



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

SYSTÉM PRO UDRŽOVÁNÍ VHODNÝCH PODMÍNEK PRO RŮST DOMÁCÍCH ROSTIN

SYSTEM FOR SECURING SUITABLE CONDITIONS FOR THE GROWTH OF HOUSEPLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

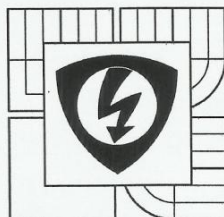
Lukáš Bata

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Soňa Šedivá, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Lukáš Baťa
Ročník: 3

ID: 145968
Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Systém pro udržování vhodných podmínek pro růst domácích rostlin

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je navrhnout systém pro udržování vhodných podmínek pro růst domácích rostlin a udržování klimatu v pokoji.

- 1) Seznamte se s požadavky klimatických podmínek jednotlivých rostlin v domácnosti.
- 2) Proveďte literární rešerši jednotlivých částí navrhovaného systému:
 - * snímače určené pro měření teploty v pokoji, vlhkosti půdy, intenzity osvětlení,
 - * akční členy vhodné pro ovládání polohy žaluzií v místnosti a pro zavlažovací systém,
 - * vhodný řídicí systém (Arduino nebo Raspberry PI).
- 3) Proveďte průzkum trhu částí systému uvedených v bodu 2) zadání. Na základě průzkumu trhu vyberte vhodné části systému, které pak budou v realizovaném systému použity.
- 4) Návrhněte a realizujte hardwarovou a softwarovou část systému pro udržování vhodných podmínek pro růst domácích rostlin.
- 5) Ověřte funkci realizovaného systému v reálném prostředí.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Ripka, P., Ďaďo, S., Kreidl, M., Novák, J.: Senzory a převodníky. ČVUT v Praze, 2005. ISBN 80-01-03123-3.

Termín zadání: 8. 2. 2016

Termín odevzdání: 1. 8. 2016

Vedoucí práce: Ing. Soňa Šedivá, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI, díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.



Abstrakt

Tato práce řeší a popisuje teoretické principy a použití snímačů fyzikálních veličin. Na základě naprogramovaných postupů jsou ovládány akční členy žaluzií a zavlažovacího systému. Jsou tak udržovány optimální podmínky pro růst rostlin. Práce se také zabývá návrhem a sestrojením systému.

Klíčová slova

Arduino, snímače, řízení, teplota, vlhkost, RTC

Abstract

This thesis solve and describes the theoretical principles and the use of sensors of physical quantities. On the basis of programmed procedures are controlled actuators blinds and irrigation system. They are adhered optimal conditions for plant growth. The thesis also deals with the design and construction of the system.

Keywords

Arduino, sensors, control, temperature, humidity, RTC

Bibliografická citace:

BAŤA, Lukáš *Systém pro udržování vhodných podmínek pro růst domácích rostlin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 53s. Vedoucí bakalářské práce byla Ing. Soňa Šedivá, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „*Systém pro udržování vhodných podmínek pro růst domácích rostlin*“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Soně Šedivé, Ph.D. za metodickou, odbornou pomoc, přínosné připomínky a další cenné rady při zpracování bakalářské práce.

V Brně

.....
podpis autora

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	9
1 Úvod	10
2 Seznam rostlin a jejich podmínky	11
3 Základní funkce systému pro udržování vhodných podmínek pro rostliny	13
3.1 Požadavky na snímače teploty	13
3.2 Požadavky na snímače vlhkosti půdy	13
3.3 Požadavky na snímače vzdušné vlhkosti	13
3.4 Požadavky na snímače osvětlení	14
3.5 Požadavky na snímače polohy	14
3.6 Požadavky na akční členy ovládající žaluzie	14
3.7 Požadavky na akční členy závlahového systému	14
4 Popis principů snímačů	15
4.1 Snímače teploty	15
4.1.1 Pozistory	15
4.1.2 Negastory	16
4.2 Snímače vzdušné vlhkosti a vlhkosti půdy	16
4.2.1 Absolutní vlhkost φ	17
4.2.2 Relativní vlhkost ϕ	17
4.2.3 Měrná vlhkost χ	17
4.3 Metody měření vlhkosti	17
4.4 Snímače polohy	18
5 Popis principů akčních členů	19
5.1.1 Servomotor	19
5.1.2 Motorek s převodovkou	19
5.1.3 Motorek řízený PWM	19
5.1.4 Závlahový systém	19
6 Přehled a volba snímačů	20
6.1 Snímače teploty	20
6.1.1 Dallas - 18B20	20
6.1.2 Adafruit - MCP9808	20
6.1.3 Texas instruments - HDC10008	20
6.1.4 Sensirion - SHT11	21
6.1.5 Sensirion - SHT15	21
6.1.6 AOSONG - DHT22	21
6.2 Snímače vlhkosti vzduchu	21
6.3 Snímače vlhkosti půdy	23
6.4 Snímače osvětlení	24
6.5 Snímače polohy	25
7 Přehled a volba akčních členů	26
7.1 Členy pro regulaci polohy žaluzií	26
7.2 Členy pro rosení a zálivku rostlin	27
8 Volba řídicího systému	29
8.1 Arduino	29
8.2 Raspberry PI	29

8.3	Porovnání a volba řídicí jednotky	30
8.4	Arduino Mini	30
8.5	Arduino Uno	30
8.6	Arduino Mega.....	31
9	Výkonová náročnost systému	32
9.1	Stabilizátor napětí	32
9.2	Návrh spínací desky	32
9.3	Spínací prvky pro čerpadla	32
9.4	Spínací prvky pro motorek žaluzií	33
9.5	Další prvky na spínací desce.....	33
10	Popis funkce systému	36
11	Popis řídicího systému	37
12	Cenová kalkulace aplikace	39
13	Odzkoušení systému	40
14	Závěr	41
	Literatura	42
	Seznam zkratk a symbolů	46
	Seznam příloh	47
	Fotografická dokumentace	48
	Obsah CD	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Charakteristiky snímačů teploty [10]	16
Obrázek 2 Snímač teploty DHT22 [19].....	22
Obrázek 3 Snímač teploty 18B20 [15].....	22
Obrázek 4 Snímač vlhkosti půdy FC-28.....	23
Obrázek 6 Snímač osvětlení Thermokon - Li04	24
Obrázek 5 Fotorezistor	24
Obrázek 7 Servomotor GO-17 MG [34].....	25
Obrázek 8 Koncový spínač [12].....	25
Obrázek 9 Motorek s převodovkou 25GA DC 12V [35]	26
Obrázek 10 Kolečko žaluzií.....	27
Obrázek 11 Tryska závlahového systému	28
Obrázek 12 Čerpadlo závlahového systému [31].....	28
Obrázek 13 Blokové schéma RASPBERRY PI [27]	30
Obrázek 14 Arduino MEGA.....	31
Obrázek 15 Schéma spínací desky	34
Obrázek 16 Provedení spínací desky.....	35
Obrázek 17 Schéma stabilizátoru napětí 5V.....	35
Obrázek 18 Datové schéma systému.....	37
Obrázek 19 Napájecí schéma systému	38
Obrázek 20 Řídicí deska.....	48
Obrázek 21 Výsledná podoba realizace.....	48
Obrázek 22 Snímač koncové polohy s přiblíženým magnetem	49
Obrázek 23 Motorek připojený k řetízku žaluzií	49
Obrázek 24 Zapojení čidel vlhkosti půdy.....	50
Obrázek 25 Zapojení čidel vlhkosti půdy 2	50
Obrázek 26 Display 1. obrazovka	51
Obrázek 27 Display 2. obrazovka	51
Obrázek 28 Display 1. obrazovka nepodsvícená	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Seznam rostlin s požadavky	12
Tabulka 2 Popis vlastností snímačů teploty.....	21
Tabulka 3 Popis vlastností snímačů vlhkosti	22

1 ÚVOD

Jedna z možností, jak si ulehčit práci, zpřesnit ji a uvést na vyšší úroveň, je automatizace dané práce. Možnostem automatizace systémů se nekladou téměř žádné meze. Je nutno navrhnout optimální řešení algoritmu a následně hardwarovou část automatizovaného systému. Na druhou stranu při automatizování jsou kladeny velké důrazy na přesnost, preciznost a v neposlední řadě i na finanční úsporu provozu, kdy jsou tyto požadavky proti sobě.

Obsahem bakalářské práce bude návrh systému udržující vhodné podmínky pro růst rostlin a udržování klimatu v pokoji. Úkolem je zautomatizování rutinních prací při péči o rostliny, které by bylo později možno rozšířit na pěstírny a ušetřit tak lidskou námahu a nudnou práci.

Důvodem výběru tohoto tématu bylo osvojení práce s reálnými snímači, akčními členy a řídicím členem, jakožto modulem schopným řešit různé úkoly podle implementace. Dalším důvodem bylo obstarání péče o rostliny v domácnosti i při nepřítomnosti osob, a tak uchovat rostliny bez stresu z nedostatku živin a zálivky. S komerčně prodávanými systémy zajišťujícími péči o rostliny není možno individuálně řídit zálivku rostlin a současně ovládat osvětlení rostlin. Jelikož některé rostliny jsou více neobvyklé, například ananas, avokádo, potřebují odlišnou péči než běžné domácí květiny a rostliny.

V první řadě je nutno stanovit ideální nebo alespoň vhodné podmínky pro růst rostlin. Jelikož se v pokoji vyskytují různé rostliny, jejich nároky se mohou lišit. Podmínky teploty, vlhkosti a osvitů budou muset být v takových mezích, aby vyhovovaly alespoň většině rostlin. U rostlin budeme zjišťovat, jaké kladou nároky na osvit, teplotu v pokoji a vlhkost půdy popřípadě na množství a pravidelnost zálivky.

V druhém kroku bude potřeba v závislosti na získaných poznatcích z předchozího bodu vhodně zvolit snímače, které budou vyhovujícím způsobem reprodukovat aktuální stav podmínek do řídicího systému. Budou popsány jednotlivé principy snímačů, pro měření všech požadovaných hodnot. Pokud pro danou veličinu existuje více principů měření, budou vysvětleny rozdíly a zdůvodněna volba vybraného principu.

Třetí část práce bude řešit popis akčních členů pro ovládání natočení žaluzií a pro zavlažování rostlin a jejich následný výběr. Pro natočení žaluzií je možno použít principy servo motorků, motorků s převodovkou nebo motorků řízených PWM. Pro zavlažování budou popsány čerpadla s malým průtokem, která dané situaci dostačují. Popřípadě nahrazeny soustavou ventilů, řídicích distribuci vody k rostlinám samospádem.

Systém jako celek bude řízen mikrokontrolerem (μC), kterých je v dnešní době nepřeberné množství. Další kapitola se bude zabývat popisem a výběrem vhodného řídicího členu. Dále bude navržena jednotka pro řízení se zakomponovaným řídicím členem, displayem, tlačítky pro ovládání.

2 SEZNAM ROSTLIN A JEJICH PODMÍNKY

Seznam vhodných podmínek jednotlivých rostlin uvedu přehledně v tabulce 1. pro názornost.

Rostliny uvedené v tabulce 1. jsou vybrány z důvodu jejich rozšířeného pěstování v domácích podmínkách. Tyto rostliny se v naší domácnosti vyskytují, proto budu věnovat pozornost konkrétně těmto rostlinám. Dále budu specifikovat, jaké podmínky budou nastaveny a nadále udržovány.

Rostliny budou rozděleny do dvou místností s rozdílnou teplotou pro dodržení optimálních podmínek rostlin. Blahokeř [1] [2], Fíkus [3] [4] a Orchidej[5] umístíme do pokoje s teplotou 20 – 21 °C. Pro Fialku Africkou [6] [7], Gloxinii [8] [9], Ananasovník [10] a Guzmanii [11] budeme udržovat teplotu alespoň 22 °C. Rostliny vyžadující větší množství světla budou umístěny na okenní parapet. Orchidej, Gloxinii a Guzmanii umístíme do místností dále od okna na stoleček, dojde tím k zmírnění dopadu slunečního svitu na rostliny.

Hnojení bude probíhat univerzálním hnojivem, aby bylo možné později vytvořit jeden rozvod vody s přídavkem hnojiva a nemusel být pro každou rostlinu zvláštní systém hnojení.

