

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Vojtěch Novotný

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Automatizace modelu skleníku
Bakalářská práce

2023

Vojtěch Novotný

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vojtěch Novotný**
Osobní číslo: **I20042**
Studijní program: **B0714A150008 Automatizace**
Téma práce: **Automatizace modelu skleníku**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je návrh a realizace zmenšeného modelu skleníku a zajištění regulace vhodných veličin pro dosažení požadovaného klimatického prostředí a procesů pro pěstování rostlin. V teoretické části student provede rešerši řešení automatizace skleníků včetně řešení regulace veličin ve sklenících. Praktická část se bude zabývat samotným návrhem vlastního modelu skleníku a jeho automatizace, včetně popisu jeho realizace. V práci budou popsány jednotlivé komponenty nutné pro správnou funkci modelu skleníku. V závěru práce bude zhodnoceno výsledné řešení. Součástí práce bude kompletní výrobní dokumentace modelu skleníku, včetně kompletních zdrojových kódů realizovaného software a přehledně zpracovaného uživatelského návodu.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 stran**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
MAIXNER, Ladislav. *Mechatronika: učebnice*. Brno: Computer Press, 2006. Učebnice (Computer Press). ISBN 80-251-1299-3.
MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry ATMEL*. 2. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006. ISBN 80-730-0209-4.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Dominik Štursa**
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **16. prosince 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **12. května 2023**

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 9. ledna 2023

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Práci s názvem Automatizace modelu skleníku jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12. 5. 2023

Vojtěch Novotný v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Dominikovi Štursovi za odbornou pomoc a vedení mé práce.

V Pardubicích dne 12. 5. 2023

Vojtěch Novotný v. r.

ANOTACE

Tato bakalářská práce si klade za cíl vytvořit návrh a následně realizovat model skleníku pro bytové pěstování rostlin. V první fázi je provedena rešerše trhu s automatickými skleníky a rešerše regulování klíčových veličin ve sklenících. Následně je vytvořen návrh modelu skleníku včetně regulace vlhkosti půdy, teploty vzduchu a osvětlení. Navržené řešení je následně aplikováno v reálném modelu automatického skleníku, který tak umožňuje dosažení optimálního klimatického prostředí a požadovaných procesů pro pěstování rostlin v bytových podmínkách.

KLÍČOVÁ SLOVA

automatizace, skleník, vlhkost, teplota, arduino

TITLE

Automation of greenhouse model

ANNOTATION

The aim of this bachelor thesis is to design and realize a model of a greenhouse for indoor plant growing. At first, a market research of automatic greenhouses and a research of the regulation of key physical quantities in greenhouses is carried out. In next step, a greenhouse model is designed including soil humidity, air temperature and lighting control. The proposed solution is then applied in a real model of an automatic greenhouse, which allows to achieve the optimal climatic environment and the required processes for growing plants in indoor conditions.

KEYWORDS

automation, greenhouse, humidity, temperature, arduino

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	10
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	13
ÚVOD	14
1 Skleník a jeho regulace	15
2 Automatizace ve sklenících	19
2.1 GROWDUINO.....	19
2.1.1 Senzor pro osvětlení.....	21
2.1.2 Senzor teploty vody	22
2.1.3 Senzor hladiny vody.....	22
2.1.4 Termostat	23
2.1.5 Senzor teploty a vlhkosti.....	23
2.1.6 Senzor EC	24
2.1.7 Senzor PH	24
2.1.8 Senzor CO ₂	25
2.1.9 Další možnosti rozšíření.....	25
2.2 AUTOGROW	26
2.2.1 MultiGrow.....	26
2.2.2 INTELLIDOSE.....	27
2.2.3 INTELLICLIMATE.....	28
2.2.4 pH MINI KIT	29
2.2.5 EC MINI KIT.....	29
2.2.6 Softwary	30
2.2.7 Příslušenství	32
2.3 Chytré květináče	34
3 Arduino	35
3.1 Popis prvků vývojové desky Arduino.....	36
3.2 Originální vývojové desky Arduino.....	37
3.2.1 Arduino Nano.....	37
3.2.2 Arduino Uno	37

3.2.3	Arduino Mega2560	38
4	Návrh automatizovaného skleníku.....	39
4.1	Veličiny ve skleníku.....	39
4.1.1	Návrh na stabilizaci teploty uvnitř skleníku	39
4.1.2	Návrh na udržování vlhkosti půdy	41
4.1.3	Návrh udržování osvětlení uvnitř skleníku	41
4.2	Použitá řídicí jednotka, senzory a další zařízení	42
4.2.1	Hlavní jednotka	43
4.2.2	Senzor pro měření vlhkost půdy	44
4.2.3	Čerpadlo	44
4.2.4	Senzor pro měření teploty vzduchu	45
4.2.5	Ventilátor	45
4.2.6	Topné těleso	46
4.2.7	Senzor pro měření osvětlení.....	46
4.2.8	LED pásek.....	47
4.2.9	Relé	48
4.2.10	LCD displej	48
5	Nákresy modelu skleníku.....	49
6	Sestavení automatizovaného skleníku	53
6.1	Zapojení půdního vlhkoměru a čerpadla.....	53
6.2	Zapojení teploměru a topného tělesa	54
6.3	Zapojení teploměru a větráku	55
6.4	Zapojení senzoru pro měření světla a LED pásku	55
6.5	Procesy automatického skleníku	56
7	Uživatelský návod.....	58
	ZÁVĚR	61
	POUŽITÁ LITERATURA	63
	SEZNAM PŘÍLOH.....	66

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Growduino LITE (Growduino, c2018-2022)	20
Obrázek 2 Growduino MEGA (Growduino, c2018-2022)	20
Obrázek 3 Senzor osvětlení (Growduino, c2018-2022)	22
Obrázek 4 Senzor teploty vody (Growduino, c2018-2022)	22
Obrázek 5 Senzor hladiny vody (Growduino, c2018-2022)	23
Obrázek 6 Termostat (Growduino, c2018-2022)	23
Obrázek 7 Senzor teploty a vlhkosti (Growduino, c2018-2022)	24
Obrázek 8 Senzor EC (Growduino, c2018-2022)	24
Obrázek 9 Senzor pH (Growduino, c2018-2022)	25
Obrázek 10 Senzor CO ₂ (Growduino, c2018-2022)	25
Obrázek 11 Jenotka MultiGrow (Autogrow, c2021)	26
Obrázek 12 Systém IntelliDose (Autogrow, c2021)	29
Obrázek 13 Systém IntelliClimate (Autogrow, c2021)	29
Obrázek 14 pH Mini Kit (Autogrow, c2021)	30
Obrázek 15 EC Mini Kit (Autogrow, c2021)	30
Obrázek 16 Program AG-Insights (Autogrow, c2021)	31
Obrázek 17 Program IntelliGrow (Autogrow, c2021)	32
Obrázek 18 TouchScreen (Autogrow, c2021)	33
Obrázek 19 IntelliLink (Autogrow, c2021)	33
Obrázek 20 Skříňka na umístění sond (Autogrow, c2021)	33
Obrázek 21 Peristaltické čerpadlo (Autogrow, c2021)	33
Obrázek 22 Peristaltické větší čerpadlo (Autogrow, c2021)	33
Obrázek 23 IntelliClimate senzor (Autogrow, c2021)	34
Obrázek 24 Chytrý květináč (Click and Grow, c2023)	34
Obrázek 25 Popis prvků Arduino desky (Voda, 2017)	36
Obrázek 26 Arduino Nano (Arduino, c2023)	38
Obrázek 27 Arduino Uno (Arduino, c2023)	38
Obrázek 28 Arduino Mega2560 (Arduino, c2023)	38
Obrázek 29 Vývojový diagram optimalizace teploty vzduchu (vlastní zpracování)	40
Obrázek 30 Vývojový diagram hlídání vlhkosti půdy (vlastní zpracování)	41
Obrázek 31 Vývojový diagram udržování osvětlení (vlastní zpracování)	42

Obrázek 32 Blokové schéma senzorů a dalších zařízení umožňujících regulaci veličin (vlastní zpracování).....	43
Obrázek 33 Senzor půdní vlhkosti (DRÁTEK.CZ, c2023)	44
Obrázek 34 Čerpadlo (DRÁTEK.CZ, c2023)	45
Obrázek 35 Modul DHT22 (DRÁTEK.CZ, c2023)	45
Obrázek 36 Ventilátor (Světsoučástek, c2013-2023)	46
Obrázek 37 Topné těleso (Telpod, 2015)	46
Obrázek 38 Světelný senzor TEMT6000 (DRÁTEK.CZ, c2023).....	47
Obrázek 39 Led pásek (Eliher, c2023)	47
Obrázek 40 Relé (DRÁTEK.CZ, c2023).....	48
Obrázek 41 LCD displej (DRÁTEK.CZ, c2023)	48
Obrázek 42 Levá strana (vlastní zpracování)	49
Obrázek 43 Zadní strana (vlastní zpracování)	50
Obrázek 44 Pravá strana (vlastní zpracování)	51
Obrázek 45 Detail šroubového spoje (vlastní zpracování)	52
Obrázek 46 Pant (vlastní zpracování)	52
Obrázek 47 Zapojení půdního vlhkoměru a čerpadla (vlastní zpracování)	53
Obrázek 48 Zapojení teploměru a topného tělesa (vlastní zpracování).....	54
Obrázek 49 Zapojení teploměru a větráku (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 50 Zapojení senzoru pro měření světla a LED pásku (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 51 Vývojový diagram programu (vlastní zpracování)	57
Obrázek 52 Uvítací obrazovka	58
Obrázek 53 Optimální stav veličin	59
Obrázek 54 Zobrazení zalévání	59
Obrázek 55 Zobrazení chlazení	59
Obrázek 56 Zobrazení vytápění.....	60
Obrázek 57 Zobrazení svícení	60
Obrázek 58 Finální fotografie modelu skleníku	67

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled základních parametrů pro Growduino LITE a MEGA (Growduino, c2018-2022)	21
Tabulka 2 Rozsah, rozlišení a přesnost senzoru teploty (Growduino, c2018-2022)	23
Tabulka 3 Rozsah, rozlišení a přesnost senzoru vlhkosti (Growduino, c2018-2022)	24
Tabulka 4 Výstupní a vstupní parametry zařízení MultiGrow (Autogrow, c2021).....	27

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AC	střídavé napětí
A/D	analogový/digitální převodník
DC	stejnoseměrné napětí
EEPROM	elektricky vymazatelná programovatelná paměť s možností čtení
GND	zem
HDMI	multimediální vysokorychlostní přenos s vysokým rozlišením
HTTPS	zabezpečený protokol přenosu hypertextu
ICSP	sériové programování v zapojení
IOREF	vstupní/výstupní referenční napětí
IP	ochrana proti vniknutí
LAN	místní počítačová síť
LCD	kapacitní tekutý krystalový displej
Li-Ion	lithium-iontová baterie
PWM	modulace šířky pulsu
RESET	resetování programu
FLASH	nevolatilní elektricky programovatelná paměť
SMD	povrchově montované součástky
SMS	služba krátkých textových zpráv
SRAM	statická paměť
USB	univerzální sériová sběrnice
V _{in}	vstupní napětí
WIFI	bezdrátová síť
V x Š x H	výška x šířka x hloubka

ÚVOD

S rostoucími cenami zcela běžných potravin se mnoho domácností rozhodlo pro možnost vypěstovat si vlastní zeleninu v domácích podmínkách. Zatímco část občanů má svou zahradu, kde mohou hospodařit na menších i větších záhonech či políčkách a budovat prostorné skleníky nebo fóliovníky, ostatní žijící v bytových domech mají možnosti, jak vypěstovat své vlastní potraviny, výrazněji omezené. Právě především této skupině by měl poskytnout řešení automatizovaný model menšího skleníku, který je předmětem této bakalářské práce. Se svými rozměry by měl umožnit snadné pěstování bylinek, salátů, ředkviček, cherry rajčat a dalších druhů prostorově nenáročné zeleniny v omezených podmínkách. Nenáročný pěstitel by jej tak mohl umístit na balkon nebo ho nechat na stabilním podkladu v bytě, aniž by samotný skleník příliš omezoval prostorový komfort.

Cílem této bakalářské práce tak je návrh a realizace zmenšeného modelu skleníku a zajištění regulace vhodných veličin pro dosažení požadovaného klimatického prostředí a procesů pro pěstování rostlin.

Nejprve se bakalářská práce zabývá rešerší regulace podstatných veličin uvnitř skleníků, které umožňují dlouhodobě udržovat optimální klimatické podmínky. Poté následuje, jak si s automatizací těchto veličin poradili samotní výrobci prvků pro automatizované skleníky. Jsou zde představeny vybrané společnosti s původem na tuzemském i zahraničním trhu včetně jejich klíčových produktů. Důraz je kladen především na jejich řídicí jednotky, ale mimo jiné i na senzory zaznamenávající veličiny klíčové také pro navrhovaný model skleníku. Také je zde představen trend posledních let – tzv. chytré květináče. A jelikož navrhovaný model skleníku bude založen na vývojové desce Arduino, tak jí a jejím variantám je také věnována část.

Samotný model skleníku je pak následně na základě získaných informací navržen tak, aby v něm byly optimálně regulovány ty nejdůležitější veličiny pro domácí pěstování rostlin, tedy teplota vzduchu, vlhkost půdy a osvětlení uvnitř skleníku. Poté už je zaznamenána samotná realizace sestavení tohoto skleníku včetně zapojení a popisu jednotlivých prvků periferie a zobrazení chování programu, který umožňuje správné automatické fungování.

Součástí práce je také přehledný uživatelský návod seznamující uživatele se skleníkem, jak ho správně zapojit a uvést do provozu, jaké informace lze získat z displeje umístěném na skleníku, případně jak upravit požadované hodnoty veličin uvnitř skleníku.

