

**UNIVERZITA PARDUBICE**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2021**

**Lukáš Holeka**

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**ŘÍDICÍ A MONITOROVACÍ SYSTÉM SKLENÍKU**

Lukáš Holeka

Bakalářská práce  
2021

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš Holeka**  
Osobní číslo: **I18073**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Téma práce: **Řídicí a monitorovací systém skleníku**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

### Zásady pro vypracování

Cíl práce: Navrhnout a realizovat řídicí a monitorovací systém skleníku.

Obsah teoretické části: Student provede rešerši v oblastech automatizace skleníků z pohledu používané strategie řízení, řídicích systémů, senzorů a akčních členů.

V praktické části student:

1. Navrhne řešení využívající jednočipový mikro počítač, základní senzory a akční členy.
2. Systém umožní autonomní činnost – časové ovládání a regulace základních veličin.
3. Pomocí aplikace na mobilním telefonu bude možné nastavovat parametry a vizualizovat historické průběhy.

---

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

Seznam doporučené literatury:

HAŠ, Stanislav. Skleníky, jejich vlastnosti a vybavení. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2004. ISBN 80-7271-148-2.  
SELECKÝ, Matúš. Arduino: uživatelská příručka. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4840-2.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**  
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **27. listopadu 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

---

**Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Daniel Honc, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. ledna 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji:

Tuto práci 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., autorský zákon, 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. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 6. 5. 2021

Lukáš Holeka

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Danielu Honcovi, Ph.D. za pomoc a rady při vymýšlení zadání. Dále chci poděkovat Lence Murckové, která mi zajistila potřebnou literaturu a Ing. Pavlu Rozsívalovi za výrobu potřebné desky plošných spojů.

V neposlední řadě chci poděkovat rodině za podporu, a hlavně svému otci za pomoc s konstrukčními věcmi.

V Pardubicích dne 6. 5. 2021

Lukáš Holeka

## **ANOTACE**

*Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací automatizovaného skleníku, řízeným jednočipovým mikroprocesorem. Systém umožňuje autonomní činnost a monitorování potřebných parametrů.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*Arduino, MIT app inventor 2, automatizace, automatizovaný skleník*

## **TITLE**

*GREENHOUSE CONTROL AND MONITORING SYSTEM*

## **ANNOTATION**

*Bachelor thesis deals with proposal and realization automated greenhouse, controlled with single chip microprocessor. System is enabling autonomous activity and monitoring needed parameters.*

## **KEYWORDS**

*Arduino, MIT app inventor 2, automation, automated greenhouse*

## OBSAH

	SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	10
	SEZNAM ILUSTRACÍ .....	11
	ÚVOD .....	13
1	STRATEGIE PRO PĚSTOVÁNÍ SKLENÍKU .....	14
1.1	VÝBĚR KONTRUKCE A MATERIÁLU .....	14
1.2	ZVYŠOVÁNÍ TEPLoty VE SKLENÍKU .....	15
1.3	VĚTRÁNÍ SKLENÍKU .....	15
1.4	VYUŽITÍ STÍNOVACÍ CLONY .....	16
1.5	REGULACE VELIČIN VE SKLENÍKU .....	17
1.5.1	Regulace teploty vzduchu .....	17
1.5.2	Regulace vlhkosti vzduchu .....	17
1.5.3	Regulace vlhkosti půdy .....	18
2	KOMERČNÍ ŘÍDICÍ SYSTÉMY .....	19
2.1	ŘÍDICÍ JEDNOTKY .....	19
2.1.1	Zavlažovací počítač Flex .....	19
2.1.2	Smart zavlažovací počítač .....	20
2.1.3	Hunter X2 401-E Wifi .....	20
2.1.4	ESP-LXME .....	21
2.2	SENZORY .....	21
2.2.1	Senzor vlhkosti půdy .....	21
2.2.2	Senzor teploty ovzduší .....	22
2.3	AKČNÍ ČLENY .....	23
2.3.1	Čerpadla .....	23
2.3.2	Ventily .....	23
3	SYSTÉM ŘÍZENÍ SKLENÍKU .....	25
3.1	MIKROKONTROLÉR .....	25



3.2	VSTUPNÍ PERIFERIE .....	26
3.2.1	Vlhkoměr půdy .....	26
3.2.2	Senzor teploty a vlhkosti vzduchu .....	27
3.3	VSTUPNĚ VÝSTUPNÍ PERIFERIE .....	28
3.3.1	Čtečka microSD .....	28
3.3.2	Obvod reálného času .....	28
3.4	VÝSTUPNÍ PERIFERIE .....	29
3.4.1	4 kanálové relé .....	29
3.4.2	Elektromagnetické ventily .....	30
3.4.3	Čerpadlo .....	31
3.4.4	Driver pro ovládání krokového motoru .....	31
3.4.5	Krokový motor .....	32
3.4.6	LCD displej .....	32
3.4.7	Postřikovač .....	33
3.5	BEZDRÁTOVÉ PERIFERIE .....	34
3.5.1	Bluetooth modul .....	34
4	KONSTRUKCE PROJEKTU .....	35
4.1	SKLENÍK A ZAVLAŽOVÁNÍ SYSTÉM .....	35
4.2	DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	39
4.3	OŽIVENÍ PROJEKTU .....	40
5	PROGRAM PRO ŘÍZENÍ SKLENÍKU .....	41
5.1	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ .....	41
5.2	VÝVOJOVÉ DIAGRAMY .....	42
6	NÁVRH A REALIZACE APLIKACE .....	49
6.1	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ .....	49
6.2	PROGRAM APLIKACE .....	50
6.3	POPIS A FUNKCE APLIKACE .....	53

ZÁVĚR .....	57
POUŽITÁ LITERATURA .....	58
PŘÍLOHY .....	62

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

EEPROM	Electrically Erasable Programmable
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
I2C	Inter-Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Environment
ISCP	In-circuit serial programming
microSD	Micro Secure Digital card
PWM	Pulse Width Modulation
RTC	Real time clock
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
Wifi	Wireless fidelity

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Sklo (Vyberáte skleník? Rady a tipy, jak to nepohojit, 2020) .....	15
Obr. 1.2 – Polykarbonát Vyberáte skleník? Rady a tipy, jak to nepohojit, 2020) .....	15
Obr. 1.3 – Zvolení úhlu pro otevírání okna (Haš, 2004) .....	16
Obr. 2.1 – Zavlažovací počítač Flex (Zavlažovací počítač Flex, nedatováno) .....	19
Obr. 2.2 – Smart zavlažovací počítač (Smart řízení zavlažovací-sada, nedatováno) .....	20
Obr. 2.3 – X2 401-E Wifi (Hunter X2 401-E WiFi řídicí jednotka pro 4 větve, nedatováno) .....	20
Obr. 2.4 – ESP-LXME (Rain Bird ESP LXME MODULAR 12 sekcí, nedatováno) .....	21
Obr. 2.5 – Senzor vlhkosti půdy Hunter (Hunter Senzor půdní vlhkosti Soil Klik, nedatováno) .....	22
Obr. 2.6 – Senzor vlhkosti půdy Gardena (Čidlo půdní vlhkosti, nedatováno) .....	22
Obr. 2.7 – Elektromagnetický ventil (Zavlažovací ventil 24 V / 1", nedatováno) .....	23
Obr. 2.8 – Bluetooth zavlažovací ventil (Zavlažovací ventil 9 V Bluetooth, nedatováno) ....	24
Obr. 3.1 – Blokové schéma .....	25
Obr. 3.2 – Arduino Mega2560 (Esses, nedatováno) .....	26
Obr. 3.3 – Půdní vlhkoměr .....	27
Obr. 3.4 – DHT 22 (DHT22–Temperature and Humidity Sensor,2018) .....	27
Obr. 3.5 – Čtečka microSD (Návod na použití modulu SD karty, nedatováno) .....	28
Obr. 3.6 – DS3231 (RTC Hodiny reálného času DS3231 + AT24C32 paměťový modul, nedatováno) .....	29
Obr. 3.7 – Relay (5V Four-Channel Relay Module, 2021) .....	30
Obr. 3.8 – Elektromagnetický ventil (Elektromagnetický ventil TPV s reg. průtoku, nedatováno) .....	30
Obr. 3.9 – Čerpadlo (DEEP 1200, 230V (bez plováku), nedatováno) .....	31
Obr. 3.10 – Driver TB6600 (Driver TB6600 pro krokové motory 4A 9-42V PCB, nedatováno) .....	32
Obr. 3.11 – Nema23 (Krokový motor NEMA23 76mm, nedatováno) .....	32
Obr. 3.12 – LCD displej .....	33
Obr. 3.13 – Postřikovač Mini 8 (Postřikovač Mini 8, nedatováno) .....	33
Obr. 3.14 – HC-06 (HC-06 Bluetooth Module, 2018) .....	34
Obr. 4.1 – Skleník .....	35
Obr. 4.2 – Základy pro skleník .....	35

Obr. 4.3 – Mechanická konstrukce větracího zařízení .....	36
Obr. 4.4 – Umístění vodovodních trubek .....	36
Obr. 4.5 – Vodovodní trubka a zpětná kladka .....	37
Obr. 4.6 – Zapojení a umístění ventilů .....	37
Obr. 4.7 – Umístění postřikovače .....	38
Obr. 4.8 – Rozmístění komponent v krabici .....	38
Obr. 4.9 – Schéma .....	39
Obr. 4.10 – Deska plošných spojů .....	39
Obr. 4.11 – Oživování projektu .....	40
Obr. 5.1 – Uživatelské prostředí Arduina IDE .....	42
Obr. 5.2 – Vývojový diagram programu .....	43
Obr. 5.3 – Vývojový diagram pro Bluetooth (A) .....	44
Obr. 5.4 – Vývojový diagram pro Bluetooth .....	44
Obr. 5.5 – Vývojový diagram pro Zahradu .....	45
Obr. 5.6 – Vývojový diagram pro Skleník .....	46
Obr. 5.7 – Vývojový diagram pro Skleník (B) .....	47
Obr. 5.8 – Vývojový diagram pro skleník (C) .....	48
Obr. 6.1 – Blocks prostředí .....	50
Obr. 6.2 – Designer prostředí .....	50
Obr. 6.3 – Ukázka kódu pro připojení .....	51
Obr. 6.4 – Tlačítka pro senzory .....	51
Obr. 6.5 – Nastavení hodnoty pro teplotu .....	52
Obr. 6.6 – Tlačítka pro akční členy .....	52
Obr. 6.7 – Historie hodnot .....	53
Obr. 6.8 – Zobrazení hodnot .....	53
Obr. 6.9 – První část aplikace .....	54
Obr. 6.10 Výběr historických hodnot .....	55
Obr. 6.11 – Druhá část aplikace .....	55
Obr. 6.12 – Příklad zobrazení historických hodnot .....	56

## ÚVOD

V dnešní uspěchané době lidé nemají tolik času na pěstování a starání se o své rostliny ve skleníku. Z tohoto důvodu hledají různé možnosti k ušetření svého času a zároveň mít co nejlepší podmínky pro své rostliny. Většina rozhodnutí vede k automatizovanému skleníku, který zajistí regulaci potřebných parametrů podle požadavků uživatele. Nejenže rostliny dostávají ideální podmínky pro svůj růst, ale také lze ušetřit energie a závlivkovou vodu.

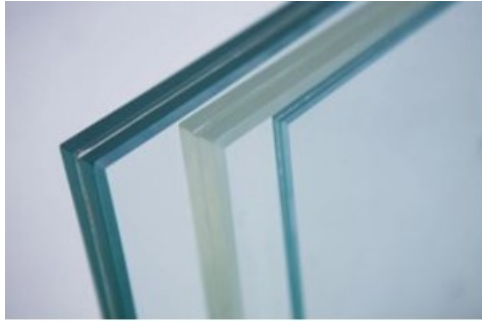
Cílem této práce bude zjištění vhodné strategie pro pěstování rostlin ve skleníku a navržení vlastního řešení automatizovaného skleníku. K řízení bude využit jednočipový mikropočítač Arduino Mega2560. Bude třeba vybrat a zkonstruovat vlastní skleník s potřebnými senzory a akčními členy. Ke skleníku bude vytvořena aplikace pro ovládání jednotlivých akčních členů, zjišťování hodnot ze senzorů ve skleníku a zobrazování historických dat.

# 1 STRATEGIE PRO PĚSTOVÁNÍ SKLENÍKU

## 1.1 VÝBĚR KONSTRUKCE A MATERIÁLU

Při výběru konstrukce záleží na prioritách zákazníka. Na trhu se nabízejí dvě možné varianty. První variantou je skleník postavený z hliníkových profilů. Jeho výhodou je snadná péče a díky své lehkosti materiálu i snadnější manipulace při konstruování. Vzduch postupem času pokryje hliníkové profily jemnou vrstvou oxidu hlinitého a tím chrání před oxidací nebo korozi. Ovšem lehkost materiálu má svá úskalí. Především se jedná o výslednou stabilitu skleníku a jeho malá odolnost proti povětrnostním podmínkám. Pokud zákazník zvolí tento materiál, je třeba zvolit stabilní a pevný základ, ke kterému se hliníkové profily připevní. Druhou možností ve volbě materiálu je skleník s ocelovými profily. Oproti hliníkovým profilům jsou výrazně těžší. To má za následek jejich vyšší odolnost proti povětrnostním podmínkám a vyšší stabilitě. Pro zvýšenou ochranu proti korozi se v dnešní době prodávají převážně pozinkované ocelové profily (Vybiráte skleník? Rady a tipy, jak to nepohnojit, 2020).

