

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Regulátor prostředí terária

Jakub Fürbach

Bakalářská práce

2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Fürbach**
Osobní číslo: **I11254**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Regulátor prostředí terária**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce bude návrh univerzálního regulátoru pro udržování, měření a řízení podmínek v teráriu. V běžných teráriích je potřeba udržovat optimální vlhkost, osvětlení a teplotu, kterou by zařízení mělo umět nejen udržovat, ale i měnit v průběhu 24 hodin tak, aby prostředí mělo denní/noční režim. Pokud se počítá s osvětlením zdroji, které umožňují stmívání, měl by přechod mezi nocí a dnem proběhnout plynule.

Teoretická část práce bude obsahovat rozbor problematiky terárií, s ohledem na potřeby vnitřního prostředí. V práci budou rozebrány možnosti měření jednotlivých veličin a možnosti jejich řízení. V praktické části bude na základě rozboru teoretické části provedena volba vhodné kombinace měřících a akčních členů a realizován návrh, konstrukce a oživení regulátoru. Regulátor by měl být navržen tak, aby umožňoval zobrazení měřených veličin a nastavení regulovaných hodnot.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesoru a instrukční soubor. Praha: BEN technická literatura, 2003. 336 s. ISBN 978-80-7300-083-0.
[2] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: programování v jazyce C. Praha: BEN technická literatura, 2003. 216 s. ISBN 978-80-7300-102-0.
[3] VLACH, J. Řízení a vizualizace technologických procesů. Praha: BEN technická literatura, 2002. 160 s. ISBN 978-80-86056-66-X.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Rozsival
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2014**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2014

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 602 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna od mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až podle jejich skutečné výše.

V Pardubicích dne 9. května 2014

Jakub Fürbach

Anotace

První část práce se zabývá rozбором problematiky terárií a to především jejich vnitřním prostředím. Dále jsou rozebrány základní možnosti toho, jak jednotlivé sledované veličiny měřit a řídit. V druhé části práce jsou podle předchozího teoretického rozboru zvoleny měřicí a akční členy. Dále je proveden návrh, konstrukce a oživení regulátoru vnitřního prostředí terária.

Klíčová slova

regulátor, ATmega16, LCD

Title

Terrarium environment controller

Annotation

The first part of the thesis analysis of the problems terrariums, and especially their internal environment. It also included analyze of the basic options of monitored variables to measure and modify. In the second part of the thesis are selected the measuring elements and actuators according the previous theoretical analysis.

Subsequently the design, construction and recovery of the internal control environment terrarium.

Keywords

Controller, ATmega16, LCD

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	7
ÚVOD.....	8
1. TEORIE TERÁRIÍ.....	9
2. MĚŘENÍ A REGULACE SLEDOVANÝCH VELIČIN	13
2.1 Měření a regulace teploty	13
2.1.1. Měření teploty	13
2.1.2. Regulace teploty	15
2.2 Měření vlhkosti	15
2.3 Měření osvětlení	16
3. VOLBA SOUČÁSTÍ PRO REALIZACI REGULÁTORU.....	18
3.1 Realizace měření teploty.....	18
3.2 Realizace regulace teploty	21
3.3 Realizace měření vlhkosti	22
3.4 Realizace a měření osvětlení.....	26
4. SESTAVENÍ PROTOTYPU.....	28
ZÁVĚR.....	35
POUŽITÁ LITERATURA.....	36
SEZNAM ROVNIC	37
SEZNAM OBRÁZKŮ	38
SEZNAM TABULEK.....	39
PŘÍLOHA A - DESKA PLOŠNÉHO SPOJE	40
PŘÍLOHA B - SCHÉMA ZAPOJENÍ	41

SEZNAM ZKRATEK

ADC - Analog to Digital Converter

AVR - Advanced Virtual RISC

BC - přechod báze-kolektor

BE - přechod báze-emitor

I2C - Internal-Integrated-Circuit Bus

LCD - Liquid Crystal Display

PN přechod - přechod polovodič/nevodič

PWM - Pulse Width Modulation

SCL - Synchronous Data

SDA - Synchronous Clock

SE - společný emitor

SMD - Surface Mounted Device

USB - Universal Serial Bus

UVA - Ultraviolet

VA - volt-ampérová charakteristika

ÚVOD

Při chovu terarijních zvířat je nejdůležitější správná volba terária a také vytvoření správných podmínek pro konkrétní chovaný druh zvířete. Proto je nutné tyto podmínky regulovat tak, aby byly vyhovující a podle potřeby nastavitelné. Pro terarijní živočichy je nejdůležitější teplota, vlhkost a osvětlení vnitřního prostředí, které obývají.

V souvislosti s vysokou citlivostí chovaných živočichů na změnu těchto tří veličin je nutné jejich měření, sledování a regulace. Teplotu lze měřit například termočlánky, odporovými teploměry nebo bimetalovými teploměry. Vlhkost lze pak měřit pomocí odporových hygrometrů nebo například kondenzační metodou. Pro měření intenzity osvětlení pak jsou nejlepší fotoelektrické součástky jako například fotorezistor nebo fototranzistor.

Cílem první části práce je rozebrat problematiku terárií, a to především jejich vnitřním prostředím. Dílčím cílem je popsat základní možnosti toho, jak jednotlivé sledované veličiny měřit a řídit. Cílem druhé části práce je pak podle předchozího teoretického rozboru zvolit měřící a akční členy, navrhnout, konstruovat a oživit regulátor vnitřního prostředí terária.

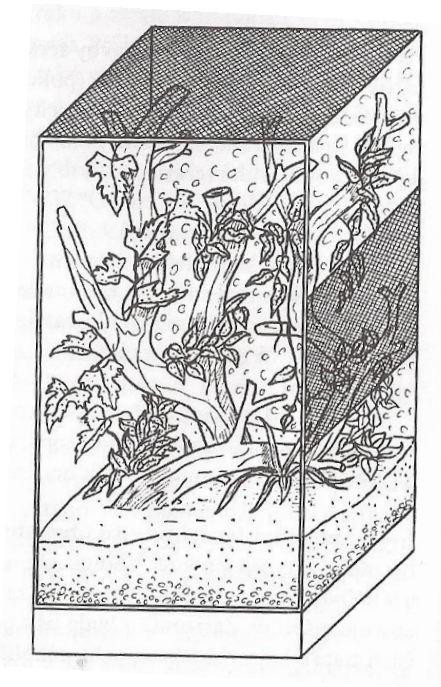
1. TEORIE TERÁRIÍ

Terárium je zařízení sloužící k chovu zvířat, která jsou citlivá na teplotu a vlhkost okolí. Jsou to především plazi, obojživelníci nebo drobní savci. [5] Při konstrukci terária záleží na nárocích chovaného zvířete, tedy na tom, v jakém přirozeném biotopu žije. Rozlišujeme tedy těchto pět druhů terárií:

- Standardní terárium,
- tropické pralesní terárium,
- suché terárium pro obyvatele pouští a polopouští,
- suché terárium pro obyvatele skal,
- síťové vzdušné terárium.[3]

Standardní terárium

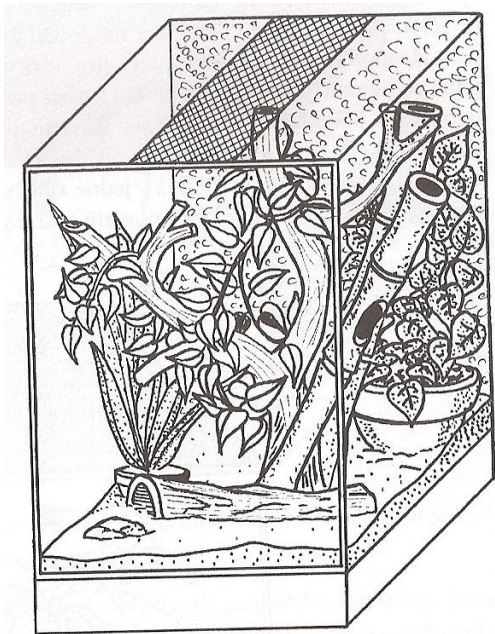
Tento typ terária je určený pro živočichy ze subtropického a mírného pásu. Je tedy kladen důraz na vyšší vlhkost vzduchu a bohatší vegetaci. Zdrojem tepla je zde žárovka v kořenáči, která ve dne vyhřívá terárium na 18 - 30 °C a v noci na 13 - 22 °C, což závisí na druhu chovaného zvířete. Vlhkost se pohybuje v rozmezí 60 - 90 % opět v závislosti na chovaném druhu. V teráriu by mělo být zajištěno proudění vzduchu a to nejčastěji pomocí hmyzího pletiva na horní, příp. boční části terária.[3]



Obrázek 1: Standardní terárium [3]

Tropické pralesní terárium

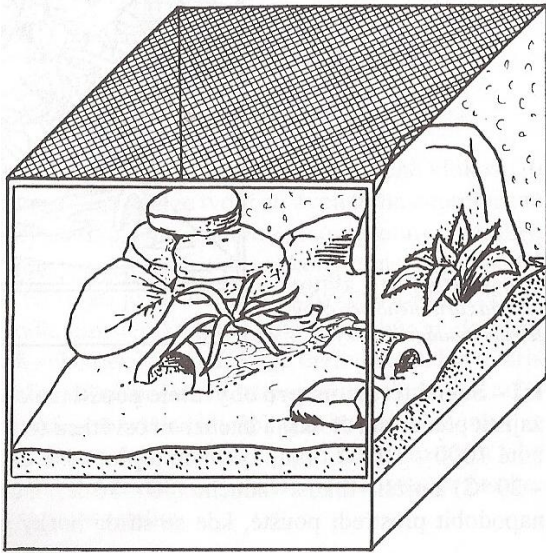
Toto je jediný typ terárií, ve kterém mohou chovaná zvířata přezimovat. Je tedy nutné celoročně udržovat vlhkost prostředí na 70 - 90 %, proto by mělo být celé z nepropustného skla, cirkulace vzduchu by měla být zajištěna dvěma úzkými pruhy hmyzího pletiva v dolní a horní části terária, případně pruhem hmyzího pletiva na vrchní části. Terárium by mělo být vyšší, jelikož zde chované druhy šplhají a tráví většinu života vysoko ve větvích. Teplota je nepřetržitě udržována v rozmezí 26 - 30 °C, maximálně 35 °C. Některým druhům se teplota v noci snižuje na 20 °C. V zimě je denní i noční teploty mohou být nepatrně nižší, vždy se ale musí pohybovat u spodní hranice rozpětí teplot. Tento typ terária je nejnáročnější na elektrickou energii i na údržbu. [3]