1 Skleník a jeho regulace

Skleník je zařízení sloužící pro pěstování rostlin. Hlavní výhodou v jejich používání spočívá v zajištění ideálních pěstebních podmínek, které nejsou narušovány žádnými negativními vlivy nepříznivého počasí. (Šrot, 2000; Svojanovský, 1998)

Jelikož skleník umožňuje udržovat vlhké klima, je důležité dbát na správné zvolení materiálu konstrukce. V případě železné konstrukce hrozí možná koroze, a proto je lepší vybrat pozinkovaný materiál. Na výplň skeletu lze využít tabulková skla o síle 4 milimetry, která mají propustnost slunečního záření až 90 %. Další možností jsou matovaná skla, která zajistí lepší rozptýlení slunečních paprsků. V současné době se ve velkém používají především plastové materiály. (Svojanovský, 1998)

Nejlepší umístění skleníku dle světových stran je ze západu na východ, přičemž na náslunnou stranu se doporučuje nepoužívat kolmé stěny vůči zemi, ale zešikmené (ideálně pod úhlem přibližně 30°), které zapříčiní lepší průnik slunečního světla dovnitř skleníku. (Svojanovský, 1998)

Jednou z veličin, která je ve sklenících sledována, je teplota vzduchu. Tu je potřeba přizpůsobit pěstované rostlině. Možností, jak udržovat stálou teplotu, je temperování, při kterém se ve skleníku v zimních měsících udržuje přibližně stabilních 9 °C. Jedná se o dvoustavovou regulaci teploty. Naopak třístavovou regulaci lze uplatňovat při vytápění, kdy se teplota reguluje v rozmezí 20 až 25 °C přes den, případně 15 až 18 °C v nočních hodinách. V mírném klimatu, kde se nachází Česká republika, se začíná topit přibližně v březnu, kdy už se na vytápění podílí i akumulace tepla ze slunečního svitu a není třeba na samotné vytápění vynakládat tak vysoké náklady. Vytápění je nejčastěji řešeno pomocí kamen, v posledních letech se ale rozšiřuje využití teplovodních těles. Zde je pro vytápění využito ukládání sluneční energie. (Šrot, 2000; Svojanovský, 1998)

Ta je pomocí kolektorů nashromážděna, uložena a následně vypuštěna do skleníku na jeho vytopení. Možné řešení je pomocí ukládání do vody, kde se v chladnějších hodinách čerpadlem vrací ohřátá voda zpátky do prostoru skleníku. Další možné uložení je do samotného zdiva skleníku, kde se stěny přes den z přímého slunečního svitu nahřejí a následně během chladnějšího období (případně noci) sálají teplo, a tím pomáhají udržovat teplotu uvnitř skleníku. Dalším způsobem je ukládání tepelné energie do šterku, který je nahřátý pomocí kovové stěny natřené černou barvou. Ta zapříčiní větší přínos tepla. Poté

v chladnějších hodinách je dmychadlem, které je ovládanáno pomocí spínacího teploměru, vháněn teplý vzduch do skleníku. K udržování teploty zeminy se používají také topné kabely řízené pomocí termostatu. Pro správnou funkci skleníku je potřeba zajistit co možná nejmenší úniky tepla, a naopak umožnit jeho co největší akumulaci, ideálně ze slunečního svitu. (Svojanovský, 1998)

Kromě zvyšování teploty uvnitř je důležité zajistit i ochlazování, nicméně je potřeba s teplem zacházet úsporně. Možností, jak ochladit klima uvnitř skleníku, je větrání, které může být realizováno pomocí okna umístěného nejméně 50 cm nad pěstební zónou. Jelikož dle fyzikálních zákonů se teplo udržuje na nejvyšších místech, je nejlepší umístit okna do střechy skleníku. Ty pak lze otevírat pomocí pohonných motůrků. Vhodnou variantou je zařízení ventilátoru uvnitř skleníku, které zajistí rovnoměrné proudění vzduchu, a tím rovnoměrné rozložení teploty. Samotný větrák se zapíná při dosažení vyšších teplot. Jelikož ale se spuštěním větráku vyfukujícím vzduch ze skleníku dochází ke vzniku podtlaku, je potřeba na protilehlé stěně buď pootevřít okénko nebo se využívají žaluzie, které se otevírají směrem dovnitř. (Cielo, c2023; HiGarden, c2023)

Další velmi sledovanou veličinou při pěstování rostlin je vlhkost, která je regulována pomocí zavlažování půdy. Je důležité dbát na samotnou teplotu vody, aby rostlina nebyla zalitá příliš studenou vodou, a tím se nezapříčinil její úhyn. Proto je vhodné udržovat vodní nádobu při stejné teplotě, jako je ve skleníku. K omezení vypařování vody z půdy se doporučuje pravidelně půdu kypřit. (Svojanovský, 1998)

I při zalévání lze uplatnit více způsobů provedení. Jednou z možností je využití kapkové závlahy, která umožňuje přívod vody přímo až k rostlině. Je zde ale třeba dbát na údržbu před zanesením trysek a znečištěním rozvodů solemi a řasami. Napájení trysek je řešeno pomocí čerpadla a senzoru, který umožňuje zastavit přítok vody v případě, že je rostlina dostatečně zavlažená. Zálivku lze regulovat nejjednodušeji pomocí jednoúčelové regulace, kdy se zavlažování spustí každý den v předem nastavenou hodinu. Druhý způsob je pomocí dvouúčelové regulace, kdy je hodnota vlhkosti měřena pomocí senzoru a v případě nízké hodnoty vlhkosti se spustí zalévání. Jakmile bude hodnota splňovat požadovanou výši, zavlažování se ukončí. Pro zalévání není ideální využívat tvrdou vodu, ale ani tu dešťovou, kvůli nevhodné kyselosti. Tvrdou vodu však lze upravit přidáním kyseliny šťavelové (jetelové soli), čímž dojde ke změně hodnoty pH. (Svojanovský, 1998)

Ve sklenících je také často sledovanou veličinou kyselost zeminy. Každý druh pěstované rostliny vyžaduje určitou hodnotu pH. V případě nízké hodnoty pH dochází k regulaci pomocí přidání průmyslových hnojiv, v opačném případě se to řeší ředěním půdy závlivkou. (Svojanovský, 1998)

V neposlední řadě se ve sklenících sleduje optimální světlo, jehož úroveň potřebuje každá rostlina individuálně. Jelikož v zimních měsících jsou dny slunečního svitu kratší než v letních měsících a často bývají dny zamračené nebo mlhavé, je důležité doplnit skleník o umělé osvětlení. To zajišťuje dostatek světla pro pěstování rostlin za jakéhokoliv ročního období, a i při jakémkoliv nepříznivém počasí, protože nedostatek světla může způsobit nedokonalý vývin rostliny, u světlomilných rostlin i jejich odumření. Krom toho je světlo pro rostlinu potřebné k průběhu fotosyntézy. (Svojanovský, 1998)

Samotné světlo je složené z vlnových délek, přičemž každá rostlina potřebuje svou určitou vlnovou délku pro správný růst. Nesplnění jejich požadavků na ideální podmínky může způsobit její degradaci. V dnešní době se používají různé typy umělého osvětlení, které se od sebe liší druhy vysílaného spektra světla. Proto je důležité při volbě umělého osvětlení ve skleníku dbát na správný výběr osvětlení. Může se stát, že přidané umělé osvětlení nebude pro rostlinu dostačující a může jí tak chybět třeba červené světlo. To bývá pro vývoj rostliny nejdůležitější, protože podporuje fotosyntézu. Zároveň jeho výše ovlivňuje období květu, zrání plodu nebo rozmnožování rostliny. Modré světlo naopak podporuje množství chlorofylu, což má dopad na vývoj listu a stonku, nicméně míra reakce rostliny na modré světlo bývá značně individuální. Množství chlorofylu v listech rostliny způsobuje odražení zeleného světla, které tak do samotné rostliny neproniká. Zažloutlé zbarvení rostliny bývá způsobeno snížením množství chlorofylu, a tedy průnikem zeleného světla do rostliny, což umožňuje včasné odhalení zdravotních problémů rostliny. (Slavík, 2020)

Pro regulaci pomocí umělého osvětlení se dá využít například dosvícování pomocí běžné žárovky, která zajistí dostatečné barevné spektrum pro pěstování rostlin, avšak v průběhu pěstování rostlin se také postupně zvyšují jejich nároky na požadované světlo. Hraniční pro vykonání fotosyntézy je osvětlení o minimální hodnotě okolo 100 luxu. (Svojanovský, 1998)

Jednou z možností umělého osvětlení je LED osvětlení, které zajistí ideální spektrové světelné podmínky pro pěstování. Mezi výhody tohoto typu se řadí malá spotřeba energie vůči ostatním druhům umělého osvětlení, ale také zároveň nízké vyzařování tepla. Avšak

v některých případech se vyšší hřejivost jiného typu umělého osvětlení dá využít pro celkové ohřívání skleníku. (Osvětlení pro rostliny - čím a jak přisvětlovat?, c2023)

Osvětlení se kromě počasí přizpůsobuje především kalendářním vlivům. Zatímco z jara se dny postupně prodlužují a je potřeba přisvětlovat kratší čas, s nástupem léta a podzimu tomu je přesně naopak. Není-li třeba osvětlení přizpůsobovat pochmurnému počasí, bývá nejčastěji používána pouze regulace pomocí časového spínače, který se každý den v určitý čas sepne (jedná se tedy o jed noučelová regulace). (Osvětlení pro rostliny - čím a jak přisvětlovat?, c2023)

Kromě osvětlení je důležité regulovat i stínění. Protože v případě slunečních letních dnů může přímé sluneční záření až spálit, a tím znehodnotit, pěstované rostliny. Samotné stínění lze zajistit už samotným výběrem materiálu použitým na stavbu skleníku. V případě starších skleníků se stínění řeší pomocí zastínění zvenčí například pomocí rolety nebo žaluzie. Další možnostmi jsou pak nátěry barvami či nástřiky. Někdy ale pomůže pouhý přirozený stín okolního prostředí. (Svojanovský, 1998)

Pomocí stínění zajistíme ochranu rostlin i snížení teploty skleníku. (Stínění skleníků – nutnost nebo přežití?, 2021)

2 Automatizace ve sklenících

Ačkoliv v současné době bývá především zmiňován průmysl 4.0 spojený s internetem věcí, mnoho firem stále prochází teprve tzv. třetí průmyslovou revolucí spočívající v automatizaci procesů. Tedy v mechanizaci procesů s cílem snížit potřebný lidský kapitál na minimum, aniž by docházelo k narušení samotného procesu. Její využití je napříč obory, ať už se jedná o elektrotechnický průmysl, stavebnictví, zemědělství nebo třeba potravinářský průmysl. (Cejnarová, 2015)

V rámci čtvrté průmyslové revoluce navíc dochází k připojení procesu k internetu věcí, který tak umožňuje vzájemnou interakci mezi jednotlivými objekty a zároveň také jejich vzdálené ovládání a řízení. (Cejnarová, 2015)

Automatizace však není využívána pouze pro potřeby velkých firem. Její uplatnění lze nalézt i v domácnostech, a to například v případě automatizovaného skleníku. Ten mohou využít pro pěstování plodin jak zemědělské podniky, tak také domácnosti.

Tyto skleníky se umí postarat o svůj chod pomocí speciálních čidel a řídicích jednotek, aby fungovaly jako samostatná jednotka. Mezi nejčastěji zautomatizované části skleníku se považuje automatické větrání, zalévání a případně regulace teploty, nicméně na trhu se objevují i pokročilejší modely.

2.1 GROWDUINO

Česká společnost Growduino se svým stejnojmenným výrobkem nedávno oslavila deset let na trhu. Nyní poskytuje již druhou vylepšenou verzi Growduino V2, která poskytuje monitorování a automatické řízení vnitřních částí, určených pro pěstování plodin. Jako jeho hlavní výhoda se uvádí možnost prakticky úplného zautomatizování pěstování. Celé toto zařízení funguje na principu propojení řídicí jednotky a několika primárních senzorů pro sledování a vypočítávání měřených veličin. Celá tato kapitola vychází z oficiálních stránek společnosti Growduino (c2018-2022).

O chod celé soustavy se stará základní jednotka, kterou společnost nabízí v těchto provedeních: Growduino LITE, Growduino BASIC, Growduino PRO, Growduino MEGA a Growduino Special. Ty se liší určitými parametry (viz dále), ale jejich specifikace jsou v základu velmi podobné. Jednotky se postarají o měření a záznam hodnot s následným

vyhodnocením a odesláním dat prostřednictvím emailu, vyšší modely se také zvládnout postarat o optimalizaci pěstebního prostředí v případě vzniku odchylky naměřených hodnot.

Základní verzí, co se parametrů týče, je jednotka Growduino LITE. Ta nemá žádný počet zásuvek pro ovládání připojených zařízení, což jí umožňuje disponovat nejmenší velikostí z nabízených variant. Je vybavena čidly pro měření teploty a vlhkosti vzduchu a také termostatem pro řízení osvětlení. Zároveň jde ale dovybavit dalšími čidly vyráběnými společností (přehled viz dále v textu). Jednotka také umožňuje LAN nebo WIFI připojení umožňující odesílání výsledků měření a oznámení na email.

Naopak nejrobustnější z nabízených jednotek je jednotka Growduino MEGA. Hlavní předností je možnost osadit až deseti zásuvkami pro ovládání připojených snímačů, dále je vybavený záložní baterií pro napájení mikropočítače a čidel, a také možností připojení WIFI a LAN. Přesnější parametry v porovnání s jednotkou Growduino LITE jsou shrnuty v tabulce níže.



Obrázek 1 Growduino LITE (Growduino, c2018-2022)



Obrázek 2 Growduino MEGA (Growduino, c2018-2022)

Tabulka 1 Přehled základních parametrů pro Growduino LITE a MEGA (Growduino, c2018-2022)

	Growduino LITE	Growduino Mega
Maximální počet výstupů	0	10
Maximální počet čidel	každé 1x	každé 1x
Velikost mm (V x Š x H)	236 x 287 x 112	653 x 287 x 112
Hmotnost s příslušenstvím (kg)	3	10

Jak již bylo zmíněno, soustavy lze doplnit o další čidla, pomocí nichž jsou měřena potřebná data, která jsou následně vyhodnocována, a která slouží k ovládání ostatních zařízení uvnitř skleníku. Společnost na svém webu prezentuje následující senzory:

2.1.1 Senzor pro osvětlení

Senzory pro osvětlení jsou rozděleny pro měření venkovního a vnitřního (umělého) světla:

- Light-out – toto čidlo se stará o správné dosvěcování při nedostatku venkovního slunečního světla. V případě malého množství přírodního slunečního svitu spíná umělé osvětlení, čímž jsou zajištěny ideální světelné podmínky pro pěstování. Tím je podpořen růst rostlin i ve dnech s kratším slunečním cyklem nebo při nepříznivém počasí.
- Light-in – čidlo na kontrolu umělého osvětlení se stará o správné dávkování. Hlídá čas svícení a intenzitu dle nastavení. V případě jakékoliv závady zasílá emailové upozornění, čímž zajišťuje ochranu pěstebních zón před nesprávným osvětlením.

Pracovní rozsah obou čidel je 0 až 54612 Luxu v rozlišení 1 Lux a s přesností 1 Lux.



Obrázek 3 Senzor osvětlení (Growduino, c2018-2022)



Obrázek 4 Senzor teploty vody (Growduino, c2018-2022)

2.1.2 Senzor teploty vody

Toto čidlo nazvané Temp-Wat slouží k měření teploty ponořením do kapaliny. Používá se jak při hydroponii, aeroponii, tak i pro aquaponii. Při dosažení minimální teploty vody se spustí její ohřev, a naopak při dosažení větší teploty se spustí dočerpání studenější. Pomocí toho je následně zaručeno ideální podmínek. Pracovní rozmezí senzoru se pohybuje v rozsahu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, rozlišení zvládá $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a přesnost se pohybuje v $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po překročení nastavených limitů dojde k odeslání upozornění prostřednictvím emailu.