Po výběru konstrukce, je třeba zvolit materiál pro výplně zvolených profilů. Jako u profilů i zde jsou na výběr dvě možnosti. Jedná se o sklo a polykarbonát. První jmenovaná volba výplně byla dříve u zákazníků velmi oblíbená. Sklo má nevýhodu v teplotní izolaci, která je ve srovnání s polykarbonátem nižší. Vlivem špatného počasí, například při krupobití, může dojít k poškození skel skleníku. Samozřejmě je možnost tzv. kalení skla, při němž dochází až k pětinasobnému zvýšení odolnosti. Kalená skla jsou ovšem drahá a náklady na skleník se zvyšují. Dnes se často využívají skla rozptylová. Propustnost světla je podobná jako u skla čirého, ovšem rozptylové sklo mnohem lépe chrání rostliny před slunečními paprsky. Další výhodou oproti čirému sklu je absence zastiňování vápnem během jara. Druhou variantou je polykarbonát. U zákazníků je v téhle době velmi oblíbený a tvoří přes 90 % všech skleníků. Po mechanické stránce je velmi pevný a odolává nízkým i vysokým teplotám. Odolnost polykarbonátu se uvádí od - 40 °C až do 135 °C. Velkou výhodou jsou propustnost světla, teplotní a izolační vlastnosti. Jako hliníkové profily je i tento typ materiálu lehčí než sklo. Dnes už je samozřejmostí jednostranné opatření polykarbonátu UV filtrem (Vybiráte skleník? Rady a tipy, jak to nepohnojit, 2020).



Obr. 1.1 – Sklo  
(Vybíráte skleník? Rady a tipy, jak to nepohnojit, 2020)



Obr. 1.2 – Polykarbonát  
(Vybíráte skleník? Rady a tipy, jak to nepohnojit, 2020)

## 1.2 ZVYŠOVÁNÍ TEPLoty VE SKLENÍKU

Při pěstování teplotně náročných rostlin stojí za úvahu pořídit a implementovat do skleníku otopný systém. V menších sklenících je vhodné využít lokální topidlo, jakým je třeba propan-butan. Ideální volba topidla je se zabudovanou plynovou nádobou uvnitř. Další možností je vytápění na volné ploše. K tomu se nejčastěji využívají polyetylenové nebo polypropylenové trubky o průměru 32-50 mm. Tyto trubky jsou ukládány přímo do půdy o hloubce přibližně 50 cm. Největší problém této možnosti jsou tepelné ztráty do spodního podloží skleníku (Haš, 2004).

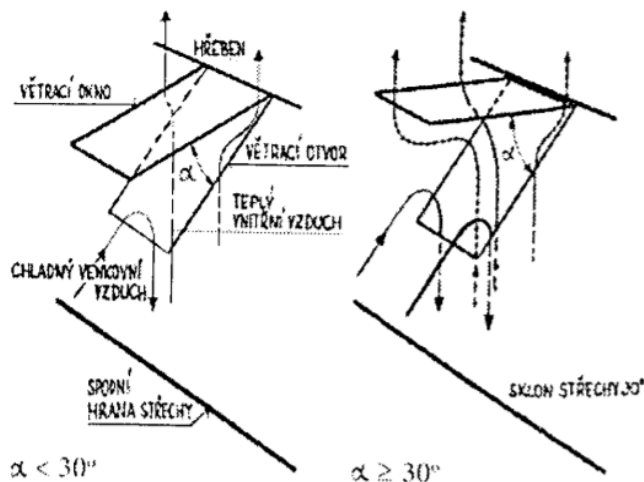
## 1.3 VĚTRÁNÍ SKLENÍKU

V dnešní době většina skleníků využívá k větrání zabudovaná okna, která jsou vyplněná obvykle plastovými pásky s dutinkami. Jejich šířka je často rovna jedné desce ze čtyř desek skleníku a zavěšují se na nejvyšším místě skleníku (Haš, 2004).

Pro automatické řízení okna se mohou používat elektrické pohony nebo hydraulické válce s pístnicí. Ty jsou plněny kapalinou s teplotní roztažností, například parafinový olej. Válce by měly být voleny převážně menšího průměru. Jejich výhodou je velký zdvih a rychlejší reakce na změnu teploty. Pístnice by v ideálním případě měla být spojena s větrákem za pomoci kloubu. Umístěný válec by měl reagovat na teplý vzduch odcházející oknem ze skleníku. Zvolení správného umístění válce s matně černým povrchem má příznivé účinky na otevírání



okna. Byl by vystaven přímému slunečnímu záření, otevíral by okno s předstihem, a zvýšení teploty ve skleníku by probíhalo pomaleji (Haš, 2004).



Obr. 1.1 – Zvolení úhlu pro otevírání okna (Haš, 2004)

Zvolený úhel otevření okna je až  $15^\circ$  nad vodorovnou rovinu. Na obrázku je vidět princip otevření okna pod úhlem menším jak  $30^\circ$  a větším než  $30^\circ$ . Jelikož se teplý vzduch pohybuje až ke hřebeni skleníků, neproudí tolik k dolní části větráku a odchází bočními trojúhelníkovými otvory, je-li okno otevřené pod menším úhlem jak  $30^\circ$ . V opačném případě, kdy se okno otevře do více jak vodorovné polohy, odchází teplý vzduch lépe a po celém obvodu větráku (Haš, 2004).

## 1.4 VYUŽITÍ STÍNOVACÍ CLONY

Různé květiny, zejména africké fialy, jsou velmi choulostivé na větší intenzitu světla. Proto je třeba zvážit instalaci a využívání stínovací clony do skleníku. Ty se vyrábí z tkaniny a tvoří široké pruhy. Speciální tkaniny mají například vetkány hliníkové proužky. Jejich výhodou je dobré stínění skleníku a odrazení infračerveného světla. Při zavěšování tkaniny se vlasce natahují v úrovni úžlabí střechy. Správně zvolená clona musí splňovat několik důležitých vlastností. Musí mít zvýšenou odolnost proti mechanickému ohýbání, růstu řas a vlhkosti. Tkanina musí odolávat slunečnímu záření, ale být propustná pro vodní páru. Stínovací clony nejčastěji kopírují střechu. V malých sklenících se s clonou manipuluje převážně ručně. K vyšší efektivnosti pěstování by mělo být rozvinování a shrnutí clony automatické a závislé na měřené intenzitě světla. Výhodou roztažené clony, uprostřed chladných večerů, ale při jasných dnech, je udržování vyšší teploty do rána (Haš, 2004).

## 1.5 REGULACE VELIČIN VE SKLENÍKU

Při automatické regulaci se nejčastěji ve sklenících používá regulace teploty vzduchu při vytápění nebo větrání, dále regulace vlhkosti vzduchu a vlhkosti půdy při zalévání půdy. Existuje několik typů elektrických regulátorů. Můžeme se setkat s dvou nebo třípolohovými, proporcionálními nebo proporcionálně integračními a derivačními (PID). Používané dvoupolohové regulátory rozlišují pouze vyšší nebo nižší teplotu, než jaká je nastavena. Regulátory, které mají proporcionální, integrační a derivační složku, dokážou vnímat i rychlost změny teploty a celkovou velikost odchylky od nastavené (Haš, 2004).

### 1.5.1 Regulace teploty vzduchu

Při regulaci vzduchu se nedoporučuje regulace ekvitermní. Tato regulace nereaguje na teplotní změny vlivem slunečního záření. Příkladem může být nízká venkovní teplota, ale jasná obloha. Sluneční záření tedy zvyšuje teplotu ve skleníku a ekvitermní regulátor stále dodává topné médium o vysoké teplotě, přitom při těchto podmínkách je třeba topné médium vypnout. Proto je možné využít regulaci větrání (Haš, 2004).

Při regulaci větrání se využívá otevírání okna závislé na hodnotě teploty vzduchu ve skleníku. K tomu využíváme čidlo pro měření teploty ve skleníku. Větrání závislé na teplotě je doporučováno nejvíce při jarních, podzimních měsících a během letních dnů v ranních a pozdních hodinách. Od větrání, které je závislé na teplotě, by se mělo upustit v ostatních obdobích. V těchto obdobích by se větrák měl zcela otevřít. Proto se doporučuje využívat jen dvoupolohové regulátory. Některé rostliny jsou citlivější na nízkou teplotu. Proto je třeba vypnout činnost větráků při nízké okolní teplotě, dešti nebo silném větru (Haš, 2004).

### 1.5.2 Regulace vlhkosti vzduchu

V některých případech se využívá i regulace vlhkosti ve skleníku. Tato regulace se využívá spíše u specializovaných skleníků, kde se reguluje vodní a vlhkostní režim. Pro regulaci vlhkosti vzduchu se využívá senzor relativní vlhkosti vzduchu umístěný ve skleníku. Regulace se provádí pomocí zamlžování a větrání. Při reakci senzoru na nízkou hodnotu vlhkosti vzduchu se spustí mlžící soustava. Naopak při vysoké hodnotě vlhkosti vzduchu se otevře okno (Haš, 2004).

### **1.5.3 Regulace vlhkosti půdy**

Při regulaci vlhkosti půdy se využívá několik možností. Například časový režim, při kterém se mohou využívat spínací hodiny pro čerpadlo, které zavlažuje půdu ve skleníku. Další možnost je regulace pomocí čidel vlhkosti půdy. Taková čidla mohou být sorbční tlaková nebo vlnová. Nejčastějším typem sorbčních tlakových čidel jsou čidla bodová, která reagují na sací tlak půdy. Vlnová čidla reagují na změnu rychlosti šíření vlny mikrovlnného záření, která je ovlivněna obsahem vody v půdě. Tato čidla na určité větší ploše měří střední hodnotu obsahu vody (Haš, 2004).

## 2 KOMERČNÍ ŘÍDICÍ SYSTÉMY

V dnešní době existuje mnoho firem, které se zaměřují na výrobu řídicích jednotek pro zavlažování zahrad nebo skleníků. Většina vyrábí kromě řídicích jednotek i potřebné senzory a akční členy. Velmi rozšířenou a velmi známou firmou je německá firma Gardena, která se zaměřuje se na všechny produkty týkající se zahrad. Mezi další méně známé značky je firma Hunter nebo RainBird.

### 2.1 ŘÍDICÍ JEDNOTKY

Kapitola je zaměřena na řídicí jednotky, které jsou dostupné na trhu od firem zmíněných výše. Gardena se začala zaměřovat na inteligentní využívání vody od roku 1978 a na automatické zavlažování už od roku 1985 (O značce GARDENA, nedatováno).

#### 2.1.1 Zavlažovací počítač Flex

První zvolený a levnější řídicí systém je zavlažovací počítač od firmy Gardena. Počítač se připevňuje na vodovodní kohoutek. Je doporučován pro kapkovou závlahu, jelikož umožňuje aktivaci zavlažování až 6krát v několika sekundách. Celé nastavení probíhá pomocí externího otočného prvku pro výběr dat a jednoho potvrzovacího tlačítka. V případě ruční aktivace není třeba sundávat jednotku z kohoutku nebo změny nastavení. Umožňuje i připojení senzoru půdní vlhkosti. Po připojení se počítač řídí dle aktuální hodnoty vlhkosti půdy (Zavlažovací počítač Flex, nedatováno).



Obr. 2.1 – Zavlažovací počítač Flex  
(Zavlažovací počítač Flex, nedatováno)

### 2.1.2 Smart zavlažovací počítač

Tato řídicí jednotka je od stejné firmy, avšak s více funkcemi. Obsahuje jedno hlavní tlačítko a tři led diody. Při stisknutí tlačítka okamžitě uživatel zjistí sílu signálu, nabití baterie a stav aktivního zavlažování. Umožňuje bezdrátovou komunikaci s Gardena smart a díky vlastní Gardena smart aplikaci je možné veškeré ovládání přes mobilní telefon. Řídicí jednotka obsahuje i integrovaný senzor teploty. Tato teplota se přenáší rovnou do aplikace a upozorňuje uživatele předtím, než teplota poklesne (Smart řízení zavlažování-sada, nedatováno).



Obr. 2.2 – Smart zavlažovací počítač  
(Smart řízení zavlažování-sada, nedatováno)

### 2.1.3 Hunter X2 401-E Wifi

Jak již název vypovídá, jedná se o řídicí jednotku od firmy Hunter. Jedná se o novější generaci s přesně daným počtem zavlažovacích sekcí. Pro uživatele jednotka obsahuje 4 startovací časy a 3 programy k vytvoření závlahového kalendáře. Umožňuje senzorové vstupy pro každou sekci i možnost vložení vsakovacích pauz mezi cykly. V případě ovládání přes Wifi je třeba dokoupit modul „WAND-Wifi modul“ (Hunter X2 401-E WiFi řídicí jednotka pro 4 větve, nedatováno).



Obr. 2.3 – X2 401-E Wifi  
(Hunter X2 401-E WiFi řídicí jednotka pro 4 větve, nedatováno)

## 2.1.4 ESP-LXME

ESP-LXME je ovládací jednotka od firmy RAINBIRD. Tato jednotka nabízí funkci snímání a optimalizaci průtoku vody, výstup pro čidlo srážek, povětrnostního čidla, výstup pro ventil nebo možnost spínání čerpadla. Funkce SimulStation umožňuje uživateli využívat až 5 sekcí najednou. Jednotka obsahuje jeden velký displej a několik programovacích tlačítek. Funkce FlowWatch ukládá průtoky v jednotlivých sekcích, které porovnává se dříve uloženými hodnotami. (*Ovládací jednotka ESP-LXME, nedatováno*).



Obr. 2.4 – ESP-LXME  
(Rain Bird ESP LXME MODULAR 12 sekcí, nedatováno)

## 2.2 SENZORY

### 2.2.1 Senzor vlhkosti půdy

Většina řídicích jednotek umožňuje vstup pro čidla vlhkosti půdy. Takové senzory se využívají k detekci vlhkosti půdy, podle které řídicí systémy zavlažují. Díky těmto sensorům se ušetří až 90 % vody.

