlo bylo zvoleno na provozní napětí 12 V. Dosahuje maximálního průtoku 240 l/h, ale tento průtok je regulován z důvodu rovnoměrného zavlažování pomocí PWM. Čerpadlo rovněž disponuje krytím IP x8. Z důvodu dlouhodobého a neustálého vystavení vodě je však zakomponováno v systému tak, že nasává vodu z nádržky pomocí hadičky a je umístěno v suché části chytrého květináče.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného čerpadla:

- Hladina intenzity zvuku < 40 dB.
- Jmenovitý příkon 4 W a výtlačak až do 300 cm.
- IP x8 (při jakémkoliv protečení vody, nebo poškození sacích a výtlačných hadiček nedojde k jeho poškození).



Obrázek 21 – Ponorné čerpadlo 12 V [21]

6.3.2 Výběr světelného modulu

Rostliny preferují červené a modré spektrum světla viz Teoretická část. Zvolen byl tedy programovatelný RGD LED kruh, který je osazen 24 programovatelnými RGB LED diodami. Ovládání těchto LED diod je realizovatelné pomocí vstupního pinu na modulu.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného světelného modulu:

- Napájecí napětí 5 V, diody však lze ovládat pomocí signálu z ESP32.

- Možnost programování barevného spektra RGB.
- Množství LED diod dostatečný k osvětlení celé plochy květináče.



Obrázek 22 – Programovatelný RGB LED kruh [22]

6.4 Výběr uživatelského rozhraní

Pro nastavování parametrů a zobrazování informací byla zvolena možnost využití Wi-Fi modulu samotného ESP32. Pro rychlejší přístup k informacím však byl systém ještě rozšířen o displej umístěný přímo na chytrém květináči – zvolen byl IIC I2C OLED displej 1,3“ 128x64.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného displeje:

- Napájecí napětí 3,3–5 V.
- Komunikace přes I2C.
- Dostačující úhlopříčka 1,3“.



Obrázek 23 – OLED displej [23]

6.5 Výběr napájecího zdroje

Napájecí zdroj byl vybrán na takové výstupní napětí, aby pokryl veškeré potřeby systému. Nejvyšším potřebným napájecím napětím disponuje čerpadlo a to 12 V. Při pokrytí ostatních součástí bylo počítáno s rezervou, a proto byl zvolen napájecí zdroj s parametry 12 V a 2 A, tedy 24 W.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného napájecího zdroje:

- Vstupní napětí 230 V AC, výstupní 12 V DC.
- Příkon 24 W.
- Výstupní DC konektor 5,5 mm x 2,1 mm.
- Dostupnost a pořizovací cena.



Obrázek 24 – Síťový adaptér 12 V / 2 A [24]

6.6 Výběr doplňkových komponentů

Pro správnou funkčnost a kompatibilitu celého systému bylo zapotřebí použít ještě doplňující součástky. Nezbytnou součástí jsou stabilizátory–regulátory napětí, konektory, ale také například PWM modul pro řízení výkonu čerpadla za účelem přesnějšího a kvalitnějšího zavlažování.

6.6.1 Výběr stabilizátorů napětí

Systém je napájen zdrojem s výstupním napětím 12 V. Dílčí části však potřebují nižší napětí. Pro osvětlení a napájení ESP32 byly zvoleny moduly s čipem pro stabilizaci napětí. Tyto moduly byly zvoleny ve stejném provedení.

Pro regulaci napětí z 12 V na 5 V byl použit modul s čipem AMS 1117-5.0

Hlavní parametry, které vedly k volbě daných regulátorů:

- Čip byl již integrovaný v kompletním modulu s doplňkovou a ochrannou elektronikou, tudíž bylo použití značně zjednodušeno.
- Dané regulátory reagují na změnu zátěže a dokážou tak udržet stabilní požadované napětí.
- Dostupnost a pořizovací náklady.



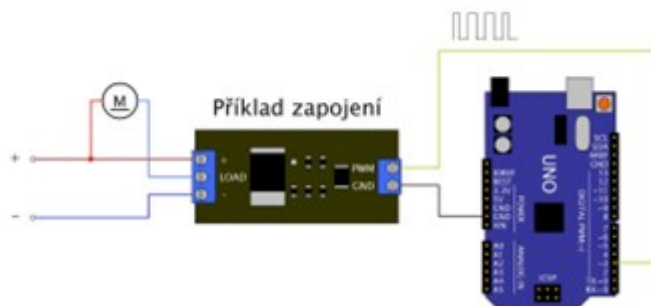
Obrázek 25 – Modul stabilizátoru napětí 12 V na 5 V [25]

6.6.2 Výběr modulu pro PWM

Pro regulaci výkonu čerpadla byl vybrán spínač MOSFET PWM D4814. Jedná se o modul navržený přímo na spínání výkonových zátěží, právě jako v našem případě stejnosměrný motor čerpadla. Hlavní výhodou tohoto modulu je, že lze ovládat vysoké proudy pomocí nízkonapětového řídicího signálu.

Hlavní parametry, které vedly k volbě daného modulu:

- PWM řízení. Modul podporuje řízení pomocí PWM, což umožňuje plynulou regulaci výkonu zátěže.
- Modul je osazen optočlenem, který zajišťuje galvanické oddělení mezi řídicím ESP32 a čerpadlem.
- Provozní napětí zátěže: 0–40 V.
- Ovládací napětí 3,3–5 V.



Obrázek 26 – Příklad zapojení PWM modulu [26]

6.6.3 Výběr konektorů

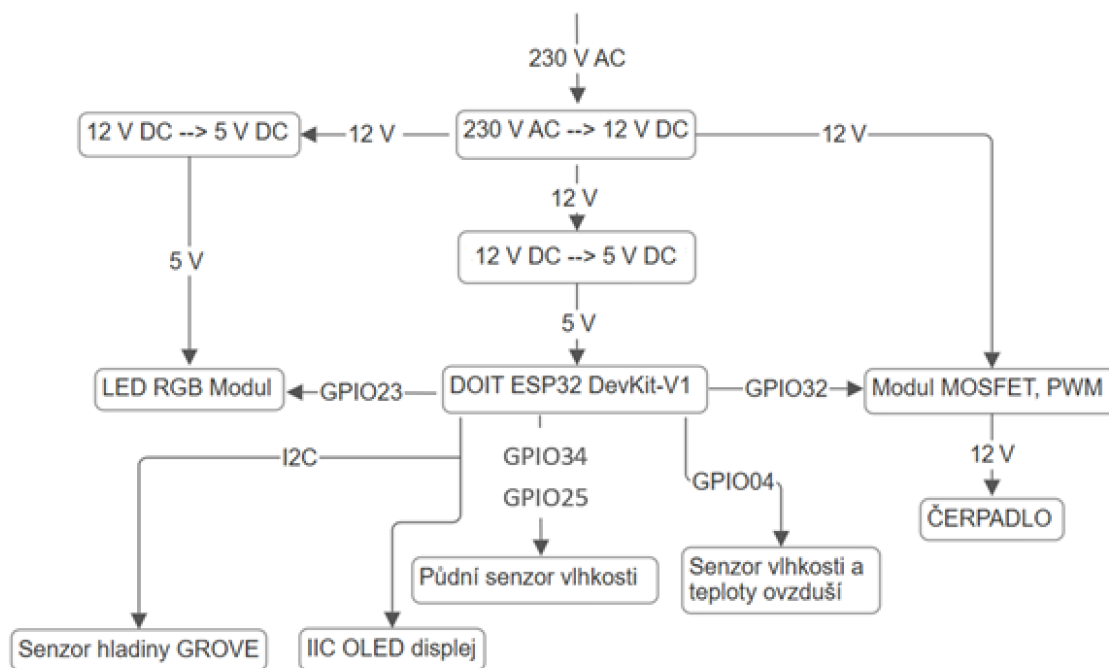
Napájecí zdroj disponuje konektorem 5,5 mm x 2,1 mm samec. Proto bylo použito v celém systému takové konektorové propojení a využívá se zde daného konektoru v provedení samec a samice.



