

# **Inkubační líheň pro chov papoušků**

Parrot's Brooder

Bc. Michal Pikner

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal PIKNER**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**  
  
Téma práce: **Inkubační líheň pro chov papoušků**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s podmínkami inkubace cizokrajných ptáků.
2. Navrhněte způsob konstrukce inkubátoru pro odchov mladých ptáků závislých na rodičích.
3. Navrhněte systém regulace vlhkosti a teploty v inkubátoru.
4. Proveďte identifikaci soustavy a navrhněte regulátor soustavy.
5. Navržený inkubátor prakticky realizujte a ověřte jeho činnost v praxi.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. MIESLER, R.: Průvodce umělým odchovem ptáků. Epava, 2005. ISBN 8086297306.
2. CHUDÝ, V., PALENČÁR, R.: Meranie technických veličin. STU Bratislava, Bratislava, 1999. ISBN 80-227-1275-2.
3. KLAUS, T.: Příručka pro elektrotechnika. Europa -- Sobotáles, 2005. ISBN:80-86706-13-3.
4. VÁŇA, V.: Atmel AVR programování v jazyce C. Praha, Ben, 2003. ISBN 80-7300-102-0.
5. BURKHARD, M.: C pro mikrokontroléry. Praha, Ben, 2003. ISBN 80-7300-077-6.
6. HORST, J.: Informační a telekomunikační technika. Praha, BEN, 2004. ISBN 80-86706-08-7.
7. <http://www.bioska.cz/>

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

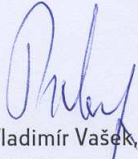
Termín odevzdání diplomové práce:

**8. června 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*



## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a realizovat odchovnu pro odchov mladých papoušků závislých na rodičích. Navrhnout systém regulace vlhkosti a teploty s dobře zvolenými senzory a akčními členy pro udržování optimálních podmínek pro vývoj papoušků. Navrhnout regulátory soustavy a ověření činnosti odchovny v praxi.

Klíčová slova:

Papoušek, odchovna, regulátor, senzor relativní vlhkosti, senzor teploty, mikrokontrolér, LCD displej, identifikace, vývojové období papoušků

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to design and implement a rearing house for rearing of young parrots dependent on their parents. To propose a system to regulate humidity and temperature, with well-chosen sensors and action elements to maintain optimal conditions for the evolution of parrots. To propose a system controller and verification of activities of a rearing house in practice.

Keywords:

Parrot, rearing, controller, humidity sensor, temperature sensor, microcontroller, LCD display, identification, developmental period of parrots.

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady a připomínky, které mi poskytoval během vedení mé diplomové práce. Děkuji také Ing. Františku Gazdošovi, Ph.D., Ing. Petru Chalupovi, Ph.D. a Ing. Jakubu Novákovi, Ph.D. za odborné rady při identifikaci a návrhu regulátorů odchovny.



**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta



**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 VÝVOJOVÁ OBDOBÍ PAPOUŠČÍCH MLÁĐAT</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBDOBÍ PRVNÍ.....	13
1.2 OBDOBÍ DRUHÉ .....	13
1.3 OBDOBÍ TŘETÍ.....	13
1.4 OBDOBÍ ČTVRTÉ .....	14
1.5 OBDOBÍ PÁTÉ.....	14
<b>2 INKUBAČNÍ ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>15</b>
2.1 ODCHOVNY .....	15
2.2 TEPLOTA .....	16
2.3 VLHKOST.....	17
2.4 SVĚTLO .....	17
2.5 HYGIENA .....	18
2.6 KOMERČNÍ ODCHOVNY.....	18
2.6.1 Firma Grumbach .....	18
2.6.2 Firma Brinsea .....	19
2.6.3 Firma D.M.P. Engineering LTD .....	20
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>21</b>
<b>3 NÁVRH KONSTRUKCE ODCHOVNY</b> .....	<b>22</b>
3.1 NÁVRH ODCHOVNY .....	22
3.2 ŘÍZENÍ TEPLoty .....	22
3.3 ŘÍZENÍ VLHKOSTI.....	24
3.4 REÁLNÁ PODOBA NAVRŽENÉ ODCHOVNY .....	25
<b>4 NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ZAPOJENÍ</b> .....	<b>28</b>
4.1 NAPÁJECÍ ZDROJ.....	28
4.2 ŘÍDICÍ JEDNOTKA.....	28
4.3 LCD DISPLEJ .....	30
4.4 SÉRIOVÁ LINKA .....	30
4.5 SENZORY .....	31
4.6 OBVOD GENERUJÍCÍ PŘERUŠENÍ.....	33
4.7 OBVOD SPÍNÁNÍ TOPNÉHO TĚLESA.....	35
4.8 OBVOD SPÍNÁNÍ VENTILÁTORU VLHKOSTI.....	36
<b>5 POPIS SOFTWAREVÉHO VYBAVENÍ MIKROKONTROLÉRU</b> .....	<b>38</b>

---

5.1	PRINCIP PROGRAMU V MIKROKONTROLÉRU .....	38
5.2	PRINCIP SKLÁDÁNÍ A TVARŮ DATOVÝCH RÁMCŮ .....	39
5.2.1	Datový rámec pro nastavení akčního zásahu.....	40
5.2.2	Datový rámec pro příjem dat.....	40
5.3	PROGRAM PRO KOMUNIKACI .....	40
<b>6</b>	<b>IDENTIFIKACE A PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ ODCHOVNY .....</b>	<b>42</b>
6.1	IDENTIFIKACE ODCHOVNY .....	42
6.2	NÁVRH REGULÁTORŮ A SIMULACE PRŮBĚHU REGULACE.....	49
6.3	OVĚŘENÍ REGULACE V PRAXI .....	52
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>66</b>

## ÚVOD

Mnoho let se osobně zabývám chovem velkých papoušků. Jejich odchov není tak jednoduchý. Když už několik let nadšeně čekáte na pohlavní dospělost chovného páru a na první snůšku, tak v mnoha případech nastane nějaká komplikace při jejich odchovu. Nejčastější důvody proč umístit mláďata do odchovny jsou špatná péče rodičovského páru, úmrtí jednoho jedince z rodičovského páru, zvýšená agresivita rodičů, onemocnění mláděte a jiné. Odchovna má nahradit podmínky potřebné pro jejich správný vývoj od vylíhnutí z vajíčka až po jejich osamostatnění. Kromě kvalitního a správného krmení po určitých časových intervalech je důležitou částí správného vývoje mláďat teplota a relativní vlhkost vzduchu. Teplota by se měla měnit s rostoucím mládětem od 37°C po 25°C. Při této teplotě by mělo být mládě již samostatné a plně opeřené. Relativní vlhkost vzduchu je nejdůležitější v prvních týdnech života mláděte. U den starého mláděte by měla být vlhkost mezi 55-60% a s postupným dospíváním mláděte by se měla snižovat, až na pokojovou relativní vlhkost vzduchu.

Navržená odchovna je menších rozměrů, což umožňuje její mobilitu. Obsahuje senzory pro snímání teploty a vlhkosti, topné těleso pro regulaci teploty a nádržku na vodu pro zvyšování relativní vlhkosti vzduchu. LCD displej zobrazuje nastavené a aktuální hodnoty v inkubační líně. Celá soustava je řízena 8 bitovým mikroprocesorem. Má výstup RS232 pro komunikaci s PC. Návrh odchovny má umožnit chovatelům lepší péči o své svěřence a tím i zachránit mnoho obtížně odchovatelných mláďat ohrožených druhů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÝVOJOVÁ OBDOBÍ PAPOUŠČÍCH MLÁĎAT

Mláďata papoušků jsou plně závislá na péči rodičů. Neumí přijímat sami potravu, ani se sama zahřívat. Jejich vývoj lze rozdělit do několika následujících období.

### 1.1 Období první

Toto období zahrnuje asi prvních 7-10 dní života, kdy je mládě extrémně citlivé a naprosto závislé na okolí v příjmu potravy a zahřívání. Okamžitě po vylíhnutí je nutné udržovat teplotu v dolíhni na 37,0°C kvůli oschnutí mláděte. Po oschnutí se mládě přesune do odchovny s teplotou 36,0-36,5°C. Mládě ještě nemá vyvinutý imunitní systém a je velmi vnímavé na jakoukoli infekci. Některé druhy se vylíhnou úplně bez opeření, jiné mají řídké prachové peří. Zpočátku je vidět na bříšku i nevstřebaný žlutkový váček, jehož vstřebávání trvá i několik hodin. V přírodě jsou mláďata někdy nakrmena hned povylítnutí, ale někdy i několik hodin po té. Samice krmí mládě vždy když žadoní o potravu, což může být i každých 10 minut, proto je přirozenější krmit mládě co nejčastěji malým množstvím potravy. Při umělém odchovu je v tomto období důležité udržovat vhodnou teplotu a odchovně a používat krmnou směs vhodného složení, konzistence a teploty. [1]

### 1.2 Období druhé

Stáří mláděte v tomto období se pohybuje od 1 týdne po období, kdy se začínají objevovat pírka z pisků. V tomto období se otevírají oči a začínají se objevovat černé tečky jako základy budoucích per. Některé druhy ztrácejí své prvotní prachové peří, u některých se objevuje druhé prachové peří (v době kdy se otevírají oči) a některá mláďata zůstávají holá do doby, než se objeví pravé peří. Mládě je sice závislé na svém okolí, ale stává se méně citlivým na výkyvy teploty a nepřesné podmínky v okolí. Teplota se snižuje na 29,5-32°C. Pokud je krmeno rodiči, tak již získalo určité množství protilátek od matky. Krmná směs je již hustší a má větší obsah živin. Zvětšuje se kapacita volete a díky tomu krmení probíhá méně často. [1]

### 1.3 Období třetí

V tomto období se mládě intenzivně opeřuje, stále je ovšem na ostnech per patrná krev. Objevující se pírka a zbytky prachového peří pokrývají skoro celé tělo, objevují se už

i letky a ocasní pera. Mládě je schopno daleko více tolerovat nižší teploty, ale stále potřebuje dostatečné zahřívání (obzvláště v noci). V tomto období hrozí spíše mláděti přehřátí. Když už je mládě kompletně opeřené, doporučuje se teplota 26-28°C. Mládě je částečně závislé, imunitní systém stále ještě není plně funkční, na konci tohoto období se dosahuje maximální kapacity volete a dokonce konečné maximální váhy mláděte. V tomto období se krmí zpravidla 3x denně. Mládě se už učí sedět na bidle a procvičuje si křídla. V době kdy se již začínají drát pírka z pisků ven je dovoleno udržovat kontakt s jinými mláděty svého druhu. V tomto období již začínají být mláděta velmi vnímavá k interakcím s ostatními jedinci nebo člověkem. V tomto období je dobré pokoušet se dávat mládětům malé množství potravy s misky. [1]

#### **1.4 Období čtvrté**

Jedná se o odstavné období, začíná zde cesta mláděte k mladému ptákovi. Mládě je plně opeřené a je schopné z větší části termoregulace. Pouze u mláděat chovaných v chladnějším místě se doporučuje přehřívání, u pokojových teplot už ne. Všechna krev je už vstřebána z ostnů letek. V tomto období se už můžou mládětům zastříhovat letky. Mláděata v tomto období už začínají létat. Pokud je mládě plně opeřené může se přesunout do odstavné klece. V odstavné kleci mu nabízíme široké spektrum potravy. Krmná kaše se už podává pouze 2-3 denně v malých dávkách a postupným vynecháváním krmení se snažíme mládě přinutit k přijímání krmení v odstavné kleci. Mláděata v tomto období ztrácí 10-15% své hmotnosti. [1]

#### **1.5 Období páté**

Dosažení mláděte dospělosti. Odstavný proces byl dokončen, mládě je kompletně soběstačné, schopné vyrovnat se s teplotními výkyvy a samo přijímá široké spektrum potravy. [1]

## 2 INKUBAČNÍ ZAŘÍZENÍ

### 2.1 Odchovny

Pro odchov mláďat existuje mnoho odchovných zařízení, které mají poskytovat některé základní služby, jako jsou udržování teploty, vlhkosti a ventilace vzduchu. Lze použít od podomácku vyrobené odchovny, složené z dřevěné bedny s nějakou jednoduchou regulací teploty, až po komerčně vyráběné, které samozřejmě poskytují kvalitní regulaci teploty a vlhkosti, avšak jsou značně dražší. Jako náhražku lze použít i akvárium, u kterého lze snadno udržovat hygienu. Jako vyhřívání můžeme použít topnou dečku umístěnou na dně nebo žárovku zavěšenou seshora. Nutno upozornit, že odchovny, které používají vyhřevné dečky, mohou mládě popálit nebo naopak podchladit, jelikož přesná regulace teploty je zde nejistá, stejně jako při vyhřívání žárovkou. Většinu důležitých orgánů mláděte je umístěno zespodu těla a tak je přehřátí více nebezpečné v odchovných s vytápěním zespoda. U podomácku vyrobených odchoven také ve většině případů chybí možnost regulace vlhkosti, což u komerčních zařízení běžné je. Je lepší, pokud jsou odchovny menší a pojmu najednou jen několik ptáků, protože u velkých odchoven pro větší počet ptáků roste i riziko přenosu a šíření infekce. Navíc je prokázáno, že malé a tmavé prostory připomínající dutinu stromu mláďatům více svědčí než velké a světlé odchovny. V tmavých odchovných však produkujeme mláďata více bázlivá a dočasně méně pohyblivá, což se při pozdějším zapojení ptáků do reprodukce jeví jako výhoda, neboť ptáci nejsou tak fixováni na člověka. U mláďat odchovávaných ve světlejších odchovných, jsou mláďata více fixována na lidskou společnost. [1]

Některé odchovny s přirozenou cirkulací vzduchu jsou vybaveny digitálním termostatem, který sice ukazuje přesnou teplotu, ale jen v místě umístění senzoru, což bývá většinou uprostřed celého prostoru. Pokud má odchovna topné těleso umístěno na dně, kde je umístěno mládě, je vhodné přiložit vedle mláděte ještě teploměr, neboť tam bude teplota ještě o něco vyšší, a tou se musíme řídit. Proto je vhodné zapnout odchovnu minimálně dva dny před očekávaným klubáním mláděte, abychom se seznámily s chodem celé odchovny a případné nedostatky neodstraňovaly až při odchovu s mládětem. Moderní typy odchoven mají ohřev přes vodní nádrž, která i při výpadku elektrického proudu drží určitou dobu teplo. [1]

Po vyklubání mlád'ata dáváme do plastových krabiček, jejichž velikost závisí na druhu papouška. Z hlediska přirozenějšího odchovu je lepší odchovávat mlád'ata spolu po 2-4 kusech. Pouze v případě že nastanou zdravotní problémy, by měla být mlád'ata umístěna jednotlivě. Pokud zvolíme jakoukoli metodu uložení mlád'at, tak je důležité, aby mlád'ata v době, kdy je to pro ně přirozené, měli možnost pohybu, protahování a procvičování křídel. [1]

## 2.2 Teplota

Požadavek na teplotu se může lišit jednak mezi druhy, ale i na tom zda je mládě zdravé nebo ne. Po vylíhnutí je dobré nechat mládě v dolíhni dokud neoschne při teplotě dolíhně, což je cca 37.0°C. Poté přeneseme mládě do odchovny s nastavenou teplotou 36-36,5°C [1]. Podle [2] můžeme mládě ponechat při teplotě 37,2°C po celý první týden jeho života. Z mých zkušeností mlád'ata nechávám oschnout v dolíhni při teplotě 37,0°C a poté je přenesu do odchovny s teplotou 36,5°C a teplotu ještě upravím podle vitálnosti mláděte. Podle [1] pozorování v přírodě i v chovech ukázaly, že nejlépe prosperují první vyklubaná mlád'ata, zřejmě z důvodu, že samice stále zahřívá zbylá vejce. Od 4-5 dnů věku, pokud už je potrava více tuhá se může teplota snížit na 35-35,5°C. Normálně v této době samice téměř neopouští hnízdo, pokud ji samec krmí. Podle [1] i [2] by teplota v odchovně neměla stoupnout nad 37,5°C. Při této teplotě začíná mládě trpět, leží netečně na dně odchovny, stále volá a škrábe se. Oproti tomu podle [1] příliš chladné prostředí pro mládě znamená vydání hodně energie na udržování tepla a jeho růst bude zpomalen. Od 9-10 dne, až po stáří 2-3 týdnů lze mlád'ata mít při teplotě 33,0-34°C. Přibližně od 3 týdnu věku až po úplné opeření je dobré teplotu udržovat mezi 28-32°C a u plně opeřených mlád'at postačí pouze pokojová teplota s přihříváním pouze v chladných nocích.

Opeřená mlád'ata daleko více stresuje přílišné teplo, než o něco nižší teplota. Vývoj menších druhů je rychlejší a tak se teplota snižuje rychleji než u velkých druhů. Vždy je třeba sledovat reakce mlád'at. Pokud jsou mlád'ata hyperaktivní a dehydratovaná je nutné ubrat teplotu. Pokud jsou neaktivní, zpomalilo se jim trávení, mohou být podchlazená a je třeba teplotu zvýšit. Teplota je také závislá na tom, jestli je v odchovně jedno mládě nebo je jich větší počet. Mlád'ata odebraná rodičům kolem 2 týdnů věku jsou po té podstatně méně náročná na teplotu než mlád'ata odchovávaná po celou dobu v odchovně. Důvodem je kolísání teploty v budce hlavně v chladnějších měsících. Důležitá je kvalita termostatu,



protože kolísání teploty v odchovně může způsobit zpomalení růstu mlád'at, pomalé trávení, potíže s trávením a celkové oslabení mláděte.[1] V tabulce (Tab. 1) jsou uvedeny doporučené teploty během umělého odchovu papoušků.

Fáze vývoje	Teplota [°C]
Vylíhlá mlád'ata	36,0-36,5
Neopeřená mlád'ata	35,0-35,5
Mlád'ata částečně pokrytá peřím	29,0-34,0
Mlád'ata plně pokrytá peřím	24,0-27,0
Odstavená mlád'ata	20,0-24,0

Tab. 1 Doporučená teplota v odchovném zařízení během umělého odchovu papoušků

### 2.3 Vlhkost

Při přirozeném hnízdění papoušku jsou hnízdní dutiny vydlabané v ztrouchnivělém dřevě a jsou velmi vlhké. Takové vlhkosti se zpravidla nedosahuje u umělých odchoven, jelikož je mnoho mlád'at odchováváno pod tepelnými lampami nebo na vyhřívaných dečkách.