Tabulka 1 Seznam rostlin s požadavky

Seznam rostlin Latinský název	Český název	Teplotní nároky	Požadavky na rosení	Světelné nároky	Požadavky na zálivku	Požadavky na hnojení
Clerodendrum Burm.	Blahokeř	> 20 °C	Občasné	Světlé místo	Vydatná, vodou pokojové teploty	14 denní cyklus
Ficus benjamina	Fikus	20-24 °C	Vhodnější než zálivka	Slunné místo	Vodou pokojové teploty	14 denní cyklus
Orchidaceae	Orchidej	20 °C	Vhodná vysoká vzduš. vlhkost	Polostín	Formou rosení 2x týdně	14 denní cyklus
Saintpaulia (Gesneriaceae)	Fialka Africká	18-25 °C	Vhodná vysoká vzduš. vlhkost	Světlé místo	Pravidelná, ke kořenům	-
Sinningia	Gloxinie	25-28 °C	Občasné	Rozptýlené světlo	Vodou pokojové teploty, ke kořenům	7 denní cyklus
Ananas (Bromelioideae)	Ananasovník	22-25 °C	Vhodná vysoká vzduš. vlhkost	Přímé slunce	Přímo do růžice, vodou pokojové teploty	14 denní cyklus
Guzmania	Guzmanie	22-25 °C	Vhodné	Rozptýlené světlo	Přímo do růžice, vodou pokojové teploty	Měsíční cyklus

3 ZÁKLADNÍ FUNKCE SYSTÉMU PRO UDRŽOVÁNÍ VHODNÝCH PODMÍNEK PRO ROSTLINY

Systém bude udržovat základní podmínky pro růst rostlin. Jedná se především o teplotu okolí, závlahu, hnojení rostlin, a udržování optimálních světelných podmínek pro růst. Na základě těchto požadavků na systém je nutno měřit následující veličiny. Teplotu, vlhkost půdy, vlhkost vzduchu a intenzitu dopadajícího osvětlení do místnosti. Hodnoty těchto veličin jsou naměřeny a následně zpracovány a vyhodnoceny řídicím systémem. Tento systém je v následujících kapitolách ještě blíže popsán a bude vybrána nejvhodnější varianta. Na základě vyhodnocení naměřených hodnot bude akčními členy regulováno natočení žaluzií, popřípadě jejich úplné stažení, vytažení. Tím bude dosaženo optimálních světelných podmínek pro rostliny. Dále bude regulováno množství závlahové vody pro rostliny za pomoci měření vlhkosti půdy a závlahového systému s rozvodem vody. Jelikož některé rostliny viz tabulka 1, vyžadují zvýšenou vzdušnou vlhkost, budou roseny za pomoci závlhového systému. Obdobou závlhového systému bude systém pro hnojení rostlin. Univerzální hnojivo bude rozpuštěno v separované nádobě s vodou a distribuováno podobně jako závlahová voda.

3.1 Požadavky na snímače teploty

Měřená teplota se bude pohybovat v rozmezí běžných pokojových teplot, to znamená v rozmezí 10 °C až 40 °C. Tento rozsah není pro většinu teplotních snímačů omezující a jsou schopny podávat reálnou hodnotu s velkou přesností, +- 2- 4%. Dalším požadavkem na snímače teploty je snadnost zpracování výstupní veličiny μC . Výstupní napětí při předpokladu aktivního snímače je očekáváno v rozmezí 0 - 5V, tedy rozsah pro analogový vstup. Trh poskytuje i sdružené snímače teploty a vlhkosti, kdy v jednom pouzdře jsou umístěny oba snímače. Po průzkumu trhu a vyhodnocení hledisek přesnosti snímání, rozlišení, rozsahu snímání a finanční náročnosti budou v následujících kapitolách vybrány vhodné snímače.

3.2 Požadavky na snímače vlhkosti půdy

Určení přesného množství vody v půdě, tedy vlhkosti půdy není jednoduché. Z toho důvodu se neměří přímo vlhkost půdy, ale veličiny přímo závislé na množství vody v půdě. Jedná se například o elektrickou vodivost, kdy je měřen odpor mezi dvěma hroty měřicí sondy, nebo kapacitu půdy měnící se v závislosti vlhkosti půdy. Nejvhodnějším výstupem by bylo napětí v rozmezí 0 – 5V pro snadné zpracování. Dalším požadavkem na snímače půdní vlhkosti je mechanická odolnost vůči půdě a případným elektrolyzám působících na kovové části senzoru při průchodu proudem.

3.3 Požadavky na snímače vzdušné vlhkosti

Veličina vlhkost vzduchu může být uvedena v několika jednotkách. Jak bude uvedeno v následujících kapitolách, tyto jednotky jsou tři a budou popsány jejich významy a důvody

jejich použití. Opět je kladen důraz na jednoduchost zpracování signálu ze snímače μC . Bude tedy vhodnější použití elektronických čidel, než mechanických snímačů. Rozdílné typy snímačů vlhkosti budou uvedeny v následujících kapitolách, kde bude odůvodněn i jejich výběr.

3.4 Požadavky na snímače osvětlení

U snímačů osvětlení bude požadována odolnost vůči destruktivním vlivům slunečního záření, které způsobuje stárnutí materiálů a tudíž i jejich mechanickou změnu vlastností. Jeden snímač osvětlení bude umístěn mimo budovu, kde bude snímat intenzitu venkovního světla. Druhý bude umístěn v prostoru s rostlinami a bude podávat informaci o množství prošlého slunečního záření skrze okno a žaluzie. Na základě těchto hodnot bude upravováno natočení žaluzií pomocí později popsaných způsobů. Snímače schopné komunikovat přímo s μC budou preferovány při použití.

3.5 Požadavky na snímače polohy

Tyto snímače budou použity pro určení koncových pozic žaluzií, kde bude docházet k zastavení žaluzií. Dostatečné je tedy mít dvou stavové snímače podávající informaci o přítomnosti či nepřítomnosti snímaného objektu. Při snímání pohyblivých částí je vhodné použití bezdotykových snímačů, reagujících na požadovaný předmět v určité reakční vzdálenosti. A tak je minimalizována chyba přejetí koncové polohy.

3.6 Požadavky na akční členy ovládající žaluzie

Natočení žaluzií je požadováno na přesný uhel, tak aby do místnosti pronikalo dostatečné množství světla. Zároveň v letních měsících nesmí docházet k přesvětlování rostlin. Současně v noci bude docházet k úplnému zastínění, aby u rostlin mohla probíhat druhá fáze fotosyntézy. Vytahování žaluzií bude použito i pro obytné místnosti. Ve dne je zde žádoucí úplné vytažení žaluzií. Z toho důvodu bude nejspíše nutno použít dvou rozdílných způsobů pohybu žaluzií. Možnosti jak pohybovat žaluziemi bude uvedeno později v následujících kapitolách.

3.7 Požadavky na akční členy závlahového systému

Požadavky na závlahový systém a systém hnojení jsou stejné, je potřeba v dostatečné míře distribuovat tekutinu a hnojivo k rostlinám. V případě závlahového systému se jedná o čistou, odstátou vodu pokojové teploty, jak bylo specifikováno v tabulce 1. A následně dochází k rozprašování vody skrze trysky na rostliny pro jejich závlahu a současně k rosení. V případě rozvodu s hnojivem je tekutina hnána čerpadlem a distribuována rozvodem přímo do květináčů s rostlinami. Použitá čerpadla musí být napájena 12V. Důvodem použití 12V čerpadla je, že se jedná se o malé bezpečné napětí. Dalším důvodem je již použití tohoto zdroje v aplikaci a je mnohem snadnější spínat μC 12V než 230V z domácí sítě.

4 POPIS PRINCIPŮ SNÍMAČŮ

Existuje nepřeberné množství principů snímání veličin měřených v této úloze. Záleží jen na aplikaci, pro kterou daný snímač potřebujeme, jakou přesnost vyžadujeme a jakým rušivým vlivům budeme muset čelit a bude je nutno kompenzovat.

Základní rozdělení snímačů je na pasivní a aktivní.

- Aktivní snímač svojí podstatou generuje energii, například piezo snímač, vstupem je mechanické napětí (síla) a výstupem je elektrický náboj.
- Pasivní snímač je nutno napájet z řídicího obvodu, který zpracovává naměřenou veličinu.[12]

4.1 Snímače teploty

Teplota je jedna ze stavových proměnných a charakterizuje tak termodynamickou rovnováhu a souvisí s kinetickou energií systémů. Známe několik stupnic, na kterých měříme teplotu. Základní je Kelvinova stupnice, kde 0 °K je absolutní nula. Celsiova stupnice se odvíjí od trojného bodu vody tj. 0 °C, kdy se voda může vyskytovat ve všech třech skupenstvích. Bod varu vody je 100 °C, s porovnáním s Kelvinovou stupnicí je 100 °C = 373,15 °K, velikost stupňů si je rovna[12].

Snímače teploty jsou rozděleny na dvě skupiny, dotykové a bezdotykové. V obou případech najdeme své opodstatnění i nedostatky. Pro splnění požadavků přesnosti dané úlohy a z finančních důvodů budu volit z kontaktních snímačů teploty.

Základní principy kontaktních snímačů teploty:

- Dilatační
- Odporový kovový
- Odporový polovodičový
- Snímače s PN přechodem
- Termoelektrické snímače teploty.

Pro tuto práci je dilatační snímač nevhodný, protože bude měřená veličina oscilovat v malém rozmezí 10 °C – 40 °C. Odporové kovové snímače vyžadují přídatné obvody, které zpracují výstupní hodnotu ze snímače. A ve vhodném formátu tuto hodnotu poskytnou μC , který bude použit na vyhodnocování naměřených hodnot. V tomto projektu budou tedy použity elektrické snímače polovodičové neboli termistory, které jsou pro připojení k μC přizpůsobeny.

Termistory lze rozdělit na

- Pozistory - PTC
- Negastory - NTC

4.1.1 Pozistory

Jedná se o elektrický polovodičový snímač teploty (teploměr) s kladným teplotním součinitelem odporu. Po Curieovu teplotu ϑ_i viz obr. 1, odpor mírně klesá, poté dojde ke strmému nárůstu odporu. Teplotní součinitel odporu α_R [13] je konstanta charakterizující daný materiál v závislosti odporu materiálu na jeho teplotě. α_R může nabývat kladných hodnot, kdy

odpor roste s teplotou. Nebo záporných hodnot α_R , kdy odpor materiálu klesá s rostoucí teplotou.

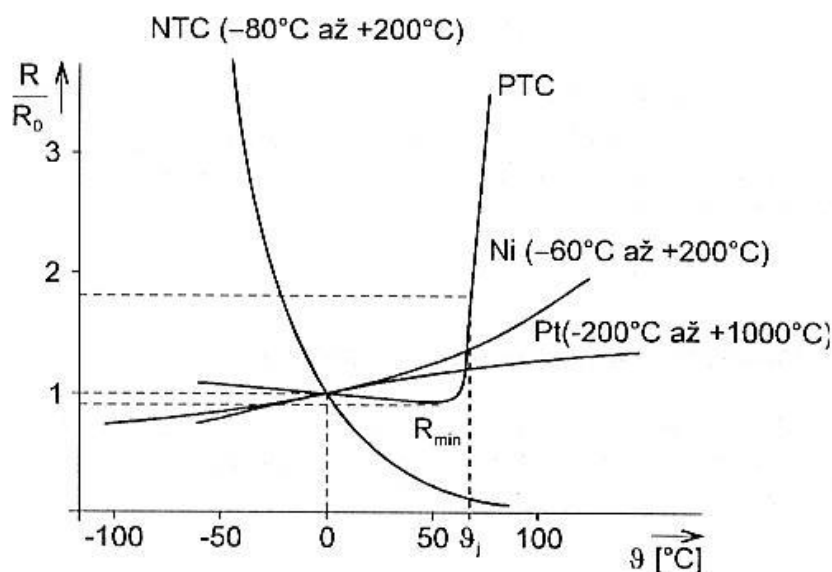
$$\alpha_R = \frac{\Delta R}{R_0 \Delta t} [K^{-1}] \quad (4.1)$$

kde je α_R .. teplotní součinitel odporu
 ΔR ..rozdíl odporů při rozdílu teplot Δt
 R_0 ..počáteční odpor
 Δt ..rozdíl teplot

Curieuv bod se dle konstrukce pohybuje od 40-180 °C. Používá se právě tato část charakteristiky, kde je pozistor nejcitlivější a změna odporu je i několik řádů. Přesný popis principu s rovnicí závislosti teploty na odporu nalezneme v literatuře [12], odkud je převzat (obr. 1) zobrazující závislosti odporu s rostoucí teplotou.

4.1.2 Negastory

Termistory se záporným teplotním součinitelem odporu se nazývají negastory. Rozsah těchto snímačů je přibližně od -50 do 150 °C, existují však i snímače s extrémními rozsahy, už od jednotek K do 1000 °C. Nevýhoda těchto snímačů je nelineární charakteristika závislosti odporu na teplotě. [12]



Obrázek 1 Charakteristiky snímačů teploty [10]

4.2 Snímače vzdušné vlhkosti a vlhkosti půdy

Vlhkost vzduchu nám udává množství vodní páry ve vzduchu. Vzduch je tedy směs suchého vzduchu a vodních par. Množství vodních par je závislé v neposlední řadě na teplotě.

Jednotky pro udávání vzdušné vlhkosti jsou ve své podstatě tři: $[g/m^3]$, $[\%]$, $[kg \times kg^{-1}]$.

