

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

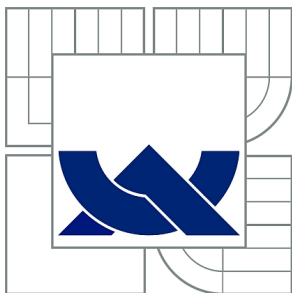
REGULAČNÍ JEDNOTKA PRO TERÁRIUM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

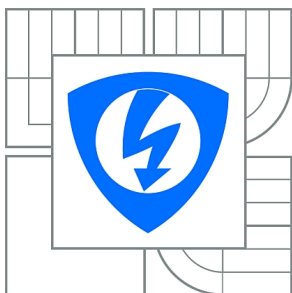
MATEJ HOJDÍK

BRNO 2013



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

REGULAČNÍ JEDNOTKA PRO TERÁRIUM

TERRARIUM CONTROL UNIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

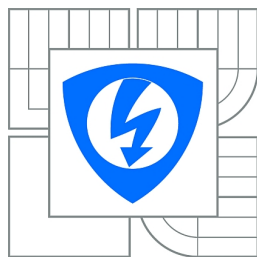
MATEJ HOJDÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL KUBÍČEK, 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: Matej Hojdík

ID: 134491

Ročník: 3

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Regulační jednotka pro terárium

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte systém pro regulaci teploty, vlhkosti, ventilace a osvětlení terária, včetně programovatelného dávkovače vody. Systém umožní automatické řízení parametrů terária po dobu nejméně dvou týdnů.

Řídicí jednotku vybavte vhodným uživatelským rozhraním pro snadné a intuitivní nastavení automatického programu.

Na základě systémových požadavků navrhněte konkrétní obvodové zapojení řídicí jednotky a případných podpůrných modulů. Navrhněte mechanickou konstrukci zařízení a následně i plošné spoje pro realizaci jednotky.

Realizujte navrženou řídicí jednotku a vytvořte firmware pro řídicí mikroprocesor. Systém otestujte s ohledem na funkčnost a spolehlivost, vyhodnoťte zjištěné parametry.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ŠEDA, M., ŠVARC, I., VÍTEČKOVÁ, M Automatické řízení. 1. vydání. Praha: CERM, 2007.

[2] KRIEDL, M., Měření teploty – senzory a měřicí obvody. 1. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2005.

[3] KREJČIŘÍK, A. Moderní spínané zdroje, 1. vydání. BEN - technická literatura, Praha, 1999

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Michal Kubíček, 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

Cieľom práce bolo navrhnuť systém pre reguláciu teploty, vlhkosti a osvetlenia terária vrátane programovateľného dávkovača vody. V práci sú rozobrané použiteľné prvky pre reguláciu zadaných veličín. Následne je v práci vypracované hardvérové riešenie regulačnej jednotky s vhodným užívateľským rozhraním. Nakoniec je pre mikroprocesor navrhnutý firmware.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

teráriové regulačné moduly, ATmega16, SHT21, CFAH1602Z-TMI-ET, PCF8563

ABSTRACT

The aim of this work was to create system for temperature, humidity and light regulation of terrarium including programmable water dispenser. In this work there are described suitable modules for regulation of required parameters. Subsequently there is described hardware solution of regulation unit with suitable user interface. In the end there is designed firmware for microprocessor.

KEYWORDS

modules of terrarium regulation, ATmega16, SHT21, CFAH1602Z-TMI-ET, PCF8563

HOJDÍK, M. *Regulační jednotka pro terárium*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2013. 46s., 8 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Michal Kubíček, Ph.D.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému Regulačná jednotka pre terárium som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brne dňa

.....

(podpis autora)

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Michalovi Kubíčekovi, Ph.D za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

V Brne dňa

.....

(podpis autora)

OBSAH

Zoznam obrázkov	vi
Zoznam tabuliek	vii
Úvod	1
1 Teráriové regulačné prvky	2
1.1 Teráriové moduly ohrevu.....	2
1.2 Teráriové moduly zvlhčovania	3
1.3 Osvetlenie	5
1.4 Dávkovanie vody	5
1.5 Vetranie, chladenie a znižovanie vlhkosti	6
1.6 Výber regulačných prvkov.....	7
2 Hardvér	8
2.1 Mikroprocesor.....	8
2.2 Senzor SHT21	9
2.3 Obvod reálneho času.....	11
2.3.1 I ² C (TWI) zbernica	12
2.4 Displej.....	12
2.5 Snímanie výšky hladiny vody v napájadle	13
2.6 Ovládanie	16
2.7 Spínanie modulov regulácie.....	16
2.8 Bluetooth komunikácia	16
2.9 Zdroj napätia	17
3 Konštrukcia a návrh plošných spojov	18
3.1 Bloková schéma.....	18
3.2 Konštrukcia	18
4 Firmware	20
4.1 Popis programu a funkcií	20
4.2 Menu a ovládanie.....	21

5	Overenie funkčnosti a spoľahlivosti	23
6	Využitie v iných aplikáciách	24
	Záver	25
	Literatúra	26
	Zoznam zkratiek	28
	Zoznam príloh	29

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1.1 Príklad vyhotovenia vykurovacej fólie (prevzaté z [1]).	2
Obr. 1.2 Príklad vyhotovenia výhrevného kameňa (prevzaté z [2]).	3
Obr. 1.3 Príklad vyhotovenia ultrazvukového zvlhčovača vzduchu (prevzaté z [4]).	4
Obr. 1.4 Príklad vyhotovenia ultrazvukového modulu zvlhčovača vzduchu (hmlovača).	4
Obr. 1.5 Príklad vyhotovenia výbojky určenej pre plazov a vtáctvo (prevzaté z [5]).	5
Obr. 1.6 Príklad vyhotovenia vodného čerpadla.	5
Obr. 1.7 Náčrt vetracieho systému s dvoma ventilátormi.	6
Obr. 1.8 Ukážka činnosti zvislo uloženého ventilátora so záklopkou.	7
Obr. 2.1 Rozloženie pinov pre puzdro TQFP44A (prevzaté z [7]).	8
Obr. 2.2 Maximálne tolerancie relatívnej vlhkosti pri 25°C pre rôzne prevedenia rady SHT21 (prevzaté z [8]).	9
Obr. 2.3 Maximálne tolerancie teploty pre rôzne prevedenia rady SHT21 (prevzaté z [8]).	9
Obr. 2.4 Fotografia senzoru SHT21 (prevzaté z [8]).	10
Obr. 2.5 Priebeh komunikácie senzoru SHT21 s Masterom (prevzaté z [8]).	10
Obr. 2.6 Pinová konfigurácia obvodu PCF8563 pre rôzne puzdra (prevzaté z [9]).	11
Obr. 2.7 Pripojenie zariadení na zbernicu I ² C.	12
Obr. 2.8 Displej CFAH1602Z-TMI-ET.	12
Obr. 2.9 Zapojenie optických závor pre hladinový senzor.	14
Obr. 2.10 Náčrt hladinového senzoru s optickými závorami s detekciou nízkej hladiny vody (a) a detekciou vysokej hladiny vody (b).	15
Obr. 2.11 Náčrt hladinového senzoru fungujúceho na princípe zmeny frekvencie zmenou indukčnosti.	15
Obr. 2.12 Výstupný signál z rotačného enkóderu pre jeden smer.	16
Obr. 2.13 Zapojenie navrhnutého zdroja.	17
Obr. 3.1 Bloková schéma navrhutej regulačnej jednotky.	18
Obr. 3.2 Čelná strana regulačnej jednotky.	18
Obr. 3.3 Zadná strana regulačnej jednotky.	19
Obr. 4.1 Úvodná obrazovka.	21
Obr. 4.2 Ukážka menu pre nastavenie teploty.	21
Obr. 5.1 Ukážka funkčnosti regulačnej jednotky.	23

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1-1 Prehľad výkonov a priemernej cenovej relácie jednotlivých druhov vykurovacích telies.	3
Tab. 2-2 Popis pinov displeja [11].	13

ÚVOD

Pre chov živočíchov je dôležité, aby sa umelo vytvorené prostredie pre ich život čo najvernejšie podobalo prirodzeným podmienkam. Najjednoduchším spôsobom ako toho dosiahnuť je použitie regulačnej jednotky, ktorá umožňuje časovo vyťaženým alebo vycestovaným chovateľom pomôcť zvládať starostlivosť o svoje živočíchy počas dlhšej doby, čo by ich odbremenilo od mnohých starostí.

Cieľom práce je navrhnúť a realizovať systém pre reguláciu teploty, vlhkosti, ventilácie a osvetlenia terária vrátane programovateľného dávkovača vody. Tieto parametre systém automaticky riadi najmenej 2 týždne, čo umožní chovateľovi spravovať si čas podľa vlastného uváženia.

Začiatok práce sa venuje rozboru regulačných modulov pre ohrev, zvlhčovanie, osvetlenie, dávkovanie vody, vetranie, chladenie a znižovanie vlhkosti. Tento rozbor sa venuje výhodám a nevýhodám jednotlivých prvkov vzhľadom na funkčnosť, flexibilitu, cenu, možnosti priestorového využitia či technické parametre, čo vedie ku konkretizácii návrhu regulačnej jednotky.

V ďalšej časti práce je popis navrhnutého hardvéru venujúci sa mikroprocesoru ATmega16 od firmy Atmel, senzoru teploty a vlhkosti SHT21 od firmy Sensirion a zároveň obvodu reálneho času, pretože oba tieto obvody komunikujú s procesorom pomocou I²C zbernice, ktorej popis je taktiež obsiahnutý. Uživatelské prostredie je riešené pomocou displeja s HD44780 radičom, rotačným enkóderom a tlačítkom, ktoré umožňujú jednoduchú orientáciu v menu a nastavovanie jednotlivých parametrov navrhutej jednotky.

Nakoniec je v práci popísaný celkový návrh konštrukcie, hardvéru prototypu a naprogramovaného firmware pre procesor.

1 TERÁRIOVÉ REGULAČNÉ PRVKY

1.1 Teráriové moduly ohrevu

K navrhnutej regulačnej jednotke je možné ako zdroj tepla pripojiť väčšinu vyrábaných modulov ohrevu dostupných v teraristických potrebách. Môžu to byť napríklad vykurovacie fólie, sáľavé panely, výhrevné kamene, výhrevné káble alebo iné zariadenia fungujúce v 230V sieti.

Vykurovacie fólie sú pomerne spratné a flexibilné ohrievacie prvky so širokou voľbou umiestnenia, vďaka ktorému sa dá v teráriu simulovať viac podnebí. Výkonnostne sa pohybujú od 4W až do 40W. Nevýhodou je pomerne vyššia cena.



Obr. 1.1 Príklad vyhotovenia vykurovacej fólie (prevzaté z [1]).

Sáľavé panely sú vyrábané s použitím vykurovacej fólie, ktorá je vložená do schránky. Tieto panely majú najlepšie uplatnenie hlavne vo veľmi vetraných či chladných priestoroch, ktoré vyplýva z ich funkcie ako infražiaričov. Vzduch sa neohrieva priamo ale odrazom žiarenia od predmetov či osôb. Z týchto dôvodov nemusí byť použitie v teráriu vždy priaznivé a navyše ich konštrukcia neponúka flexibilné použitie. Výkonnostne sa pohybujú od 100W až do 600W a sú teda vhodné do veľkých terárií.

Výhrevné kamene sú veľmi užitočným prvkom pri chove plazov či iných, chovateľsky náročnejších, živočíchov. Okrem iného plnia estetickú úlohu. Väčšinou sa ich výkon pohybuje od 3W do 15W. Podstatnou nevýhodou je vysoká cena.



Obr. 1.2 Príklad vyhotovenia výhrevného kameňa (prevzaté z [2]).

Výhrevné káble sú jednoduchým vykurovacím prvkom zhotoveným z odporového drôtu, ktorý je pokrytý silikónovou izoláciou. Sú flexibilné a ponúkajú tak široké možnosti uloženia. Ich cena nie je príliš vysoká, závisí od dĺžky a výkonu. Podstatné pri výbere kábla je, aby bol jeho povrch izolovaný, mal by mať správnu dĺžku a výkon, ktorý sa pohybuje od 10W do 100W.