Podle [1] by po dobu prvního týdne měla být vlhkost udržována vysoká, v hodnotách 60-80% a poté můžeme vlhkost snižovat, jak si mládě vytváří zásoby tuku. Pokud je mládě v příliš suchém prostředí, je to pro něj stresující faktor, protože si musí hydrataci těla zajišťovat jen z potravy. Právě s těchto důvodů se v prvních dnech podává více tekutá strava. Mnoho papoušku vyvádí svá mlád'ata během období dešťů, kdy je nejen dostatečné množství potravy, ale i větší vlhkost, která napomáhá zdravému růstu. Podle [2] při vlhkosti vzduchu pod 30% hrozí nebezpečí vysychání sliznic a u arů a eklektusů může vzniknout toe syndrom. Při vlhkosti vzduchu na 70% se mlád'atům může špatně dýchat a ona pak působí ochablým dojmem. Podle [2] by měla být vlhkost v odchovně v rozmezí 45-55%. Z mých zkušeností udržuji vlhkost v odchovně od 45 do 55% v závislosti na stáří mláděte a na druhu.

### 2.4 Světlo

Mlád'ata čerstvě vylíhlá jsou extrémně citlivá na světlo, proto by po dobu 1-2 týdnů byly ve tmě. Trávení však probíhá rychleji u mlád'at ponechaných ve světlém prostředí. Při potížích s trávením se doporučuje přisvětlovat i po dobu noci. [1]

## 2.5 Hygiena

Vzhledem k vysoké náchylnosti mláďat na infekci v prvním období života je velmi důležité odchovnu v co největší čistotě. Proto se pro umístění mláďat používají umělohmotné misky, u nichž se podestýlka vyměňuje každý den. Důležitá je i hygiena uvnitř odchovny i v místnosti kde se odchovna nachází. Na dezinfekci je vhodný prostředek proti plísním, bakteriím a virům. [1]

## 2.6 Komerční odchovny

Ukázky komerčních odchoven a jejich parametrů

### 2.6.1 Firma Grumbach

Tato Německá firma je na trhu již přes 20let. Je známa svou kvalitou, špičkovým provedením a spolehlivostí svých výrobků. Ve své nabídce má odchovnu Compact SA, která je vhodná pro mláďata ihned od vylíhnutí. Obsahuje LCD digitální teploměr, elektrický termostat, automatickou regulaci vlhkosti, cirkulaci vzduchu, prachový filtr a bezpečnostní termostat. [14]



Obr. 1 Odchovna Compact SA

### 2.6.2 Firma Brinsea

Tato firma nabízí dva typy odchoven. A to TLC-4 Brooder a TLC-5 Brooder. Oba typy disponují dvojitým materiálem a celo prostorovým topným systémem, dvěma filtry vzduchu, elektronickou kontrolou teploty, vodní nádržkou pro zvýšení vlhkosti, kalibrovaným teploměrem, snadným udržováním čistoty a vnitřním osvětlením. Odchovna TLC-5 Brooder má navíc vnitřní kokové dvířka a větší rozměry než TLC-4 Brooder. [15]



Obr. 2 Odchovna TLC-4 Brooder



Obr. 3 Odchovna TLC-5 Brooder

### 2.6.3 Firma D.M.P. Engineering LTD

Tato Izraelská firma nabízí odchovnu LORY 10 s digitálním řízením teploty a zobrazení pomocí LED displeje. Další vlastnosti jsou nucená cirkulace vzduchu kolem topného tělesa s přesností regulace na 0,1°C. Umožňuje snadné udržování hygieny. Nemá však automatickou regulaci vlhkosti. [16]



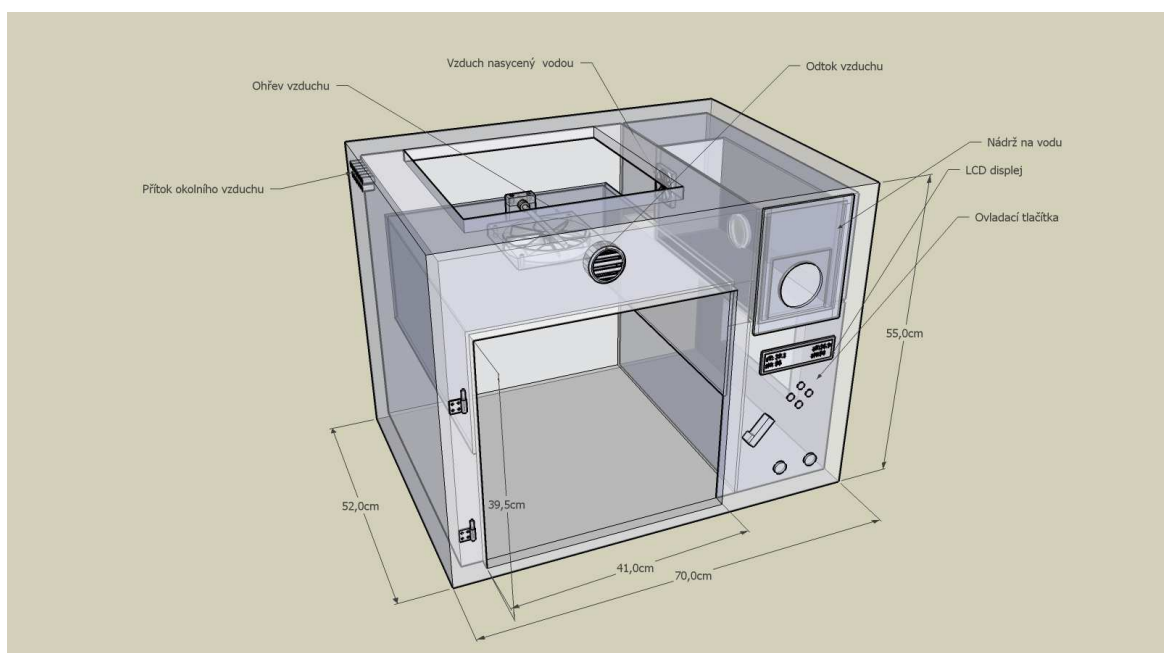
Obr. 4 Odchovna LORY 10

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 NÁVRH KONSTRUKCE ODCHOVNY

#### 3.1 Návrh odchovny

Odchovny pro papoušky musí být mobilní a zároveň spolehlivá. Byla navržena z polyetylenových desek, rozměrů 700x520x550mm (š x h x v). Tyto desky mají výhodu jednoduchého udržování čistoty. Aby byly tepelné ztráty minimální, jsou stěny odchovny složeny ze dvou PE desek. Mezi nimi je vložený tvrzený polystyren. Všechny spoje desek jsou svařeny. Odchovna obsahuje prostor pro ohřev vzduchu a zásobník na vodu, jejich princip je popsán níže. Pod zásobníkem na vodu je ve vodotěsném prostoru umístěna řídicí elektronika.

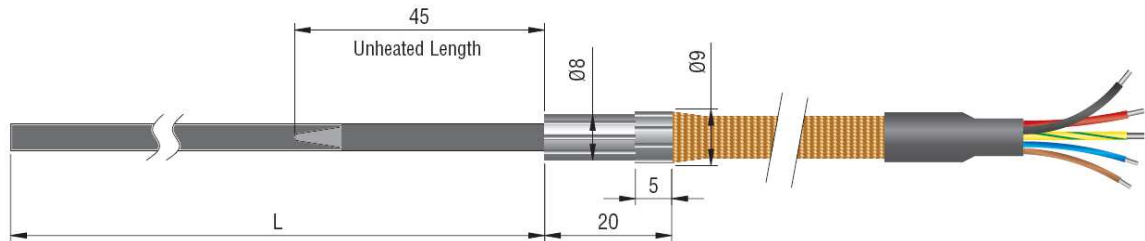


Obr. 5. Předpokládaná konstrukce odchovny

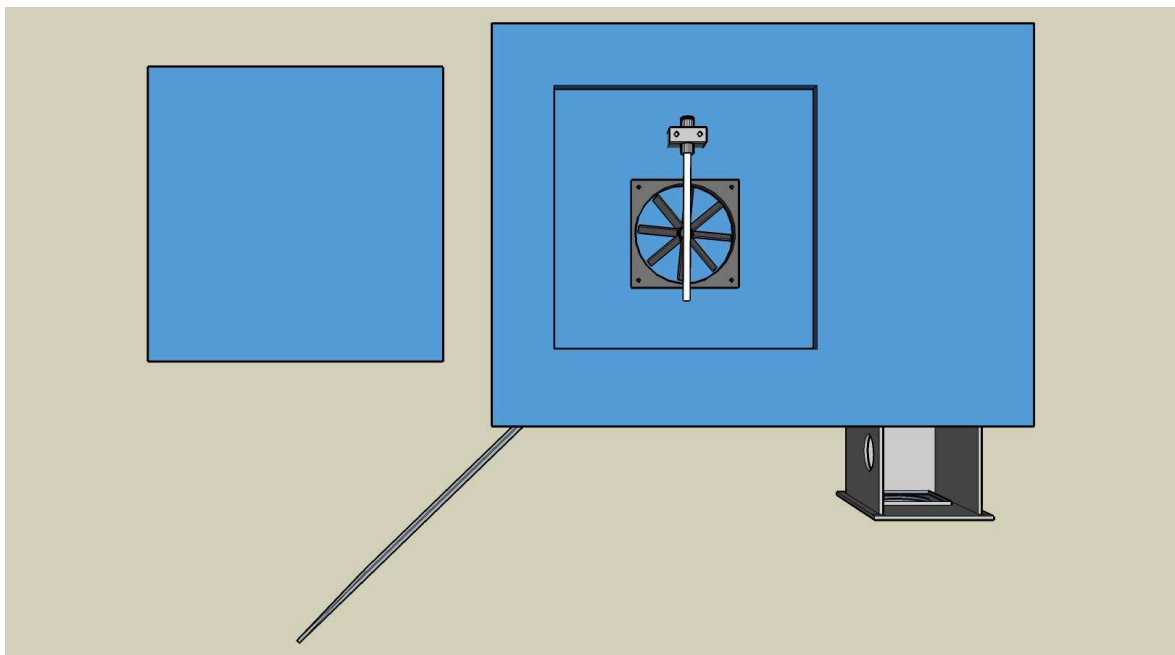
#### 3.2 Řízení teploty

Pro ohřev vzduchu bylo zvoleno topné těleso SRLX000001 značky Rollmax, které je zobrazeno na obrázku (Obr. 6). Jeho rozměry jsou 3,3x3,3x250 mm s výkonem 125W při napětí 230V. Je umístěno nad ventilátorem. A to v bezpečné vzdálenosti jak od ventilátoru, tak od horního krytu inkubační líhně, aby nezpůsobilo roztavení plastu. Umístění topného tělesa je vidět na obrázku (Obr. 7 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Větrák prohání vzduch uvnitř boxu a tím je možné docílit stejné teploty v celém prostoru inkubační líhně.

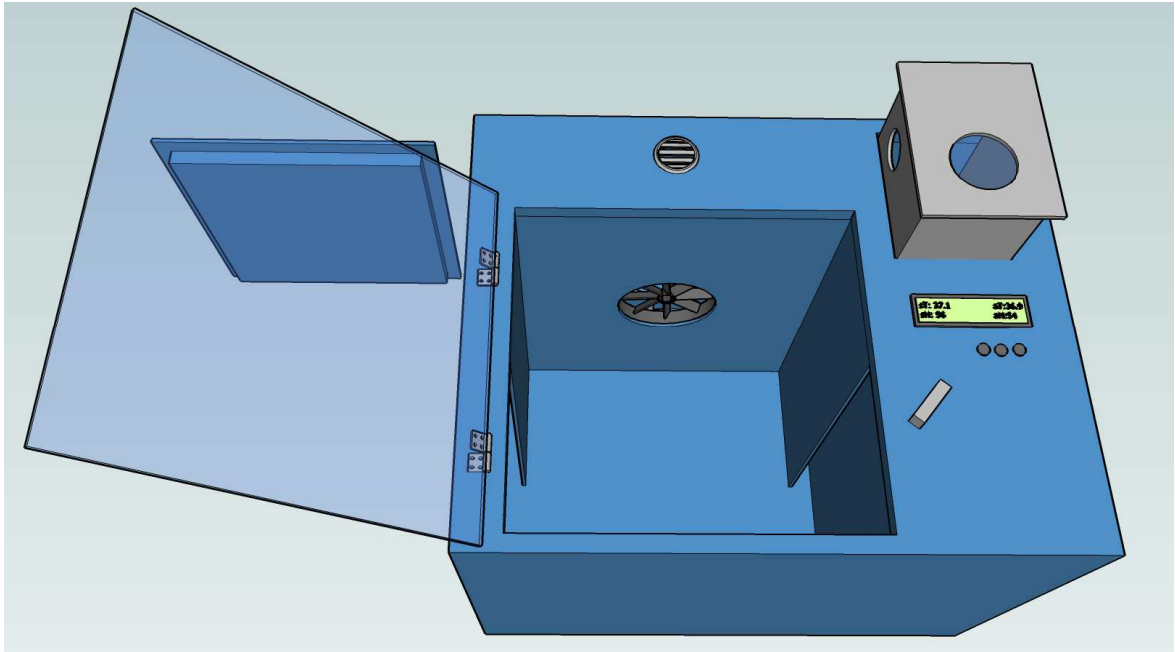
Ohřátý vzduch protéká přes větrák do prostoru s mláďaty a vrací se bočními průduchy zpět k topnému tělesu. Zároveň je samovolně nasáván čerstvý vzduch z bočního otvoru a původní vzduch odchází předním otvorem ven. Tím je zabezpečeno jeho okysličování.



Obr. 6. Topné těleso Rollmax



Obr. 7. Umístění topného tělesa

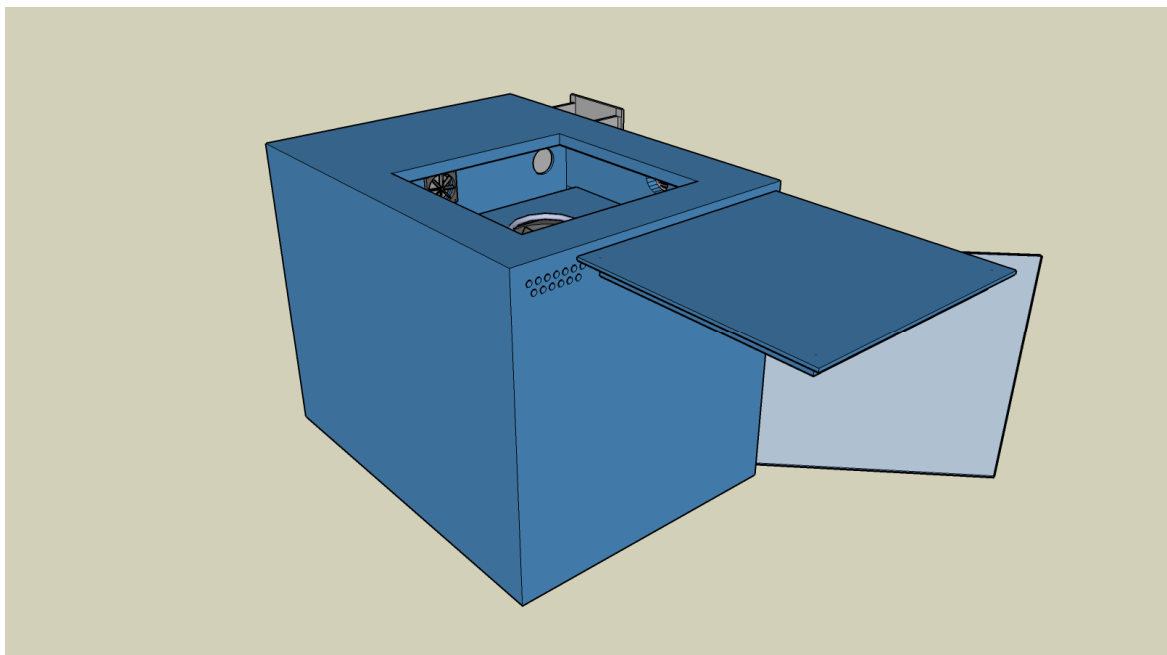


Obr. 8. Boční průduchy pro cirkulaci vzduchu

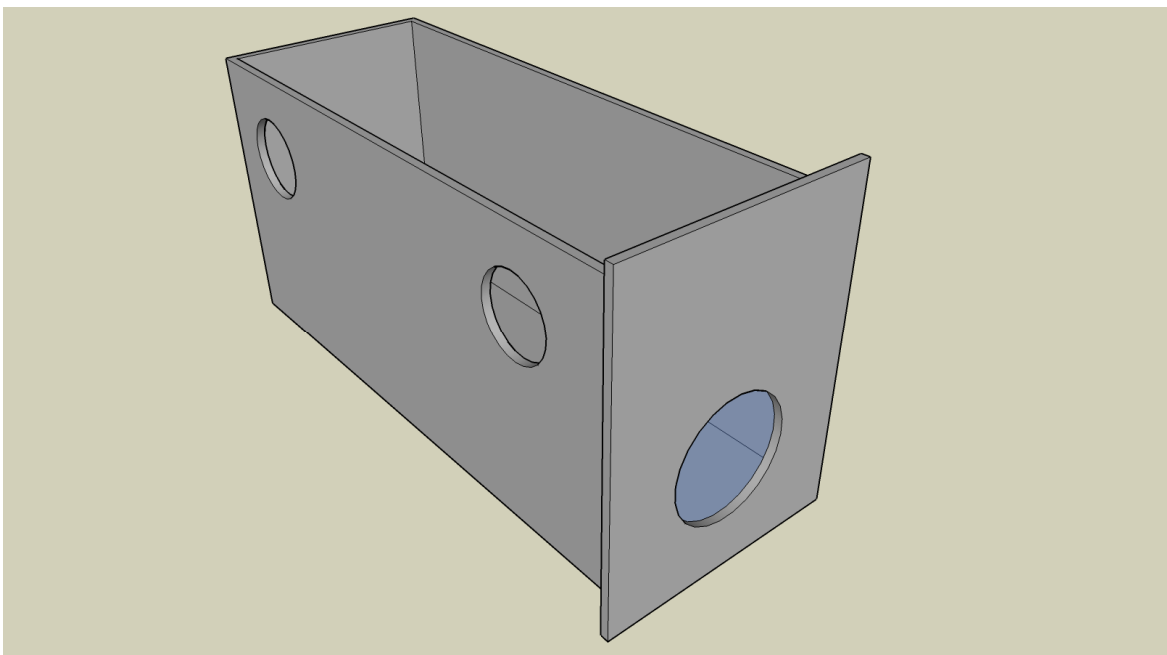
### 3.3 Řízení vlhkosti

Zvyšování vlhkosti vzduchu uvnitř odchovny je zajištěno odpařující se vodou, která je umístěná ve výsuvném zásobníku. Ohřátý vzduch je nasáván do prostoru zásobníku pomocí větráčku a druhým otvorem se vrací zpět. Změnou průtoku vzduchu přes větráček se mění i jeho vlhkost.