4.2.1 Absolutní vlhkost φ

Absolutní vlhkost udává množství vodní páry v jednotce objemu jednoho krychlového metru, jednotky pro toto vyjádření jsou $[g/m^3]$. Množství vodní páry ve vzduchu je omezené a to teplotou, s rostoucí teplotou roste maximální množství vodní páry ve vzduchu. [14]

4.2.2 Relativní vlhkost ϕ

Relativní vlhkost vzduchu udává poměr mezi skutečnou vlhkostí a maximální vlhkostí při dané teplotě, hodnota je udávána v [%]. Pokud tedy máme úplně suchý vzduch má relativní vlhkost 0%. V případě plného nasycení vzduchu vodní parou je relativní vlhkost 100%. [14]

$$\phi = \frac{\varphi}{\varphi^n} * 100\% [\%] \quad (4.2)$$

φ – Absolutní vlhkost vzduchu

φ^n – Absolutní vlhkost vzduchu při úplném nasycení

4.2.3 Měrná vlhkost χ

Je hmotové množství vodní páry připadající na 1 kg suchého vzduchu, tedy vlastně vodní obsah. Udává se v jednotkách $[kg \times kg^{-1}]$. Vyjadřuje se hmotnostním zlomkem, jako poměr hmotnosti vodní páry m_p a hmotnosti suchého vzduchu m_v [14].

$$\chi = \frac{m_p}{m_v} [kg \times kg^{-1}] \quad (4.3)$$

m_p – hmotnost vodní páry

m_v – hmotnost suchého vzduchu

4.3 Metody měření vlhkosti

- Psychrometrická metoda měření vlhkosti

Využívají fyzikálních principů při adiabatickém ději. Při syčení vzduchu u adiabatického děje jsou měřeny teploty mokrého a suchého teploměru. [14]

$$\phi = \frac{p''m}{p'1} - \frac{ps}{p1} A(t1 - tm) \quad (4.4)$$

Kde je

$t1$ teplota suchého teploměru ($^{\circ}C$)

tm teplota mokrého teploměru ($^{\circ}C$)

$p''m, p'1$ parciální tlaky syté páry při teplotách $tm, t1$

$p1$ parciální tlak nenasyčeného vzduchu

ps statický tlak, obvykle barometrický

A psychrometrická konstanta (K^{-1}). Součinitel A je výrazně závislý na rychlosti proudění vzduchu kolem teploměru, nejvíce při hodnotách rychlosti proudění do $2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Při vyšších rychlostech jej lze považovat za konstantu.

- Metoda hygrometrická

Hydrometrická (sorpční) metoda [14] využívá tuhých látek schopných absorbovat vzdušnou vlhkost a tak měnit svůj elektrický odpor. Snímače pracující na tomto principu jsou velmi jednoduché a citlivé.

4.4 Snímače polohy

V tomto systému jak bylo uvedeno v požadavcích na snímače polohy je nejvhodnější použití bezkontaktního snímače dvoustavového. Bezkontaktní snímače mohou pracovat v základě na 4 principech [12] optické, induktivní, magnetické, kapacitní.

- Optické snímače polohy využívají přerušení světelného paprsku. Paprsek je vyslán skrze místo předpokládaného výskytu snímaného předmětu. Na druhé straně je umístěn detektor tohoto paprsku nebo pouze zrcadlo odrážející tento paprsek zpět do čidla kde je umístěn detektor. V druhém případě je situace zjednodušena tím, že vysílač i snímač paprsku jsou v jednom pouzdře. Při výskytu žádaného předmětu v optické dráze dojde k přerušení dopadu paprsku do snímače a situace je vyhodnocena.
- U indukčnostních snímačů při přivedení elektricky vodivého materiálu k aktivní ploše snímače dojde ke změně indukčnosti. Tento princip lze aplikovat pouze na elektricky vodivé materiály.
- Kapacitní snímače reagují na přiblížení vodivých i nevodivých materiálu před aktivní část snímače. Přiblížení předmětu způsobí změnu kapacity vnitřních obvodů snímače a dojde k vyhodnocení na přítomnost objektu u snímače.
- Magnetické snímače jsou složeny ze dvou tenkých jazýčků se vzduchovou mezerou mezi nimi. Při přiblížení magnetu k těmto kontaktům dojde ke spojení jazýčků a tedy k uzavření obvodu, kterým může protékat proud.

5 POPIS PRINCIPŮ AKČNÍCH ČLENŮ

5.1.1 Servomotor

Jedná se o motorek s převodovkou, snímačem natočení výstupní hřídele a řídicím obvodem. Převodovka snižuje vysoké otáčky motoru a zároveň zvýší krouticí moment na výstupní hřídeli. Servomotory jsou schopny natočit výstupní hřídel pouze v rozsahu 180°. Kompenzací za takto malý rozsah pohybu jsou schopny udržovat požadované natočení díky vnitřnímu snímači. Při nastavování natočení hřídele dochází současně k odečítání hodnoty na vnitřním snímači natočení. Tato hodnota je předána řídicímu obvodu v servomotoru a je současně porovnána s požadovanou hodnotou natočení.

5.1.2 Motorek s převodovkou

Dle požadavků se vyrábějí převodovky zrychlující původní otáčky, nebo naopak převodovky na snížení otáček. Snížení výstupních otáček z převodovky má za následek zvýšení krouticího momentu ve stejném poměru, ve kterém byly sníženy otáčky motorku. Tohoto lze využít, pokud je potřeba při minimálních rozměrech dosáhnout vysokých krouticích momentů.

5.1.3 Motorek řízený PWM

Motorek složený z permanentních magnetů a rotoru s navinutými cívkami. Možnost jak řídit tento druh stejnosměrných motorů je změnou jmenovitého napětí na motoru. Při malých výkonech jako v mém případě lze snížení napětí dosáhnout změnou předřadného rezistoru před motorem. Nebo více sofistikovanou metodou použití řízení pomocí PWM. Kdy dochází s frekvencí 490Hz v případě arduina ke změnám výstupní hodnoty napětí. Logické hodnoty na výstupu jsou 1 nebo 0. Tedy 5 nebo 0 voltů. Důležitým parametrem u řízení PWM je střída. Ta udává poměr mezi počtem 1 a 0 na výstupu v jedné periodě. Průměrná hodnota výstupu je tedy dána střídou a napětím. V případě střidy 100% je výstupní napětí stálých 5V, v případě 50% střidy se napětí sníží na 2,5V. Lze tedy plynule měnit hodnoty výstupního napětí. A tak i otáčky a nepřímo i krouticí moment motorku.

5.1.4 Závlahový systém

Distribuci závlahové vody a vody s přídavkem hnojiva budou obstarávat dvě čerpadla, dle požadavků na akční členy napájená 12V SS. Pro rosení bude využito jednoduchého principu průchodu proudu vody skrze malou štěrbinu. Při průchodu vody štěrbinou dochází k tříštění proudu vody na malé kapičky vytvářející jemnou mlhu, dochází tím k zvýšení vzdušné vlhkosti, při dopadu rosy na listy rostlin k jejich očištění a následně k průniku do půdy a závlahy rostlin. Trysky budou směřovány nad rostliny, a bude tak docházet k rozptýlu vody těsně nad samotnou rostlinou. Připevnění trysek bude na dřevěné tyčce umístěné přímo v květináči rostliny, současně na tyčce bude umístěn rozvod vody měkčenou gumovou hadičkou průměru 5mm. Rozvod vody bude veden hlavní trasou, z které budou vyvedeny odbočky T spojkami k jednotlivým rostlinám.

6 PŘEHLED A VOLBA SNÍMAČŮ

Na základě provedeného průzkumu trhu budou v následujících kapitolách uvedeny často používané snímače. Uvedu důležité vlastnosti a na základě toho vyberu snímače pro následující použití v systému.

6.1 Snímače teploty

Na základě průzkumu trhu je vybráno z polovodičových snímačů několik základních zástupců, které dále popíšu a vyberu nejvhodnější pro konstrukci aplikace. Tyto snímače byly vybrány na základě splnění požadavků na snímače a kvůli jejich dostupnosti a kompatibilitě s μC .

- Dallas - 18B20 [15]
- Adafruit- MCP9808 [16]
- Texas instruments - HDC10008 [17]
- Sensirion- SHT11 [18]
- Sensirion- SHT15 [18]
- AOSONG- DHT22 [19]

Porovnávat budu měřicí rozsahy, přesnost, rozlišení, reakční dobu senzoru, způsob komunikace, napájecí napětí a v neposlední řadě finanční náročnost. Vlastnosti budou popsány pro jednotlivé snímače a důležité informace uvedeny v tabulce 2.

6.1.1 Dallas - 18B20

Měřicí rozsah tohoto čidla je od -55 do $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ s přesností $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro rozsah -10 až $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rozlišení je 9 bitové až 12 bitové a maximální reakční době je v případě 12 bitového rozlišení 750ms. Ke komunikaci je zapotřebí jen jeden vodič a čidlo má digitální výstup, což je vhodné pro procesorové zpracování. Napájecí napětí je vhodné volit v rozmezí od 3V do 5,5 V. Cena čidla se pohybuje řádově kolem 100 Kč.

6.1.2 Adafruit - MCP9808

Rozsah MCP9808 je od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ s přesností $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ garantovanou pro rozsah $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, v extrémnějších teplotách je možno čidlo také používat jen nebude dodržena garantovaná přesnost. Opět je možnost vysokého rozlišení až $0,0625\text{ }^{\circ}\text{C}$, toto rozlišení nemá význam, pokud používáme snímač s přesností $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro komunikaci je použito dvou kabelové rozhraní I2C. Převod teploty na datovou zprávu v případě rozlišení $0,0625\text{ }^{\circ}\text{C}$ trvá 250ms. Rozsah vhodného napájení je od 2,7 – 5,5V. Cena se opět pohybuje kolem 100 Kč i s pull down rezistory.

6.1.3 Texas instruments - HDC10008

Následující čidlo kombinuje čidlo teploty a vzdušné vlhkosti, prozatím se budu věnovat jen části teplotního čidla. Rozsah opět od -40 do $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, přesností měření teploty $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Převodník v případě tohoto snímače je 14 bitový což opět poskytuje velmi vysokou přesnost. Pro komunikaci je použito dvou kabelové rozhraní I2C. Rozsah požadovaného napájecího

napětí je 3-5 V. Cena snímače osazeného na plošném spoji společně s nastavovacími rezistory je 250Kč.

6.1.4 Sensirion - SHT11

Senzor SHT11 opět jako v předešlém případě je kombinací dvou čidel v jednom pouzdře. Jedná se o snímač teploty a vlhkosti. Rozsah měřitelných teplot je od -40 °C do 124 °C. Přesnost snímače v mezních podmínkách je ± 2 °C s rozlišením 0,01 °C. Komunikace probíhá přes sériovou link. Napájecí napětí by se opět mělo pohybovat v rozmezí 2,4V- 5,5V. Cena tohoto senzoru je 370 Kč.

6.1.5 Sensirion - SHT15

Snímač SHT 15 je ve své podstatě stejný jako snímač SHT 11 a vylepšenými vlastnostmi. Došlo ke zlepšení přesnosti na hodnotu $\pm 1,5$ °C v mezních podmínkách, typická přesnost je 0,3 °C. Cena tohoto snímače je 730 Kč.

6.1.6 AOSONG - DHT22

Rozsah měřených teplot je u snímače DHT22 -40 °C – 80 °C a přesností 2 °C / 0,5 °C. Snímač je připojen čtveřicí vodičů, dvou napájecích a dvou komunikačních. Napájecí napětí 3,3- 5,5V. Cena snímače 100 Kč.

Tabulka 2 Popis vlastností snímačů teploty

Výrobce	Model	Měřicí rozsah	Přesnost	Rozlišení	Komunikace	Napájecí napětí	Cena
Dallas	18B20	-55 – 125 °C	± 0.5 °C	9-12 Bitů	Jednovodičová	3 - 5.5V	100 Kč
Adafruit	MCP9808	-40- 125 °C	± 0.5 °C	až 0,0625 °C	I2C	2.7 - 5.5V	100 Kč
Texas instruments	HDC10008	-40 – 125 °C	± 0.2 °C	14 Bitů	I2C Seriová linka	3-5V	250 Kč
Sensirion	SHT11	-40 – 125 °C	± 2 °C	0.01 °C	Seriová linka	2.4-5.5V	370 Kč
Sensirion	SHT15	-40 – 125 °C	± 1.5 °C	0.01 °C	Seriová linka	2.4-5.5V	730 Kč
AOSONG	DHT22	-40 – 80 °C	± 2 °C	0.1 °C	I2C Seriová linka	3.3-5.5V	100 Kč

Z důvodu, že některé snímače jsou schopny měřit i vlhkost budou snímače teploty vybrány až současně se snímači vlhkosti.

6.2 Snímače vlhkosti vzduchu

Pro měření vlhkosti budou použity kombinované snímače vlhkosti a teploty. Výběr bude omezen na snímače z kroku, výběr snímačů pro měření teploty. Snímače schopné měřit

obě veličiny jsou: Texas instruments - HDC10008, Sensirion - SHT11, Sensirion - SHT15, AOSONG - DHT22.

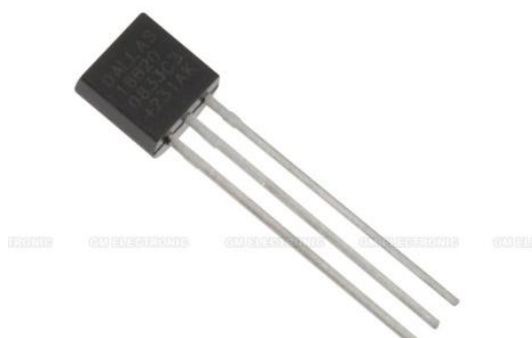
Tabulka 3 Popis vlastností snímačů vlhkosti

Výrobce	Model	Měřicí rozsah	Přesnost	Rozlišení	Komunikace	Napájecí napětí	Cena
Texas instruments	HDC10008	0 - 100%	+/-4%	14 Bitové	I2C seriová linka	3-5V	250 Kč
Sensirion	SHT11	0 - 100%	+/-3.5%	0.05	Seriová linka	2.4-5.5V	370 Kč
Sensirion	SHT15	0 - 100%	+/- 2%	0.05	Seriová linka	2.4-5.5V	730 Kč
AOSONG	DHT22	0 - 100%	+/-2%	0.10	I2C seriová linka	3.3-5.5V	100 Kč

Z výše uvedených a popsaných snímačů teploty a vlhkosti byl vybrán kombinovaný snímač DHT22 (obr. 2). Na základě jeho vlastností, především pro kombinaci dvou snímačů v jednom pouzdře, přesnosti měření vlhkosti a také ceny. Snímač pro měření pouze teploty bude použit snímač Dallas 18B20 (obr. 3) komunikující po seriové lince.