2.1.3 Senzor hladiny vody

Na měření hladiny vody se využívá čidlo Usnd, které je bezponorové a funguje na ultrazvukovém principu. Jeho hlavním úkolem je zajištění správného množství kapaliny v zásobníku. Při nedostatku vody spouští dopouštění nádrže a následně chrání před jejím možným přetečením. Senzor hladiny vody pracuje v hloubce od 6 až 200 cm s rozlišením $0,1\text{ cm}$ s přesností $\pm 1\text{ cm}$.



Obrázek 5 Senzor hladiny vody (Growduino, c2018-2022)



Obrázek 6 Termostat (Growduino, c2018-2022)

2.1.4 Termostat

Termostat nazývaný Temp-Bulb je základním čidlem každého balíčku Growduino. Zjišťováním teploty skleníku poblíž osvětlení chrání rostliny před spálením a vysušením. Při zjištění vyšší teploty vypíná osvětlení, aby zabránil přehřátí rostlin. Pracovní podmínky čidla se pohybují v rozsahu teploty od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ v rozlišení $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ s přesností $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.1.5 Senzor teploty a vlhkosti

Jedná se také o základní článek balení soustavy Growduino. Stará se o udržení požadované hodnoty teploty vzduchu a o ideální vlhkost. V případě výchyly z potřebných hodnot veličin zajistí úpravu do požadovaných hodnot. Například pomocí odvětrání, zvlhčením, anebo spuštěním topení.

Tabulka 2 Rozsah, rozlišení a přesnost senzoru teploty (Growduino, c2018-2022)

Rozsah teplot	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$
Rozlišení teplot	$0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$
Přesnost teplot	$\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tabulka 3 Rozsah, rozlišení a přesnost senzoru vlhkosti (Growduino, c2018-2022)

Rozsah vlhkosti	0 % až 100 %
Rozlišení vlhkosti	0,1 %
Přesnost vlhkosti	$\pm 0,3$ %

2.1.6 Senzor EC

O správnou koncentraci potřebných živin ve vodě na zalévání se stará vodotěsný ponorný senzor EC. Využívá dvoubodové kalibrace s offsetem. Funguje v rozsahu od 0,3 až do 8 EC, v rozlišení 0,01 EC s přesností $\pm 0,1$ EC.



Obrázek 7 Senzor teploty a vlhkosti
(Growduino, c2018-2022)



Obrázek 8 Senzor EC (Growduino, c2018-2022)

2.1.7 Senzor PH

Tento senzor zjišťuje správnou hodnotu pH složky v zálivce. Jedná se o ponorné čidlo, které využívá dvoubodové kalibrace. Pracuje v rozsahu 0 až 14 pH s rozlišením 0,01 pH a s přesností $\pm 0,1$ pH.



Obrázek 9 Senzor pH (Growduino, c2018-2022)



Obrázek 10 Senzor CO₂ (Growduino, c2018-2022)

2.1.8 Senzor CO₂

Jeho úkolem je zajišťovat správnou hodnotu CO₂ uvnitř skleníku. Spínání je zajištěno pomocí elektrického ventilu, který zajišťuje jeho efektivitu. Využívá dvoubodové kalibrace. Pracuje v rozsahu od 0 po 5000 ppm, s rozlišením 10 ppm a s přesností $\pm 50 \text{ ppm} + 5 \%$.

2.1.9 Další možnosti rozšíření

Automatický skleník lze dále doplnit dalším příslušenstvím, které zajistí jeho větší samostatnost. Jedná se například o webkameru, které zajišťuje možnost vizuální kontroly nad skleníkem. Zajišťuje kvalitní obraz za jakýkoliv podmínek a přenos videa je zabezpečený pomocí protokolu HTTPS.

Dále je možné doplnit plovákem, který zajišťuje správné umístění a ponoření pro EC a pH sondy. Je vytvořený tak, aby se zvládl vyrovnat s jakoukoliv hladinou zálivky, obsahuje závaží z nerezové oceli.

Následně je možné celý systém doplnit o integrované baterie, které jsou ve většině Growduino systémů již implementovány. Zajistí možnost krátkodobého chodu celého systému v případě výpadku proudu. Jedná se o 4x 18650 Li-Ion baterie o kapacitě 5000 mAh. Jejich stav je řízený mikroprocesorem a o ochranu se stará tepelná pojistka.

2.2 AUTOGROW

Autogrow je zahraniční společnost, která se rozhodla na trhu prosadit s nabídkou poskytování automatického pěstování plodin. Jak uvádí na svých internetových stránkách, ze kterých čerpá celá tato kapitola (Autogrow, c2021), zaobírají se především řídicími systémy pro pěstování od malých prostorů, jako jsou například skleníky, až po obrovské pěstírny.

2.2.1 MultiGrow

Jedná se o řídicí jednotku nazvanou MultiGrow, která má na starosti zajištění správné regulace základních veličin a funkcí pro automatické pěstování bez nutnosti zásahu člověka. Tato jednotka se prezentuje jednoduchým používáním, a možností plné konfigurace podle aktuální potřeby pro ideální pěstování rostlin. Toto zařízení je spíše určené pro využívání při potřebě regulovat více pěstebních zón, zvládne ovládat až osm zařízení na pěstování zároveň. V případě potřeby regulátoru pouze pro jednu pěstební oblast je výhodnější, jak uvádí na svých internetových stránkách, využít prostředí regulátoru IntelliClimate.



Obrázek 11 Jenotka MultiGrow (Autogrow, c2021)

Mezi klíčové funkce MultiGrow se řadí:

- zajištění chodu a ovládání až osmi pěstebních zón – jednotka se zvládne postarat o prostředí pro pěstování, zásobníky, zavlažovací systém a zároveň zaznamenávat data ze senzorů a konfigurovat je pro ideální pěstební plán,
- vzdálený přístup – ten je zajištěn pomocí zabezpečeného portálu a umožňuje nepřetržitý přehled o pěstebních zónách a možnosti úpravy jejich nastavení,

- zabezpečení dat a zálohování – proti možným hrozbám je nastaveno pravidelné každodenní zálohování dat a nastavení na zabezpečené servery,
- technická podpora – pomocí vzdáleného přístupu se technický pracovník společnosti může připojit k systému a zajistit aktualizaci softwaru, případně zjistit a opravit jakékoliv chyby či závady,
- snadné a uživatelsky příjemné prostředí spolu se snadnou instalací a nastavením,
- upozornění a varování – v případě aktivace varování zašle textovou notifikaci na email případně pomocí SMS,
- senzory – neustále posílají data pro vyhodnocení a určení správného nastavení,
- variabilita – k systému je možnost kdykoliv přidat, anebo vyměnit potřebné moduly a umístit je na potřebná místa.

S pomocí EnviroSenzoru umí systém MultiGrow monitorovat teplotu, vlhkost vzduchu, úroveň světla a CO₂. Dále pak je možnost pomocí dálkového senzoru snímat koncentraci živin, pH, úroveň vlhkosti a také teplotu.

Tabulka 4 Výstupní a vstupní parametry zařízení MultiGrow (Autogrow, c2021)

Vstupy	RS485	Napájení 12/24 V (AC nebo DC)
Výstupy	10 A relé	Výsledné napětí na výstupu se rovná napětí na výstupu

Řídící jednotka MultiGrow umožňuje ovládat až 32 modulů současně, tím je možné poskytnout až 320 jednotlivých výstupů. Celý systém je propojený poloduplexním řetězcem RS485. Jeho maximální délka může být 1,6 km a v případě potřeby je možné doplnit o další rozšíření.

2.2.2 INTELLIDOSE

IntelliDose je zařízení, které má na starost automatickou správu živin a pH v zálivce. Nabízí možnosti nastavení alarmu na určitou hladinu a zaznamenávání hodnot. Při zakoupení předplatného IntelliGrow je také možnost textového/emailového upozornění.

Mezi klíčové funkce se řadí jednoduché ovládání pomocí interaktivního displeje, přes který lze nastavit hraniční body a alarmy. Dále zvládá obsluhovat až čtyři zavlažovací stanice, pomocí kterých se následně zvládne postarat o více pěstebních zón. Také je schopno pracovat

s peristaltickými čerpadly, které firma Autogrow na svých internetových stránkách nabízí od 120 ml/min až po 1400 ml/min. Při využití IntelliDose lze použít jakékoliv živiny, ať už práškové nebo tekuté. Po následném určení poměru se zařízení postará o jejich ideální dávkování.

Zařízení obsahuje devět 24 VDC výstupů. Měření živin EC zvládá v rozmezí 0 až 9,99 EC, při měření CF pracuje v rozsahu 0,1 až 99,99 CF a při měření TDS v 0 až 7000 ppm. Měření živin probíhá v rozsahu 0,00 až 5,99 EC, 0,1 až 59,9 CF, 0 až 4200 ppm s rozlišením živin 0,01 mS/cm, 0,1 CF a s přesností $\pm 0,1$ EC, 1,0 CF nebo 10 PPM. Měření pH probíhá v rozsahu rozlišení 2 až 12 pH a s přesností 0,1 pH. Možnost nastavení dávkování živin a pH od 0 minut do 254 minut. Je zajištěno sekvenční dávkování, aby byla zajištěna ochrana před přepětím. Teplotní rozsah kapaliny je 0 až 50 °C a přesnost je 1 °C. Napájení je zajištěno pomocí dodávaného 120/240 V zdroje, který následně napájí zařízení 24 VDC. Zařízení zajistí vypnutí dávkování živin v případě, že pH je menší než 4,5 nebo větší než 8, anebo v případě, pokud je obsah živin nižší jak 0,1 EC/1 CF/10 ppm nebo vyšší než 6,0 EC/60 CF/6000 ppm.

2.2.3 INTELLICLIMATE

Regulátor nazvaný IntelliClimate má na starost automatickou regulaci klimatu uvnitř skleníku. Stará se o regulaci teploty, CO₂, osvětlení a vlhkosti. Dojde-li k závadě/výchylce pošle textové upozornění. V případě potřeby vícezónového regulátoru klimatu je doporučováno využití systému MultiGrow.

Mezi klíčové výhody systému IntelliClimate, které jsou uvedeny na internetových stránkách společnosti, je nastavení stálého plánu na pěstování pomocí softwaru IntelliGrow, kde lze v případě potřeby provést změny. Dále pak snadné nastavení potřebných hodnot, jednoduchost konfigurace a neustálé vyhodnocování dat potřebných pro ideální pěstování.

Zařízení má vestavěné bezpečnostní pojistky, které zabrání výpadku při poruše a obsahuje alarm, který zajistí oznámení jakékoliv výchyly z požadovaných hodnot.



Obrázek 12 Systém IntelliDose (Autogrow, c2021)



Obrázek 13 Systém IntelliClimate (Autogrow, c2021)

V případě použití zařízení ve větších prostorách než 6 x 6 m je lepší využít dalšího senzoru pro přesnější hodnoty. IntelliClimate následně měření zprůměruje, a dle výsledků určí další kroky ke správné regulaci klimatu v dané oblasti.

Jako technické specifikace toho regulátoru výrobce uvádí možnost 9 výstupů o 24 VDC. Jednotlivé výstupy mají jmenovitou hodnotu 3 A, ale součet všech výstupu nesmí překročit jmenovitou hodnotu napájení. RH rozlišení a přesnost vlhkosti $\pm 2\%$. Rozlišení a přesnost teploty je 0,5 °C. Rozsah teplotního čidla 0 až 50 °C. Rozlišení a přesnost CO₂ (oxid uhličitý) je 50 ppm. Celý tento systém je napájený 120 V/240 V do zástrčky 24 VDC.

2.2.4 pH MINI KIT

Jedná se o jednoúčelový regulátor, který má za úkol kontrolovat a upravovat hodnotu pH v zálivce. Zajištění správné hodnoty pH je vyřešeno automatickým dávkovacím systémem, který zabrání jakýmkoliv nechtěným výkyvům hodnot pomocí přidání kyseliny nebo zásady. Celé toto zařízení je dodávané s peristaltickým čerpadlem, které zvládá zajistit průtok 120 ml vody za minutu a dále zajišťuje udržení regulátoru na dně nádrže. Mezi technické specifikace zařízení se řadí možnost nastavení časového dávkování, rozlišení 0,1 pH, rozsah pH od 2 do 10, možnost výměny BNC (standartní pH) elektrody, jednoduchá kalibrace, zobrazení počtu dávek, vestavěný alarm. Napájení je řešeno pomocí síťového napájení.

2.2.5 EC MINI KIT

Jedná se o nejnovější cenově dostupnou řídicí jednotku EC, jejíž úkolem je hlídání výkyvů. Obsahuje možnost nastavení alarmů, které se spustí při rozbití čerpadla nebo úniku kapaliny.

Jednoduché nastavení dávkování, měřící rozsah je od 0 až do 9,9 mS s rozlišením 0,01 mS/cm. Jsou využívány grafitové elektrody, které zabraňují znečištění a umožňují

snadnou kalibraci. Displej zobrazuje počet dávek a při překročení limitu dávek se spustí alarm a zastaví dávkování.



Obrázek 14 pH Mini Kit (Autogrow, c2021)



Obrázek 15 EC Mini Kit (Autogrow, c2021)

2.2.6 Softwarý

Společnost Autogrow na svých internetových stránkách uvádí dva druhy softwaru, které umožňují jednodušší sledování stavu pěstování pomocí průběžných statistik stavů.

a) AG-Insights

Jde o software, který umožňuje vizualizaci dat pro MultiGrow. Umožňuje vizualizovat data z pěstebních oblastí jako jsou například spotřeba vody, vlhkost, živiny a další. Pomocí toho je možné sledovat správnost nastavení zařízení pro pěstování. Program umožňuje posílání textového upozornění v případě problému. Software AG-Insights je nabízen ve dvou formách předplatného, a to v základním anebo profesionálním.

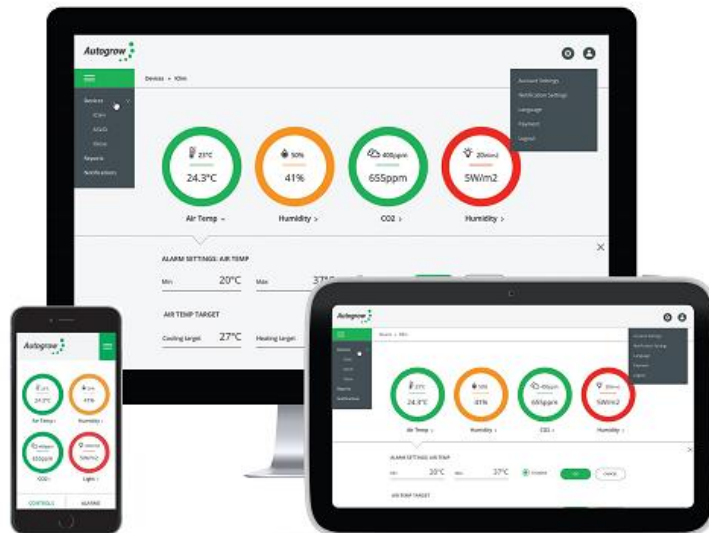


Obrázek 16 Program AG-Insights (Autogrow, c2021)

b) INTELLIGROW

Software, který využívá cloudového řešení, slouží pro řídicí jednotky IntelliDose nebo IntelliClimate a umožňuje jejich nastavení, sledování a správu kdekoli a odkudkoli. Program IntelliGrow lze využívat přes webový prohlížeč, avšak má také svoji vlastní aplikaci, tím pádem umožňuje přehled kdykoli a kdekoli ze všech zařízení Intelli.