Obr. 9. Otvory pro regulaci vlhkosti



Obr. 10. Zásobník na vodu.

### 3.4 Reálná podoba navržené odchovny



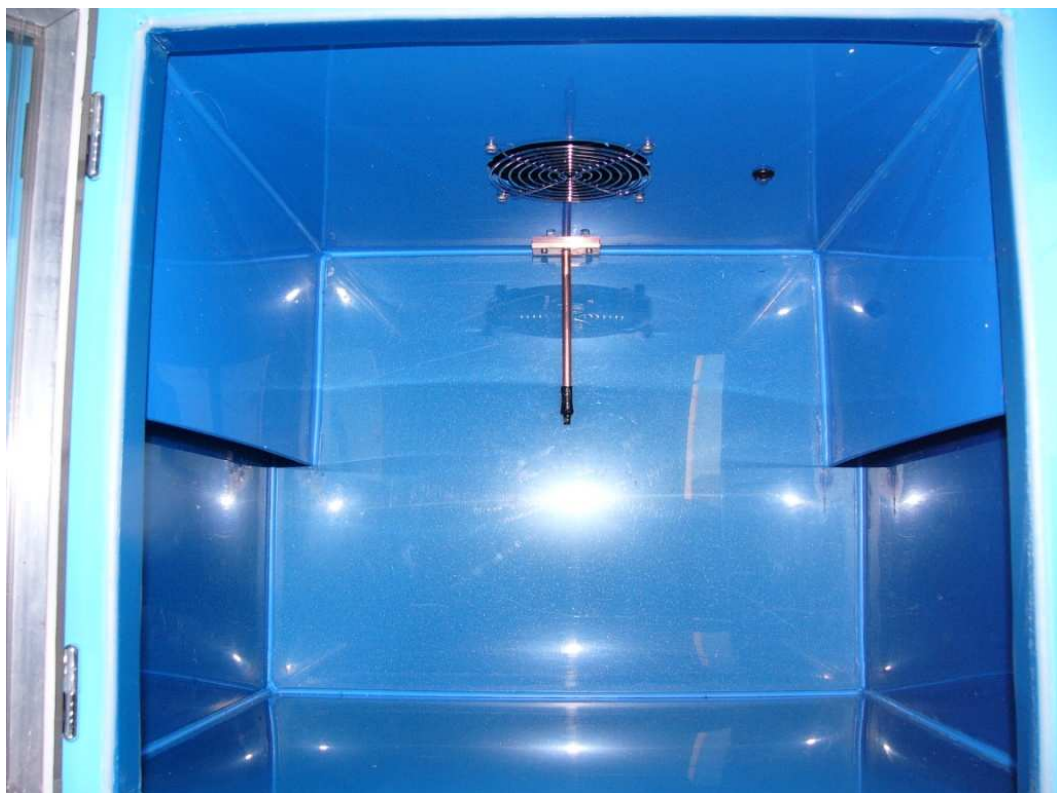
Obr. 11. Odchovny – pohled 1.



Obr. 12. Odchovna – pohled 2.



Obr. 13. Umístění topného tělesa

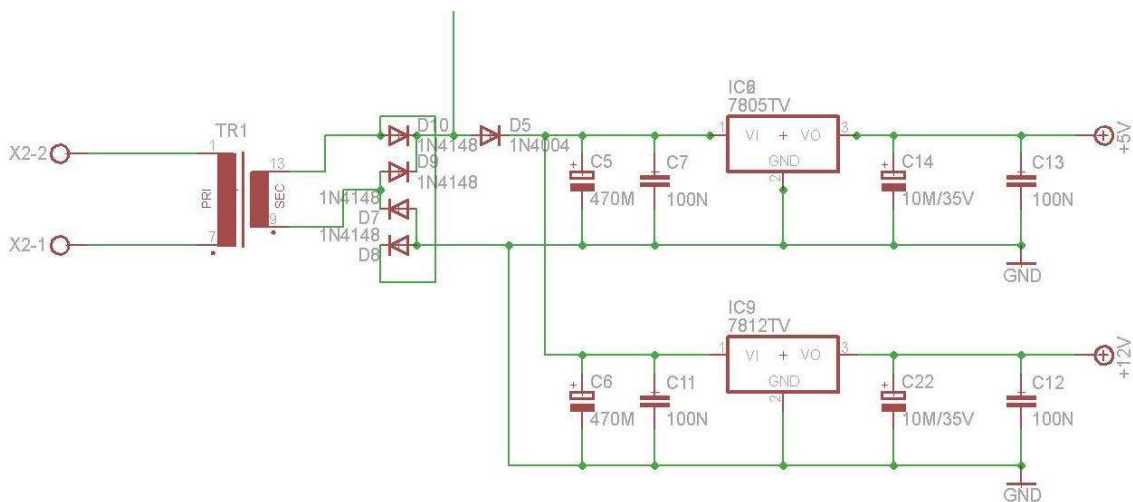


Obr. 14. Umístění senzoru teploty a vlhkosti

## 4 NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ZAPOJENÍ

### 4.1 Napájecí zdroj

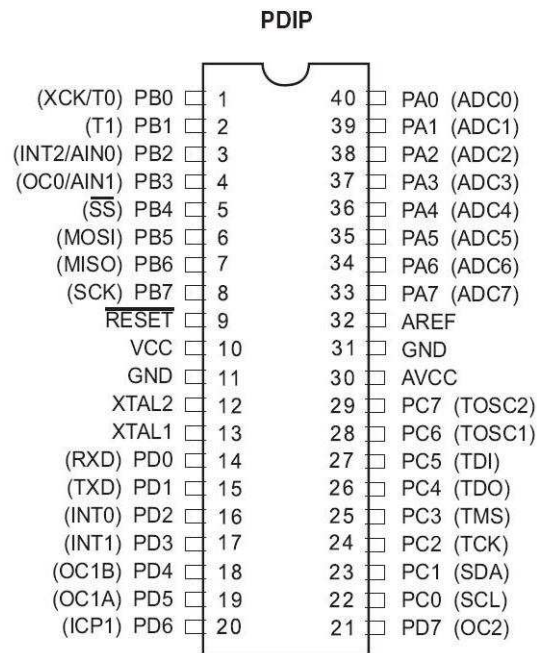
Je složen s transformátorem 230V/1x15V/35VA, který dodává dostatečný výkon pro řízení celé elektroniky kromě topného tělesa. Za transformátorem následuje diodový můstek a dva regulátory napětí. První regulátor L7805 dodává stabilní stejnosměrné napětí 5V a je použit pro napájení celé elektroniky. Regulátor L7812 dodává stejnosměrné napětí 12V, které se využívá pro napájení obou ventilátorů.



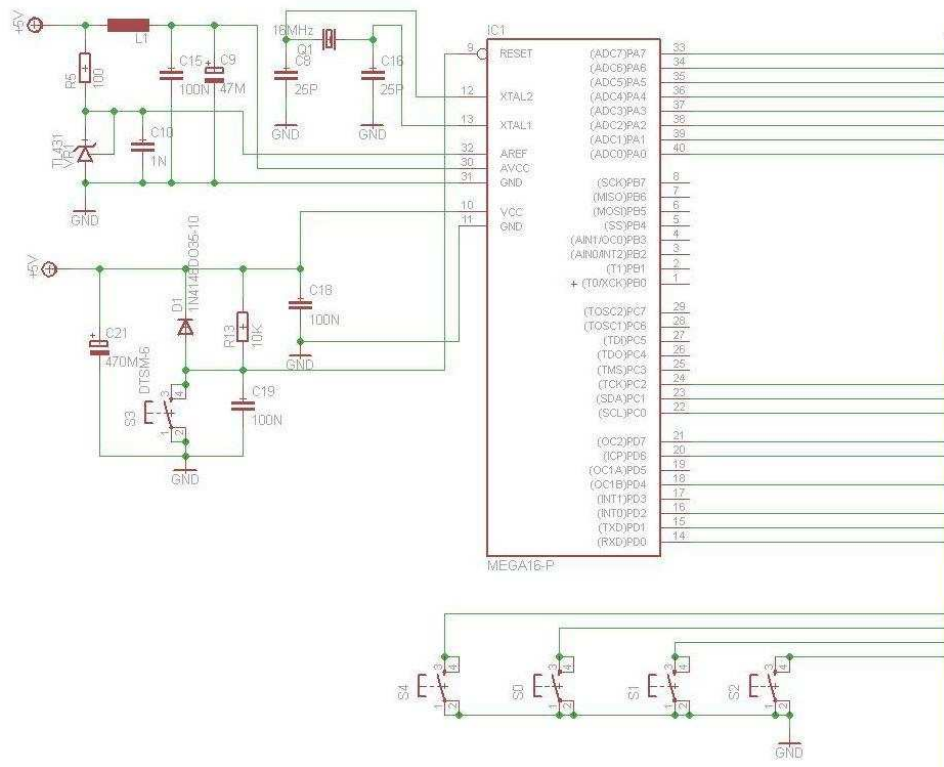
Obr. 15. Napájecí zdroj

### 4.2 Řídicí jednotka

Pro řízení celé elektroniky byl zvolen 8bitový mikrokontrolér ATmega16 značky Atmel (Obr. 16). Pracuje s hodinovým kmitočtem 16MHz. Obsahuje čtyři 8 bitové vstupně výstupní porty, 16KB paměť Flash pro uložení programu, datová paměť RAM má 1KB a EEPROM 512B, 4 PWM kanály a další periferie. V mikrokontroléru je uložen program, který ovládá celou elektroniku a komunikaci s PC. K mikrokontroléru jsou připojeny čtyři tlačítka pro ovládání menu. Pro správnou funkci mikrokontroléru, byl připojen krystal jako zdroj kmitočtu o hodnotě 16MHz a resetovací obvod. Napájení mikrokontroléru je 5V, které je použito i pro A/D převodník. Pomocí TL431 je pro něj získána napěťová reference 2,5V.

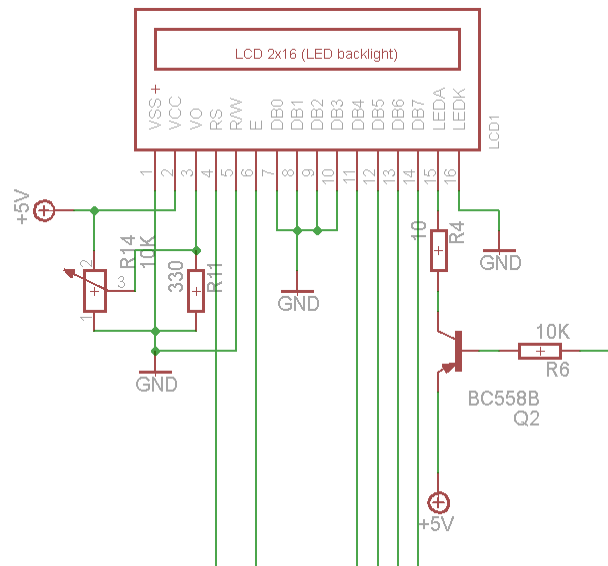


Obr. 16. Rozložení vývodů mikrokontroléru ATmega16 pro pouzdro DIP40



Obr. 17. Mikrokontrolér s čtyřmi tlačítky menu

### 4.3 LCD displej

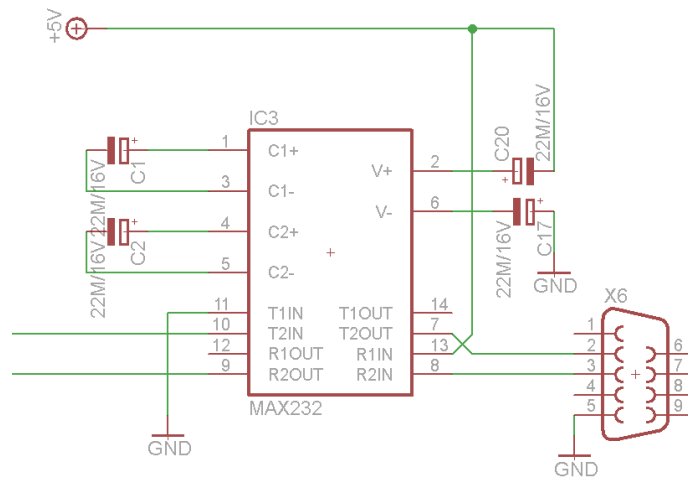


Obr. 18. Zapojení LCD displeje

Pro zobrazování dat je použit LCD displej s 2x16 znaky. Tento displej je řízen řadičem HD44780. Zápis dat je prováděn po 4 nebo 8 datových linkách. Aby bylo možné připojit LCD pouze k jednomu portu mikrokontroléru je použita 4 bitová komunikace. Zbývající 4 linky jsou použity pro řídicí signály. Protože čtení dat z displeje nebude použito, tak bylo připojeno na GND. Pin RS nám řídí výběr přenosu dat nebo příkazu přijatého na 4 bitové komunikaci. Pin E povoluje vstup dat na 4 bitovou datovou linku. Pomocí trimru R14 a rezistoru R11 řídíme jas displeje. Rezistorem R4, R6 a tranzistorem BD558 zapínáme podsvícení displeje. Na displeji zobrazujeme nastavené žádané a aktuální hodnoty teploty a vlhkosti. Pokud se aktivují ovládací tlačítka, zobrazí se menu.

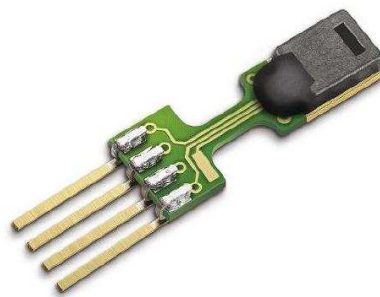
### 4.4 Sériová linka

Pro komunikaci s PC byl použit obvod MAX232, který převádí signály TTL na standart RS-232 C. Díky tomu se může připojit jednotka USART pomocí sériového portu COM k PC.



Obr. 19. Obvod pro komunikaci po sériové lince

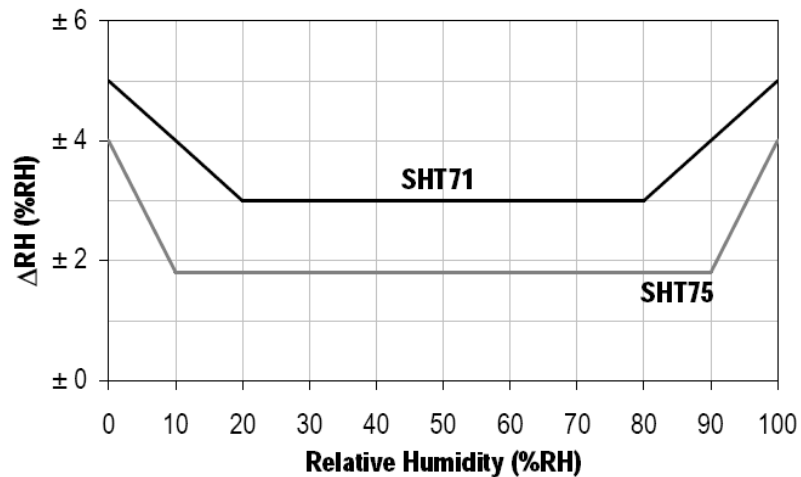
## 4.5 Senzory



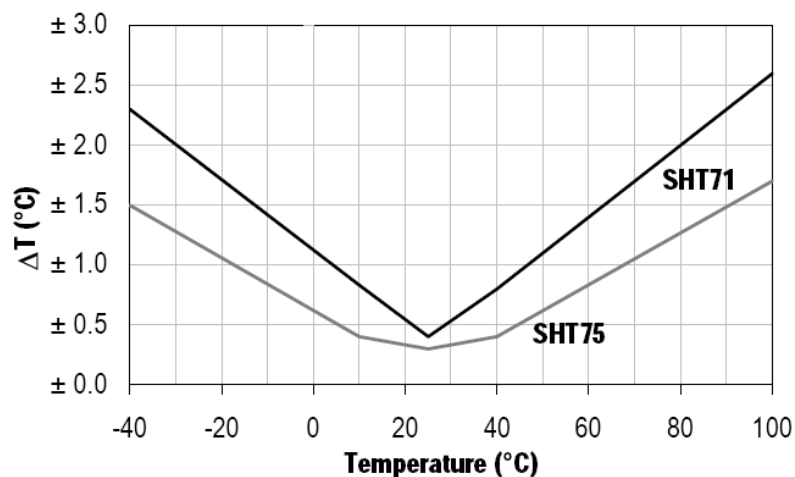
Obr. 20. Senzor SHT75

Důležitou součástí inkubační líně jsou senzory teploty a vlhkosti. Měli by splňovat přesnost alespoň  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  pro teplotu a  $\pm 3\%$  pro vlhkost. Pro měření teploty postačila PT100. Problém nastal s hledáním senzoru pro měření vlhkosti o vyšší přesnosti. Nakonec byl použit senzor SHT75 značky SENSIRION, který měří jak teplotu, tak i vlhkost s lepší jak námi požadovanou přesností. Pro námi používaný rozsah teplot  $0\text{--}40^{\circ}\text{C}$ , má senzor přesnost  $\pm 1,8\%$  relativní vlhkosti a  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  teploty, jak je vidět na obrázku (Obr. 21) a (Obr. 22).