Obrázek 27 – DC konektor 5,5 x 2,1 mm [27]

7 NÁVRH A REALIZACE ZAPOJENÍ

Všechny dílčí části byly propojeny napříč celým systémem v jeden funkční celek. Hlavní část tvoří mikrokontroler DOIT ESP32 DevKit-V1. Do něj jsou přivedeny veškeré signály ze senzorů, ale rovněž odváděny signály do akčních členů. Také je většina systému napájena právě skrze výstupní svorky samotného mikrokontroleru.



Obrázek 28 – Blokové schéma systému

(zdroj: vlastní)

7.1 Zapojení Senzoru hladiny a displeje

Zapojení senzoru hladiny a displeje bylo provedeno přes komunikaci I2C. Napájecí napětí a zem senzoru jsou připojeny na svorky mikrokontroleru určené pro tyto účely, tj. VDD (pin 1) a GND (pin 2). Další dva piny, které senzor hladiny a displej využívá jsou piny 11 a 14, kde pin 11 plní funkci SDA a pin 14 funkci SCL.

7.2 Zapojení PWM modulu a čerpadla

Pro tento účel bylo nejprve nutné ověřit z pinoutu mikrokontroleru, zda daný pin podporuje PWM výstup. Zapojení modulu pro řízení pulzně šířkové modulace bylo zrealizováno z pinu GPIO 32, které danou funkcí disponuje. Ze samotného mikrokontroleru modul využívá vstup pro PWM (již zmíněný GPIO 32) a GND, fyzicky se tedy jedná o pin 2 a pin 18. Regulace

probíhá přes modul, který rovněž zajišťuje galvanické oddělení řídicí a výkonové části. Čerpadlo je zapojeno podle levé části obrázku 26.

7.3 Zapojení půdního senzoru vlhkosti

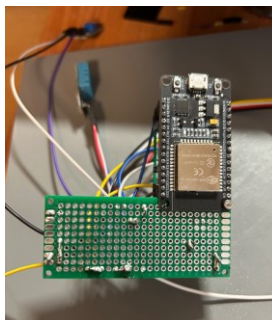
V tomto případě bylo opět nejprve nutné ověřit, zda pin vyhovuje požadavkům daného senzoru, tedy zda pin disponuje analogovým vstupem. Tato informace byla ověřena z pinoutu mikrokontroleru. Jelikož je senzor využíván jako analogový snímač, nikoliv digitální spínač, jsou využívány 3 svorky modulu - VCC, GND a A0. Napájecí pin VCC je v tomto případě nahrazen napájením přes GPIO, aby bylo možné senzor aktivovat pouze během měření. Pro tento účel bylo napájení naprogramováno na GPIO25. Zapojení tedy bylo následovné: GPIO25 (pin 8), GPIO34 (pin 12) a GND (pin 2).

7.4 Zapojení snímače vlhkosti a teploty ovzduší DHT11

Jak již bylo zmíněno, tento snímač využívá speciální komunikaci 1 wire, díky které jsou veškerá data přenášena jedním vodičem na digitální vstup mikrokontroleru. V tomto případě tedy nebylo nutné ověřovat analogovou funkci a zvolen byl pin 5 (GPIO04). Senzor bylo rovněž potřeba připojit na VCC a GND (pin 1 a 2).

7.5 Zapojení RGB LED kruhu

U daného komponentu bylo stejně jako u čerpadla napájení vyřešené nezávisle na mikrokontroleru ESP32. Z 12 V vstupního napětí celého systému bylo pomocí stabilizátoru napětí osazeného čipem AMS 1117-5.0 napětí bylo stabilizováno na 5 V. GND regulátoru i LED kruhu však muselo být propojeno na GND mikrokontroleru. V tomto případě se tedy využívají pouze 2 piny mikrokontroleru, pin 2 (GND) a pin 15 (GPIO23) pro umožnění pro ovládání jednotlivých RGB LED segmentů.



Obrázek 29 – Náhled zapojení v průběhu pájení

(zdroj: vlastní)

8 NÁVRH A REALIZACE MODELU KVĚTINÁČE

Nedílnou součástí kompletní realizace chytrého květináče bylo navržení kompaktního modelu pro usazení veškerých senzorů a akčních členů. Model byl zároveň tvořen se snahou o co nejpraktičtější užití a se snahou skrýt co nejvíce funkčních součástí pro co nejjednodušší design.

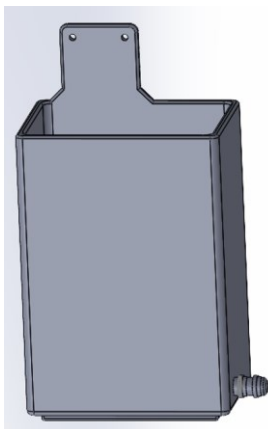
8.1 Volba softwaru

Vzhledem ke specifickému výběru součástek bylo nutné navrhnout zcela ojedinělý model. Volbou se tedy stal návrh 3D modelu a následný tisk na 3D tiskárně. Především z důvodu předchozích zkušeností s daným programem a rovněž z důvodu studentské licence a plnému přístupu k programu byl zvolen Solidworks.

8.2 Popis návrhu

Návrh v programu Solidworks probíhal kombinací odměřování rozměrů senzorů a praktičností. Nejprve byl zvolen jednoduchý design, kde jednotlivé části byly umístěny vedle sebe v podstavci. Tento design byl sice funkční stejně, jako finální, ale nevhodný v ohledu praktičnosti, kdy většina kabeláže byla vidět a konstrukce jako celek byla nestabilní. To bylo ověřeno i vytisknutím některých součástí a jejich fyzickým sestavením.

Zvolen byl tedy systém jednotného celku, který v sobě ukrývá veškeré části a vidět jsou jen ty opravy nezbytné. Postupným odměřováním rozměrů a senzorů vzniklo šest (respektive sedm, protože jeden díl se skládá ze dvou) dílů, které jsou ve stejném zaobleném designu.