Pomocí tohoto softwaru lze následně automaticky nastavovat hladiny živin, pH, alarmy a zaznamenávat data. V případě výpadku je možné využít odborníky z firmy Autogrow pro vzdálené přihlášení do systému. Stejně jako u softwaru AG-Insights i tady je možnost dvou druhů předplatného, a to starter a standard.



Obrázek 17 Program IntelliGrow (Autogrow, c2021)

2.2.7 Příslušenství

a) TouchScreen

Dotyková obrazovka s úhlopříčkou 17 palců je nazvána jednoduše TouchScreen. Slouží pro lepší manipulaci se systémy Autogrow (například MultiGrow). Pomocí ní lze spravovat pěstební plány, sledovat historická data, kontrolovat výstrahy a sledovat správnost nastavení programů pro pěstování.

Vstupy do dotykové obrazovky jsou buď přes HDMI nebo USB kabel. Pracuje v provozní teplotě v rozmezí od 0 až do 50 °C a v provozní vlhkosti od 20 do 80 %. Napájecí vstup je IEC 100/240 VAC o frekvenci 50/60 HZ.

b) IntelliLink

Toto zařízení slouží jako poskytovatel internetového připojení pro zařízení od firmy Autogrow pro zařízení Intelli. Umožňuje se k systémům připojit na vzdálený přístup a monitorovat, nastavovat a spravovat proměnné veličiny vzdáleně. Samotné zařízení jde připojit napevno přes ethernetový kabel, anebo propojit přes wifi.

c) Skříňka na umístění sond

Proti možnému poškození a zkreslení dat ze sondy je možné využívat ochrannou skříňku. Ta slouží k bezpečnému uložení sond poblíž řídicí jednotky. Je přidělaná na zeď blízko

regulátoru a do ní se umístí měřící sonda na pH anebo EC a pomocí čerpadla se v nádobě zaručí pravidelný průtok vody, ze které jsou následně snímány potřebné hodnoty.



Obrázek 18 TouchScreen
(Autogrow, c2021)



Obrázek 19 IntelliLink
(Autogrow, c2021)



Obrázek 20 Skříňka na umístění sond
(Autogrow, c2021)

d) Peristaltické čerpadlo – jednoduché

Peristaltické čerpadlo slouží k přesnému dodávání živin, aditiv a pH. Čerpadlo je určeno k připevnění na stěnu nádrže. Jmenovitá rychlost čerpadla je 120 ml/min a je napájeno vodičem DC s délkou 200+1800 mm. Využívá se zde tlakový válec (2Hx2R).

e) Peristaltické čerpadlo – větší

Toto větší peristaltické čerpadlo zvládá průtok až 1400 ml/min a je napájeno 24 VDC. Zároveň má vylepšený výkon pomocí pružinové konstrukce válce.



Obrázek 21 Peristaltické čerpadlo (Autogrow, c2021)



Obrázek 22 Peristaltické větší čerpadlo
(Autogrow, c2021)

f) **IntelliClimate senzor prostředí s měřením CO₂**

Tento senzor monitoruje klimatické veličiny a je možný využít místo senzoru IntelliClimate nebo v případě větších pěstovacích prostorů jako druhé čidlo pro získání lepších dat.



Obrázek 23 IntelliClimate senzor (Autogrow, c2021)

2.3 Chytré květináče

Mezi novinky na trhu pro automatické pěstování patří takzvané chytré květináče. Jedná se o zařízení, která zajistí automatické regulování potřebných veličin pro ideální pěstování rostliny od samotné sazeničky (např. bylinky). (Click and Grow, c2023)

Jejich výrobci uvádí, že tyto květináče stačí pouze zapojit k elektrické energii, doplnit zásobu vody a o zbytek už postarají samy. Chytré květináče bývají vybaveny LED osvětlením, obvykle fungujícím na 16hodinovém cyklu, které zajistí ideální dobu a míru osvětlení. Zavlažování pak bývá vyřešeno pomocí automatické závlahy ze zásobníku, který pojme zásobu vody na více jak třítydenní zavlažování. (Chytrý květináč, c2023)

Některé společnosti pak prodávají vlastní kapsle obsahující hlínu bohatou na potřebné živiny a v nich již umístěné osivo. Ty už pak jen stačí do květináče umístit a zelenina pod dozorem chytrého květináče sama doroste až ke sklizni. (Chytrý květináč, c2023)



Obrázek 24 Chytrý květináč (Click and Grow, c2023)

3 Arduino

Samotný vznik Arduina se datuje do roku 2005, přičemž původně byl vytvořen pro studenty k výuce, aniž by předtím potřebovali předchozí znalosti programování. (Arduino, c2023)

Následně, když se systém uchytil a byl o něj mezi studenty velký zájem, došlo k jeho expanzi do celého světa. (Voda, 2017)

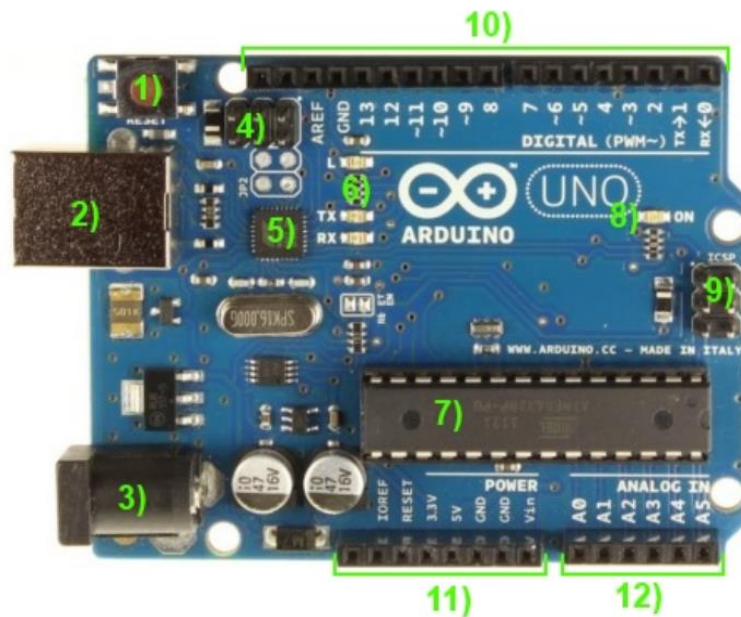
Jak uvádí Voda (2017), tak v době vydání knížky bylo prodáno přes několik stovek tisíc kusů Arduina.

Arduina jsou vývojové desky, které umí číst vstupy a je možnost připojit k nim zařízení, která vysílají vstupní signály (např. senzory, tlačítka). Pomocí nich následně dokáže přijaté informace ze vstupu přeměnit a poslat na výstup a aktivovat výstupní zařízení (např. zapnutí větráku, nastartování motoru). Nastavení ovládní vývojové desky je zajištěno posláním instrukcí do mikrokontroléru. Arduino je možné programovat pomocí dvou jazyků – přímo originálním od Arduina, který je založený na jazyce Wiring, anebo na Arduino Software (IDE), který je vytvořený na jazyce Processing. (Arduino, c2023)

Postupem let bylo vytvořeno pomocí této platformy nespočetné množství různorodých projektů od jednoduchých až po složité a vznikla tak okolo této platformy komunita z celého světa, která sama přispěla obrovským množstvím informací ohledně Arduina, které následně mohou ostatní uživatelé využít. (Arduino, c2023)

V současné době existuje i mnoho napodobenin vývojových desek Arduina, takzvané neoficiální desky nazývané také klony originálu. Na rozdíl od pravých desek jsou k rozeznání pomocí jiných názvů. Arduino publikuje všechny svoje hardwarové a softwarové online zdarma, tím pádem je jednoduché sestavit stejnou kopii. (Voda, 2017)

3.1 Popis prvků vývojové desky Arduino



Obrázek 25 Popis prvků Arduino desky (Voda, 2017)

- 1 – Resetovací tlačítko: slouží k resetování programu v případě zacyklení (uvedení programu na začátek), je označen nápisem RESET.
- 2 – USB konektor: v případě této desky se jedná o USB konektor typu B. Používá se k možnosti programování a napájení.
- 3 – Napájecí konektor: umožňuje napájení Arduino desky v případě, že není deska napájena skrze USB konektor.
- 4 – ICSP hlavice: využívá se k externímu programování USB-serial převodníku.
- 5 – USB-serial převodník: zajišťuje komunikaci hlavního čipu s počítačem.
- 6 – Indikační LED diody (L, Rx, Tx): dioda označená L je připojena k výstupu číslo 13. Zbylé dvě diody označené jako Rx a Tx znázorňují pomocí blikání probíhající sériovou komunikaci.
- 7 – Čip desky.
- 8 – Indikační LED dioda (ON): když svítí znázorňuje připojení zařízení.
- 9 – ICSP hlavice: také se využívá pro externí programování, zároveň je používána pro některé shieldy.
- 10 – Digitální piny: část z nich (označené na desce vlnovkou) umožňuje PWM modulaci.

11 – Napájecí piny Arduina (IOREF, RESET, 3,3 V, 5 V, GND, GND, Vin).

12 – Analogový vstupy.

U nějakých typů desek Arduina se může stát, že tlačítko restart se nachází na jiném místě. V případě USB konektoru se na starších modelech využíval místo USB B sériový port, na novějších deskách nalezneme micro USB a některé ho nemají vůbec a připojení mají zařízeno jiným způsobem. ICSP hlavici běžný uživatelé nevyužívají. V případech desek bez převodníků anebo desek, které mají umístěný převodník v čipu ICSP hlavici a USB-serial nenalezneme. (Voda, 2017)

3.2 Originální vývojové desky Arduino

Mezi základní originální vývojové desky patří Arduino Nano, Arduino Uno a Arduino Mega2560.

3.2.1 Arduino Nano

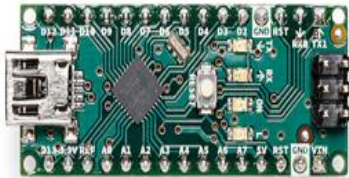
Arduino Nano je vývojová deska od platformy Arduino, která pracuje na mikrokontroleru ATmega328 o taktovací frekvenci 16 MHz. Využívá Flash paměť (32 kB), SRAM (2 kB) a paměť EEPROM (1 kB). Na desce je umístěno čtrnáct digitálních vstupních/výstupcích pinů (D0 až D13), kde se dá šest pinů využít jako PWM výstup a osm analogových vstupů (A0 až A7). Pracovní napětí je 5 V a doporučené vstupní napětí se pohybuje v rozmezí od 7 V do 12 V. Propojení desky s počítačem je řešeno pomocí USB portu. (Arduino, c2023)

3.2.2 Arduino Uno

Arduino Uno je nejpoužívanější vývojová deska od platformy Arduino. Jedná se o mikrokontrolér, který je založený na procesoru ATmega328 o taktovací frekvenci 16 MHz. Využívá paměť Flash (32 kB), SRAM (2 kB) a paměť EEPROM (1 kB). Na desce je umístěno čtrnáct digitálních vstupních/výstupcích pinů (D0 až D13), kde se dá šest pinů využít jako PWM výstup a šest analogových vstupů (A0 až A5). Pracovní napětí je 5 V a maximální vstupní napětí se pohybuje v rozmezí od 6 V do 20 V. Propojení desky s počítačem je řešeno pomocí USB B, dále deska obsahuje ICSP rozhraní, napájecí konektor a resetovací tlačítko. (Voda, 2017; Arduino, c2023)

3.2.3 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 je vývojová deska od platformy Arduino, která pracuje na mikrokontroleru ATmega2560 o taktovací frekvenci 16 MHz. Využívá Flash paměť (256 kB), SRAM (8 kB) a paměť EEPROM (4 kB). Na desce je umístěno padesát čtyři digitálních vstupních/výstupních pinů (D0 až D53), kde se dá patnáct pinů využít jako PWM výstup a šestnáct analogových vstupů (A0 až A15). Pracovní napětí je 5 V a doporučené vstupní napětí se pohybuje v rozmezí od 7 V do 12 V. Maximální vstupní napětí je 6 V až 20 V. Propojení desky s počítačem je řešeno pomocí USB B, dále je na ní umístěno tlačítko reset. (Arduino, c2023)



Obrázek 26 Arduino Nano
(Arduino, c2023)



Obrázek 27 Arduino Uno
(Arduino, c2023)



Obrázek 28 Arduino Mega2560
(Arduino, c2023)

4 Návrh automatizovaného skleníku

Před samotným návrhem a realizací je důležité určit si kritéria, která chceme, aby tento skleník splňoval. Je proto si třeba říct, na jaké věci daný skleník chceme a budeme využívat.

Jak již bylo v předchozích kapitolách zmíněno, na trhu se převážně objevují větší skleníky určené pro pěstování na zahradách u rodinných domků a skleníky určené pro velkoobjemové pěstování. Avšak pro tuto práci byl zvolen návrh na vytvoření malého automatického skleníku, který je určen převážně pro pěstitele žijící v bytech, případně domech, kde není možnost umístit skleník na zahradě. Jedná se tedy o menší model skleníku, který lze umístit například na balkon nebo v místnosti.