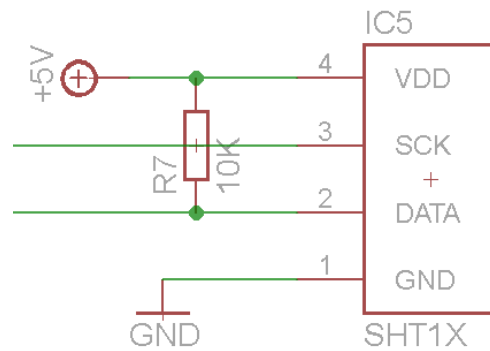
Obr. 21. Graf zobrazující přesnost měření relativní vlhkosti senzoru



Obr. 22. Graf zobrazující přesnost měření teploty senzoru

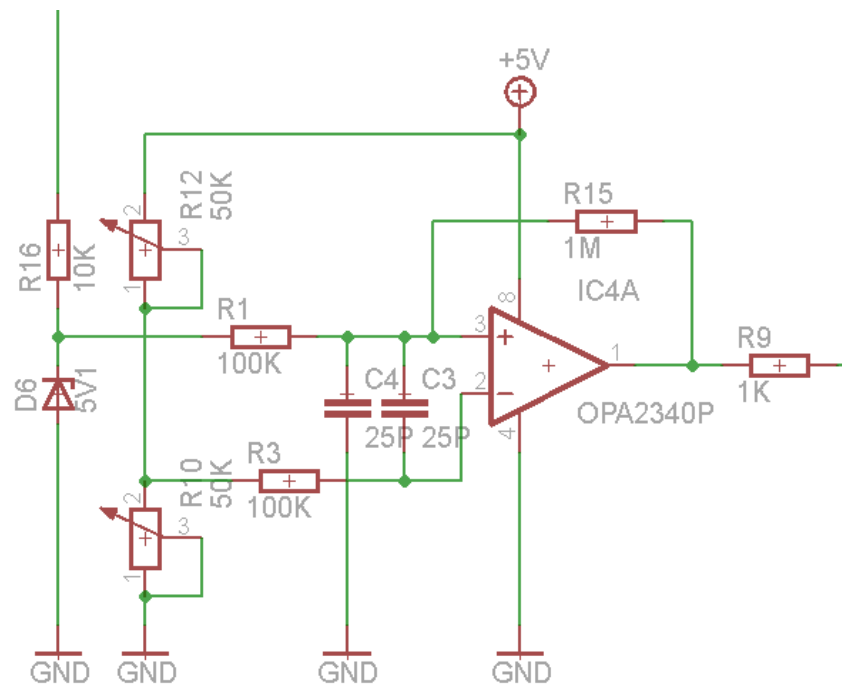
Tento senzor obsahuje vlastní mikrokontrolér a komunikace s ním probíhá pomocí dvou drátové komunikace s vlastním přenosovým protokolem. Díky tomu, že má svůj vlastní mikrokontrolér je senzor kalibrován již z výroby. Napájení senzoru je 2,4-5,5V. Mezi napájením a datovou linkou by měl být zapojen pull-up rezistor o hodnotě 10KΩ. Ukázka zapojení je na obrázku (Obr. 23).





Obr. 23. Připojení senzoru SHT75

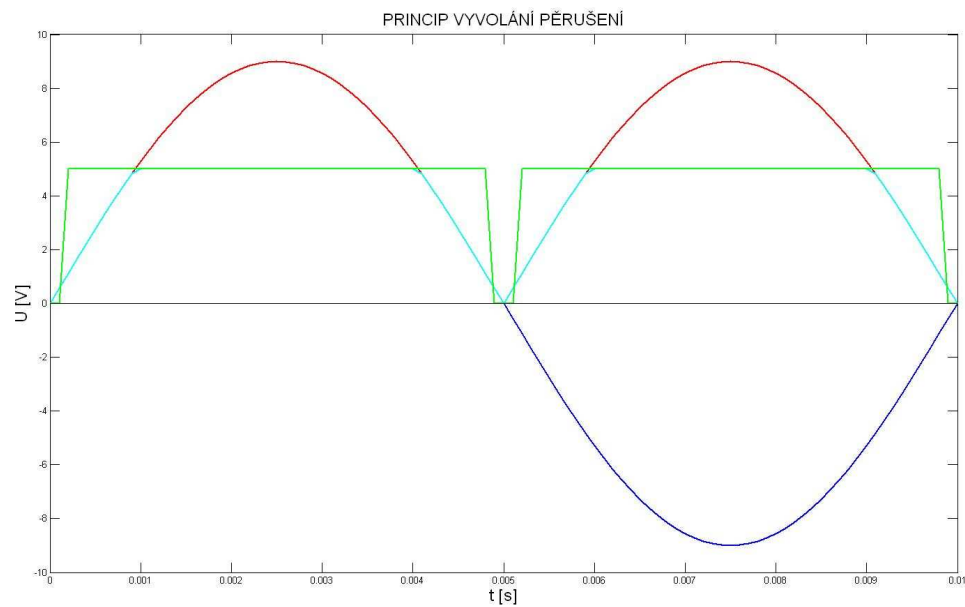
#### 4.6 Obvod generující přerušení



Obr. 24. Obvod generující přerušení

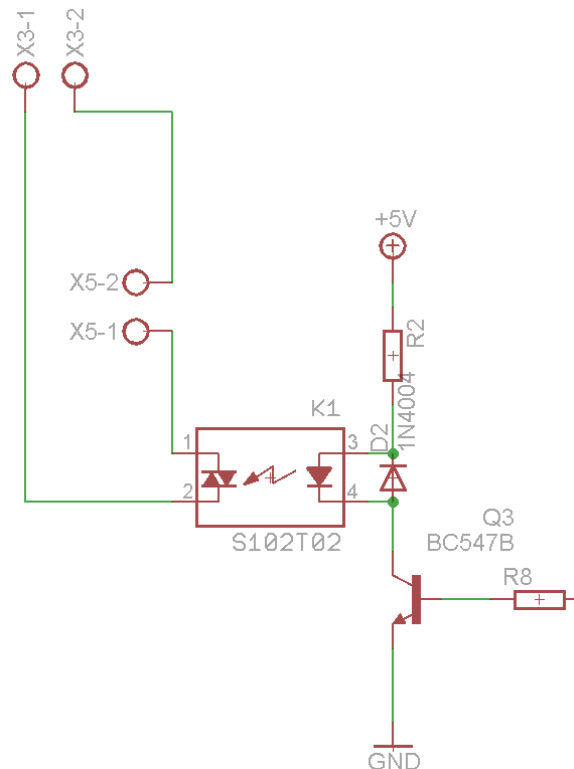
Tento obvod slouží pro vyvolání přerušení v mikrokontroléru, který toto přerušení využije k řízení výkonu topného tělesa. Na odpor R16 je přivedeno napětí z napájecího zdroje za diodovým můstkem. Toto napětí je sníženo na 5,1V pomocí Zenerovy diody a přivedeno na komparátor. Na druhý vstup komparátoru je přivedeno napětí z odporového děliče. Toto napětí je pomocí trimrů R10 a R12 nastaveno na 1V. Pokud se napětí z diody

rovná napětí na odporovém děliči, překlopí se výstup komparátoru. Tím nám vzniká obdélníkový signál. Rezistor R15 způsobuje hysterezi kolem bodu překlopení a tím zabrání komparátoru náhodné překlápění výstupu při zákmitech sledovaného napětí. Na obrázku (Obr. 25) je znázorněn celý princip generování přerušení.



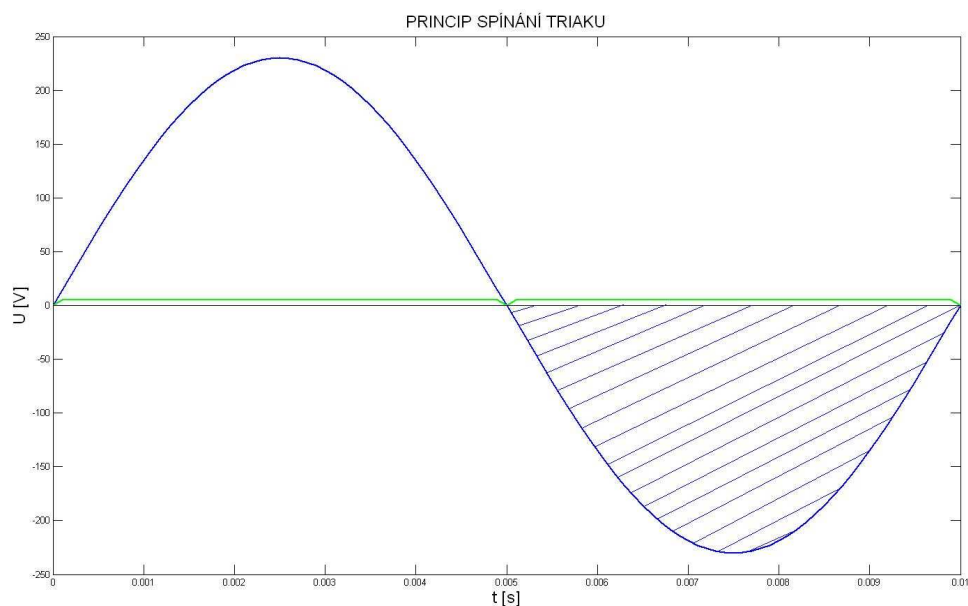
Obr. 25. Graf průběhu napětí při generování přerušení

## 4.7 Obvod spínání topného tělesa



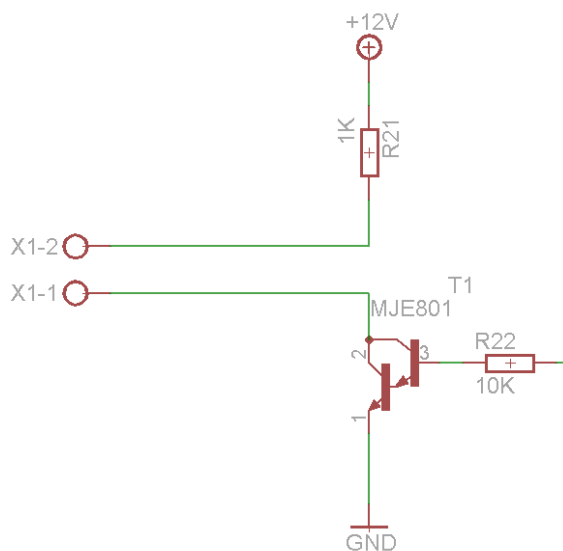
Obr. 26. Obvod pro spínání topného tělesa

Topné těleso je spínáno pomocí optotriaku a tím galvanicky odděleno od sítě. Aby se omezilo elektromagnetické rušení při spínání triaku je použit princip spínání triaku v 0V. Použitý optotriak má implementovaný zero-crossing obvod, který dovolí sepnutí triaku pouze při průchodu nulou. Triak se vypne při dalším průchodu 0V pokud není přivedeno napětí na vstupy 3 a 4. Mikroprocesor je nastaven na přerušení od náběžné hrany. Za pomoci výstupního signálu z předchozího obvodu nám mikroprocesor zpracovává při každém přerušení, jestli má být triak zapnutý nebo ne. Jelikož má vstupní signál do obvodu generujícího přerušení 100Hz, jsme schopni regulovat každou půlperiodu napájecího napětí topného tělesa zvlášť. Na obrázku (Obr. 27) je znázorněno sepnutí jedné půlperiody tak, že při první náběžné hraně se v rutině přerušení zapne triak a při další vypne.



Obr. 27 Graf průběhu napájecího napětí topného tělesa při spínání triaku

#### 4.8 Obvod spínání ventilátoru vlhkosti



Obr. 28. Obvod pro spínání ventilátoru vlhkosti

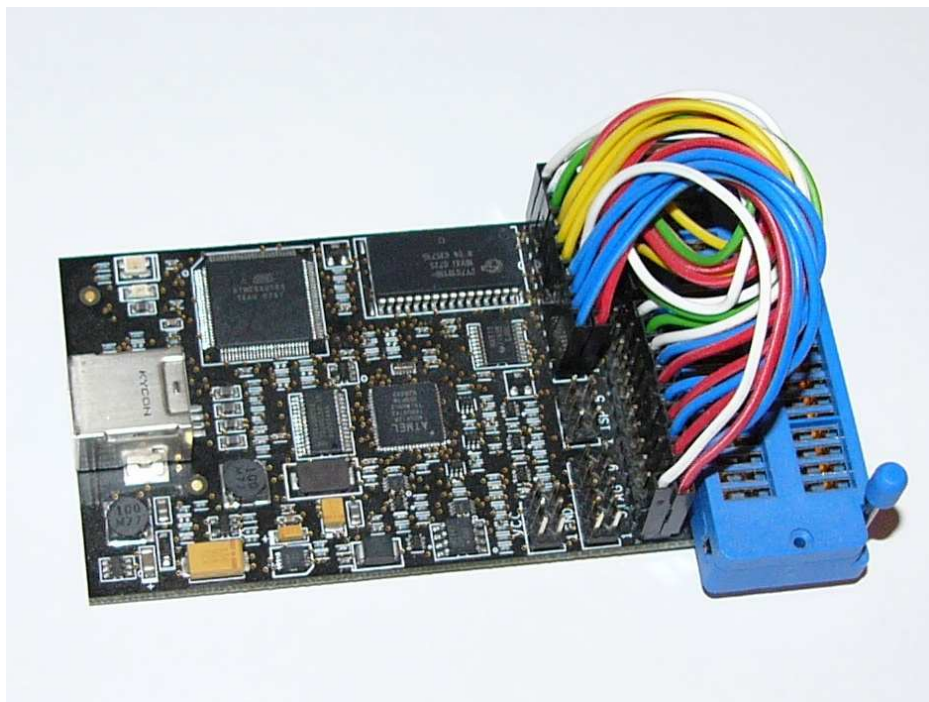
Ventilátor řídící průtok vzduchu přes zásobník s vodou a je napojen na obvod na obrázku (Obr. 28) Změna průtoku vzduchu je realizována pomocí PWM modulace

v mikrokontroléru a výstupní signál je přiveden na odpor R22, který spíná Darlingtonův tranzistor. Ventilátor je připojen na svorky X1.

## 5 POPIS SOFTWAREVÉHO VYBAVENÍ MIKROKONTROLÉRU

### 5.1 Princip programu v mikrokontroléru

Pro ovládání všech periférií mikrokontroléru je zapotřebí napsání správného programu, který bude plnit předem požadované funkce. Zdrojový kód je napsán v jazyce C za pomoci programového prostředí AVR studia a WinAVR. Program do mikrokontroléru je nahrán pomocí vývojového a ladicího kitu AVR DRAGON přes rozhraní JTAG.



Obr. 29. Vývojový kit AVR DRAGON

Celý program je rozdělen do několika knihoven. Hlavním programem začíná definicí a deklarací proměnných, nastavení funkcí vstupně výstupních portů a načítáním uložených dat z EEPROM. Inicializují se jednotlivé periférie od položek menu, uart komunikace, senzoru, LCD displeje až po časovače. Poté je povoleno přerušení a program vstupuje do nekonečné smyčky, ve které se obsluhují jednotlivé periférie.

Běh programu v hlavní smyčce je řízen pomocí časovače TIMER2, který vyvolává přerušení 0,001s. Toto přerušení se využívá ke kontrole hodnoty pinů, na nichž jsou připojeny tlačítka pro menu a také pro zvolenou periodu běhu programu v hlavní smyčce.

Hodnota tohoto přerušení je vynásobena tisíckrát a tím získáme periodu rovnu 1s. První funkce volaná v hlavní smyčce je reset komunikace SHT senzoru. Poté proběhne měření teploty, vlhkosti a následuje přepočítání dat do reálných hodnot. Další část kódu obsahuje dva PI regulátory, kterými je řízena vlhkost a teplota vzduchu. Návrh těchto regulátorů bude popsán níže. Vypočtený akční zásah PI regulátoru pro vlhkost je uložen do registru OCR0, který nám řídí pulzní šířkovou modulaci. Jelikož je registr OCR0 o velikosti 1Byte je akční zásah v rozmezí 0 až 255. Akční zásah PI regulátoru pro teplotu je v rozmezí 0-100% a je zpracován v obsluze přerušení od vstupu z obvodu na obrázku (Obr. 24). Z této hodnoty se v tomto přerušení se zpracovává doba, jak dlouho má být nastaven pin obsluhující zapínání triaku. Každý regulátor má svou vlastní periodu vzorkování, která se počítá z počtu průběhů hlavní smyčky. Oba regulátory mají zavedenou saturaci.

Komunikace po UART je také uložena v hlavní smyčce a kontroluje, jestli byl přijat datový rámec. Pokud ano, tak je proveden kontrolní součet. Jestli kontrolní součet nesouhlasí, odešle se datový rámec o chybě. Pokud souhlasí, jsou přijatá data zpracována a pomocí podmínek je provedena odpověď. Princip a tvary datových rámců budou popsány níže.

Poslední částí programu je posílání dat na displej. Pokud nebyly zmáčknuty tlačítka pro menu, tak se každou sekundu přepisují data na displeji. Jsou zde zobrazeny žádané i naměřené hodnoty teploty a vlhkosti. Při vstupu do menu, jsou na výběr tři položky a to: nastavení žádané teploty, nastavení žádané vlhkosti a položka zpět. Přepínání mezi položkami je umožněno horizontálními tlačítky. Pomocí vertikálních tlačítek se nastavují žádané hodnoty nebo se potvrzuje položka zpět.

## 5.2 Princip skládání a tvarů datových rámců

Všechny datové rámce se skládají z ASCII znaků, jsou zakončeny terminátorem „\r\n“ a kontrolním součtem. Každé číslo je převedeno na tvar ve formátu IEEE 754 do 4bytové podoby a poté v hexadecimálním tvaru převedeno postupně nybble po nybble na znaky ASCII. Pro komunikaci s PC slouží následující datové rámce.

### 5.2.1 Datový rámec pro nastavení akčního zásahu

uX	Data	CRC
----	------	-----

Tab. 2: Datový rámec pro změnu akčního zásahu

Datový rámec začíná znaky 'uX', kde X představuje znak T pro teplotu a H pro vlhkost. Následuje hodnota 0-100 nebo 0-255 představující akční zásah. Tato hodnota je pouze celé číslo, proto se nepřevádí do formátu IEEE 754. Datový rámec je zakončen kontrolním součtem a je možné ho použít k identifikaci odchovny.