Obrázek 30 – Původní vzhled nádrže na vodu

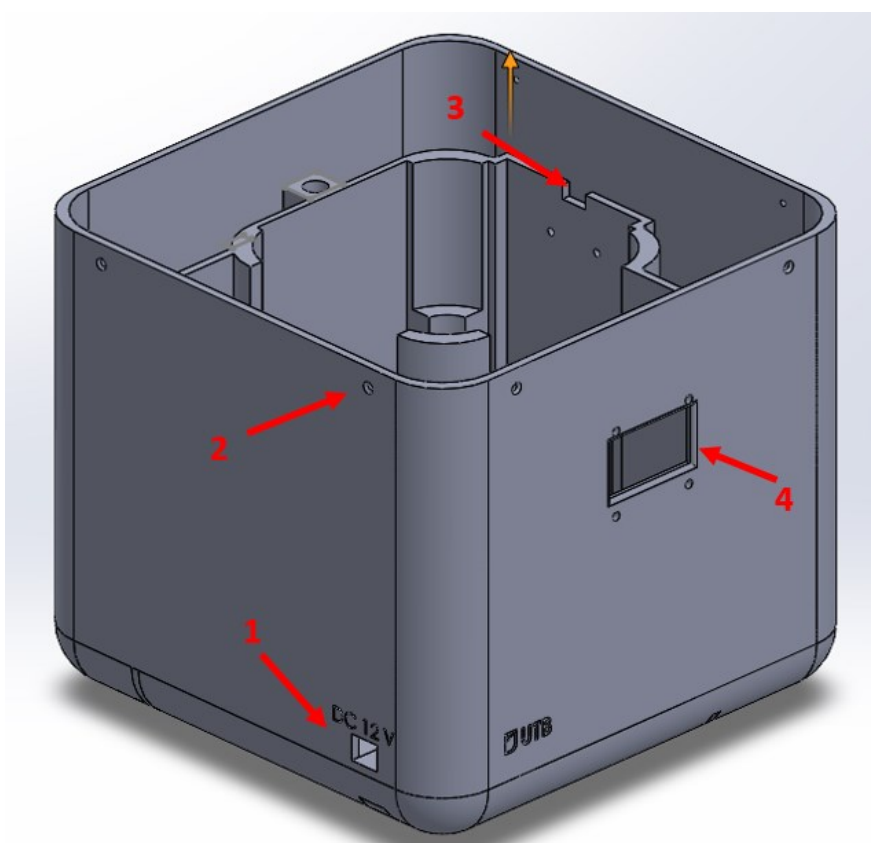
(zdroj: vlastní)

8.3 Funkčnost květináče

Květináč byl navržen, aby zahrnoval prostory pro umístění hlíny s rostlinami, vodu pro zavlažování se senzorem hladiny, čerpadlo pro čerpání vody z nádrže do prostoru rostlin pomocí hadiček, senzor teploty a vlhkosti ovzduší, LED kruh pro přisvit, senzor vlhkosti půdy, mikrokontroler a veškeré propojovací a doplňkové moduly včetně konektoru pro připojení napájení ze zdroje 12 V.

8.3.1 Návrh hlavní části květináče

Hlavní část květináče obsahuje prostory pro uchování vody, mikrokontroleru, umístění elektronických součástek a propojení komponentů. Viz obrázek 31 a 32.



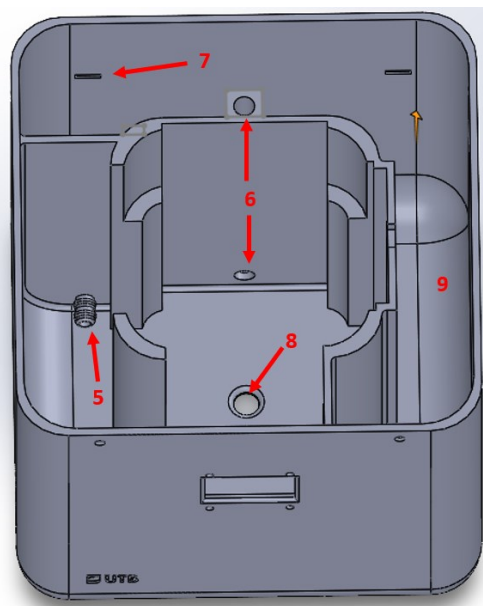
Obrázek 31 – 3D model hlavní části květináče – první pohled

(zdroj: vlastní)

Na obrázku 31 lze vidět 3D model hlavní části květináče, na kterém jsou označené důležité části:

1. Otvor pro konektor na připojení 12 V DC.
2. Otvory pro šroubky na připevnění krytu v případě potřeby.

3. Místo pro upevnění senzoru hladiny vody a jeho kabeláž.
4. Místo pro uložení displeje.



Obrázek 32 – Hlavní část květináče – druhý pohled

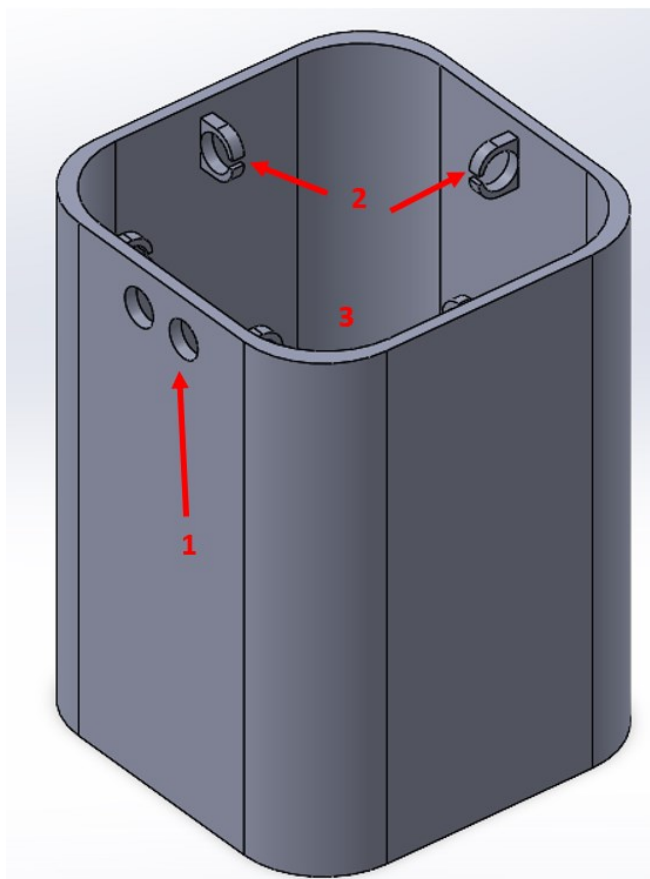
(zdroj: vlastní)

Na obrázku 32 lze vidět další důležité části, které nebyly řádně specifikovatelné z prvního pohledu:

5. Vývod pro odvod vody z nádrže na vodu pomocí čerpadla.
6. Otvory pro vedení kabeláže k osvětlení a pro jeho stabilizační konstrukci.
7. Bezpečnostní otvor pro odtok vody v případě přelití nádrže na vodu.
8. Bezpečnostní odtok pro vodu v případě poruchy hadiček nebo čerpadla, aby nedošlo ke kontaktu elektronických součástí a spojů s vodou.
9. Nádrž na vodu.

8.3.2 Návrh části květináče pro hlínu a rostliny – truhlíku

Další částí návrhu byl prostor pro rostliny a hlínu. Truhlík je rozšířen o díry pro přívod zavlažovacích hadiček a o jejich držáky. Viz obrázek 33.