4.1 Veličiny ve skleníku

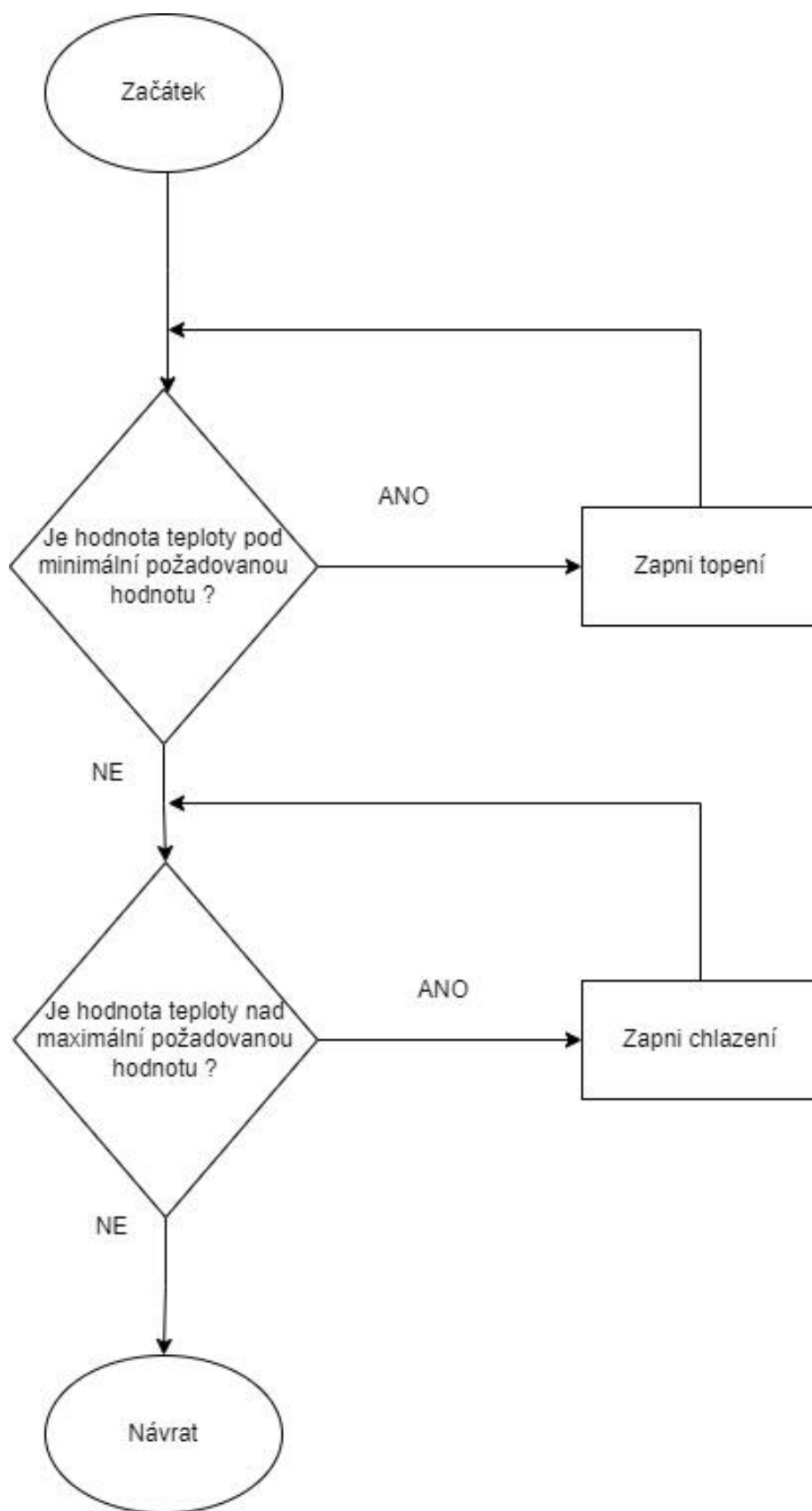
Protože jde o menší model skleníku určený pro místa, která nejsou příliš prostorná, je regulace pěstebního prostředí zaměřena především na tyto veličiny:

- vlhkost půdy,
- teplota vzduchu
- osvětlení.

4.1.1 Návrh na stabilizaci teploty uvnitř skleníku

Uvnitř skleníku je potřeba dbát na správnou teplotu vzduchu, která umožňuje optimální růst rostlin. V případě, kdy hodnota teploty vzduchu ve skleníku bude příliš vysoká, může sice docházet k zrychlenému vývoji rostlin, ale také i k přehřátí, dlouhodobě také k poškození nebo dokonce k úhynu rostliny. Naopak, je-li hodnota teploty příliš nízká, může nastat zpomalení růstu či zhoršení její produkce.

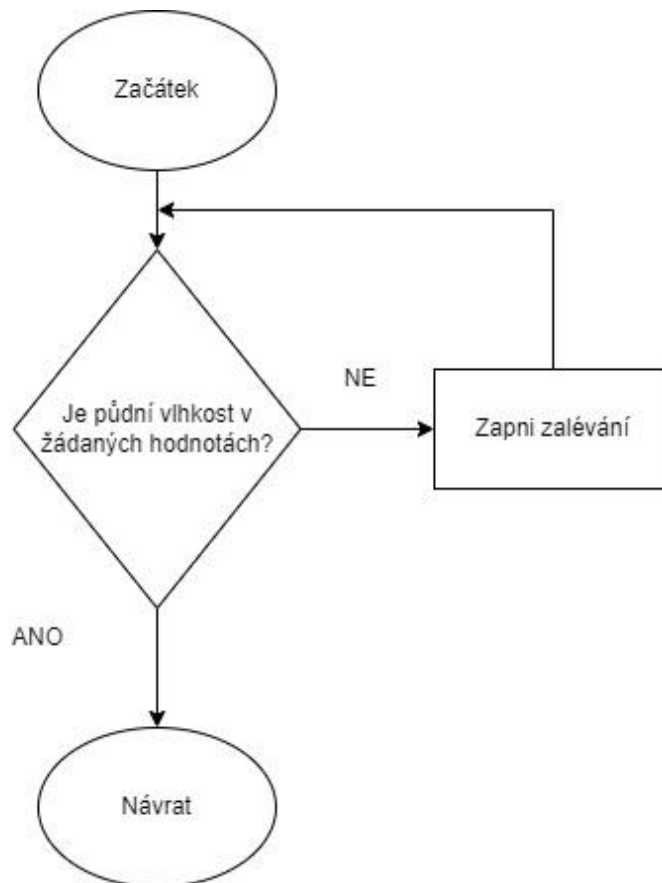
Návrh na zajištění optimální teploty je znázorněn na další straně ve vývojovém diagramu. Hlídaní teploty ve skleníku probíhá pomocí teploměru. Je-li naměřená teplota nižší než požadovaná hodnota, dojde ke spuštění topení. V okamžiku, kdy bude naměřená teplota nad minimální úrovní, vytápění ustane. Pokud je naměřená hodnota naopak vyšší než maximální nastavená hranice, vyšle se signál na spuštění větrání, které bude zastaveno, jakmile teplota opět klesne na požadovanou výši.



Obrázek 29 Vývojový diagram optimalizace teploty vzduchu (vlastní zpracování)

4.1.2 Návrh na udržování vlhkosti půdy

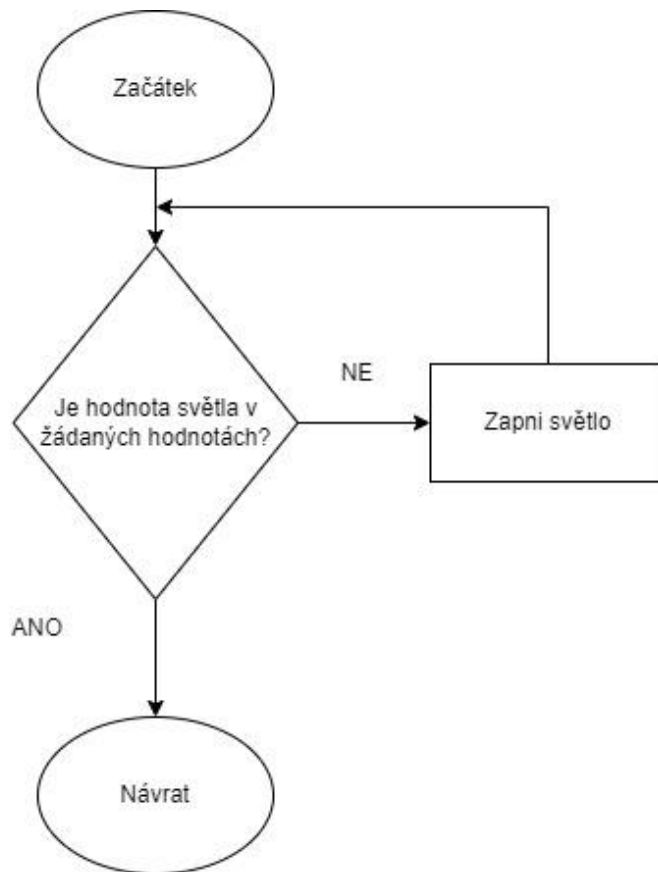
Jednou z nejdůležitějších potřeb pro pěstování rostlin je dostatečný přísun závlivky. V případě, kdy je vlhkosti nedostatek, anebo je naopak půda kolem rostliny přemokřená, může docházet ke zhoršení růstu rostliny, či jejímu úplnému uhynutí. Z tohoto důvodu je podstatné udržovat hodnotu vlhkosti na požadované hodnotě, aby byl zajištěn správný růst a vývoj pěstované rostliny.



Obrázek 30 Vývojový diagram hlídání vlhkosti půdy (vlastní zpracování)

4.1.3 Návrh udržování osvětlení uvnitř skleníku

Poslední sledovanou veličinou v tomto modelu skleníku je vnitřní osvětlení. Správné fungování osvětlení je zajištěno pomocí senzoru, který bude zjišťovat aktuální hodnotu světla a v případě, že naměřená hodnota světla bude nízká, vyšle signál a zajistí spuštění umělého osvětlení.



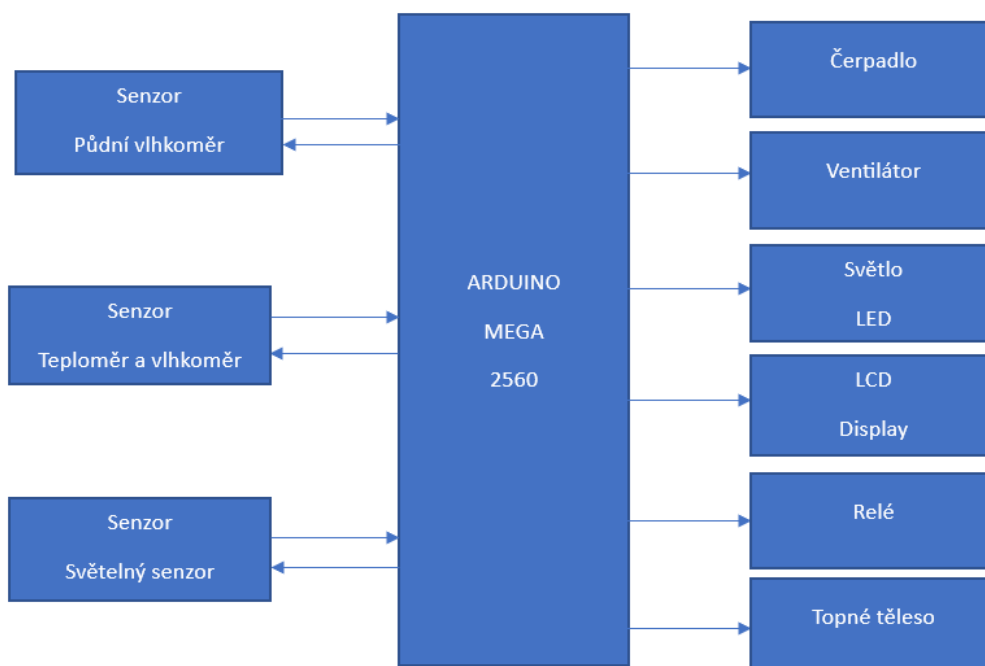
Obrázek 31 Vývojový diagram udržování osvětlení (vlastní zpracování)

4.2 Použitá řídicí jednotka, senzory a další zařízení

Po výběru sledovaných a regulovaných veličin ve skleníku je potřeba zvolit správné senzory, které zajistí měření požadovaných hodnot a následně tím umožní spuštění dalších zařízení, které provádí samotnou regulaci požadovaných hodnot, aby byl zajištěn ideální chod automatického skleníku.

V blokovém schématu níže jsou shrnuty požadavky na senzory, které tento model využívá a na další zařízení, která jsou pomocí čidel ovládány.

Celý systém modelu automatického skleníku je založen na vývojové desce Arduino. Jedná se o originální typ desky Arduino MEGA2560 REV3, která k sobě má připojené vstupní a výstupní periférie.



Obrázek 32 Blokové schéma senzorů a dalších zařízení umožňujících regulaci veličin (vlastní zpracování)

4.2.1 Hlavní jednotka

Hlavní jednotku tvoří deska Arduino MEGA2560 REV3.

Mezi vstupní periférie se řadí:

- senzor půdní vlhkosti,
- senzor teploty a vlhkosti vzduchu,
- senzor světla.

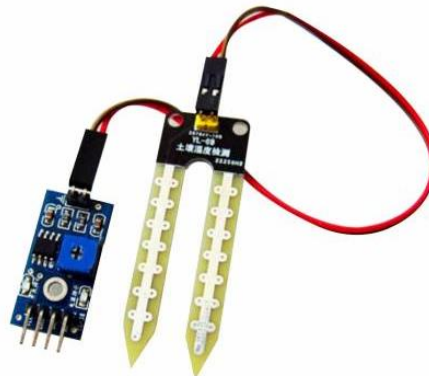
Mezi výstupní periférie se řadí:

- čerpadlo,
- ventilátor,
- světlo (LED),
- LCD displej,
- relé,
- topné tělísko.

4.2.2 Senzor pro měření vlhkost půdy

Jedná se o vstupní periférii Arduina, pomocí které můžeme snímat vlhkost půdy v automatickém skleníku. Tento modul je složený ze samotné měřící sondy a zesilovače signálu, tyto jednotky jsou mezi sebou propojeny pomocí DuPont kabelů. Výstupem zesilovače je jak analogový, tak i digitální výstup. Na napájení modulu lze použít 3,3 V anebo 5 V. (DRÁTEK.CZ, c2023)

Samotná měřící sonda funguje na principu, kdy pouští mezi svými elektrodami elektrický proud skrz půdu. Půda pak vytváří odpor, který lze změřit a pomocí toho následně vypočítat hodnotu vlhkosti. V případě, kdy je půda úplně suchá, má odpor největší. V opačném případě, když je půda vlhká, tak se její odpor sníží. Výstupem snímače jsou hodnoty A/D převodníku 0-1023. (CircuitsToday, c2020)



Obrázek 33 Senzor půdní vlhkosti (DRÁTEK.CZ, c2023)

4.2.3 Čerpadlo

Čerpadlo je výstupní periférii Arduina, pomocí které je možné zajistit čerpání vody z nádrže a následné zavlažení pěstební oblasti. Jedná se o horizontální mini ponorné čerpadlo, které zvládá přečerpat až 120 litrů zálivky za hodinu a jeho maximální zdvih je 110 centimetrů. Mezi jeho další specifikace se řadí průměrný odtok vody – 7,5 mm vnější a 4,7 mm vnitřní. Napájecí napětí je od 2,5 až 6 V. Samotná životnost čerpadla je odhadovaná na 500 hodin. (DRÁTEK.CZ,c2023)



Obrázek 34 Čerpadlo (DRÁTEK.CZ, c2023)

4.2.4 Senzor pro měření teploty vzduchu

Senzor pro měření teploty je vstupní periférie Arduina. Jedná se o digitální modul teploměru a vlhkoměru DHT22, který obsahuje zabudovaný pull-up rezistor. Mezi jeho základní specifikaci se řadí jeho pracovní rozsahy měření při teplotě -40 až $+80$ °C. Výstup z modulu je digitální a napájecí napětí 3,3 až 5,5 V. Senzor umožňuje také měřit vlhkost vzduchu, nicméně tato funkce nyní není využívána. (DRÁTEK.CZ,c2023)

Čidlo pomocí termistoru měří hodnotu teploty. V případě měření teploty je to realizováno pomocí změny odporu polymerové vrstvy na vlhkosti ovzduší. (Components101-Electronic Components Pinouts, 2018)



Obrázek 35 Modul DHT22 (DRÁTEK.CZ, c2023)