Pro měření vlhkosti půdy je například využíváno čidlo od Gardeny, které je kompatibilní se všemi jejich řídicími jednotkami. Pokud dojde k nízkému výkonu akumulátoru, čidlo o této skutečnosti bude informovat pomocí integrované LED diody nebo na zavlažovací jednotce. V případě využití čidla na zahradě je díky své robustnosti odolné i po přejetí sekačkami na trávník (Čidlo půdní vlhkosti, nedatováno).



Obr. 2.6 – Senzor vlhkosti půdy Gardena  
(Čidlo půdní vlhkosti, nedatováno)

Firma Hunter využívá ke svým jednotkám půdní vlhkoměr s názvem SOIL-CLIK, skládající se z modulu a snímače půdní vlhkosti. Sondu je možné umístit až 300 m od modulu. Sonda pracuje na principu měření odporu půdy (Hunter Senzor půdní vlhkosti Soil Klik, nedatováno).



Obr. 2.5 – Senzor vlhkosti půdy Hunter  
(Hunter Senzor půdní vlhkosti Soil Klik, nedatováno)

### 2.2.2 Senzor teploty ovzduší

Další možné čidlo je pro snímání teploty ovzduší. Většina komerčních systémů má integrované čidlo přímo v sobě nebo umožňují vstup pro připojení senzoru teploty. Jednotlivé typy ukazují aktuální teplotu ovzduší na svém LCD displeji. Propracovanější jednotky, s možností mobilní aplikace, odesílají data přímo do aplikace nainstalované uživatelem ve svém mobilním telefonu. Pomocí teploty je možno například řídit motor ve skleníku pro otevírání okna nebo spínat otopnou soustavu.

## 2.3 AKČNÍ ČLENY

### 2.3.1 Čerpadla

Pro zavlažování je třeba vybrat správné čerpadlo k přečerpávání vody ze zdroje až k půdě. Je třeba určit zdroj vody a dle toho vybrat čerpadlo. Mezi možnosti patří čerpání ze sudu nebo z hlubokých studní, kde využijeme ponorná tlaková čerpadla. Existují také automatická vodní čerpadla vybavená informativním LC displejem. Důležitým faktorem je čistota vody. Čerpadla obsahují různé filtry pro znečištěné vody. Čerpáme-li vodu s nečistotami do 38 mm, je třeba koupit kalové ponorné čerpadlo, jehož filtr si poradí se znečištěnou vodou a zároveň nedojde k ucpání čerpadla (Čerpadla, nedatováno).

### 2.3.2 Ventily

V případě zavlažování více sektorů půdy jedním čerpadlem je třeba využít zavlažovací ventily. Pro přívod vody k ventilům je použita vodní hadice, na jejímž začátku je připojené čerpadlo. Z výstupu ventilů za pomoci spojek a hadice je možné rozvést vodu k více sektorům půdy. Uživatel získá možnost nezávisle zavlažovat jednotlivé sektory půdy.

Ventily jsou nejčastěji napájeny 9 nebo 24 V. Řídicí jednotka a zavlažovací ventil spolu většinou mohou komunikovat, jsou-li od stejného výrobce. Většina ventilů má pro případ potřeby ruční uzavírání nebo otevírání nezávislé na automatickém systému řízení (Zavlažovací ventil 24 V / 1'', nedatováno).



Obr. 2.7 – Elektromagnetický ventil  
(Zavlažovací ventil 24 V / 1'', nedatováno)



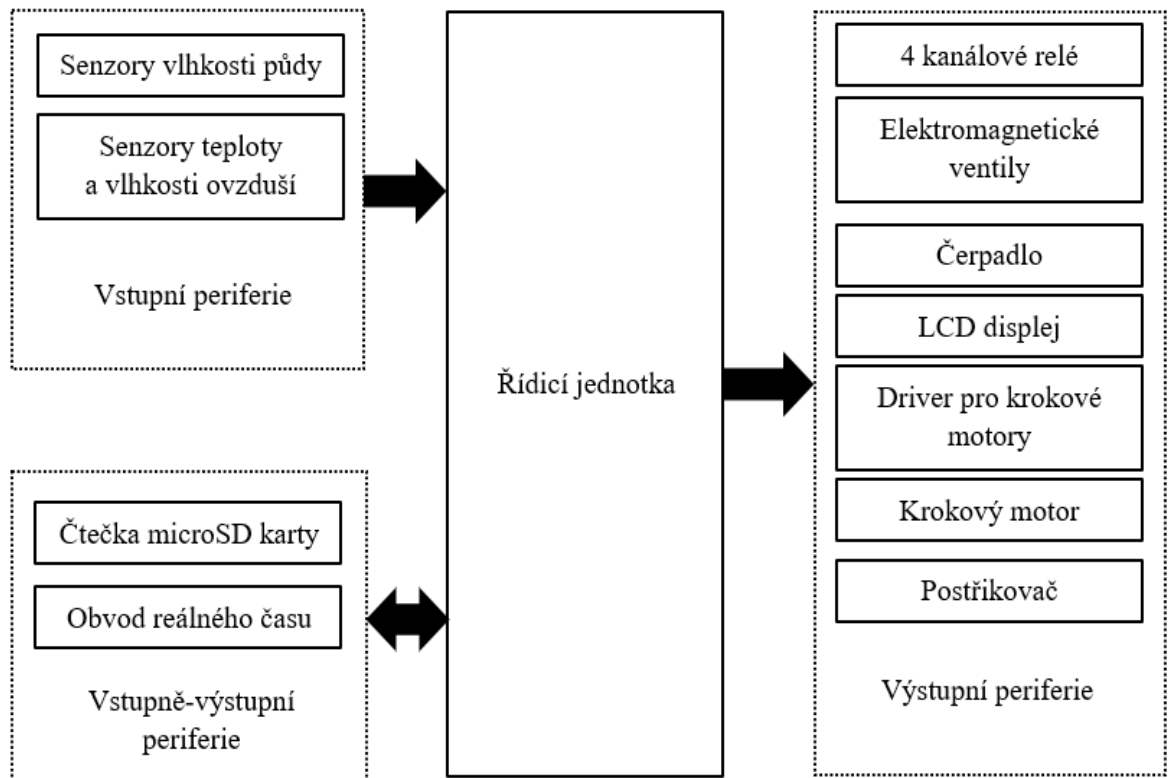
Dnes již existují ventily s integrovaným Bluetooth, díky kterému je propojení s řídicí jednotkou zcela bezdrátové. Příkladem je 9 V zavlažovací ventil Bluetooth od firmy Gardena. Výhodou takového ventilu je možnost ovládání v místech bez elektrické sítě. Vše je možné ovládat přes bezplatnou aplikaci na svém mobilním zařízení. Dosah připojení je až 10 m. Ventil je napájen 9 V baterií a jeho konstrukce je provedena pro co nejmenší ztráty tlaku vody (Zavlažovací ventil 9 V Bluetooth, nedatováno).



Obr. 2.8 – Bluetooth zavlažovací ventil  
(Zavlažovací ventil 9 V Bluetooth, nedatováno)

### 3 SYSTÉM ŘÍZENÍ SKLENÍKU

Tato kapitola je věnována použitým prvkům řídicího systému, které jsou využity k monitorování a řízení skleníku. Celý projekt je řízen pomocí mikrokontroléru Arduino Mega2560. K mikrokontroléru jsou připojeny potřebné snímače a akční členy.



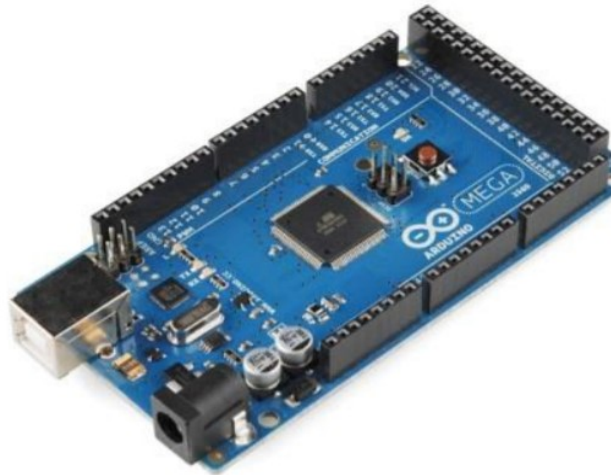
Obr. 3.1 – Blokové schéma

#### 3.1 MIKROKONTROLÉR

V projektu je pro řídicí jednotku využíván jednočipový mikropočítač Arduino Mega2560. Tato deska byla zvolena z důvodu větší výkonosti čipu, nižších nákladů a většího množství zdírek pro připojení dalších periférií.

Zvolená deska využívá mikroprocesor ATmega2560, jehož frekvence je 16 MHz a pro uložení programu obsahuje 256 kB flash paměť. Z 256 kB flash paměti je vyhrazeno 8 kB pro bootloader mikroprocesoru. Deska disponuje 54 digitálních vstupně/výstupních pinů. Z těchto 54 pinů je možnost využít 15 z nich jako PWM výstupy. Obsahuje 16 analogových vstupů, 4 rozhraní UART a 16 MHz oscilátor. V pravé části desky je možnost zahlédnout tlačítko, které umožňuje resetovat celou desku. Na desce dále najdeme USB konektor pro

komunikaci s počítačem, ISCP konektor, který je využíván pro připojení programátoru a konektor pro externí napájení desky. Maximální vstupní napětí se pohybuje od 6 V do 20 V. Ovšem doporučené je od 7 V do 12 V. Jednotlivé piny mají maximální proudové omezení kolem 20-50 mA. Po přesáhnutí maximálního proudového omezení může dojít k nevratnému poškození mikropočítače (Esses, nedatováno).



Obr. 3.2 – Arduino Mega2560  
(Esses, nedatováno)

## 3.2 VSTUPNÍ PERIFERIE

### 3.2.1 Vlhkoměr půdy

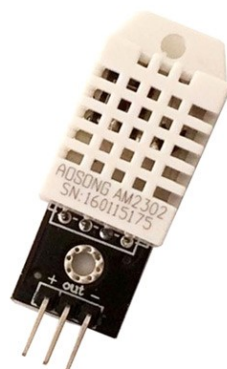
Pro zjišťování vlhkosti půdy ve skleníku jsou využívány dva kapacitní půdní vlhkoměry. Při měření vlhkosti půdy je výstupní informací proměnný analogový výstup. Výhodou těchto kapacitních, analogových vlhkoměrů je použita jedna deska plošného spoje jak pro elektroniku, tak i pro měřicí část. Oproti předchůdci, který obsahoval dvě elektrody pokryté mědí, je tento senzor pokryt antikoročním lakem, u kterého nedochází k nepřesnostem ani k poškození senzoru. Napájecí napětí tohoto senzoru je možné zvolit 3,3 V nebo 5 V z Arduina či z externího zdroje (Půdní kapacitní vlhkoměr, nedatováno).



Obr. 3.3 – Půdní vlhkoměr  
(Půdní kapacitní vlhkoměr, nedatováno)

### 3.2.2 Senzor teploty a vlhkosti vzduchu

Ke snímání vnitřní a venkovní teploty a vlhkosti je používán senzor DHT22, který obsahuje kapacitní vlhkostní čidlo. Oproti DHT11 disponuje vysokou přesností pohybující se u teploty  $\pm 0,5$  °C a u vlhkosti  $\pm 2$  %. Rozsah snímání teploty je od - 40 °C až do + 80 °C a rozsah relativní vlhkosti od 0 do 100 %. Doba vzorkování je přibližně každé dvě sekundy. Senzor se k Arduino desce připojuje pomocí tří vodičů. Je zapotřebí zapojit i pull-up rezistor o hodnotě 10 k $\Omega$  mezi datový vodič a vodič pro napájení. Tento rezistor zajišťuje klidový stav pinu. Existuje možnost zakoupit modul DHT22, který má tento rezistor integrovaný, a tudíž není třeba zapojovat pull-up rezistor (Teploměr a vlhkoměr DHT11 a DHT22, nedatováno).



Obr. 3.4 – DHT 22  
(DHT22–Temperature and Humidity Sensor,2018)

## 3.3 VSTUPNĚ VÝSTUPNÍ PERIFERIE

### 3.3.1 Čtečka microSD

Elektronický modul se využívá k ukládání různých dat na microSD kartu. Napěťové úrovně přizpůsobuje integrovaný obvod LVC125A. Právě proto je možno napájet modul 3,3 V nebo 5 V. Pro připojení je potřeba 6 pinů. Pro výběr obvodu se využívá signál z CS pinu. Další piny MOSI (vstup), SCK (hodinový signál) a MISO (výstup) jsou komunikační rozhraní SPI, právě mezi jednočipovým mikro počítačem a modulem (Návod na použití modulu SD karty, nedatováno).

Modul je v systému využíván pro záznam vlhkosti půdy ze dvou senzorů, pro teplotu a vlhkost ve skleníku. Všechny hodnoty jsou každou hodinu ukládány do vlastního textového souboru. Krom hodnot se pomocí RTC modulu ukládá i datum a čas záznamu.



Obr. 3.5 – Čtečka microSD  
(Návod na použití modulu SD karty, nedatováno)

### 3.3.2 Obvod reálného času

Ke zjištění reálného času je využit modul RTC DS3231. Jedná se o modul reálného času s paměťovým modulem AT24C32, který je typu EEPROM. Modul obsahuje potřebné pull-up rezistory a pro připojení využívá I2C sběrnici, kde pro připojení k Arduino se využívá pin SDA, který je určen pro data a pin SCL, využíván pro hodiny. Má zabudovaný vnitřní oscilátor, díky kterému se nedopouští velkých odchylek. Potřebné napájení RTC je 3,3 V nebo 5 V. Výhoda

tohoto modulu je 3 V baterie, která umožňuje udržovat RTC v provozu i po odpojení externího napájení (Handl, 2015).



