



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

REALIZACE SYSTÉMU PRO ŘÍZENÍ MIKROKLIMATU ROSTLIN

REALISATION OF MICROCLIMATE CONTROL SYSTÉM FOR PLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

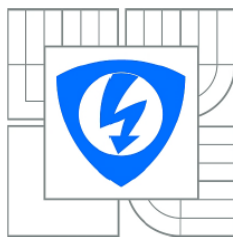
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN FIKAR

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ URBANEC, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Jan Fikar
Ročník: 3

ID: 119399
Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Realizace systému pro řízení mikroklimatu rostlin

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Proveďte rešerši možných veličin pro řízení mikroklimatu a metod, kterými je možné je řídit. Vyberte a realizujte vhodnou řídicí jednotku. Zvolte metody řízení a vyberte čidla a akční členy.

Realizujte pomocí řídicí jednotky měření mikroklimatu a jeho řízení pomocí vybraných akčních členů. Prakticky ověřte rozsahy jednotlivých veličin a celého systému řízení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] FIKAROVÁ, L. Možnosti ovlivňování světelných podmínek při pěstování rostlin v současných interiérech. Diplomová práce. Lednice: Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta MZLU v Lednici, 2011.

[2] Světlo [online]. Praha: FCC Public s.r.o, 2000 - [cit. 26. června 2012]. Dostupné na [www: http://www.svetlo.info](http://www.svetlo.info)

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Urbanec, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
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

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout automatický systém pro udržení ideálních podmínek pro růst a správný vývoj rostlin v domácnosti, kde pro něj nejsou vhodné podmínky. Veličiny, které byly vyhodnocovány, měřeny a následně měněny byly vlhkost, teplota a osvětlení. Celý systém byl řízen mikrokontrolérem ATmega32.

KLÍČOVÁ SLOVA

řízení mikroklimatu rostlin, ATmega32, mikrokontrolér, měření teploty, měření osvětlení, měření vlhkosti

ABSTRACT

The aim of my Bachelor thesis was to design an automatic system that would maintain the perfect conditions for growth and development of indoor plants. Plants kept in human households have specific requirements that are often not met. I measured, altered and evaluated several quantities (humidity, temperature, lighting). The whole system is controlled by microcontroller ATmega32.

KEYWORDS

plants microclimate control, ATmega32, microcontroller, temperature measurement, lighting measurement, humidity measurement.

FIKAR, J. *Realizace systému pro řízení mikroklimatu rostlin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2013. 50 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Urbanec, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Realizace systému pro řízení mikroklimatu 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 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 31.května 2013

.....
podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Urbanci, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně 31.5.2013

.....
podpis autora

OBSAH

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	ix
1. ÚVOD	1
2. Požadavky rostlin	2
2.1 Základní požadavky rostlin.....	2
2.2 Vzájemné ovlivňování vnějších faktorů	2
3. Komerčně dostupné systémy	4
3.1 Systém firmy eGardena – zavlažování o dovolené.....	4
3.2 Systém firmy Claber	5
3.3 Systém firmy eGardena – automatické zavlažování pro truhlíky.....	6
4. Výběr akčních členů a jejich ovládání	7
4.1 Čerpadlo pro zavlažování	7
4.2 Osvětlení	7
4.3 Vyhřívání	11
4.4 Ovládání akčních členů.....	12
5. Měřicí prvky	15
5.1 Měření osvětlení	15
5.2 Měření teploty a vlhkosti	16
6. Volba mikrokontroléru	18
7. Volba vhodného vývojového kitu	19
8. Naměřené hodnoty	21
8.1 Osvětlení	21
8.2 Topení	22
8.3 Zavlažování.....	24
9. Programové řešení	26
9.1 Měření osvětlení	26

9.2	Měření teploty a vlhkosti	26
9.3	Zobrazování naměřených dat.....	26
10.	Závěr	33
11.	Literatura	34
	Použité zkratky	36
	Přílohy	37

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Systém firmy eGardena – zavlažování o dovolené	4
Obr. 2: Systém firmy Claber.....	5
Obr. 3: Systém firmy eGardena - zavlažování truhlíků	6
Obr. 4: Vodní čerpadlo	7
Obr. 5: Žárovka GROLUX T8.....	8
Obr. 6: Spektrum žárovky od výrobce Sylvania GROLUX	9
Obr. 7: Elektronický předřadník použitý pro žárovky.....	9
Obr. 8: Zapojení osvětlení (pohled do krytu 1)	10
Obr. 9: Topné těleso.....	12
Obr. 10: Schéma zapojení.....	13
Obr. 11: Deska pro napájení součástek.....	14
Obr. 12: Spektrum snímané diodou BPW34	15
Obr. 13: Schéma zapojení diody BPW34	16
Obr. 14: Schéma zapojení senzoru teploty a vlhkosti.....	16
Obr. 15: Přesnost měření relativní vlhkosti	17
Obr. 16: Přesnost měření teploty	17
Obr. 17: Vývojový kit AVR EvB 4.3	20
Obr. 18: Graf vnímání světla lidským okem a rostlinami.....	21
Obr. 19: Spektrum žárovky od výrobce Sylvania GROLUX	21
Obr. 20: Závislost teploty při vyhřívání na čase.....	23
Obr. 21: Závislost teploty při ochlazování na čase.....	23
Obr. 22: Zapojení pracoviště pro měření teploty	24
Obr. 23: Závislost vlhkosti na čase po načerpání 10 l vody do hlíny	25
Obr. 24: Obrazovka pro informace o teplotě	27
Obr. 25: Obrazovka pro informace o vlhkosti	27
Obr. 26: Obrazovka pro informace o míře osvětlení	27
Obr. 27: Obrazovka pro informace o spuštěných akčních členech.....	27
Obr. 28: Druhá obrazovka pro informace o spuštěných akčních členech	28
Obr. 29: Zapojení celého systému (zakryto krytem 2)	28
Obr. 30: Osázené kytkárium	28

Obr. 31: Popis jednotlivých částí kytkária	29
Obr. 32: Vývojový diagram hlavní části programu	30
Obr. 33: Vývojový diagram obsluh přerušení	31
Obr. 34: DPS hlavní části 1:1- BOTTOM	37
Obr. 35: Osazovací schéma hlavní části - TOP	38
Obr. 36: DPS pro měření světla 1:1 - BOTTOM.....	40
Obr. 37: Osazovací schéma pro měření osvětlení - TOP.....	40
Obr. 38: DPS pro měření teploty a vlhkost 1:1 - TOP.....	41
Obr. 39: Osazovací schéma pro měření teploty a vlhkosti - TOP	41

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnoty pro výpočet potřebného výkonu topení	11
Tabulka 2: Rozdíl vnitřní a vnější teploty při vytápění v závislosti na čase	22
Tabulka 3: Rozdíl vnitřní a vnější teploty při vypnutí topení v závislosti na čase	22
Tabulka 4: Zvyšování vzdušné vlhkosti v závislosti na čase.....	25
Tabulka 5: Nejčastěji používané funkce pro zobrazování na LCD displeji	32
Tabulka 6: Seznam součástek pro DPS - hlavní část.....	39
Tabulka 7: Seznam součástek pro DPS - měření osvětlení	40
Tabulka 8: Seznam součástek pro DPS - měření teploty a vlhkosti	41

1. ÚVOD

V dnešní uspěchané době žije více jak polovina obyvatel ve městech. Chodí do kanceláří, nakupují v nákupních centrech, často jezdí na pracovní cesty i na několik týdnů pryč a převážně bydlí v bytech, kde se jim o zahrádce může jen zdát. Jejich kontakt s přírodou je jen minimální, protože na procházky za čerstvým vzduchem již nezbývá mnoho času. Částečně se tento problém snaží vyřešit rostlinami v nákupních centrech a i doma nebo v kanceláři si občas někdo pěstuje rostliny, aby měl na blízku zeleň, která nejen že přináší krásu, ale také pozitivně působí na psychiku člověka. V těchto místech jsou však často nepříznivé podmínky pro růst jakékoliv rostliny. Nejčastěji bývá úhyn rostlin v těchto místech způsoben nedostatkem světla a vláhy, což jsou faktory nezbytné pro jejich růst. I když se však povede dlouhodobě starat o rostliny, tak musíme někdy odjet na služební cestu, nemá se nám o ně kdo postarat a ony trpí.

Cílem této práce bylo navrhnout plně automatický systém pro udržení příznivého mikroklimatu rostlin v prostředích, kde nemají vhodné podmínky pro jejich správný růst. V jednotlivých kapitolách se zabývám problematikou obsahující potřeby rostlin pro jejich kvalitní a zdravý růst, volbou vhodných řídicích členů, měřících prvků, výběrem vhodného mikrokontroléru pro vyhodnocování a ovládání celého systému, jeho naprogramováním a praktickému ověření rozsahů jednotlivých veličin.

2. POŽADAVKY ROSTLIN

2.1 Základní požadavky rostlin

Pro růst rostlin je důležité, aby probíhal proces fotosyntézy, což je proces, při kterém se mění energie ze světla a tepla na energeticky bohaté chemické sloučeniny z anorganických látek, a to z vody a oxidu uhličitého za přítomnosti světla a tepla. Toto jsou tzv. vnější faktory, které ovlivňují růst rostliny.

Z technického hlediska je možné měřit a ovlivňovat pouze vnější faktory.

Světlo

Rostlina potřebuje pro růst světlo, jelikož je to zdroj její energie. Podle doby světla určuje roční období a také informace o prostředí, ve kterém se nachází. Podle směru, intenzity a délky osvětlení rostlina mění svůj tvar tak, aby jej měla dostatek pro fotosyntézu. Mění své natočení, směr růstu, velikost a počet listů.

Oxid uhličitý

Pro fotosyntézu dále potřebují oxid uhličitý, bez něj by fotosyntéza nemohla probíhat. Toho je však v dnešní době všude dostatek, proto se jím nadále nebudu zabývat.

Voda

Je potřeba pro jakýkoliv život, rostliny nevyjímaje. Slouží k přenosu živin z půdy a je potřeba k procesu fotosyntézy a pro klíčení rostlin.

Teplota

Teplota ovlivňuje, jak rychle rostlina roste. Jako optimální teplota se označuje teplota, při které se rostlina nejrychleji rozrůstá. Mění se jak pro různé druhy rostlin, tak pro různá stadia vývoje.

Optimální teplota pro teplomilné rostliny je v rozmezí 20-28°C, pro rostliny mírného pásu 25-30°C a pro chladnomilné 8-15°C.

2.2 Vzájemné ovlivňování vnějších faktorů

Tyto vnější faktory, přesněji řečeno teplo, světlo a vlhkost se vzájemně ovlivňují a jsou vzájemně nezastupitelné. Každá z rostlin má své specifické požadavky na prostředí, ve kterém se vyvíjela po dlouhou dobu ve svých přirozených podmínkách a pokud ji chceme pěstovat například v naší domácnosti, je důležité co nejvěrohodněji tyto podmínky nasimulovat pro její optimální růst právě podle původních klimatických podmínek.

Světlo a teplota

Pro růst potřebuje rostlina fotosyntézu, při které se vytváří energeticky bohaté látky. Není pro ni potřeba vysoká teplota, probíhá ve velkém teplotním rozmezí. V zimě se však zpomaluje kvůli nedostatku světla, ne kvůli nedostatku tepla. Problém však může nastat při příliš vysoké teplotě a nedostatku světla. Při takovýchto podmínkách rostlina prodlužuje své buňky a to může vést k nepevnosti stonků a celkově se tak zhorší kvalita rostlin. Proto musíme teplotu nastavit podle množství světla. Nesprávný poměr těchto dvou faktorů lze vidět přímo na rostlině. Při nadbytku tepla a nedostatku světla je pozorovatelný růst tenkého stonku a malých listů. Při opačné situaci, kdy je dostatek světla a málo tepla, je rostlina zakrslá. Když je světlo opravdu silné, může dojít až k poničení rostliny a to popálením nových listů.

Vlhkost, intenzita osvětlení a teplota

Při vyšší teplotě a intenzitě slunečního záření dochází k odpařování vody z hlíny a z rostliny mnohem rychleji, proto je důležité zalévat mnohem častěji, naopak při nízké teplotě a nízkém osvětlení zaléváme jen minimálně. Toto je velmi důležité hlídat, jinak může dojít k uhnívání kořenového systému, což by vedlo k trvalému a nevratnému poškození rostliny při příliš velké zálivce a k uschnutí rostliny při nedostatku vlhkosti. Jestliže má rostlina všeho dostatek, může se dále rozvíjet (bude probíhat fotosyntéza). Pokud má něčeho nedostatek, dostane se do tzv. vegetačního klidu, kdy její růst a vývoj stagnuje.