4.2.5 Ventilátor

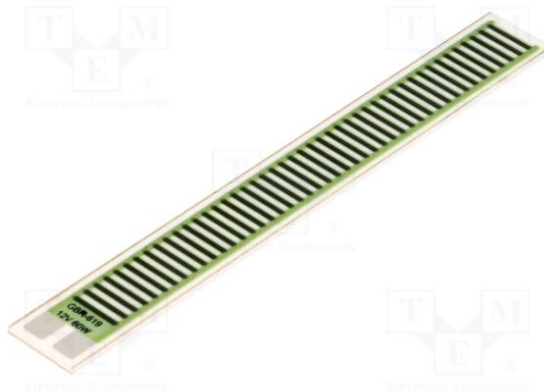
Ventilátor je výstupní periférie Arduina. Pro tento skleník je využitý model SUNON MagLev MF40101V1-1000U-A99. Jedná se o dvou vodičové zařízení, které má napájecí napětí 12 V a příkon 1,08W. (Světsočástek, c2013-2023)



Obrázek 36 Ventilátor (Světsoučástek, c2013-2023)

4.2.6 Topné těleso

Topné těleso je výstupní periférie Arduina. Použit je model řady GBR-619, který je vyrobený z oxidu hliníku. Jeho napájecí napětí je 12 V a jeho maximální výkon při 12 V je 60 W. Jedná se o topný druh rezistoru o hodnotě 2,4 Ω . (Telpod, 2015)

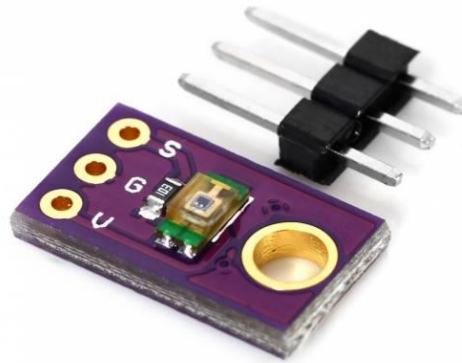


Obrázek 37 Topné těleso (Telpod, 2015)

4.2.7 Senzor pro měření osvětlení

Čidlo, které bude využito k měření intenzity světla, je analogový světelný sensor TEMT6000. Jedná se o vstupní periférii Arduina. Napájecí napětí modulu je 5 V. Výstupní hodnoty jsou hodnoty napětí úměrné hodnotě světla. (DRÁTEK.CZ,c2023)

Senzor měří změnu odporu na množství dopadávajícího světla, jedná se tedy o fotorezistor TEMT6000. Čím je hodnota světla větší, tím se zmenšuje hodnota odporu. (IRFP260MPbF Datasheet, 2010)



Obrázek 38 Světelný senzor TEMT6000 (DRÁTEK.CZ, c2023)

4.2.8 LED pásek

LED pásek je výstupní periférie Arduina. Jde o LED pásek s SMD diodami teplé bílé barvy, které jsou mezi sebou propojeny v sério-paralelním zapojení. Napájecí napětí je 12 V. Světelný tok je 1224 lm a IP krytí pásku je IP20. Odhadovaná životnost pásku je až 54000 hodin. (Eliher, c2023)



Obrázek 39 LED pásek (Eliher, c2023)

4.2.9 Relé

Jednokanálový 5 V relé modul, který je opticky oddělený, zvládá spínat až 30 VDC anebo 250 VAC. Maximální spínaný výkon je 90 W při stejnosměrném napětí a 750 W při střídavém. Modul obsahuje diodu, která signalizuje sepnutí a rozepnutí relé. Mezi jeho další specifikace se řadí buzení 15 až 20 mA a zvládá spínat zařízení, které mají až 10 A odběr proudu. Relé reaguje na logickou nulu. (DRÁTEK.CZ,c2023)



Obrázek 40 Relé (DRÁTEK.CZ, c2023)

Relé funguje jako spínač. Jeho hlavní částí je elektromagnet, přes které se při průchodu proudu spíná anebo rozepíná. Jedná se o elektromechanické zařízení, které dokáže spínat větší proudy pomocí menšího. (Electronicstutorials, c2023)

4.2.10 LCD displej

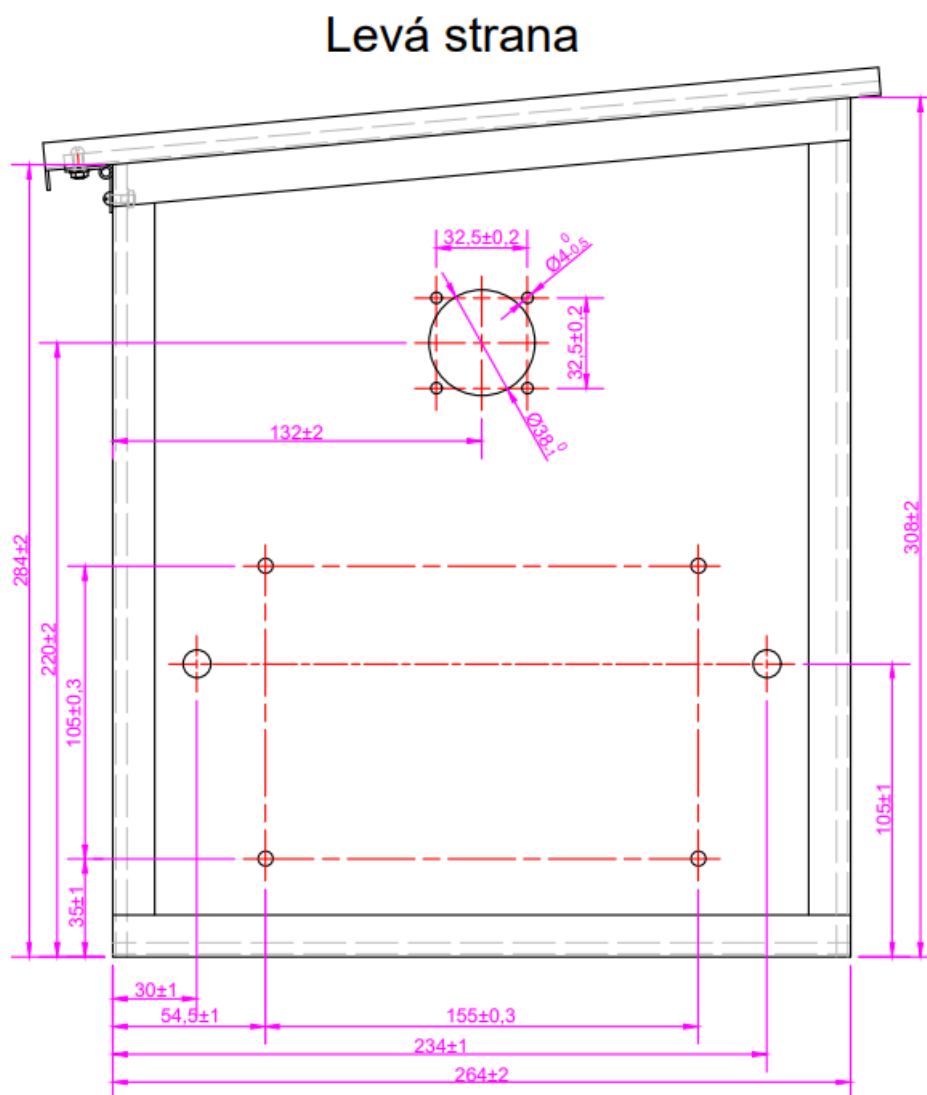
LCD displej je výstupní periférie Arduina, která slouží k vyobrazování potřebných dat. Mezi základní specifikace patří napájení 5 V, rozlišení 20x4 znaků, žluté podsvícení, kompatibilita s mikropočítači, komunikace přes I2C sběrnici. (DRÁTEK.CZ,c2023)



Obrázek 41 LCD displej (DRÁTEK.CZ, c2023)

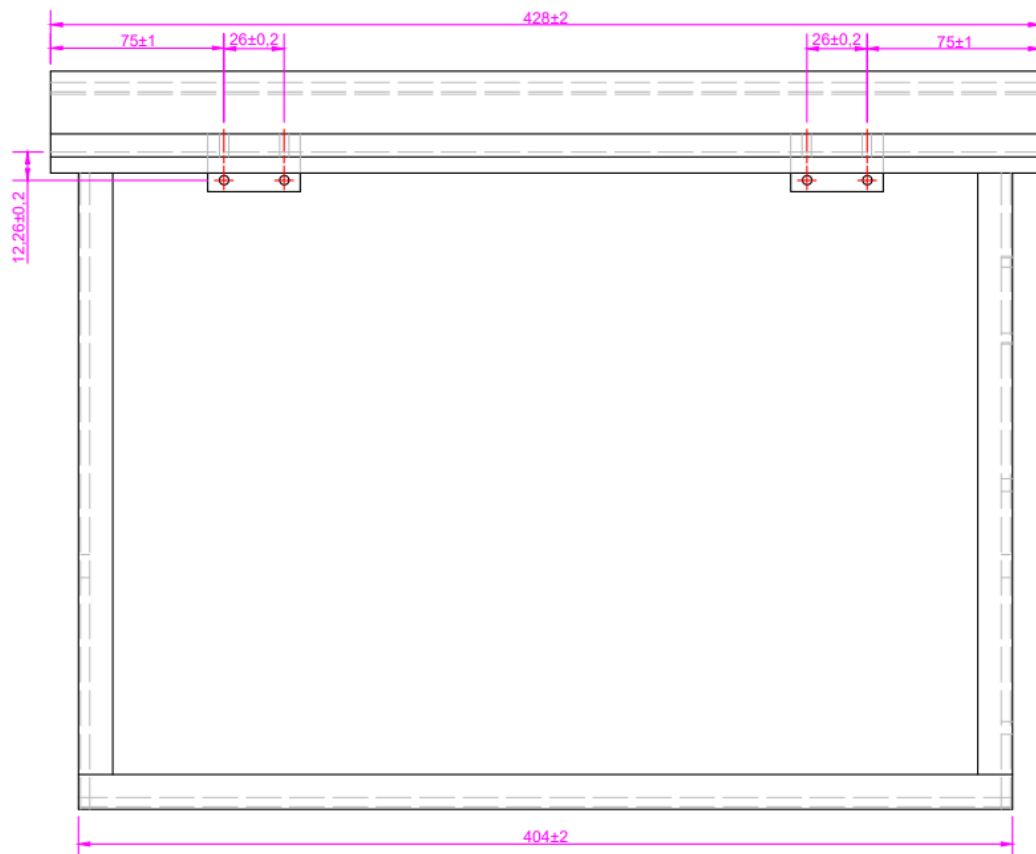
5 Nákresy modelu skleníku

Nákresy modelu skleníku jsou provedeny v softwaru AutoCAD.

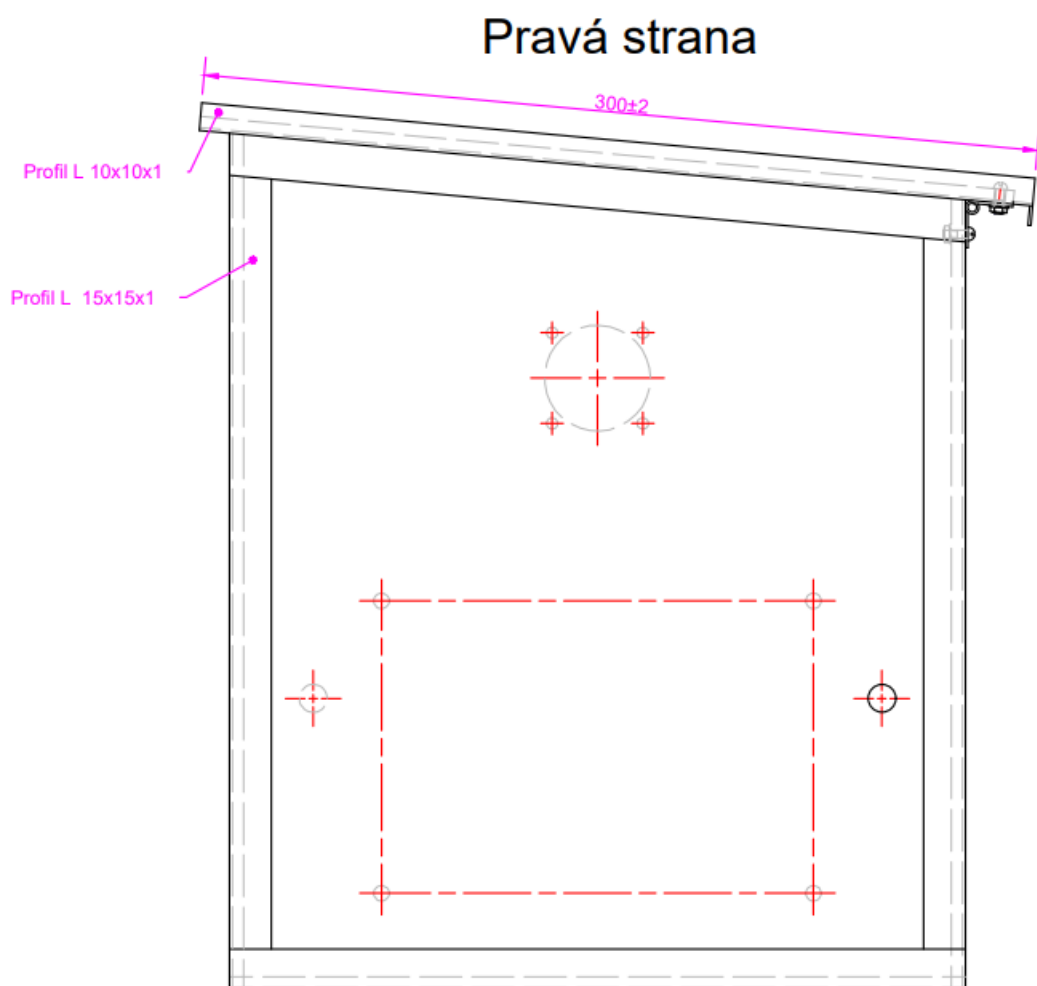


Obrázek 42 Levá strana (vlastní zpracování)

Zadní strana

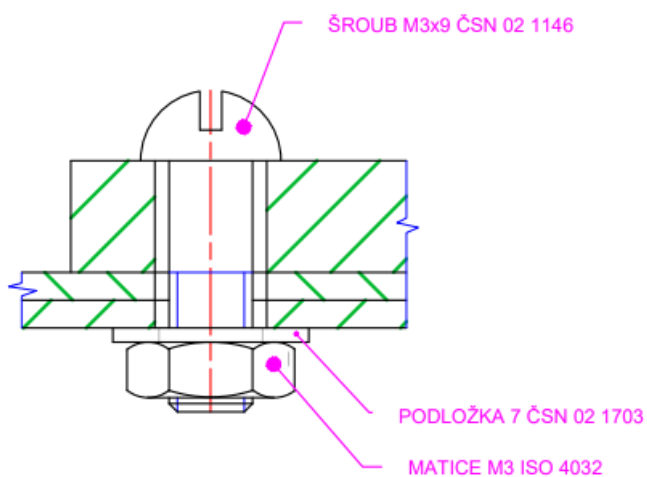


Obrázek 43 Zadní strana (vlastní zpracování)