Obrázek 2 Snímač teploty DHT22 [19]



Obrázek 3 Snímač teploty 18B20 [15]

6.3 Snímače vlhkosti půdy

Snímače vlhkosti půdy se využívají převážně při závlaze venkovní zeleně, jako jsou například trávníky, velké záhony. Proto jsou přizpůsobeny k připojení velkých řídicích systému. Nebo jsou napojeny přímo na rozvod vody a při nutnosti závlahy otevřou ventil. Tomu odpovídají i jejich rozměry. Tři základní průmyslové typy čidel vlhkosti půdy nabízené trhem.

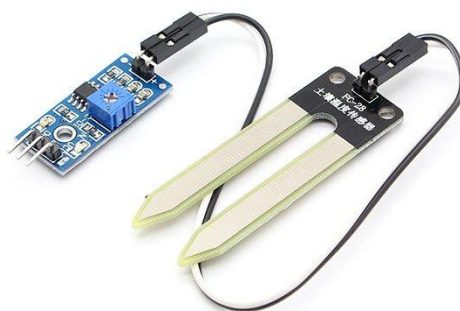
- Rain bird - S.M.R.T. –Y [20]
- EXTOL PREMIUM(8876177)[21]
- Gardena (1188-20) [22]

Tyto snímače jsou pro domácí použití nevhodné z důvodu jejich značné pořizovací ceny a rozměrů, které brání jejich použití v květináčích rostlin.

Pro domácí použití je tedy nutno použít buďto již dříve popsané snímače vlhkosti vzduchu.

Nebo použít snímače určené pro použití s μ C. Pro měření vlhkosti půdy lze v podstatě použít již dříve popsané snímače vlhkosti vzduchu uzavřené v prodyšném pouzdře umístěné do zeminy. Což se v praxi také využívá. Další možností je použití snímače založeného na měření odporu nebo kapacity zeminy mezi dvěma elektrodami. Pro domácí použití je výběr velmi omezen a využívají se různé modifikace čidel FC-28 obr. 4. Zástupcem prvního způsobu měření může být snímač se senzorem SHT10 v sintrovém kovovém pouzdře. S přesností 4,5% napájecím napětím 3-5 V a komunikací po sériové lince jde o obdobu snímačů SHT11 a SHT15. Snímač založený na měření odporu zeminy označován jako FC-28 (obr. 4) je tvořen kuprexidovou deskou pokrytou z obou stran kovovým filmem. Provedení se liší dle výrobce, v některých případech je zde navíc umístěn potenciometr k nastavení nulové hodnoty a současně čip zajišťující komunikaci přes jediný vodič. Informace ze snímače bude vyhodnocována pouze tří stavově, suchá půda, dostatečně vlhká a příliš vlhká. Z toho důvodu také bude vybrán snímač FC-28 který předává hodnotu odporu a ta je analogovým vstupním obvodem μ C vyhodnocena a převedena na hodnotu dle vstupního převodníku.

Rozdíl pořizovacích cen jednoho kusu průmyslového snímače a snímače FC- 28 je 900 Kč, jelikož v aplikaci budou snímače umístěny téměř v každém květináči je i tato stránka důvodem výběru snímače FC-28.



Obrázek 4 Snímač vlhkosti půdy FC-28

6.4 Snímače osvětlení

Na trhu se vyskytují snímače osvětlení od základních až po sofistikované, které jsou schopny připojení na indikační a regulační systémy. Pro domovní systémy je možno použít přípravky firem, jako jsou ABB[23], KIMO[24], Thermokon[25].

- ABB - 2CDG110089R0011

Jedná se o snímač do interiéru s možností spolupracovat s dalšími prvky domácí regulace. Snímač nelze použít samostatně a musí být připojen na řídicí jednotku.

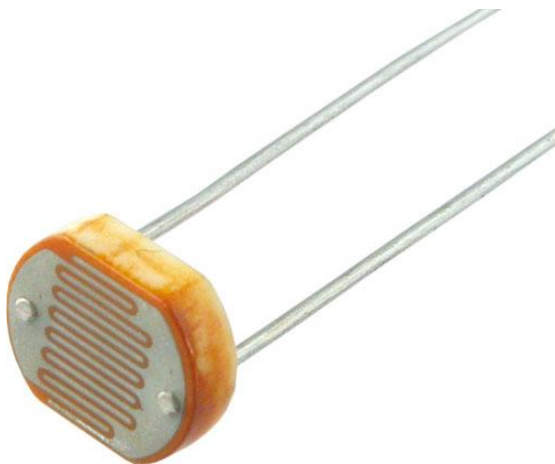
- KIMO - LR 110

Snímač s rozsahem 0 – 10 000lux. S Krytím IP 65 tedy možno použít pro venkovní montáž. Nutno napájet 24 V v aktivním režimu nebo 16-30 V a pasivním režimu. S možností konfigurace s PC

- Thermokon - Li04

Interiérové čidlo s rozsahy 2k Lux, 20k Lux a 100kLux. S nutností napájet snímač 15-24 V SS, nebo 24 V AC. Obr. 6.

Všechny tyto snímače měří intenzitu osvětlení v jednotkách Lux s nutností napájení alespoň 15V, a připojením k složitějším řídicím obvodům než jsou použity v této aplikaci. Z toho důvodu přistupuji k použití základní elektrické součástky fotorezistoru, obr. 5. Jedná se o základní součástku s dvojicí vývodů, která v závislosti na osvětlení mění svůj odpor. Dle typu jsou rozdílné odpory fotorezistoru při úplném zastínění. Hodnoty se pohybují od 100kΩ až k 2MΩ. Jelikož fotorezistor pracuje na principu změny odporu, je nutno jej zapojit na analogový vstup μC . Jak bylo zmíněno v požadavcích na snímače, je požadována stabilita snímače na slunci. Tento snímač tento požadavek splňuje. V případě, že dojde k jeho zničení, je náhrada stejným kusem jednoduchá a finanční zátěž řádově pouze 40Kč.



Obrázek 6 Fotorezistor



Obrázek 5 Snímač osvětlení Thermokon - Li04

6.5 Snímače polohy

Nejjednodušší pro zpracování signálu a využití v tomto systému jsou magnetické jazýčkové snímače (obr. 8) [12]. Při přiblížení magnetů k tomuto snímači dojde ke skokové změně odporu na kontaktech snímače. Výsledný odpor je téměř nulový dán pouze přechodovým odporem na kontaktech snímače. Abychom mohli zpracovávat tento signál a zbytečným způsobem do měření nevnášeli poruchy, bude kontakt připojený na digitální vstup μC připojen pull-up rezistorem $10k\Omega$ na $+5V$. Snímače budou umístěny v horní části rámu okna a na spodní hraně. Horní snímač bude zajišťovat, aby nedošlo k poškození žaluzií při vytahování, spodní snímač zastaví pohyb při úplném zatažení.



Obrázek 7 Servomotor GO-17 MG [34]



Obrázek 8 Koncový spínač [12]

7 PŘEHLED A VOLBA AKČNÍCH ČLENŮ

Na základě provedeného průzkumu trhu jsou v následujících kapitolách uvedeny často používané akční členy. Uvedu důležité vlastnosti a na základě toho vyberu akční členy pro následující použití v systému.

7.1 Členy pro regulaci polohy žaluzií

Jak již bylo dříve zmíněno, pro regulaci natočení žaluzií mohou být využity servomotory, motorky s převodovkou nebo motorek řízený PWM.

Výhodou analogového servomotorku (obr. 7) [34] je možnost přesně určovat polohu natočení rotoru pomocí zpětnovazebního potenciometru, který je pevně spojen s osou rotoru. Další výhodou je vysoký krouticí moment poskytovaný soustavou převodů měnící vysoké otáčky motorku na nižší s větším krouticím momentem. Nevýhodou servomotorku je možnost natočení pouze v rozmezí 0 - 180°, tj. pouze půl otáčky. Tím pádem není možno jej použít na úplné vytažení žaluzií, ale pouze k natáčení popřípadě k jejich uzavření.

Motorek s převodovkou (obr. 9) [35] odbourává nevýhodu omezení počtu otáček rotoru, pokud je použita vhodná převodovka. Krouticí moment této soustavy je shodný se servomotorkem. Naopak nevýhodou je nemožnost přesně kontrolovat natočení nebo počet otáček rotoru. V tomto případě by musela být experimentálně určena doba běhu motorku k dosažení požadované polohy žaluzií. Další možností je použití soustavy koncových spínačů, které v případě dosažení požadované polohy motorek vypne.

V případě motorku řízeného PWM je potřeba použít motorek s větším krouticím momentem, jelikož zde není použita žádná převodovka a není tedy možno zvýšit krouticí moment. Aby nedošlo k poškození mechanismu žaluzií, musí být otáčky ve velké míře omezeny, což bude mít důsledek velkou ztrátu momentu. I v tomto případě platí pozitiva a negativa jako u motorku s převodovkou.

Ve všech výše popsanych situacích je přímo na hřídeli rotoru připevněno ozubené kolečko (obr. 10), z mechanismu žaluzií, které bude přenášet točivý pohyb rotoru na svislý pohyb řetízku žaluzií.



Obrázek 9 Motorek s převodovkou 25GA DC 12V [35]

V této aplikaci budou použity první dva způsoby ovládání polohy žaluzií, jelikož je nutno ovládat jak natočení tak i úplné zatahování a vytahování žaluzií. Způsob s PWM řízením nebude použit z důvodu nutnosti použít mnohem výkonnější a tudíž dražší motorek než v ostatních případech. Konkrétně v případě analogového servomotoru jde o servo s označením GO-17 MG (obr. 8) s deklarovaným momentem 2,5kg/cm, což je dostatečná hodnota, jelikož pro natočení žaluzií je potřebná hodnota necelých 1,3kg ve svislém směru, měřeno zavěšením závaží přímo na řetízku žaluzií. Pro úplné vytahování žaluzií bude použit motorek (obr. 9), s označením 25GA DC 12V. Jedná se o stejnosměrný motorek napájený 12 Volty s momentem 13kg/cm a 30 otáčkami za minutu. V případě takto nízko otáčkového motorku nebude problém řídit i přesné natočení žaluzií. Na osu motorku s převodovkou i na osu servomotoru je připevněno kolečko žaluzií, které zajišťuje přenos otáčivého pohybu z osy na svislý pohyb řetízků žaluzií.



Obrázek 10 Kolečko žaluzií

7.2 Členy pro rosení a zálivku rostlin

Pro zálivku, rosení a hnojení jsou použity dvě ponorná čerpadla jedno čerpadlo bude distribuovat zálivkovou vodu, druhé vodu s přídavkem hnojiva. Rozvod pro zálivkovou vodu je separován od vody s přídavkem hnojiva. Zálivková voda je vyvedena nad rostliny k tryskám a voda s hnojivem je vyvedena do zeminy, aby nemohlo dojít k případnému popálení rostlin, popřípadě k jejich jinému poškození při kontaktu s hnojivem.

Nejvhodnější trhem nabízené varianty čerpadel jsou čerpadla Barwig[31] a COMET Ocean Softstart[32]. Barwig obr. 12 toto čerpadlo je napájeno 12V a vstupní proud při zátěži je 1,5 – 2 A. Maximální průtok čerpadlem je 12 l/min, čerpací tlak 0,6 barů a maximální výškou výtlaku 6m. Doporučení pro provoz, omezení činnosti čerpadla na 30 min. Z důvodů jeho poškození. Cena tohoto čerpadla je 400kč

Další možností je použít čerpadlo COMET Ocean Softstart. Čerpadlo je napájeno 12V a proudem 5A. Toto čerpadlo poskytuje maximální průtok 21 l/min s maximální možnou výškou výtlaku 15m, cena tohoto čerpadla je 900kč.

Obě čerpadla používají hadičku pro rozvod tekutiny o průměru 10mm. Zvoleno bylo čerpadlo Barwig z důvodu menšího provozního proudu a vhodně malému průtoku, kdy nedochází k zalévání rostlin silným proudem vody.



Obrázek 11 Tryska závlahového systému



Obrázek 12 Čerpadlo Barwig závlahového systému [31]

8 VOLBA ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

Dle zadání bude jako řídicí jednotka zajišťující vyhodnocování dat ze snímačů, ovládání akčních členů, použit μC Arduino nebo Raspberry PI. Tyto μC jsou pro průmyslovou aplikaci nevhodné, ale pro porozumění práci tohoto typu jsou ideální.

8.1 Arduino

Arduino bylo vyvinuto v roce 2005 v Itálii jako platforma pro studenty, od té doby je stále rozšiřováno a vyvíjeno jako open-source. Arduina pracují na μC společnosti Atmel, konkrétně se jednalo z počátku o ATmega 8, ATmega 328. Později byly 28 pinové čipy nahrazeny SMD čipy ATmega 1280 a 2560[26], vzrostl tak výpočetní výkon, velikost uživatelských pamětí a počet vstupních/výstupních pinů. Nejnovější modely Galileo a Galileo gen2 byly vyvíjeny společně se společností Intel a jsou osazeny procesory této firmy.