### 5.2.2 Datový rámec pro příjem dat

D	Data	CRC
---	------	-----

Tab. 3: Datový rámec pro zasílání dat z mikrokontroléru do PC

Znak ‚D‘ říká mikrokontroléru, že má odeslat data. Požadované druhy dat pro příjem jsou posílány v jednom bytu do mikrokontroléru ve formátu v Tab. 4. Mikrokontrolér přijme byte a podle nahozených bitů odešle požadované data zpět do PC.

eH(k)	eT(k)	wH(k)	wT(k)	uH(k)	uT(k)	yH(k)	yT(k)
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tab. 4: Formát zasílaného bytu

## 5.3 Program pro komunikaci

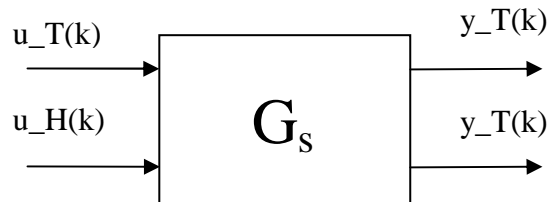
V prostředí MATLAB byl napsán jednoduchý program pro komunikaci s odchovnou. Je uložen ve formátu M-file. Obsahuje konfiguraci parametrů sériového portu COM1 s přenosovou rychlostí 9600Bd, 1 stop bitem, 8 datovými bity, bez parity a zakončení



datového rámce terminátorem `,\r\n'`. U objektu sériové linky je nastavena obsluha událostí jako funkce vyvolaná při obdržení terminátoru v Rxbufferu. Tato funkce čte data s RxBufferu a kontroluje crc součet. Pokud součet souhlasí, převede data z IEEE754 do float a uloží je do pole. Jestli crc nesouhlasí nebo jestli byl obdržen error, pak pošle poslední žádost na data znovu. Po přijetí všech požadovaných dat jsou data vykreslena pomocí funkce Plot. Pro posílání dat je nadefinován objekt Timer s funkcí pro obsluhu událostí. Tato funkce je zavolána pokaždé, když je časovač roven zadané periodě a posílá zadaný datový rámec do mikrokontroléru. Perioda časovače se volí větší jak 1s protože hlavní smyčka mikrokontroléru má periodu rovnu 1s. Díky tomuto programu jsme schopni jednoduše přijímat data z odchovny.

## 6 IDENTIFIKACE A PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ ODCHOVNY

### 6.1 Identifikace odchovny

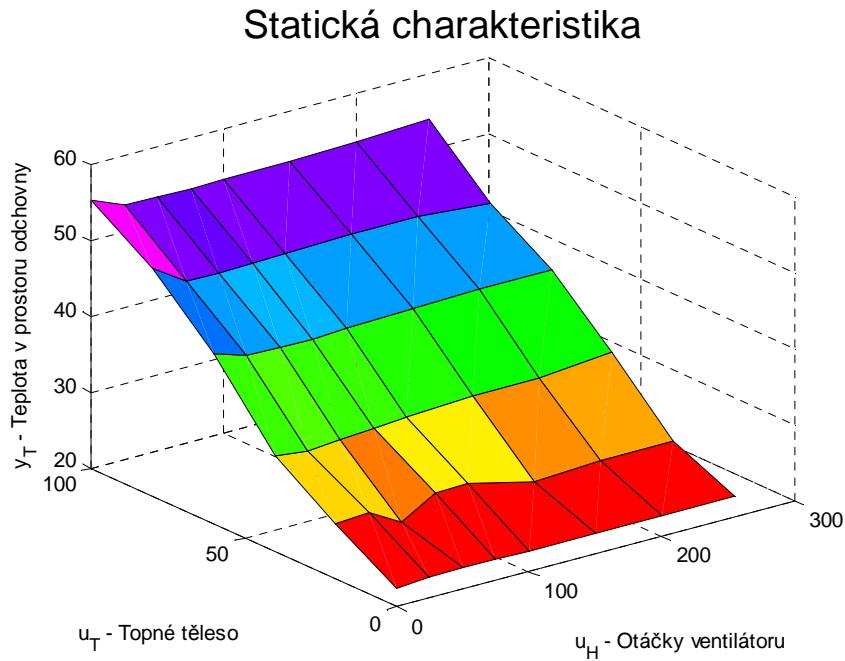


Obr. 30. Blokové schéma dvourozměrného systému odchovny

Systém odchovny je tvořen dvěma vstupy akčních zásahů. Pro změnu teploty to je  $u_T(k)$  a pro změnu vlhkosti  $u_H(k)$ . Výstupní měřitelné veličiny systému jsou teplota  $y_T(k)$  a vlhkost  $y_H(k)$  uvnitř odchovny. Identifikace proběhla za pokojových podmínek pro každou měřenou veličinu.

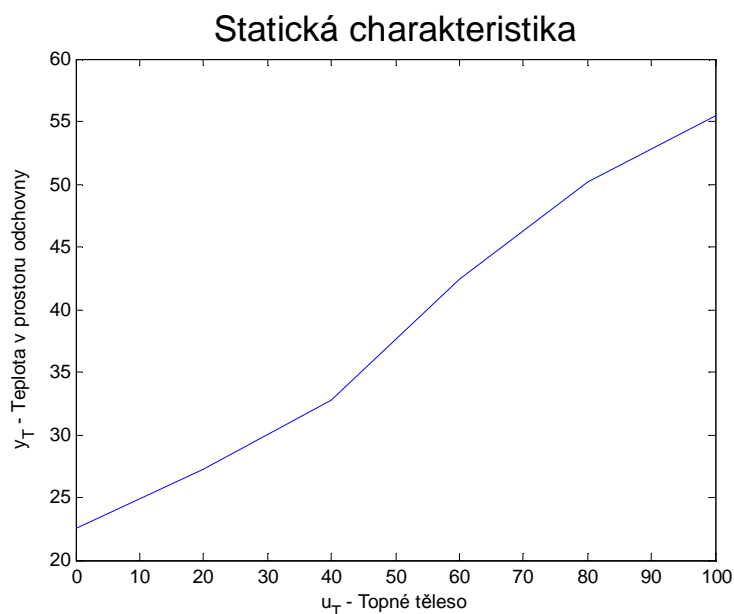
Změna teploty se uskutečňuje pomocí spínání triaku v nule. Její akční zásah je v intervalu 0-100 po kroku 1. Změna vlhkosti se uskutečňuje pomocí změny otáček ventilátoru s využitím pulzní šířkové modulace s akčním zásahem v intervalu 0-255 po kroku 1. Při identifikaci celé soustavy byly naměřeny statické charakteristiky, které nám udávají, jakých hodnot dosáhne soustava po ustálení přechodového jevu v závislosti na vstupním signálu. Základní dynamické vlastnosti systému jsou určeny z přechodových charakteristik, což jsou odezvy systému na skokovou změnu akční veličiny. Tyto charakteristiky nám určují rychlost a tvar průběhu dané veličiny uvnitř odchovny.

Na obrázku (Obr. 31) je vidět závislost teploty v prostoru odchovny na změně akčního zásahu topného tělesa při změně otáček ventilátoru vlhkosti.



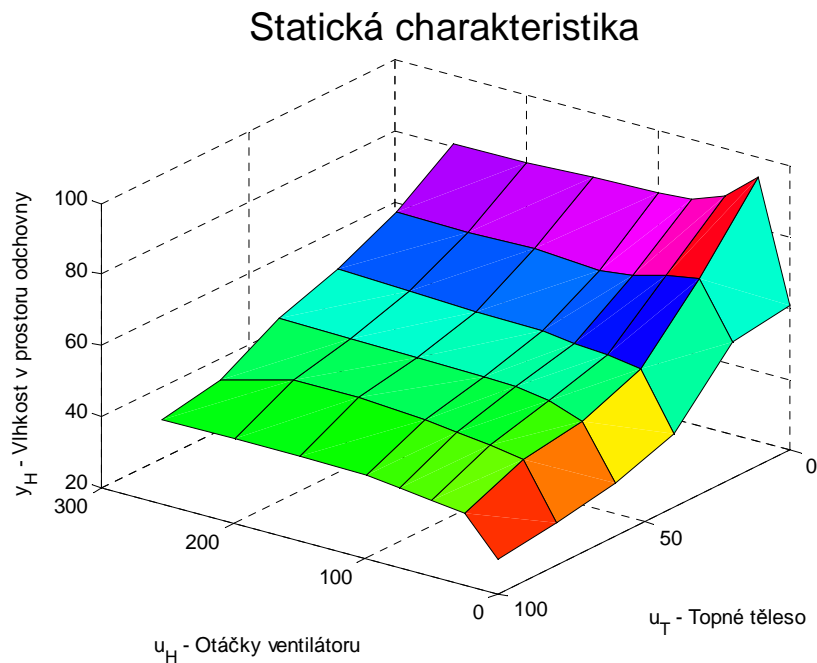
Obr. 31. Závislost teploty v prostoru líně na akčním zásahu topného tělesa a akčním zásahu otáček ventilátoru.

Pro akční zásah otáček ventilátoru rovný nule, byla vykreslena statická charakteristika pro teplotu v odchovně. Z grafu (Obr. 32) je vidět, že je statická charakteristika téměř lineární, proto pro identifikaci z přechodové charakteristiky byl zvolen skok akčního zásahu topného tělesa ze 40 na 60%.

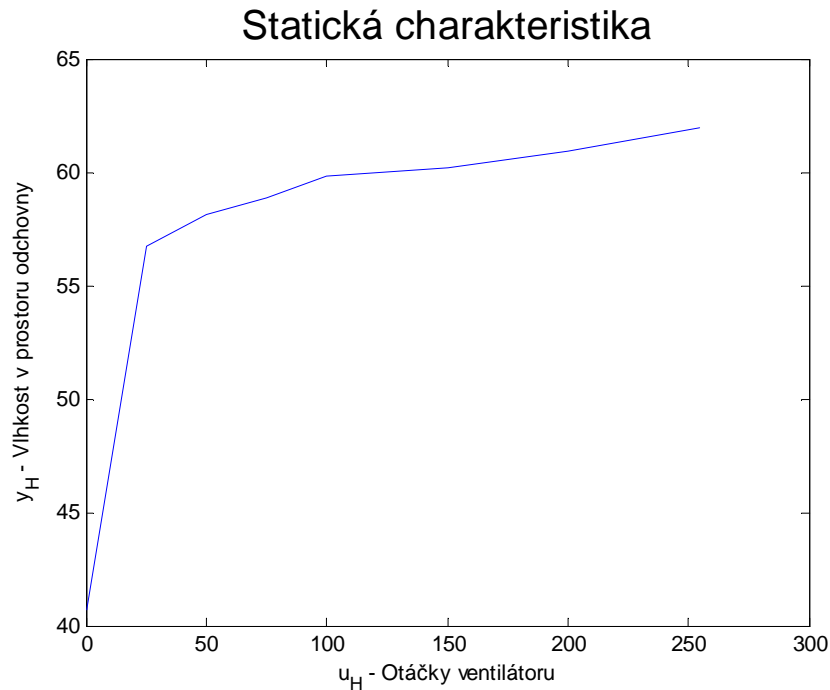


Obr. 32. Statická charakteristika teploty ve vnitřním prostoru odchovny při nulovém akčním zásahu ventilátoru.

Statická charakteristika změny vlhkosti ve vnitřním prostoru odchovny je zobrazena na obrázku (Obr. 33) na němž je vidět jak akční zásah topného tělesa ovlivňoval vlhkost. Z naměřených přechodových charakteristik byla vykreslena prostorová statická charakteristika závislosti vlhkosti v prostoru líně na akčním zásahu ventilátoru a akčním zásahu topného tělesa. Na obrázku (Obr. 34) je zobrazena jedna statická charakteristika vlhkosti při ustálené teplotě o akčním zásahu topného tělesa 40%. Jak je patrné tak statická charakteristika vlhkosti je značně nelineární. Pro identifikaci z přechodové charakteristiky byla zvolena skoková změna z 0 na 25 při akčním zásahu topného těles na 20%.

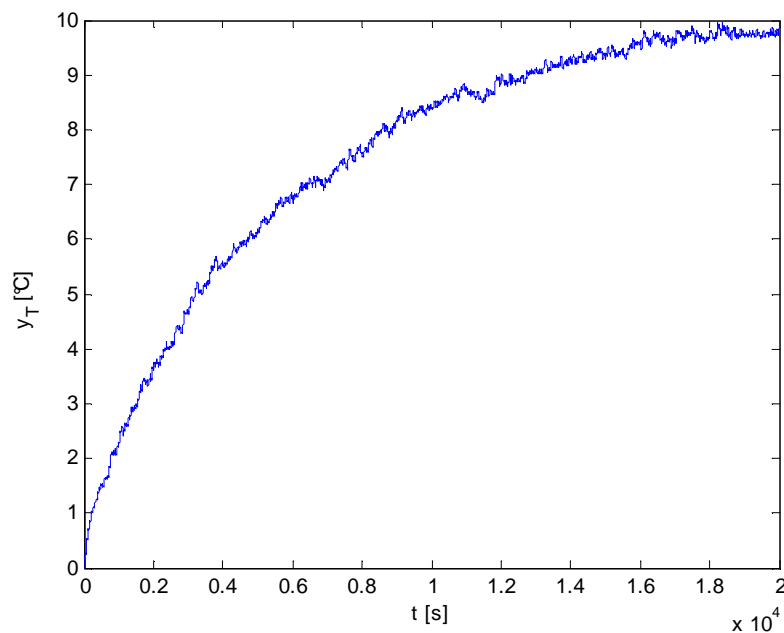


Obr. 33. Závislost vlhkosti v prostoru líně na akčním zásahu ventilátoru a akčním zásahu topného tělesa.

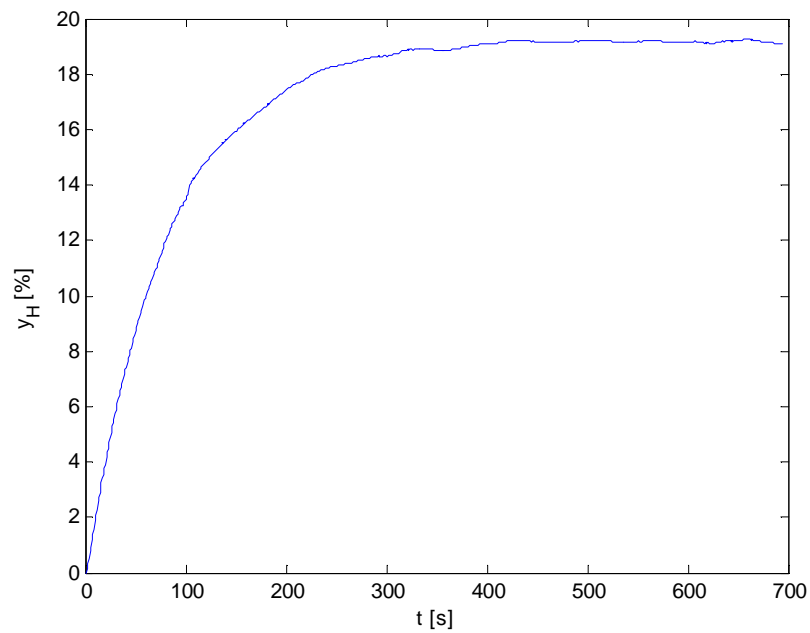


Obr. 34. Statická charakteristika vlhkosti ve vnitřním prostoru odchovny při 40% akčním topného tělesa.

Naměřené přechodové charakteristiky teploty i vlhkosti byly vzorkovány po intervalech 1s a posunuty do počátku souřadnicového systému jak je vidět na obrázcích (Obr. 35) a (Obr. 36). Celkový čas pro naměření u obou charakteristik byl 20000s a 700s.



Obr. 35. Přechodová charakteristika teploty

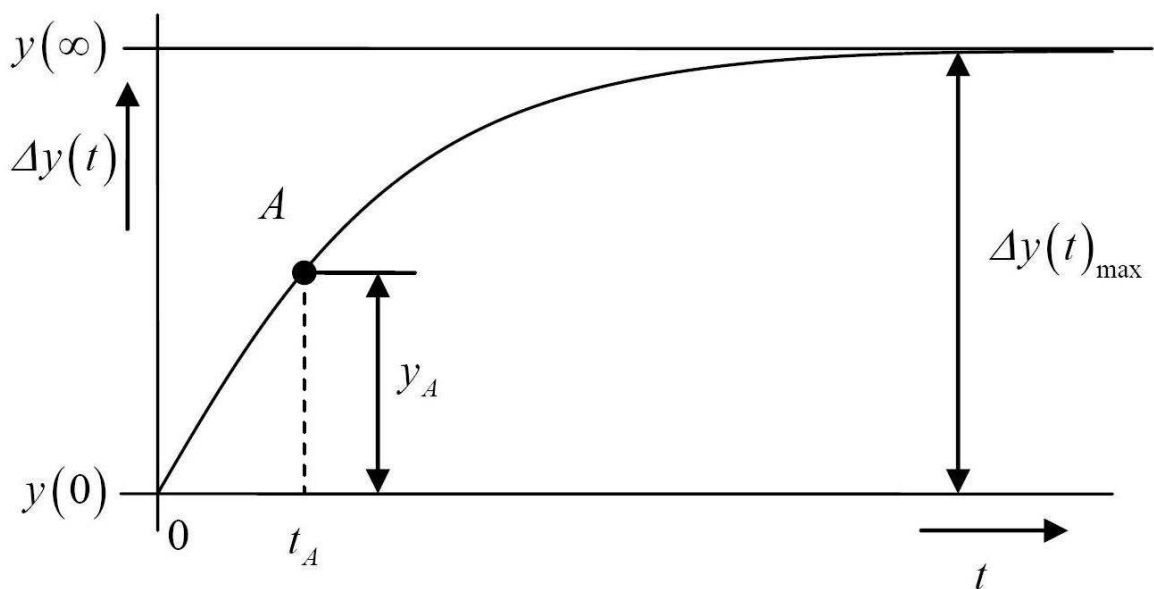


Obr. 36. Přejchodová charakteristika vlhkosti

U obou přechodových charakteristik je patrné, že se jedná o soustavu prvního řádu bez dopravního zpoždění. Přenos obou soustav má tvar:

$$G(s) = \frac{K}{Ts + 1} \quad (1)$$

Na naměřené přechodové charakteristice si zvolíme bod A a odečteme hodnoty  $t_A$  a  $y_A$  jak je vidět na obrázku (Obr. 37).



Obr. 37. Přejchodová charakteristika soustavy prvního řádu

Zesílení soustavy  $K$  určíme pomocí vzorce (2) a časovou konstantu  $T$  pomocí vzorce (3)

$$K = \frac{y(\infty) - y(0)}{u(\infty) - u(0)} \quad (2)$$

$$T = -\frac{t_A}{\ln\left(1 - \frac{y_A}{\Delta y(t)_{\max}}\right)} \quad (3)$$

Pro přechodovou charakteristiku teploty byly určeny hodnoty  $t_A=4000s$ ,  $y_A=5,55^\circ C$  a  $\Delta y(t)_{\max}=9,75^\circ C$ , z nichž byla určena časová konstanta  $T=4750s$ . Zesílení soustavy je  $K=0,4875$ .