Tab. 1-1 Prehľad výkonov a priemernej cenovej relácie jednotlivých druhov vykurovacích telies.

Druh vykurovacieho telesa	Výkon (od do) [W]	Priemerná cena (od do) [Kč]
Vykurovacia fólia	4 - 40	500 - 1300
Sálavý panel	100-600	1300 - 3200
Výhrevný kameň	3 - 15	500 - 2000
Vykurovací kábel	10 - 100	200 - 700*

*cena je závislá okrem výkonu aj od dĺžky kábla

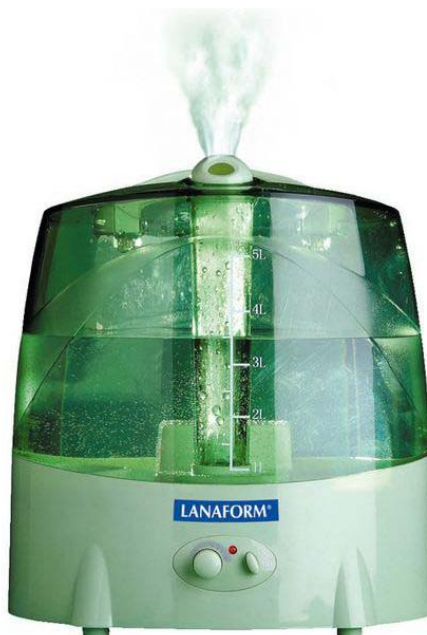
1.2 Teráriové moduly zvlhčovania

Vlhkosť vzduchu v teráriu závisí od mnohých faktorov napríklad od vystielky, vetracích otvorov, ručného rosenia, umiestnenia napájadla, v závislosti od použitia elektronických alebo elektromechanických zariadení alebo absorpčných materiálov. Pre túto prácu sú jednoznačne vhodné len elektronické, prípadne elektromechanické zariadenia.

Umiestnením tepelného zdroja k vode je jednoduchou možnosťou zvlhčovania prostredia terária. Voda sa vplyvom pôsobenia tepla začne vyparovať vo väčšom množstve a tým sa docieli vyššej vlhkosti. Nevýhodou je, že voda sa v okamžiku vypnutia zdroja tepla vyparuje vo väčších množstvách až kým sa nedostane na teplotu prostredia a aj napriek tomu ešte stále nie je zaručené, že vlhkosť nebude stúpať a teda by bolo nutné dodatočné odvetrávanie. Navyše ohrev vody trvá dlhšiu dobu a teda nie je možné okamžite zvlhčenie prostredia. Mimo iného sa môže nechcene zvyšovať teplota v teráriu pre použitý tepelný zdroj.

Ultrazvukové zvlhčovače sú výhodnou možnosťou zvlhčovania prostredia, keďže sú tiché, nevytvárajú nadbytočné teplo a k zvlhčovaniu dochádza vo veľmi krátkom čase. Pri ich činnosti nedochádza k vytváraniu vodných pár, ale vplyvom kmitov s frekvenciou nad 20kHz začnú molekuly vody strácať medzi sebou väzby a vytvárajú tak malé čiastočky vody, ktoré sa vznášajú vo vzduchu a tým je ich možné šíriť ďalej prostredím.

Trh ponúka niekoľko vyhotovení a to už vo forme celého zariadenia alebo lacnejšieho modulu, tzv. hmlovača. Výhodou už zhotoveného zariadenia je, že nie je nutné riešiť nádrž, prípadne je už s pripojenou hadicou ako vývodom zvlhčeného vzduchu. Nevýhodou sú rozmery čím sa obmedzuje použitie len pre určitý priestor či prípadná nevzhľadnosť, čo sa týka okolia terária. Preto je oveľa elegantnejším riešením použitie modulu, pre ktorý sa dá jednoducho vytvoriť prispôbená, dostatočne veľká nádržka a je lacnejší ako hotový prístroj. V prípade chovu živočíchov s veľmi veľkými nárokmi na vlhkosť je možné umiestniť tento modul priamo v teráriu.



Obr. 1.3 Príklad vyhotovenia ultrazvukového zvlhčovača vzduchu (prevzaté z [4]).



Obr. 1.4 Príklad vyhotovenia ultrazvukového modulu zvlhčovača vzduchu (hmlovača).

Ďalšou z možností je použitie rozprašovača. Tieto zariadenia pracujú na elektromechanickom princípe a zväčša sú už plne automatizované, preto sú aj veľmi drahé. Ich vyhotovenie je pomerne rozmerné a riadiaca elektronika býva pomerne citlivá na vlhkosť, takže sa musia umiestňovať mimo terárium.

1.3 Osvetlenie

Teraristické osvetľovacie zariadenia sa vyrábajú v mnohých prevedeniach pre simuláciu rôznych podnebí. Fyzické vyhotovenie je prakticky rovnaké ako pri bežne používaných žiarovkách, žiarivkách, diódových svietidlách alebo výbojkách. Sú napájané zo siete priamo 230V, kde výkony pre žiarovky sa pohybujú v rozmedzí od 40W do 150W, žiarivky od 13W do 26W, výbojky od 100W do 300W, diódové svietidlá od 4W do 10W. Rozdiel tvoria prevažne ich svetelné spektrá, takže je len na uvážení užívateľa, aké osvetlenie si vyberie. Formou vyhotovenia môžu byť aj LED diódové pásy, ktoré majú vlastný napájací adaptér s definovaným výstupným napätím od výrobcu, ktoré je napevno pripojené k danému LED diódovému pásu. Je možné zakúpiť ich v rôznych dĺžkových variantách. Ďalšou možnosťou sú žiarivkové trubice, ktoré vyžadujú vlastný predradník napájaný z 230V siete. Cenovo sa tieto svietidlá pohybujú v širokej škále v závislosti na výrobcovi, výkone, veľkosti či spektre.



Obr. 1.5 Príklad vyhotovenia výbojky určenej pre plazov a vtáctvo (prevzaté z [5]).

1.4 Dávkovanie vody

Dávkovanie vody sa v teráriach dá prevádzkať za pomoci čerpadla a snímača alebo fľašou otočenou hore dnom, kde na hrdle je uzáver, z ktorého môžu živočíchy, zväčša hlodavce, získavať vodu. Pre automatizovaný dávkovač je však vhodným prostriedkom len čerpadlo s najlepšie malým výkonom, ktoré je ponorené v dostatočne veľkej nádobe s vodou a pomocou hadičky je voda privádzaná k napájadlu, kde je hladina kontrolovaná vhodne zvolenou senzorikou.



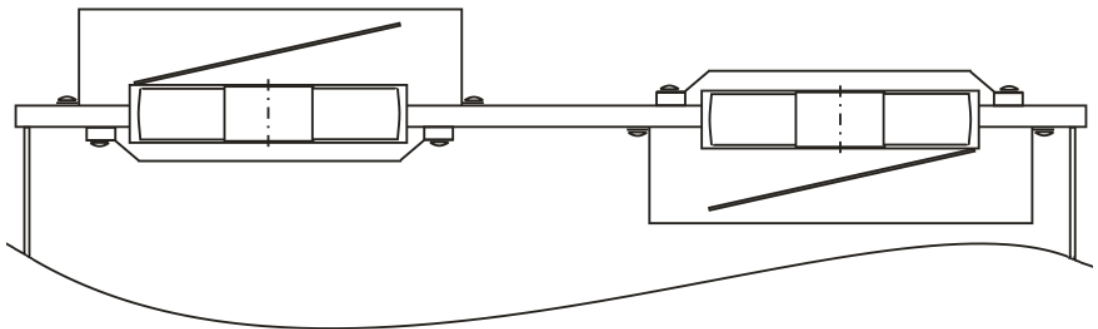
Obr. 1.6 Príklad vyhotovenia vodného čerpadla.

1.5 Vetranie, chladenie a znižovanie vlhkosti

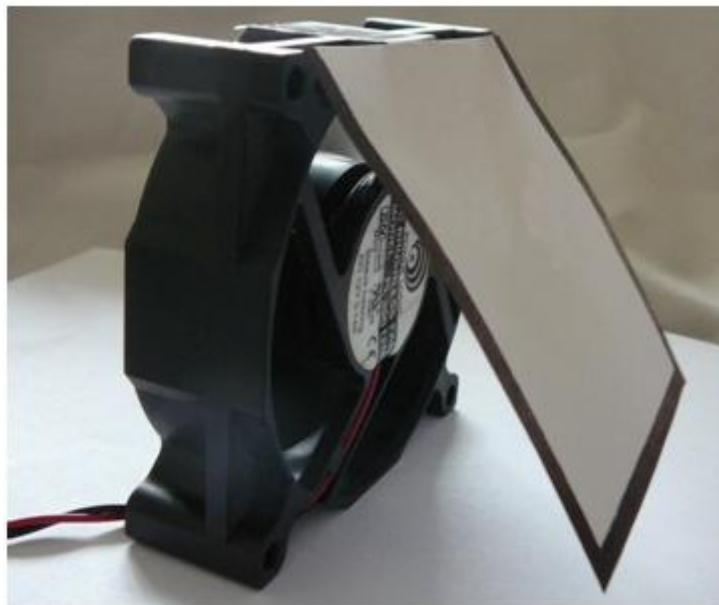
Na vetranie terária je možné použiť napríklad diery rôznej veľkosti v strope terária ako pasívny neautomatizovaný systém vetrania, ktorý je založený na dlhodobejšom skúmaní podmienok. Pre automatizáciu vetrania stačí doplniť aktívny prvok, ktorým sú ventilátory a pre odstránenie vplyvu pasívneho vetrania môžu byť doplnené záklopkami, ktoré sa odklopia vplyvom prúdenia vzduchu z ventilátorov. Ponúka sa široká škála rôznych ventilátorov, či už to je z výkonnostného, napätového alebo proporčného hľadiska, od typu a počtu lopatiek a pre použitie v teráriu sa kladú medze iba pre vysoké výkony, keďže terárium je malým priestorom, pre ktorý sú postačujúce malé ventilátory napríklad používané vo výpočtovej technike a podobne. Vzhľadom na to, že ventilátor je mechanický prvok, ktorý sa veľmi rýchlo otáča, musí obsahovať ochranné zábrany, aby nedošlo k poraneniu človeka alebo živočícha.

Systém ventilátorov sa taktiež ukazuje ako vhodným prvkom pre chladenie vnútorných priestorov terária vháňaním chladnejšieho okolitého vzduchu. Vnútna teplota pritom nemusí dosahovať veľmi nízkych teplôt takže ventilátory sú dostačujúcim zariadením.

Pre znižovanie vlhkosti je možné použiť pasívne prvky ako je napríklad silica gél, ale vzhľadom na nemožnosť automatizácie, pre prípadnú toxicitu pre niektoré živočíchy a kratšiu životnosť oproti aktívnym prvkom je nevhodná. Preto je opäť výhodné použitie ventilátorov, ktoré odvetraním zbavia terárium príliš vlhkého vzduchu a nahradia ho suchším.



Obr. 1.7 Náčrt vetracieho systému s dvoma ventilátormi.



Obr. 1.8 Ukážka činnosti zvislo uloženého ventilátora so záklopkou.

1.6 Výber regulačných prvkov

Pri výbere jednotlivých prvkov boli zvažované ich výhody a nevýhody z pohľadu ceny, výkonu, rozmerov, dostupnosť a nákladov na chod. Tiež sa prihliadalo na univerzálnosť regulačnej jednotky pre jednotlivé prvky a tak umožnenie užívateľského výberu.