Programování čipů probíhá pomocí programovacího jazyka Wiring, který vychází z programovacího jazyka C a jsou zde dále příkazy pracující se samotným čipem a další.

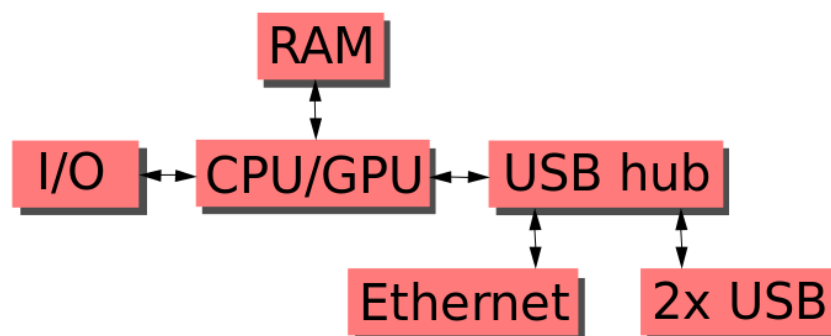
Jako obslužný program je použito Arduino IDE sloužící jako vývojové prostředí, výhodou tohoto prostředí je jeho jednoduchost přehlednost a částečná pomoc při psaní kódu rozlišením příkazů barvou. Jako vývojové prostředí lze také využít Microsoft Visual studio s nainstalovaným Arduino pluginem, v tomto prostředí jako u běžného VS dochází k větší pomoci programu při psaní kódu například s doplňováním párových značek, jako jsou závorky a uvozovky.

Podpůrné karty označované jako shield, jsou další karty připravené k nasazení na piny samotného Arduina bez použití dalších vodičů. Nejpoužívanější periferie jsou tak implementovány na tyto shieldy a je tím usnadněna práce s nimi. Podpůrným prostředkem jsou také knihovny pro práci s těmito shieldy, obstarávající veškerou komunikaci a zpracovávající příkazy, stačí tedy patřičným způsobem použít příkazy a o jejich vykonání se knihovna postará již sama.

8.2 Raspberry PI

Raspberry PI bylo podobně jako Arduino vyvinuto v roce 2012 pro podporu výuky informatiky ve školství v Anglii. Primárním operačním systémem je Linux. Výkonnou jednotkou jsou procesory ARM s řádovou frekvencí 700 MHz a více a 256 nebo 512 MB RWM paměti což je obdoba pamětí RAM. Uspořádání jednotlivých komponent vidíme na blokovém schématu (obr. 13). Základem je čip společný pro procesor a grafickou jednotku, procesor dále komunikuje s vstupně/výstupními obvody, RWM pamětí a USB hubem, který dále obsluhuje komunikaci Raspberry Pi s okolím pomocí USB portů a RJ45 konektoru. Již první model byl osazen konektorem HDMI jako výstup pro monitor s vysokým rozlišením. Dalším konektorem je audio výstup JACK 3,5mm. Postupem času docházelo k vývoji procesorů zvětšování pamětí a přidávání konektorů. Až do současné podoby čtyřjádrového procesoru s taktem 900MHz, 1GB RWM paměti společné s grafickou kartou, slot pro SD kartu, 4 USB porty a ethernetový konektor RJ45. V případě potřeby komunikovat s periferiemi mimo rozhraní USB je osadit Raspberry přídatnými moduly. Tyto moduly vznikly neoficiální cestou, jelikož je Raspberry open-source jako Arduino, není tedy problém vytvořit svojí vlastní desku podle potřeby. Tři

základní přídatné moduly zajišťují digitální výstupy, výstupy s relé A/D, D/A převodník, a tlačítka pro ovládání. Vše je připojováno přes 26 pinový konektor, který také najdeme na desce Raspberry [27].



Obrázek 13 Blokové schéma RASPBERRY PI [27]

8.3 Porovnání a volba řídicí jednotky

V aplikaci bude použito Arduino jako řídicí jednotky hned z několika důvodů. Většina navržených snímačů má analogový výstup tzn. při použití 6 snímačů vlhkosti půdy, jednoho teplotně vlhkostního čidla a dvou fotorezistorů jako snímačů osvětlení, je potřeba hned devět analogových vstupů a další analogové výstupy pro řízení akčních členů, což nemůže poskytnout žádný přídatný modul pro Raspberry. I v případě možnosti využít přídatný modul pro analogové vstupy, jsou ceny modulů nesrovnatelně dražší než u Arduina. Další výhodou jsou již zkušenosti s prací na platformě Arduino. Rozdílné modely platformy Arduino budou popsány v podkapitolách a vybráno nejvhodnější pro použití v systému.

8.4 Arduino Mini

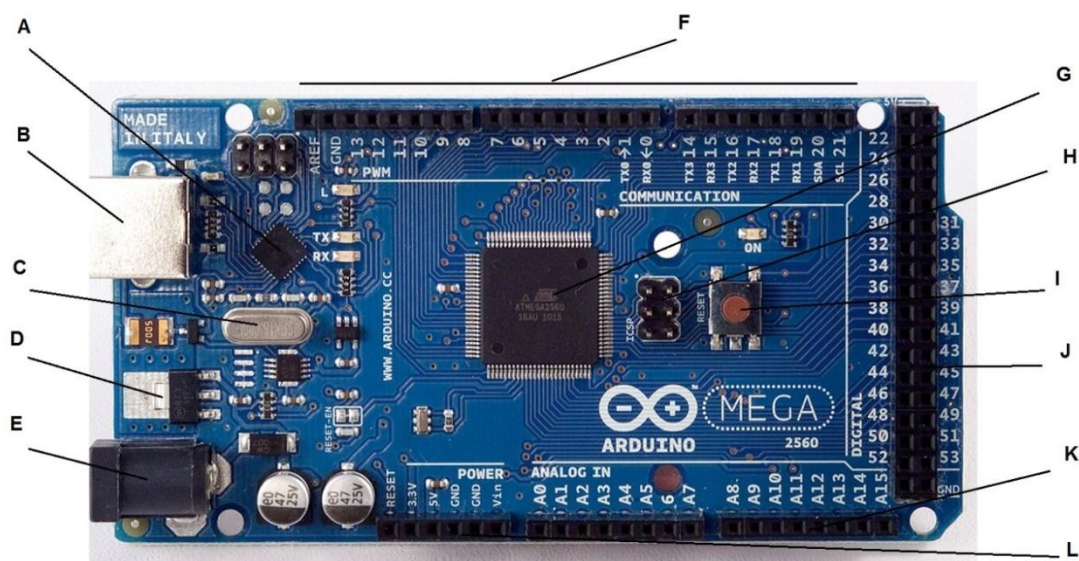
Jedna z nejmenších verzí platformy Arduino. Založená na μ C Atmega 168, později Atmega 328. Arduino mini poskytuje 14 digitálních pinů a 8 analogových. Model je osazen 16MHz krystalem. Šest digitálních pinů lze použít pro řízení pomocí PWM. Analogové vstupní piny poskytují 10 bitový převodník, tzn. 1024 hodnot. Arduino lze napájet napětím o velikosti 7 – 9 V.

8.5 Arduino Uno

Nejrozšířenější platforma Arduina je Arduino UNO, kompaktní vývojová deska. S 14 digitálními a 6 analogovými piny, opět s možností řídit periferie PWM a 10bitovým převodníkem na analogových pinech. Napájet lze napětím 7-12 V, v krajním případě 6-20V. Oproti Arduino Mini má Uno bootloader přímo na desce a je možno připojit přímo PC k vývojové desce pro její naprogramování. Součástí Atmegy 328 je Flash paměť o velikosti 32KB.

8.6 Arduino Mega

Mega je osazena čipem ATmega 2560 s kmitočtem 16 MHz. 54 vstupně výstupních pinů je dostatečné na rozsáhlejší projekty, z nichž 15 může být použito jako PWM výstup a dalších 16 analogových vstupů s 10 bitovým převodníkem pro připojení periferií, (obr. 14) [28]. Mega disponuje flash pamětí o velikosti 128KB, SRAM pamětí 8KB a EEPROM pamětí o velikosti 4KB. Jako model Arduina jsem vybral Arduino Mega, ostatní modely nebyly zvoleny pro nedostatek analogových vstupů.



Obrázek 14 Arduino MEGA

- A. USB převodník na sériovou komunikaci
- B. USB A konektor
- C. Krystal 16MHz
- D. Stabilizátor 5V
- E. Konektor napájení
- F. Piny 2 - 13 poskytují PWM řízení, piny 14 – 21 4x UART + ISC
- G. ATmega 2560
- H. ICSP rozhraní
- I. Resetovací tlačítko
- J. Digitální vstupně/výstupní piny z nichž 44 - 46 poskytují PWM řízení
- K. Analogové piny
- L. Piny napájecích napětí 3,3V a 5V, GND

9 VÝKONOVÁ NÁROČNOST SYSTÉMU

Vybrané akční členy byly nejprve zapojeny přímo na napájecí napětí a byl změřen odebíraný proud. Dle naměřených hodnot budou v následujících kapitolách vypočteny a navrženy optimální spínací prvky pro akční členy. Dále je navržen stabilizátor napětí 5V. Tímto zdrojem jsou napájeny servomotor, display, RTC, snímače vlhkosti půdy, teploměry, koncové spínače, snímače osvětlení.

Uvedení napájecího napětí a odebíraného proudu.

Motorek s převodovkou	12V	150mA
Čerpadla	12V	2x 1.1A
Arduino	12V	65mA
Servomotor	5V	100mA (v zátěži max 500mA)
Display	5V	45mA (8mA vypnuté podsvícení)
RTC	5V	8mA
Snímače vlhkosti půdy	5V	5x 5mA
Teploměry	5V	2x 5mA

9.1 Stabilizátor napětí

Stabilizátor napětí je použit z důvodů nutnosti napájet některé části systémů napětím 5V. Součet proudů všech komponent napájených napětím 5V je 600mA. Aby byla zachována proudová rezerva i při použití dalších komponent například servomotoru je použitý stabilizátor 78S05 s vhodným zapojením, které je zobrazeno na obrázku 16. Stabilizátor je mimo spínací desku a je připojen dvojicí konektorů. Základ tvoří stabilizátor napětí 78S05 v pouzdře TO220 a maximálním výstupním poskytovaným proudem 2A. Maximální vstupní napětí je 35V. Součástí obvodu stabilizátoru jsou vyhlazovací kondenzátory. Kompenzující zvlnění vstupního napětí. Součástí je také ochranná dioda 1N4004. Dle změřených zatěžovacích proudů je ztrátový výkon stabilizátoru 4,2W, při maximálním sepnutí dvou největších spotřebičů servomotoru a podsvícení displaye. Většinu běhu systému bude odběr ze stabilizátoru do 100mA tz. ztrátový výkon 700mW. Pro snížení tepelného namáhání je stabilizátor 78S05 osazen chladičem z hliníkového profilu o váze 12 g a rozměrech 25 x 23 x 16 mm.

9.2 Návrh spínací desky

Spínací deska je použita jako mezistupeň a oddělovač signálového vedení a napájecí části. Na tento komponent jsou přivedeny signálové vodiče z μC a vodiče od jednotlivých akčních členů a snímačů systému. Dále zde jsou umístěny tlačítka, signalizační diody, připojen display, RTC a spínací prvky pro čerpadla a motorek s převodovkou. Schéma spínací desky je na obrázku 15.

9.3 Spínací prvky pro čerpadla

Pro spínání zátěží řádově v jednotkách ampér jsou k dispozici unipolární tranzistory, bipolární tranzistory, reléové spínače a optotriaky. V případě bipolárního tranzistoru není

možno jedním prvkem sepnout velkou zátěž při poskytnutí maximálně 20mA z μC . Je tedy nutno použít vícestupňové řazení tranzistorů. První zesílí proud z μC na takovou úroveň, aby výkonový tranzistor většinou s malým zesilovacím činitelem h_{21e} byl schopen sepnout zátěž několika ampér. Reléové spínače mají proud potřebný k sepnutí také vyšší než maximálních 20mA možných, poskytujících Arduinem. Popřípadě SSR schopná sepnout 2A jsou řádově dražší než mnou použitá metoda. Z toho důvodu jsem použil unipolární tranzistory. Tyto tranzistory jsou ovládány elektrickým polem. Základní vlastností je řádově menší vstupní proud než v případě bipolárních tranzistorů. To umožní použití jako spínacího prvku pro zavlažovací systém.

Jako spínací prvek čerpadel jsem zvolil unipolární tranzistor BTS 117 s pouzdem TO-220[29]. Tento tranzistor byl vybrán pro maximální hodnotu spínacího proudu 3.5A, a hodnotu spínacího napětí 60V. Navíc je opatřen ochranou proti přetížení, přepětí a tepelnou ochranou. Další podmínkou bylo malé napětí pro sepnutí 2V, kdy Arduino je schopno poskytnout maximálně 5 V. K tranzistoru mimo čerpadlo je připojena ochranná dioda.