3. KOMERČNĚ DOSTUPNÉ SYSTÉMY

V dnešní době není na trhu takto komplexně vybavený systém, který by řešil nedostatek světla, závlahu a kontroloval teplotu u rostliny. Takovéto systémy jsou dostupné pouze pro skleníky, kde se instalují stále častěji. Pro domácnosti jsou jedinou možností systémy, které řeší závlahu, např. v období dovolené nebo pracovní cesty.

3.1 Systém firmy eGardena – zavlažování o dovolené



Obr. 1: Systém firmy eGardena – zavlažování o dovolené

Základní vlastnosti systému:

- Vhodný až pro 36 rostlin
- Závlaha je spuštěna každý den na jednu minutu
- Je vybaven nádrží na vodu, takže není potřeba napojení na zdroj vody
- Dávkování vody k rostlině lze nastavit pomocí rozdělovače (dávkuje po 15ml, 30ml nebo 60ml)

Tento systém je opravdu základní typ, kde nemůžeme nastavit čas zalévání, ani přesněji regulovat množství závlivky. Obr. 1 převzat z [3].

3.2 Systém firmy Claber



Obr. 2: Systém firmy Claber

Základní vlastnosti systému:

- Vhodný až pro 20 rostlin
- Nastavitelné 4 programy závlahy podle délky naší nepřítomnosti (10/20/30/40 dnů)
- Napájen 9V baterií, která vydrží na roční provoz
- Má vlastní nádrž na vodu, není potřeba žádné napojení na zdroj vody

U systému je možnost výběru ze 4 režimů zalévání, ovšem nejde nastavit, kdy a jak moc závlivky bude k rostlině dodáno. Jeho nespornou výhodou je napájení na 9V baterii, takže funguje i při výpadku proudu. Obr. 2 převzat z [4].

3.3 Systém firmy eGardena – automatické zavlažování pro truhlíky



Obr. 3: Systém firmy eGardena - zavlažování truhlíků

Základní vlastnosti systému:

- Vhodný pro 5 – 6 m květinových truhlíků
- Volba zavlažování z 13-ti stálých programů
- Možnost rozšíření o dešťový senzor a čidlo půdní vlhkosti, kdy nebude docházet k přehnané zálivce
- Možnost připojení systému na vodovodní hadici, takže odpadá dolévání vody do zásobníku

Velkou výhodou tohoto systému je možnost rozšíření o další komponenty (dešťový senzor a čidlo půdní vlhkosti). Díky tomu nedochází k přelévání rostlin. Dále je zde možnost výběru z přednastavených programů pro různé rostliny. Obr. 3 (převzat z [5]).

4. VÝBĚR AKČNÍCH ČLENŮ A JEJICH OVLÁDÁNÍ

4.1 Čerpadlo pro zavlažování

Jako nejvhodnější se jeví čerpadlo na vodu Comet. Je napájeno 12V DC a nedá se přepólovat, pouze nebude čerpat vodu. Spotřebu má jen 10-18W. Přecherpá 10 litrů vody za minutu pod tlakem 0,5 baru. Další jeho výhodou jsou jeho rozměry, které jsou malé, a proto nebude zabírat velký prostor uvnitř nádrže na vodu. Je vyobrazeno na obr. 4 převzatého z [6].



Obr. 4: Vodní čerpadlo

4.2 Osvětlení

Dnes je dostupné velké množství svítidel, která podporují růst rostlin. Zástupci jsou mezi všemi druhy, tedy LEDkami, zářivkami i výbojkami. Pro použití v tomto případě se však nejvíce hodí právě zářivky, jelikož nesvítí pouze na jednom místě, ale po celé délce skleníku (dále již kytkářia).

Hodnota intenzity osvětlení E se udává v jednotkách lux (lx). Např. osvětlení sluncem za čisté oblohy v poledních hodinách dosahuje až 100000 lx. K růstu rostlin postačí hodnota $E = 2000$ lx. Pro výpočet příkonu zářivky musí být známá hodnota světelného výkonu P použitého zdroje světla. Tato hodnota pro trubcové zářivky je 50-104 lm/W. Pro výpočet byla zvolena hodnota 80 lm/W. Nejdříve je potřeba vypočítat hodnotu tzv. činitele místnosti m :

$$m = \frac{a}{h} = \frac{0,3m}{0,3m} = 1, \quad (4.1)$$

kde a je délka kratší strany prostoru a h je výška svítidla nad místem měření. Dále se vypočítá střední hodnota odraznosti stěn. Pro kytkárium o velikosti $b = 0,6m$, $c = 0,3m$ a $d = 0,5m$ se celková plocha S vypočítá

$$\begin{aligned} S &= 2 \cdot (c \cdot b + b \cdot d + d \cdot c) = \\ &= 2 \cdot (0,6m \cdot 0,3m + 0,3m \cdot 0,5m + 0,5m \cdot 0,6m) = 1,26m^2, \end{aligned} \quad (4.2)$$

kde b je šířka, c je hloubka a d je výška kvádru. Dále zjistíme odrazivost skla. Ta má hodnotu okolo 18 % pro vlnovou délku světla 450 nm.

Dalším krokem je výpočet průměrného koeficientu odrazivosti stěn a stropu K . Tento krok však lze přeskóčit, jelikož jsou všechny stěny ze stejného materiálu (K je tedy rovno 18 %). Z tabulky měrné příkony osvětlovací soustavy [viz. 14] je potřeba zjistit, jaký typ prostoru to je. Jestliže je $K < 50$ %, jedná se o prostory tmavé a jestliže činitel místnosti $m = 1$, v tabulce zjistíme hodnotu $P_m = 79,4 \text{ W/m}^2$. Nyní lze vypočítat hodnotu příkonu zářivky P

$$P = P_m \cdot \frac{E}{10 \cdot \eta} \cdot S_d =$$

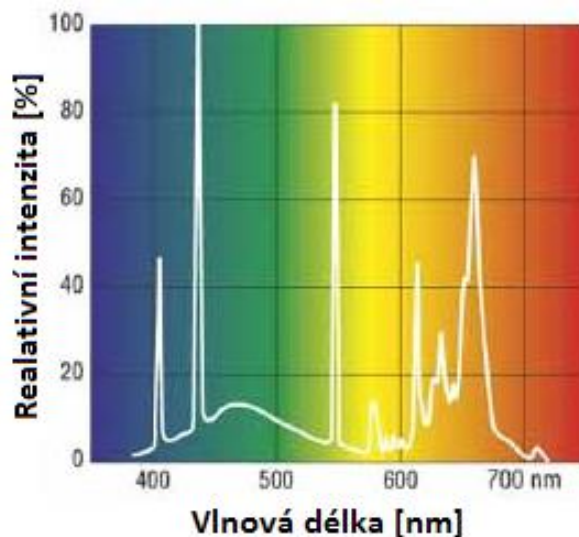
$$79,4 \text{ W/m}^2 \cdot \frac{2000 \text{ lx}}{10 \cdot 80 \text{ lm/W}} \cdot (0,6 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m}) = 35,73 \text{ W}, \quad (4.3)$$

kde P_m je měrný příkon z tabulky, E je požadované osvětlení v lx, η je měrný výkon zdrojů světla, S_d je plocha, kam světlo dopadá a P je příkon zářivky. Výpočty v podkapitole 4.2 převzaty z [7].

Jako nejvhodnější byla zvolena zářivka Sylviana GROLUX T8. Její příkon je 18W, proto budou muset být nainstalovány dvě vedle sebe. Zářivka má vhodné spektrum barev pro přirozený vzhled rostliny a jeho největší podíl je v oblasti modré a v blízkosti červené barvy, které je pro proces fotosyntézy a růst rostlin nejvhodnější (viz. obr. 6 dostupný z [9]). Samotná zářivka je vidět na obr. 5 (převzat z [8]).



Obr. 5: Zářivka GROLUX T8



Obr. 6: Spektrum zářivky od výrobce Sylvania GROLUX

Pro napájení zářivek byl použit elektronický předřadník (dále jen EP) od firmy OSRAM (obr. 7). Jeho výhody jsou:

- Produkce více světla při nižší spotřebě elektrické energie
- Menší produkce tepla (povrchová teplota okolo 60°C u elektronických a okolo 90°C u elektromagnetických předřadníků)
- Prodlužují životnost zářivek
- EP nevydávají bzučivé zvuky, jako tomu je u tlumivek a startérů
- EP napájí zářivku frekvencí 30 – 50 kHz, nejeví se tedy, jako by blikala
- Nedochází ke kolísání intenzity osvětlení i při poklesu napětí v rozvodné síti



Obr. 7: Elektronický předřadník použitý pro zářivky

Podle doporučení výrobce je potřeba EP připevnit na nehořlavou podložku. Jelikož je kryt kytkária vyroben z dřevotřísky, jsou mezi ni a EP vloženy plastové vložky (obr. 7).

Vzhledem k vysoké vzdušné vlhkosti nelze zapojit zářivky do klasických patic pro zářivky, nýbrž je nutno je zapojit do patic, které jsou vodotěsné. Celé zapojení osvětlení je na obr. 8.



Obr. 8: Zapojení osvětlení (pohled do krytu 1)

4.3 Vyhřívání

Je zde několik možností, jak kytkárium vyhřívát. První možností je topná deska, která topí na celé své ploše. Byla by ideální, ale nevyrábí se v takových rozměrech, aby pokryla celou plochu kytkária. Druhou možností jsou topné kameny nebo skalky. Zde je největší problém v tom, že topení bude na jednou místě a než by se vyhřálo kytkárium, trvalo by to dlouho. Jako třetí je topný kabel, bohužel se ale nevyrábí s potřebným výkonem. Nejideálnější se tedy jeví tzv. topení do objímky, které se vyrábí ve výkonech až 250 W.

Pro výpočet budu počítat potřeby rostlin mírného pásu, které mají optimální teplotu pro růst v rozmezí 25-30°C. Kytkárium je vyrobeno z plexiskla o rozměrech 0,6×0,3×0,5 m, kde je do výšky 0,2 m zemina a strop je ze dřeva. Teplota vně kytkária je 20 °C. Potřebný výkon lze spočítat takto [11]:

$$dT = T_{in} - T_{out} = 25^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C} \quad (4.4)$$

$$P = dT \cdot \left(S_1 \cdot \frac{\lambda_1}{d_1} + S_2 \cdot \frac{\lambda_2}{d_2} + S_3 \cdot \frac{\lambda_3}{d_3} \right) =$$

$$= 5^{\circ}\text{C} \cdot \left(0,18\text{m}^2 \cdot \frac{2,3\text{W/m}\cdot\text{K}}{0,2\text{m}} + 0,18\text{m}^2 \cdot \frac{0,046\text{W/m}\cdot\text{K}}{0,01\text{m}} + 0,54\text{m}^2 \cdot \frac{0,2\text{W/m}\cdot\text{K}}{0,005\text{m}} \right) =$$

$$= 122,49\text{W} , \quad (4.5)$$

kde dT je rozdíl teplot, T_{in} je teplota uvnitř a T_{out} je teplota vně kytkária, P je výkon potřebný pro vytápění konkrétního kytkária. Hodnoty S_i , λ_i a d_i jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Hodnoty pro výpočet potřebného výkonu topení

Materiál	Plocha materiálu [m ²]	Součinitel tepelné vodivosti materiálu [W/m.K]	Tloušťka materiálu [m]
Hlína	$S_1=0,18$	$\lambda_1=2,3$	$d_1=0,2$
Dřevo	$S_2=0,18$	$\lambda_2=0,046$	$d_2=0,01$
Plexisklo	$S_3=0,54$	$\lambda_3=0,2$	$d_3=0,005$