Obrázek 2: Tropické pralesní terárium [3]

Suché terárium pro obyvatele pouští a polopouští

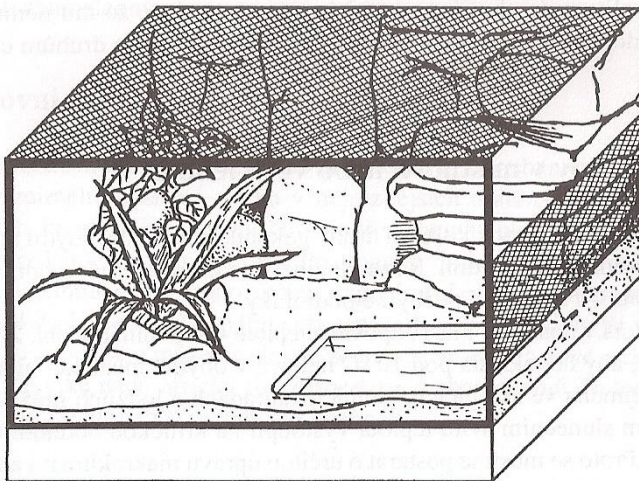
Zde má být chovaným druhům zajištěno především dlouhé a intenzivní osvětlení a vysoká teplota, která ve dne dosahuje až 35 °C a v noci je v rozmezí 15 - 20 °C. Terárium je celkově nižší s větší plochou dna. Zdroj tepla by měl být zavěšen v jedné části, kde vznikne vyhřívací místo, druhá část by měla být chladnější a vlhčí. Terárium musí být dobře větrané a vzdušné, proto se na vrchní část používá hmyzí pletivo, které je i v jedné z bočních stěn. Rosení se provádí jen jednou týdně. [3]



Obrázek 3:Suché terárium pro obyvatele pouští a polopouští [3]

Suché terárium pro obyvatele skal

Svoji konstrukcí, udržovanou teplotou i vlhkostí je velmi podobné suchému teráriu pro obyvatele pouští a polopouští. Tyto parametry se pak konkretizují podle druhu chovaného zvířete. Rozdíl je v tom, že zadní a jedna z bočních stran by měly být neprůhledné. Vzdušnost je zajištěna vrchní částí, která je z hmyzího pletiva. [3]



Obrázek 4: Suché terárium pro obyvatele skal [3]

Sítové vzdušné terárium

Terárium je celé zhotovené z hmyzího pletiva či gázy, a to kromě přední stěny. Tento typ je vhodný pro všechny druhy chameleonů s výjimkou těch, kteří obývají deštné pralesy; především se využívá pro vysokohorské druhy. Je nejméně nákladným zařízením, avšak dosáhnout v něm výrazných rozdílů mezi denní a noční teplotou je složité. [3]

Každý chovaný jedinec může mít jiné požadavky na teplotu, vlhkost i světlo, a to v závislosti na druhu, stáří i zdravotním stavu. Z toho důvodu jsou tyto typy terárií považovány za výchozí, které je třeba upravit podle konkrétních požadavků zvířete. Pro zbytek práce je vycházeno z typu tropické pralesní terárium, které je upraveno podle potřeb chovaného jedince.

2. MĚŘENÍ A REGULACE SLEDOVANÝCH VELIČIN

Z předchozí kapitoly vyplývá, že každé terárium musí mít zdroj světla, zdroj tepla, zajištěnou cirkulaci vzduchu a odpovídající vlhkost. Zajišťování a regulace těchto parametrů je dále podrobněji popsána v této kapitole.

2.1 Měření a regulace teploty

Teplota je v teraristice považována za nejdůležitější parametr a to zejména proto, že většina chovaných druhů je na změnu teploty vysoce citlivá.

2.1.1. *Měření teploty*

Měření teploty lze provádět několika různými způsoby. Nejčastěji se používá těchto šest možností:

- Termočláňkové snímače teploty,
- snímače teploty se změnou odporu,
- infračervené měření teploty,
- bimetalové teploměry,
- teploměry s roztažitelnými kapalinami,
- teploměry se změnou stavu, [4]
- teploměry s PN diodou.

Termočláňkové snímače teploty

Tento snímač je složený ze dvou pásků či drátu různých kovů. Tyto jsou na jednom konci spojeny. Pokud se změní teplota na tomto konci, způsobí to změnu termoelektrické síly mezi konci druhými. Závislost mezi teplotou a termoelektrickou silou není přesně lineární.[4]

Snímače teploty se změnou odporu

Tyto využívají změnu elektrického odporu materiálu v závislosti na jeho teplotě. Existují dva typy tohoto snímače - odporové teploměry a termistory. Teploměry jsou založeny na měnícím se odporu v kovu, který s teplotou s teplotou lineárně vzrůstá. Termistory jsou založeny na měnícím se odporu v keramickém polovodiči. Roste-li teplota, odpor nelineárně klesá. [4]

Infračervené měření teploty

Infračervené snímače jsou bezdotykové. Teplotu odvozují z měřené tepelné radiace, kterou emituje měřený objekt. [4]

Bimetalové teploměry

Využívají toho, že různé materiály mají různou tepelnou roztažnost. Dva pásy různých materiálů jsou k sobě pevně spojeny a při jejich ohřívání dochází k většímu roztahování jedné strany. Výsledné ohýbání je pak pomocí mechanického převodu zobrazeno ručičkou. Tento typ měření nevyžaduje napájení, avšak disponuje menší přesností měření; nehodí se pro okamžikový záznam teploty. [4]

Teploměry s roztažitelnými kapalinami

Tyto teploměry se dělí do dvou hlavních skupin, a to rtuťové a s organickou náplní, využít lze i plynovou náplň. Přístroje obsahující plyny nevyžadují napájení a jsou stabilní při opakovaném cyklování. Dostupná data jsou špatně zaznamenatelná a přenosná. S tímto typem teploměru nelze provádět plošná ani bodová měření. [4]

Teploměry se změnou stavu

Mezi tyto patří: nálepky, peletky, tužky, laky, tekuté krystaly. Dosažení určité teploty se projeví změnou stavu, např. při překročení určité teploty bílé políčko na snímači zčerná. Doba odezvy je několik minut, přesnost je nízká, změna stavu je nevratná (kromě tekutých krystalů). [4]

Teploměry s PN diodou

Diodové senzory využívají změny vlastností PN přechodu v závislosti na okolní teplotě. K jejich zhotovení se nejčastěji používá germaniových nebo křemíkových diod. Chování PN přechodu je popsáno Shockleyovou rovnicí (rovnice 1) pro ideální diodu v propustném i závěrném směru.

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{U_D}{mU_T}} - 1 \right)$$

Rovnice 1: Shockleyova rovnice

kde:

U_D	je	napětí na PN přechodu diody v propustném směru
I_S		saturační proud PN přechodu diody v závěrném směru
I_D		saturační proud PN přechodu diody v propustném směru

M	rekombinační koeficient polovodiče ($1 \leq m \leq 2$)
U_T	teplotní napětí ($J \cdot C^{-1}$)
E	elementární náboj

2.1.2. *Regulace teploty*

Regulovat teplotu v teráriu lze nejčastěji termostatem. Dále pak topným kabelem či kamenem žárovkou a prouděním vzduchu. Proudění vzduchu může být samovolné nebo zajištěné mechanicky např. pomocí větráků.

Termostat je zařízení, které samo reguluje předem nastavenou teplotu pomocí topné odporové spirály. Při překročení dané teploty termostat vypne vytápění a při poklesu teploty pod určitou hranici termostat zapne vytápění dle určité hystereze.

Topný kabel či kámen pracují na principu odporového drátu, který se zahřívá. U těchto zařízení se nedá regulovat či nastavovat teplota. Při připojení těchto zařízení do napájecí sítě stále vytápějí terarijní prostředí. Což není vhodné pro všechny druhy terarijních zvířat.

Nejčastější způsob vyhřívání terária je pomocí UVA žárovky, která kromě širokého spektra denního světla, vytváří prostor pro termoregulaci a zvyšuje okolní teplotu terária. Tyto jsou dostupné v různých výkonnostních kategoriích. Podle chovaného druhu a jeho požadavků na teplotu a velikost terária volíme výkon žárovky.

2.2 Měření vlhkosti

Množství vodních par ve vzduchu se dá vyjádřit různým způsobem, a to jako absolutní vlhkost nebo relativní vlhkost. Měřit vlhkost lze např. těmito způsoby:

- Dilatační hygrometry,
- odporové a kapacitní hygrometry,
- psychrometry,
- vlhkoměry na principu rosného bodu,
- kondenzační metoda. [7]

Dilatační hygrometry

Měření funguje na principu změny rozměrů některých látek, které absorbují vodu okolního vzduchu. Tato změna rozměru se přenáší mechanismem na ukazatel. Nejběžnější je vlasový hygrometr. Nevýhodou je nelinearita, potřeba časté regenerace. [7]

Odporové a kapacitní hygrometry

Existují hygrometry s kapalným a tuhým elektrolytem. Čidla na principu hygrometru s tuhým elektrolytem nebo kapacitního hygrometru jsou používána většinou v elektronických přístrojích, které se používají k měření vlhkosti vzduchu. [7]

Psychrometry

Měří mezní adiabatické ochlazení. Ochlazení závisí na rozdílu parciálních tlaků sytých vodních par při teplotě ustáleného teploměru a sytých vodních par v okolním vzduchu. [7]

Vlhkoměr na principu rosného bodu

Pracuje na principu snímání změny odrazivosti kovového ochlazovaného zrcátka při jeho orosení. Odražený paprsek z LED diody přichází snímačem, který vyhodnotí pomocí elektronického obvodu intenzitu světelného toku. [7]

Kondenzační metoda

Zde je vzorek vzduchu nasávaný přes chladič, ve kterém zkondenzuje většina vodní páry. Toto lze nahradit absorpcí vodní páry do sušící látky. Vlhkost původního vzorku je součtem hmotnosti zkondenzované vody v chladiči/absorbované do sušící látky a hmotností vodní páry která zůstala v plynu. [7]

2.3 Měření osvětlení

Osvětlení nejlépe měříme polovodičovými tzv. fotoelektrickými součástkami. Tyto pracují na principu fotoelektrického jevu, přeměňují tedy zářivou energii v elektrickou. Tyto také reagují velmi rozdílně na záření různých vlnových délek, což je jejich nejdůležitější vlastností, tzv. spektrální charakteristika. Součástky řízené světlem jsou tyto:

- Fotorezistor,
- fotodioda,
- fototranzistor,

- dále ještě fototyristor, optron, fotonka, fotonásobič, fotoelektrický článek.