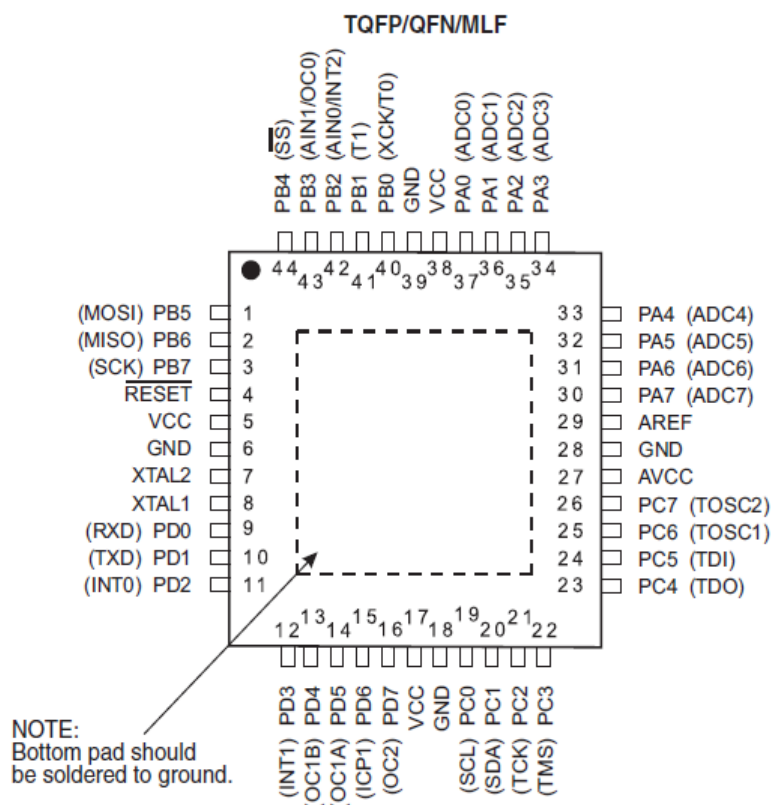
Pre potreby testovania bol ako vyhrievací prvok vybraný vyhrevný kábel, pretože je lacný, dostupný, flexibilný, vyrába sa v dostatočnom počte výkonových variácií a ponúka dostatočnú škálu umiestnenia. Ako zvlhčovač bol vybraný ultrazvukový zvlhčovací modul pre jeho cenu, možnosti využitia, nenáročnosti na priestory a veľmi rýchlu schopnosť zvlhčovania. Na osvetlenie postačí ako demonštračný prvok bežná úsporná žiarivka, keďže má podobné parametre ako špeciálne teraristické žiarivky.

V rámci merania bol použitý jeden ventilátor, s ukážkou na obr. 1.8, nakoľko sa ukázalo, že má postačujúci vplyv na reguláciu všetkých veličín, pri ktorých bolo potrebné ho použiť. Zvislé uloženie ventilátora je navyše výhodnejšie v prípade že chceme do terária vháňať vzduch a to oproti návrhu pravého ventilátora na obr. 1.7.

2 HARDVÉR

2.1 Mikroprocesor

Pre vyhodnocovanie jednotlivých veličín a pre celkový chod systému bol vybraný mikroprocesor ATmega v SMD puzdre s typovým označením ATmega16-16AU z dôvodu požiadaviek na čo najmenšie rozmery plošného spoja, obsahu potrebných periférií pre riešenie problematiky a dostatočného množstva programovateľných vstupov/výstupov.



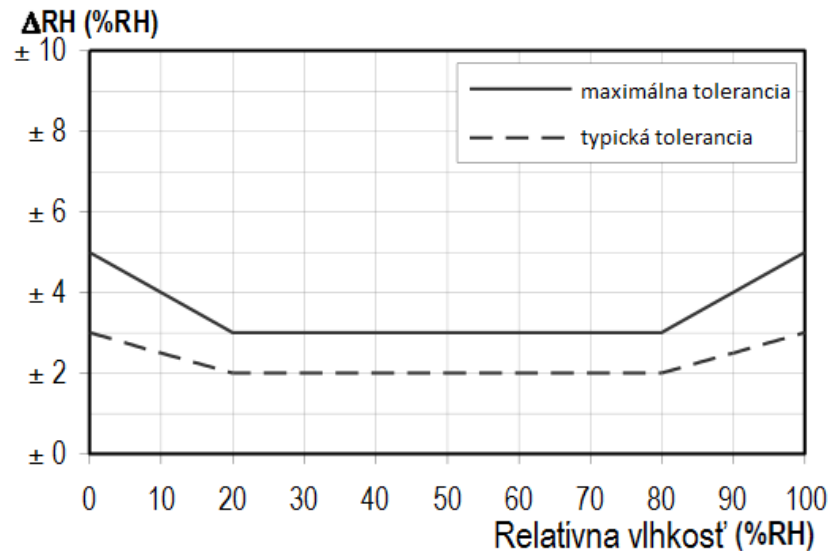
Obr. 2.1 Rozloženie pinov pre puzdro TQFP44A (prevzaté z [7]).

Využitie vlastností mikroprocesoru ATmega16-16AU k riešeniu problematiky:

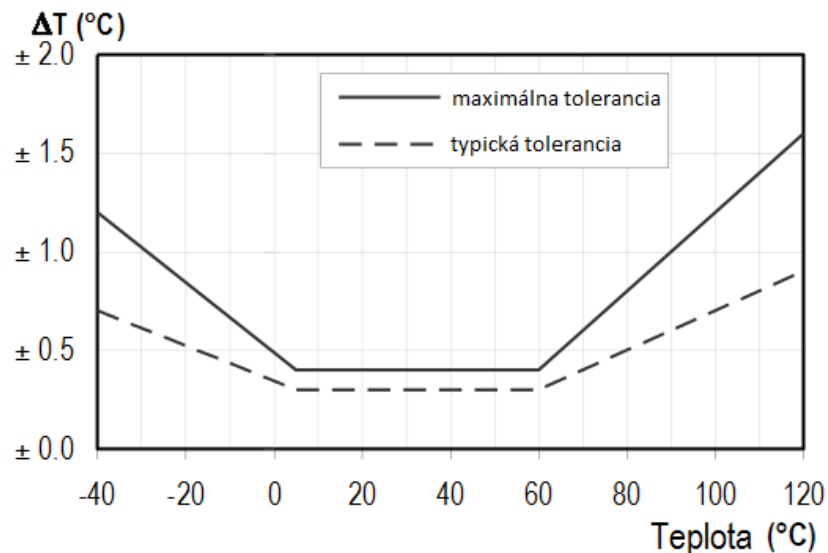
- 32 registrov dĺžky 8 bitov
- štyri 8-bitové vstupno/výstupné porty
- hodinová frekvencia 0 až 16 MHz
- programová pamäť FLASH s kapacitou 16kB
- 512 bytová EEPROM pamäť
- 8-bitový čítač/časovač
- jednotky SPI, TWI(I²C)
- jednotky WDT, Reset

2.2 Senzor SHT21

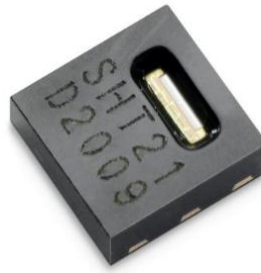
SHT21 od firmy Sensorion je senzor teploty a vlhkosti, ktorý komunikuje pomocou I²C zbernice. Okrem vodičov SCL a SDA vyžaduje pripojenie napájania s maximálnou hodnotou napätia 5V. Senzor je plne kalibrovaný už od výrobcu, takže odpadá nutnosť kalibrácie. Bol vybraný pre jeho hardvérovú nenáročnosť, možnosť komunikácie s 5V logikou, dostupnosť, jednoduchosť aplikácie a všestrannosť.



Obr. 2.2 Maximálna tolerancie relatívnej vlhkosti pri 25°C pre rôzne prevedenia rady SHT21 (prevzaté z [8]).



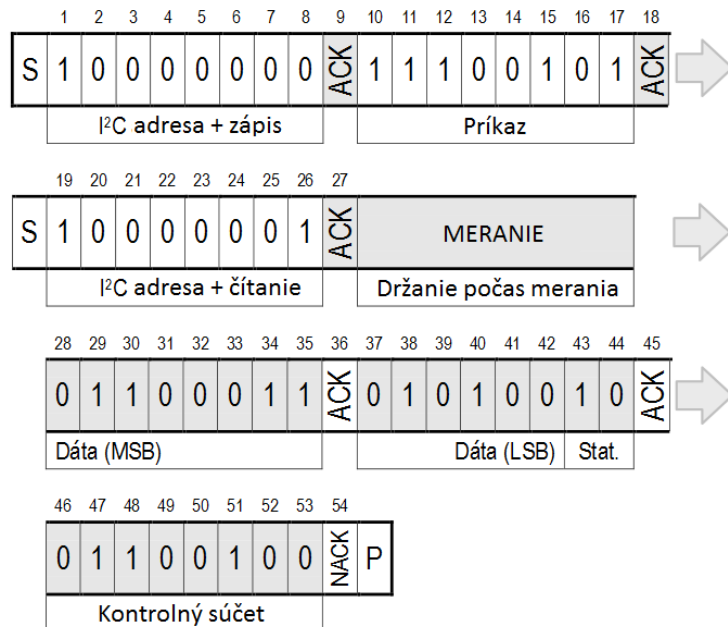
Obr. 2.3 Maximálne tolerancie teploty pre rôzne prevedenia rady SHT21 (prevzaté z [8]).



Obr. 2.4 Fotografia senzoru SHT21 (prevzaté z [8]).

Senzor dokáže komunikovať v dvoch módoch a to Hold Master Mode alebo No Hold Master Mode. Hlavný rozdiel medzi týmito módmi je, že pri Hold Master Mode senzor drží počas merania I²C zbernicu obsadenú, zatiaľ čo pri No Hold Master Mode senzor I²C zbernicu uvoľní počas merania, aby mohla prebiehať komunikácia s iným zariadením. Pri realizácii regulačnej jednotky bol použitý Hold Master Mode, pretože nebolo nutné urýchľovať komunikáciu na zbernici.

Postupnosť komunikácie cez Hold Master Mode je naznačená na obr. 2.5. Tmavo vyznačené bloky sú kontrolované senzorom. Komunikácia začína ŠTART bitom, nasleduje adresa zariadenia s určením zápisu, potvrdzovací bit, príkaz určujúci veličinu, ktorá má byť zmeraná, prípadne príkaz pre Soft reset, alebo použitie užívateľského registra, vyšle sa opäť ŠTART bit, s adresou zariadenia pre čítanie, potvrdzujúci bit, meranie danej veličiny, pričom komunikácia na I²C zbernici je po túto dobu zastavená, vyšlú sa najvýznamnejšie bity, potvrdzovací bit, 6 najmenej významných bitov a 2 status bity kde bit 43 určuje aká veličina sa merala a bit 44 nemá žiadny význam. Nasleduje potvrdzovací bit, kontrolný súčet, potvrdzovací bit pre ukončenie prijímania dát a nakoniec STOP bit.



Obr. 2.5 Pribeh komunikácie senzoru SHT21 s Masterom (prevzaté z [8]).

Namerané hodnoty musia byť prepočítané podľa vzorcov určených výrobcom. Pre

teplotu platí vzorec (2.1) a pre relatívnu vlhkosť vzorec (2.2)

$$T = -46,85 + 175,72 \cdot \frac{S_T}{2^{16}}, \quad (2.1)$$

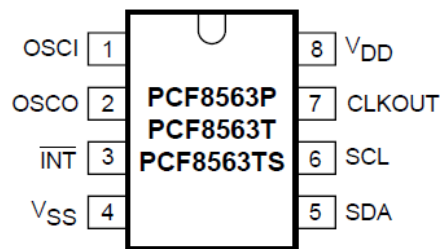
$$RH = -6 + 125 \cdot \frac{S_{RH}}{2^{16}}, \quad (2.2)$$

kde T je teplota v °C, S_T sú prijaté dáta pre teplotu, RH je relatívna vlhkosť v % a S_{RH} sú prijaté dáta pre relatívnu vlhkosť.

2.3 Obvod reálneho času

Pre udržanie presného času bol zvolený obvod reálneho času PCF8563. Obvod komunikuje s procesorom prostredníctvom I²C zbernice. Vďaka detektoru nízkej úrovni napätia je k nemu možné pripojiť batériu, takže v prípade výpadku sieťového napätia môže obvod ďalej fungovať. Šírka operačného napájacieho napätia je 1 až 5,5V, pri využívaní I²C je to 1,8 až 5,5V.

Obvod obsahuje 16 registrov, z ktorých každý má 8 bitov. Prvé dva registre sú použité ako stavové a nastavovacie, ďalších 7 registrov slúži ako čítače, štyri nasledujúce sú určené pre alarm, ďalšia adresa kontroluje výstupnú frekvenciu a posledné dva sú určené samostatne: jeden pre riadenie času a druhý ako časový register. K presnému chodu je k čipu pripojený 32,785kHz kryštál.