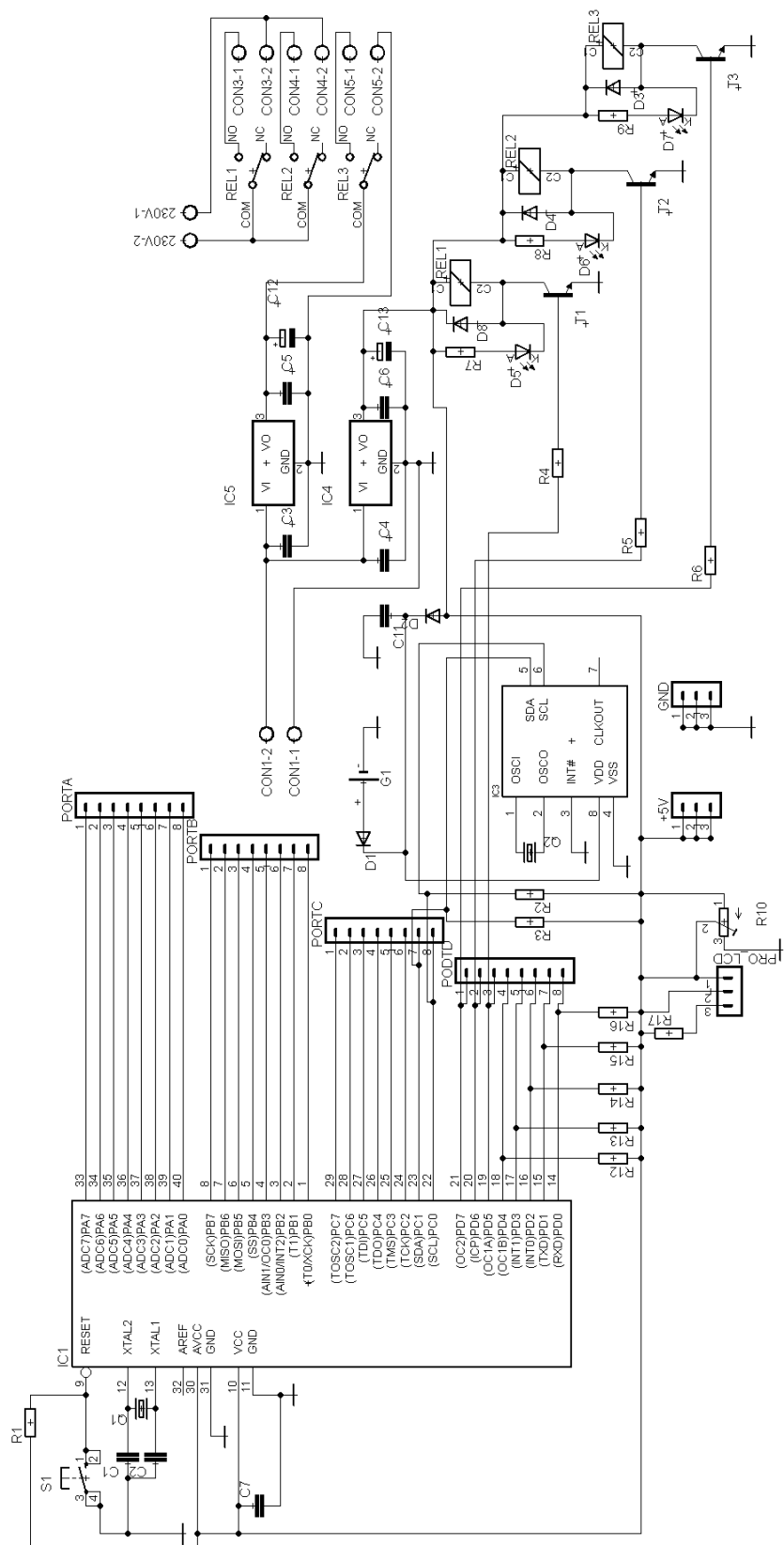
Z výpočtu (4.5) je jasné, že bude zapotřebí topení o výkonu větším než 122,49 W. Nejbližší se k této hodnotě blíží topení o výkonu 150 W. Je vidět na obr. 9.



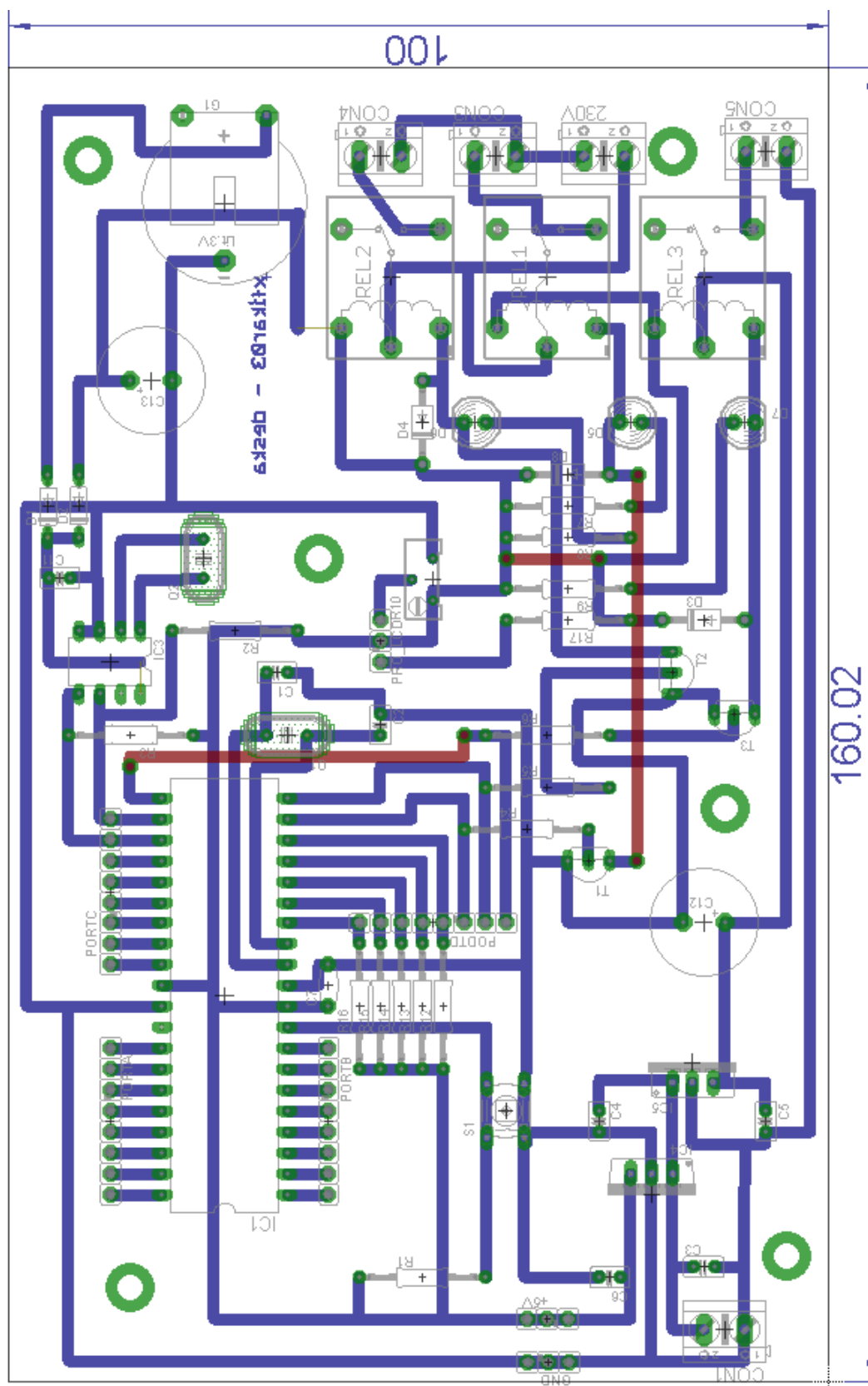
Obr. 9: Topné těleso

4.4 Ovládání akčních členů

Pro spínání akčních členů bylo zvoleno relé RELRAS0515. Mezi jeho přednosti patří to, že dokáže sepnout 10A/230VAC a 15A/24VDC. Je tedy vhodné pro ovládání všech akčních členů. U relé je však problém se vznikem napěťových špiček. Z tohoto důvodu je zde zapojena u každého relé jedna dioda, která je eliminuje a tím chrání jiné součástky. Pro vizuální kontrolu je u relé zapojena ještě LED dioda, které jsou v zapojení pouze jako informační, aby bylo zřejmé, jaké akční členy zrovna pracují. Schéma zapojení je na obr. 10 a deska pro připájení součástek je na obr. 11 (pohled je ze strany součástek, vedení je ze strany bottom, rozměry jsou uvedeny v milimetrech). V zapojení se však počítá i s obvodem reálného času, který nakonec nebyl použit.



Obr. 10: Schéma zapojení



Obr. 11: Deska pro napájení součástek

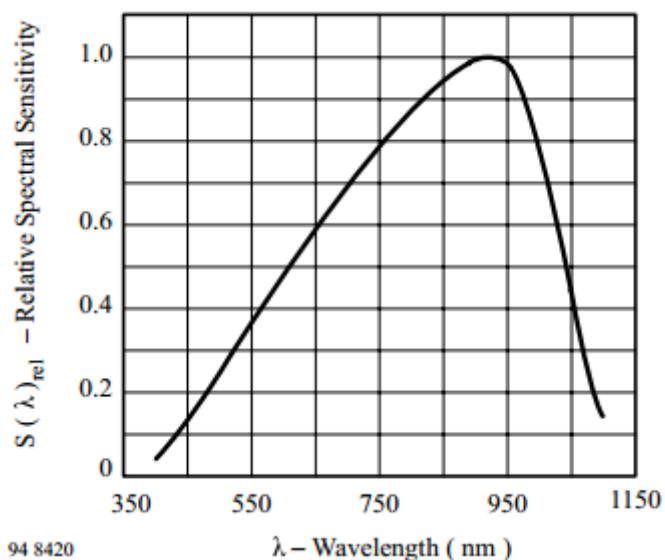
5. MĚŘÍCÍ PRVKY

5.1 Měření osvětlení

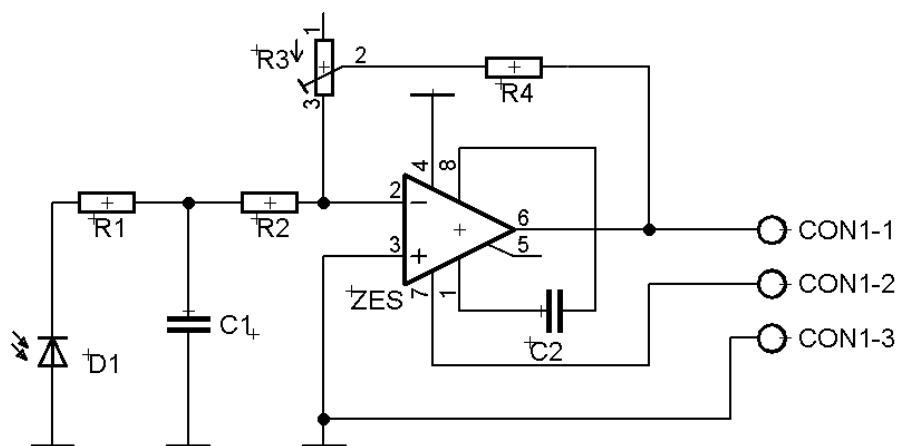
Dioda BPW34

Pro měření osvětlení byla vybrána fotodioda BPW34. Spektrum světla, které snímá, jak je vidět na obr. 10. Snímá světlo od 400 nm do 1100 nm, takže celé viditelné spektrum, které je v rozmezí 400 – 700 nm. Na tyto vlnové délky jsou rostliny nejvíce citlivé. Její nevýhoda je však v tom, že nejvíce citlivá je na světlo o vlnové délce okolo 900 nm, což je již za hranicí viditelného světla a rostlina toto světlo již nevyužívá.

Celé zapojení je připojeno k mikrokontroléru přes jeden vodič. Musí být připojeno na A/D převodník, abychom získali hodnoty pro porovnávání. Zesilovač také musí být napájen. Z tohoto důvodu vedou na desku senzoru tři kabely. Vše je vidět na obr. 12 (převzato z [11]). Schéma zapojení je pak na obr. 13.