9.4 Spínací prvky pro motorek žaluzií

Motorek použitý pro ovládání žaluzií má maximální proud při zátěži 100mA. Z důvodů nutnosti měnit polaritu napětí přiváděného na motorek pro změnu směru otáčení, je použit H-můstek, který je schopen tuto úlohu zastat. Pro spínání stejnosměrného motorku jsem vybral H-můstek L293D v pouzdře DIP16[30]. L293D je schopný sepnout 600mA při napětí až 36V. Na tento H-můstek jsou přivedeny dva signálové vodiče ovládající směr točení motorku nebo jeho brzdění. Dále má H-můstek piny pro napájecí napětí motorku 12V, společnou svorku GND a pin napájení z arduina.

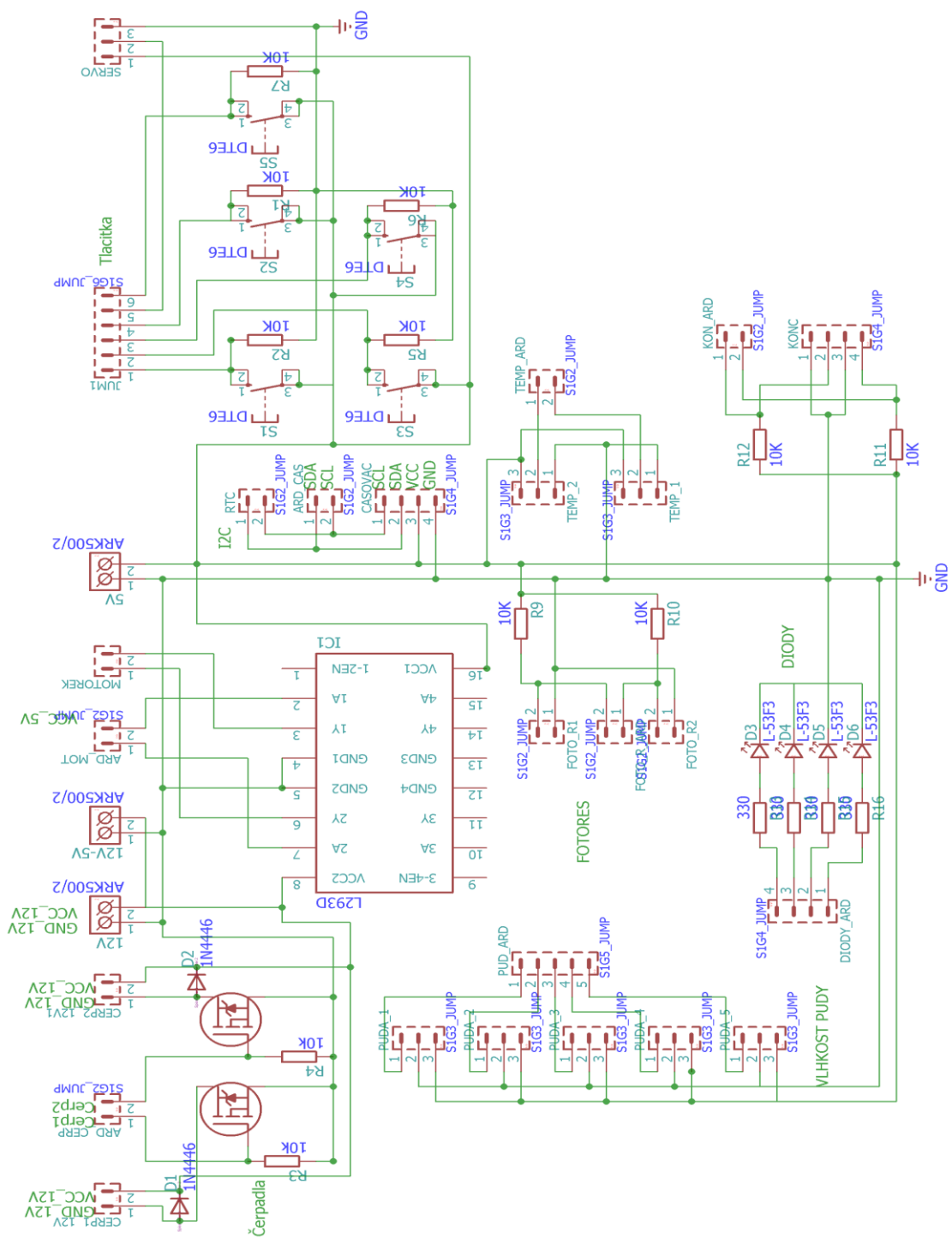
9.5 Další prvky na spínací desce

Dále na spínací desce je 5 tlačítek pull-down rezistory, 2 tlačítka pro pohyb žaluzií motorkem s převodovkou, 2 pro ovládání servomotoru a poslední zlatíčko pro sepnutí podsvícení displaye. Pull-down rezistory byly zvoleny s ohledem na minimalizaci proudu odebíraného z Arduina, zvolená hodnota je 10k Ω a protékající proud je 0,5mA. Na desce jsou také piny pro signalizační led diody. Rezistory k diodám jsou vypočítány tak, aby diodou protékal proud 10mA. Úbytek napětí na diodě je 2,2V. Zvolen odpor 330 Ω .

$$R = \frac{U - U_d}{I} = \frac{5 - 2.2}{0.01} = 280 \Rightarrow 330\Omega \quad (9.1)$$

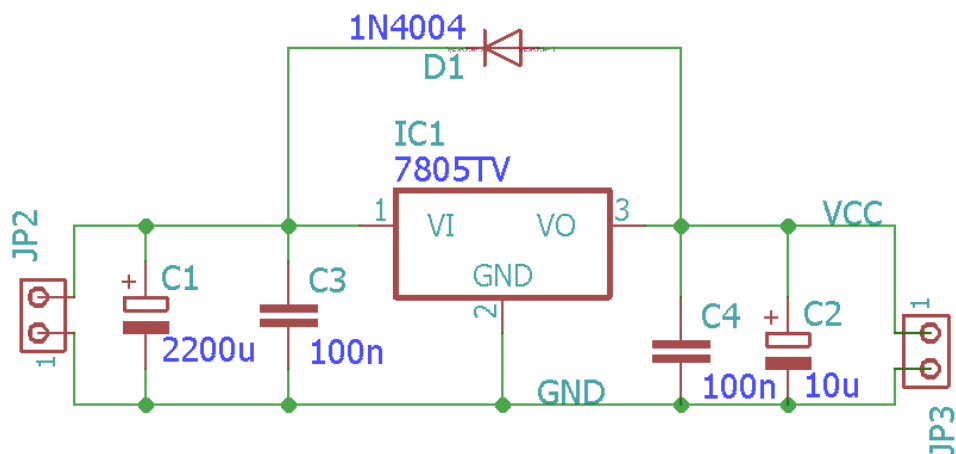
R	hodnota odporu
U	Napájecí napětí
U_d	úbytek napětí na diodě
I	protékající proud diodou

Kontakty od koncových spínačů polohy žaluzií s pull-up rezistory. Fotorezistory, kontakty pro teploměry, display a obvod reálného času jsou zde také připojeny. Zapojení fotorezistorů bude následovné, z napájecího pinu je vyveden vodič na fotorezistor a na druhý přípojný bod je přepojen vodič vedený na analogový vstup a současně přes nastavovací rezistor s hodnotou 10k Ω na pin GND na μC . V podstatě se jedná o napěťový dělič.

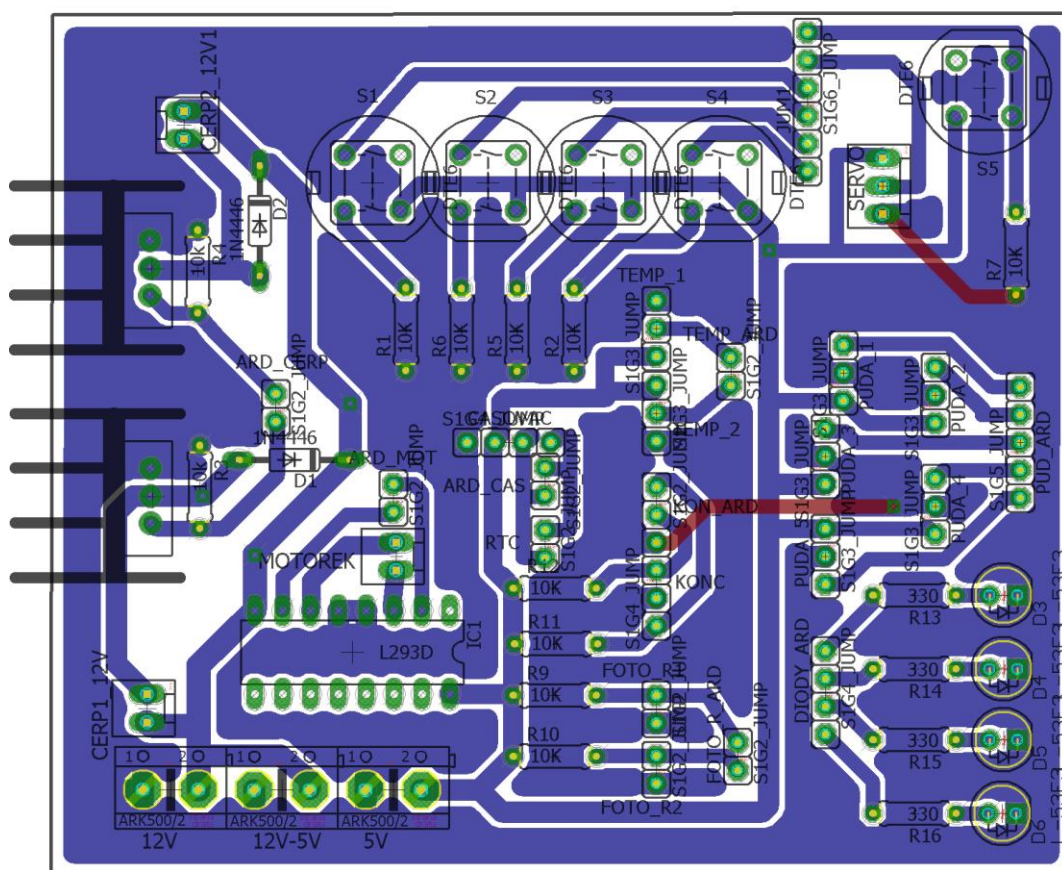


Obrázek 15 Schéma spínací desky

V aplikaci jsou použity dva snímače osvětlení s hodnotou $500\text{k}\Omega$ při úplném zastínění, jeden umístěn v místnosti v prostoru rostlin a druhý vně budovy na snímání vnějšího osvětlení. Výsledná podoba desky vytvořená programem EAGLE je na obrázku 17.



Obrázek 16 Schéma stabilizátoru napětí 5V



Obrázek 17 Provedení spínací desky

10 POPIS FUNKCE SYSTÉMU

Výsledný systém reaguje na snímače osvětlení. Pokud rozdíl intenzit dosáhne zvolené hodnoty určené experimentálně při testování systému. Dojde k vytažení žaluzií motorkem a k natočení žaluzií servomotorem. Servomotor nastaví žaluzie do takové polohy, aby do místnosti pronikalo co největší množství světla a rozdíl na snímačích byl tedy co nejmenší. Aktivní plocha snímače je umístěna do horizontální polohy. Řídící deska obsahuje 5 tlačítek pro manuální nastavení polohy žaluzií a posvícení displeje. Každý akční člen je ovládán dvojicí tlačítek. Jedno pro pohyb vytažení a druhé pro stažení žaluzií. Stiskem tlačítka S1 pro vytažení dojde k aktivaci motoru a pohyb trvá do přerušení stisku tlačítka S2 pro stažení nebo do aktivace koncového snímače. Při manuálním ovládání žaluzií servomotorem stisk S3 a S4 ovládacích tlačítek znamená změnu natočení o 5° oproti aktuální poloze. Tlačítko S5 zapne podsvícení displeje, ale neuvede řízení do manuálního režimu. Automaticky za pomoci RTC jsou žaluzie stahovány ve večerních hodinách. Je zadán i čas na automatické vytažení žaluzií. Arduino je naprogramováno tak, aby se jednou denně resetovalo. Arduino Mega má pin pro externí reset, toho je zde využito a z digitálního pinu na tento resetovací pin denně přiveden impuls. Je to z důvodu zajištění správné funkce systému a současně se resetuje stavová proměnná rozlišující automatický a manuální režim. Po restartu je implicitně nastavený automatický režim, po jakémkoli zásahu do ovládání natočení žaluzií se změní stavová proměnná a systém funguje v manuálním režimu. Nereaguje na snímače osvětlení a všechny pohyby musí být zajištěny manuálně. Reset lze vyvolat i dříve než je nastaveno a to resetovacím tlačítkem na Arduino Mega, viz obrázek 13. položka I.

μC každých 12 hodin změří jednotlivé vlhkosti půdy. Pokud některé čidlo vyhodnotí malou vlhkost půdy, dojde k sepnutí čerpadla závlahy. Jelikož jsou jednotlivé trysky seřizeny, mohou být všechny rostliny zalévány současně bez rizika nadměrné závlahy některých rostlin. Úrovně pro sepnutí závlahy byly určeny při testovacím provozu, kdy byla měřena vlhkost a porovnána se skutečným stavem vlhkosti půdy kontrolovaným pozorováním.