Obr. 2.6 Pinová konfigurácia obvodu PCF8563 pre rôzne puzdra (prevzaté z [9]).

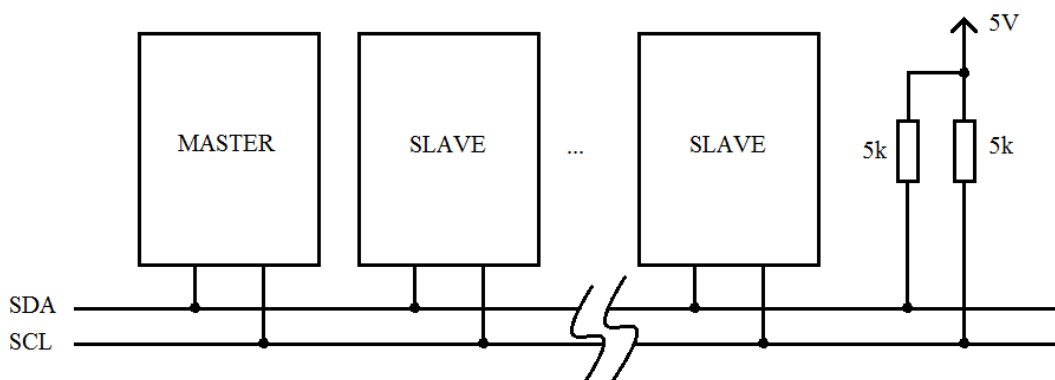
Popis pinov:

- OSCI – vstup oscilátora
- OSCO – výstup oscilátora
- INT – výstup prerušenia
- V_{SS} – zem
- SDA – sériový dátový vstup a výstup
- SCL – hodinový výstup
- CLKOUT – hodinový výstup
- V_{DD} – kladný pól napájania

2.3.1 I²C (TWI) zbernica

Vybraný senzor využíva I²C (Inter-Integrated Circuit) zbernicu. Bola vytvorená firmou Philips Semiconductor ale firma Atmel nazýva túto zbernicu ako TWI (Two-Wire Serial Interface), pričom sa stále jedná sa o tú istú komunikáciu.

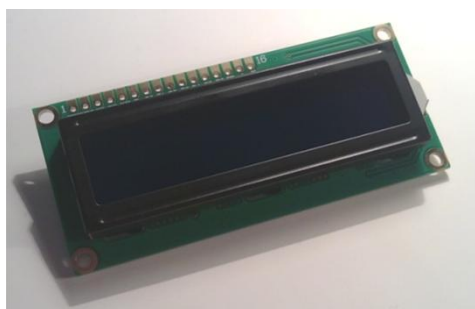
Komunikačný protokol I²C umožňuje prepojenie 128 zariadení pomocou dvoch dátových vodičov SDA – dátový kanál a SCL – hodinový signál, ktoré sú pripojené prostredníctvom pull-up rezistorov, čím sa zabezpečí komunikácia v oboch smeroch a v prípade, že by vysielali viaceré zariadenia naraz, dôjde iba k poškodeniu signálu pričom zariadenia ostanú v poriadku. Každé z týchto zariadení má 7-bitovú adresu a môže pracovať v dvojakom režime a to ako Master a Slave. Master zahajuje a ukončuje komunikáciu, generuje hodinový signál SCL a vysielá všetky požiadavky. Slave je podriadené zariadenie, je riadené hodinovým signálom a je vždy adresované Masterom.



Obr. 2.7 Pripojenie zariadení na zbernicu I²C.

2.4 Displej

Pre vyobrazenie potrebných a nastavovaných dát bol vybraný 16 znakový dvojriadkový displej CFAH1602Z-TMI-ET s radičom HD44780, ktorý umožňuje jednoduché vypisovanie jednotlivých znakov.



Obr. 2.8 Displej CFAH1602Z-TMI-ET.

Tab. 2-1 Popis pinov displeja [11].

Číslo pinu	Symbol	Popis
1	V_{SS}	zem
2	V_{DD}	napájacie napätie
3	V_O	kontrast
4	RS	nastavenie registra
5	R/W	čítanie/vypisovanie
6	E	hodinový vstup
7÷14	DB0÷DB7	dátové bity 0÷7
15	A	anóda podsvietenia
16	K	katóda podsvietenia

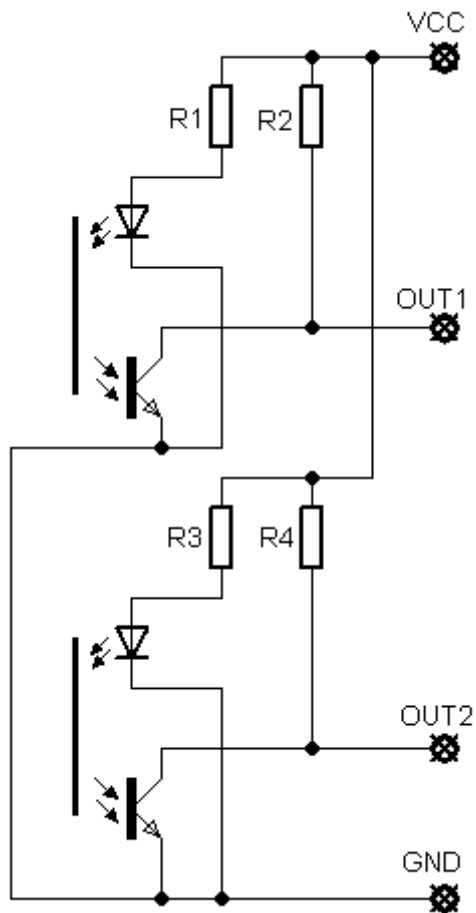
Radič HD44780 dokáže komunikovať dvoma spôsobmi:

- 8-bitová komunikácia – využíva všetky dátové bity DB0÷DB7. Týmto spôsobom odosielame celý bajt naraz.
- 4-bitová komunikácia – využíva štyri dátové bity DB4÷DB7, čím sa ušetria výstupy z mikroprocesoru. Zvyšné štyri dátové bity sú pripojené na zem. Bity sa teda posielajú na dva krát – najskôr štyri horné bity a potom štyri spodné bity. Tento spôsob komunikácie bol použitý pri realizácii.

2.5 Snímanie výšky hladiny vody v napájadle

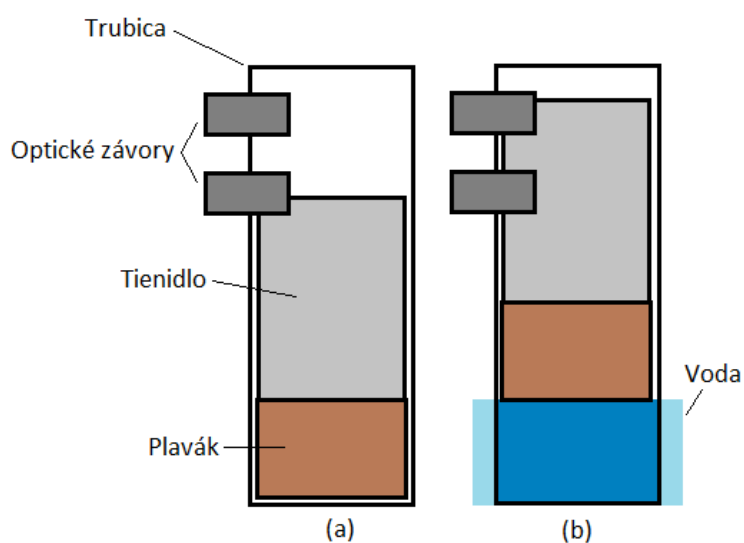
Snímanie hladiny vody je možné riešiť niekoľkými spôsobmi. Ultrazvukový snímač je výborný na snímanie výšky hladiny ale mohlo by dochádzať k chybným vyhodnoteniam pri vstupe živočicha do vody čo môže byť značnou nevýhodou. Snímanie pomocou kontaktov, ktoré by pri kontakte s vodou zopli obvod a tak určili výšku hladiny je nevýhodne z dôvodu citlivosti niektorých živočíchov aj na nízke napätie.

Riešenie pre zistenie výšky hladiny sa teda ponúka návrhu pomocou optických závor, ktoré sú umiestnené do trubice, v ktorej sa pohybuje plavák s tienidlom, vďaka ktorému je možné prerušiť svetelný signál medzi závorami a tak detekovať výšku hladiny vody.



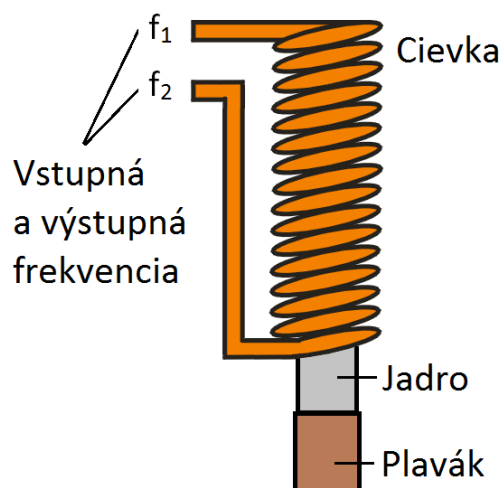
Obr. 2.9 Zapojenie optických závor pre hladinový senzor.

Na obr. 2.9 je nakreslené zapojenie optických závor pre hladinový senzor. Toto zapojenie umožňuje priame pripojenie na mikroprocesor. Ak nestojí žiadna prekážka medzi LED diódou a fototranzistorom, fototranzistor je otvorený, prúd tečie cez neho na zem a na výstupe OUT1 pre vrchnú optickú závoru na obrázku, alebo OUT2 pre spodnú závoru na obrázku je logická nula. Ak prekážka preruší lúč v optickej závore, fototranzistor sa zatvorí a na výstupe OUT1 alebo OUT2 je logická jednotka.



Obr. 2.10 Náčrt hladinového senzoru s optickými závorami s detekciou nízkej hladiny vody (a) a detekciou vysokej hladiny vody (b).

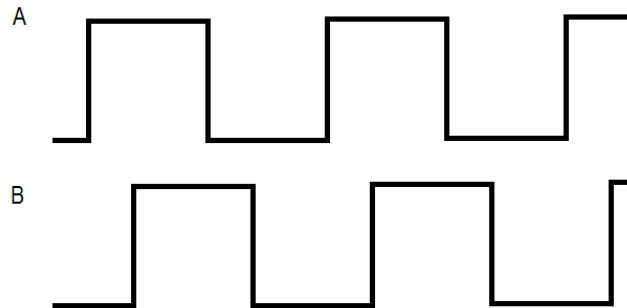
Výhodným riešením je tiež použitie cievky z izolovaného drôtu, ktorá je navinutá tak, aby jej stredom mohlo prechádzať vhodné zvolené jadro na plaváku. Cievka by bola pripojená k mikroprocesoru, ktorý by ňou vysielal signál o určitej frekvencii a na základe zmeny indukčnosti vplyvom prechádzajúceho jadra by mikroprocesor snímал zmenu frekvencie výstupného signálu, a tak by vyhodnotil plynule výšku hladiny vody. Napriek tomu, že sa toto riešenie zdá elegantnejšie a výhodnejšie, nebolo použité vzhľadom na už vyrobenú regulačnú jednotku s návrhom snímania hladiny vody s optickými závorami.



Obr. 2.11 Náčrt hladinového senzoru fungujúceho na princípe zmeny frekvencie zmenou indukčnosti.

2.6 Ovládanie

Ovládanie je realizované pomocou rotačného enkódera a tlačítka. Rotačný enkóder umožňuje rýchly pohyb v menu, jednoduché nastavovanie času a komparačných hodnôt. Smer otáčania enkódera je určený fázovým posunom dvoch signálov z výstupu enkódera. Tlačítkom je realizované potvrdenie a vstup do jednotlivých častí menu a návrat z týchto častí späť do menu potvrdením nastavenej hodnoty. Pre reštart systému je vyvedené samostatné tlačítko.



Obr. 2.12 Výstupný signál z rotačného enkóderu pre jeden smer.