[6]

Fotorezistor

Je to nelineární symetrický dvojbran. Jeho odpor výrazně závisí na ozáření. Při konstantním ozáření zůstává jeho odpor konstantní a VA charakteristikou je přímka s parametrem osvětlení. Zvětšuje-li se osvětlení, klesá odpor v přibližně logaritmické závislosti. Fotorezistor je velmi citlivá součástka, nevýhodou je velká setrvačnost. [6]

Fotodioda

Jedná se o polovodičovou diodu, jejíž PN přechod je přístupný záření. Pokud je osvětlení nulové fotodioda vykazuje chování běžné polovodičové diody. Fotodioda dokáže zachycovat změny v osvětlení rychleji než fotorezistor - řádově μs až ns. Lze zkonstruovat ještě rychlejší, např. PIN dioda nebo Schottkyho dioda.[6]

Fototranzistor

Tranzistor, který má přechod BE přístupný světlu. Zapojení je vždy SE a přechod BC je polarizován závěrně. Přechod BE je otvírán osvětlením, počet nosičů je přímo úměrný osvětlení a je zesilován jako proud báze v bipolárním tranzistoru. Proto mají fototranzistory vyšší citlivost než fotodiody. [6]

3. VOLBA SOUČÁSTÍ PRO REALIZACI REGULÁTORU

Práce se dále zabývá regulací veličin v tropickém teráriu. Zde je potřeba přesněji měřit vrchní a spodní teplotu terária. Pro měření teploty byly zvoleny integrované obvody, které poskytují digitální signál komunikující na sběrnici I2C.

Jako prvek snímání dopadajícího světla je použit fototranzistor. K regulaci osvětlení jsou používány žárovky. Tyto ovládají relé, která jsou na základě naměřené hodnoty osvětlení okolního prostředí terária spínána a vytváří tak denní nebo noční režim terária.

Pro sledování vlhkosti postačí orientační hodnota, proto byl zvolen vlhkoměr se závislostí odporu na vlhkosti.

Pro potřeby zobrazování a nastavování hodnot jednotlivých veličin bylo vytvořeno menu a jako zobrazovací prvek byl zvolen dvouřádkový LCD display o šestnácti znacích. Dále pak pro ovládání a nastavování veličin v menu jsou zvolena čtyři tlačítka. Jako jednočip byl zvolen čip od firmy Atmel ATmega16 který bude plně dostačovat i případným rozšířením regulátoru. Plošný spoj byl navržen tak, aby jeho zhotovení bylo možné i bez složitých zařízení, a to v domácích podmínkách se základním vybavením na zhotovení plošného spoje.

3.1 Realizace měření teploty

Jak již bylo zmíněno, pro měření teploty byl zvolen integrovaný obvod, přesněji TMP275. Jeho měření s 1% odchylkou od reálné teploty i jeho pracovní měřicí rozsah jsou dostačující. Rozsah měřicího integrovaného obvodu je od -40°C až 125°C .

Integrovaný obvod komunikuje na sběrnici I2C. Dále komunikace probíhá po dvou obousměrných vedeních SDA a SCL a je nutné obvod napájet. Tato komunikace využívá metodu detekce kolizí. Obvod je schopen sám generovat digitální hodnotu a proto není nutné používat ADC vstupy mikrokontroléru. Tato hodnota má rozlišení 4 bity na jeden stupeň Celsia. Data ze senzoru jsou přijímána po dvojici bajtů, první reprezentuje horní osmici bytů reprezentující dvanácti bytové číslo. V druhém přijatém bajtu horní čtveřice bitů reprezentuje dolní čtveřici dvanáctibytového čísla. Hodnota 0h odpovídá 0°C , hodnota 4h odpovídá $0,25^{\circ}\text{C}$, z tabulky 1 je patrna lineární závislost. Změna o $0,25^{\circ}\text{C}$ znamená změnu o 4h, proto změna o 1°C odpovídá změně o 10h. Tato hodnota odpovídá 16 v desítkové soustavě. Z důvodu zrychlení výpočtu je hodnota teploty ukládána do celočíselného datového typu.

Teplota [°C]	Digitální výstup [binární číslo]	Hexadecimální číslo
128	0111 1111 1111	7FF
127,9375	0111 1111 1111	7FF
100	0110 0100 0000	640
80	0101 0000 0000	500
75	0100 1011 0000	4B0
50	0011 0010 0000	320
25	0001 1001 0000	190
0,25	0000 0000 0100	004
0	0000 0000 0000	000
-0,25	1111 1111 1100	FFC
-25	1110 0111 0000	E70
-55	1100 1001 0000	C90

Tabulka 1: Datový formát teploty [1]

Hodnota 15 tedy znamená 1,5°C. Vydělená hodnota teploty ve °C je tedy dána rovnicí:

$$T = (T_{adc} * 10) / 16$$

Rovnice 2: Výpočet teploty

kde:

T_{adc} hodnota na výstupu z ADC v integrovaném odvodu.

T teplota v desetinách °C

Teplotních čidel TMP 275 je možno připojit až 8 na jednu komunikaci. Ke každému z těchto zařízení je přidělena adresa podle zapojení adresacích pinů A0, A1, A2 podle tabulky 2.

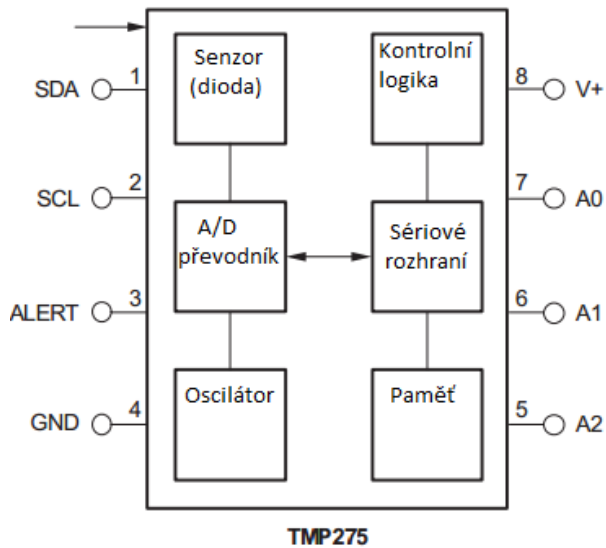
A2	A1	A0	Adresa
0	0	0	1001000
0	0	1	1001001
0	1	0	1001010
0	1	1	1001011
1	0	0	1001100
1	0	1	1001101
1	1	0	1001110
1	1	1	1001111

Tabulka 2: Přidělení adresy podle zapojení [1]

Pro snadnější konstrukci byla dále zvolena tato kombinace adresových pinů:

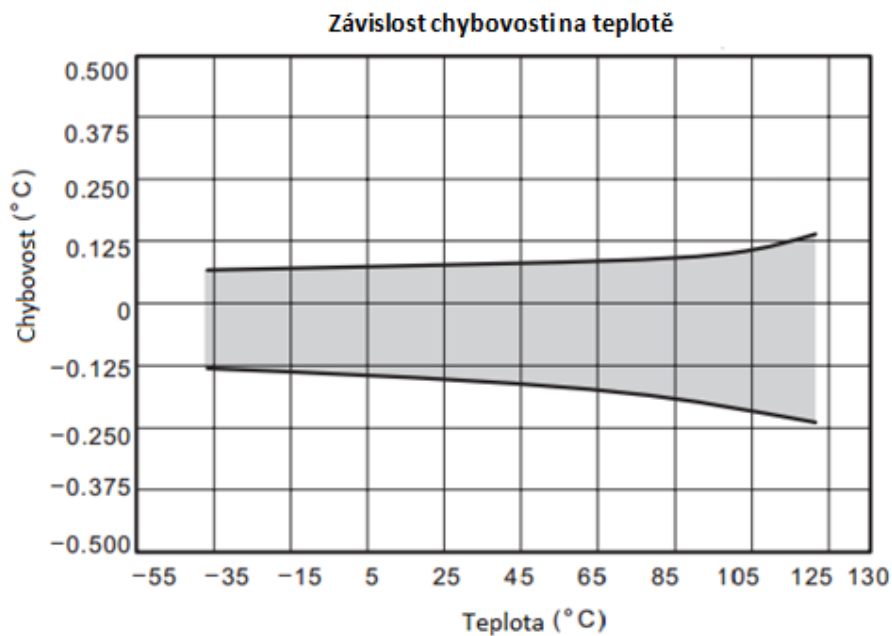
- Pro první teploměr byla zvolena adresa 1001111
- pro druhý byla zvolena adresa 1001011.

Blokové schéma integrovaného obvodu je znázorněno v obrázku 5:



Obrázek 5: Integrovaný obvod TMP 275 1 [1]

Chybovost integrovaného obvodu TMP 275 je znázorněna v grafu na obrázku 6:



Obrázek 6: Závislost chybovosti na teplotě [1]

3.2 Realizace regulace teploty

Vytápění terária je zajištěno UVA žárovkou, která vytopí celé terárium dostatečně. Ovšem při stálém neregulovaném svícení může docházet k přetopení terária. To je řešeno společně s cirkulací vzduchu dvěma ventilátory, které jsou řízeny PWM signálem v závislosti na naměřených teplotách. Otáčky ventilátorů jsou závislé na odchylce naměřené teploty od požadované teploty.