Pro přechodovou charakteristiku vlhkosti byly určeny hodnoty  $t_A=60$ ,  $y_A=9,9177\%$  a  $\Delta y(t)_{\max}=19.0773\%$ , z nichž byla určena časová konstanta  $T=81.78$ . Zesílení soustavy je  $K=0,7631$ .

Obě vypočtené hodnoty z obou charakteristik, byly použity jako počáteční hodnoty pro funkci `FMINSEARCH` z prostředí `MATLAB`, která hledala nejmenší plochu mezi naměřenou a identifikovanou odezvou systému. Výsledkem této funkce jsou přenosy v následujícím tvaru.

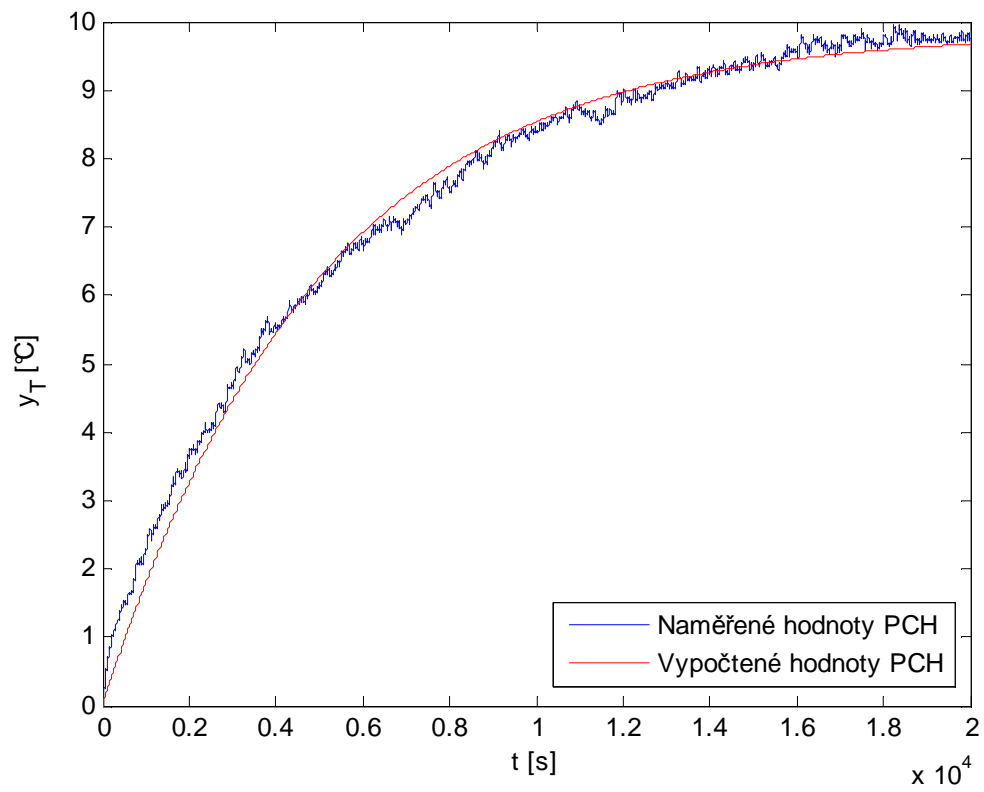
Pro teplotu:

$$G_T(s) = \frac{0,4923}{4963s + 1} \quad (4)$$

Pro vlhkost:

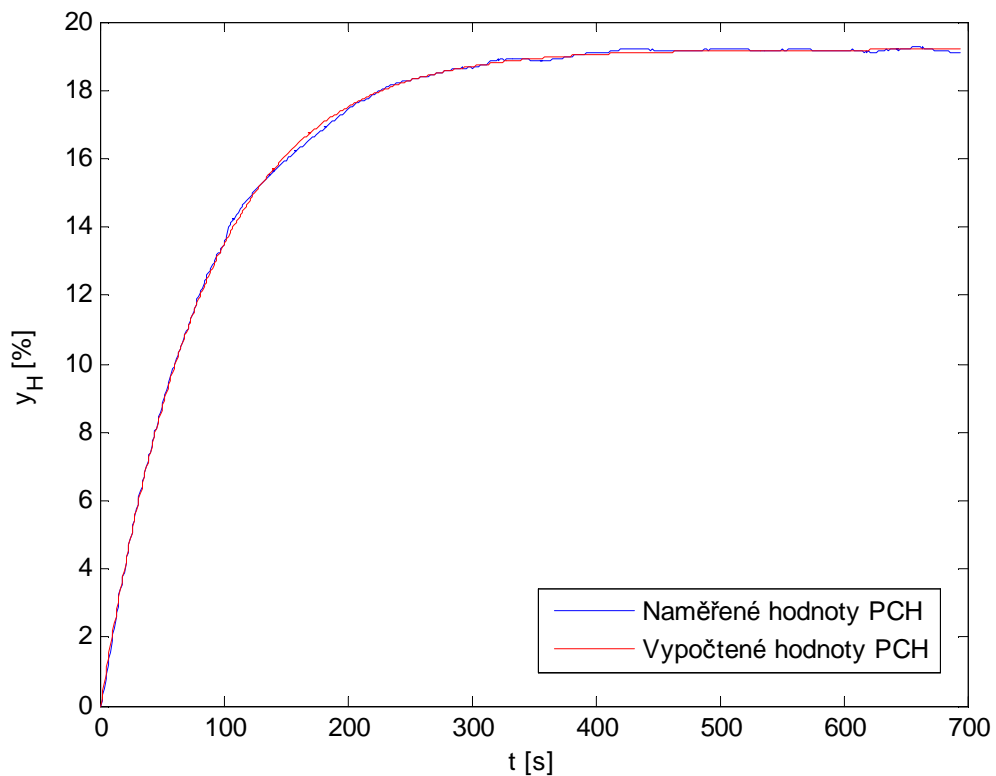
$$G_H(s) = \frac{0,7677}{81.86s + 1} \quad (5)$$

Průběhy naměřených a identifikovaných soustav jsou na obrázcích (Obr. 38) a (Obr. 39).



Obr. 38. Srovnání naměřené a vypočtené přechodové charakteristiky teploty

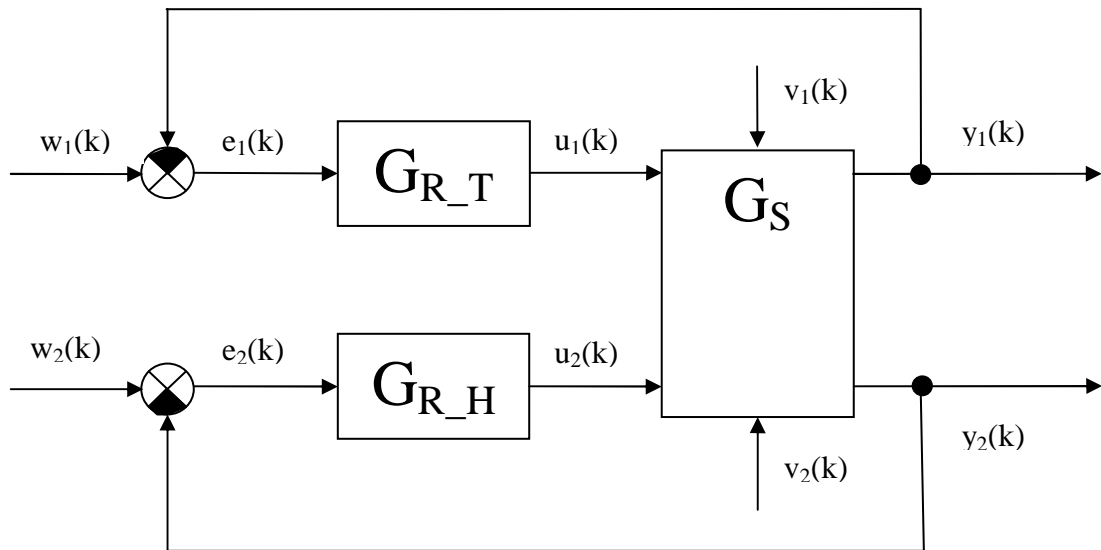




Obr. 39. Srovnání naměřené a vypočtené přechodové charakteristiky vlhkosti

## 6.2 Návrh regulátorů a simulace průběhu regulace

Pro tento dvourozměrný systém byly navrženy dva samostatné diskrétní regulátory a ovlivňování a regulovaných veličin bylo zanedbáno. Pro každý přenos byl navržen regulátor pomocí metody požadovaného modelu (inverze dynamiky). Tato metoda umožňuje snadné a rychlé nastavení standardních typů regulátorů jak číslicových tak analogových pro systémy s dopravním zpožděním i bez něj. Blokové schéma regulované soustavy je na obrázku (Obr. 40).



Obr. 40. Blokové schéma regulačního obvodu

Pro přenos prvního řádu s nulovým dopravním zpožděním odpovídá podle [17] typ PS regulátoru a pro výpočet parametrů  $k_p$  a  $T_I$  jsou použity vzorce:

$$T_I = \frac{c_1}{1-c_1} T \quad (6)$$

$$k_p = \frac{1-c_w}{kT} T_I \quad (7)$$

$$c_1 = e^{\frac{T}{T_I}} \quad (8)$$

$$c_w = e^{\frac{T}{T_w}} \quad (9)$$

$$T_w \geq \frac{T}{0,286} \quad (10)$$

Periody vzorkování byly zvoleny následující. Pro regulátor vlhkosti je  $T=5s$  a pro regulátor teploty je  $T=50s$ . Poté byly vypočteny proporcionální zesílení regulátorů  $k_p$  a časové integrační konstanty  $T_I$ , jejichž hodnoty jsou následující. Pro regulátor vlhkosti je  $k_p=5,1442$  a  $T_I=79,3854$ . Pro regulátor teploty je  $k_p=49,8995$  a  $T_I=4938$ . Vypočtené konstanty byly použity pro rovnici číslicového polohového regulátoru se zpětnou obdélníkovou metodou náhrady integrálu v následující rovnici.

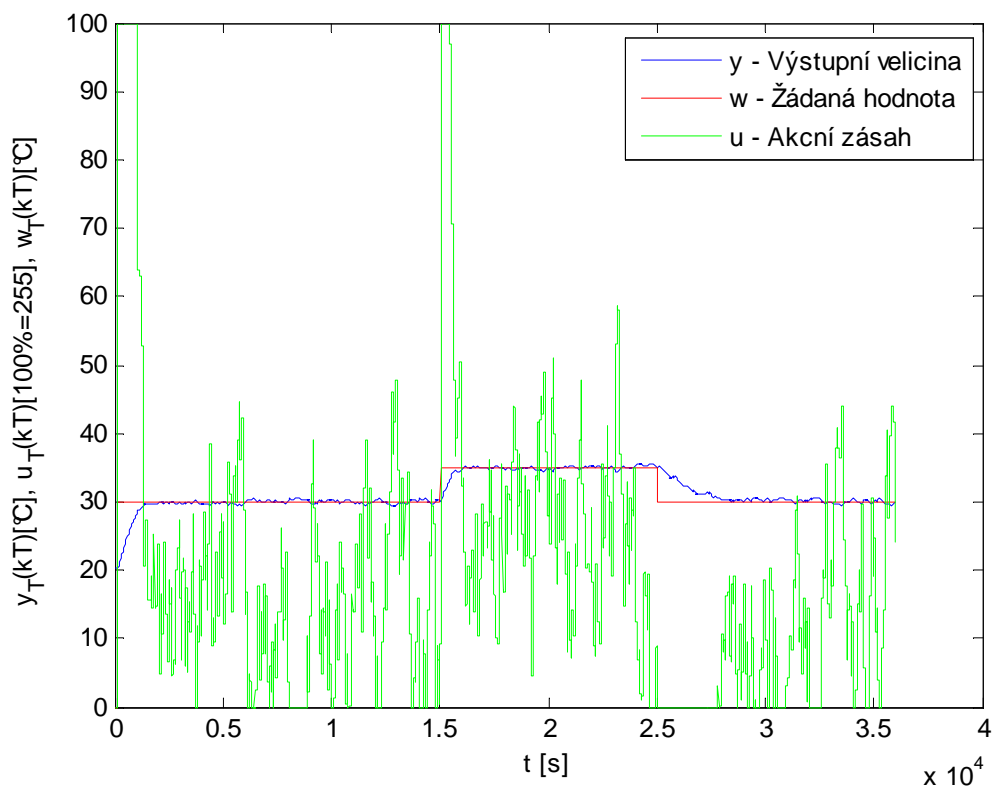
$$u(kT) = k_p e(kT) + \frac{k_p}{T_I} T \sum_{i=1}^k e(iT) \quad (11)$$

Jak již bylo napsáno výše, akční zásahy jsou čísla 0-100 pro teplotu po kroku 1 a 0-255 pro pulzní šířkovou modulaci otáček ventilátoru také po kroku 1. Vypočítané akční zásahy byly zaokrouhleny na celá čísla. Byla zde použita saturace s anti windup efektem, u které se při splnění podmínek nezapočítává aktuální odchylka  $e(kT)$  do sumačního členu. Podmínky pro polohové algoritmy regulátoru, kdy se sumace zastaví zavedením nulové regulační odchylky (balátě).

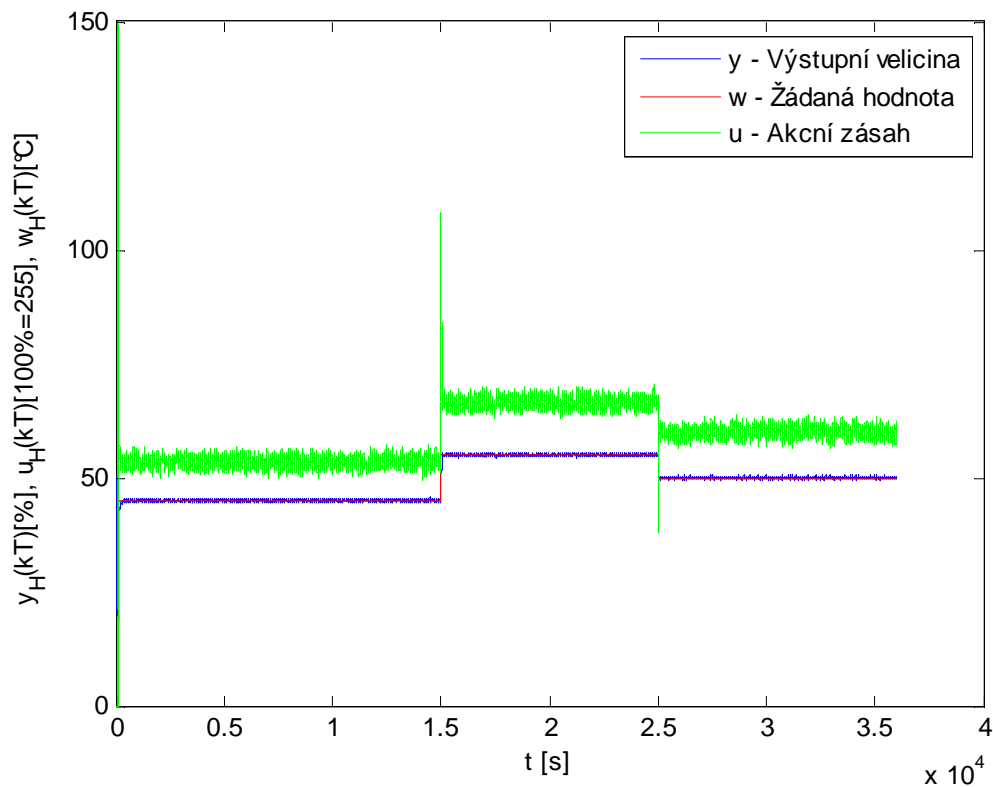
$u(kT) > u_{\max}$  při  $e(kT) > 0$  pak zavést  $e(kT) = 0$

$u(kT) < u_{\min}$  při  $e(kT) < 0$  pak zavést  $e(kT) = 0$

Pro oba regulátory byly provedeny simulace průběhu regulace. Byl zde uvažován i šum vznikající při měření veličin. Průběh simulace regulace teploty je znázorněna na obrázku (Obr. 41) a vlhkosti na obrázku (Obr. 42)



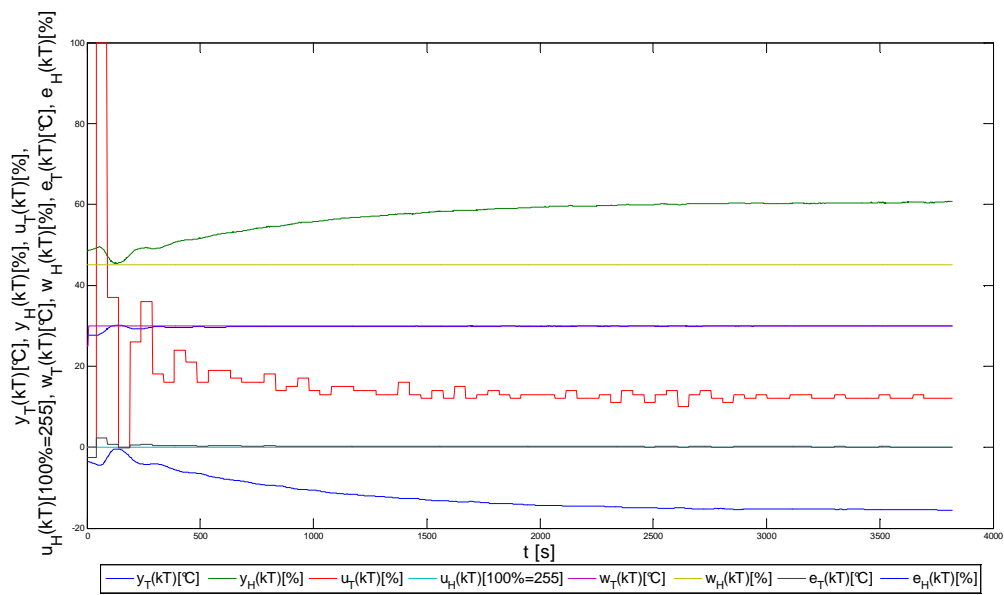
Obr. 41. Simulace průběhu regulace teploty.