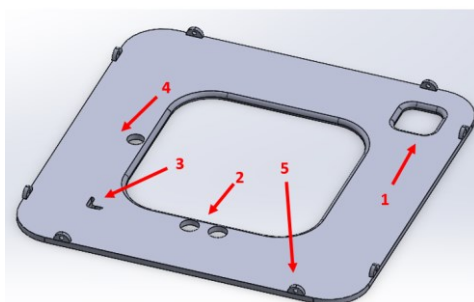
Obrázek 33 – Truhlík pro rostliny a hlínu

(zdroj: vlastní)

Na obrázku 33 je 3D model části květináče pro pěstování. Obsahuje:

1. Díry pro přívod a odvod zavlažovací hadičky.
2. Držáky zavlažovací hadičky.
3. Prostor pro hlínu a rostliny.

8.3.3 Návrh víka hlavní části



Obrázek 34 – Víko hlavní části květináče

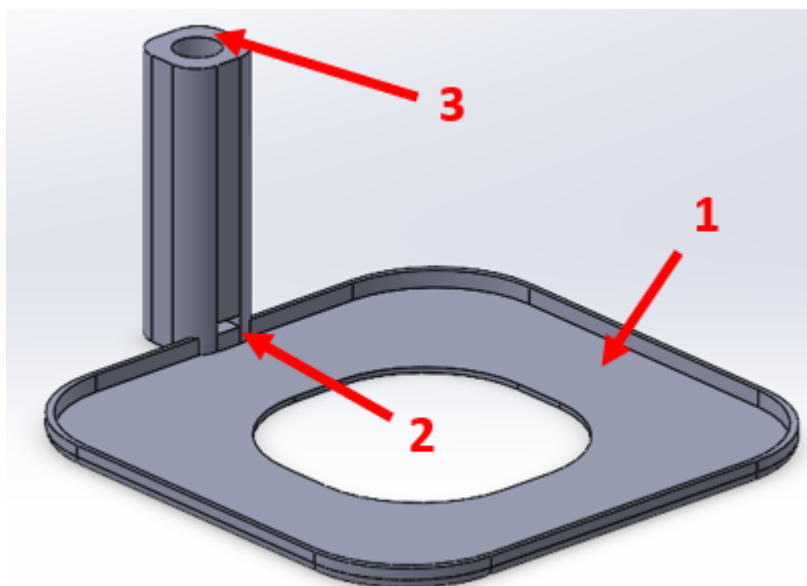
(zdroj: vlastní)

Obrázek 34 obsahuje víko hlavní části květináče, pro designové a bezpečnostní zakrytí operační části hlavního květináče. Důležitými částmi jsou:

1. Otvor pro dolévání vody do nádrže.
2. Díry pro přívod a odvod zavlažovacích hadiček do truhlíku.
3. Otvor pro přívod kabeláže senzoru půdní vlhkosti.
4. Otvor pro stabilizační konstrukci osvětlení a kabelový přívod.
5. Otvory po celém obvodu víka pro připevnění k hlavní části květináče.

8.3.4 Návrh držáku osvětlení

Celé osvětlení je umístěno na 8 mm široké hliníkové trubce, která slouží jednak jako stabilizace a držení osvětlení, ale i jako otvor pro vedení kabeláže od světla do mikrokontroleru.



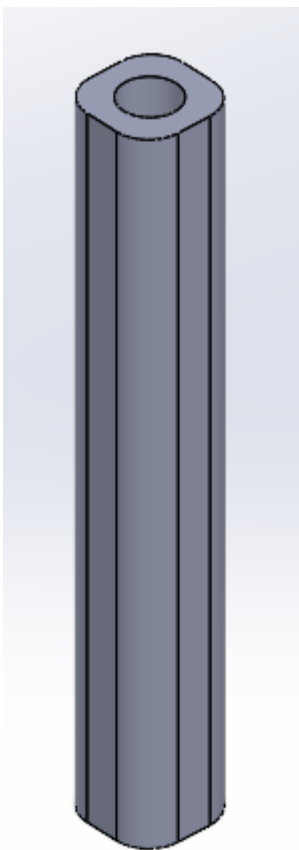
Obrázek 35 – Držák osvětlení

(zdroj: vlastní)

Z obrázku 35 vyplývají tyto důležité části:

1. Plocha pro následné vlepení kruhového světla.
2. Otvor pro odvod kabeláže osvětlení.
3. Otvor pro nasunutí na stabilizační konstrukci světla.

8.3.5 Návrh krytky hliníkové trubky

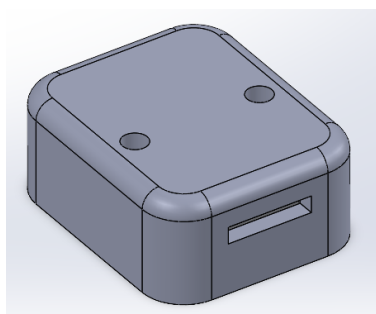


Obrázek 36 – Kryt hliníkové trubky

(zdroj: vlastní)

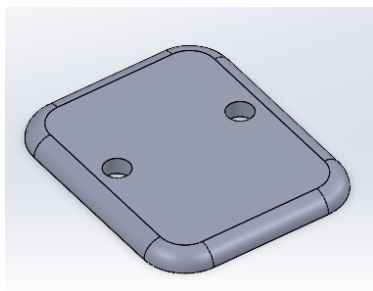
Na obrázku 36 lze vidět krytku hliníkové trubičky, jejíž funkčnost byla vysvětlena v bodě 8.3.4. Důvodem krytí trubičky bylo především zachování jednotného designu napříč celým řešením.

8.3.6 Návrh krytky senzoru půdní vlhkosti



Obrázek 37 – První část krytky půdního senzoru vlhkosti

(zdroj: vlastní)



Obrázek 38 – Druhá část půdního senzoru vlhkosti

Krytka půdního senzoru vlhkosti byla rovněž navržena především z důvodu designové sjednocenosti. Současně ale plní i funkci bezpečnostní, aby nedošlo k poškození samotného senzoru, či kabeláže.

8.4 3D tisk květináče a doplňujících dílů

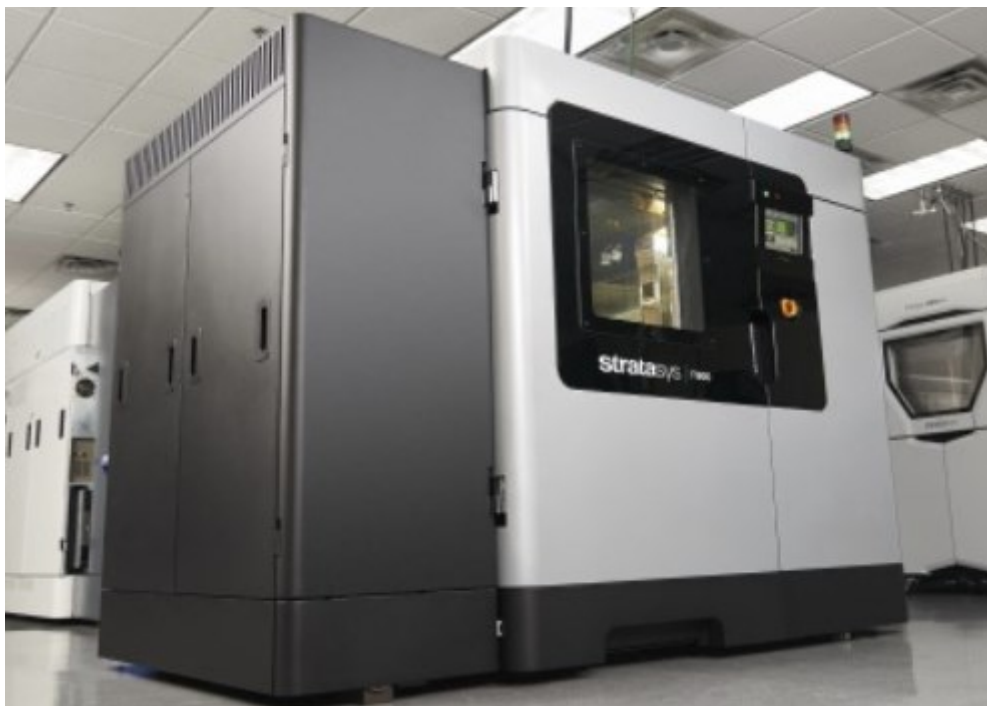
Tisk byl zrealizován pomocí tiskárny Stratasys – Fortus 900mc. Ta pro tisk využívá technologii FDM (Fused Deposition Modeling), což znamená, že pracuje na principu postupného nanášení roztaveného termoplastického materiálu. Všechny součásti byly zhotoveny z materiálu ABS a tloušťka tiskové vrstvy byla nastavena na 0,178 mm.