Při shodě požadované teploty s hodnotou naměřenou je PWM výstup nastaven na střihu 50%. Pokud je naměřená teplota vyšší než požadovaná, PWM výstup je nastaven na vyšší hodnotu, pokud je rozdíl hodnot vyšší než 1,6 stupně je PWM nastaven na 100%. Při poklesu měřené hodnoty se střih PWM snižuje. Při rozdílu větším než 1,5 stupně je střih PWM výstupu nastaven na 0%. Regulace je využita pro obě měřené teploty. Příklad výpočtu regulace teploty je znázorněn pomocí kódu v obrázku 7:

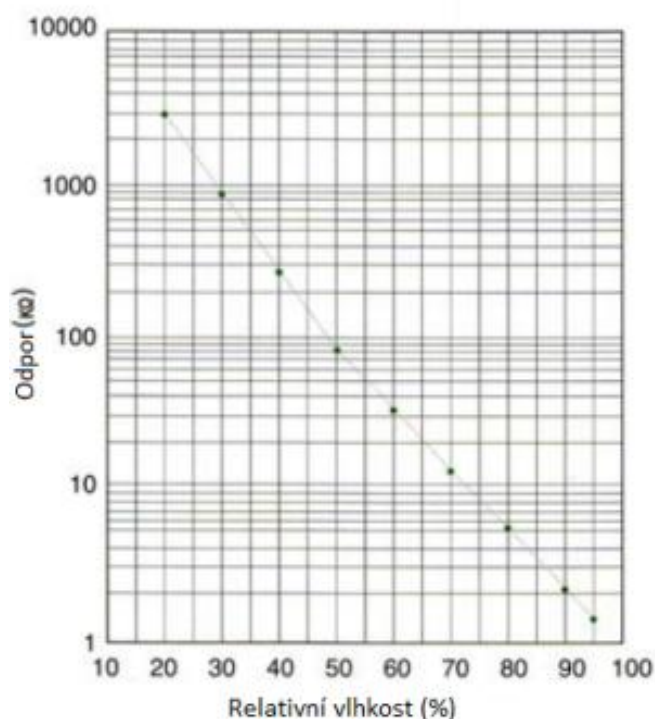
```
uint8_t RegulaceTeploty(int16_t teplota)
{
    if((teplota < horni_pozadovana-15))
    {
        return 0;          // měřená je o -16(-1,6°C) menší než požadovaná
                          // otáčky se nastaví na 0.(PWM 0%)
    }
    if((teplota >= horni_pozadovana-15)&&(teplota < horni_pozadovana-10))
    {
        return 35;        // měřená je o -15 až -11 menší než požadovaná
                          // otáčky se nastaví na 35.(PWM 35%)
    }
    if((teplota >= horni_pozadovana-10)&&(teplota < horni_pozadovana-5))
    {
        return 40;        // měřená je o -10 až -6 menší než požadovaná
                          // otáčky se nastaví na 35.(PWM 35%)
    }
    if((teplota >= horni_pozadovana-5)&&(teplota < horni_pozadovana))
    {
        return 50;
    }
    if((teplota >= horni_pozadovana)&&(teplota < horni_pozadovana+5))
    {
        return 60;
    }
    if((teplota >= horni_pozadovana+5)&&(teplota < horni_pozadovana+10))
    {
        return 75;
    }
    if((teplota >= horni_pozadovana+10)&&(teplota < horni_pozadovana+15))
    {
        return 90;
    }
    if((teplota >= horni_pozadovana+15))
    {
        return 100;
    }
    else
    {
        return 0;
    }
}
}
```

Obrázek 7: Regulace teploty

Tímto rozsahem se dosáhlo regulace teploty na $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$, což je dostačující pro tropické terárium. Otáčky byly rovnoměrně rozprostřeny od hodnoty 35%. Pro roztočení ventilátorů je nutná hodnota PWM aspoň 35%, tím je zajištěna častá cirkulace vzduchu.

3.3 Realizace měření vlhkosti

Za účelem provozu terária postačí hodnoty vlhkosti jen orientační. Proto bylo zvoleno čidlo SYH-2. Jeho přesnost je 5% při 25°C a vlhkosti 60%. Jeho měřicí rozsah je od 20% - 95% relativní vlhkosti. Toto čidlo má delší dobu ustálení hodnoty, přibližně jedna minuta, z důvodu nasáknutí vodních par do materiálu čidla. Vlhkostní čidlo je založeno na změně odporu, při nárůstu okolní vlhkosti odpor logaritmicky klesá. Naměřené hodnoty odporu z čidla jsou v čase spojité, proto je potřeba připojit vlhkoměr na ADC vstup mikrokontroléru. Při dokončení převodu se na výstupu ADC mikrokontroléru objeví hodnota, kterou je třeba převést na hodnotu relativní vlhkosti v procentech. Závislost odporu na relativní vlhkosti je stanovena následujícím grafem v obrázku 8:



Obrázek 8: Závislost odporu na relativní vlhkosti [2]

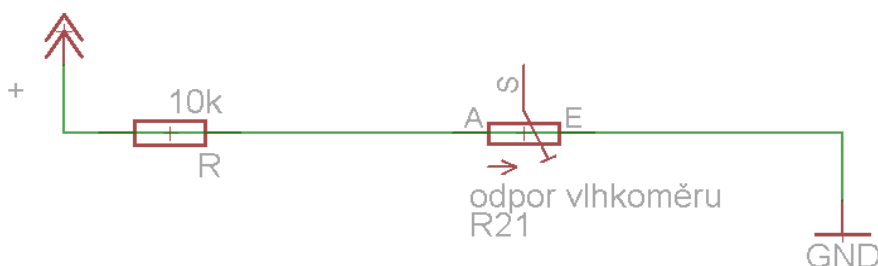
Hodnoty z grafu nejsou dostačující, proto je potřeba z údajů od výrobce dopočítat zbývající hodnoty pokud se má zobrazovat relativní vlhkost s rozlišením jednoho procenta. Z grafu jsou zjištěny tyto hodnoty, které jsou v tabulce 3.

%	Ω
20	2890
30	900
40	270
50	81
60	33
70	13
80	5,3
90	2,2
95	1,5

Tabulka 3: Hodnoty odečtené z grafu [2]

Tyto hodnoty jsou po desítkách procent relativní vlhkosti, je však potřeba zjemnit stupnici s rozlišením jednoho procenta. Toho je docíleno aproximací hodnot odečtených z dat od výrobce.

Vlhkoměr je připojen do děliče. Tento odporový dělič je napájen referenčním napětím mikrokontroléru 2,56V. Vlhkoměr je připojen podle obrázku 9:



Obrázek 9: Zapojení vlhkoměru

Výstup tohoto zapojení je připojen na ADC vstup mikrokontroléru. Z naměřené hodnoty se musí vypočítat odpovídající vlhkost. Výpočet je rozdělen do 3 kroků: výpočet napětí, výpočet odporu a výpočet vlhkosti; první dva kroky jsou uvedeny v rovnicích 3 a 4.

$$U_{výst} = \Delta_{ADC} \frac{U_{ref}}{1024}$$

Rovnice 3: Výpočet napětí

$$U_{výst} = \frac{U_{vst} * R21}{R + R21} \quad \text{rovnice pro dělič; z toho } R21 = \frac{U_{výst} * R}{U_{ref} - U_{výst}}$$

Rovnice 4: Výpočet odporu vlhkoměru

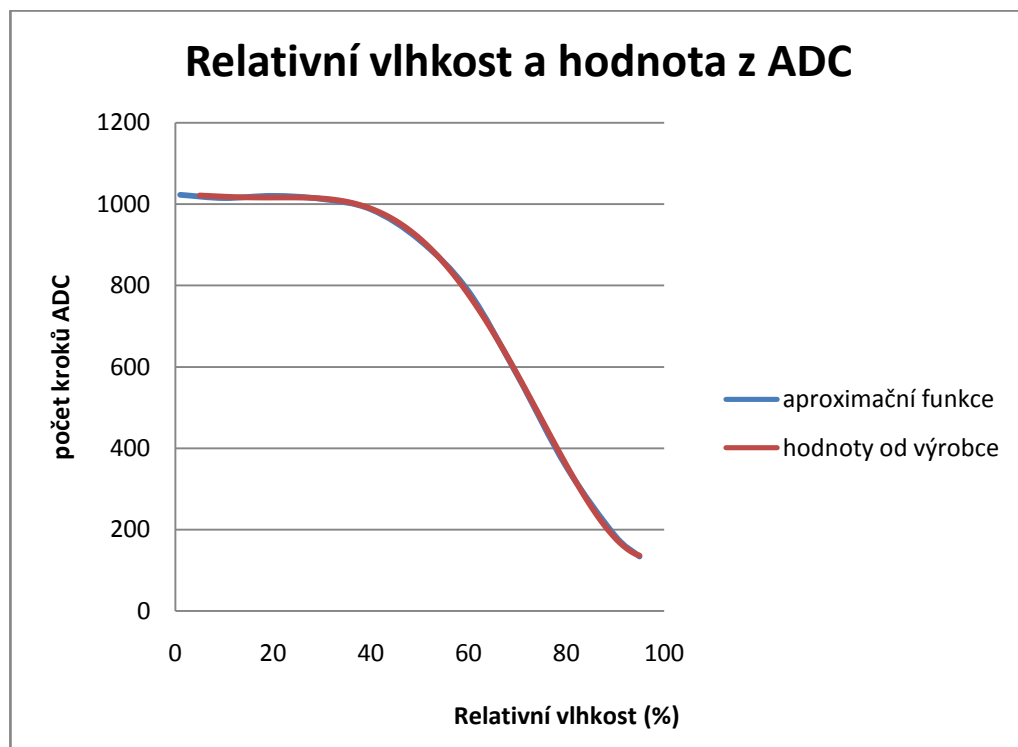
Výpočet vlhkosti

Funkce je aproximována polynomem šestého stupně. Výsledný polynom vypadá takto:

$$y = -4,21687E - 09x^6 + 2,03850E - 06x^5 - 2,61957E - 04x^4 + 1,06989E - 02x^3 - 1,58696E - 01x^2 + 3,79585E - 01x + 1,02198E + 03.$$

Rovnice 5: Aproximační polynom

Z aproximované funkce (obrázek 10) je vytvořena převodní tabulka převádějící hodnotu z ADC uloženou v globální proměnné vlhkost přímo na relativní vlhkost v procentech uloženou v globální proměnné Vlhkost, což je znázorněno částmi kódu v obrázku 11.