Signalizační diody použity pro zobrazení činnosti akčních členů, kdy jsou diody D4, D5 a D6 rozsvíceny při činnosti nakládání žaluzií motorkem a servomotorem nebo je aktivní čerpadlo závlahy. Dioda D3 indikuje základní stav, kdy je připojeno napájení, akční členy jsou neaktivní, tlačítka a koncové spínače nesejmuty a display nerozsvícen. Pokud jsou tyto požadavky splněny, D3 svítí. Pokud D3 nesvítí a přesto systém nevykonává žádnou činnost, s největší pravděpodobností nastala chyba. Možností je odpojený snímač, vadné tlačítko.

Na display jsou zobrazována aktuální data. Teploty a vlhkosti snímačů, intenzity osvětlení, aktuální čas, časy pro automatické vytažení a zatažení žaluzií, aktuální natočení servomotoru a vlhkosti půdy pro jednotlivé rostliny. Display je při jakémkoli stisku tlačítka podsvícen pro lepší čitelnost zobrazovaných dat, viz obrázky 26 – 28. Na první obrazovce jsou informace o naměřených intenzitách osvětlení, teploty a vlhkosti vnitřní a vnější, časy nastavené pro automatické vytažení a zatažení žaluzií, a aktuální čas. Po přepnutí jsou zobrazena data vlhkosti půdy a limit pro sepnutí čerpadla závlahy. Přepínání mezi zobrazováním hodnot je automatické.

11 POPIS ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

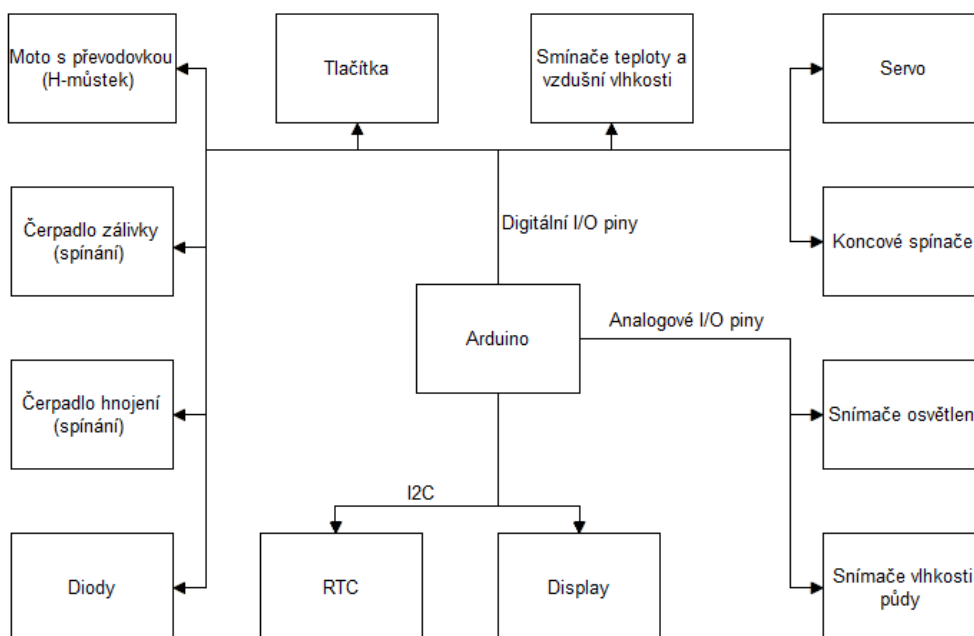
Celá aplikace je napájena ze spínaného zdroje S-360-12 s výstupním napětím 12V a poskytující výstupní proud až 30A.

Dále na zdroj je připojen stabilizátor napětí na 5V s maximálním zatížením 2A. Z tohoto stabilizátoru jsou napájeny další obvody, jako jsou snímače vlhkosti půdy, display, servomotor, snímače osvětlení popřípadě tlačítka pro pohyb mezi údaji zobrazovanými na display. Display je čtyř řádkový s 20 znaky na řádku.

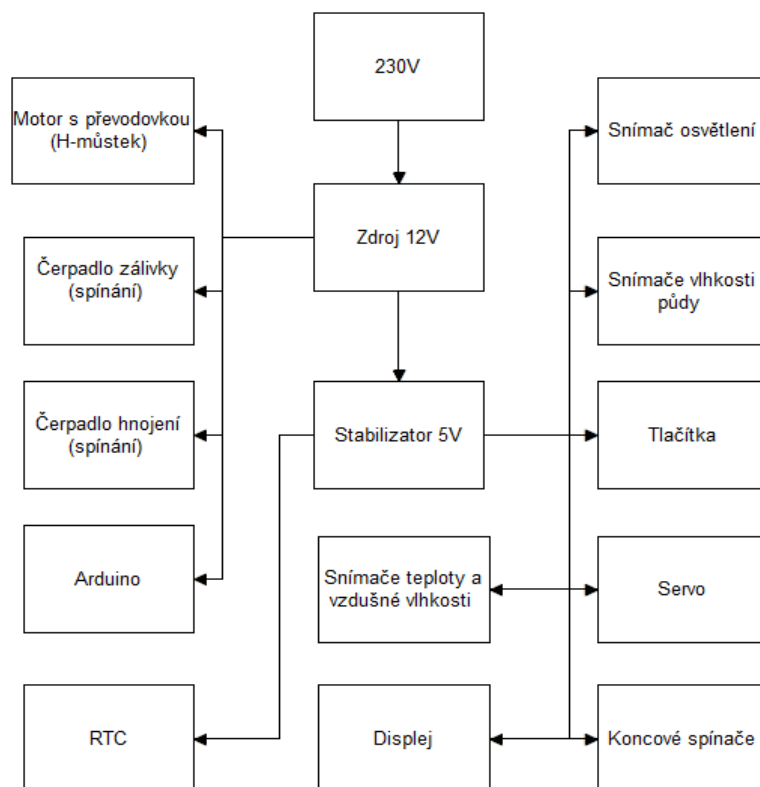
Hlavní jednotka bude obsahovat Arduino Mega, display, spínací desku, stabilizátor napětí 5V. Vyvedeny budou přímo konektory při připojení všech komponent, bude tedy možno jednotku zcela odpojit a jednotlivé komponenty vyměnit.

Pro snímače, které nebudou umístěny v těsné blízkosti centrální jednotky a jsou připojeny na analogový vstup Arduina, bylo nutno softwarově vykompenzovat hodnotu rezistoru datových vodičů, aby nedošlo ke zkreslení vyhodnocovaných dat. Při nenulové hodnotě rezistoru vodičů je započítán odpor do naměřené hodnoty a dochází k chybě měření. Tato chyba bude odstraněna změřením hodnoty snímačem s vedením v požadované délce následně s minimálním vedením, rozdíl hodnot bude kompenzován softwarově, pro každý snímač samostatně.

Obrázky 18 a 19 znázorňují napájecí a datové schéma celého systému. Jsou zde rozkresleny jednotlivé komponenty a popsány druh připojení, jestli se jedná o analogový/ digitální nebo rozvod 5V a 12V sítě.



Obrázek 18 Datové schéma systému



Obrázek 19 Napájecí schéma systému

12 CENOVÁ KALKULACE APLIKACE

U modulů, jak byly rozděleny do sekcí podle popisu a výběru, budou uvedeny ceny a bude stanovena výsledná cena systému. Cena nezahrnuje spojovací materiál, úložný box pro Arduino s displayem. Ceny uvedené v závorkách jsou pořizovací ceny součástí při nákupu v ČR. Ceny bez závorek jsou ceny při nákupu v zahraničí.

1. Snímače
 - 1.1. Světla..... 2 x 80Kč
 - 1.2. Teploty a vlhkosti.....2 x 100Kč
 - 1.3. Vlhkosti půdy..... 5x 100Kč
 - 1.4. Polohy2 x 100Kč
2. Akční členy
 - 2.1. Servomotorek..... 200Kč
 - 2.2. Motorek s převodovkou..... 250 Kč
 - 2.3. Čerpadla.....2 x 400Kč
 - 2.4. Trysky 300Kč
3. Řídicí deska350
4. Arduino Mega (cena v ČR).....300Kč (1150Kč)
5. Display - Serial 3.1" LCD 2004 Display Module..... 200 Kč
6. Zdroj – spínaný zdroj 12V, 30A (cena v ČR)900 Kč (2250Kč)
7. Součet 4360kč (6560kč)

13 ODZKOUŠENÍ SYSTÉMU

Při testování a zkoušení systému jako celku byly současně nastaveny některé proměnné nutné pro správnou funkci a správné chování. Jedná se o hodnoty vlhkosti půdy pro sepnutí zavlažování, dobu zavlažování, rozdíl hodnot snímačů osvětlení a také počáteční polohu servomotoru ovládající natočení žaluzií. Tyto hodnoty jsou použity ve zdrojovém kódu pro arduino, který je přiložen v přílohách na CD. Testováno bylo zahřívání spínacích prvků a stabilizátoru napětí. H-můstek se při běžném provozu nehřál vůbec. K tranzistorům spínající čerpadla byly přidány chladiče 15 x 17 x 23 mm. Při delším zavlažování docházelo k mírnému zahřátí, kdy povrch bez chladiče byl oteplen na 45 °C. Po přidání chladičů byla teplota o 10 °C nižší. Stabilizátor 5V zajišťuje úbytek napětí 7V, z toho důvodu byl navržen chladič 25 x 23 x 16 mm, který je připevněn šroubem a teplovodivou pastou a je nutný pro provoz.

Rovnoměrnost zavlažování rostlin je zajištěno seřizením průtoků jednotlivých trysek, které bylo součástí testovacího provozu systému. Trysky jsou nastaveny na téměř stejný průtok a je zohledněna velikost květináče zavlažované rostliny. I přesto není vyloučena nadměrná závlaha rostlin, kterou by bylo možno odstranit umístěním elektroventilů ke každé rostlině a spustit závlahu ideálně pouze pro rostlinu s nedostatečnou vlhkostí půdy. U snímačů vlhkosti půdy je důležité stejnoměrné zapuštění do zeminy v květináči, což velkým způsobem ovlivňuje naměřenou hodnotu. U snímačů v substrátu více založeném na rašelině se po delší době začaly projevovat destruktivní účinky elektrolyzy, mizením kovového povrchu snímače vlhkosti půdy. Řešením tohoto problému může být odstranění trvalého napájení snímačů. A spínat napájení v časových intervalech a pouze na dobu nezbytně nutnou pro změření vlhkosti půdy.

Ovládání pomocí servomotorku a motoru s převodovou jsou vhodně zvolené komponenty. Je to z důvodu snadnosti řízení a použitelnosti, klíčovou vlastností je nastavení rozmezí při jakém rozdílu vnější a vnitřní intenzity nastavovat žaluzie. Aby nedocházelo k neustálému pohybu žaluzií, ale do místnosti pronikalo největší množství světla. Pro ovládání žaluzií pomocí servomotoru a koncových spínačů je nutno na žaluzii umístit magnet, který sepne koncový spínač.

Výsledný systém dle zadání realizuje všechny požadované body a systém tedy plní požadovanou úlohu zajištění optimálních podmínek pro růst rostlin.

14 ZÁVĚR

Práce se zabývá teoretickým popisem optimálních podmínek rostlin. Volbou podmínek, které jsou udržovány a jsou brány jako optimální pro všechny rostliny v systému. Dále se práce zabývá popisem principů měření teplot, vlhkosti vzduchu, osvětlení a polohy. Jsou zvoleny snímače teploty, vzdušné vlhkosti, vlhkosti půdy, koncové polohy a osvětlení. A byly zakoupeny pro projekt. Vybrány byly i akční členy. V práci jsou popsány řídicí členy, Arduino a Raspberry PI. Na základě získaných informací a potřeby zpracovávat analogové signály byla vybrána platforma Arduino, konkrétně Arduino Mega.

Přínosem práce je navržení samostatného systému, zajišťujícího automatickou péči o zavlažování rostlin a jejich světelnou pohodu. V práci byly zvoleny požadavky na snímače, akční členy, spínací prvky akčních členů. Na základě zvolených požadavků byl vytvořen systém, současně byla naprogramována SW stránka aplikace a systém sestrojen a odzkoušen, což je popsáno v předchozí kapitole. SW pro Arduino je přiložený k práci na CD.

Dalším možným vylepšením je spojení Arduina a ethernet sheeldu a ukládání naměřených dat na internet. Odkud by bylo také možno vzdáleně ovládat žaluzie. Dále lze přidat elektroventily k jednotlivým rostlinám a zalévat rostliny individuálně. A minimalizovat tak možnost přelití rostlin.