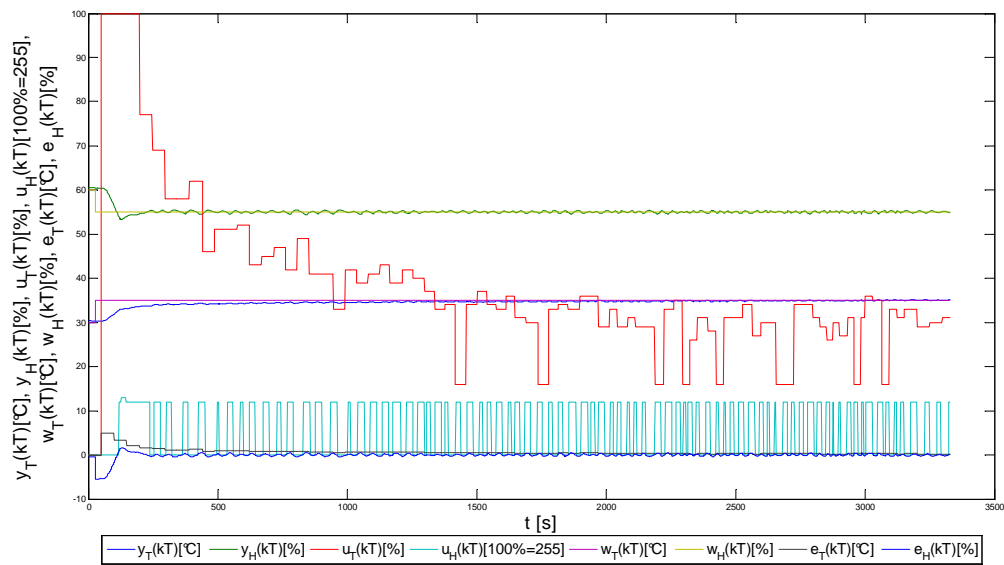
Obr. 42. Simulace průběhu regulace vlhkosti.

### 6.3 Ověření regulace v praxi

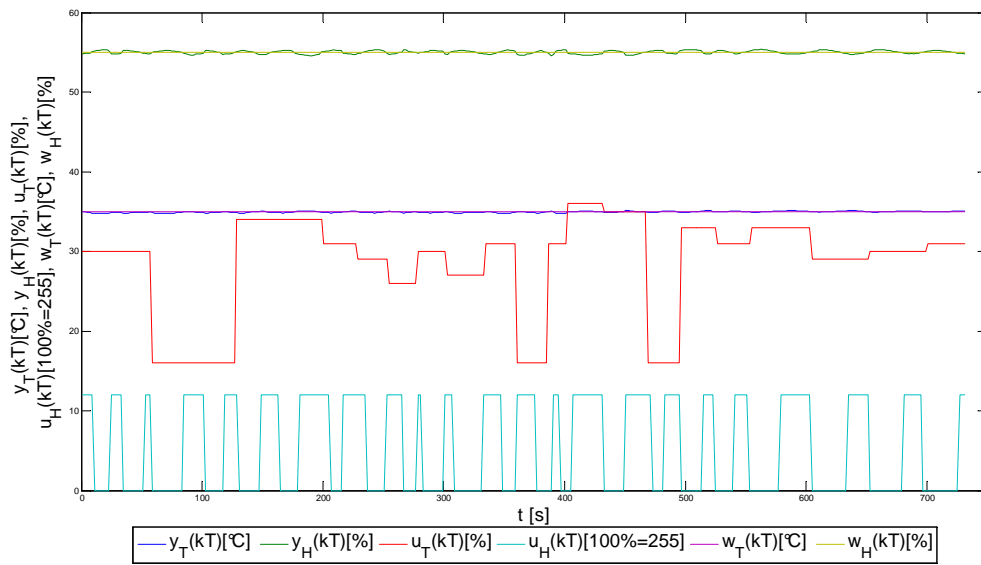
Ověření regulace probíhalo za pokojových podmínek. Měřené veličiny byly snímány s periodou  $T=2\text{s}$ . Nejprve byla provedena skoková změna teploty z  $25^\circ\text{C}$  na  $30^\circ\text{C}$  při vlhkosti 45% jak je vidět na obrázku (Obr. 43). Poté z ustálených hodnot následovalo druhé měření se skokovou změnou vlhkosti z 60% na 55% a teploty z  $30$  na  $35^\circ\text{C}$  (Obr. 44). Poslední měření proběhlo pro skokovou změnu teploty z  $35^\circ\text{C}$  na  $36,5^\circ\text{C}$  při žádané hodnotě vlhkosti 55% (Obr. 46). Detaily ustálených hodnot měření jsou na obrázcích (Obr. 45) a (Obr. 47).



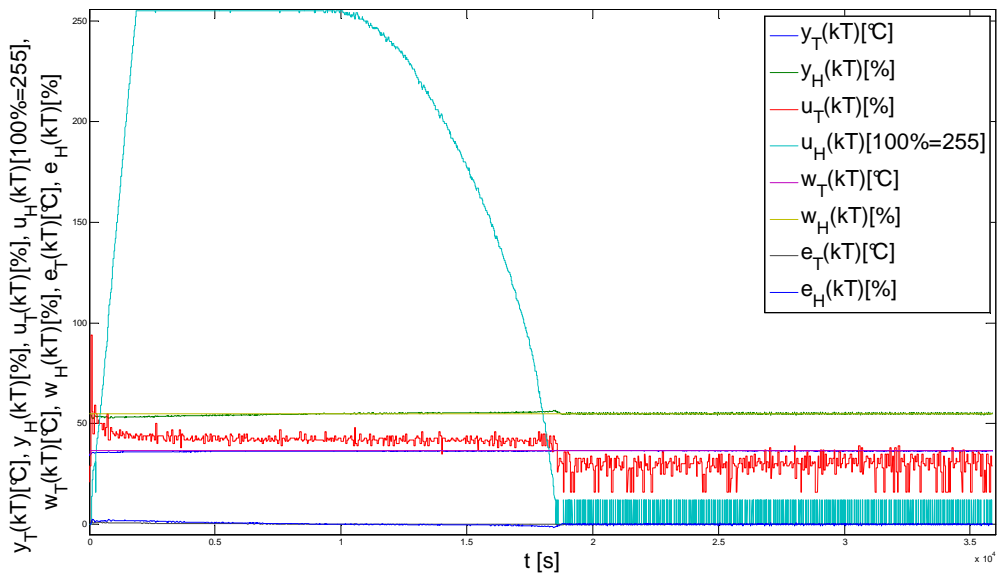
Obr. 43. Průběh regulace při žádané vlhkosti 45% a skokové změně teploty z 25°C na 30°C.



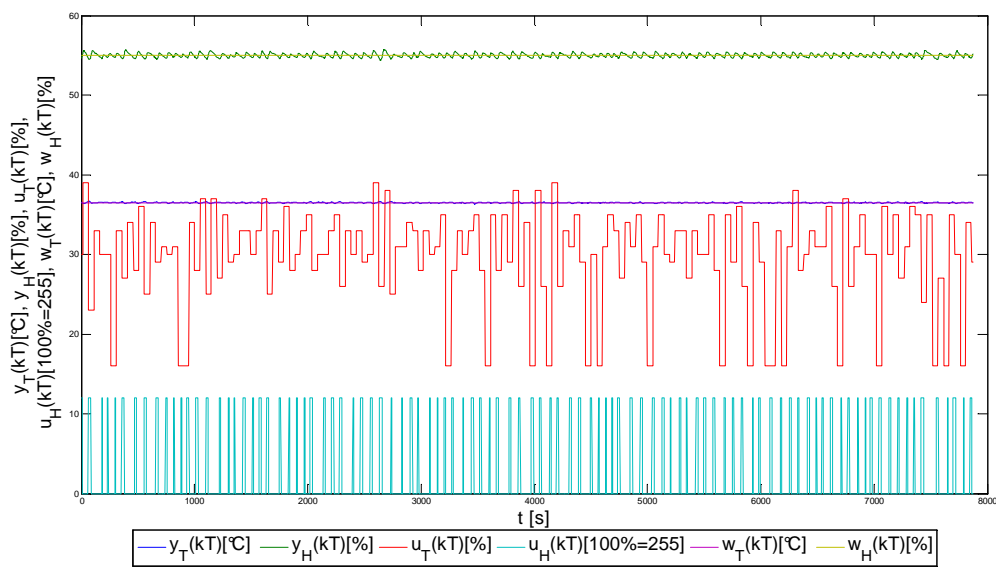
Obr. 44. Průběh regulace při skokové změně vlhkosti z 60% na 55% a skokové změně teploty z 30°C na 35°C.



Obr. 45. Detail ustáleného stavu průběhu regulace při skokové změně vlhkosti z 60% na 55% a skokové změně teploty z 30°C na 35°C.



Obr. 46. Průběh regulace při ustálené hodnotě vlhkosti na 55% a skokové změně teploty z 35°C na 36,5°C.



Obr. 47. Detail ustáleného stavu průběhu regulace při ustálené hodnotě vlhkosti na 55% a skokové změně teploty z 35°C na 36,5°C.

## ZÁVĚR

Náplní této práce bylo navrhnout přenosnou inkubační líheň umožňující kvalitní splnění podmínek pro vývoj papoušků. Byla navržena odchovna z polyethylenových desek. Pro zmenšení tepelné ztráty přes její stěny, byl vytvořen dvojitý plášť z PE desek. Vnitřní prostor mezi těmito deskami byl vyplněn tvrzeným polystyrenem. Zvlhčování vzduchu bylo realizováno odpařováním vody, která je umístěna ve výsuvném zásobníku. Řízením průtoku vzduchu přes tento zásobník měníme i jeho vlhkost. Řízení teploty je realizováno pomocí topného tělesa Rollmax o výkonu 125W, které nám ohřívá vzduch proudící kolem něj. V prostoru pro mláďata je udržována stejná teplota díky nucené cirkulaci vzduchu pomocí ventilátoru.

Celou elektroniku řídí 8 bitový mikrokontrolér Atmel ATmega16 s frekvencí 16MHz. Topné těleso je řízeno spínáním triaku v nule pomocí mikrokontroléru. Pomocí obvodu generujícího přerušování o frekvenci 100Hz je mikrokontrolér schopný řídit spínání triaku 0-100% po 1%. Otáčky ventilátoru řídící průtok vzduchu přes zásobník s vodou jsou řízeny pomocí PWM modulace. Pro snímání teploty a vlhkosti byl použit senzor SHT75 firmy sensirion s přesností  $\pm 1,8\%$  relativní vlhkosti a  $\pm 0,3^\circ\text{C}$  teploty. Na předním panelu je umístěn LCD displej, který zobrazuje nastavenou a naměřenou teplotu a vlhkost. Jsou zde také tlačítka pro ovládání menu. Pomocí obvodu MAX232 je možné připojit odchovnu k PC.

V inkubační líhni je obsažen software umožňující obsluhu všech využitých periférií a dva PI regulátory pro řízení teploty a relativní vlhkosti.

Odchovna byla identifikována z pomoci jednoduchého programu vytvořeného v prostředí Matlab. Data byla měřena s periodou 1s. Poté byly s naměřených dat vykresleny statické charakteristiky, které nám udávají, jakých hodnot dosáhne soustava při různých akčních zásazích. Pro určení přenosů soustavy, byla provedena identifikace z přechodových charakteristik. Pro každý přenos byla zvolena perioda vzorkování a navrhnout PI regulátor. Oba regulátory byly odsimulovány a ověřeny na reálné soustavě. Jelikož se ventilátoru při akčním zásahu 0-12 nebyl schopen otáčet. Byla zavedena saturace od 12 do 255, kde 255 je 100%. Proto ustálená vlhkost kolísá v rozmezí  $\pm 0,5\%$  kolem žádané hodnoty. Teplota kolísá kolem žádané hodnoty v rozmezí  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  což může být způsobeno šumem při měření nebo změnou vlhkosti. Pokud není teplota v odchovně dostatečně velká na to aby snížila



vlhkost vzduchu, je jeho vlhkost víceméně závislá na vlhkosti vzduchu vstupujícího do odchovny. Tato závislost by mohla být odstraněna změnou přísunu čerstvého vzduchu do odchovny, avšak nastal by problém s dostatkem kyslíku pro vývoj mláďat. Lepší řešení v praxi často užívané je umístění odchovny do místnosti s klimatizací, která nám předpřipraví vzduch vstupující do lhně. Dosažené výsledky jsou pro odchov papoušků zcela dostatečné.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The main purpose of this study was to design a portable incubator brooder to allow good conditions for the evolution of parrots. A rearing of polyethylene plates was designed. To reduce heat loss through its walls a double coat of PE boards was created. The inner space between the plates was filled with hardened polystyrene. Humidification was realized by evaporating water, which is located in a withdrawable tray. By controlling the air flow through the stack we also change its moisture content. Temperature control is achieved by a heater Rollmax of the power 125W, which heats the air flow around it. In the area of youth the same temperature is maintained by forced air circulation by a fan. The entire supply is controlled by an 8-bit microcontroller Atmel ATmega16 with the frequency of 16Mhz. The heater is controlled by switching Triac zero by the microcontroller. Using the circuit generating the interruption frequency is 100Hz microcontroller capable of managing switching Triac 0-100% in 1%.

The fan speed controlling the air flow through the container with water is controlled by PWM modulation. For sensing temperature and humidity there was used a sensor SHT75 of Sensirion company with an accuracy of  $\pm 1.8\%$  RH and  $\pm 0.3$  ° C temperature. On the front panel there is positioned the LCD screen that displays the set and measured temperature and humidity. There are also buttons to control menu. Using the MAX232 circuit a rearing can be connected to a PC.

In the hatchery there are contained software that enables operating of all used peripheries and two PI controllers to control the temperature and relative humidity.

Rearing was identified with a simple program developed in Matlab. The data were measured with a period of 1s. Then static characteristics were plotted from the measured data, which indicate what values the system reaches by different action interventions. To determine the transmission system the identification of transient characteristics was implemented. For each transfer a period was chosen for sampling and a PI controller was designed. Both controllers were not dissimulated and were verified on a real system. As the fan in action intervention 0-12 was unable to rotate, saturation from 12 to 255 was introduced, where 255 is 100%. Therefore, steady humidity varies  $\pm 0.5\%$  around the set point. The temperature fluctuates around the set point within  $\pm 0.1$  ° C, which may be caused by a noise in measurements or humidity changes. If the temperature in a rearing

house is not high enough to reduce humidity, humidity is more or less dependent on humidity entering rearing houses.

This dependence could be eliminated by changing the supply of fresh air into the rearing houses, but there would be a problem with enough oxygen for the development of offspring. A better solution often used in practice is the location of rearing houses in a room with air conditioning, which pre-arranges air entering the hatchery. Achievements are quite sufficient for breeding parrots.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MIESLER, R. a B.: Průvodce umělým odchovem ptáků. Olomouc, Epava, 2005. ISBN 8086297306.
- [2] REINSCHMIDT, M.: Umělá inkubace a ruční odchov papoušků. České Budějovice, Dona, 2009. ISBN 978-80-7322-133-1.
- [3] WAGNER, K. R.: PAPOUŠCI- umělý odchov mládřat. České Budějovice, Dona, 2001. ISBN 80-86136-87-6.
- [4] BALÁTĚ ,J.: Automatické řízení. 1. vyd. Praha, BEN, 2003. ISBN 80-7300-020-2.
- [5] CHUDÝ, V., PALENČÁR, R.: Meranie technických veličin. STU Bratislava, Bratislava, 1999. ISBN 80-227-1275-2.
- [6] KLAUS, T.: Příručka pro elektrotechnika. Europa – Sobotáles, 2005. ISBN:80-86706-13-3.
- [7] VÁŇA, V.: Atmel AVR programování v jazyce C. Praha, Ben, 2003. ISBN 80-7300-102-0.
- [8] BURKHARD, M.: C pro mikrokontroléry. Praha, Ben, 2003. ISBN 80-7300-077-6.
- [9] HORST, J.: Informační a telekomunikační technika. Praha, BEN, 2004. ISBN 80-86706-08-7.
- [10] MATOUŠEK, D.: Práce s mikrokontroléry Atmel ATmega16 - 4. díl. Praha, BEN, 2006. ISBN 80-7300-174-8.
- [11] DOLEČEK, J.: Moderní učebnice elektroniky - 2.díl. Praha, BEN, 2007. ISBN 978-80-7300-161-2.
- [12] KADLEC, V.: Učíme se programovat v jazyce C. Brno, CP Books, 2005. ISBN 80-7226-715-9.
- [13] BIOSKA [online].[cit. 2010-5-15], Dostupný z WWW:<<http://www.bioska.cz/>>
- [14] GRUMBACH [online].[cit. 2010-5-15], Dostupný z WWW: <<http://www.grumbach-brutgeraete.de/english/>>

- [15] BRINSEA [online].[cit. 2010-5-15], Dostupný z WWW:  
<<http://www.brinsea.co.uk/index.php>>
- [16] D.M.P. Engineering [online].[cit. 2010-5-15], Dostupný z WWW:  
<<http://www.dmp-engineering.com/index.html>>
- [17] NAVRÁTIL, P., GERLICH, V.: Podpora seminářů předmětu-Teorie automatického řízení II. Zlín, UTB ve Zlíně, 2006.
- [18] VAŠEK, V.: Teorie automatického řízení II. Brno, VUT v Brně, 1990, ISBN 80-214-0115-X.
- [19] BOBÁL, V.: Identifikace systémů. Brno, VUT v Brně, 1990, , ISBN 80-214-0125-7.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PW Pulzní šířková modulace.

M

PI Proporcionálně integrační regulátor.