Obrázek 10: Relativní vlhkost a hodnota z ADC


```

void VypocetVlhkosti()
{
    if ((vlhkost >= 0 ) && (vlhkost < 136 )) Vlhkost= 95 ;
    if ((vlhkost >= 136 ) && (vlhkost < 141 )) Vlhkost= 94 ;
    if ((vlhkost >= 141 ) && (vlhkost < 148 )) Vlhkost= 93 ;
    if ((vlhkost >= 148 ) && (vlhkost < 157 )) Vlhkost= 92 ;
    if ((vlhkost >= 157 ) && (vlhkost < 167 )) Vlhkost= 91 ;
    if ((vlhkost >= 167 ) && (vlhkost < 179 )) Vlhkost= 90 ;
    if ((vlhkost >= 179 ) && (vlhkost < 193 )) Vlhkost= 89 ;
    if ((vlhkost >= 193 ) && (vlhkost < 207 )) Vlhkost= 88 ;
    if ((vlhkost >= 207 ) && (vlhkost < 223 )) Vlhkost= 87 ;
    if ((vlhkost >= 223 ) && (vlhkost < 240 )) Vlhkost= 86 ;
    if ((vlhkost >= 240 ) && (vlhkost < 258 )) Vlhkost= 85 ;
    if ((vlhkost >= 258 ) && (vlhkost < 277 )) Vlhkost= 84 ;
    if ((vlhkost >= 277 ) && (vlhkost < 297 )) Vlhkost= 83 ;
    if ((vlhkost >= 297 ) && (vlhkost < 317 )) Vlhkost= 82 ;
    if ((vlhkost >= 317 ) && (vlhkost < 338 )) Vlhkost= 81 ;
    if ((vlhkost >= 338 ) && (vlhkost < 359 )) Vlhkost= 80 ;
    if ((vlhkost >= 359 ) && (vlhkost < 381 )) Vlhkost= 79 ;

    .
    .
    .

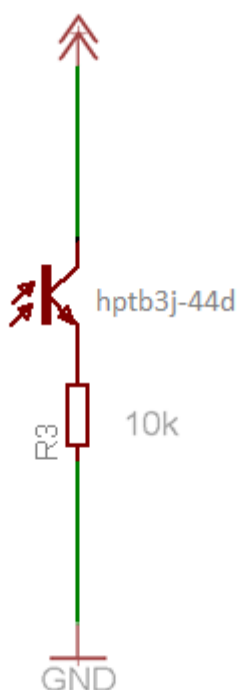
    if ((vlhkost >= 1016) && (vlhkost < 1016)) Vlhkost= 20 ;
    if ((vlhkost >= 1016) && (vlhkost < 1016)) Vlhkost= 19 ;
    if ((vlhkost >= 1016) && (vlhkost < 1016)) Vlhkost= 18 ;
    if ((vlhkost >= 1016) && (vlhkost < 1016)) Vlhkost= 17 ;
    if ((vlhkost >= 1016) && (vlhkost < 1016)) Vlhkost= 16 ;
    if ((vlhkost >= 1016) && (vlhkost < 1016)) Vlhkost= 15 ;
    if ((vlhkost >= 1016) && (vlhkost < 1017)) Vlhkost= 14 ;
    if ((vlhkost >= 1017) && (vlhkost < 1017)) Vlhkost= 13 ;
    if ((vlhkost >= 1017) && (vlhkost < 1017)) Vlhkost= 12 ;
    if ((vlhkost >= 1017) && (vlhkost < 1018)) Vlhkost= 11 ;
    if ((vlhkost >= 1018) && (vlhkost < 1018)) Vlhkost= 10 ;
    if ((vlhkost >= 1018) && (vlhkost < 1019)) Vlhkost= 9 ;
    if ((vlhkost >= 1019) && (vlhkost < 1019)) Vlhkost= 8 ;
    if ((vlhkost >= 1019) && (vlhkost < 1020)) Vlhkost= 7 ;
    if ((vlhkost >= 1020) && (vlhkost < 1021)) Vlhkost= 6 ;
    if ((vlhkost >= 1021) && (vlhkost < 1021)) Vlhkost= 5 ;
    if ((vlhkost >= 1021) && (vlhkost < 1024)) Vlhkost= 4 ;
}

```

Obrázek 11: Výpočet vlhkosti

3.4 Realizace a měření osvětlení

Pro osvětlení terária je použito dvou žárovek a to UVA, konkrétně Neodymium Daylight Lamp 25W, pro vytápění prostředí a UVB, přesněji Reptile UVB 100 13W, pro denní spektrum. Celé osvětlení se přepíná mezi nočním a denním režimem najednou. Silové spínání osvětlení prostředí terária je realizováno pomocí dvou spínacích relé, konkrétně G2R-1-E-5DC. Spínat tato relé není možné rovnou mikrokontrolérem, proto je nutné spínat tato relé tranzistory. Moment sepnutí nebo rozepnutí je závislý na intenzitě dopadajícího venkovního světla na fototranzistor. Tento fototranzistor je připojen na vstup ADC mikrokontroléru podle následujícího schématu na obrázku 12.



Obrázek 12: Zapojení fototranzistoru

Hodnota z ADC je 0 až 1024, tato hodnota je dále lineárně převedena na hodnotu 0 až 20. A to tak, že určitému intervalu hodnot z ADC byla přiřazena právě jedna hodnota z rozsahu 0 až 20. Tato nově vzniklá proměnná snímáče osvětlení se porovnává s požadovanou hodnotou. Při shodě proměnné s požadovanou hodnotou se relé sepnou respektive rozepnou. Aby nedocházelo k problikávání osvětlovacích žárovek při

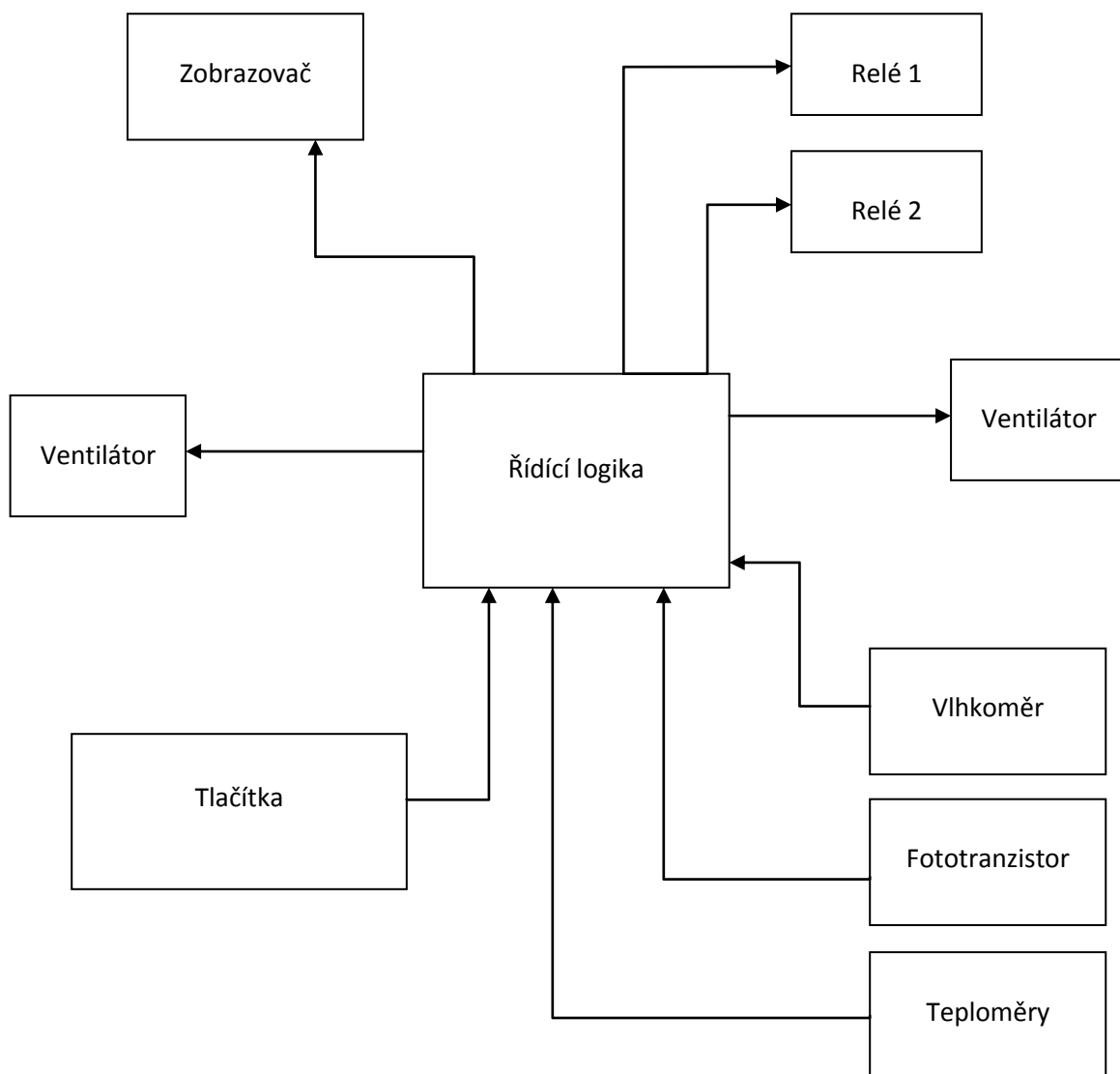
přibližování se k požadované hodnotě osvětlení, byla programově vytvořena hystereze. Šířka hystereze byla zvolena ± 2 . Způsob realizace hystereze je ukázána na obrázku 13:

```
if(((požadovaneOsvetleni1+2)<=Osvetleni)&&(StavRele1()==0))
{ // hystereze +2 porovnávána s okamžitou hodnotou za podmínky vypnutého relé
  ReléON(1); // sepnutí relé
}
if(((požadovaneOsvetleni1-2)>=Osvetleni)&&(StavRele1()==1))
{ // hystereze -2 porovnávána s okamžitou hodnotou za podmínky sepnutého relé
  ReléOFF(1); // rozepnutí relé
}
if(((požadovaneOsvetleni2+2) <= Osvetleni) && (StavRele2()==0))
{ // hystereze +2 porovnávána s okamžitou hodnotou za podmínky vypnutého relé
  ReléON(2); // sepnutí relé
}
if(((požadovaneOsvetleni2-2) >= Osvetleni) && (StavRele2()==1))
{ // hystereze -2 porovnávána s okamžitou hodnotou za podmínky sepnutého relé
  ReléOFF(2); // rozepnutí relé
}
```

Obrázek 13: Ukázka kódu hystereze

4. SESTAVENÍ PROTOTYPU

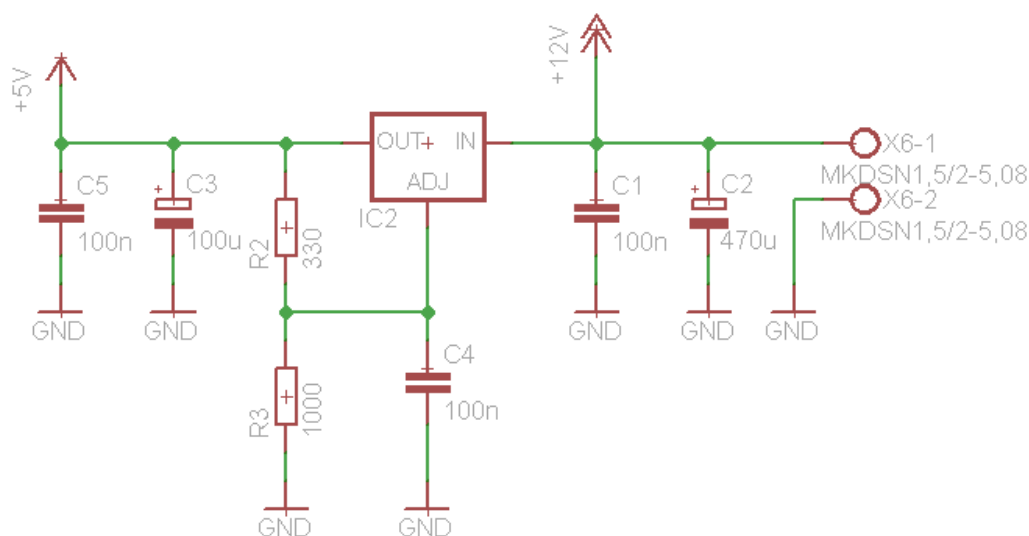
Na počátku realizace bylo vytvořeno blokové schéma regulátoru, které bylo výchozí pro zbytek práce. Toto schéma je v obrázku 14.