Při srovnání s ostatními 3D tiskárnami (např. Průša i3 Mk3) je použitá tiskárna přesnější, díky následujícím parametrům tiskárny Fortus 900 mc:

- Je vybaven tiskovou komorou temperovanou na 90 °C.
- Základ pro tisk tvoří plastová fólie, která zajišťuje, že při tisku nedojde k odlepení materiálu od základny a tisknutý díl se nezdeformuje.
- Lze tisknout z materiálů, které mají vyšší teplotu tavení.
- Možnost tisku s rozpustným podpůrným materiálem (SR 35), který je po tisku odstraněn chemicky.

Spotřebováno bylo 954,41 cm³ tiskového materiálu, 87,76 cm³ podpůrného materiálu a čas tisku byl 53:01 hodin.

Podpory byly odstraněny v ultrazvukové čističce ve velmi mírném roztoku NaOH, což při tisku takto složitého dílu bylo výhodné vzhledem k velkému množství děr a částí malého rozměru, které by mohly být mechanicky poškozeny.



Obrázek 39 – 3D tiskárna STRATASYS – Fortus 900mc [29]

8.5 Vytištěné díly

Vytištěné díly bylo nutné po vytažení z ultrazvukové čističky podpěr ještě umýt od roztoku. Při testování funkčnosti a skládání jednotlivých částí bylo zjištěno určitých nedostatků:

- Květináč a truhlík nebyly vodotěsné, tudíž jimi prosakovala voda.
- Víko hlavní části květináče obsahovalo přetoky a nesesedlo tedy dokonale na hlavní část květináče.
- Díra pro stabilizační hliníkovou trubku osvětlení obsahovala nečistoty z tisku.
- Díra pro přívod kabeláže k LED kruhu byla příliš malá.

Z důvodu poměrně velkých časových a materiálových nákladů na tisk, byly tyto nedostatky vyřešeny dodatečným opracováním dílů. Vodotěsnosti bylo dosaženo užitím neutrálního silikonu, který neobsahuje aceton a neohrožuje kontaminaci půdy, rostlin a vody. Nepřesnosti v rozměrech byly upraveny pilníkem a díra pro stabilizační tyč byla pročištěna vrtákem o průměru Ø 8 mm. Přívodní otvor pro kabeláž k osvětlení byl rovněž zvětšen vrtákem.



Obrázek 40 – Hlavní část květináče, truhlík a víko hlavní části – boční pohled
(zdroj: vlastní)



Obrázek 41 – Hlavní část květináče – horní pohled
(zdroj: vlastní)



Obrázek 42 – Soustava hlavní části květináče, truhlíku, víka a osvětlení

(zdroj: vlastní)

Na obrázku 41 lze vidět soustavu, která obsahuje již i osazenou hliníkovou stabilizační trubku krytkou a držákem osvětlení. Rovněž je zde zakomponovaná hadička od čerpadla do truhlíku.

9 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ ESP32

Pro programování mikrokontroleru bylo vybráno programové prostředí Arduino IDE. V dané části není obsažen celý kód, ale ukázky nejdůležitějších částí kódu a popis některých funkcí. Kompletní kód je k bakalářské práci doplněn ve formě souboru s názvem: „SMART_flowerpot.ino“.

9.1 Používané knihovny

V programu se využívají tyto knihovny:

```
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SH110X.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include "DHT.h"
```

Wifi.h zajišťuje bezdrátovou komunikaci přes síť což je klíčové pro provoz webového rozhraní.

WebServer.h umožňuje zobrazovat webovou stránku, přijímat požadavky od uživatele a ovládat zařízení přes prohlížeč.

Wire.h zajišťuje I2C komunikaci na dvou vodičích (SDA, SCL)

Adafruit_GFX.h poskytuje kreslicí funkce pro displej.

Adafruit_SH110X.h umožňuje zobrazovat text a grafiku na displeji a rovněž jej řídit přes I2C.

Adafruit_NeoPixel.h slouží k nastavení jednotlivých LED u RGB LED kruhu.

DHT.h je knihovna pro čtení dat ze senzoru teploty a vlhkosti ovzduší DHT11.

9.2 Definování GPIO pinů

```
// --- Piny a senzory ---
/* definování pinů pro senzor vlhkosti a teploty ovzduší */
#define pinDHT 4
#define typDHT DHT11
```

```
/* definování pinů pro snímání vlhkosti půdy a přívodního napětí */
#define soil_moisture_signal 34
#define soil_moisture_vcc 25

/* definování pinu pro pulzně šířkovou modulaci čerpadla */
#define pump_pwm_pin 32

/* definování pinu pro ovládání LED pásu */
#define rgb_led_pin 23 // Pin, na který je připojený LED pásek
#define number_of_led 24 // Počet LED diod na pásku
```

V dané části kódu lze vidět definování pinů pro další ovládání v programu. Například pinDHT 4 je nadefinování daného pinu v programu k fyzickému pinu GPIO 4.

9.3 Nastavení Wi-Fi komunikace

```
/* nastavení provozních parametrů Wi-Fi komunikace*/
const char* ssid = "SMART_flowerpot"; //název
const char* password = "heslo123"; //heslo
WebServer server(80); // komunikace serveru přes port 80 (ip adresa =
192.168.4.1)
```

Při nastavení v programu lze rovněž zvolit název Wi-Fi sítě, kterou ESP32 vytvoří pro komunikaci a heslo pro přihlášení.

9.4 Měření hladiny vody

```
/* pomocné funkce */
//vrchních 12 dílku měření vody
void getHigh12SectionValue() {
    memset(high_data, 0, sizeof(high_data));
    Wire.requestFrom(ATTINY1_HIGH_ADDR, 12);
    while (Wire.available() < 12);
    for (int i = 0; i < 12; i++) high_data[i] = Wire.read();
    delay(10);
}
//spodních 8 dílků
void getLow8SectionValue() {
    memset(low_data, 0, sizeof(low_data));
    Wire.requestFrom(ATTINY2_LOW_ADDR, 8);
```

```

while (Wire.available() < 8);
for (int i = 0; i < 8; i++) low_data[i] = Wire.read();
delay(10);
}

//průměrování hodnot
void applyFilter(float &water_level) {
    level_history[filter_index] = water_level;
    filter_index = (filter_index + 1) % FILTER_SIZE;
    float sum = 0;
    for (int i = 0; i < FILTER_SIZE; i++) sum += level_history[i];
    water_level = sum / FILTER_SIZE;
}

float getWaterLevel() {
    //zavolají se funkce měření
    getLow8SectionValue();
    getHigh12SectionValue();
    int highest_active_section = -1; //nejvyšší dílek ve vodě
    for (int i = 0; i < 8; i++) if (low_data[i] > THRESHOLD)
highest_active_section = i; //projde 8 dolních dílků
    for (int i = 0; i < 12; i++) if (high_data[i] > THRESHOLD)
highest_active_section = 8 + i; // projde 12 horních dílků
    float water_level = (highest_active_section >= 0) ?
((float)(highest_active_section + 1) / MAX_SECTIONS * 100) : 0;
    //zjistíme nejvyšší dílek
    applyFilter(water_level); //zavolá se průměrování hodnot
    return water_level;
}

```

Tato část kódu ukazuje příklad snímání senzorů. V tomto případě se jednalo o nejsložitější senzor pro nastavení a správné snímání hodnot. Bylo potřeba vytvořit několik pomocných funkcí. Hladinoměr je rozdělen na dvacet dílků, kdy spodních osm komunikuje s mikrokontrolerem přes jinou adresu než horních dvanáct dílků.