Obr. 3.6 – DS3231  
(RTC Hodiny reálného času DS3231 + AT24C32 paměťový modul, nedatováno)

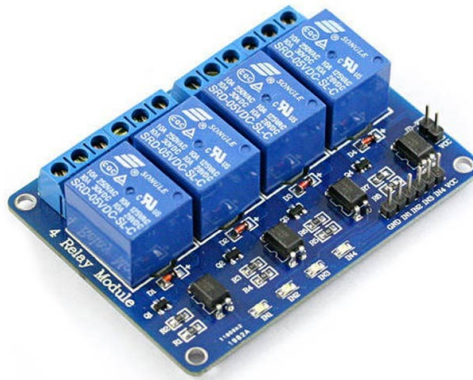
## 3.4 VÝSTUPNÍ PERIFERIE

### 3.4.1 4 kanálové relé

Čtyřkanálové relé obsahuje čtyři na sobě nezávislá 5 V relé. Kontakty na každém relé jsou schopny spínat až 250 VAC nebo 30 VDC s průtokem do 10 A. Na čtyřkanálovém relé modulu nalezneme kromě relé i svorkovnice, tranzistory, optočleny, usměrňovací diody a led diody indikující sepnutí jednotlivých relé. Při vypnutí relé se na tranzistorech vytváří napěťové špičky, které mohou mít negativní vliv na Arduino. Z tohoto důvodu jsou na desce usměrňovací diody, které těmto napěťovým špičkám zabraňují (5V Four-Channel Relay Module, 2021).

Klasické relé se skládá z cívky, která je navinutá na jádru z feromagnetického materiálu. Relé obsahuje kotvu a pružinu. Pružina zajišťuje klidový stav kotvy, díky čemuž se nebude dotýkat vodivé plochy. Po připojení cívky k elektrickému zdroji dochází ke spojení kontaktu a kotvy, jelikož se na cívce bude indikovat magnetický tok. Díky tomu vznikne přitažlivá magnetická síla, která umožní pružině přitisknout kotvu ke kontaktu. (Spínací prvky-relé, tranzistory a tranzistorová pole, nedatováno).

V řídicím systému skleníku slouží tři relé ke spínání elektromagnetických ventilů a čtvrté k sepnutí čerpadla.



Obr. 3.7 – Relay  
(5V Four-Channel Relay Module, 2021)

### 3.4.2 Elektromagnetické ventily

System využívá 3 elektromagnetické ventily s ručním ovládním regulací průtoku. Díky tomu je možné přesně regulovat průtok vody a případně i ručně uzavřít. Jejich konstrukce je z PVC materiálu s vnějším závitem 25 mm. Rozsah jejich průtoku je 0,38 – 15 l/min a provozní tlak 0,69 – 12 bar. Další výhodou je využitá technologie s vibrační jehlou a membránou. Jedná se o technologii, která umožní průchod i menších částic, čímž předchází ucpání ventilu (Elektromagnetický ventil TPV s regulací průtoku, nedatováno).

Všechny tři ventily jsou napájeny jedním síťovým napájecím adaptérem, který má výstupní napětí 24 V.



Obr. 3.8 – Elektromagnetický ventil  
(Elektromagnetický ventil TPV s reg. průtoku, nedatováno)

### 3.4.3 Čerpadlo

Pro zavlažování skleníku i zahrady je využito čerpadlo DEEP 1200. Toto čerpadlo tvoří ponorný elektromotor a vlastní čerpadlo na společné hřídeli. Je napájeno 230 V o výkonu 1,1 kW. Čerpadlo umožňuje průtok 5 m<sup>3</sup>/hod při výtlaku 10 m. Při požadavku většího výtlaku čerpadla se průtok snižuje. Maximální možný výtlak je 43 m s průtokem 1 m<sup>3</sup>/hod. Aby nedocházelo k přehřátí motoru, je využita čerpaná kapalina, která při čerpání obtéká plášť motoru k zajištění chlazení při neúplném ponoření. V čerpadle je zabudován rozběhový kondenzátor a tepelná ochrana. Výtlačné hrdlo je kombinované pro 1" a 3/4" hadici (DEEP 1200, 230V (bez plováku), nedatováno).

Čerpadlo je ponořené do studny, odkud je připojeno k zásuvce. Zásuvka je propojena k jednomu ze čtyř relé. Podle nastavených požadavků mikrokontrolér sepne relé, čímž spustí čerpadlo.



Obr. 3.9 – Čerpadlo  
(DEEP 1200, 230V (bez plováku), nedatováno)

### 3.4.4 Driver pro ovládání krokového motoru

Jedná se o modul ovladače TB6600 pro řízení jednoho bipolárního krokového motoru. DPS má integrovaný čip typu TB6600HG, který zajišťuje řízení pohonu. Na čipu nalezneme pasivní chlazení pro lepší výkon. Obsahuje mikrokrokování (1/2, 1/4, 1/8, 1/16 základního kroku). Rozsah napájecího napětí je u driveru 8-42 V s maximálním výstupním proudem 4 A (Driver TB6600 pro krokové motory 4A 9-42V PCB, nedatováno).

K tomuto modulu je připojen krokový motor NEMA23, který je využíván pro otevírání a zavírání okna, závislé na teplotě uvnitř skleníku.





Obr. 3.10 – Driver TB6600  
(Driver TB6600 pro krokové motory 4A 9-42V PCB, nedatováno)

### 3.4.5 Krokový motor

K driveru TB6600 je připojen bipolární dvoufázový krokový motor pod názvem, NEMA23. Má vysoký točivý moment a vysokou přesnost úhlu kroku  $\pm 5\%$ . Nejčastěji je využíván v systémech, které vyžadují vysokou přesnost řízení polohy, jako například CNC stroje, laserové řezačky nebo 3D tiskárny (Krokový motor NEMA23 76mm, 2020).

Krokový motor řídí driver TB6600. Nejdříve byl zvolen krokový motor se slabším točivým momentem Nema17 s driverem L298N. Tento zvolený motor byl pro konstrukci příliš slabý, a nedokázal bez pomoci otáčet závitovou tyč. Z tohoto důvodu byl zvolen sice těžší, ale silnější motor Nema23.



Obr. 3.11 – Nema23  
(Krokový motor NEMA23 76mm, nedatováno)

### 3.4.6 LCD displej

LCD displej informuje o vlhkosti půdy v obou sektorech skleníku, vnitřní i venkovní teplotu, vlhkost vzduchu a aktuální datum i čas díky RTC modulu. Při autonomní činnosti

informuje, kdy je půda suchá a čerpadlo zapnuté. V případě změny teploty zobrazí stav okna, zda se otevře nebo zavře.

Displej se skládá z 20 znaků (sloupců) a 4 řádků. K připojení se využívá 16 pinový hřebínek nebo využití obvodu PCD8574. Obvod pracuje jako 8bitový převodník na I2C sběrnici. Právě při využití I2C sběrnice není potřeba zapojovat minimálně 10 vodičů, ale pouze 4 vodiče. Na obvodu PCD8574 je umístěn trimr, sloužící k nastavení potřebného kontrastu displeje (LCD Displej, nedatováno).



Obr. 3.12 – LCD displej

### 3.4.7 Postřikovač

K postřikování přilehlé zahrady slouží postřikovač Mini 8, který disponuje nastavitelnou výsečí trysky od 45°-360°. Postřikovač umožňuje dostřik 5,8-10,7 m. Z důvodu převýšení je doplněn celý zavlažovací systém zpětnou klapkou (Postřikovač Mini 8, nedatováno).



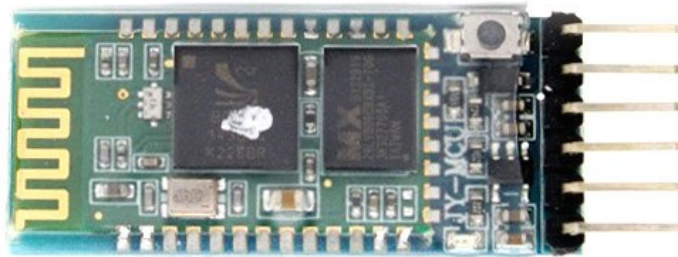
Obr. 3.13 – Postřikovač Mini 8  
(Postřikovač Mini 8, nedatováno)

## 3.5 BEZDRÁTOVÉ PERIFERIE

### 3.5.1 Bluetooth modul

Pro bezdrátovou komunikaci je využit Bluetooth modul HC-06, kde se pracuje s komunikačním protokolem Bluetooth 2.0. Mezi jeho vlastnosti patří přenosová rychlost až 2,1 Mb/s a použití techniky FHSS. Díky FHSS je zajištěn duplexní přenos a nedochází k vzájemnému ovlivňování jinými zařízeními. Pracovní rozsah se pohybuje od 2,402 GHz do 2,480 GHz. Výhodou je komunikace přes rozhraní UART, jelikož je tento modul možné propojit s téměř všemi řadiči nebo procesory (HC-06 Bluetooth Module, 2018).

Modul HC-06 je využit pro bezdrátovou komunikaci mezi Arduinem a mobilem s operačním systémem Android. Vytvořená aplikace pro Android umožňuje díky Bluetooth modulu číst hodnoty ze senzoru a dávat příkazy mikrokontroléru k řízení jednotlivých ventilů, čerpadla nebo ovládání okna.



Obr. 3.14 – HC-06  
(HC-06 Bluetooth Module, 2018)

## 4 KONSTRUKCE PROJEKTU

### 4.1 SKLENÍK A ZAVLAŽOVÁNÍ SYSTÉM

Zavlažovací systém je instalován do komerčně vyráběného skleníku od firmy PALARM o velikosti 290 × 195 cm z hliníkových profilů, které jsou vyplněny polykarbonátovými deskami o tloušťce 4 mm.



Obr. 4.1 – Skleník

Skleník je vybudován na zapaštěných betonových základech ze ztraceného bednění o tloušťce 15 cm, které jsou osazeny pozinkovanou ocelovou základnou.



Obr. 4.2 – Základy pro skleník



Pro potřeby zavlažovacího systému bylo svépomocí sestrojeno mechanické ovládání větracího zařízení pomocí ložisek a závitové tyče.



Obr. 4.3 – Mechanická konstrukce větracího zařízení

Samotné zavlažování je řešeno pomocí polypropylenových vodovodních trubek rozvedených po vnitřním obvodu skleníku. Trubky jsou navrtány po 10 cm, 2 mm. Otvory jsou vyvrtány v různých úhlech pro zavlažování půdy po celé ploše.



Obr. 4.4 – Umístění vodovodních trubek

Od čerpadla k solenoidovým ventilům je voda vedena pomocí vodovodních trubek z LDPE materiálu o maximálním tlakovém zatížení 6 barů. Po odstranění možnosti zavzdušňování soustavy byla instalována za čerpadlo zpětná klapka.



Obr. 4.6 – Zapojení a umístění ventilů



Obr. 4.5 – Vodovodní trubka a zpětná klapka

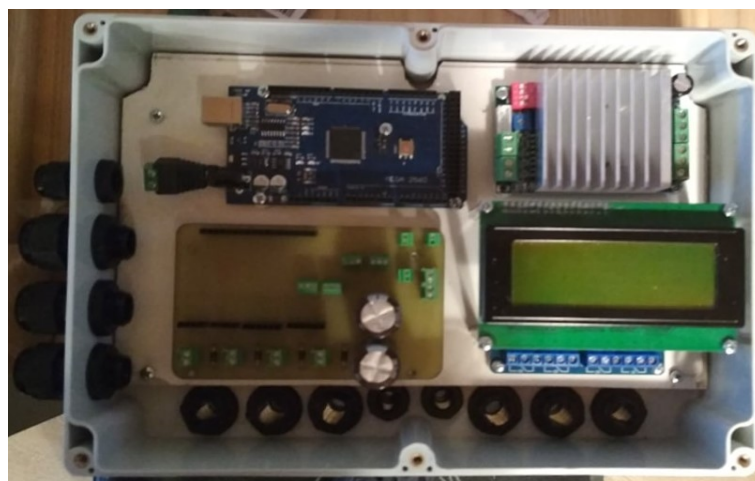
Dva elektromagnetické ventily vedou do skleníku a třetí k namontovanému postřikovači pro zavlažování zahrady.



Obr. 4.7 – Umístění postřikovače

Jako zdroj vody je využita kopaná studna o průměru 1 m a hloubce 6 m.

Uchování DPS, mikrokontroléru, driveru TB6600, LCD displeje a 4 kanálového modulu byla použita průmyslová krabice o velikosti 265 × 185 × 76 mm s ochranou IP65. Z instalační krabice je vyvedeno 9 kabelových vývodků o rozměru M16 × 1,5 mm s ochranou IP68. Tyto vývodky jsou určeny pro kabely o průměru 3 mm, které jsou vedeny k jednotlivým senzorům a akčním členům. Z krabice jsou vedeny ještě další 3 kabelové vývodky o rozměrech M12 × 1,5 mm s ochranou IP68 pro potřebné síťové napájecí zdroje.