Obrázek 14: Blokové schéma regulátoru

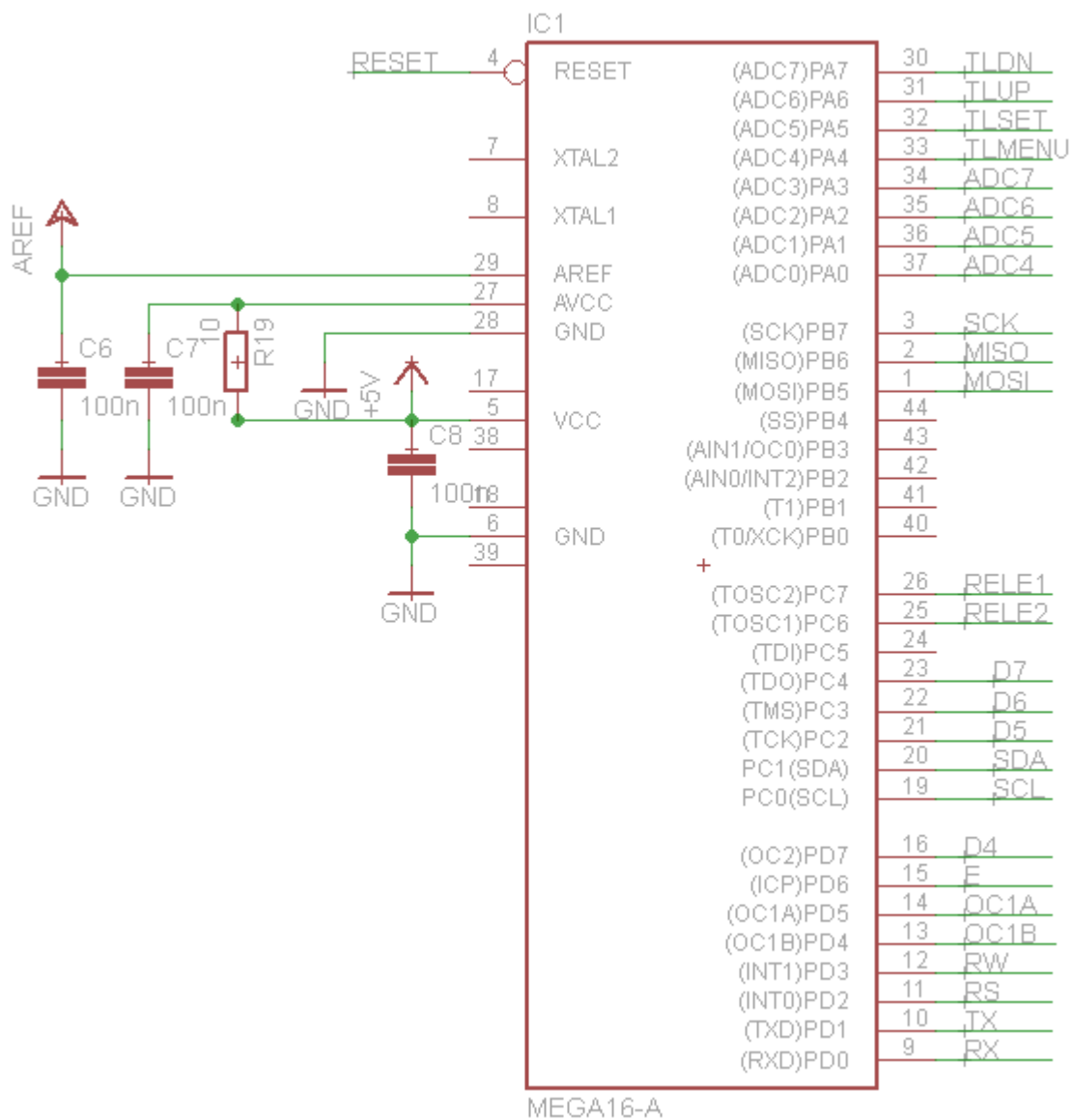
V první fázi sestavení bylo nutné navrhnout schéma zapojení (příloha A) a desku plošného spoje (příloha B). Deska byla navrhována tak, aby bylo využito co nejméně SMD součástek.

Jako zdroj je možné využít programovací kabel nebo využít integrovaného zdroje přímo na regulátoru. Zdroj využívá stabilizátor LM317T a stabilizuje napětí na 5 V pro napájení mikrokontroléru a ostatních součástí regulátoru. Schéma zdroje je ukázáno na obrázku 15.



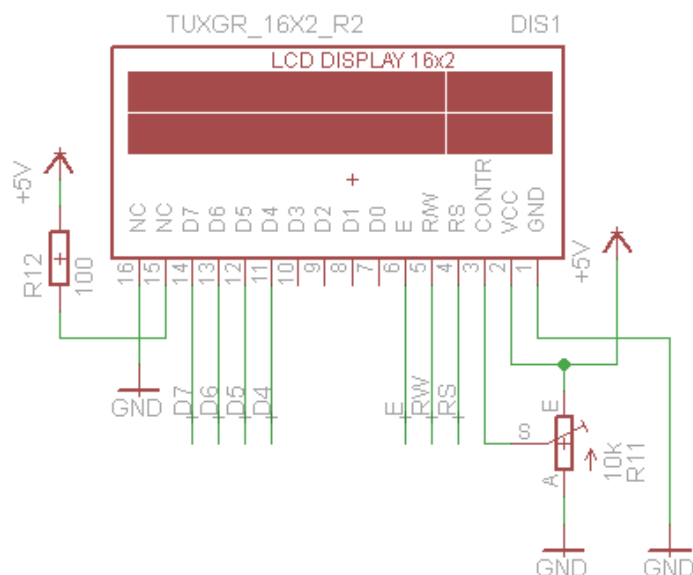
Obrázek 15: Schéma zdroje

Pouzdro mikrokontroléru bylo záměrně zvoleno v provedení SMD, a to z důvodu úspory prostoru a tím i menšího rozměru desky plošného spoje. Výsledná velikost je však dostačující k tomu, aby byla zachována přehlednost zařízení a aby konstrukce regulátoru byla možná a snadná i v domácích podmínkách. Zapojení pinů mikrokontroléru je zobrazeno na schématu v obrázku 16.



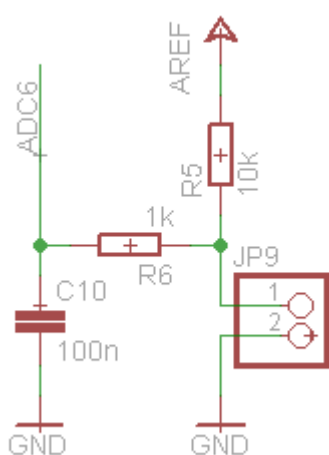
Obrázek 16: Schéma zapojení mikrokontroléru

Dále bylo navrženo zapojení LCD displeje. Tento se dá zapojit osmivodičově nebo čtyřvodičově. V tomto případě bylo zvoleno čtyřvodičové zapojení. Odpor pro jas displeje byl zvolen na 100 Ω z důvodu menší svítivosti displeje, zvláště pak v noci. Propojení displeje s mikrokontrolérem je zobrazeno na schématu v obrázku 16.

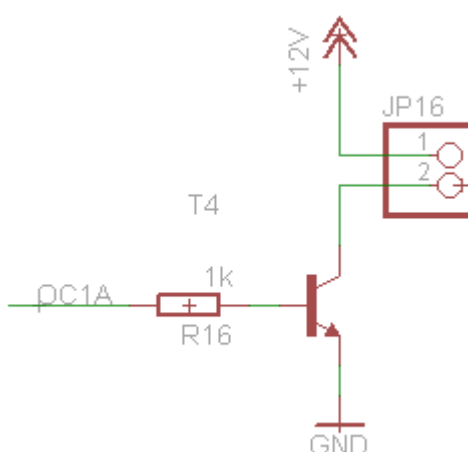


Obrázek 17: Schéma zapojení LCD displeje

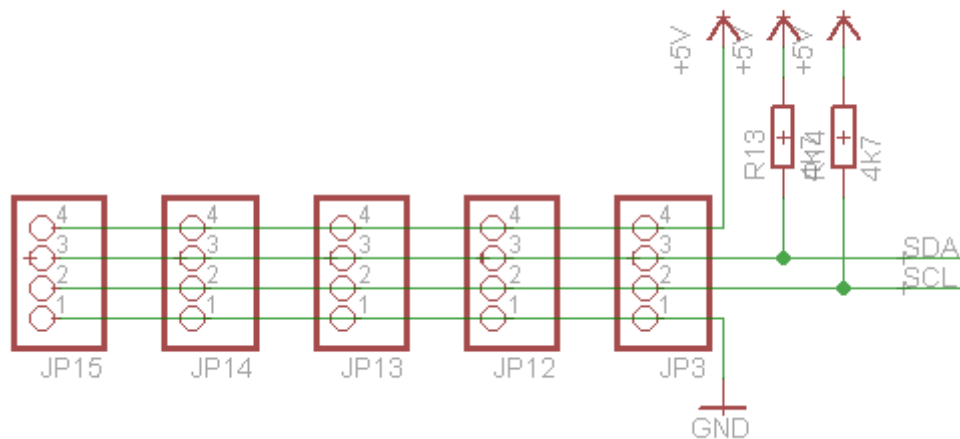
V další fázi bylo provedeno propojení mikrokontroléru se všemi ostatními akčními a měřicími prvky. Snímače pro měření vlhkosti a osvětlení vyžadují ADC vstup mikrokontroléru, což je znázorněno schématem v obrázku 18. Akční členy - ventilátory - jsou na výstupech PWM. Pokud není připojen zdroj napájení, jsou tyto členy napájeny přes USB programovací linku, která má nedostačující napětí pro tyto ventilátory. Zapojení PWM výstupu je na schématu v obrázku 19. Pro měření teploty je použita komunikace I2C, zapojení této komunikace je na obrázku 20.