Problematika senzoru spočívala v častém započítávání nepravdivých hodnot. Problém byl vyřešen filtrací daných hodnot. Měření hladiny poté probíhá následujícím způsobem: každý snímač vrací osmibitovou hodnotu pro danou sekci. Požadovaná data jsou postupně vyčtena a uložena do příslušných datových polí. Po jejich načtení se každá jednotlivá sekce porovnává s prahovou hodnotou. Sekce, která tuto hodnotu přesáhne je považována za ponořenou ve vodě. Filtrace poté probíhá výpočtem aritmetického průměru z pěti hodnot.

9.5 Zobrazení webového rozhraní

```
// --- Webové rozhraní ---
void handleRoot() {

    String html = "<!DOCTYPE html><html><head><meta charset='UTF-8'>";
    html += "<meta http-equiv='refresh' content='10'>";
    html += "<title>Irrigation</title></head><body>";
    html += "<h1>SMART FLOWERPOT</h1>";
    html += "<p><b>Current time:</b> " + getCurrentTime() + "</p>";
    html += "<p><b>Temperature:</b> " + String(temp) + " °C</p>";
    html += "<p><b>Air humidity:</b> " + String(humidity) + " %</p>";
    html += "<p><b>Soil humidity:</b> " + String(soil_humidity) + " %</p>";
    html += "<p><b>Water level:</b> " + String(water_level, 1) + " %</p>";
    if (water_level == 0) html += "<p style='color:red'><b>OUT OF WATER!</b></p>";
    else if (water_level <= 30) html += "<p style='color:orange'><b>LOW WATER LEVEL</b></p>";
    html += "<p><b>Pump:</b> " + String(pump_running ? "ON" : "OFF") + "</p>";
    html += "<p><b>Lights time ON:</b> " + String(minutes_to_time(switch_on_lights_time)) + "</p>";
    html += "<p><b>Lights time OFF:</b> " + String(minutes_to_time(switch_off_lights_time)) + "</p>";
    html += "<p><b>Switching pump humidity:</b> " + String(switching_humidity) + "%</p>";

    html += "<form action='/settime' method='POST'>";
    html += "<label>Set current time (HH:MM):</label><br>";
    html += "<input type='text' name='time'><br>";
    html += "<input type='submit' value='Save'></form>";

    html += "<form action='/humidityset_' method='POST'>";
    html += "<label>Switching humidity (%):</label><br>";
    html += "<input type='number' name='humiditykost' ><br>";
    html += "<input type='submit' value='Save'></form><br>";
}
```

Daná část kódu je ukázka zobrazení webového rozhraní v programu. Nejprve byla inicializována HTML stránka a poté se nastavovalo, co se má zobrazovat uživateli v prohlížeči, což znamená, že se HTML generuje dynamicky.

9.6 Osvětlení

```
void lightON_OFF() {
    if(
        (switch_on_lights_time <=
        currentMinutes) && (switch_off_lights_time > currentMinutes)){
        for (int i = 0; i < number_of_led; i++) {
            // Pokud je index sudý, nastavíme barvu na modrou, pokud lichý,
            na červenou
            if (i % 2 == 0) {
                strip.setPixelColor(i, strip.Color(0, 0, 255)); // Modrá (R,
                G, B)
            }
            else {
                strip.setPixelColor(i, strip.Color(255, 0, 0)); // Červená (R,
                G, B)
            }
        }
    }
    else{
        for (int i = 0; i < number_of_led; i++) {
            strip.setPixelColor(i, strip.Color(0, 0, 0)); // Zhasnuto
        }
    }
    strip.show(); // Aplikuj změny
}
```

Prísvit rostlinám v programu vykonává kromě pomocných funkcí pro získání času od uživatele především daná funkce: *void lightON_OFF*. Pomocí získaných časů od uživatele a porovnání s aktuálním časem dojde ve funkci k porovnání a podle dané logiky je vyhodnocováno, jestli má světlo svítit, nebo má být zhasnuté.

9.7 Automatické zavlažování

```
void Setting_pump() {
    unsigned long time_NOW = millis();

    if (pump_running && (time_NOW - time_of_pump_ison >=
    lenght_of_waterON)) {
        analogWrite(pump_pwm_pin, 0);
        pump_running = false;
        time_of_last_water = time_NOW;
    }
}
```

```
if (!pump_running && soil_humidity < switching_humidity && (time_NOW - time_of_last_water >= delay_between_water || time_of_last_water == 0)) {  
    int pwm = map(dutyCycle, 0, 100, 0, 255);  
    analogWrite(pump_pwm_pin, pwm);  
    pump_running = true;  
    time_of_pump_ison = time_NOW;  
}  
}
```

Automatické zavlažování je řízeno především podle vlhkosti půdy. V programu je ale i ošetření, aby nedocházelo k zalévání dříve, než se vlhkost rozšířila do okolní půdy a hodnoty byly stabilní. Toto ošetření je zrealizováno pomocným zpožděním, které zabrání čerpadlu zavlažovat i v případě vlhkosti půdy nižší než spínací.

9.8 Hlavní část programu

```
void loop() {  
    server.handleClient();  
  
    if (millis() - time_of_last_measure >= interval) {  
        soil_humidity = readGroundHumidity();  
        temp = mojeDHT.readTemperature();  
        humidity = mojeDHT.readHumidity();  
        water_level = getWaterLevel();  
        HMIfunction();  
        time_of_last_measure = millis();  
    }  
    Setting_pump();  
    lightON_OFF();  
}
```

V části programu *void loop* se volají všechny hlavní funkce. Z programu je patrné, že při měření hodnot se využívá čekacího intervalu, který zajišťuje, že se hodnoty měří jen jednou za pět vteřin, a to z důvodu menší náročnosti pro systém a pro šetření senzoru vlhkosti půdy u kterého může docházet ke korozi.

10 OTESTOVÁNÍ FUNKČNOSTI A VYHODNOCENÍ

Testování funkčnosti proběhlo testováním dílčích funkcí systému. Všechny části fungují společně jako celek, ale pro ověření jednotlivých funkcí bylo nutné splnit určité podmínky.

Ke snímání hodnot ze senzorů dochází každých pět vteřin, to je zajištěno zpožděním v hlavní části programu. Sensory hladiny, vlhkosti a teploty ovzduší fungují velmi spolehlivě a jejich přesnost odpovídá realitě. Otestovány byly v případě teploty vzduchu srovnáním s teploměrem pro domácí užití, vlhkost byla testována v domácím, venkovním, ale i extrémním (pára nad hrncem) prostředí. Snímač hladiny obsahuje fyzické zobrazení stupnice přímo u snímacích dílků, tudíž testování v tomto případě bylo jednodušší a rovněž naměřené hodnoty odpovídaly realitě. Vlhkost půdy poté byla testována jen pro maxima, a to úplně suchá půda, nebo ponoření do vody. Všechny tyto hodnoty jsou po zpracování mikrokontrolerem ESP32 vyobrazeny na displeji a ve webovém rozhraní.