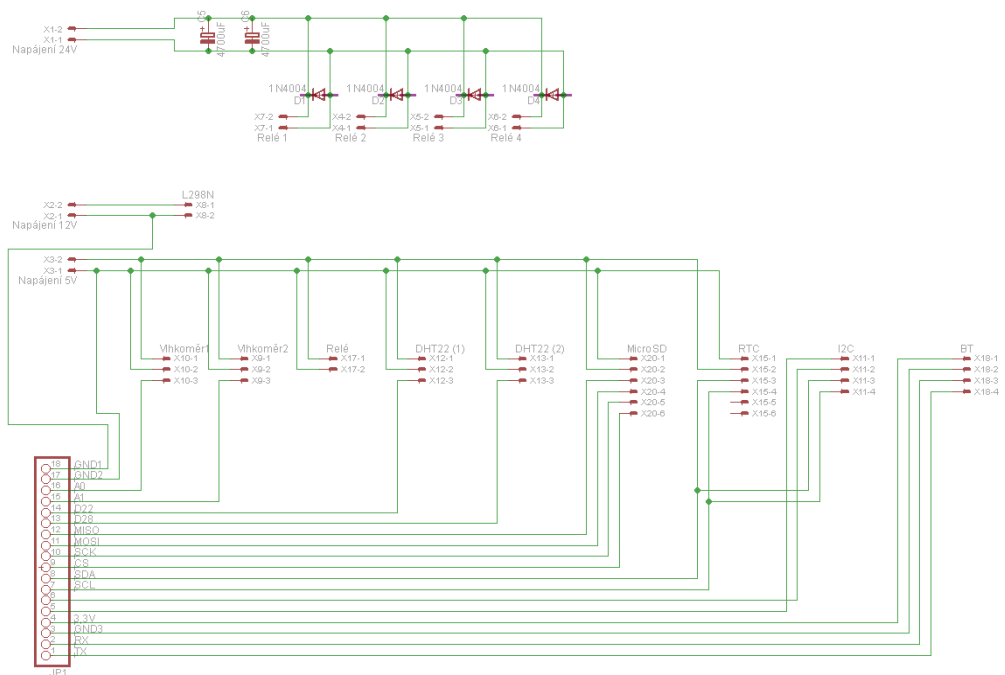


Obr. 4.8 – Rozmístění komponent v krabici



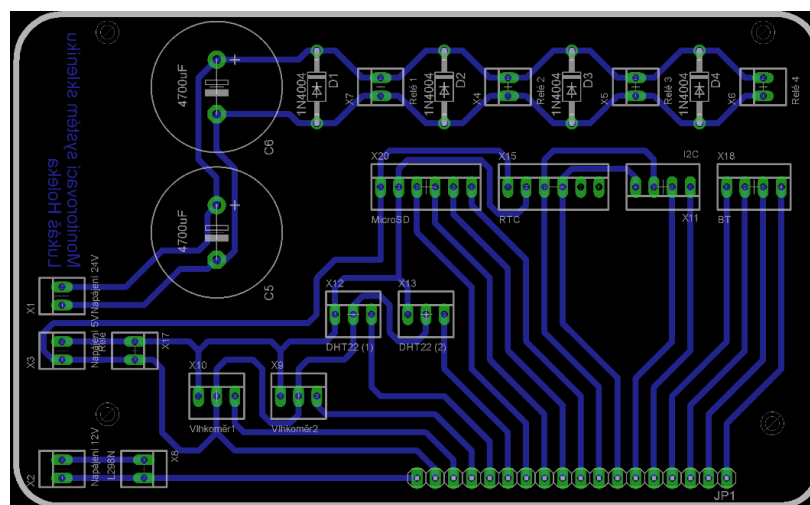
## 4.2 DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ

Pro nakreslení schématu a návrh desky plošných spojů je využit software pro automatizaci elektronického návrhu pod názvem EAGLE. Prvním krokem je nakreslit potřebné schéma se zvolením správných součástek a pouzder.



Obr. 4.9 – Schéma

Software dále umožní přepnutí schématu do návrhu desky plošných spojů, kde je zapotřebí určit rozměr desky a rozmístit pouzdra součástek. Tento návrh využívá pouze jednovrstvou desku spojů. Pro spojení jednotlivých cest se může využít funkce „Autorouter“ nebo jednotlivé cesty propojit ručně.

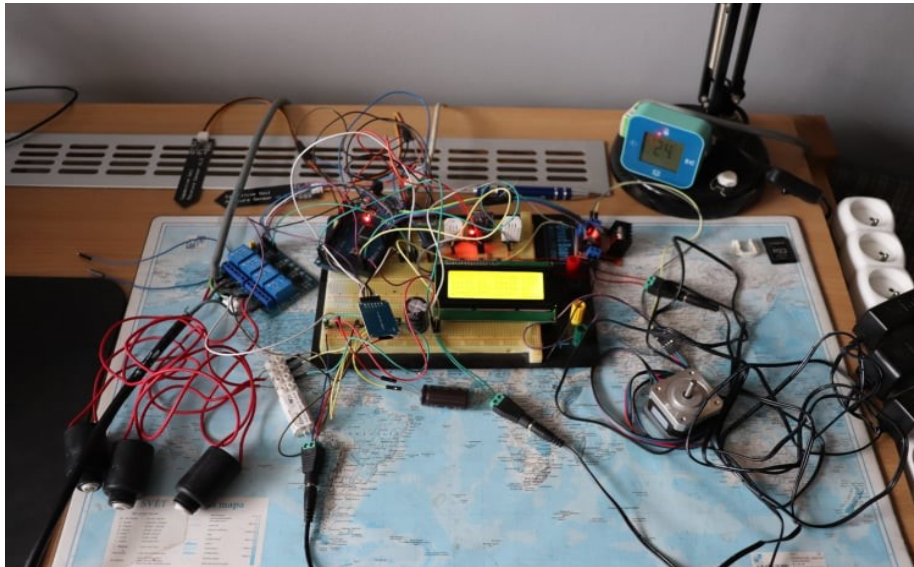


Obr. 4.10 – Deska plošných spojů



### 4.3 OŽIVENÍ PROJEKTU

Před návrhem plošného spoje a programování jednodeskového mikropočítače bylo nutné systém zapojit nejdříve na nepájivém poli. Po naprogramování Arduina byly otestovány všechny senzory a akční členy. Dále proběhlo odzkoušení vytvořené aplikace pro Android. Při zprovoznění celého systému a odzkoušení všech jeho částí došlo na návrh, výrobu a osazení plošného spoje.



Obr. 4.11 – Oživování projektu

## 5 PROGRAM PRO ŘÍZENÍ SKLENÍKU

Pro vytvoření softwaru pro Arduino, které se považuje za mozek celého zařízení, je možnost výběru z několika vývojových prostředí. K využití může sloužit například vývojové prostředí od Visual studio, Atmel studio, CodeBender nebo velmi populární Arduino software IDE. U prvních dvou jmenovaných je třeba stáhnout a nainstalovat plugin Visual Micro. CodeBender umožňuje nahrání kódu do Arduina přes webový prohlížeč (Selecký, 2016).

Pro software systému bylo zvoleno Arduino software IDE.

### 5.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ

Vybrané Arduino IDE je open-source vývojové prostředí psané v jazyce Java. Umožňuje psát i nahrávat kód přímo do paměti Arduina. Poslední verze Arduina IDE je 1.8.13 a podporuje všechny rozšířené operační systémy, kterými jsou Linux, Windows a Mac OS X (Selecký, 2016).

Na obr. 5.1 je zobrazeno základní okno vývojového prostředí. Postupně od shora dolů je vidět hlavní panel, panel nástrojů, pracovní plocha, nebo tzv. sketch na editaci kódu a stavový řádek. Hlavní panel se skládá z 5 základních kategorií (Selecký, 2016). Důležitou kategorií jsou Nástroje. Zde je třeba vybrat vývojovou desku určenou pro nahrání kódu do paměti a port připojený k Arduinu. Bez nastavení těchto dvou věcí nebude nahrání kódu do paměti desky fungovat.

Panel nástrojů obsahuje 6 ikon. První ikona se nazývá „Verify“ a umožňuje kontrolu kódu. Dalším je „Upload“ pro nahrání kódu do paměti zvoleného Arduina. Další ikony jsou pro vytvoření, otevření a uložení sketchu. Poslední ikonou se otevírá sériový monitor.

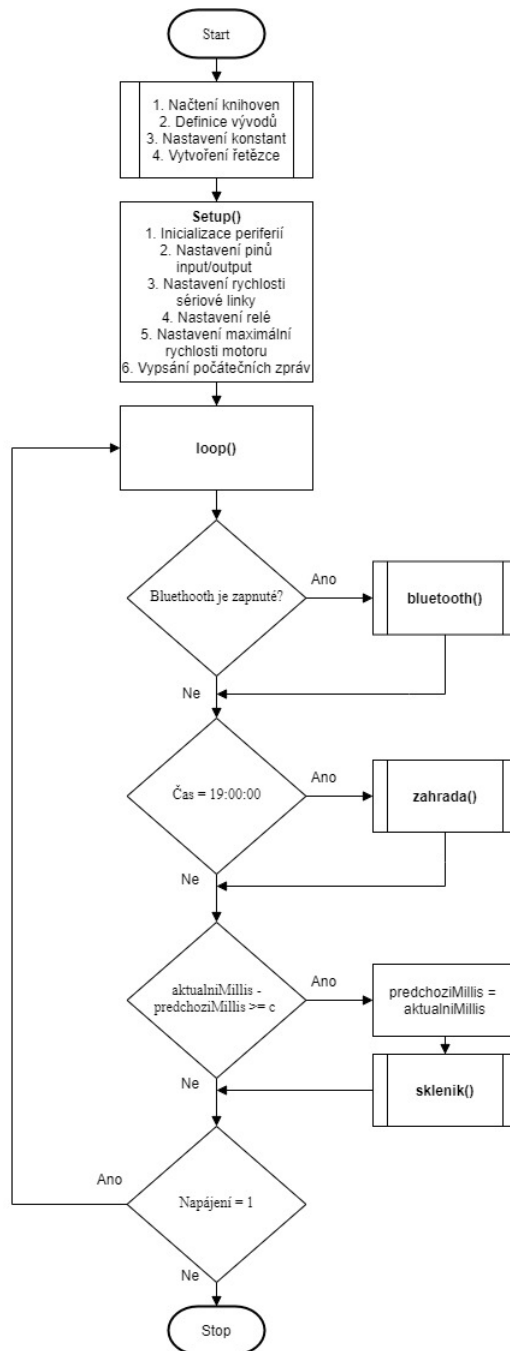
Při vytvoření sketchu se v editoru zobrazí dva bloky programu. Jedná se o bloky „void setup()“ a „void loop()“. Tyto dva bloky musí být v programu vždy přítomny, i kdyby byly prázdné, jelikož bez nich kód nebude funkční. Do prvního bloku se píše kód, který se provede pouze jednou po zapnutí Arduina nebo jeho restartu. Druhý blok je stále se opakující smyčka. Do ní uvádíme kód, který se bude neustále opakovat až do vypnutí Arduina.



Obr. 5.1 – Uživatelské prostředí Arduina IDE

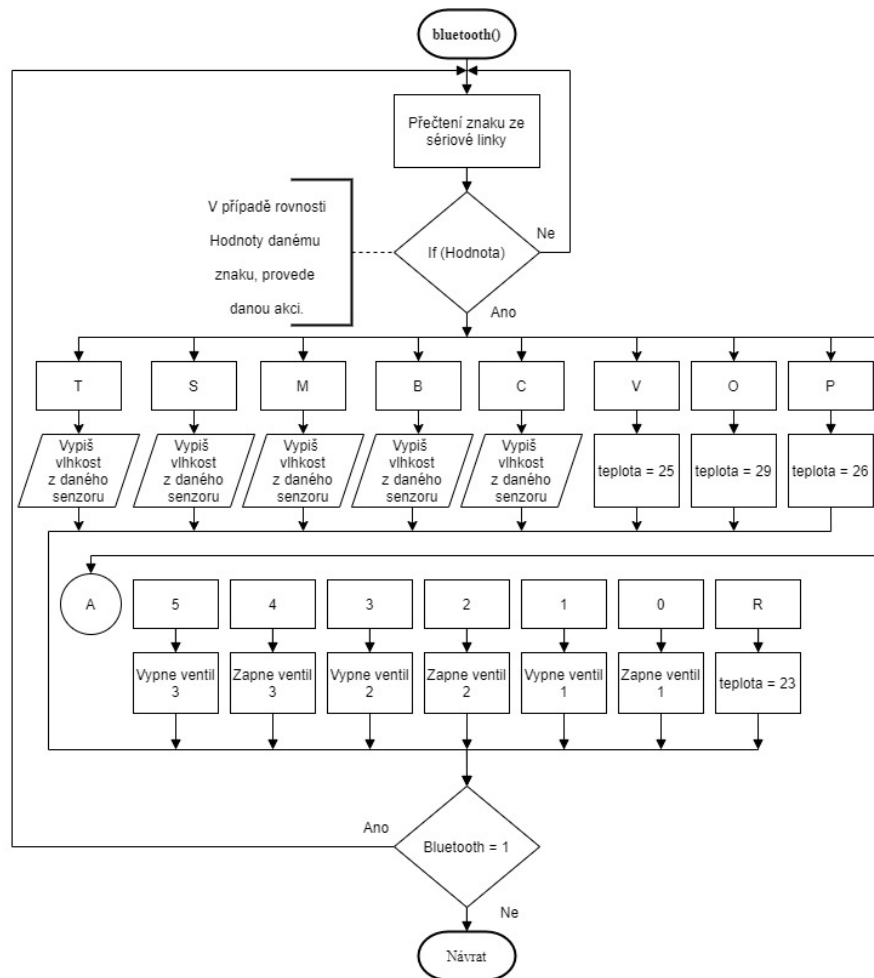
## 5.2 VÝVOJOVÉ DIAGRAMY

Diagram hlavní části programu zobrazuje dva hlavní bloky. Tím je „setup()“ a „loop()“. Při zapnutí Arduina, program načte potřebné knihovny, definuje vývody připojených periférií, nastaví potřebné konstanty a vytvoří řetězec systémových zpráv. V bloku „setup()“ program inicializuje všechny potřebné periferie, nastaví rychlost sériové linky, maximální rychlost krokového motoru a akční členy jako výstupní. Posledním krokem v tomto bloku je vypsání počátečních zpráv na displeji. Blok „loop()“ je smyčka neustále se opakujícího programu. Obsahuje tři podmínky. První podmínka kontroluje, zda se uživatel připojil pomocí mobilního zařízení přes Bluetooth k Arduinu. V případě splnění podmínky je program načten z bloku „bluetooth()“. Druhá podmínka se provádí pouze jednou za den, a to v 19 hodin, kdy program bude načten z bloku „zahrada“. Poslední podmínka se provádí každou hodinu, díky funkci „millis“. Funkce „millis“ umožňuje sledování času a v pravidelných intervalech načítat funkce. Oproti funkci „delay“ nezastavuje celý chod program, díky čemuž je možné provádět víc věcí najednou (Selecký, 2016). Po splnění podmínky program nastaví předchozí čas na aktuální čas a načte blok „sklenik()“.