Obrázek 18: Schéma zapojení do ADC

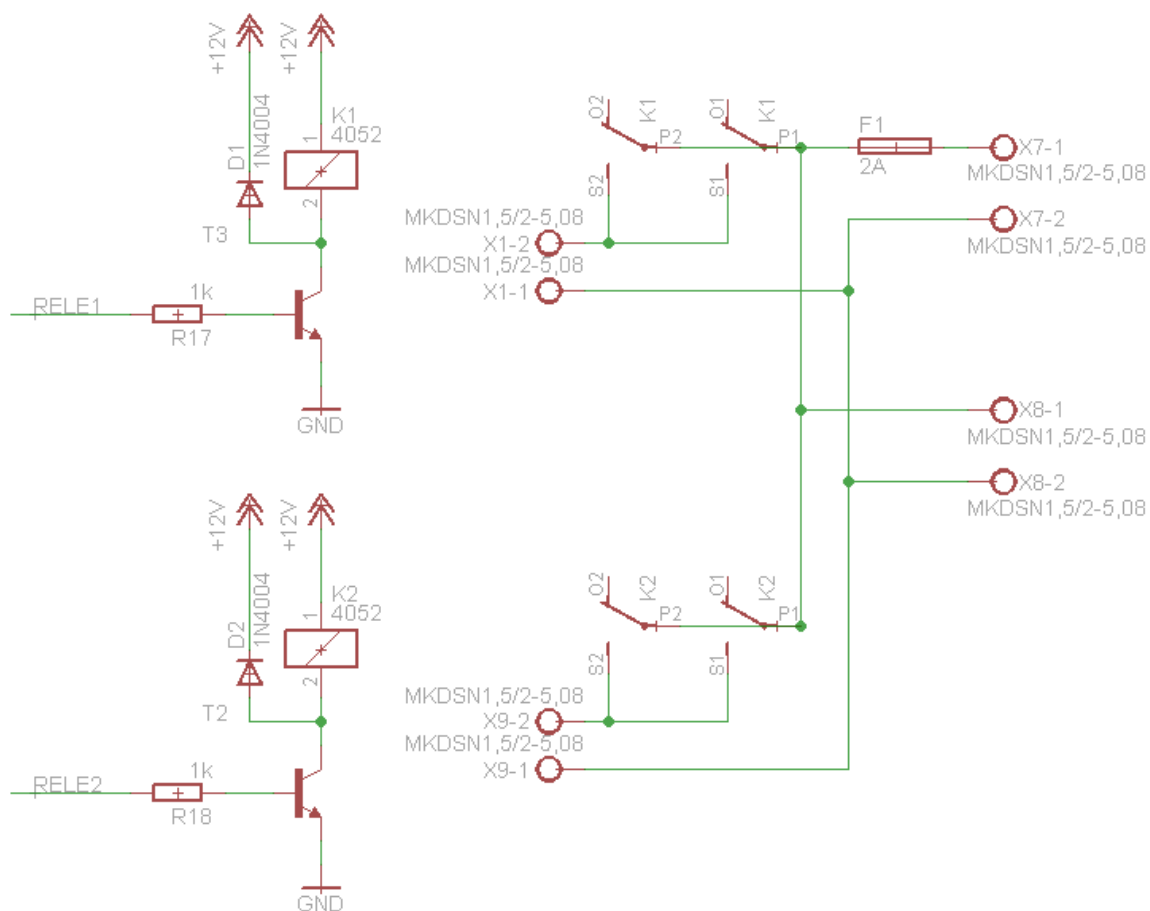


Obrázek 19: Schéma zapojení PWM výstupu



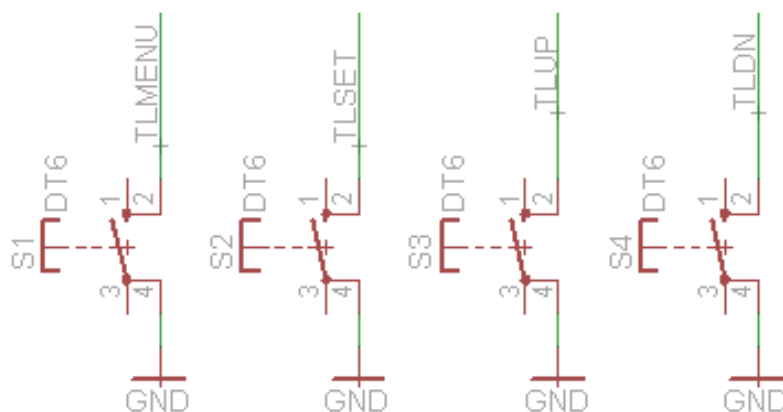
Obrázek 20: Schéma zapojení komunikace I2C

Pro silové spínání osvětlení bylo využito dvou relé, která na základě naměřené hodnoty z fototranzistoru sepnou či rozepnou přívod síťového napětí na žárovky v teráriu. Tímto je regulován denní a noční režim. Zapojení je zobrazeno schématem v obrázku 21.



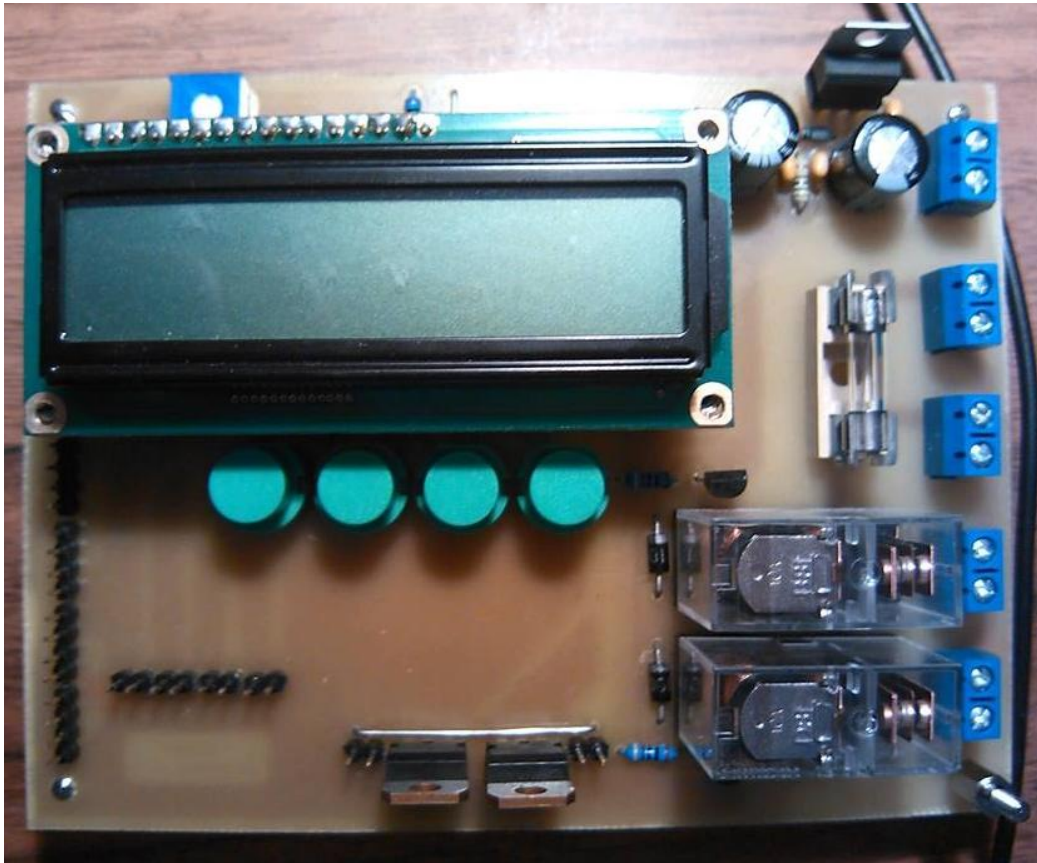
Obrázek 21: Schéma zapojení obou relé

Pro ovládání menu, nastavení požadovaných teplot v teráriu a nastavení denního a nočního režimu jsou použita čtyři tlačítka. Jejich funkce jsou: tlačítko menu, dvě tlačítka pro pohyb v menu a tlačítko výběru. Zapojení tlačítek je zobrazeno ve schématu na obrázku 22.