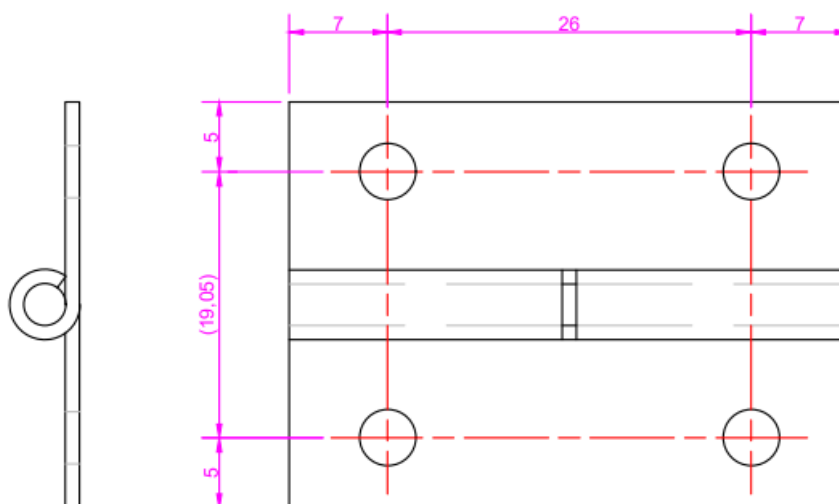
Obrázek 44 Pravá strana (vlastní zpracování)

Detail šroubového spoje



Obrázek 45 Detail šroubového spoje (vlastní zpracování)

Pant



Obrázek 46 Pant (vlastní zpracování)

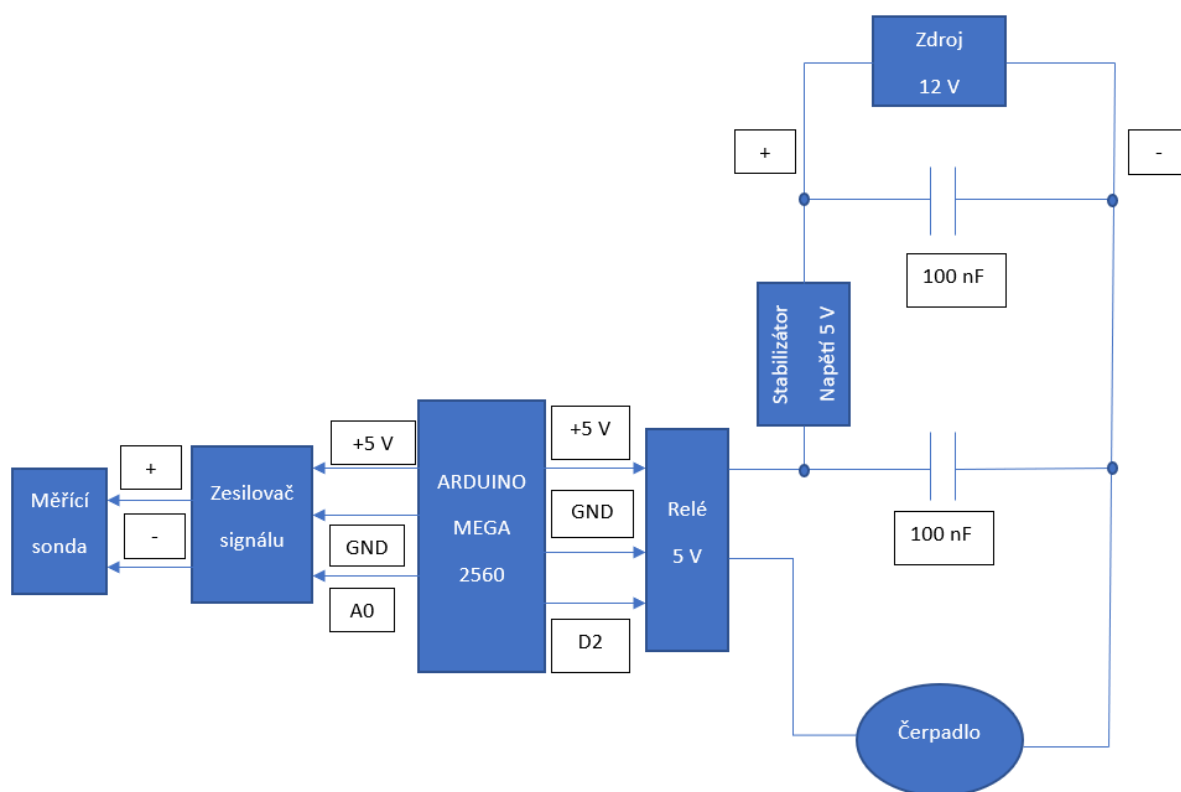
6 Sestavení automatizovaného skleníku

Samotný model skleníku je realizován dle návrhu a dle nákresů v předchozích kapitolách. Jako hlavní materiál na sestavení skleníku je použit hladký průhledný polystyren o síle 4 mm. Polystyrenové stěny jsou k sobě uchyceny pomocí hliníkových profilů s využitím MS polymerového lepicího tmelu.

Řídící jednotka spolu s relé moduly a nepájivým polem jsou upevněny v krabici SCAME na boční polystyrenové stěně skleníku. Pro přehledné rozmístění jsou uvnitř krabice použity dilatační sloupky.

Zdrojový kód k automatickému skleníku je umístěn v Příloze A na CD disku.

6.1 Zapojení půdního vlhkoměru a čerpadla



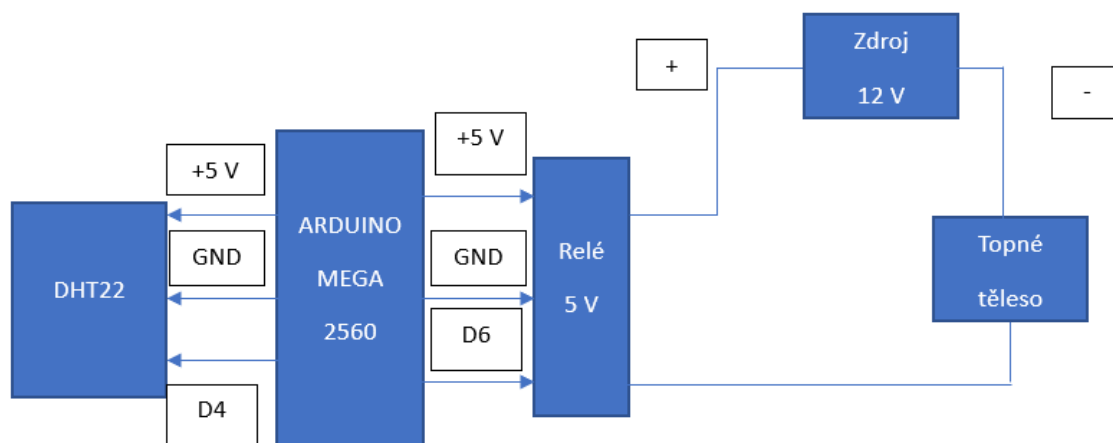
Obrázek 47 Zapojení půdního vlhkoměru a čerpadla (vlastní zpracování)

Na obrázku je vyobrazeno schéma zapojení pro automatické zavlažování skleníku. Toto zapojení je realizováno pomocí půdního senzoru vlhkosti a čerpadla. Připojení měřicí sondy

je přes připojení plus a minus konektorů se zesilovačem signálu, který je následně připojen na napájení 5 V, GND a analogový pin Arduina A0.

Čerpadlo je připojeno na externí napájení 12 V přes stabilizátor napětí 5 V. Toto zapojení je realizováno z důvodu většího výkonu čerpadla a následného kolísání napětí při čerpání. Spuštění podmínky na aktivaci čerpadla je realizováno pomocí relé, které je připojeno na 5 V, GND a je ovládáno přes digitální pin D2.

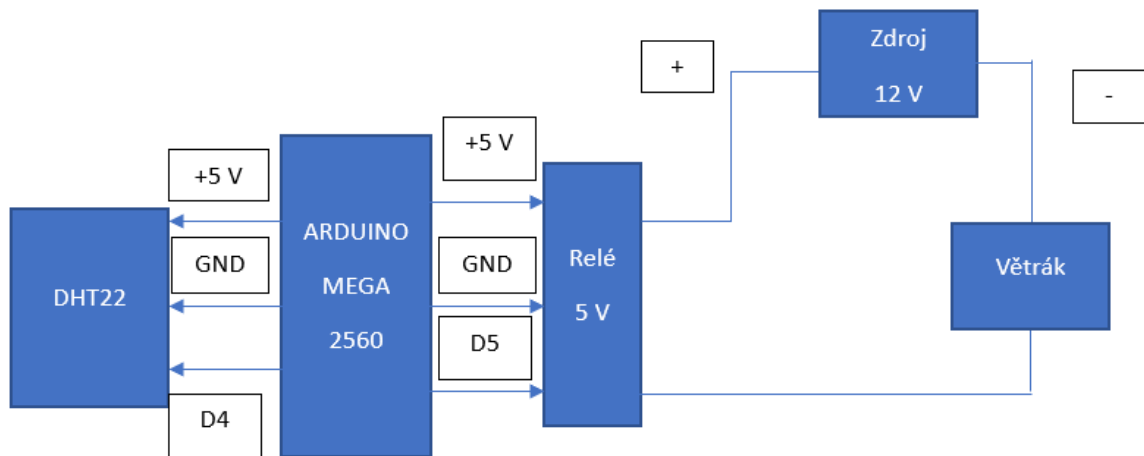
6.2 Zapojení teploměru a topného tělesa



Obrázek 48 Zapojení teploměr a topného tělesa (vlastní zpracování)

Na obrázku je vyobrazeno schéma zapojení pro automatické vytápění skleníku. Zapojeno je čidlo DHT22 a tepelné těleso. Senzor komunikuje s Arduinem pomocí digitálního pinu D4. Topné těleso je napájeno pomocí externího napájení 12 V a spínáno je pomocí relé, které je připojeno na 5 V, GND a je ovládáno přes digitální pin D4.

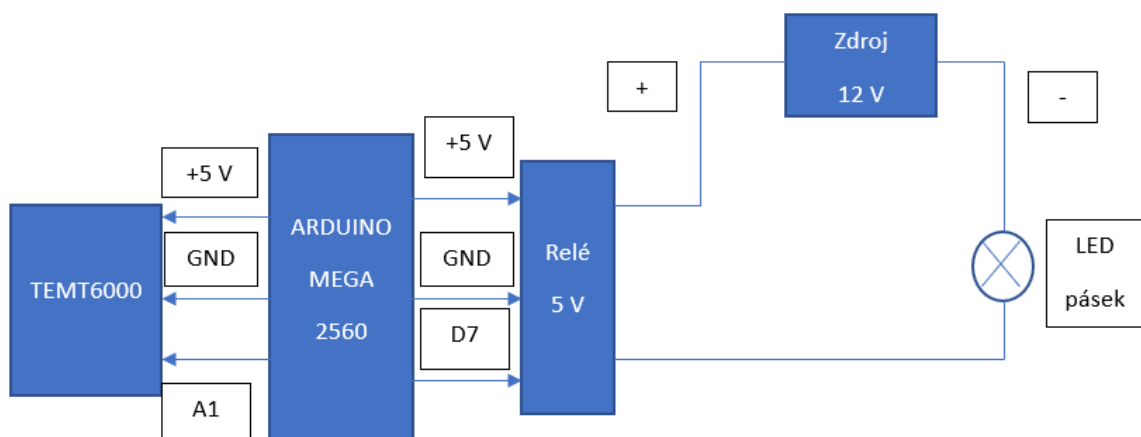
6.3 Zapojení teploměru a větráku



Obrázek 49 Zapojení teploměru a větráku (vlastní zpracování)

Na obrázku je vyobrazeno schéma zapojení pro automatické chlazení skleníku. Toto zapojení je realizováno pomocí čidla DHT22 a větráku. Senzor komunikuje s Arduinem pomocí digitálního pinu D4. Větrák je napájený pomocí externího napájení 12 V a spínáno je pomocí relé, které je připojeno na 5 V, GND a je ovládáno přes digitální pin D5.

6.4 Zapojení senzoru pro měření světla a LED pásku

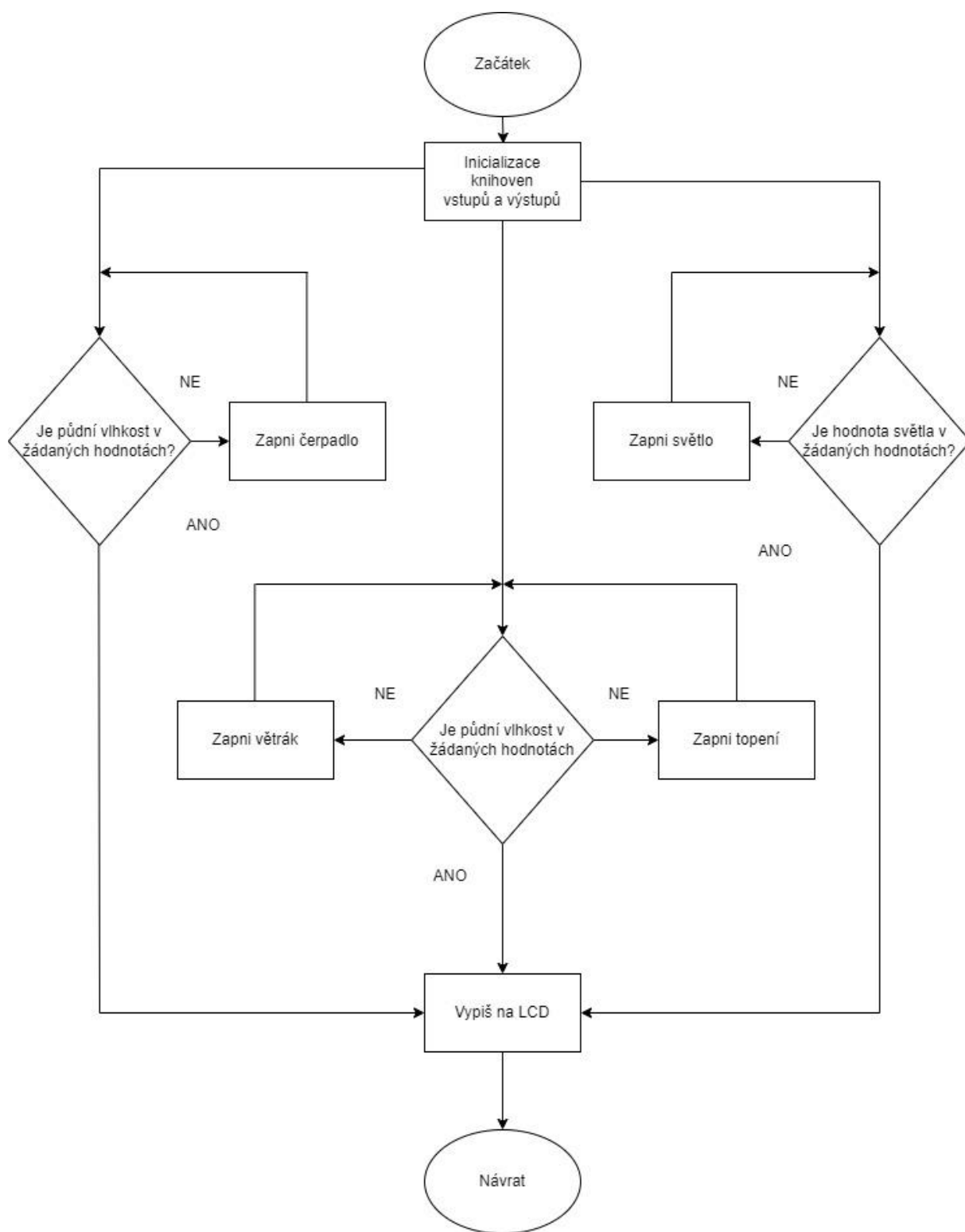


Obrázek 50 Zapojení senzoru pro měření světla a LED pásku (vlastní zpracování)

Na obrázku je vyobrazeno schéma zapojení pro automatické osvětlení skleníku. Toto zapojení je realizováno pomocí čidla TEMT6000 a LED pásku. Senzor komunikuje s Arduinem pomocí analogového pinu A1. LED pásek je napájený pomocí externího napájení 12 V a spínáno je pomocí relé, které je připojeno na 5 V, GND a je ovládáno přes digitální pin D7.