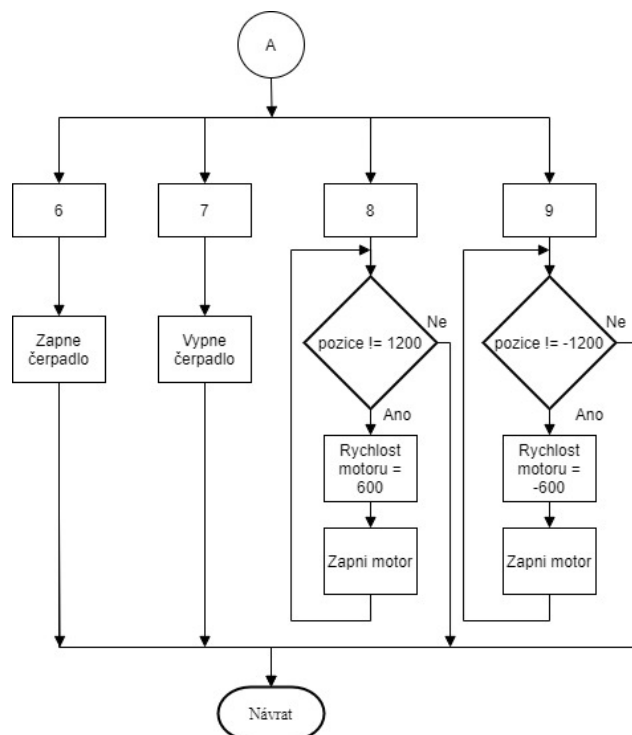


Obr. 5.2 – Vývojový diagram programu

V případě úspěšného připojení k Bluetooth modulu je kód přeměřován do bloku „bluetooth()“. Zde se čte přijatý znak ze sériového portu. V bloku je několik podmínek, kdy se hodnota musí rovnat přijatému znaku. Uživatel klikne na tlačítko a odešle znak do Arduina, které zjistí přijatý znak a dle podmínek vykoná příslušnou akci.



Obr. 5.4 – Vývojový diagram pro Bluetooth



Obr. 5.3 – Vývojový diagram pro Bluetooth (A)

Při 19 hodině se program vykonává ze sekce „zahrada“. Dojde k vypsání systémové zprávy na LCD displej, otevře příslušný ventil a spustí čerpadlo. Po dobu definovaného času dojde k zalévání přilehlé zahrádky pomocí postřikovače. Po uběhnutí daného času se čerpadlo vypne

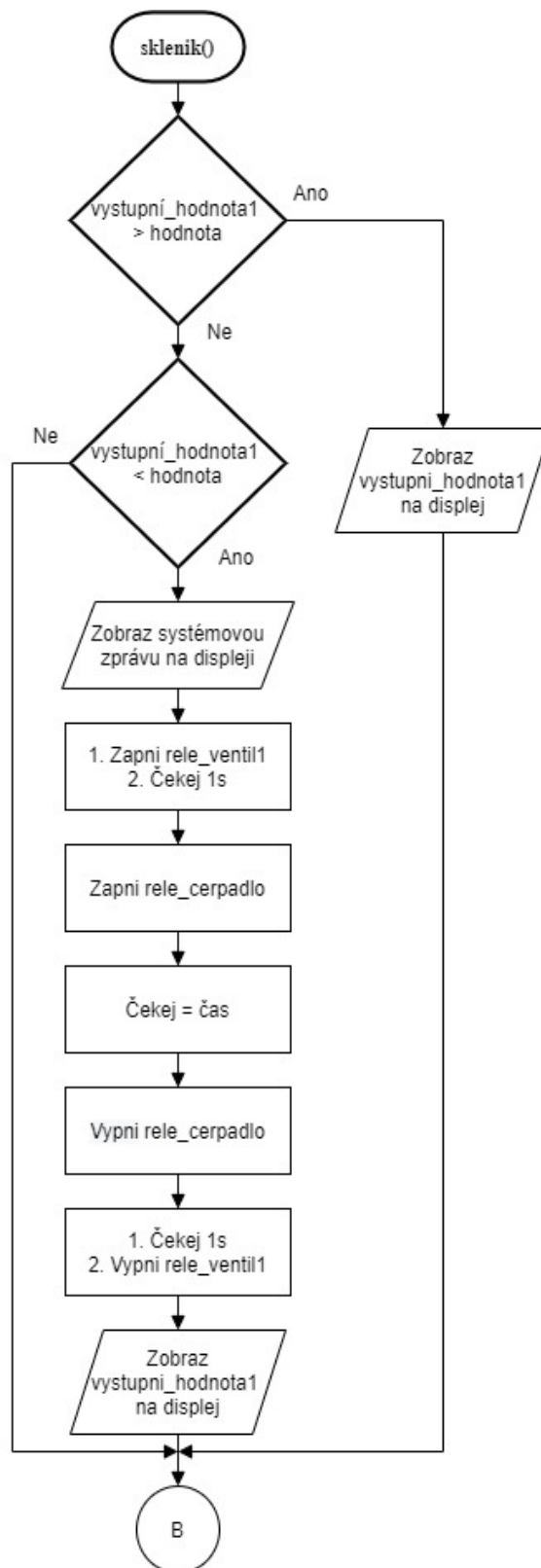


Obr. 5.5 – Vývojový diagram pro Zahradu

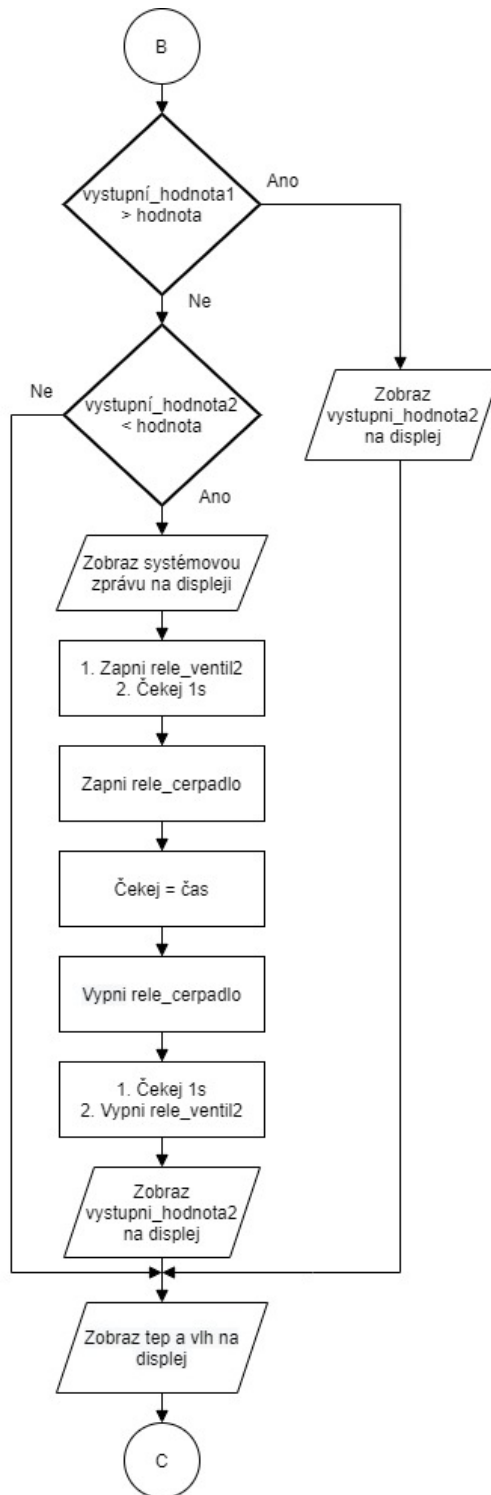
a ventil uzavře.

Kód v bloku „sklenik“ se stará o autonomní činnost celého skleníku. Nejdříve dojde ke kontrole půdního vlhkoměru pro levou stranu a následně i pro stranu pravou. Obě podmínky pracují na stejném principu. V případě nesplnění podmínky se zobrazí hodnota aktuální vlhkosti z daného senzoru. Při splnění podmínky se zobrazí systémová zpráva na displeji, otevře

příslušný ventil a spustí čerpadlo. Doba zalévání závisí na předem definovaném čase. Poté se čerpadlo vypne a ventil uzavře.



Obr. 5.6 – Vývojový diagram pro Skleník

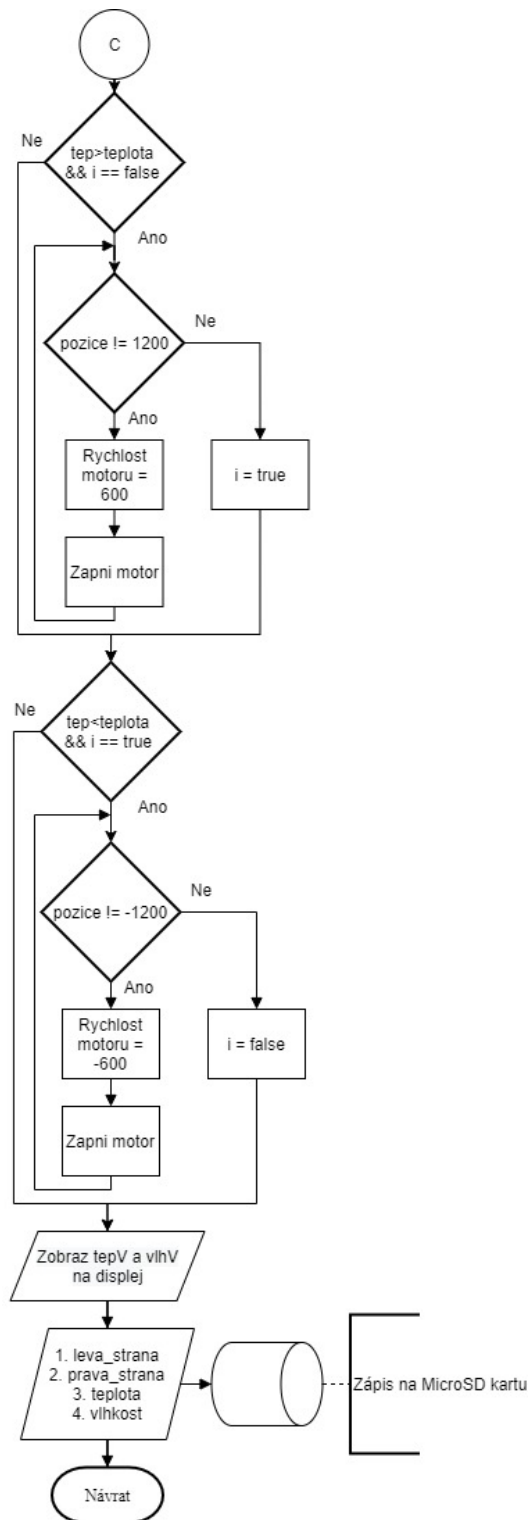


Obr. 5.7 – Vývojový diagram pro Skleník (B)

Po kontrole dvou podmínek se přejde k vypsání teploty a vlhkosti uvnitř skleníku na displej. Otevření okna nebo jeho zavření je závislé na teplotě. Je-li teplota vyšší než teplota definovaná, spustí se cyklus, kdy se motor spustí a zastaví v nastavené pozici, čímž dojde k otevření okna. V opačném případě se motor spustí druhým směrem a nastaví se do výchozí pozice, čímž se okno uzavře. Dále dojde k vypsání venkovní teploty a vlhkosti na displej.



V posledním kroku se hodnoty ze senzorů zapíšu do jednotlivých textových souborů na microSD kartu.



Obr. 5.8 – Vývojový diagram pro skleník (C)

## 6 NÁVRH A REALIZACE APLIKACE

Pro návrh aplikací existuje mnoho vývojových prostředí. Mezi ně můžeme zařadit například Android Studio, NetBeans, MIT App Inventor 2, Eclipse, Scratch a mnoho dalších. Pro návrh a realizaci této aplikace bylo zvoleno vývojové prostředí MIT App Inventor 2.

### 6.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ

MIT App Inventor 2 je cloudové vývojové prostředí, která se využívá pro tvorbu mobilních aplikací. Software se neinstaluje, jelikož vše probíhá v okně internetového prohlížeče. Z tohoto důvodu pro tvorbu a realizaci je třeba připojení k internetu a vlastní uživatelský účet Google. Prostředí je založeno na principu přetahování jednotlivých předpřipravených bloků. Výhodou je zabudovaný emulátor simulující operační systém Android (Kučerová, 2018).