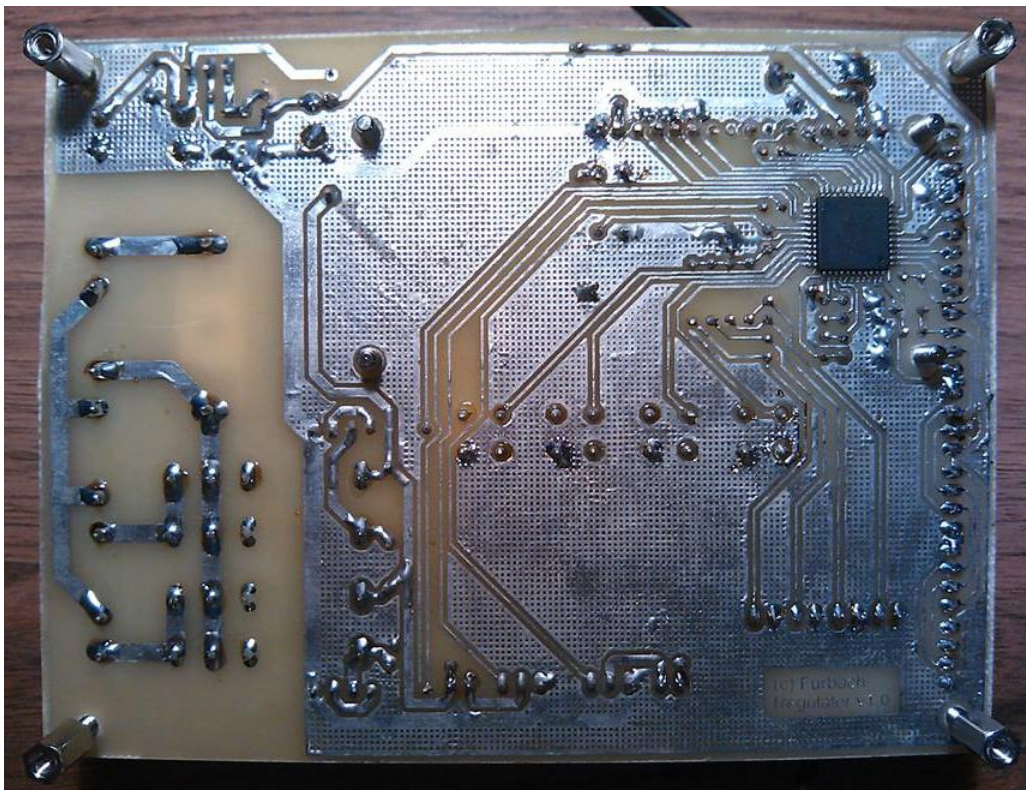


Obrázek 22: Schéma zapojení tlačítek

Po zapojení všech součástí dle výše uvedených schémat byl vytvořen program v jazyce C, v programovacím prostředí od studia Atmel, konkrétně AVR Studio 4. Tento program řídí akční a měřící členy a zpracovává všechna naměřená data. Celý program pro regulátor je na CD. Po nahrání programu je regulátor funkční. Zhotovený regulátor z horního pohledu bez připojených měřících členů je na obrázku 23 a pohled zdola na plošný spoj je na obrázku 24.



Obrázek 23: Zhotovený regulátor shora



Obrázek 24: Zhotovený regulátor zdola

ZÁVĚR

Terarijní zvířata tedy potřebují správně zvolené terárium a také vhodně vytvořené podmínky. Proto je nutné tyto podmínky regulovat tak, aby byly vyhovující a podle potřeby nastavitelné. Pro terarijní živočichy je nejdůležitější teplota, vlhkost a osvětlení vnitřního prostředí, které obývají. V souvislosti s tímto byly v práci rozebrány možnosti, jak tyto veličiny lze měřit a regulovat.

Pro potřeby samotné realizace regulátoru terarijního prostředí pak byly z rozebraných možností měření a regulace jednotlivých veličin zvoleny ty, které svou dostupností, funkčností a rozsahem vyhovují potřebám chovaného zvířete i možnosti konstruování zařízení domácích podmínkách.

V testovacím provozu byly naměřené hodnoty u jednotlivých veličin porovnávány s hodnotami, které byly ve stejném prostředí naměřeny jinými čidly, určenými k měření těchto veličin. Při sledování teploty byly hodnoty naměřené na regulátoru a na jiném čidle rozdílné v desetinách stupně, proto jsou zvolená čidla hodnocena jako vyhovující. V případě měření vlhkosti byly hodnoty rozdílné, a to převážně z toho důvodu, že přesnost měření zvoleného čidla je velmi nízká, avšak pro účely práce postačí hodnota vlhkosti pouze orientační a z toho důvodu je tedy toto čidlo vyhovující. Porovnávání v oblasti měření osvětlení nebylo provedeno, jelikož osvětlení v teráriu je nastaveno pouze k regulaci noci a dne, tedy ke zhasnutí nebo vypnutí zdrojů světla v závislosti na intenzitě osvětlení v okolí terária. I v tomto případě je zvolené čidlo dostačující.

POUŽITÁ LITERATURA

1. BURR-BROWN PRODUCTS FROM TEXAS INSTRUMENTS. *0,5°C Digital Out Temperature Sensor*. 2006, 20 s. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/sbos363d/sbos363d.pdf>
2. Humidity Sensor Units SYH-2 [online], [cit.2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/00ecea3a6a2c956c74e2b127dbcefe53/SYH-2R.pdf>
3. KRAUS, Richard a Miroslav KOCIÁN. *Chameleoni a gekoni: příručka pro teraristy*. Vyd. 1. Frenštát p.R. [i.e. pod Radhoštěm]: Polaris, 1998, 223 s., [8] s. barev. obr. příl. ISBN 80-859-1138-8.
4. Omega - měření teploty. JAKAR ELECTRONICS, spol. s r.o. *Omegaeng.cz: Váš zdroj informací o měření a regulaci!*[online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/prodinfo/temperaturemeasurement.html>
5. Slovník cizích slov. *Slovník-cizich-slov-online* [online]. 2013. vyd. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov-online.net/terarium>
6. Součástky řízené světlem. *Dvojpólové prvky řízené osvětlením: fotoodpor, fotodioda, fototranzistor* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: http://dlabos.wz.cz/en/16-Soucastky_rizene_osvetlenim.html
7. Vlhkost vzduchu a její měření: TZB-info. MAREŠ, Luděk. *Tbzinfo: Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 13.3.2006 [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3137-vlhkost-vzduchu-a-jeji-mereni>

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1: Shockleyova rovnice	14
Rovnice 2: Výpočet teploty	19
Rovnice 3: Výpočet napětí	23
Rovnice 4: Výpočet odporu vlhkoměru	24
Rovnice 5: Aproximační polynom	24

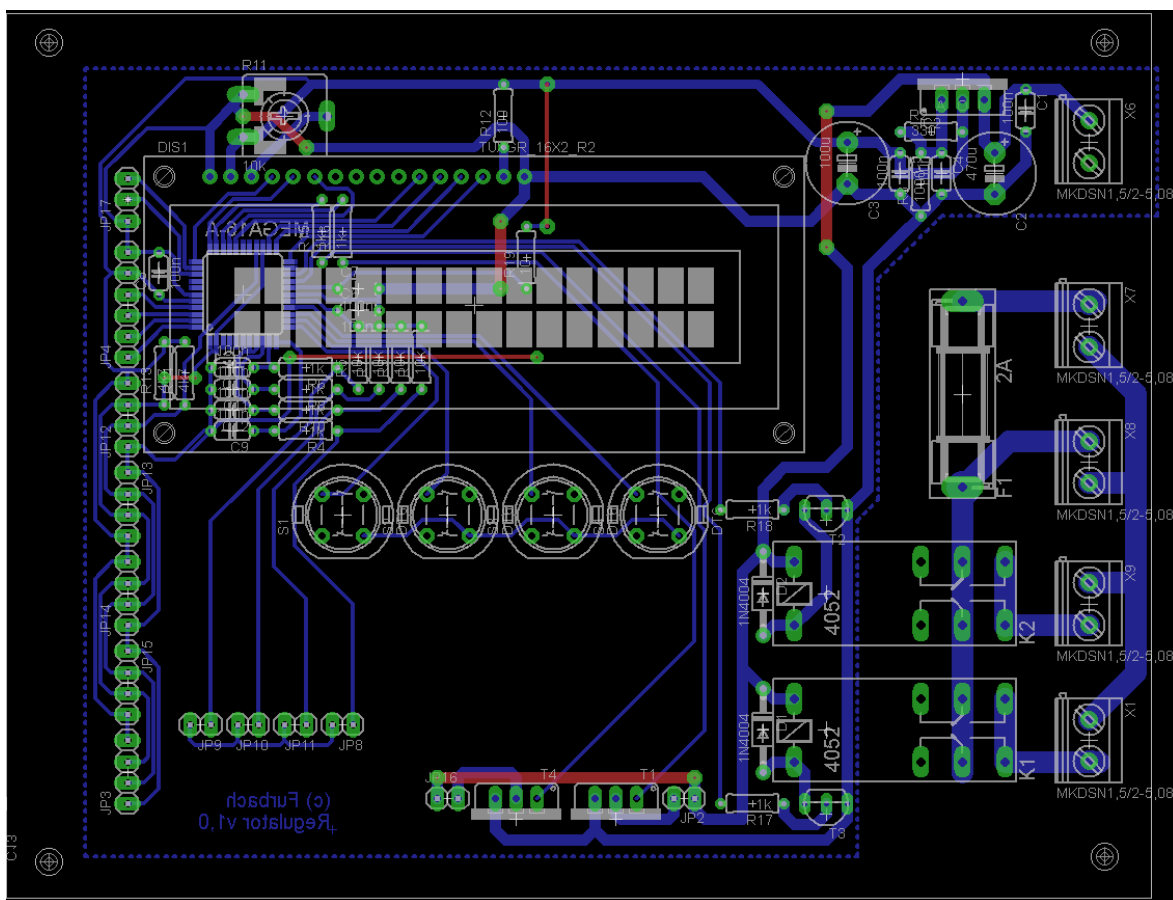
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Standardní terárium	9
Obrázek 2: Tropické pralesní terárium.....	10
Obrázek 3:Suché terárium pro obyvatele pouští a polopouští.....	11
Obrázek 4: Suché terárium pro obyvatele skal.....	11
Obrázek 5: Integrovaný obvod TMP 275	20
Obrázek 6: Závislost chybovosti na teplotě	20
Obrázek 7: Regulace teploty	21
Obrázek 8: Závislost odporu na relativní vlhkosti	22
Obrázek 9: Zapojení vlhkoměru.....	23
Obrázek 10: Relativní vlhkost a hodnota z ADC.....	24
Obrázek 11: Výpočet vlhkosti.....	25
Obrázek 12: Zapojení fototranzistoru	26
Obrázek 13: Ukázka kódu hystereze	27
Obrázek 14: Blokové schéma regulátoru	28
Obrázek 15: Schéma zdroje.....	29
Obrázek 16: Schéma zapojení mikrokontroléru.....	30
Obrázek 17: Schéma zapojení LCD displeje.....	31
Obrázek 18: Schéma zapojení do ADC	31
Obrázek 19: Schéma zapojení PWM výstupu.....	31
Obrázek 20: Schéma zapojení komunikace I2C.....	32
Obrázek 21: Schéma zapojení obou relé	32
Obrázek 22: Schéma zapojení tlačítek	33
Obrázek 23: Zhotovený regulátor shora.....	34
Obrázek 24: Zhotovený regulátor zdola.....	34

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Datový formát teploty	19
Tabulka 2: Přidělení adresy podle zapojení.....	19
Tabulka 3: Hodnoty odečtené z grafu.....	23

PŘÍLOHA A - DESKA PLOŠNÉHO SPOJE



PRÍLOHA B - SCHÉMA ZAPOJENÍ