Na displeji jsou zobrazeny:

- Teplota a vlhkost vzduchu
- Vlhkost půdy
- Hladina vody
- Dodatečné varování související s hladinou vody

Dodatečné varování k hladině vody spočívá v signalizaci při poklesu hladiny. Je-li hladina nižší než 30 %, ale vyšší než 10 %, na displeji a ve webovém rozhraní je velkým písmem vypsáno varování: „LOW WATER LEVEL“. V případě, že je hladina nižší než 10 % je vypsáno: „OUT OF WATER“. Jedná se o varování pro uživatele, které má upozornit, že může dojít k nedostatku vody, což může být pro pěstovanou rostlinu fatální. Viz obrázek 43.



Obrázek 43 – Zobrazení hodnot na displeji

(zdroj: vlastní)

Webové rozhraní zobrazuje více informací než displej, zároveň slouží pro zadávání uživatelských hodnot. Lze zde nastavit spínací vlhkost půdy pro čerpadlo, aktuální čas pro odměřování v celém systému, nebo zadat zapínací a vypínací čas přisvitu. Všechny tyto hodnoty jsou po uložení vypsány a zobrazeny. Je zde rovněž vypsán aktuální stav čerpadla (ON/OFF) a také již zmíněné dodatečné varování související s hladinou vody. Viz obrázek 44.

SMART FLOWERPOT

Current time: 20:16
Temperature: 21.00 °C
Air humidity: 62.00 %
Soil humidity: 89 %
Water level: 15.0 %
LOW WATER LEVEL
Pump: OFF
Lights time ON: 20:17
Lights time OFF: 20:18
Switching pump humidity: 20%
Set current time (HH:MM):

Save
Switching humidity (%):

Save
Set ON time of lights (HH:MM):

Save
Set OFF time of lights (HH:MM):

Save

Obrázek 44 – Zobrazení webového rozhraní

(zdroj: vlastní)

Automatické zavlažování funguje ve spolupráci s vlhkostí půdy. Při poklesu vlhkosti na vlhkost spínací (nastavenou uživatelem, nebo přednastavenou na 20 %), dojde k sepnutí čerpadla a po dobu pěti vteřin čerpadlo dodává vodu k rostlině z nádrže. Pro zamezení přelítí květiny je zaveden interval o délce tří minut pro zamezení zalévání i v případě, že vlhkost zůstává pod spínací hladinou. Tento interval je zde kvůli potřebnému času, který potřebuje půda, aby se voda plně vsákla a ustálila.

Osvětlení funguje na principu ON/OFF systému, kdy uživatel zadá čas zapnutí a vypnutí světla.



Obrázek 45 – Kompletně sestrojený květináč

(zdroj: vlastní)

ZÁVĚR

Teoretická část seznamuje čtenáře s problematikou pěstování rostlin, jako jsou vhodné složení půdy, teploty, světlo, voda a oxid uhličitý. Následně byl popsán základní princip mikropočítače včetně jeho částí. Poté popis senzorů, což je nejobsáhlejší kapitola teoretické části, zaměřená na přehled dostupných senzorů. Vzhledem k celkové konstrukci květináče bylo nutné prostudovat vhodné principy konstrukce, zejména v souvislosti s 3D tiskem.

V praktické části je popsáno kompletní sestavení chytrého květináče. Volba kompatibilních a vhodných součástí souvisela s následným návrhem konstrukce, kdy se konstrukce podřídila jejich rozměrům a parametrům. Květináč byl vytvořen pomocí 3D tiskárny a celý, kromě stabilizační tyče osvětlení a součástí, je zhotoven z materiálu ABS. Po realizaci fyzického zkonstruování bylo navrženo efektivní propojení součástí s ohledem na prostorové uspořádání květináče. Programové vybavení mikropočítače poté bylo navrženo s důrazem na maximální uživatelskou přívětivost. Základní hodnoty jsou vyobrazeny na displeji, samotné ovládání potom probíhá přes webové rozhraní. Systém disponuje sběrem informací potřebných pro růst, automatickým zavlažováním a nastavitelným automatickým osvětlením.

Testování funkčnosti proběhlo nejprve ověřením jednotlivých částí a poté otestováním jako funkčního celku. Při nastavování přes webové rozhraní bylo ověřeno spínání požadovaných akčních členů, například zadání nižší spínací hodnoty vlhkosti půdy, než je aktuální, mělo za důsledek okamžité sepnutí čerpadla, pokud ovšem od poslední závlahy uplynuly alespoň tři minuty.

Zařízení je vhodné pro pěstování rostlin nižšího vzrůstu, například, jako jsou mikrobylinky. Uplatnění najde především v domácnostech a kancelářských prostorech, kde nehrozí, že by vzhledem ke své plastové konstrukci mohl být poškozen a zároveň plní funkci samostatného obstarání rostlin bez fyzického zásahu i po delší dobu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HI GARDEN. Pěstování a potřeby rostlin [online]. 2024 [cit. 2025-02-02]. Dostupné také z: <https://www.higarden.cz/blog/>
- [2] LEDMEGROW. Pěstování rostlin s LED osvětlením [online]. 2024 [cit. 2025-02-02]. Dostupné také z <https://www.ledmegrow.cz/>
- [3] KARLOVA UNIVERZITA. Vodní režim rostlin [online]. [cit. 2025-02-16]. Dostupné z: https://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/fatima/biochemici/02_vodni_rezim.pdf
- [4] MAGAZÍN SPECIALNÍ ZAHRADNICTVÍ.[online]. [cit. 2025-02-17]. Dostupné z: <https://magazin.specialnizahradnictvi.cz/>
- [5] VLIV KONCENTRACE CO₂ NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA [online]. 2017 [cit. 2025-02-22]. Dostupné také z: <https://www.enectiva.cz/cs/blog/2017/04/co2-vnitri-prostory/>
- [6] ÚRODNOST, STRUKTURA A VLASTNOSTI PŮDY [online]. [cit. 2025-02-23]. Dostupné také z: <https://www.ceskestavby.cz/zahrada-hrou/urodnost-struktura-a-vlastnosti-pudy-19348.html>
- [7] HODNOTA PH [online]. [cit. 2025-02-23]. Dostupné také z: <https://dosingpump.shop/cz/chemikalie/hodnota-ph/>
- [8] PALACKÝ, Petr. Mikropočítačové řídicí systémy I. CD-ROM. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1494-0. Dostupné také z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FEI/MRS1/Palacky_MRS_elerning.pdf
- [9] MIKROPOČÍTAČE [online]. [cit. 2025-03-24]. Dostupné také z: <https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/kap9/mikropo.html>
- [10] HRUŠKA, František. Senzory: fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití (e-book). 2. rozš. vyd. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011. ISBN 978-80-7454-096-7. Dostupné také z : https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/18582/skripta_senzory.pdf?sequence=1&isAllowed=n
- [11] HRUŠKA, František. Technické prostředky integrované automatizace. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017. ISBN 978-80-7454-700-3. Dostupné také z : <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/41594>.