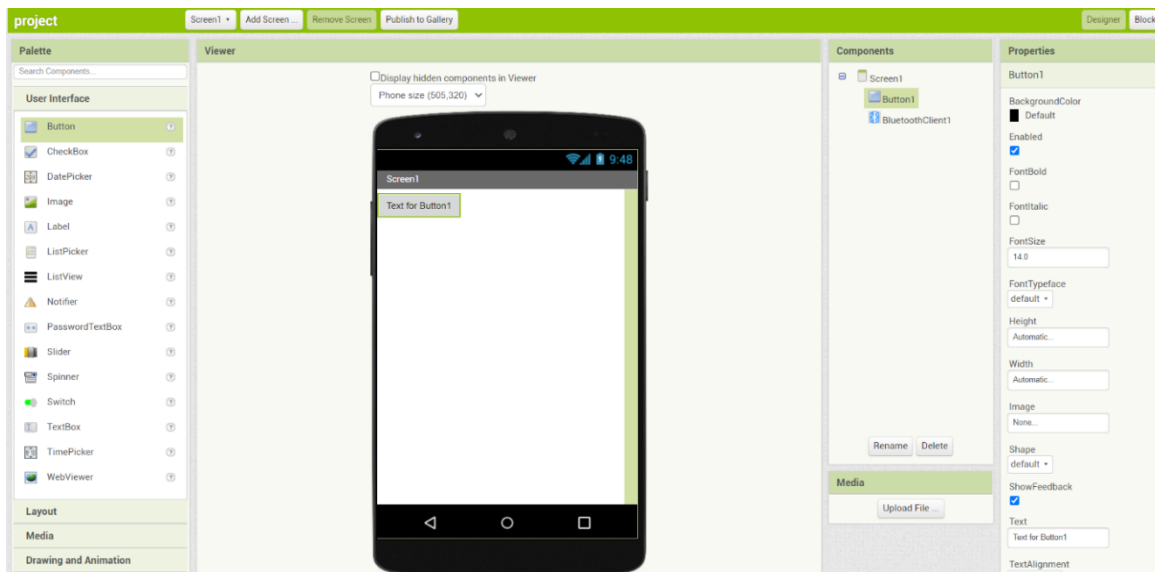
Vývojové prostředí obsahuje dva režimy. Jedná se o režim „Designer“ a „Blocks Editor“. Mezi těmito režimy, nacházející se v pravém horním rohu, se dá snadno přepínat (Kučerová, 2018).

V režimu Designer se vyobrazuje uživatelské prostředí mobilní aplikace. Vše, co zde je vidět, uvidí i uživatel ve svém mobilu. Při tvorbě uživatelského prostředí se využívají komponenty, které jsou umístěny na pravé straně. Tyto komponenty se dělí na vnitřní a vnější. Vnitřní komponenty se umísťují do uživatelského rozhraní. Jedná se například o tlačítka, popisky, textová pole a další. Vnější vykonávají na pozadí různé činnosti, nejsou ale viditelné pro uživatele. Mezi ně se zařazují GPS, gyroskop, časovač a podobně (Kučerová, 2018).

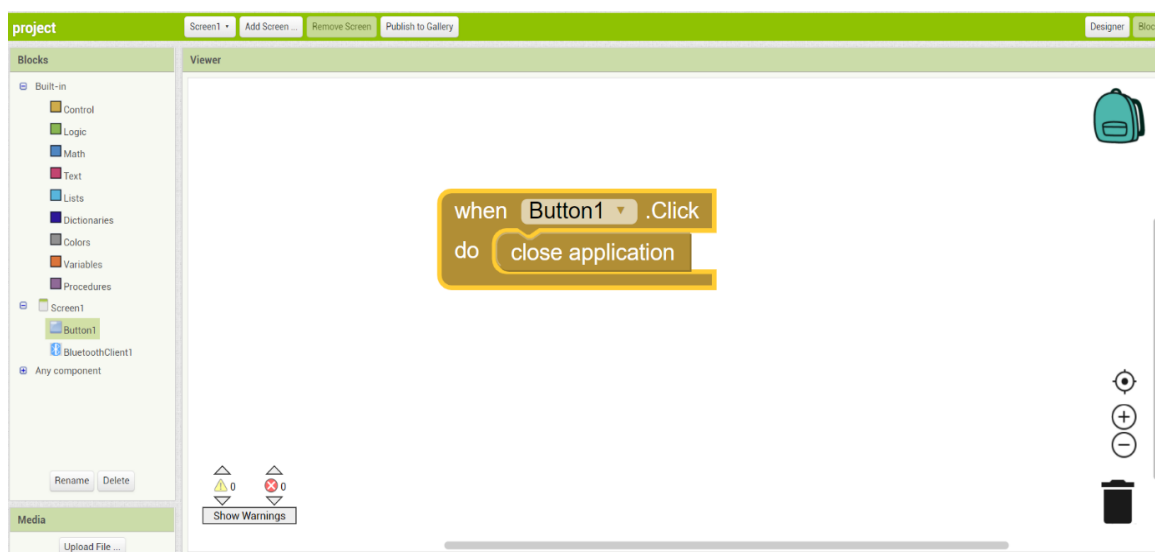
V režimu Blocks Editor dochází k editaci bloků. K programování se používají bloky, které se nacházejí na pravé straně. Tyto bloky se přetahují a skládají do sebe. Bloky jsou rozděleny na jednotlivé typy. Jedná se o bloky kontrolní, logické, matematické, textové bloky a bloky pro práci s barvami, seznamy, proměnnými a procedurami (Kučerová, 2018).

Pro testování aplikací je několik možností. Můžeme využít simulaci operačního systému Android nazývaný se Emulátor. Pokud nemáme připojení k internetu, využívá se připojení mobilu přes USB. Poslední možnost je stáhnutí pomocí vygenerovaného QR kódu. Při využití

posledních dvou zmíněných možností je třeba z Google play stáhnout aplikaci MIT AI2 Companion (Kučerová, 2018).



Obr. 6.2 – Designer prostředí



Obr. 6.1 – Blocks prostředí

## 6.2 PROGRAM APLIKACE

Pro připojení je nutné přidat dva bloky pro události. Jedním je „BeforePicking“, která zobrazí výběr dostupných zařízení po rozkliknutí „ListPicker1“. Druhým blokem je „AfterPicking“. Jedná se o událost, která bude vyvolána po připojení zařízení. Uvnitř události je podmínka, která je splněna v případě připojeného zařízení, sloužící k přepsání „ListPicker1“ na „Připojeno“ a nastaví jeho pozadí na zelenou barvu. Událost „Initialize“ se spouští pouze

jednou při zapnutí aplikace. Kontroluje, zda uživatel má zapnuté Bluetooth ve svém mobilu. V případě vypnutého Bluetooth upozorní pomocí „ShowAlert“ informativní zprávu. Událost pro kliknutí na tlačítko „konec“ vyvolá uzavření aplikace.

```

when ListPicker1 .BeforePicking
do set ListPicker1 . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames

when ListPicker1 .AfterPicking
do if call BluetoothClient1 .Connect
    address ListPicker1 . Selection
then set ListPicker1 . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames
    set ListPicker1 . Text to "Připojeno"
    set ListPicker1 . BackgroundColor to #00FF00

when Screen1 .Initialize
do if not BluetoothClient1 . Enabled
then call Notifier1 .ShowAlert
    notice "Bluetooth není zapnuté, je třeba zapnout v nast..."

when konec .Click
do close application
    
```

Obr. 6.3 – Ukázka kódu pro připojení

K hodnotám ze senzorů jsou přiřazena jednotlivá tlačítka, která fungují na stejném principu. Všechna obsahují události, čekající na kliknutí tlačítka. Po stisknutí jakéhokoliv tlačítka odešle přes Bluetooth příslušný textový znak do Arduina, které přečte hodnotu z potřebného senzoru. Po přečtení ze senzoru, funkce „ReceiveText“ přečte počet bajtů ze vstupu a převede je na text, které se zobrazí v příslušném okně aplikace.

```

when vlh1 .Click
do call BluetoothClient1 .SendText
    text "T"
set vlh1 . Text to call BluetoothClient1 .ReceiveText
    numberOfBytes -1

when vlh2 .Click
do call BluetoothClient1 .SendText
    text "S"
set vlh2 . Text to call BluetoothClient1 .ReceiveText
    numberOfBytes -1

when vlhs .Click
do call BluetoothClient1 .SendText
    text "N"
set vlhs . Text to call BluetoothClient1 .ReceiveText
    numberOfBytes -1

when ventep .Click
do call BluetoothClient1 .SendText
    text "B"
set tepo . Text to call BluetoothClient1 .ReceiveText
    numberOfBytes -1

when tepsi .Click
do call BluetoothClient1 .SendText
    text "M"
set tepsi . Text to call BluetoothClient1 .ReceiveText
    numberOfBytes -1

when venvlh .Click
do call BluetoothClient1 .SendText
    text "Q"
set vlho . Text to call BluetoothClient1 .ReceiveText
    numberOfBytes -1
    
```

Obr. 6.4 – Tlačítka pro senzory

Tlačítka pro akční členy fungují na podobném principu jako tlačítka pro senzory. Znovu obsahují událost pro snímání tlačítka. Znovu po stisknutí jakéhokoliv tlačítka odešle přes Bluetooth příslušný textový znak do Arduina. To přijme znak a dle podmínky vyvolá danou událost. Uživatel zjistí, co aktivoval, jelikož po stisknutí se pozadí příslušného tlačítka změní na zelenou barvu a druhé na červenou. Stejný princip nalezneme i u tlačítek pro výběr pěstované zeleniny. To nastaví určitou hodnotu teploty, která bude ve skleníku regulována.



Obr. 6.6 – Tlačítka pro akční členy



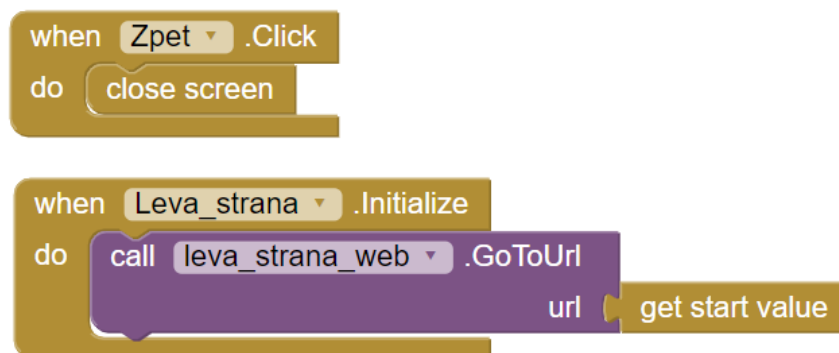
Obr. 6.5 – Nastavení hodnoty pro teplotu

Pro zjištění dřívějších parametrů je využívána událost „AfterPicking“. Obsahuje několik podmínek, které kontrolují vybranou možnost uživatelem. Podle výběru otevře nové okno s příslušnou webovou stránkou.



Obr. 6.7 – Historie hodnot

V každém okně nalezneme tlačítko „zpět“ a příslušný soubor s hodnotami. V „Blocks editor“ vybereme událost pro stisknutí tlačítka a „Initialize“ pro dané okno. V případě stisknutí tlačítka vyvolá událost zavření okna. Blok „Initialize“ obsahuje funkci pro otevření stránky. Tato akce se vykoná pouze jednou při spuštění.



Obr. 6.8 – Zobrazení hodnot

### 6.3 POPIS A FUNKCE APLIKACE

Aplikace se připojí k Arduino pomocí Bluetooth. Před spuštěním aplikace je třeba zapnout Bluetooth v telefonu. Neučiníte-li tak, aplikace vás upozorní pomocí chybové hlášky.

Po zapnutí Bluetooth v telefonu dochází k propojení aplikace s Bluetooth modulem HC-06. Při stisku tlačítka „připojit“ se otevře okno pro výběr dostupných zařízení, kde se zobrazí potřebný modul. Po úspěšném připojení tlačítko zezelená. Aplikace obsahuje šest tlačítek, které slouží ke čtení dat ze senzorů. Po stisknutí jakéhokoliv tlačítka se zobrazí aktuální vybraná hodnota z příslušného senzoru.

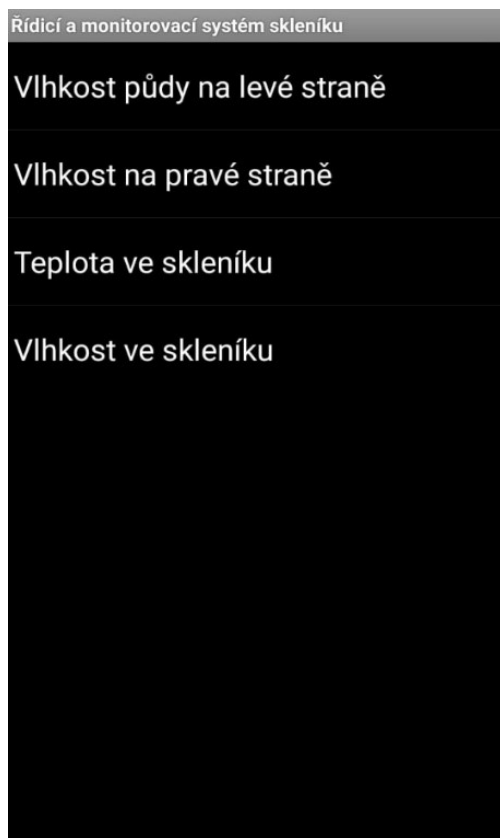


Obr. 6.9 – První část aplikace

V další části aplikace jsou tlačítka k ovládání akčních členů. Aplikace umožňuje ovládat všechny elektromagnetické ventily, čerpadlo a motor k otevírání okna, nezávisle na autonomní činnosti skleníku. Po aktivaci vybraného akčního členu tlačítko „Zapnuto“ zezelená a tlačítko „Vypnuto“ zčervená. Níže aplikace nabízí nastavení dané teploty, která je regulována pomocí otevírání a zavírání okna, pro pěstování různé zeleniny. Tlačítko „Konec“ odpojí telefon od Bluetooth modulu a ukončí celou aplikaci.