Obr. 12: Spektrum snímané diodou BPW34



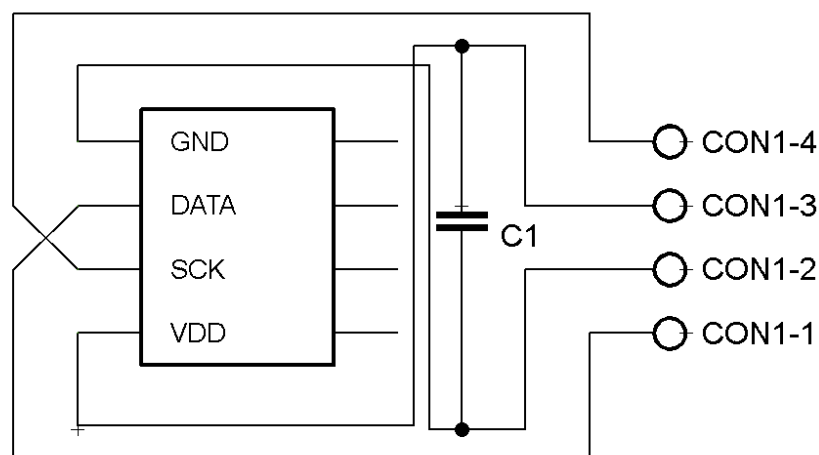
Obr. 13: Schéma zapojení diody BPW34

5.2 Měření teploty a vlhkosti

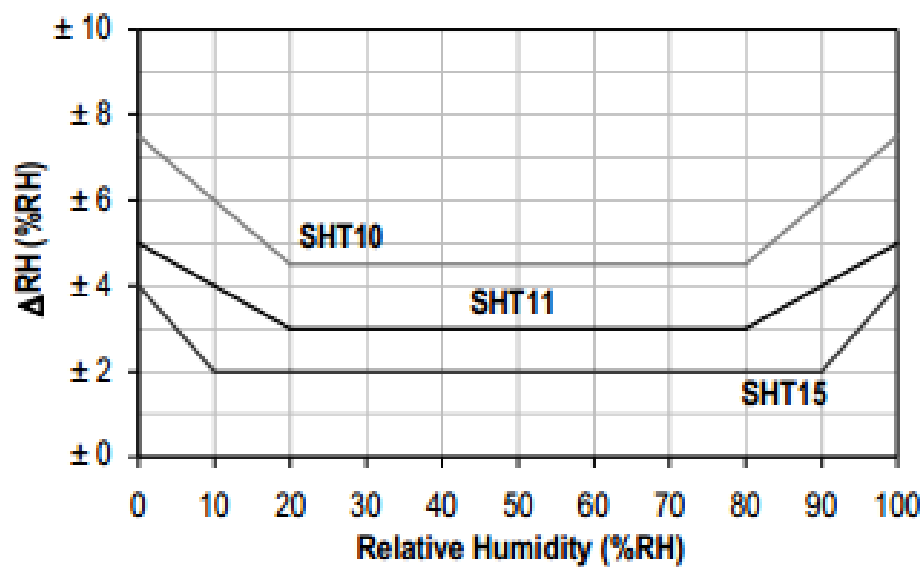
Pro optimální podmínky většiny rostlin bude třeba měřit teplotu v rozmezí 15-25°C a vlhkost v rozmezí 50-80%.

Na základě potřeb pro měření byl vybrán kombinovaný senzor pro snímání teploty a vlhkosti SHT11. Z obr. 15 a 16 (převzato z [13]), kde jsou znázorněny odchylky při měření, je vidět, že odchylky jsou jen malé (u vlhkosti je to $\pm 3\%$ pro používané pásmo a $\pm 0,5^\circ\text{C}$ až $\pm 1^\circ\text{C}$ pro používané měření teplot). Výstup je synchronní digitální. Komunikace probíhá přes dva vodiče kompatibilní s rozhraním I²C. Je zde však mírně odlišný protokol. I proto musela být upravena knihovna pro komunikaci s ním. Jak se ukázalo, senzor SHT11 by neměl být připojen na společnou sběrnici I²C s jinými zařízeními, proto nebyl obvod reálného času použit.

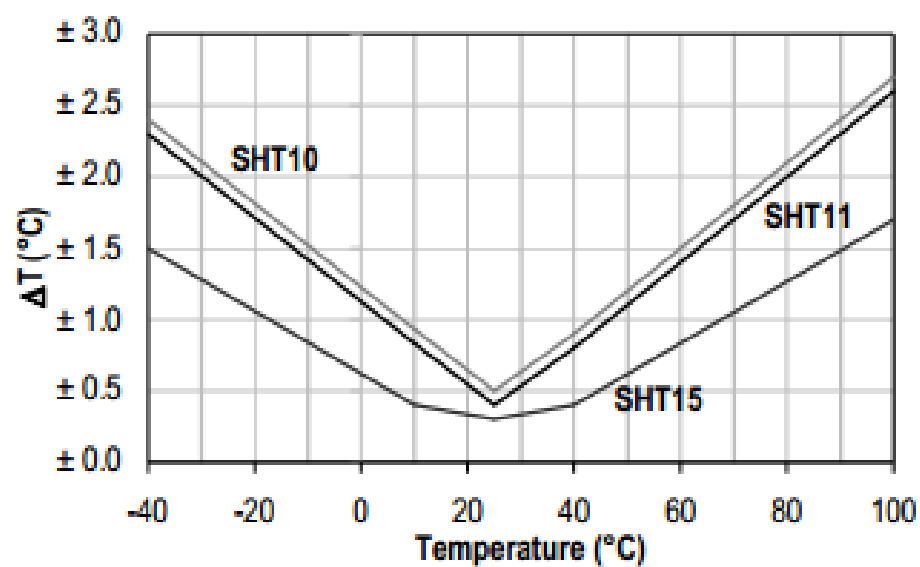
Snímač má rozlišení 14 bitů pro měření teploty a 12 bitů pro měření vlhkosti. Celý senzor je již kalibrovaný od výrobce, což zjednodušuje práci. Schéma zapojení je na obr. 14.



Obr. 14: Schéma zapojení senzoru teploty a vlhkosti



Obr. 15: Přesnost měření relativní vlhkosti



Obr. 16: Přesnost měření teploty

6. VOLBA MIKROKONTROLÉRU

Jako vhodný mikrokontrolér byl zvolen ATmega32 od firmy Atmel. Zde jsou jeho základní specifikace:

- Paměť typu Flash o velikosti 32 kB pro program
- Paměť SRAM o velikosti 2 kB
- Paměť EEPROM o velikosti 1 kB
- Vestavěný obvod watchdog pro případný restart
- Vestavěný oscilátor 8 MHz s volitelnou předděličkou (možno nastavit 4, 2 a 1 MHz)
- Dva osmi-bitové časovače
- Jeden šestnácti-bitový časovač
- Osmi kanálový deseti-bitový A/D převodník
- Nastavitelný energeticky úsporný mód
- Podporuje přenos dat po sběrnici I²C
- Má 32 vstupně-výstupních pinů

Mezi další důležité parametry patří počet vstupních a výstupních vývodů. Pro potřeby zapojení je potřeba osm vývodů pro LCD displej, čtyři pro tlačítka, dva pro sběrnici I²C, tři pro ovládání akčních členů a jeden pro vstup z čidla osvětlení. Dohromady tedy osmnáct pinů. Mikrokontrolér jich má ale 32, takže zbývá ještě rezerva pro případné rozšíření celého zapojení.

Další důležitou součástí mikrokontroléru je velikost jeho paměti pro program. Zde je k dispozici 32 kB paměti typu Flash. Je to dostačující velikost i pro velice náročné aplikace.

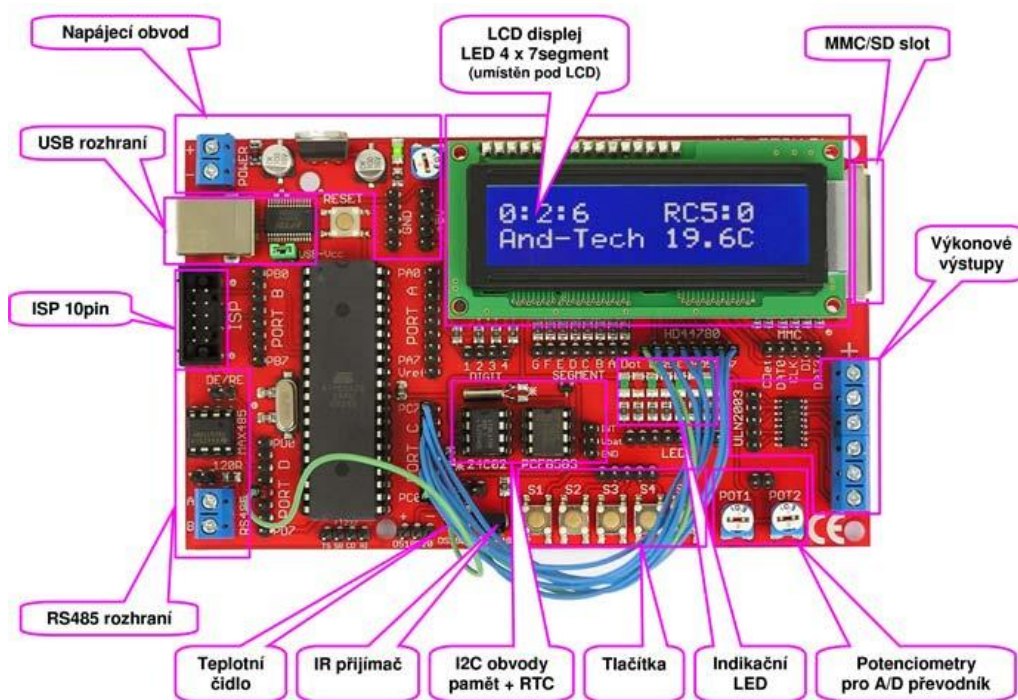
Pro použití vybraného senzoru teploty a vlhkosti je také důležité, aby obsahoval sběrnici I²C, přes kterou umí komunikovat, což také splňuje.

7. VOLBA VHODNÉHO VÝVOJOVÉHO KITU

Jako nejvhodnější byl zvolen vývojový kit AVR EvB 4.3 verze 4. Jeho základní vlastnosti jsou (viz. [10]):

- Procesor AVR ATmega32
- Krystal s frekvencí 16MHz
- Infračervený přijímač
- Teplotní čidlo
- Patice pro kartu MMC/SD
- 5 tlačítek
- 8 indikačních LED
- 2 potenciometry pro nastavení napětí
- 4 sedmissegmentové LED zobrazovače
- Podsvětlený displej LCD 2×16 znaků
- USB konektor
- ISP programovací konektor
- Obvod reálného času

Tento vývojový kit byl použit pro vyzkoušení všech navržených senzorů a pro programování mikrokontroléru. Je zde jednoduché připojení ke všem dostupným perifériím, které ATmega32 obsahuje přes samostatné piny. Již připojený obvod reálného času nebyl využit, i když z počátku se s ním počítalo do zapojení. Další výhodou je přítomnost LCD displeje, který může být připojen k libovolným pinům. Ten byl použit pro zobrazování naměřených dat. Na sběrnici I²C jsou již napevno připojeny Pull-Up rezistory s hodnotou 10 kΩ, obvod reálného času a paměť EEPROM. Kit je vyobrazen na obr. 17 i s popisy hlavních částí (převzato z [14]).



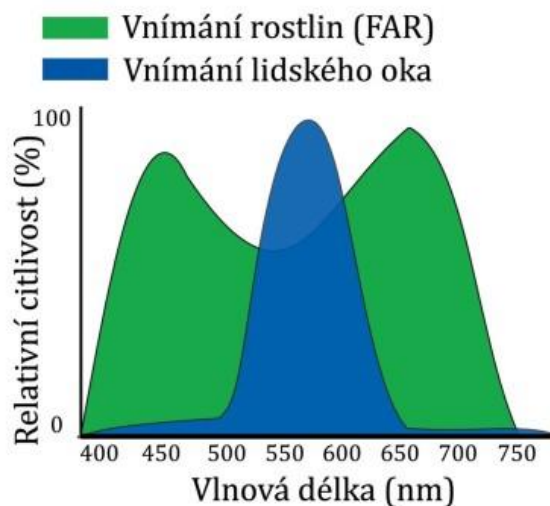
Obr. 17: Vývojový kit AVR EvB 4.3

8. NAMĚŘENÉ HODNOTY

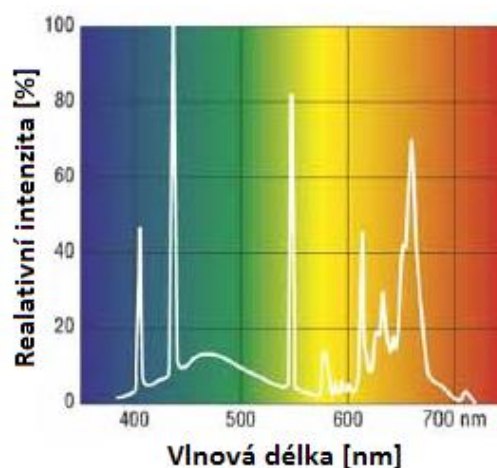
8.1 Osvětlení

Pro měření osvětlení byl použit Luxmetr PU150 na rozsahu 5000 lx, kde je výrobcem uvedena tolerance 10 %.