- [12] CLICK AND GROW SMART GARDEN 3 BÍLA [online]. [cit. 2025-03-17]. Dostupné také z: <https://www.alza.cz/click-and-grow-smart-garden-3-bila-d4995797.htm>
- [13] SMART GARDEN 3 [online]. [cit. 2025-03-17]. Dostupné také z: <https://www.clickgrow.cz/smart-garden-3>
- [14] JORDAN, John M. 3D printing. MIT Press essential knowledge series. Cambridge: MIT Press, 2019. ISBN 9780262352413. Dostupné také z: <https://doi.org/10.7551/mitpress/11800.001.0001?locatt=mode:legacy>.
- [15] FOR 3D TISK. Náplně do 3D tiskárny [online]. [cit. 2025-03-27]. Dostupné také z : <https://for3dtisk.cz/blog/naplne-do-3d-tiskarny/>
- [16] PRŮŠA, Josef. Výběr 3D tiskárny [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné také z: <https://josefprusa.cz/vyber-3d-tiskarny/>
- [17] DRÁTEK. ESP32 vývojová deska – Pinout [online]. [cit. 2025-04-19]. Dostupné také z: <https://dratek.cz/docs/produkty/0/719/pinout.pdf>
- [18] DRÁTEK. E-shop Drátek – Produktový list: Digitální čidlo půdní vlhkosti SEN0193 [online]. [cit. 2025-04-21]. Dostupné také z: <https://dratek.cz/docs/produkty/0/755/eses1474354607.pdf>
- [19] LASTMINUTEENGINEERS. DHT11/DHT22 Sensor with Arduino Tutorial [online]. [cit. 2025-04-21]. Dostupné také z: <https://lastminuteengineers.com/dht11-dht22-arduino-tutorial/>
- [20] BOTLAND. Grove – snímač hladiny vody – 10cm – Seedstudio 101020635 [online]. [cit. 2025-04-22]. Dostupné také z: <https://botland.cz/grove-senzory-pocasi/16346-grove-snimac-hladiny-vody-10-cm-seeedstudio-101020635-5904422378134.html>
- [21] ECLIPSE s.r.o. Ponorné čerpadlo 12 V [online]. [cit. 2025-04-22]. Dostupné také z: <https://dratek.cz/docs/produkty/1/1211/1557996372.pdf>
- [22] ECLIPSE s.r.o. WS2812B RGB LED kruh 24 LED [online]. [cit. 2025-04-22]. Dostupné také z: <https://dratek.cz/docs/produkty/1/1110/1557994058.pdf>
- [23] ECLIPSE s.r.o. OLED displej 1,3“ 128x64 bílý, I2C, SH1106 [online]. [cit. 2025-04-25]. Dostupné také z : <https://dratek.cz/docs/produkty/0/735/1527497643.pdf>

- [24] FK TECHNICS s.r.o. Síťový napájecí adaptér 12 V/ 24 V – Návod k použití [online]. [cit. 2025-04-25]. Dostupné také z: https://shop.fkt.cz/zbozi-prilohy/CZ_Manual_4731261-08_4731260-08_4739033-08_4730525-08.pdf
- [25] LASKAKIT. Modul stabilizátoru napětí AMS 1117 5 V [online]. [cit 2025-04-26]. Dostupné také z: <https://www.laskakit.cz/en/modul-stabilizatoru-napeti-ams1117-5v/>
- [26] DRÁTEK. Spínač MOSFET PWM, LR7843 [online]. [cit 2025-04-26]. Dostupné také z: <https://dratek.cz/arduino/123951-spinac-mosfet-pwm-lr7843.html>
- [27] DRÁTEK. DC konektor se šroubovací svorkou 5,5 x 2,1 mm, samec [online]. [cit. 2025-04-26]. Dostupné také z: <https://dratek.cz/arduino/2097-dc-konektor-se-sroubovaci-svorkou-5-5-x-2-1-mm-samec.html>
- [28] AUGUSTO, Juan Carlos a NUGENT, Chris D. (ed.). *Designing smart homes: the role of artificial intelligence*. Lecture Notes in Computer Science. Berlin: Springer, 2006. ISBN 978-3-540-35994-4. Dostupné také z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=https://doi.org/10.1007/11788485>
- [29] STRATASYS. Fortus 900mc/F900 [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné také z: <https://support.stratasys.com/en/Printers/FDM/Fortus-900mc-F900>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Graf vhodného světelného spektra pro rostliny [2]	15
Obrázek 2 – Vhodná struktura zrnitosti půdy [6]	18
Obrázek 3 – Rašelina [6].....	18
Obrázek 4 – Blokové schéma mikropočítače [8]	19
Obrázek 5 – Vnitřní blokové schéma mikroprocesoru [8].....	20
Obrázek 6 – Realizace ROM paměti [9]	21
Obrázek 7 – Blokové schéma paměti RAM [9]	22
Obrázek 8 – Schéma měřicího obvodu [10].....	23
Obrázek 9 – Potenciometrický odporový senzor [10]	24
Obrázek 10 – Porovnání charakteristik negastoru a pozistoru [10]	24
Obrázek 11 – Změna vzdálenosti elektrod [10]	25
Obrázek 12 – Schéma válcové elektromagnetické cívky [10].....	26
Obrázek 13 – Grafické znázornění rozdílů potenciálů [10]	27
Obrázek 14 – Pyroelektrický senzor před a) a po b) ozáření [10]	28
Obrázek 15 – Schéma a polovodičová struktura fototyristoru [10]	30
Obrázek 16 – Growbox [2]	36
Obrázek 17 – DOIT ESP32 DevKit1 Pinout [17].....	38
Obrázek 18 – Půdní senzor vlhkosti [18].....	39
Obrázek 19 – DHT11 Pinout [19].....	40
Obrázek 20 – Grove – snímač hladiny vody Pinout [20].....	40
Obrázek 21 – Ponorné čerpadlo 12 V [21]	41
Obrázek 22 – Programovatelný RGB LED kruh [22].....	42
Obrázek 23 – OLED displej [23]	42
Obrázek 24 – Síťový adaptér 12 V / 2 A [24].....	43
Obrázek 25 – Modul stabilizátoru napětí 12 V na 5 V [25].....	44
Obrázek 26 – Příklad zapojení PWM modulu [26].....	45
Obrázek 27 – DC konektor 5,5 x 2,1 mm [27]	45
Obrázek 28 – Blokové schéma systému	46
Obrázek 29 – Náhled zapojení v průběhu pájení	47
Obrázek 30 – Původní vzhled nádrže na vodu.....	48
Obrázek 31 – 3D model hlavní části květináče – první pohled	49
Obrázek 32 – Hlavní část květináče – druhý pohled	50
Obrázek 33 – Truhlík pro rostliny a hlínu.....	51
Obrázek 34 – Víko hlavní části květináče	51

Obrázek 35 – Držák osvětlení.....	52
Obrázek 36 – Kryt hliníkové trubky	53
Obrázek 37 – První část krytky půdního senzoru vlhkosti	53
Obrázek 38 – Druhá část půdního senzoru vlhkosti	54
Obrázek 39 – 3D tiskárna STRATASYS – Fortus 900mc [29].....	55
Obrázek 40 – Hlavní část květináče, truhlík a víko hlavní části – boční pohled.....	56
Obrázek 41 – Hlavní část květináče – horní pohled	56
Obrázek 42 – Soustava hlavní části květináče, truhlíku, víka a osvětlení	57
Obrázek 43 – Zobrazení hodnot na displeji	65
Obrázek 44 – Zobrazení webového rozhraní	65
Obrázek 45 – Kompletně sestrojený květináč	66

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VCC Voltage at the common collector

GPIO General Purpose Input/Output

PWM Pulse Width Modulation

GND Ground

SDA Serial data

SCL Serial clock

VDD Voltage Drain Drain

OLED Organic Light Emitting Diode

RGB Red Green Blue

IP Ingress Protection

RH Relative Humidity

UART Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

SPI Serial Peripheral Interface

I2C Inter-Integrated Circuit

PLA Polylactic Acid

PET-G Polyethylene Terephthalate Glycol

ABS Acrylonitrile Butadiene Styrene

PET Polyethylene Terephthalate

AC Alternating Current

DC Direct Current

EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

PROM Programmable Read-Only Memory

ROM Read-Only Memory

RAM Random Access memory

CPU Central Processing Unit

pH pondus Hydrogenii

LED Light Emitting Diode