2.7 Spínanie modulov regulácie

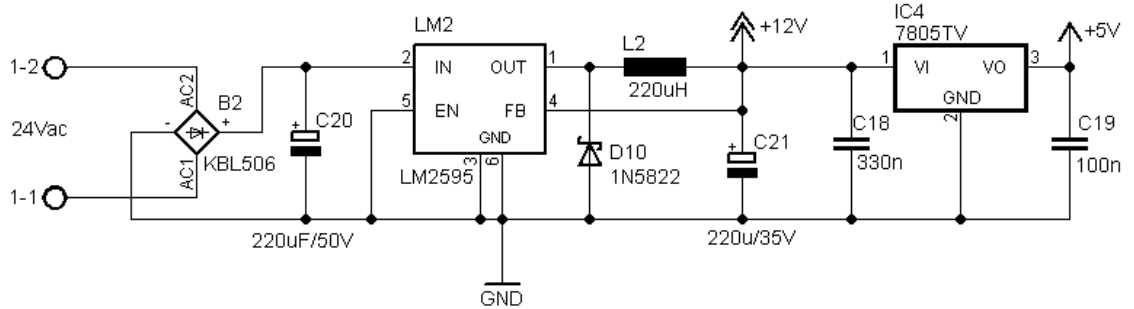
Spínanie jednotlivých prvkov je realizované pomocou vstupov a výstupov procesoru, na ktoré sú pripojené gate-y unipolárnych MOSFET tranzistorov s vodivým kanálom P. Tie spínajú jednosmernými 12V buď relé alebo priamo použité regulačné prvky v závislosti od veľkosti a typu priebehu napätia. Osvetlenie, ohrev a čerpadlo napájadla využívajú pre svoj chod sieťové napätie, preto je najrozumnejším riešením spínanie pomocou relé, ktoré navyše galvanicky oddeľuje sieťové napätie od zvyšku obvodu. Relé je tiež použité pre spínanie 24V striedavých, ktoré sú tak dodávané ultrazvukovému zvlhčovaciemu modulu. Priame spínanie MOSFET-mi je riešené pri ventilácií, kde návrh obsahuje pripojenie dvoch ventilátorov na jednosmerných 12V.

2.8 Bluetooth komunikácia

Pre spohodlnenie práce s regulačnou jednotkou bola nad rámec zadania pridaná komunikácia cez bluetooth modul HC-05. Prácu je tak možné rozvinúť do formy, kde bude možné napr. vykreslenie grafov z nameraných hodnôt, sledovanie aktuálnych hodnôt, prípadne nastavovanie potrebných parametrov cez osobný počítač alebo mobilný telefón a to aj na väčšie vzdialenosti cez server pomocou internetu. Komunikácia bola vytvorená s možnosťou odosielania aktuálnych hodnôt každých 5 minút, kde na prijímacej strane je použité zariadenie s terminálom. Pre ďalšie rozvinutie v tejto oblasti by bolo nutné pridať externú Flash pamäť prípadne vymeniť mikroprocesor ATmega16 za ATmega32, ktorý má dvojnásobnú pamäť a rovnakú pinovú konfiguráciu.

2.9 Zdroj napätia

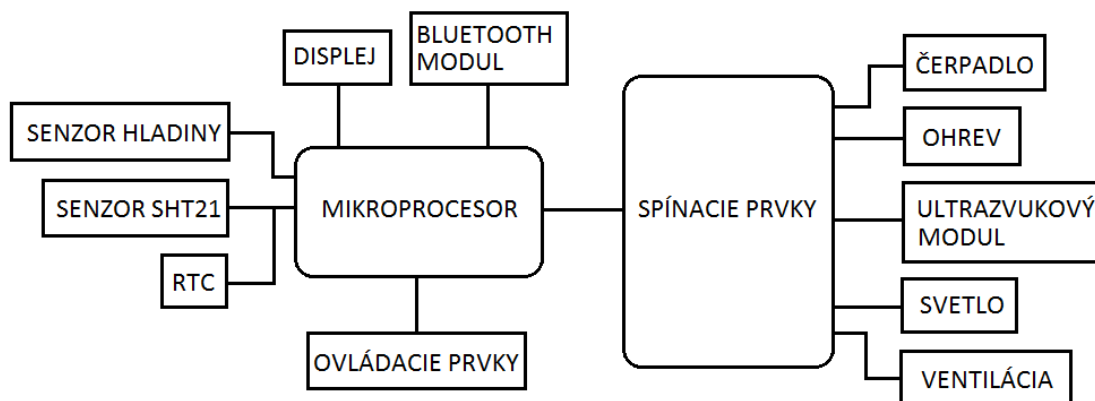
Pre napájanie jednotlivých blokov sa transformuje sieťové napätie transformátorom s napätím na sekundárnom vinutí 24V pri 1,25A, z ktorého je vyvedené napätie na ultrazvukový zvlhčovač a step-down menič LM2595 s výstupným napätím 12V. To je privedené na spínače s relé a MOSFET-mi a na stabilizátor LM7805, z ktorého sú 5V napájané display, procesor a zvyšná logika.



Obr. 2.13 Zapojenie navrhnutého zdroja.

3 KONŠTRUKCIA A NÁVRH PLOŠNÝCH SPOJOV

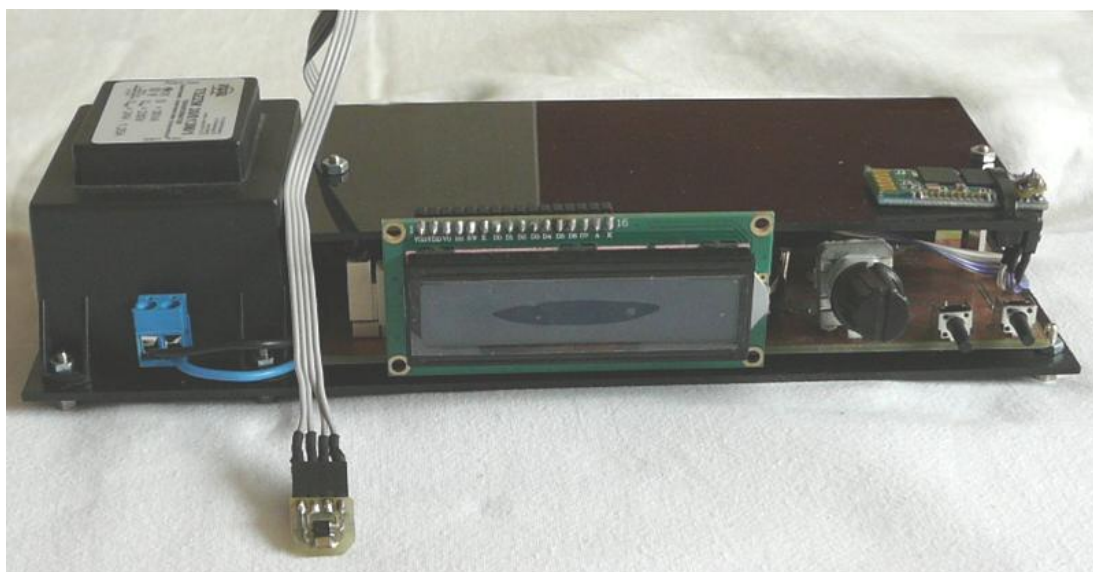
3.1 Bloková schéma



Obr. 3.1 Bloková schéma navrhutej regulačnej jednotky.

3.2 Konštrukcia

Nakoľko plošný spoj a transformátor zaberajú veľký priestor, bol prototyp pripevnený na dosku z tvrdeného polystyrénu a ďalšou bola doska plošného spoja zakrytá, aby sa pri manipulácii zamedzilo styku s napätím. Po zmenšení návrhu dosky plošných spojov by bolo možné vybrať vhodnú, nie príliš rozmernú krabičku, ktorá by obsahovala konektory a sieťové zásuvky vhodné pre zabudovanie do panelov.



Obr. 3.2 Čelná strana regulačnej jednotky.

4 FIRMWARE

Mikroprocesor ATmega16 bol naprogramovaný pomocou ISP programátora BiProg s firmware podporujúcim AVR Studio 4. Program bol vytvorený v jazyku C.

4.1 Popis programu a funkcií

Po zapojení regulačnej jednotky do siete sa v hlavnom programe nastaví porty mikroprocesora do požadovaných stavov, nastaví sa bity pre externé prerušenia a prerušenia časovača, bity deličky časovača a watchdogu, inicializuje sa LCD displej, I²C zbernica a rozhranie UART. Následne sa prečítajú informácie z EEPROM pamäte a zapíšu sa do konkrétnych premenných. Nakoniec sa vyvolá menu a regulačná jednotka je pripravená okamžite vyhodnocovať a regulovať stav prostredia. V hlavnom programe je tiež nekonečný cyklus, v ktorom sa kontroluje výška hladiny vody.

Pootočením rotačného enkóderu sa vyvolá externé prerušenie, v ktorom sa kontroluje smer otáčania. To je detekované za pomoci čítania hodnoty pomocou ďalšieho portu. Po vyhodnotení sa menia hodnoty premenných slúžiacich na pohyb v menu a zmenu nastavovaných hodnôt. Stlačením nastavovacieho tlačítka sa taktiež vyvolá externé prerušenie, skontroluje sa čítaním portu, na ktorom je vykonané dané prerušenie stav, aby sa predišlo chybám z prekmitov. V prípade, že sa 25 sekúnd nepoužije rotačný enkóder alebo tlačítka, podsvietenie displeja sa vypne a je možné ho znova aktivovať rotačným enkóderom alebo tlačítkom, ktoré nulujú v prerušení hodnotu premennej určujúcej dĺžku zopnutia podsvietenia.

V prerušení časovača sa kontrolujú hodnoty pre reguláciu teploty, vlhkosti, ventilácie a osvetlenia terária z okamžitých nameraných hodnôt zo senzoru SHT21 a času získavaného z obvodu reálneho času PCF8563. Na základe týchto informácií sa spínajú potrebné regulačné prvky. Obsahom prerušenia je aj výpis a obnovovanie úvodnej obrazovky.

Vo funkcií „void menu()“ sa vyhodnocuje pohyb otočenia rotačného enkóderu a stlačenie nastavovacieho tlačítka. Na základe týchto údajov je možné nastaviť potrebné parametre. Bližší popis ponúka podkapitola „Menu a ovládanie“.

Súčasťou menu je funkcia „void time_set()“, v ktorej sa vykonáva nastavenie času a dátumu s následným odoslaním dát do obvodu reálneho času. Keďže dni v týždni sú reprezentované číslom, na prepis do textu je použitá funkcia „void day_text()“. Pre komunikáciu po I²C zbernici s PCF8563 slúžia funkcie „void read(char part)“ a „void write(unsigned int DEC, char part)“, kde part označuje adresu registru obvodu reálneho času a DEC je decimálna hodnota, ktorá sa má zapísať. Tá sa prevedie do BCD kódu, s ktorým RTC pracuje.

Pre meranie teploty a vlhkosti slúži funkcia „void sht_meas(char param)“, kde param určuje adresu veličiny, ktorá má byť zmeraná. Vo funkcií prebieha komunikácia po I²C zbernici a prepočet získaných dát podľa vzorcov (2.1) a (2.2).

Zápis a čítanie EEPROM pamäte sú prevádzkané pomocou funkcií uvedených v [7].

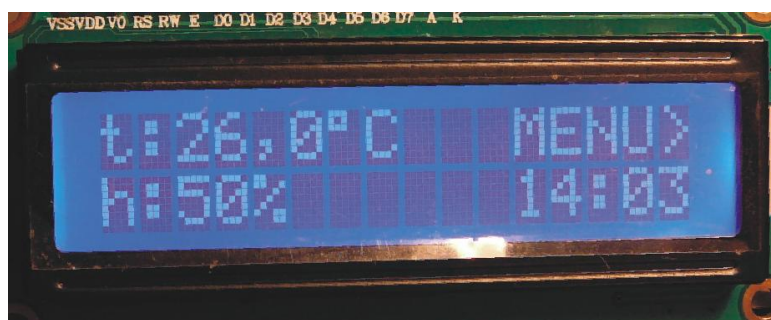
Celý program vrátane knižníc stiahnutých zo zdrojov [16], [17] a [18] sa nachádza na priloženom CD.