Při porovnání hodnoty intenzity osvětlení, které mělo být dosaženo (2000 lx) a naměřené hodnoty 1600 lx, je rozdíl 400 lx. Rozdíl mezi vypočítanou hodnotou a hodnotou naměřenou je způsoben korekcí luxmetru pro citlivost lidského oka, které nejvíce vnímá intenzitu zeleného světla, jehož vlnová délka je 555 nm, zatímco zvolená zářivka má největší intenzitu kolem 440 nm. V oblasti, kde je lidské oko na intenzitu osvětlení nejcitlivější, má intenzitu záření pouze okolo 82 %. Vše je vidět na obr. 18 (převzato z [15]) a na obr. 19.



Obr. 18: Graf vnímání světla lidským okem a rostlinami



Obr. 19: Spektrum zářivky od výrobce Sylvania GROLUX

Z těchto obrázků je také vidět, že zářivka vyzařuje světlo nejúčinněji ve vlnových délkách, ve kterých je rostlina nejvíce vstřebává, a jsou pro ni tedy nejprůznivější.

8.2 Topení

Zvyšování teploty lze nejlépe sledovat v závislosti na čase. Pro toto měření jsou výsledky uvedeny v tabulce 2. Vnější teplota je 20°C a rozdíl teplot uvnitř a vně je spočítána na 5°C, vnitřní teplota by tedy měla dosáhnout 25°C.

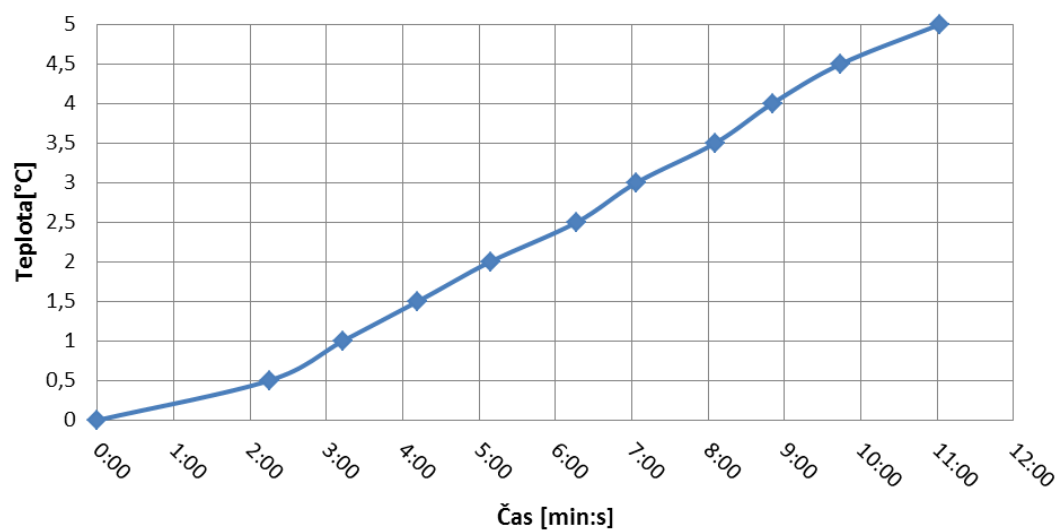
Tabulka 2: Rozdíl vnitřní a vnější teploty při vytápění v závislosti na čase

Čas vytápění [min:s]	Rozdíl vnitřní a vnější teploty [°C]	Čas vytápění [min:s]	Rozdíl vnitřní a vnější teploty [°C]
2:32	0,5	7:04	3
3:13	1	8:14	3,5
4:12	1,5	8:51	4
5:09	2	9:15	4,5
6:17	2,5	9:59	5

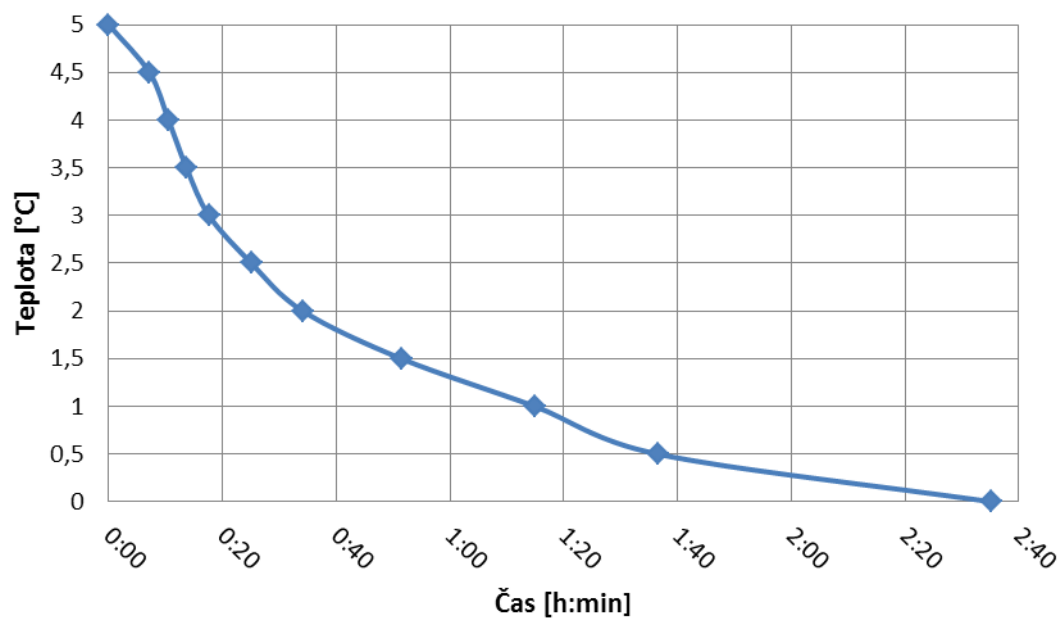
Po dosažení rozdílu teplot 5°C bylo topení vypnuto a bylo zahájeno měření času, během kterého se teplota opět vrátí na původní hodnotu. Vše je v tabulce 3.

Tabulka 3: Rozdíl vnitřní a vnější teploty při vypnutí topení v závislosti na čase

Čas od vypnutí [h:min:s]	Rozdíl vnitřní a vnější teploty [°C]	Čas od vypnutí [h:min:s]	Rozdíl vnitřní a vnější teploty [°C]
0:07:08	4,5	0:07:08	2
0:10:30	4	0:10:30	1,5
0:13:40	3,5	0:13:40	1
0:17:36	3	0:17:36	0,5
0:25:04	2,5	0:25:04	0



Obr. 20: Závislost teploty při vyhřívání na čase



Obr. 21: Závislost teploty při ochlazování na čase



Obr. 22: Zapojení pracoviště pro měření teploty

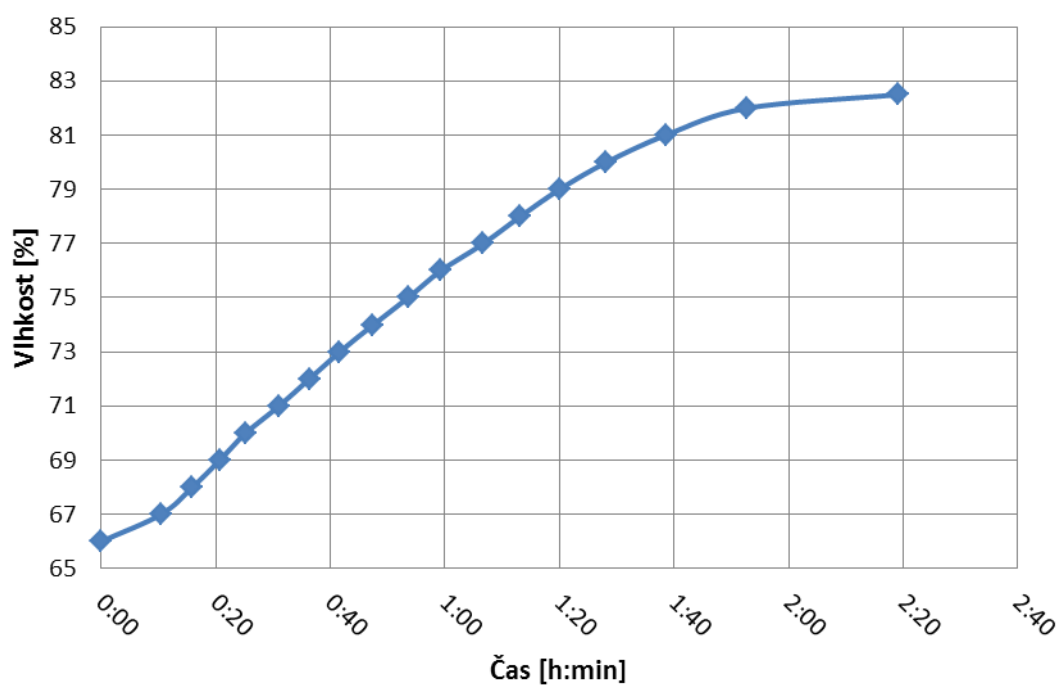
8.3 Zavlažování

Orchideje by mohly začít hnít, pokud by voda dopadala na rozevřený květ, nebo by zůstávala stát na rozhraní listu a stonku, případně kdyby kořeny zůstávaly stát ve vodě po delší dobu. Z tohoto důvodu je zvyšování vzdušné vlhkosti dosaženo vstřikováním vody do hlíny pomocí hadice, jejíž délka je 2 m a je nastřižena po deseti centimetrových rozestupech. Hadice je položena ve vrstvě hlíny. Samotná hlína by však nestačila na dostatečný odvod přebytečné vody a jako podklad pro ni je na dně kytkáří štěrk, přes který se voda dostává zpět do nádržky na vodu. Jako vrchní vrstva je použita kůra, ve které se orchidejím daří nejlépe (jednotlivé vrstvy jsou vidět na obr. 30).

Pro pozorování vývoje vzdušné vlhkosti v čase bylo pomocí čerpadla načerpáno 10 l vody do hlíny pod tlakem 0,5 baru během jedné minuty. Počátek měření je při započetí čerpání. Vše je v tabulce 4 a následně je vše vyneseno v grafu na obr. 23.

Tabulka 4: Zvyšování vzdušné vlhkosti v závislosti na čase

Čas [h:min:s]	Vzdušná vlhkost [%]	Čas [h:min:s]	Vzdušná vlhkost [%]
0:00:00	66	0:53:34	75
0:10:25	67	0:59:19	76
0:15:55	68	1:06:43	77
0:20:41	69	1:13:09	78
0:25:13	70	1:20:01	79
0:31:02	71	1:28:11	80
0:36:20	72	1:38:33	81
0:41:38	73	1:52:48	82
0:47:29	74	2:19:09	82,5



Obr. 23: Závislost vlhkosti na čase po načerpání 10 l vody do hlíny

9. PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ

Pro naprogramování mikrokontroléru od firmy Atmel byl použit program AVR studio, který je volně stažitelný ze stránek výrobce, v němž lze programovat v jazyce symbolických adres nebo v jazyce C/C++. Pro tuto práci byl zvolen jazyk C/C++.

Pro úplné pochopení programu je na obr. 32 a na obr. 33 vývojový diagram celého programu.

9.1 Měření osvětlení

Měření probíhá po přetečení čítače/časovače 1. Pro vyhodnocení osvětlení se použije 15 hodnot, které jsou zprůměrovány. Důvodem je zamezení rychlých změn, které by zářivce ani elektronickému předřadníku neprospívaly. Hodnoty osvětlení jsou měřeny pomocí integrovaného A/D převodníku, jenž je součástí mikrokontroléru. Operační zesilovač, který mění hodnoty fotoproudu, jehož zdrojem je fotodioda, na napětí je připojen na kanál 0. Fotodioda je umístěna na vrchu kytkária, aby nebyla ovlivňována světlem ze zářivek (obr. 31).

Pro rozhodování o zapnutí či vypnutí osvětlení je nastavena rozhodovací úroveň, při níž na fotodiodu dopadá osvětlení 600 lx. Aby nedocházelo k blikání zářivky, pro zapnutí světla musí hodnota osvětlení překročit 800 lx.