6.5 Procesy automatického skleníku

Automatický skleník sleduje tři hlavní veličiny – vlhkost půdy, teplotu vzduchu a úroveň osvětlení. Zaznamená-li čidlo nedostatečnou vlhkost půdy (vlhkost klesne pod nastavenou hodnotu) dojde ke spuštění zavlažování, kdy je voda pomocí čerpadla čerpána ze zásobníku. Voda je pak k rostlinám distribuována hadičkou přes rozprašovač, aby došlo k rovnoměrnému rozprostření závlivky. Při poklesu teploty pod minimální nastavenou hodnotu dojde ke spuštění topného tělesa ohřívajícího okolní vzduch, naopak při nadměrném ohřátí vzduchu ve skleníku bude spuštěn ventilátor, který teplý vzduch odsává zevnitř skleníku ven. Při zaznamenání nedostatečného osvětlení dojde ke spuštění LED pásku. Všechny tyto procesy jsou při svém průběhu oznámeny na LCD displeji.



Obrázek 51 Vývojový diagram programu (vlastní zpracování)

7 Uživatelský návod

Tento model skleníku slouží pro pěstování rostlin v domácích podmínkách. Vhodný je pro umístění na balkon, případně na stabilním pevném podkladu uvnitř místnosti.

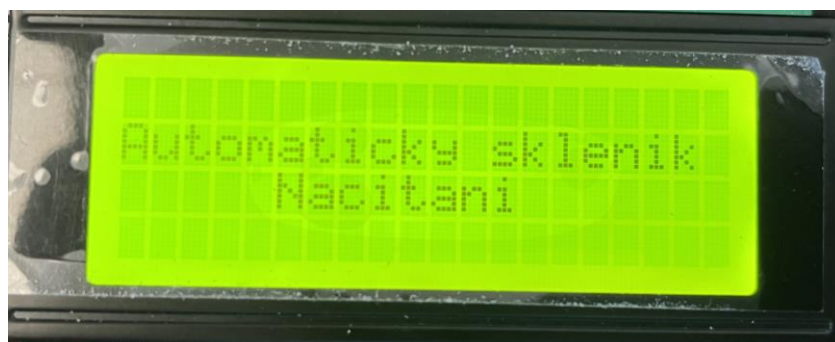
Nejprve je potřeba umístit skleník na stabilní povrch. Není jej třeba umísťovat v blízkosti okna. Následně na dno skleníku umístíte půdu, z které budou rostliny růst. Do půdy umístíte senzor pro měření půdní vlhkosti. Nádobu s vodou umístíte vedle skleníku na dosah hadičky a ponořte do ní čerpadlo.

Pro správné fungování modelu automatizovaného skleníku je třeba připojit model k napájení. Na napájení jsou potřeba dva napájecí adaptéry s jmenovitým napájecím napětím 12 V a 9 V.

V dalším kroku zapojte 12 V adaptér. Jeden konec zasuňte do zásuvky 230 V a následně připojte druhý konec k příslušnému konektoru označenému „12 V“.

Poté zapojte 9 V adaptér do zásuvky 230 V a připojte jeho druhý konec k příslušnému konektoru označenému „9 V“.

Následně se po připojení obou napájecích adaptérů do sítě, výrobek inicializuje a na obrazovce se objeví nápis „Automaticky sklenik“ a „Nacitani“.



Obrázek 52 Uvitací obrazovka

Po chvíli se na obrazovce zobrazí informace o aktuálním stavu veličin. Na prvním řádku se vyobrazí stav vlhkosti půdy, na dalším řádku se zobrazí stav teploty a na třetím se vypíše aktuální stav světla. V případě, že hodnota dané veličiny odpovídá požadavku zobrazí se u dané veličiny „OK“.



Obrázek 53 Optimální stav veličin

Pokud vlhkost půdy ve skleníku klesne pod nastavené hodnoty vlhkosti půdy, na displeji se v prvním řádku změní nápis „OK“ na text „ZALEVANI“ a spustí se pomocí čerpadla automatické zalévání.



Obrázek 54 Zobrazení zalévání

V případě, že vnitřní teplota vzduchu ve skleníku stoupne nad požadované hodnoty, na displeji se ve druhém řádku změní nápis „OK“ na „VETRANI“ a spustí se pomocí větráku automatické chlazení.



Obrázek 55 Zobrazení chlazení

Když vnitřní teplota vzduchu ve skleníku klesne pod požadované hodnoty, na displeji se ve druhém řádku změní nápis „OK“ na „TOPENI“ a spustí se pomocí tepelného tělesa automatické vytápění.



Obrázek 56 Zobrazení vytápění

Pokud ve skleníku nebude dostatečné světlo, na displeji se v posledním řádku změní nápis „OK“ na „SVICENI“ a spustí se pomocí led pásku automatické svícení.



Obrázek 57 Zobrazení svícení

Změny nastavení požadovaných hodnot měřených veličin lze provést po připojení řídicí jednotky k počítači úpravou zdrojového inicializace kódu.

Základní nastavení hodnot je následující:

- spuštění zavlažování: nad 332 Ω ,
- spuštění větrání: nad 25 °C,
- spuštění topení: pod 20 °C,
- spuštění svícení: pod 500 Ω .

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit návrh automatického modelu malého skleníku pro domácí pěstování především bylinek a prostorově nenáročné zeleniny. Následně pak tento návrh realizovat.

Nejprve však bylo nutné provést rešerši zaměřenou jednak na regulování veličin uvnitř skleníku, ale také jak se s automatizací skleníků a obecně pěstitelských prostorů vypořádávají výrobci a s jakými variantami přichází na trh.

Zařízení nabízená společnostmi na trhu umožňují komplexní správu pěstitelských prostor, měření vnitřního klimatu jako je teplota vzduchu, míra zálivky a úroveň osvětlení, navíc také včetně sledování pH nebo CO₂, ale i umožňují notifikace v případě výkyvů měřených hodnot a další funkce. Nicméně jejich produkty jsou určeny spíše pro větší zemědělce (s prostory v desítkách m²) než pro drobné domácí pěstitele, ještě navíc se zájmem pěstovat v bytových podmínkách. Tuto díru na trhu v posledních letech vyplňují tzv. chytré květináče, které se jejich výrobci snaží propagovat jako uživatelsky velmi jednoduchá zařízení pro bytové pěstování. Po připojení do elektrické zásuvky a zasetí u nich stačí přibližně jednou za měsíc zkontrolovat dostatek vody v zásobníku, a pak už jen pravidelně sklízet domácí produkci čerstvé zeleniny nebo bylinek.

Na základě těchto provedených rešerší byly určeny tři hlavní veličiny, které je potřeba v domácích podmínkách ve skleníku regulovat. Těmi jsou teplota vzduchu, vlhkost půdy a dostupnost světla. Limitem pro řízení těchto veličin však byla použitelnost navrhovaného skleníku, kdy byla snaha zachovat jeho mírnou mobilitu a zároveň i prostorovou nenáročnost, aby bylo možné jeho umístění jak v bytě, tak třeba i na balkoně. Z tohoto důvodu nebyly využity možnosti určené spíše pro prostornější a pevně ukotvené zahradní skleníky, jako jsou například akumulátory sluneční energie nebo nátěry na stěnách.

Řídící jednotkou pro tento model byl zvolen originální typ desky Arduino MEGA 2560 REV3 umožňující připojení vstupních i výstupních periférií. Rozměry skleníku tvořeného z průhledných polystyrenových stěn jsou 42,8 cm x 30,8 cm x 28,4 cm.

Stabilita podmínek uvnitř skleníku je hlídána pomocí senzorů. Senzor na měření teploty měří její hodnotu, přičemž v okamžiku, kdy je zaznamenáno její vystoupení z předem nastavené meze, dojde k zahájení regulace teploty. Při poklesu pod dolní hraniční hodnotu bude zahájeno topení pomocí topného tělesa, naopak při překročení horní hraniční hodnoty dochází

k zahájení chlazení vysáváním vnitřního teplého vzduchu ven ze skleníku. Regulace závlivky v půdě je docíleno pomocí senzoru na měření půdní vlhkosti. Při vysušení půdy pod požadovanou hodnotu bude zahájeno zavlažování, které navrátí vlhkost do požadovaných hodnot. Poslední regulace se týká dostatku světla, kde je optimum udržováno pomocí LED pásku.

Všechny probíhající procesy jsou průběžně oznamovány na LCD displeji, který je součástí skleníku.

Poslední kapitola představuje uživatelský návod umožňující seznámení se se skleníkem a obsahující manuál, jakým způsobem skleník zapojit do sítě. Dále je jeho součástí popis automatizovaných procesů skleníku včetně jejich zobrazení na LCD displeji.

Model skleníku sestavený dle návrhu v této bakalářské práci funguje dle předem stanovených požadavků, tedy automaticky reguluje veličiny vybrané na základě předběžné rešerše, čímž umožňuje dosažení optimálního klimatického prostředí a požadovaných procesů pro pěstování rostlin v bytových podmínkách. Cíl práce v podobě návrhu a realizace modelu skleníku a zajištění regulace vhodných veličiny uvnitř je tak splněn.

POUŽITÁ LITERATURA

1. *Arduino* [online]. Arduino, c2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/>
2. Arduino and Soil Moisture Sensor -Interfacing Tutorial. *CircuitsToday* [online]. c2020 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <http://www.circuitstoday.com/arduino-soil-moisture-sensor>
3. *Autogrow* [online]. Tauranga, c2021 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://autogrow.com/>
4. CEJNAROVÁ, Andrea. Od 1. průmyslové revoluce ke 4. *Technický týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ, 2015, 4. června 2015 [cit. 2023-02-08]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
5. *Cielo* [online]. Redmond, c2023 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://cielowigle.com/blog/greenhouse-temperature-control/>
6. *Click and Grow* [online]. Praha: clickandgrow.cz, c2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.clickgrow.cz/>
7. DHT22 – Temperature and Humidity Sensor. *Components101-Electronic Components Pinouts* [online]. 2018 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet>
8. *DRÁTEK.CZ* [online]. Havlíčkův Brod: ECLIPSERA, c2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://dratek.cz/>
9. GBR-619 Series. *Telpod* [online]. Skawina, 2015 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: https://www.tme.eu/Document/a7e0ac20797a75c4bf5a99c4d028151d/GBR-619_EN.pdf

10. *Growduino: Enviroment Control System* [online]. Praha, c2018-2022 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://www.growduino.cz/>
11. IRFP260MPbF Datasheet. *LCSC Electronics* [online]. 2010 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1910231538_OSRAM-Opto-Semiconductors-Inc-TEMT6000_C2679.pdf
12. *Chytrý květináč* [online]. Praha: Chytrykvetinac.cz, c2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.chytrykvetinac.cz/>
13. Jak pěstovat ve skleníku?. *Higarden* [online]. Praha: Higarden.cz, c2023 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/blog/jak-pestovat-ve-skleniku/>
14. LED pásek - McLed 2835WW-H60L10W20F12 3100K 14,4W/m /50m/. *ELIHER* [online]. Pardubice: Eliher, c2023 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.elihher.cz/products/led-pasek-mcled-2835ww-h60l10w20f12-3100k-14-4w-m-50m>
15. Osvětlení pro rostliny - čím a jak přisvětlovat?. *Higarden* [online]. Praha: Higarden.cz, c2023 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/blog/osvetleni-pro-rostliny-cim-prisvetlovat/>
16. Relay Switch Circuit. *Electronicstutorials* [online]. c2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.electronics-tutorials.ws/blog/relay-switch-circuit.html>
17. SLAVÍK, Jakub a Pavla SLAVÍKOVÁ. Vliv barev světla na rostliny: příležitost pro umělé pěstírny i otazníky nad zjednodušeným pohledem na „bio“ osvětlení. *Smartcityvpraxi.cz* [online]. Říčany u Prahy: Smartcityvpraxi.cz, c2012-2022, 17. leden 2020 [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: https://www.smartcityvpraxi.cz/rozhovory_komentare_103.php?fbclid=IwAR2TGSg8Tf8dwSz1wXTduUFhCuaWfhNU7eh0ikdlgX8mELMlxbAyEqqQhw0

18. Stínění skleníků – nutnost nebo přežití?. *Zahradacentrum: vše pro vaši zahradu* [online]. Praha: 2021 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.zahrada-centrum.cz/clanky/450-stineni-skleniku-nutnost-nebo-prezitek?do>
19. SVOJANOVSKÝ, Josef. *Skleníky, pařeniště, fóliovníky*. Praha: Grada Publishing, spol. s r. o, 1998. ISBN 80-7169-473-8.
20. ŠROT, Radoslav. *1000 dobrých rad zahrádkářům*. Vydání desáté. Praha: Nakladatelství Brázda, 2000. ISBN 80-209-0293-7.
21. Ventilátor 40x40x10mm 12V DC/90mA 32dB SUNON MF40101V1-1000U-A99. Světsoučástek [online]. Praha: Radio plus, spol., c2013 - 2023 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: https://www.svetsoucastek.cz/ventilator-sunon-mf40101v1-1000u-a99-p135657/?gclid=Cj0KCQjwmN2iBhCrARIsAG_G2i77-MSrUn1wMfpYoldZrQFaE659Md-dKF3RRZiWBZVhjZZkq__sNGUaAmlIEALw_wcB
22. VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stříž, 2017. ISBN 978-80-87106-93-8.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Finální fotografie modelu skleníku

Příloha B: CD se zdrojovým kódem a nákresem

PŘÍLOHA A: *Finální fotografie modelu skleníku*



Obrázek 58 Finální fotografie modelu skleníku