4.2 Menu a ovládanie

Softvérové vybavenie mikroprocesora sa odvíja od naprogramovaného menu. Na základe neho sú vytvorené ovládania väčšiny použitých modulov. Jednotlivé časti menu s možnosťou nastavenia sú:

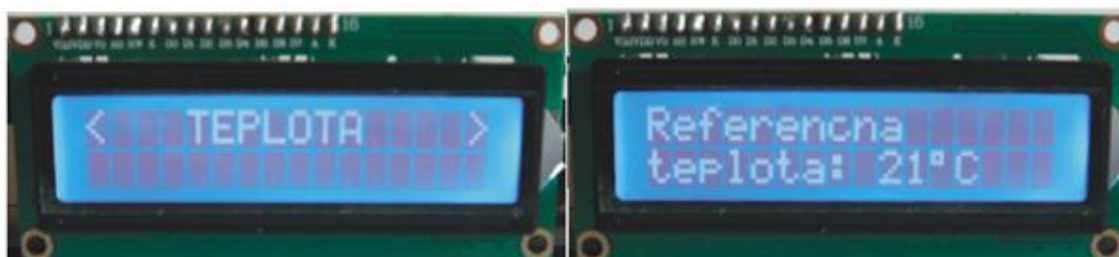
- „TEPLOTA“
- „VLHKOST“
- „VETRANIE“
- „CERPADLO“
- „SVETLO“
- „CAS“
- „BLUETOOTH“

Po zbehnutí hlavného programu a vyvolaní menu sa na displeji zobrazí úvodná obrazovka s aktuálnou teplotou meraného prostredia, vyznačeným smerom otáčania rotačného enkóderu pre pohyb k ďalším častiam menu, aktuálna vlhkosť prostredia a reálny čas. Vstup do jednotlivých častí menu a potvrdzovanie zadaných hodnôt sú realizované pomocou nastavovacieho tlačítka.



Obr. 4.1 Úvodná obrazovka.

Po otočení rotačného enkóderu v smere hodinových ručičiek nasleduje možnosť nastavenia teploty, kde si užívateľ vyberie referenčnú hodnotu, od ktorej sa vyhodnocuje interval teplôt a to $\pm 1^\circ\text{C}$ od referenčnej hodnoty. Obdobne sa nastavuje nasledujúca možnosť nastavenia referenčnej vlhkosti s intervalom $\pm 2\%$.



Obr. 4.2 Ukážka menu pre nastavenie teploty.

Ďalšou možnosťou je nastavenie času vetrania, kde si užívateľ zvolí hodinu, kedy má byť vetranie spustené a dĺžku vetrania v minútach s minimálnym trvaním 0 minút a maximálnym trvaním 59 minút.

V časti „CERPADLO“ je možné vypnúť čerpadlo napájadla, pre prípad čistenia alebo inej manipulácie s nádobou pre vodu, kde by pri pohybe s hladinovým senzorom mohla nastať chybná detekcia hladiny vody a tým by sa nechcene spustilo čerpanie vody.

Nastavenia svetla sa prevádza v možnosti „SVETLO“, kde sa nastaví hodina, o ktorej bude svetlo zapnuté a následne hodina, kedy sa svetlo má vypnúť. V programe je vykonané ošetrovanie, ktoré pri zhodných časoch zopnutia a vypnutia svetla zanechá svetlo po celú dobu zapnuté.

Čas je možné nastaviť v ďalšej možnosti zároveň s dátumom. Nastavenie je intuitívne a výpis textu na displeji sám napovedá aká veličina je práve nastavovaná. Táto časť menu je zo všetkých najhlbšia a obsahuje nastavenia hodiny, minút, názov dňa v týždni, mesiac, poradie dňa v mesiaci a rok.

Poslednou možnosťou v menu je zapínanie a vypínanie bluetooth komunikácie. Funguje obdobne ako zapínanie a vypínanie čerpadla. Odosielaná správa je vo forme:

16:10 t:22,3C h:46%

kde „16:10“ značí hodinu odoslania, „t:22,3C“ udáva teplotu v °C a „h:46%“ udáva relatívnu vlhkosť v % v daný čas.

Po potvrdení poslednej hodnoty v konkrétnom menu pre teplotu, vlhkosť, časy vetrania a svietenia s návratom do hlavného menu, sa tieto hodnoty ukladajú do EEPROM pamäte, takže aj po náhodnom vypnutí regulačnej jednotky sa hodnoty nestratia a po opätovnom spustení sa z pamäte načítajú. Výnimku tvorí nastavenie času a dátumu, kde sa tieto časy odošlú a zapíšu do obvodu reálneho času.

5 OVERENIE FUNKČNOSTI A SPOĽAHLIVOSTI



Obr. 5.1 Ukážka funkčnosti regulačnej jednotky.

Ukážka testovania funkčnosti regulačnej jednotky je na obr. 5.1. V nádobe na ľavej strane sa nachádza ultrazvukový modul, ktorý je práve v činnosti, čo sa prejavuje zahmlením nad povrchom vody. V rovnakej nádobe je umiestnené čerpadlo čerpajúce vodu do druhej nádoby s hladinovým senzorom. Na zadnej stene je pripevnený výhrevný kábel.

Test funkčnosti odhalil chyby v programe, ktoré boli následne odstránené, takže regulačná jednotka je zo softvérového ale aj hardvérového hľadiska plne funkčná.

Bolo tiež prevedené meranie o dĺžke 45 minút zamerané na reguláciu teploty a vlhkosti v uzavretom priestore o objeme približne 47 litrov. Do tohto priestoru boli umiestnené výhrevný kábel, zvlhčovací modul s nádobou na vodu, ventilátor vŕhajúci vzduch do vnútorného priestoru, žiarivka a senzor SHT21. Nastavené referenčné hodnoty boli pre teplotu 25°C a pre relatívnu vlhkosť 54%. Test prebehol úspešne nakoľko hodnoty sa udržali v definovaných intervaloch a to pre teplotu medzi 24°C - 26°C a pre relatívnu vlhkosť medzi 52% - 56%. Výsledky merania sú umiestnené v prílohe C.

6 VYUŽITIE V INÝCH APLIKÁCIÁCH

Zostavenú regulačnú jednotku je možné upraviť do mnohých iných podôb, čo zvyšuje jej možnosť aplikácie, pričom nie je vždy nutná rapidná zmena zapojenia, či samotného software.

Možné využitie by bolo napríklad v automatizovanej liahni, pričom by mohol byť pridaný modul pre snímanie obrazu a zároveň aj pre jeho odosielanie napríklad na server, kde by sa kontroloval vizuálny stav liahne.

Ak by bol zdokonalený software pre komunikáciu s bluetooth, prípadne by sa aplikoval iný systém komunikácie ako je napríklad Wifi, bolo by možné regulovať celé miestnosti prípadne celý dom alebo byt, pričom by jednotlivé regulačné prvky mohli byť spínane bezdrátovo na diaľku. Tým by bola užívateľovi umožnená kontrola a nastavovanie parametrov aj v jeho neprítomnosti. Využitie by našlo aj snímanie hladiny napríklad v sledovaní hladiny vody vo vani. Systém by mohol byť naprogramovaný na určitú hodinu, kedy sa má vaňa pripraviť.

ZÁVER

Cieľom práce bolo navrhnuť regulačnú jednotku pre terárium pre reguláciu teploty, vlhkosti, ventilácie a osvetlenia terária vrátane programovateľného dávkovača vody.

V práci je postupne rozobraná väčšina jednotlivých modulov pre jednotlivé regulované veličiny, s ohľadom na funkčnosť, flexibilitu, cenu, možnosti priestorového využitia či technické parametre. Návrh bol smerovaný k tomu, aby bolo možné pripojiť väčšinu používaných modulov, a tým bol umožnený užívateľský výber. Obmedzenia sa kladú len pre výber ventilácie a zvlhčovača, čo bolo ovplyvnené cenou zariadení a dostačujúcimi výkonmi pre terárium.

Ďalej bol navrhnutý a vyrobený hardvér, ktorý obsahuje mikroprocesor ATmega16. Ten riadi procesy pre spínanie jednotlivých modulov, vypisovanie na displej CFAH1602Z-TMI-ET s radičom HD44780, prijímanie pokynov od obsluhy za pomoci tlačítok a rotačného enkódera, vyhodnocovanie informácií od senzoru SHT21 a vytvoreného snímača výšky hladiny vody. Pre udržanie presného času bol použitý RTC obvod PCF8563 zo záložným napájaním tvoreným batériou. Nad rámec zadania bola pridaná komunikácia cez bluetooth.

Nosná konštrukcia pre regulačnú jednotku bola vytvorená ako testovací prototyp, preto nebola umiestnená do krabičky. V tomto smere bolo zjednodušené pripojenie regulačných prvkov priamo na konektory z dosky plošných spojov. Pri riešení konštrukcie bol braný ohľad na používateľa a tak bolo užívateľské rozhranie navrhnuté s predpokladom, že užívateľ bude pravák.

V práci je popísaný tiež vytvorený firmware pre riadiaci procesor.

Nakoniec bolo zariadenie otestované s ohľadom na funkčnosť a spoľahlivosť, pričom výsledky ukázali, že zariadenie pracuje správne a je teda vhodné pre reguláciu terárií.

V poslednej kapitole je pridané pojednávanie o zdokonalení systému a teda aj využitie v iných aplikáciách s príkladmi potrebných zmien systému.

LITERATÚRA

- [1] *Elektrické kúrenie* [online]. 2012 [cit. 2012-12-06]. Dostupné z: http://eshop.elektricke-kurenje.sk/fotky977/Folie_F.JPG.
- [2] *Terarium.sk* [online]. 2012 [cit. 2012-12-06]. Dostupné z: <http://www.terarium.sk/ohrievac-do-teraria-skala-15w29x17x5cm-pi-8960.html>.
- [3] Ultrazvuk. *Wikipédia: Slobodná encyklopédia* [online]. 2007, 7.11.2012 [cit. 2012-12-06]. Dostupné z: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>.
- [4] *LANAFORM* [online]. c 2012 [cit. 2012-12-06]. Dostupné z: <http://www.lanaform.com/en/catalogue/detail/family-care-108-4>.
- [5] *Terarium.sk* [online]. 2012 [cit. 2012-12-06]. Dostupné z: http://www.terarium.sk/reptistar-uvb-lampa-pre-teraria-160w-p-8990.html?cPath=495_496_497.
- [6] MATOUŠEK, David. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-730-0174-8.
- [7] ATMEL. *Datasheet ATmega16*. 2002, 237 s. Dostupné z: <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>.
- [8] SENSIRION. *Datasheet SHT1x*. 2008, 12 s. Dostupné z: http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidit y/Sensirion_Humidity_SHT1x_Datasheet_V5.pdf.
- [9] NXP. *Datasheet PCF8563*. 1998, 50 s. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8563.pdf.
- [10] FRÝZA, Tomáš. *Mikroprocesorová technika a embedded systémy: počítačová cvičení*. 1. vyd. Brno: MJ servis s.r.o., 2011, 86 s. ISBN 978-80-214-4350-1.
- [11] CRYSTALFONTZ AMERICA. *Datasheet CFAH1602Z*. 2008, 71 s. Dostupné z: <http://www.crystallfontz.com/product/CFAH1602ZTMIET>.
- [12] Znakový LCD displej s radičom HD44780. *LUBOSS17* [online]. c 2011 - 2012 [cit. 2012-12-07]. Dostupné z: http://lubosweb.php5.sk/clanky/05_znakovy_displej.php.
- [13] TEXAS INSTRUMENTS. *Datasheet LM2595*. 2004, 43 s. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2595.pdf>.
- [14] Porovnaní RTC a SW hodin. VYROUBAL, Rostislav a Rostislav NUNVÁŘ. *Vysoké učení technické: Ústav radioelektroniky* [online]. 19.4.2010 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.urel.feec.vutbr.cz/MIA/2010/Nunvar/index.html>
- [15] Programujeme AVR v jazyku C - 6. časť: LCD displej. ZAWIN. *Svetelektró* [online]. 07.03.2012 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://svetelektró.com/clanky/programujeme-avr-v-jazyku-c-6-cast-459.html>
- [16] Programujeme AVR v jazyku C - 8. časť: Univerzálna asynchrónna/synchrónna sériová linka (USART). ZAWIN. *Svetelektró* [online]. 15.07.2012 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://svetelektró.com/clanky/programujeme-avr-v-jazyku-c-8-cast-511.html>
- [17] Programujeme AVR v jazyku C - 10. časť: Rozhranie TWI (I2C), popis komunikácie, registrov a ukázkový program. ZAWIN. *Svetelektró* [online]. 18.10.2012 [cit. 2013-05-26].