9.2 Měření teploty a vlhkosti

Pro toto měření je zapotřebí načíst hodnoty z čidla SHT11, které s mikrokontrolérem komunikuje přes sběrnici I²C. Pro tyto potřeby je do programu vložena knihovna SHT11.h, která vše zabezpečuje. Senzor samotný je umístěn v krytu 1 (obr. 31).

Vyhřívání se zapíná při poklesu teploty pod 20°C a opět se vypne při teplotě vyšší než 25°C.

Měření teploty i vlhkosti nastává cca každých 25 sekund těsně před zobrazením teploty na LCD displeji.

Zavlažování se zapne při vzdušné vlhkosti nižší než 55%. Pokud tento stav nastane, zapne se čerpadlo na 1 minutu, načerpá se tedy 10 l vody do hlíny a následně se počká cca 10 minut, než se dostane voda do vzduchu (doba určena z obr. 23).

9.3 Zobrazování naměřených dat

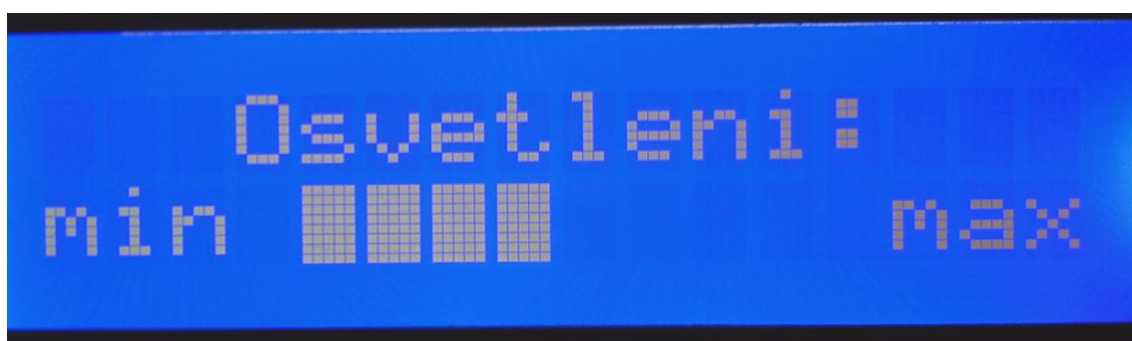
K informaci uživatele o podmínkách uvnitř kytkária je použit LCD displej se dvěma řádky a šestnácti znaky na každém z nich. Používá řadič HD44780. Nejčastěji používané funkce pro displej jsou uvedeny v tabulce 5. Postupně se na displeji zobrazí teplota (obr. 24), další samostatná obrazovka zobrazí vlhkost (obr. 25), další míru vnějšího osvětlení (obr. 26) a pak se zobrazí informace o zapnutých a vypnutých akčních členech (obr. 27 a 28). Mezi změnami informačních obrazovek je vloženo zpoždění 5 s. U zobrazení míry osvětlení je maximální hodnota rovna osvětlení 2000 lx, minimální hodnota je hodnota tmy.



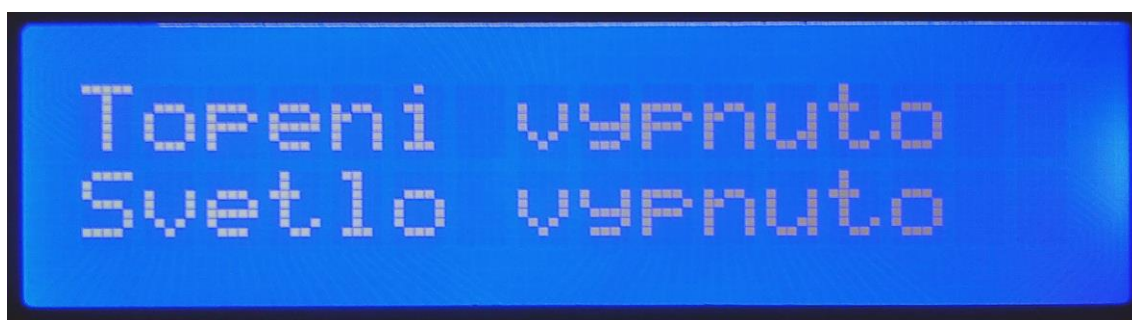
Obr. 24: Obrazovka pro informace o teplotě



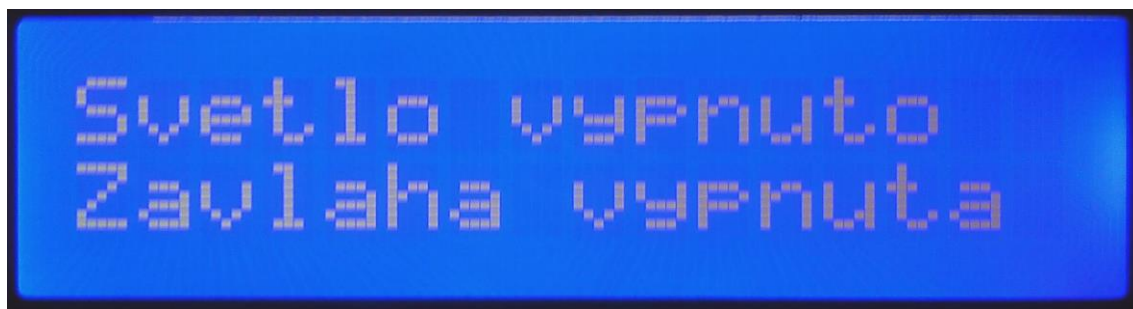
Obr. 25: Obrazovka pro informace o vlhkosti



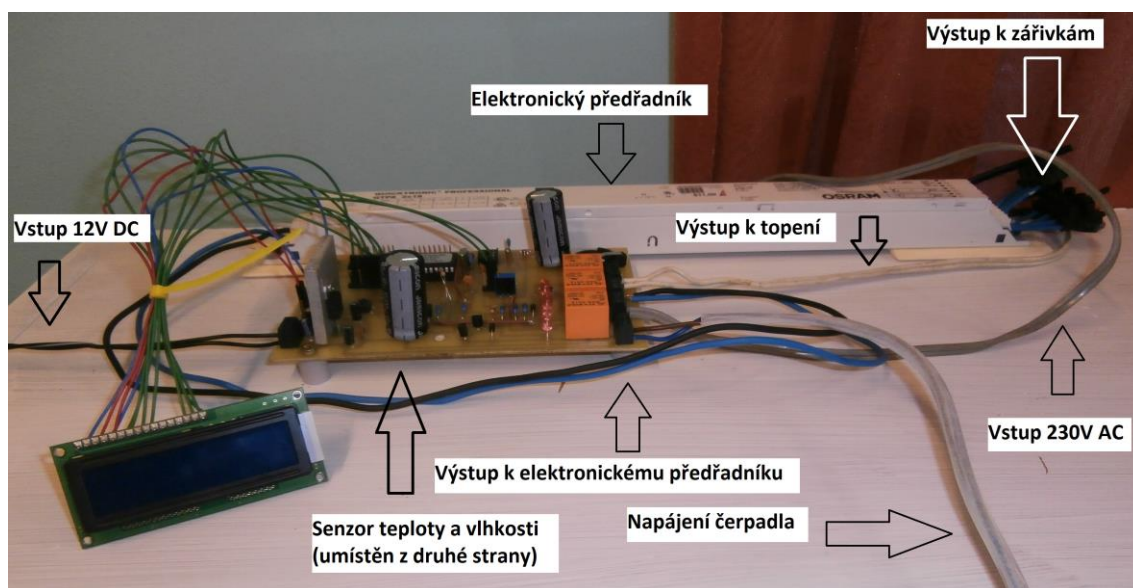
Obr. 26: Obrazovka pro informace o míře osvětlení



Obr. 27: Obrazovka pro informace o spuštěných akčních členech



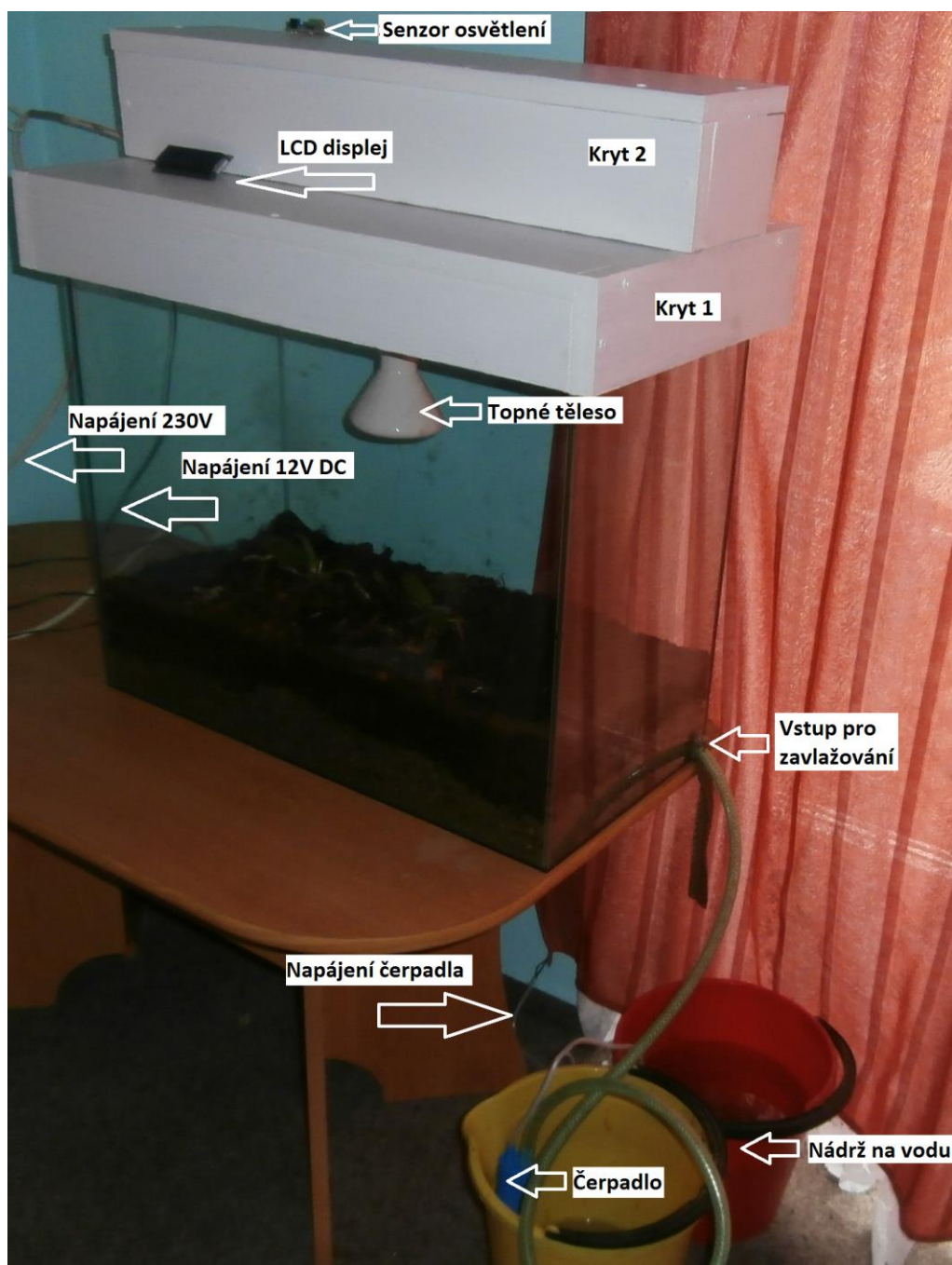
Obr. 28: Druhá obrazovka pro informace o spuštěných akčních členech