PE Polyethylen.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Odchovna Compact SA .....	18
Obr. 2 Odchovna TLC-4 Brooder .....	19
Obr. 3 Odchovna TLC-5 Brooder .....	19
Obr. 4 Odchovna LORY 10 .....	20
Obr. 5. Předpokládaná konstrukce odchovny .....	22
Obr. 6. Topné těleso Rollmax .....	23
Obr. 7. Umístění topného tělesa.....	23
Obr. 8. Boční průduchy pro cirkulaci vzduchu .....	24
Obr. 9. Otvory pro regulaci vlhkosti .....	25
Obr. 10. Zásobník na vodu.....	25
Obr. 11. Odchovny – pohled 1.....	26
Obr. 12. Odchovna – pohled 2.....	26
Obr. 13. Umístění topného tělesa.....	27
Obr. 14. Umístění senzoru teploty a vlhkosti .....	27
Obr. 15. Napájecí zdroj .....	28
Obr. 16. Rozložení vývodů mikrokontroléru ATmega16 pro pouzdro DIP40 .....	29
Obr. 17. Mikrokontrolér s čtyřmi tlačítky menu .....	29
Obr. 18. Zapojení LCD displeje.....	30
Obr. 19. Obvod pro komunikaci po sériové lince.....	31
Obr. 20. Senzor SHT75.....	31
Obr. 21. Graf zobrazující přesnost měření relativní vlhkosti senzoru .....	32
Obr. 22. Graf zobrazující přesnost měření teploty senzoru .....	32
Obr. 23. Připojení senzoru SHT75.....	33
Obr. 24. Obvod generující přerušení.....	33
Obr. 25. Graf průběhu napětí při generování přerušení .....	34
Obr. 26. Obvod pro spínání topného tělesa.....	35
Obr. 27 Graf průběhu napájecího napětí topného tělesa při spínání triaku.....	36
Obr. 28. Obvod pro spínání ventilátoru vlhkosti .....	36
Obr. 29. Vývojový kit AVR DRAGON.....	38
Obr. 30. Blokové schéma dvourozměrného systému odchovny .....	42

Obr. 31. Závislost teploty v prostoru líhně na akčním zásahu topného tělesa a akčním zásahu otáček ventilátoru. ....	43
Obr. 32. Statická charakteristika teploty ve vnitřním prostoru odchovny při nulovém akčním zásahu ventilátoru. ....	43
Obr. 33. Závislost vlhkosti v prostoru líhně na akčním zásahu ventilátoru a akčním zásahu topného tělesa. ....	44
Obr. 34. Statická charakteristika vlhkosti ve vnitřním prostoru odchovny při 40% akčním topného tělesa. ....	45
Obr. 35. Přejchodová charakteristika teploty .....	45
Obr. 36. Přejchodová charakteristika vlhkosti .....	46
Obr. 37. Přejchodová charakteristika soustavy prvního řádu.....	46
Obr. 38. Srovnání naměřené a vypočtené přechodové charakteristiky teploty .....	48
Obr. 39. Srovnání naměřené a vypočtené přechodové charakteristiky vlhkosti .....	49
Obr. 40. Blokové schéma regulačního obvodu .....	50
Obr. 41. Simulace průběhu regulace teploty.....	51
Obr. 42. Simulace průběhu regulace vlhkosti.....	52
Obr. 43. Průběh regulace při žádané vlhkosti 45% a skokové změně teploty z 25°C na 30°C.....	53
Obr. 44. Průběh regulace při skokové změně vlhkosti z 60% na 55% a skokové změně teploty z 30°C na 35°C. ....	53
Obr. 45. Detail ustáleného stavu průběhu regulace při skokové změně vlhkosti z 60% na 55% a skokové změně teploty z 30°C na 35°C. ....	54
Obr. 46. Průběh regulace při ustálené hodnotě vlhkosti na 55% a skokové změně teploty z 35°C na 36,5°C.....	54
Obr. 47. Detail ustáleného stavu průběhu regulace při ustálené hodnotě vlhkosti na 55% a skokové změně teploty z 35°C na 36,5°C.....	55



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Doporučovaná teplota v odchovném zařízení během umělého odchovu papoušků.....	17
Tab. 3: Datový rámec pro změnu akčního zásahu .....	40
Tab. 4: Datový rámec pro zasílání dat z mikrokontroléru do PC .....	40
Tab. 5: Formát zasílaného bytu.....	40

## SEZNAM PŘÍLOH

P I: Schéma zapojení odchovny

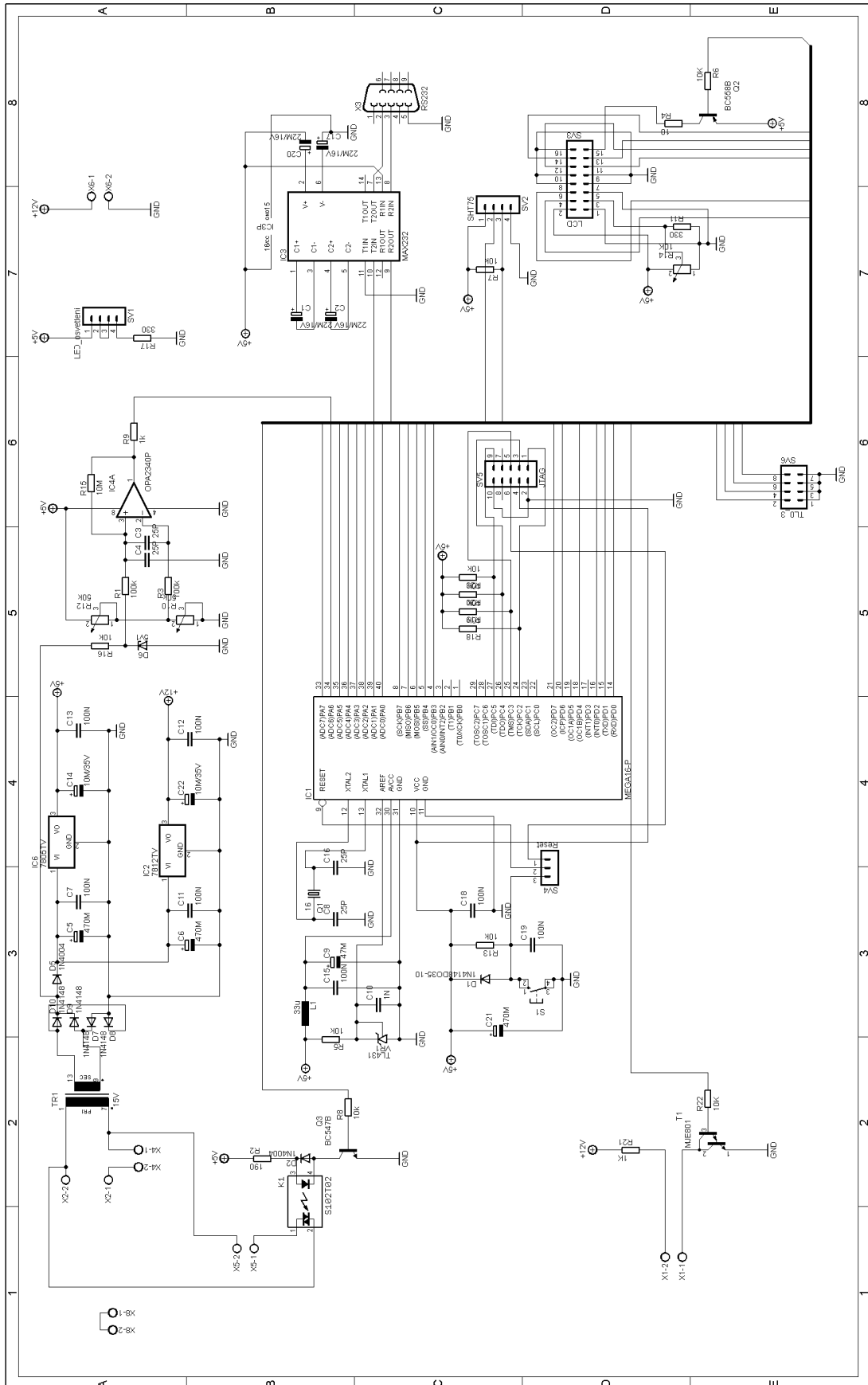
P II: Seznam součástí

P III: DPS odchovny

P IV: DPS odchovny – rozmístění součástí

P V: DPS odchovny – drátové propojky

# PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ ODCHOVNY



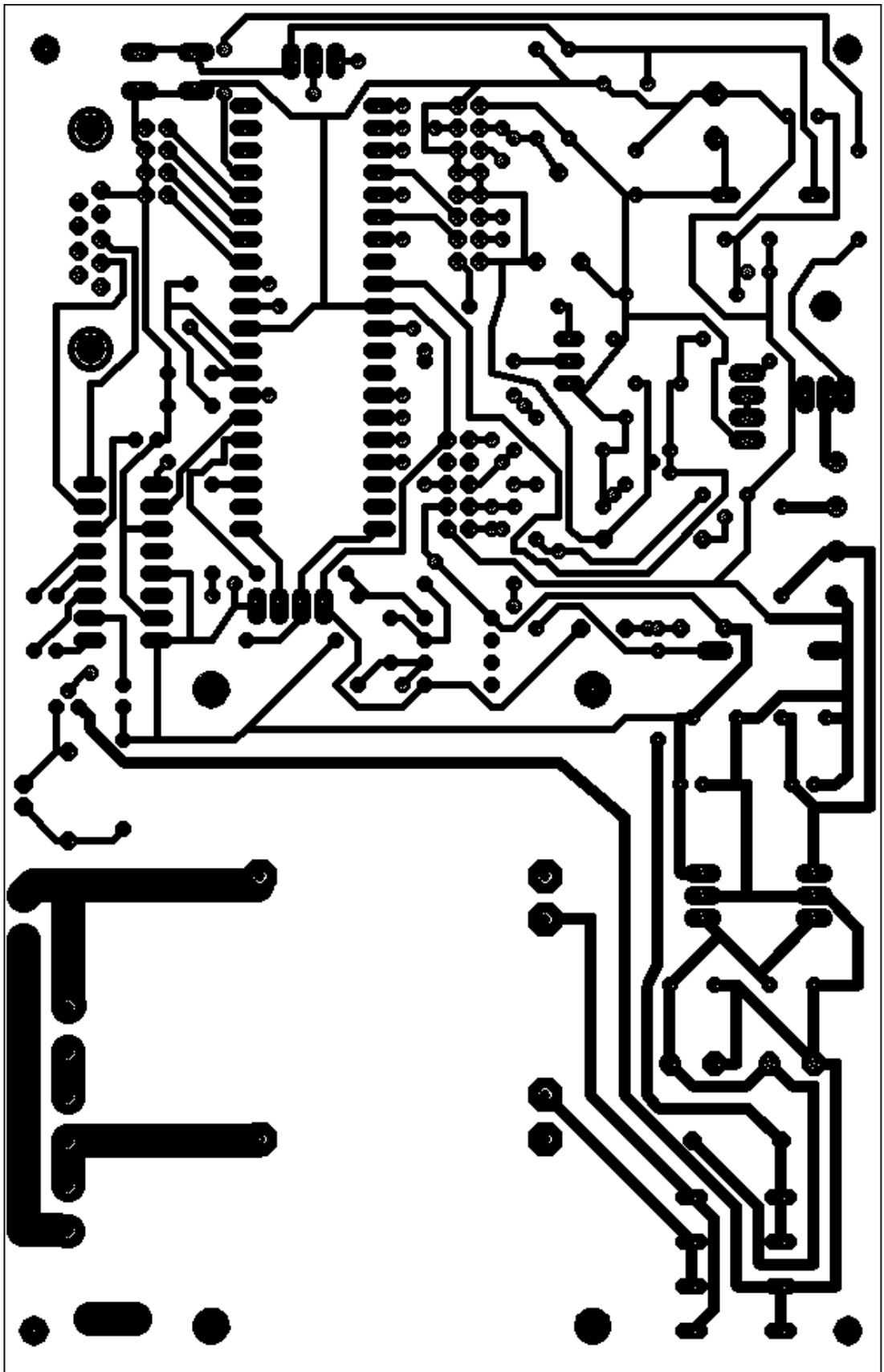
## PŘÍLOHA P II: SEZNAM SOUČÁSTEK

Označení	Hodnota	Typ
C1	22M/16V	CPOL-EUE2.5-5
C2	22M/16V	CPOL-EUE2.5-5
C3	25P	C-EU050-030X075
C4	25P	C-EU050-030X075
C5	470M	CPOL-EUE5-10.5
C6	470M	CPOL-EUE5-10.5
C7	100N	C-EU050-030X075
C8	25P	C-EU050-030X075
C9	47M	CPOL-EUE3.5-10
C10	1N	C-EU050-030X075
C11	100N	C-EU050-030X075
C12	100N	C-EU050-030X075
C13	100N	C-EU050-030X075
C14	10M/35V	CPOL-EUE2.5-5
C15	100N	C-EU050-030X075
C16	25P	C-EU050-030X075
C17	22M/16V	CPOL-EUE2.5-5
C18	100N	C-EU050-030X075
C19	100N	C-EU050-030X075
C20	22M/16V	CPOL-EUE2.5-5
C21	470M	CPOL-EUE5-10.5
C22	10M/35V	CPOL-EUE2.5-5
D1	1N4148DO35-10	1N4148DO35-10
D2	1N4004	1N4004
D5	1N4004	1N4004
D6	5v1	ZENER-DIODEF126-12
D7	1N4148	1N4148DO35-10
D8	1N4148	1N4148DO35-10
D9	1N4148	1N4148DO35-10
D10	1N4148	1N4148DO35-10
IC1	MEGA16-P	MEGA16-P
IC2	7812TV	7812TV
IC3	MAX232	MAX232
IC4	OPA2340P	OPA2340P
IC6	7805TV	7805TV
K1	S102T02	S102T02
L1	33u	L-EU2200-12.7
Q1	16	CRYSTALHC49U-V
Q2	BC558B	BC558B
Q3	BC547B	BC547B

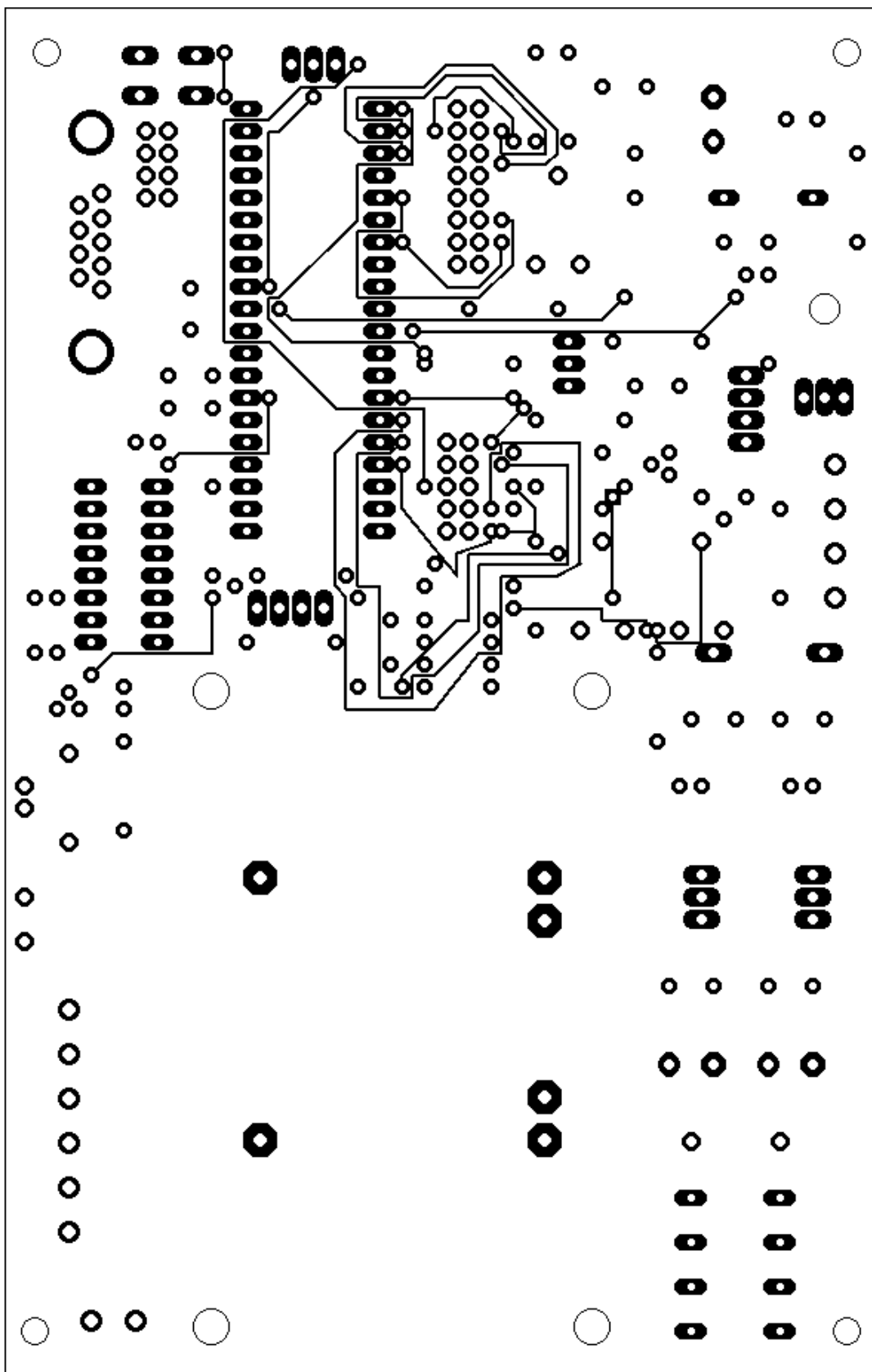
## PŘÍLOHA P II: SEZNAM SOUČÁSTEK - POKRAČOVÁNÍ

Označení	Hodnota	Typ
R1	100k	R-EU_0207/10
R2	190	R-EU_0207/10
R3	100k	R-EU_0207/10
R4	10	R-EU_0207/10
R5	10k	R-EU_0207/10
R6	10K	R-EU_0207/10
R7	10k	R-EU_0207/10
R8	10k	R-EU_0207/10
R9	1k	R-EU_0207/10
R10	50k	POTENTIOMETER_PT-10
R11	330	R-EU_0207/10
R12	50k	POTENTIOMETER_PT-10
R13	10k	R-EU_0207/10
R14	10K	POTENTIOMETER_PT-10
R15	10M	R-EU_0207/10
R16	10k	R-EU_0207/10
R17	330	R-EU_0207/10
R18	10k	R-EU_0207/10
R19	10k	R-EU_0207/10
R20	10k	R-EU_0207/10
R21	1K	R-EU_0207/10
R22	10K	R-EU_0207/10
R23	10k	R-EU_0207/10
S1		10-XX
SV1	LED_osvetleni	MA04-1
SV2	SHT75	MA04-1
SV3	LCD	MA08-2
SV4	Reset	MA03-1
SV5	JTAG	MA05-2
SV6	TLO_3	MA04-2
T1	MJE801	MJE801
TR1	15V	EI60-1
VR1	TL431	TL431CLP
X1		MKDSN1,5/2-5,08
X2		MKDSN1,5/2-5,08
X3	RS232	F09HP
X4		MKDSN1,5/2-5,08
X5		MKDSN1,5/2-5,08
X6		MKDSN1,5/2-5,08
X7		MKDSN1,5/2-5,08
X8		MKDSN1,5/2-5,08

PŘÍLOHA P III: DPS ODCHOVNY



# PŘÍLOHA P IV: DPS ODCHOVNY- DRÁTOVÉ PROPOJKY



# PŘÍLOHA P V: DPS ODCHOVNY-ROZMÍSTĚNÍ SOUČÁSTEK