- Dostupné z: <http://svetelektro.com/clanky/programujeme-avr-v-jazyku-c-10-cast-539.html>
- [18] FRÝZA, Tomáš, Peter FLEURY a Thomas BREINING. *Knihovna LCD*. 2006. Dostupné z: www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/lcd.zip
- [19] Tvarovač signálu. *MerkurRobot* [online]. 13.11. 2012 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <http://merkurrobot.cz/?cat=24>

ZOZNAM ZKRATIEK

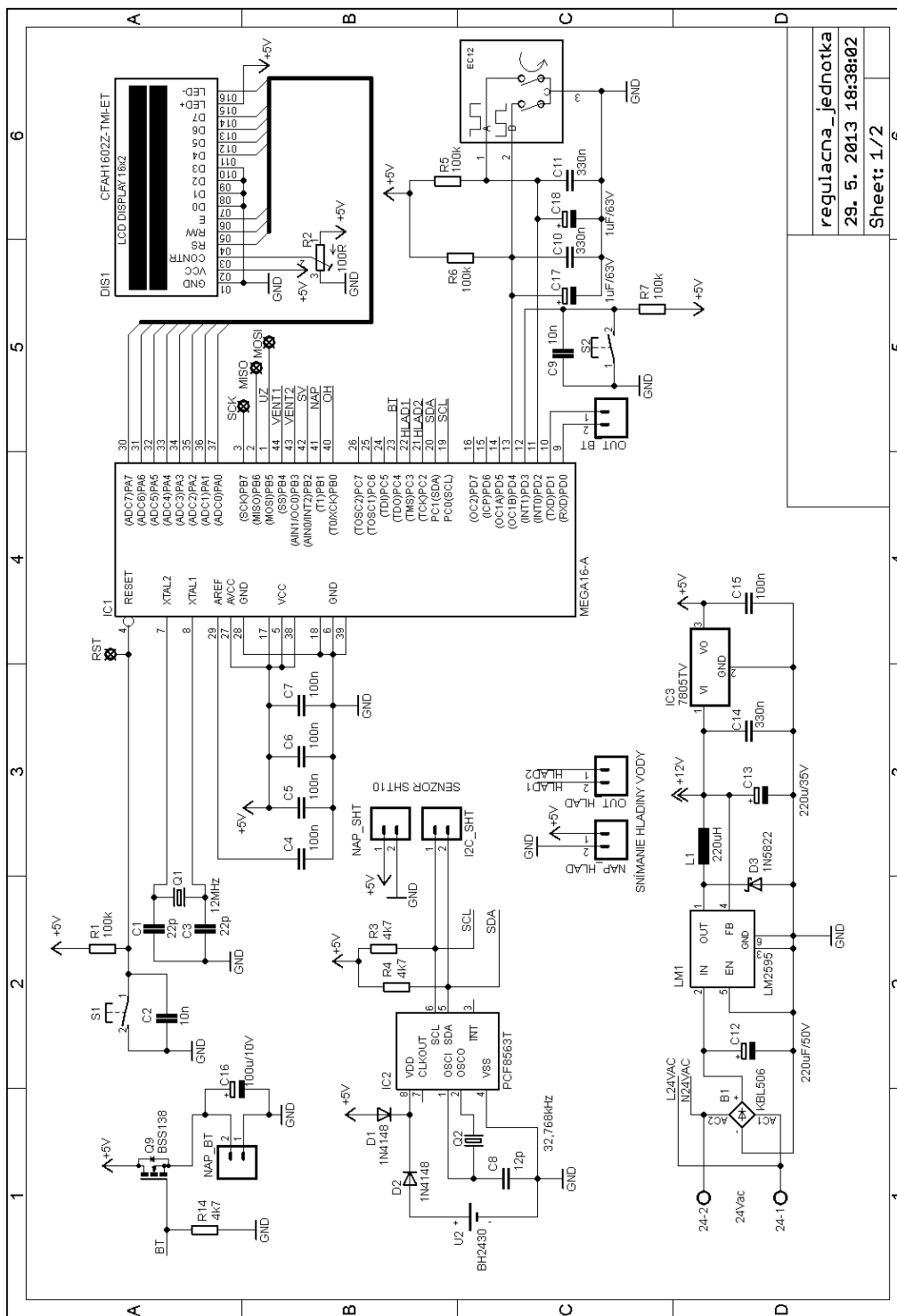
RTC	Real Time Clock
I ² C	Integer-Integrated Circuit
TWI	Two-Wire Serial Interface
SDA	Serial Data Line
SCL	Serial Clock
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
SMD	Surface Mount Device
LED	Light-Emitting Diode
LCD	Liquid-Crystal Display
ISP	In-System Programming
WDT	Watchdog Timer
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
BCD	Binary Coded Decimal
ESR	Equivalent Series Resistance

ZOZNAM PRÍLOH

A	Návrh zariadenia	30
A.1	Obvodové zapojenie – list 1/2	30
A.2	Obvodové zapojenie – list 2/2	31
A.3	Doska plošného spoja – top	32
A.4	Doska plošného spoja – bottom.....	32
A.5	Osadzovací plán – top.....	33
A.6	Osadzovací plán – bottom.....	33
B	Zoznam súčiastok	34
C	Meranie regulácie teploty a vlhkosti	36

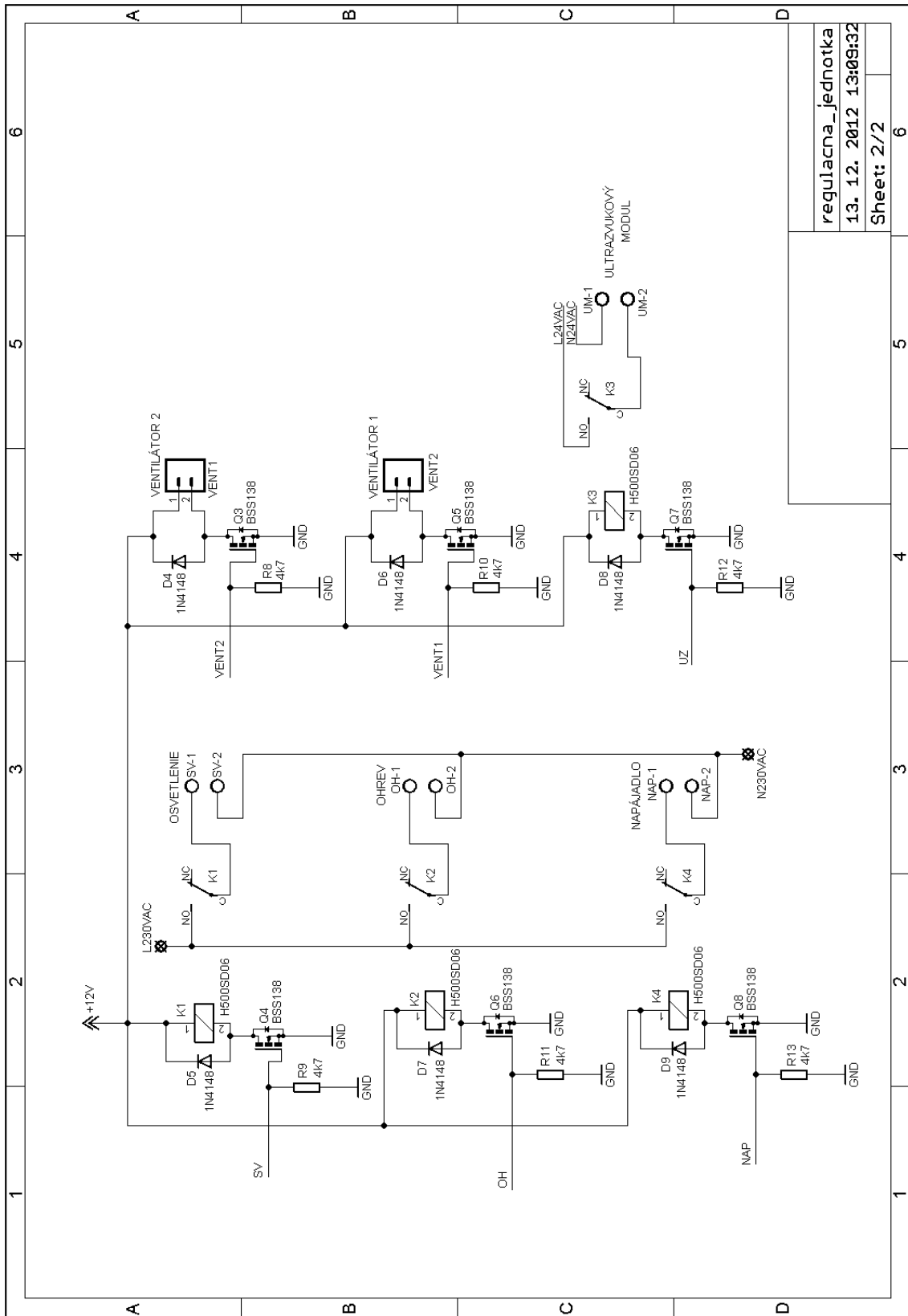
A NÁVRH ZARIADENIA

A.1 Obvodové zapojenie – list 1/2



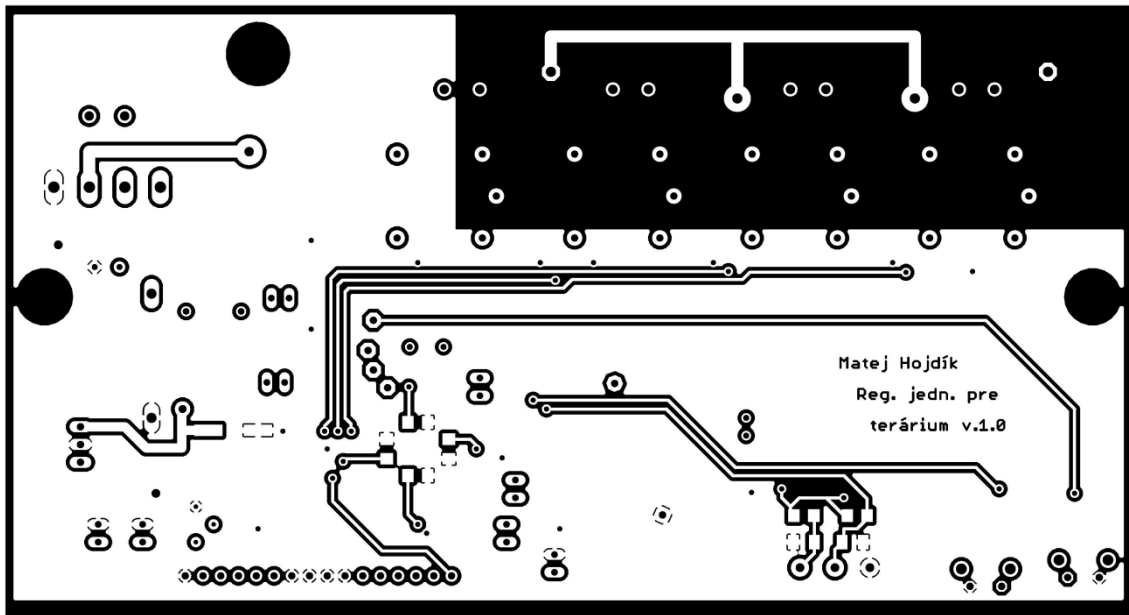
regulacna_jednotka
29. 5. 2013 18:38:02
Sheet: 1/2