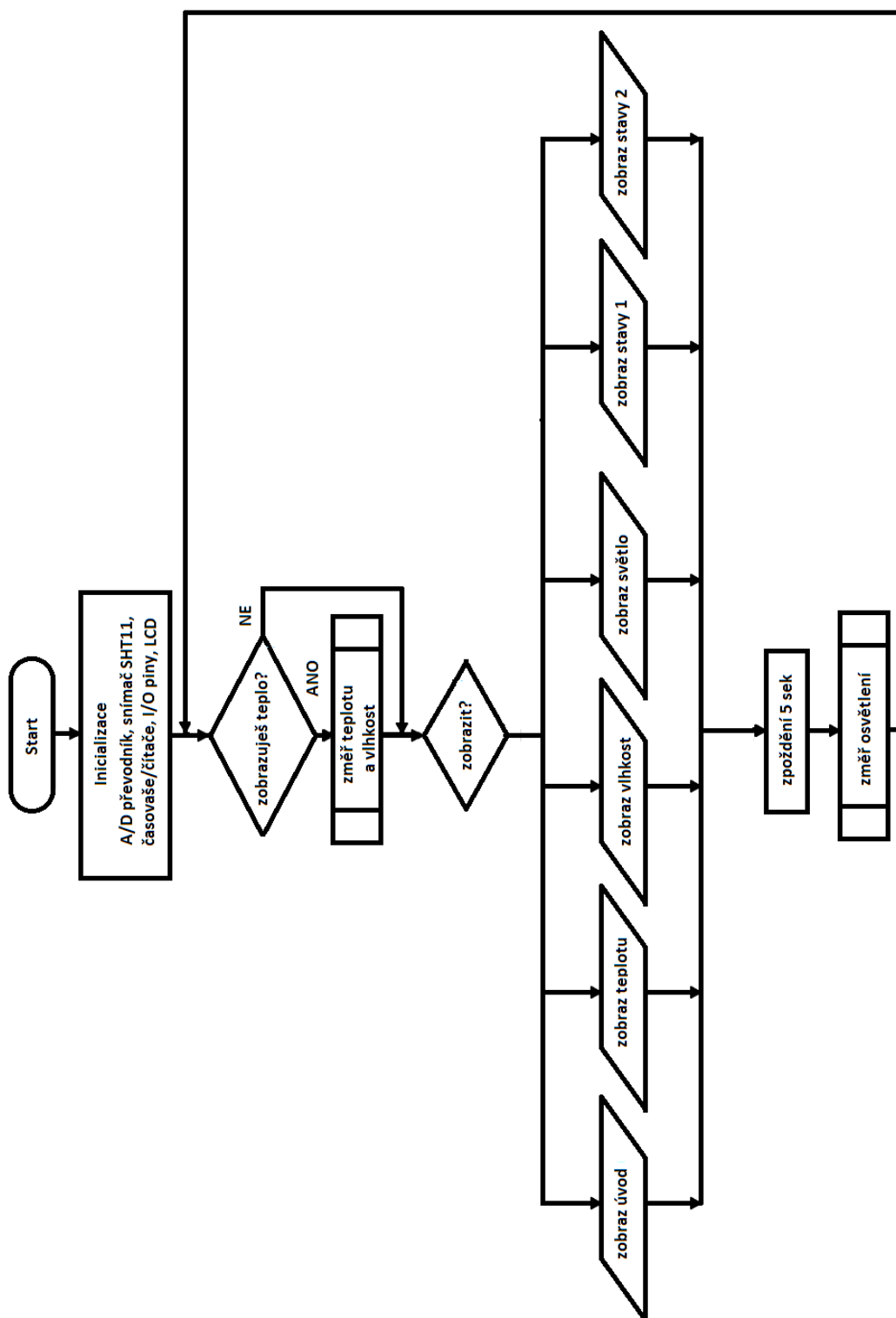
Obr. 29: Zpojení celého systému (zakryto krytem 2)



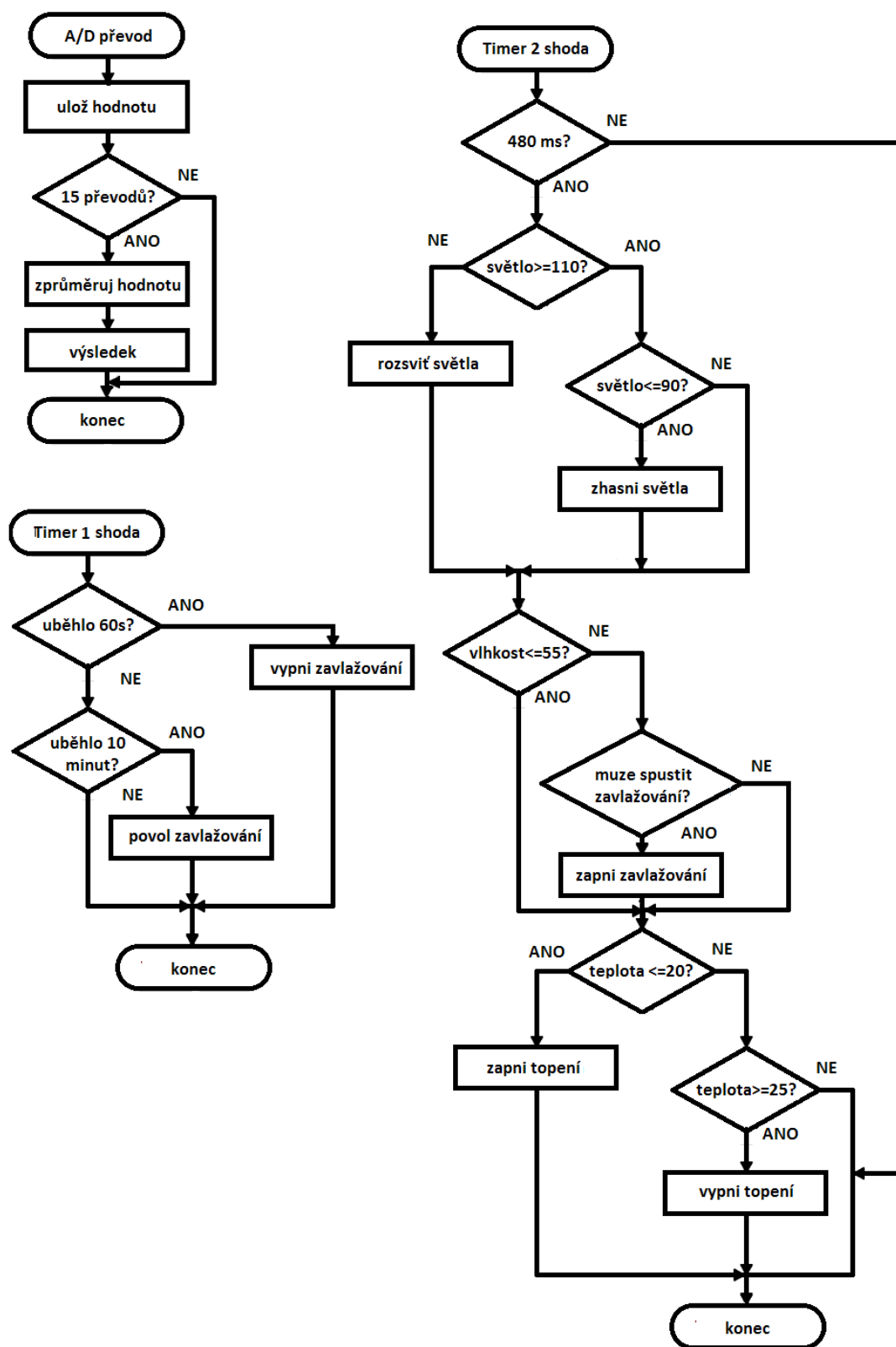
Obr. 30: Osázené kytkárium



Obr. 31: Popis jednotlivých částí kytkária



Obr. 32: Vývojový diagram hlavní části programu



Obr. 33: Vývojový diagram obsluh přerušení

Tabulka 5: Nejčastěji používané funkce pro zobrazování na LCD displeji

Název funkce	Popis funkce
lcd_init () ;	Inicializace LCD displeje
lcd_gotoxy (3,1) ;	Přesuň kurzor na pozici (4. sloupec, 2. řádek)
lcd_clrsc () ;	Smaž obsah displeje
lcd_puts ("xfikar03") ;	Zobraz řetězec "xfikar03"
lcd_data (0xDF) ;	Zápis jednobytové instrukce do LCD displeje

10. ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout automatizovaný systém pro udržování optimálního klimatu a světelných podmínek pro kvalitní růst rostlin. Tyto faktory jsou rozebrány v kapitole 1.

Ve druhé části jsou uvedeny na trhu dostupné systémy, které se však zaměřují pouze na zavlažování rostlin a jsou určeny pro jejich zalévání po dobu nepřítomnosti majitelů.

Další kapitola se zabývá výběrem akčních členů. Jsou zde výpočty pro potřebný výkon topení a osvětlení pro navržené rozměry kytkária. Nezbytnou součástí celého systému je i výběr správného zavlažovacího čerpadla.

Velmi důležitou částí práce je také návrh ideálního systému pro měření a vyhodnocování kontrolovaných veličin. Vše je popsáno v kapitole č. 5. Na ní navazuje další kapitola, která se věnuje výběru vhodného mikrokontroléru pro vyhodnocování naměřených hodnot a následující část se zaměřuje na výběr programátoru pro mikrokontrolér.

V osmé kapitole jsou konkrétní naměřené hodnoty v kytkáriu. Mezi měřené veličiny patří teplota, vlhkost i míra osvětlení a jsou porovnány s vypočítanými hodnotami.

Poslední devátá kapitola se zabývá programovým řešením systému. Je zde uvedeno, jak se jednotlivé měřené veličiny vyhodnocují a zpracovávají. Nechybí ani ukázka zobrazení hodnot uživateli. Přiložen je i vývojový diagram celého programu.

Celý systém se povedlo zprovoznit a naprogramovat.

11. LITERATURA

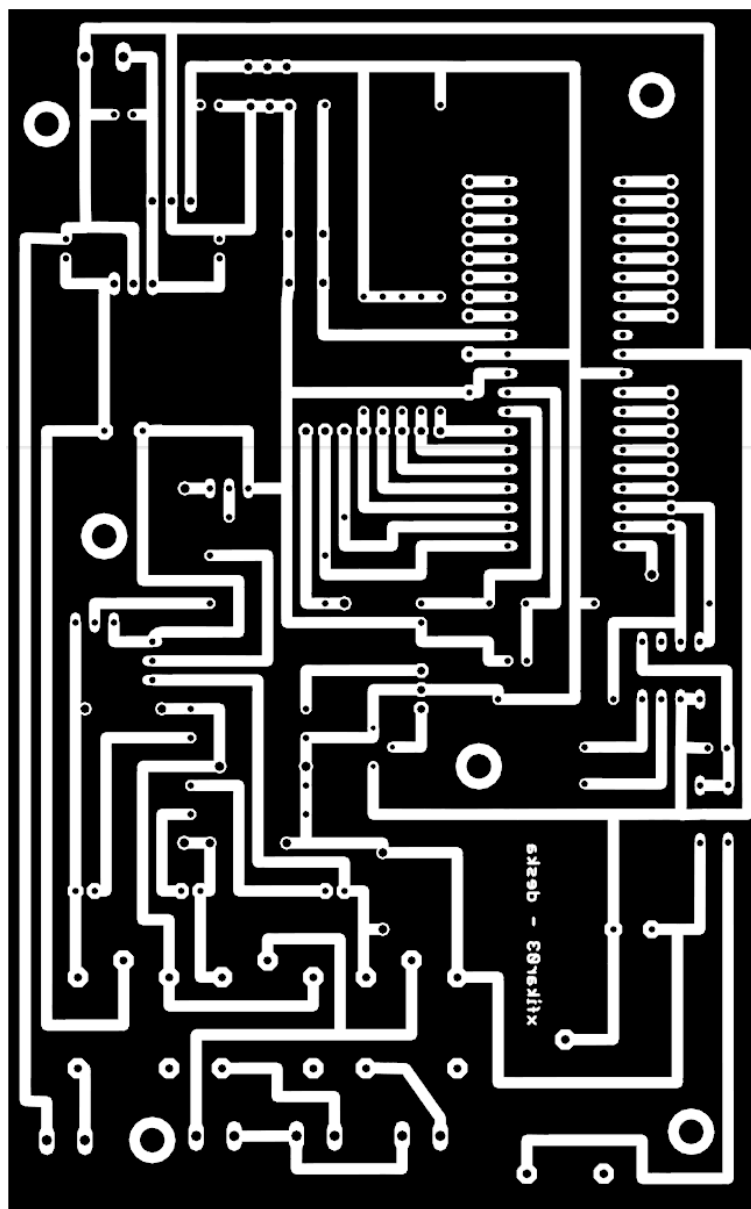
- [1] FIKAROVÁ, L. Možnosti ovlivňování světelných podmínek při pěstování rostlin v současných interiérech. Diplomová práce. Lednice: Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta MZLU v Lednici, 2011.
- [2] Světlo [online]. Praha: FCC Public s.r.o., 2000 - [cit. 26. Června 2012]. Dostupné na [www: http://www.svetlo.info](http://www.svetlo.info)
- [3] Zavlažování o dovolené [online]. 2012 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.egardena.cz/produkt/zavlazovani-o-dovolene/306/>
- [4] CLABER 8053 OASIS 9 V - automatický zavlažovač. In: 123shop [online]. 2012 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.hobby-planeta.cz/d/claber-automaticky-zavlazovací-system-oasis-9-v/>
- [5] Zavlažování květinových truhlíků. In: EGardena [online]. 2012 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.egardena.cz/gardena/zavlazovací-technika/zavlazovani-kvetinovych-truhliku/>
- [6] BARTŮŇEK, L. Vodní elektrické ponorné čerpadlo Comet 12V, 8 litrů/min. Karavan [online]. 2012 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: http://www.karavan.cz/_300_108-vodni-elektricke-ponorne-cerpadlo-comet-12v--8-litru-min.htm
- [7] MACEK, M. Výpočet osvětlení. In: Lustry-svitidla [online]. 2008 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.lustry-svitidla.cz/vypocet-osvetleni>
- [8] Zářivka Sylvania GRO-LUX T8, 18W, 590mm. In: Robimaus [online]. 2012 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.robimaus.cz/cs/zarivky-pro-akvaria-t8/647-zarivka-sylvania-grolux-t8-18w-590mm-5410288007090.html>
- [9] Aquarium lighting market - types and parameters. In: Inaquarium [online]. 2012 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: http://www.inaquarium.com/images/oswietlenie/sylvania_grolux_widmo.jpg
- [11] Vishay semiconductors. Bpw34 Datasheet [online], 1999 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.gme.cz/dokumentace/520/520-021/dsh.520-021.2.pdf>
- [12] Avago technologies. APDS-9300 Datasheet [online], 2008 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.gme.cz/dokumentace/968/968-013/dsh.968-013.1.pdf>
- [13] Sensirion. SHT1x Datasheet [online], 2010 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.gme.cz/dokumentace/539/539-025/dsh.539-025.1.pdf>
- [14] PAVELKA, O. Hardwarové pomůcky pro podporu vývoje aplikací s mikrokontroléry ATMEL AVR. In: Hw [online]. 2012 [cit. 11. Prosince 2012]. Dostupné na: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/software/hardwarove-pomucky-pro-podporu-vyvoje-aplikaci-s-mikrokontrolery-atmel-avr>