LITERATURA

- [1] Jak pěstovat klerodendron neboli blahokeř? Dvojka [online]. ČRo Dvojka, 2013 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/dvojka/rady/_zprava/jak-pestovat-klerodendron-neboli-blahoker--1174989
- [2] Clerodendrum thomsoniae Balf. f. Tobudetecubr: kvetiny [online]. 2007 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://kvetiny.tobudetecubr.net/detail.php?rostlina=clerodendrum-thomsoniae>
- [3] Jak pěstovat ficus benjamina: Zahrada a Rostliny. Jaktak [online]. Hradec Králové: Solex Services s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.jaktak.cz/jak-pestovat-ficus-benjamina.html>
- [4] Ficus benjamina L. Tobudetecubr.net: kvetiny [online]. 2007 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://kvetiny.tobudetecubr.net/detail.php?rostlina=ficus-benjamina>
- [5] Svět bydlení: zahrada-a-kvetiny [online]. BRNO: Svět bydlení, 2012 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.svet-bydleni.cz/zahrada-a-kvetiny/orchideje-pestovani-a-zajimavosti-1.aspx>
- [6] Konev. Konev: Africká fialka [online]. Praha: MAFRA, a.s., 2012 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.konev.cz/rostliny/africka-fialka/>
- [7] Jaktak.cz. Zahrada a Rostliny: Jak pěstovat africkou fialku [online]. Hradec Králové: Solex Services s.r.o., 2014 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.jaktak.cz/jak-pestovat-africkou-fialku.html>
- [8] Jaktak.cz. Zahrada a Rostliny: Jak pěstovat gloxinie [online]. Hradec Králové: Solex Services s.r.o., 2014 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.jaktak.cz/jak-pestovat-gloxinie.html>
- [9] Konev.cz. Pokojové rostliny: Gloxinie [online]. Praha: MAFRA, a.s. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.konev.cz/rostliny/gloxinie/>
- [10] Ananasovník (Ananas comosus variegatus). Celysvet.cz [online]. CELÝSVĚT [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/ananasovnik.php>
- [11] Guzmánie (Guzmania). Celysvet.cz [online]. CELÝSVĚT [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/guzmanie.php>

- [12] BENEŠ, Petr. BMFV Měření fyzikálních veličin. Brno, 2015. Skripta. VUT Brno.
- [13] Wikipedia. : Teplotní součinitel elektrického odporu [online]. 2016 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Teplotn%C3%AD_sou%C4%8Dinitel_elektrick%C3%A9ho_odporu
- [14] Měření vlhkosti vzduchu [online]. [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.micro.feld.cvut.cz/home/x34ses/cviceni/Navody%20na%20cviceni/07.Mereni%20vlhkosti.pdf>
- [15] DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [online]. [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/530/067/ds18b20-datasheet-1.pdf>
- [16] MCP9808 High Accuracy I2C Temperature Sensor Breakout Board. Adafruit.com [online]. 2011 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/datasheets/MCP9808.pdf>
- [17] HDC1008. TEXAS INSTRUMENTS [online]. Texas: Texas Instruments Incorporated, 2014, 2015 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/hdc1008.pdf>
- [18] Datasheet SHT1x: Humidity and Temperature Sensor [online]. Sensirion, 2010 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/539/025/sht11-datasheet-1.pdf>
- [19] Digital relative humidity temperature sensor AM2302/DHT22. Adafruit [online]. [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/datasheets/Digital%20humidity%20and%20temperature%20sensor%20AM2302.pdf>
- [20] Automatické čidlo vlhkosti s. [online]. 2009 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://www.azavlahyshop.cz/fotky17954/fotov/_ps_434SMRTY_Manual_CZ_2010.pdf
- [21] Stavebni mechanizace: EXTOL čidlo půdní vlhkosti [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.mechanizace-stavebni.cz/EXTOL-cidlo-pudni-vlhkosti-EXTOL-PREMIUM-8876177-d1957.htm>

- [22] Gardena: Čidlo půdní vlhkosti [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.gardena.com/cz/water-management/water-controls/cidlo-pudni-vlhkosti/>
- [23] ABB: Detailed information for: LF/U2.1 data sheet [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://new.abb.com/products/2CDG110089R0011/lf-u2-1-light-sensor-fm>
- [24] Kimouk. Light transmitter LR 110: datasheets-manuals [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://kimouk.com/datasheets-manuals/transmitters/Sensors-13/Class110/FTtransmitterLR110.pdf>
- [25] Rem-technik: Data Sheet [online]. 2011 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.rem-technik.cz/files/files/47/thermokon-li04-li65-datasheet-en.pdf>
- [26] Arduino. Wikipedie: Otevřená encyklopedie. [online]. 06.01.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [27] Raspberry Pi. Wikipedie: Otevřená encyklopedie. [online]. 06.01.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- [28] ARDUINO & GENUINO PRODUCTS: Arduino MEGA 2560 & Genuino MEGA 2560. Arduino [online]. 06.01.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [29] Smart Lowside Power Switch HITFET BTS 117: Data - sheet [online]. München: Infineon Technologies AG, 1999 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/213/245/bts117-datasheet-1.pdf>
- [30] L293D: QUADRUPLE HALF-H DRIVER. Texas Instruments [online]. TEXAS: Texas Instruments Incorporated, 1998 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/399/017/l293d-datasheet-1.pdf>
- [31] *Conrad: Domů >> Ponorná čerpadla >> Ponorné čerpadlo Barwig* [online]. Conrad Electronic Česká republika, s.r.o., 2015 [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/ponorne-cerpadlo-barwig-0333-12-v-dc-1-5-2-0-a-12-l-min-6-m.k539082#>

- [32] *Conrad: Domů » Ponorná čerpadla* [online]. Conrad Electronic Česká republika, s.r.o., 2015 [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: http://www.conrad.cz/ponorne-cerpadlo-comet-ocean-softstart-1104-92-59-12-v-dc-5-a-21-l-min-15-m.k552372#utm_source=heureka&utm_medium=agregator&utm_campaign=2016&utm_content=552372
- [34] *Reichard Modelsport: serva* [online]. Reichard Modelsport, 2016 [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: Reichard Modelsport
- [35] *Fasttech: Electronic Components* [online]. Digital Millennium, 2015 [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: <https://www.fasttech.com/p/2308401>

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

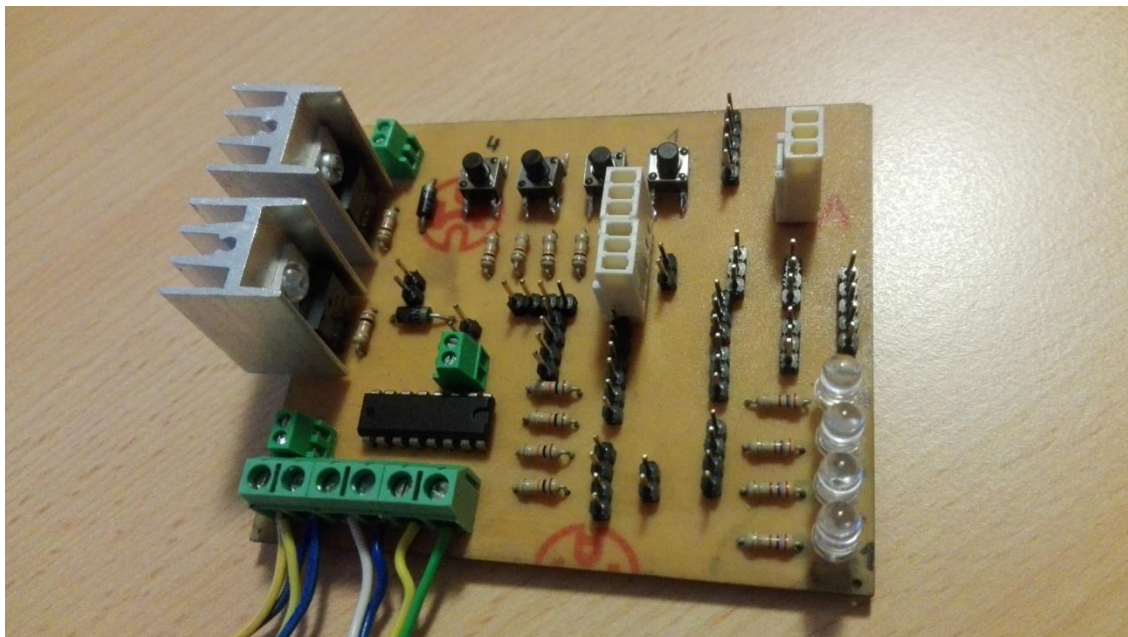
μC	Mikrokontroler
PWM	Pulse Width Modulation - pulzně šířková modulace
α_R	teplotní součinitel odporu
RTC	Real-time clock – obvod reálného času

SEZNAM PŘÍLOH

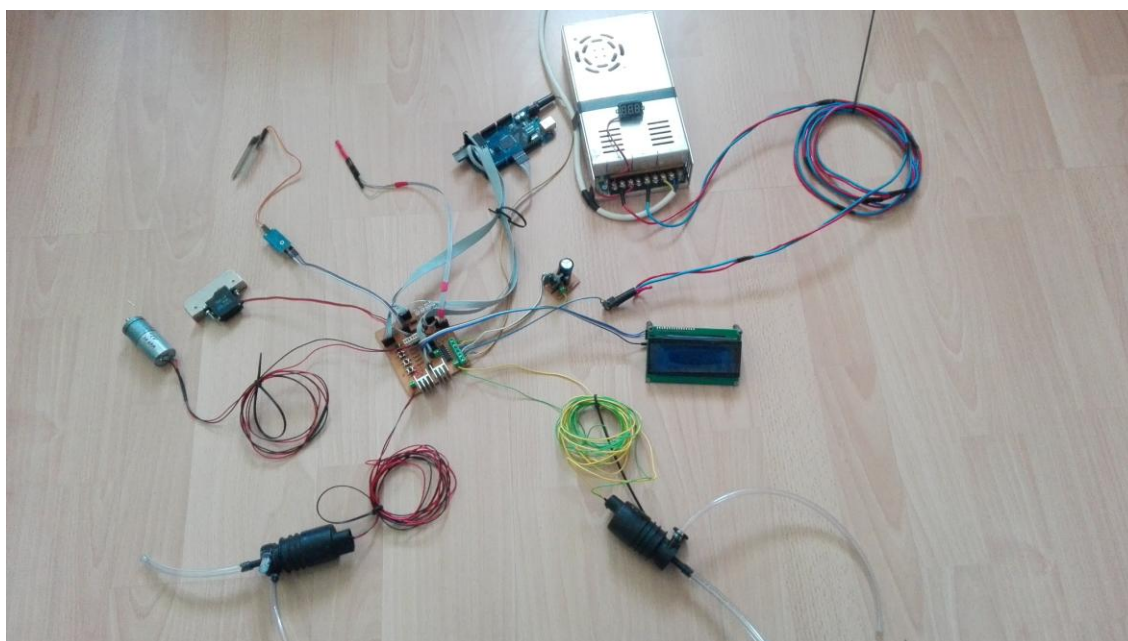
Fotografická dokumentace

Obsah CD

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE



Obrázek 20 Řídicí deska



Obrázek 21 Výsledná podoba realizace



Obrázek 22 Snímač koncové polohy s přiblíženým magnetem



Obrázek 23 Motorek připojený k řetízku žaluzií



Obrázek 24 Zapojení čidel vlhkosti půdy



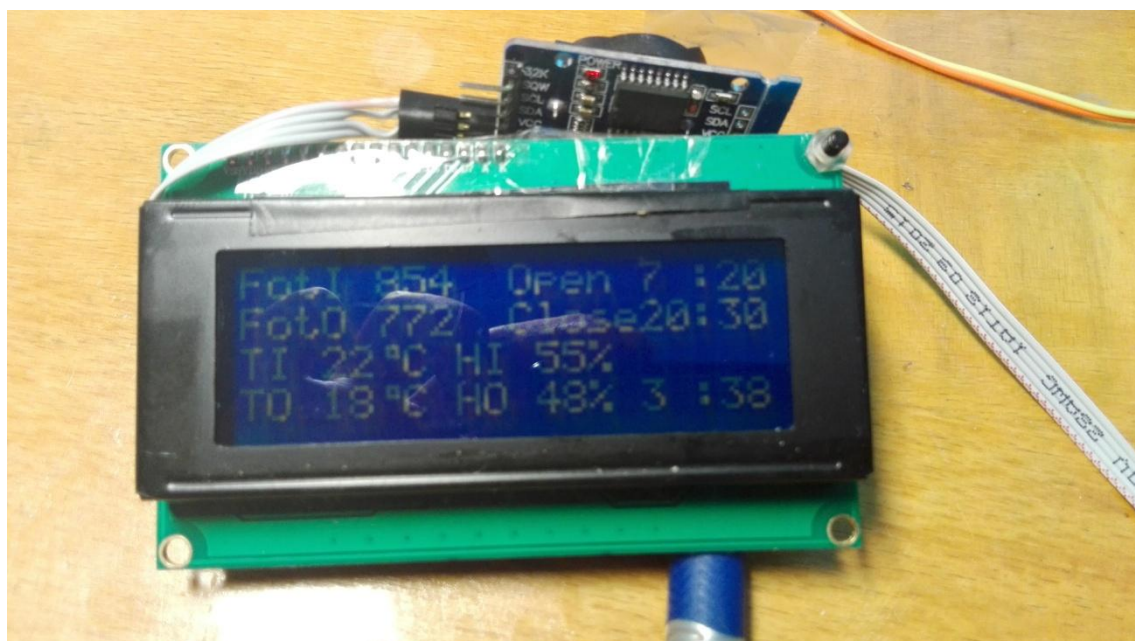
Obrázek 25 Zapojení čidel vlhkosti půdy 2



Obrázek 26 Display 1. obrazovka



Obrázek 27 Display 2. obrazovka



Obrázek 28 Display 1. obrazovka nepodsvícená

OBSAH CD

- Text bakalářské práce v elektronické formě
- Dokumentace pro výrobu řídicí desky a stabilizátoru napětí 5V
- Seznam součástek řídicí desky a stabilizátoru napětí 5V
- Zdrojové kódy a knihovny pro Arduino