Tlačítko „Historie parametrů“ umožní zobrazit dříve naměřené hodnoty ve skleníku. Po rozkliknutí, aplikace zobrazí výběrový list, kde si uživatel může zvolit historické průběhy hodnot z daného senzoru.

Po výběru aplikace otevře příslušnou cestu k textovému souboru s dříve naměřenými hodnotami. Textový soubor zobrazuje příslušnou hodnotu ze senzoru a datum s časem, kdy byla hodnota naměřena. Pro opětovné vrácení do hlavního menu aplikace slouží tlačítko „Zpět“.

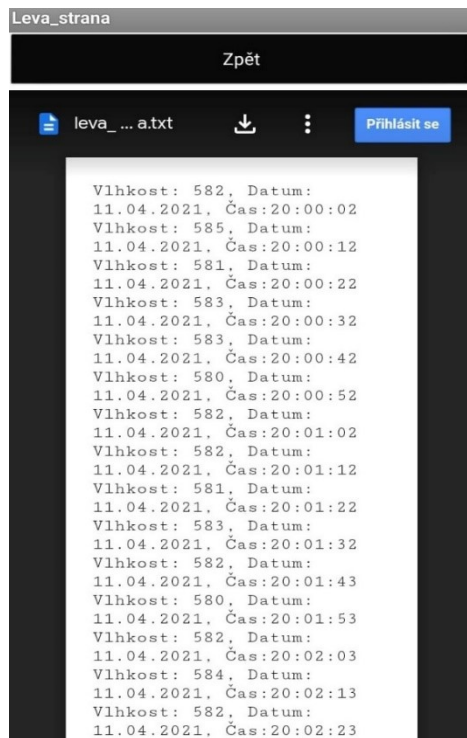


Obr. 6.10 Výběr historických hodnot



Obr. 6.11 – Druhá část aplikace





Obr. 6.12 – Příklad zobrazení historických hodnot

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh řídicího a monitorovacího systému skleníku, prostudování strategie pěstování rostlin, použití řídicích systémů, senzorů a akčních členů. Systém měl umožňovat autonomní činnost s využitím jednočipového mikropočítače, základních senzorů a akčních členů. Bylo zapotřebí vytvořit aplikaci na mobilní telefon, která by umožňovala nastavit parametry a vizualizovat historické průběhy.

Cíle byly úspěšně splněny. Byla zkonstruovaná základna, na kterou byl sestaven skleník. Vytvořila se potřebná konstrukce pro otevírání a zavírání okna pomocí závitové tyče a krokového motoru. Byly využity senzory pro vlhkost půdy, teploty a vlhkosti ve skleníku i mimo skleník. Pro zvolení akčních členů se využily elektromagnetické ventily, postřikovač, čerpadlo a motor. Systém je řízen jednočipovým mikropočítačem Arduino Mega2560, který umožňuje autonomní činnost skleníku. Byla vytvořena mobilní aplikace pro ovládání akčních členů, zobrazování hodnot ze senzorů, historických průběhů a nastavení parametrů. Systém byl odzkoušen nejdříve na nepájivém poli a posléze zakomponován do skleníku.

V teoretické části byly popsány materiály, které se mohou zvolit pro stavbu skleníku a rozebrány strategie pro pěstování rostlin ve skleníku. Byly popsány řídicí jednotky, senzory a akční členy používané v dnešní době.

Systém by mohl být dále rozšířen o další senzory a akční členy. Mohl by se využít senzor slunečního záření pro regulaci stínovací clony nebo zamlžovací soustava pro regulaci vlhkosti ve skleníku. Při více regulovaných veličin by se dosáhlo lepších podmínek pro pěstované rostliny.

## POUŽITÁ LITERATURA

- 5V Four-Channel Relay Module - Pin Diagram, Specifications, Applications, Working, 2021. *Components101-Electronic Components Pinouts, Details & Datasheets* [online]. Components101 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://components101.com/switches/5v-four-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>
- Čerpadla | *Gardena Produkty* [online]. GARDENA, 2008 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/cz/produkty/uvod/pumps/#Irrigation>
- Čidlo půdní vlhkosti | *Gardena Zavlažovací počítače* [online]. GARDENA, 2008 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/cz/produkty/zavlaha/rizeni-zavlazovanie/cidlo-pudni-vlhkosti/967926801/>
- DEEP 1200, 230V (bez plováku) [online]. Čerpadla Remont-internetový obchod | REMONT ČERPADLA s.r.o. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://obchod.remont-cerpadla.cz/cerpadla-ponorna/deep-1200-230v-bez-plovaku>
- DHT22–Temperature and Humidity Sensor. *Components101-Electronic Components Pinouts, Details & Datasheets*, 2018 [online]. Components101 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet>
- Driver TB6600 pro krokové motory 4A 9-42V PCB | *laskarduino.cz* [online]. LASKARDUINO.cz | by Makers for Makers [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: [https://www.laskarduino.cz/driver-tb6600-pro-krokove-motory-4a-9-42v-pcb/?gclid=CjwKCAjw7J6EBhBDEiwA5UUM2mnjpA0DR\\_W66Lt1Bfxo1easzuLy5gXw4SSES1EZKBq\\_c571iubohoCe-cQAvD\\_BwE](https://www.laskarduino.cz/driver-tb6600-pro-krokove-motory-4a-9-42v-pcb/?gclid=CjwKCAjw7J6EBhBDEiwA5UUM2mnjpA0DR_W66Lt1Bfxo1easzuLy5gXw4SSES1EZKBq_c571iubohoCe-cQAvD_BwE)
- Elektromagnetický ventil TPV s regulací průtoku | *Zahradní jezírka na míru, stavba a realizace | small lake* [online]. small lake [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://www.zahradnijezirka.net/elektromagneticky-ventil-tpv-s-reg-prutoku\\_z282/](https://www.zahradnijezirka.net/elektromagneticky-ventil-tpv-s-reg-prutoku_z282/)
- eses | eses klon Arduino MEGA precise | *dratek.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM* [online]. dratek.cz [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/0/760/eses1423598706.pdf>
- HANDL, A, 2015. *TUTORIÁL – UŽÍVÁNÍ HODIN REÁLNÉHO ČASU DS1307 A DS3231 S ARDUINEM* [online]. BASTLÍRNA HWKITCHEN. [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://bastlirna.hwkitchen.cz/tutorial-uzivani-hodin-realneho-casu-ds1307-a-ds3231-s-arduinoem/>

- HAŠ, S, 2004. *Skleníky, jejich vlastnosti a vybavení*. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-7271-148-2.
- HC 06 Bluetooth module pinout, features & datasheet. *Components101-Electronic Components Pinouts, Details & Datasheets*, 2018 [online]. Components101 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://components101.com/wireless/hc-06-bluetooth-module-pinout-datasheet>
- Hunter Senzor půdní vlhkosti Soil Klik | *Senzory vlhkosti půdy* [online]. DOTLAK s.r.o [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: [https://www.doltak.cz/produkt/hunter-senzor-pudni-vlhkosti-soil-klik/?gclid=Cj0KCQjw9\\_mDBhCGARIsAN3PaFN5LIU4aZcJcCtsHKYrCNNZ1ZpyX9LorErTl6HqJjdXeI2EH64iNhcaAIU5EALw\\_wcB](https://www.doltak.cz/produkt/hunter-senzor-pudni-vlhkosti-soil-klik/?gclid=Cj0KCQjw9_mDBhCGARIsAN3PaFN5LIU4aZcJcCtsHKYrCNNZ1ZpyX9LorErTl6HqJjdXeI2EH64iNhcaAIU5EALw_wcB)
- Hunter X2 401-E WiFi řídicí jednotka pro 4 větve | *Jednotky X2* [online]. DOTLAK s.r.o [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: [https://www.doltak.cz/produkt/hunter-x2-401-e-wifi-ridici-jednotka-pro-4-vetve/?gclid=Cj0KCQjw9\\_mDBhCGARIsAN3PaFMnNaPp9t3nT90EsZM\\_W2NdVbWcBGY-WFcXdYYVixIPeEEBII5ac8YaAmvYEALw\\_wcB](https://www.doltak.cz/produkt/hunter-x2-401-e-wifi-ridici-jednotka-pro-4-vetve/?gclid=Cj0KCQjw9_mDBhCGARIsAN3PaFMnNaPp9t3nT90EsZM_W2NdVbWcBGY-WFcXdYYVixIPeEEBII5ac8YaAmvYEALw_wcB)
- Krokový motor NEMA23 76mm | *dratek.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM* [online]. ECLIPSE s.r.o. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/48398-krokovy-motor-nema23-76mm-57hd6013-03.html>
- KUČEROVÁ, E. 2018. Grafické programování mobilních aplikací v prostředí MIT App Inventor 2. Bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Pedagogická fakulta, Katedra informatiky. Vedoucí: J. Vaníček.
- LCD Displej | *Návody Drátek* [online]. Webový magazín o ARDUINU. Návody Drátek [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://navody.dratek.cz/zaciname-s-arduinem/lcd-displej.html>
- Návod na použití modulu SD karty | *Arduino návody HWKitchen.cz. Ochutnejte s námi bastlení!* | *HWKitchen.cz* [online]. HWKITCHEN [cit. 2021-04-12] Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/navody-hwkitchen/navod-na-pouziti-modulu-sd-karty-arduino-navody/>
- O značce GARDENA* [online]. GARDENA, 2008 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/cz/o-nas/gardena/>
- Ovládací jednotka ESP-LXME* [online]. Rain Bird [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: [https://www.azavlahyshop.cz/fotky17954/fotov/17954\\_1508\\_17954\\_1507\\_\\_ps\\_648R-B-LX---ME-katalog.pdf](https://www.azavlahyshop.cz/fotky17954/fotov/17954_1508_17954_1507__ps_648R-B-LX---ME-katalog.pdf)

- Postřikovač Mini 8 | *Zahradní jezírka na míru, stavba a realizace* | *small lake* [online]. small lake [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://www.zahradnizezirka.net/postrikovac-mini-8\\_z268/?search=post%C5%99ikova%C4%8D](https://www.zahradnizezirka.net/postrikovac-mini-8_z268/?search=post%C5%99ikova%C4%8D)
- Půdní kapacitní vlhkoměr | *Návody Drátek* [online]. Webový magazín o ARDUINU. Návody Drátek [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/navody-k-produktum/pudni-kapacitni-vlhkomer.html>
- Rain Bird ESP LXME MODULAR 12 sekcí | *Ovládací jednotky* [online]. E-shop pro závlahové systémy Rain Bird a K-rain [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.azavlahyshop.cz/azavlahy/eshop/3-1-Ovladaci-jednotky/0/5/648-Rain-Bird-ESP-LXME-MODULAR-12-sekci//related#anch1>
- RTC Hodiny reálného času DS3231 + AT24C32 paměťový modul | *Návody Drátek*. [online]. Webový magazín o ARDUINU | Návody Drátek [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/navody-k-produktum/rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-at24c32-pametovy-modul.html>
- SELECKÝ, M, 2016. *Arduino: uživatelská příručka*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-4840-2.
- Smart řízení zavlažování-sada | *Gardena Zavlažovací počítače* [online]. GARDENA, 2008 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/cz/produkty/zavlaha/rizeni-zavlazovanie/smart-rizeni-zavlazovani---sada/967048901/>
- Spínací prvky-relé, tranzistory a tranzistorová pole | *Návody Drátek* [online]. Webový magazín o ARDUINU. Návody Drátek [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/zaciname-s-arduinem/spinaci-prvky-rele-tranzistory-a-tranzistorova-pole.html>
- Teploměr a vlhkoměr DHT11 a DHT22 | *Návody Drátek* [online]. Webový magazín o ARDUINU. Návody Drátek [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/navody-k-produktum/teplotni-senzor-dht11.html>
- Vybíráte skleník? Rady a tipy, jak to nepohojit*, 2020 [online]. Zahrada Ježek | Specialista na zahradu, kamna a dílnu [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.zahradajezeck.cz/radci-pro-vyber-zbozi/vybirate-sklenik-rady-a-tipy-jak-to-nepohojit/#vypln>
- Zavlažovací počítač Flex | *Gardena Zavlažovací počítače* [online]. GARDENA, 2008 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/cz/produkty/zavlaha/rizeni-zavlazovanie/zavlazovaci-pocitac-flex/967927401/>

Zavlažovací ventil 9 V Bluetooth | *Gardena Zavlažovací počítače* [online]. GARDENA, 2008 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/cz/produkty/zavlaha/rizeni-zavlazovanie/zavlazovaci-ventil-9-v-bluetooth/970480701/>

Zavlažovací ventil 24 V / 1'' | *Gardena Zavlažovací počítače* [online]. GARDENA, 2008 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.gardena.com/cz/produkty/zavlaha/rizeni-zavlazovanie/zavlazovaci-ventil-24-v-1/900904201/>

# **PŘÍLOHY**

Příloha A – CD

**Příloha k bakalářské práci**  
Řídicí a monitorovací systém skleníku  
Lukáš Holeka

**CD**



## **OBSAH**

1. Text bakalářské práce ve formátu PDF
2. Úplný zdrojový kód aplikace pro mikrokontrolér
3. Úplný zdrojový kód aplikace pro mobilní zařízení
4. Schéma zapojení a návrh desky plošného spoje