- [15] MR. JOSÉ, NEPRŮHLEDNÉ SVĚTLO – 1. DÍL, In: Magazin-legalizace [online]. 26.4.2011 [cit. 18.5.2013]. Dostupné na: <http://www.magazin-legalizace.cz/cs/articles/detail/135-nepruhledne-svetlo>
- [16] BERAN, O. Jak na Phalaenopsis. 26.3.2009 [cit. 20. Dubna 2013]. Dostupné na: <http://bmprofit.cz/orchidej.php>
- [17] FRÝZA, T, Mikroprocesorová technika a embedded systémy, [online]. Dostupný na http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/mpt_pocitace_full.pdf

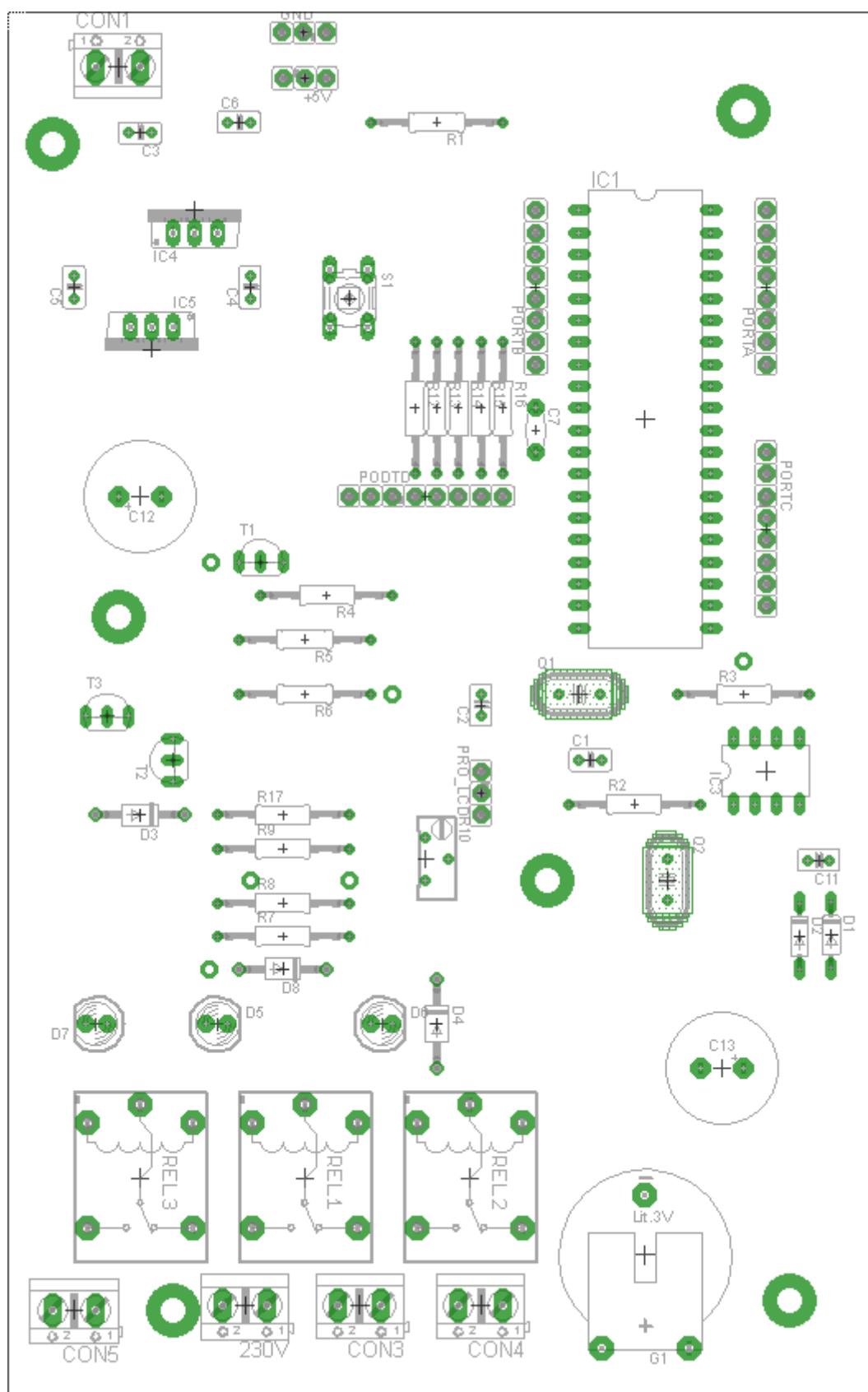
POUŽITÉ ZKRATKY

USB	-universal seriál bus
LCD	-liquid crystal display
EEPROM	-elektrically erasable programmable read-only memory
DPS	-deka plošných spojů
EP	-elektronický předřadník
SRAM	-static random access memory
I ² C	-inter-integrated circuit
ISP	-in systém programmer
A/D převodník	-analogově-digitální převodník

PŘÍLOHY



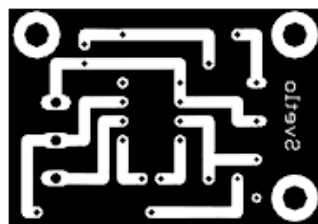
Obr. 34: DPS hlavní části 1:1- BOTTOM



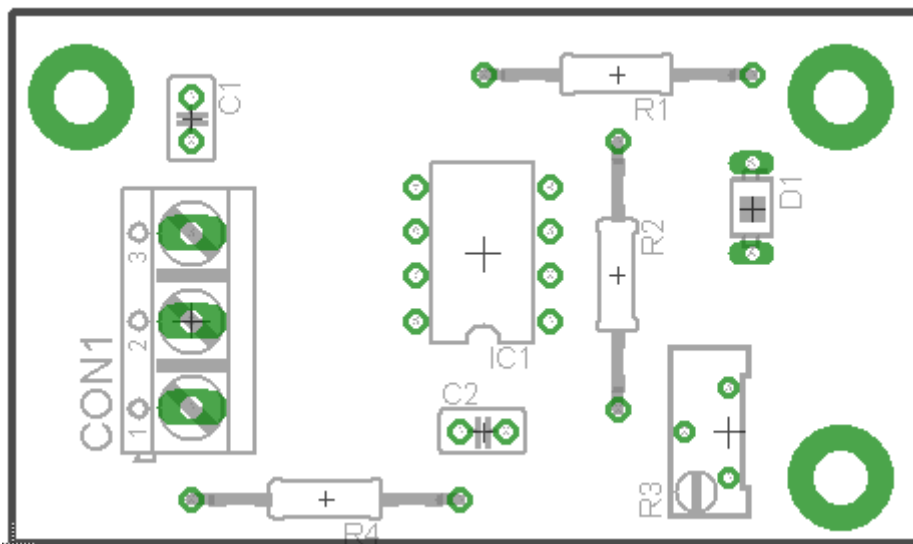
Obr. 35: Osazovací schéma hlavní části - TOP

Tabulka 6: Seznam součástek pro DPS - hlavní část

Počet kusů	Součástka	Hodnota	Pouzdro
1	IC1	ATmega32	DIL40
1	IC3	PCF8583	DIL08
1	IC4	7805	TO220V
1	IC5	7812	TO220V
3	T1, T2, T3	BC549C	TO92-CBE
2	D1, D2	1N4148	DO35-7
3	D3, D4, D8	1N4007	DO41-10
3	D5, D6, D7	LED 5MM OVAL	LED5MM
1	S1	Spínač	B3F-10XX
3	REL1, REL2, REL3	RELRAS0515	RELE_RAS
6	R1, R12, R13, R14, R15, R16	8,5k	0207/15
3	R1, R2, R3, R17	10k	0207/15
3	R4, R5, R6	1,2k	0207/15
3	R7, R8, R9	300	0207/15
1	R10	10k	RTRIM64Y
1	Q1	16MHz	HC49U-V
1	Q2	32,768kHz	HC49U-V
2	C1, C2	22pF	C025-025X050
2	C3, C4	0,33uF	C025-025X050
2	C5, C6	0,1uF	C025-025X050
2	C7, C11	100nF	C025-025X050
2	C12, C13	10000mF/25V	RM5-13
1	G1	Držák baterie	CR2032H
4	CON1, CON2, CON3, CON4	Konektory	AK500/2
41	ASL050G	Kolík oboustranný	ASL050G



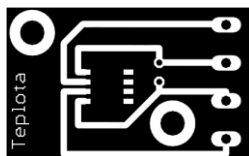
Obr. 36: DPS pro měření světla 1:1 - BOTTOM



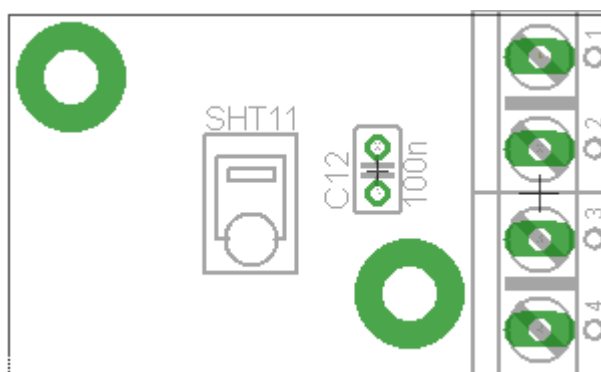
Obr. 37: Osazovací schéma pro měření osvětlení - TOP

Tabulka 7: Seznam součástek pro DPS - měření osvětlení

Počet kusů	Součástka	Hodnota	Pouzdro
1	C1	22nF	C025-025X050
1	C2	22pF	C025-025X050
1	R1	1k	0207/15
1	R2	2,7k	0207/15
1	R3	1k	RTRIM64Y
1	R4	4,7k	0207/15
1	IC1	TLC271	DIL08
1	D1	BPW34	BPW32
1	CON1	Konektor	AK500/3



Obr. 38: DPS pro měření teploty a vlhkost 1:1 - TOP



Obr. 39: Osazovací schéma pro měření teploty a vlhkosti - TOP

Tabulka 8: Seznam součástek pro DPS - měření teploty a vlhkosti

Počet kusů	Součástka	Hodnota	Pouzdro
1	SHT11	-	SHT11
1	C12	100nF	C025-025X050
2	Konektory	-	AK500/4