A.2 Obvodové zapojenie – list 2/2



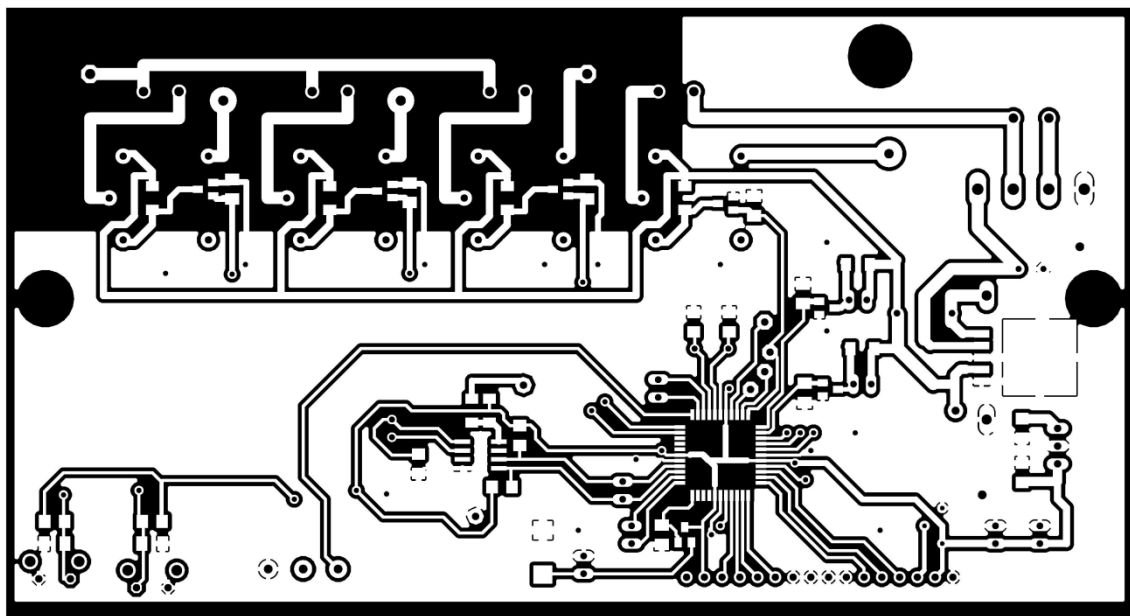
regulacna_jednotka
 13. 12. 2012 13:09:32
 Sheet: 2/2

A.3 Doska plošného spoja – top



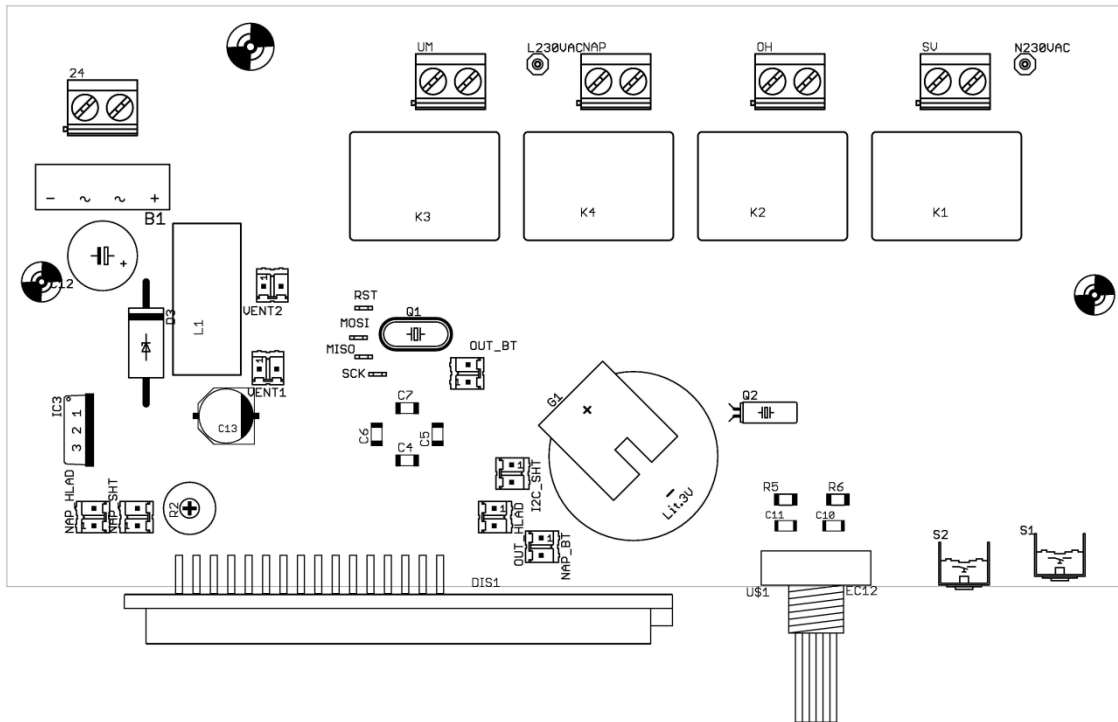
Rozmer dosky 162 x 84 [mm], mierka M1:1,08

A.4 Doska plošného spoja – bottom

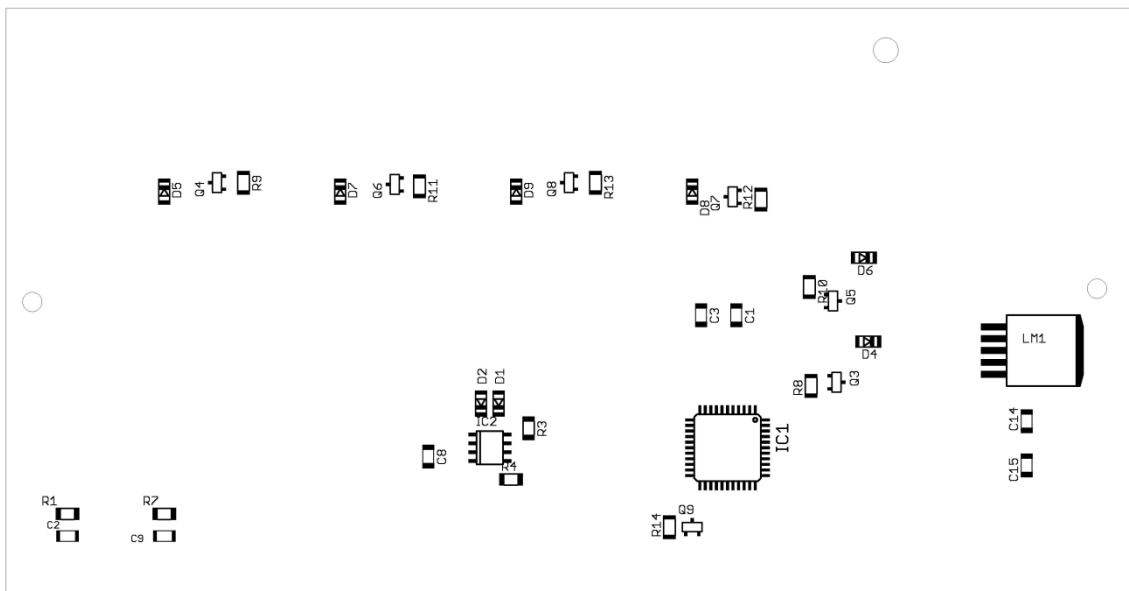


Rozmer dosky 162 x 84 [mm], mierka M1:1,08

A.5 Osadzovací plán – top



A.6 Osadzovací plán – bottom



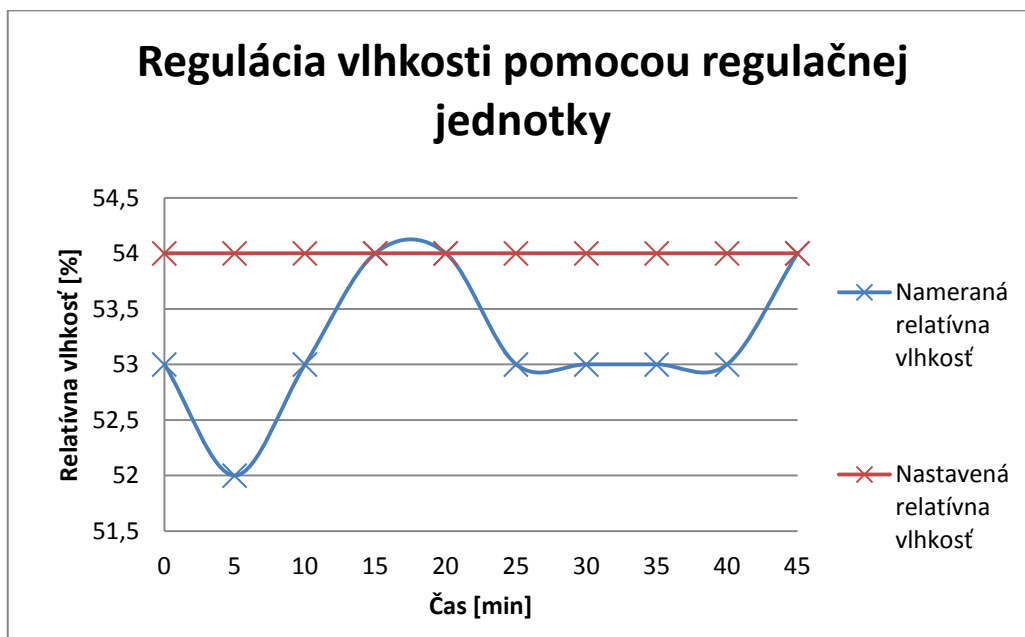
B ZOZNAM SÚČIÁSTOK

Počet	Označenie	Hodnota	Puzdro	Popis	List
1	24		MKDSN1,5/2-5,08	Konektor	1
4	NAP, OH, UM, SV		MKDSN1,5/2-5,08	Konektor	2
1	B1	KBL506	KBL	Usmerňovací mostík	1
2	C1, C3	22p	C1206	Keramický kondenzátor	1
4	C2, C9, C10, C11	10n	C1206K	Keramický kondenzátor	1
5	C4, C5, C6, C7, C15	100n	C1206	Keramický kondenzátor	1
1	C8	12p	C1206	Keramický kondenzátor	1
1	C12	220uF/50V	E3,5-10	Elektrolytický kondenzátor	1
1	C13	220uF/35V	PANASONIC_F	Elektrolytický kondenzátor	1
1	C14	330n	C1206	Keramický kondenzátor	1
1	C16	100uF/10V	D/7343-31R	Tantalový kondenzátor	1
2	C17, C18	1uF/63V	E1,8-4	Elektrolytický kondenzátor	1
2	D1, D2	1N4148	SOD80C	Usmerňovacia dióda	1
1	D3	1N5822	CB429-17	Shottkyho dióda	1
6	D4, D5, D6, D7, D8, D9	1N4148	SOD80C	Usmerňovacia dióda	2
1	DIS1	CFAH1602Z-TMI-ET	CFAH1602Z	Displej	1
1	G1		CR2430H	Držiak batérie	1
1	IC1	MEGA16-A	TQFP44	Mikroprocesor	1
1	IC2	PCF8563T	SO-08	Obvod reálneho času	1
1	IC3	7805TV	TO220V	Stabilizátor	1
4	K1, K4, K2, K3	HF3FF	JS-M	Relé	2
1	L1	220uH	TJ4-U1	Tlmivka	1
1	LM1	LM2595	TO263-5	Step-down menič	1
4	NAP_HLAD, OUT_HLAD, NAP_SHT, I2C_SHT		M02	Konektor	1
1	Q1	12MHz	HC49U-V	Kryštál	1
1	Q2	32,768kHz	TC38H	Kryštál	1
6	Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8	BSS138	SOT23	Mosfet n-kanál	2

1	Q9	BSS138	SOT23	Mosfet n-kanál	1
4	R1, R5, R6, R7	100k	R1206	Rezistor	1
1	R2	100R	RTRIM3339P	Trimer	1
3	R3, R4,R14	4k7	R1206	Rezistor	1
6	R8, R9, R10, R11, R12, R13	4k7	M1206	Rezistor	2
2	S1, S2		31-XX	Tlačítko	1
1	EC12		EC	Rotačný enkóder	1
2	VENT1, VENT2		M02	Konektor	2

C MERANIE REGULÁCIE TEPLOTY A VLHKOSTI

Čas [min]	Teplota [°C]	Relatívna vlhkosť [%]
0	24,3	53
5	24,5	52
10	24	53
15	24,6	54
20	24,9	54
25	25,3	53
30	25,5	53
35	25,7	53
40	25,5	53
45	25,6	54



Regulácia teploty pomocou regulačnej jednotky

