

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Vytvoření modulu regulace pro systém
řízení stáje za pomoci Raspberry Pi**

Bakalářská práce

Tomáš Krákora

Vedoucí práce: Ing. Petr Smolík
Garant: Mgr. Jiří Pech, PhD.

České Budějovice
2017

Krákora, T., 2017: Vytvoření modulu regulace pro systém řízení stáje za pomoci Raspberry Pi. [Creating a control module for stable management system using Raspberry Pi. Bc. Thesis, in Czech.] – 49 p., Faculty of Science, University of South Bohemia in České Budějovice, Czech Republic

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením modulu regulace pro existující automatický systém řízení stáje určené pro chov skotu. Teoretická část práce se zaměřuje na definice měřených veličin a následné vysvětlení důležitosti jejich měření ve stáji. Dále se teoretická část zaměřuje popisu celého systému automatického řízení stáje a vyhodnocení stávajícího řešení sběru fyzikálních veličin. Praktická část práce se skládá z návrhu nového řešení, popisu realizace a nasazení modulu do stáje.

Klíčová slova: Automatizace, Raspberry Pi, Raspbian, I²C, 1-wire

Abstract

This thesis deals with creating a control module for an existing automatic control system designed for stables. The theoretical part focuses on a definition of measured quantities and a subsequent explanation of the importance of measurement in a stable. Furthermore, the theoretical part focuses on the description of the entire system of an automatic control of stable and evaluation of an existing solution of collecting physical quantities. Practical work consists of a new solution plan, description of implementation and the module placement in the stable.

Keywords: Automation, Raspberry Pi, Raspbian, I²C, 1-wire

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, dne 19.4. 2017

Podpis:.....

Poděkování

Nejprve bych rád poděkoval své rodině, jež mě psychicky podporovala během studia, obzvláště mému bratru Vojtěchovi, který mi celý život pomáhal zdokonalovat se ve znalostech oboru IT. Za podporu bych také rád poděkoval své přítelkyni Sáře a všem kamarádům. Další poděkování patří mému školiteli Mgr. Jiřímu Pechovi, PhD a mému vedoucímu práce Ing. Petru Smolíkovi za odborné rady ohledně tvorby této bakalářské práce.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1 Úvod..... | 7 |
| 2 Cíle a metodika práce | 8 |
| 2.1 Cíle práce | 8 |
| 2.2 Metodika práce | 8 |
| 3 Automatizace řízení stájí určených k chovu skotu | 10 |
| 3.1 Úspora finančních prostředků..... | 10 |
| 3.2 Vytvoření optimálního mikroklimatu ve stájích určených pro skot | 10 |
| 3.2.1 Teplota | 10 |
| 3.2.2 Vlhkost..... | 11 |
| 3.2.3 Atmosférický tlak | 12 |
| 3.2.4 Intenzita osvětlení | 13 |
| 4 Popis stávajícího řešení..... | 14 |
| 4.1 Popis celého systému automatického řízení stáje..... | 14 |
| 4.1.1 Obecný popis | 14 |
| 4.1.2 Manuální ovládání | 14 |
| 4.1.3 Řídící jednotka..... | 15 |
| 4.1.4 Výstupový modul..... | 16 |
| 4.2 Popis stávajícího řešení sběru fyzikálních veličin ve stáji..... | 17 |
| 4.3 Vyhodnocení současného systému sběru fyzikálních veličin..... | 18 |
| 5 Návrh nového řešení | 19 |
| 5.1 Návrh řešení..... | 19 |
| 5.2 Popis použitých technologií..... | 20 |
| 5.2.1 Komponenty..... | 20 |

| | |
|---|----|
| 5.2.2 Software | 26 |
| 6 Realizace | 27 |
| 6.1 Fyzická realizace | 27 |
| 6.2 Softwarová realizace | 29 |
| 6.2.1 Instalace operačního systému Raspbian | 29 |
| 6.2.2 Nastavení statické IP adresy | 29 |
| 6.2.3 I ² C sběrnice | 30 |
| 6.2.4 1-wire sběrnice | 30 |
| 6.2.5 Nastavení systému pro využití modulu reálného času | 31 |
| 6.2.6 MongoDB | 32 |
| 6.2.7 Webové rozhraní CLMN | 32 |
| 6.2.8 Skript pro spuštění potřebného softwaru po startu systému | 33 |
| 6.2.9 Skript pro nastavení, čtení a ukládání dat ze senzorů | 33 |
| 7 Nasazení modulu | 34 |
| 7.1 Popis prostředí | 34 |
| 7.2 Montáž modulu | 34 |
| 7.3 Průběh nasazení | 36 |
| 7.4 Grafy znázorňující naměřená data během nasazení | 37 |
| 8 Možná vylepšení | 39 |
| 9 Závěr | 40 |
| 10 Literatura | 41 |
| 11 Seznam obrázků | 45 |
| 12 Seznam příloh | 46 |
| 13 Přílohy | 47 |

1 Úvod

Automatizace stájí určených pro živočišnou výrobu je v některých odvětvích (například v chovech drůbeže či prasat) již standart, ovšem automatizace stájí pro skot se stává trendem až v posledních letech. Tato práce se věnuje právě automatizaci stájí pro skot.

Automatizace má dva hlavní důvody. Prvním je šetření lidskými zdroji, nebo alespoň usnadnění práce lidem, které o skot pečují. Druhým, neméně důležitým důvodem, je vytvoření optimálního welfare pro zvířata. Welfare (pohoda) zvířat představuje stav, ve kterém se organismus zvířete snaží vyrovnat s prostředím, ve kterém žije [1]. Abychom dosáhli ideálního klima, je zapotřebí prostředí analyzovat a následně vyhodnotit, jaké kroky budou provedeny pro optimalizaci prostředí.

Modul je navrhován pro existující firmu, ve které jsem zaměstnán. Firma již používá systém automatického řízení stáje, ten má ovšem čidla pro regulaci přidána do antén, jež jsou součástí technologie pro měření aktivity skotu. V rámci svého vývoje usiluje firma o samostatný modul, jež bude nezávislý na ostatních technologiích.

Cílem této práce bylo vytvoření nového modulu k analyzování mikroklima na stáji. Jako základ tohoto modulu byl vybrán počítač RaspBerry Pi, na který lze pomocí vyrobené desky plošných spojů připojit senzory na měření atmosférického tlaku, intenzity osvětlení, relativní vlhkosti a teploty. Modul musel být schopen tyto data poskytovat pomocí výstupů řídicí jednotce automatického řízení stáje. Současně byla cílem nezávislost modulu na ostatních technologiích. Dosavadní systém byl závislý na technologii měření aktivity skotu, tudíž nebylo možné nasadit automatizační systém stáje separátně.

2 Cíle a metodika práce

2.1 Cíle práce

Cílem práce je seznámení s konkrétním řešením systému řízení stáje a následné vytvoření a nastavení nového modulu regulace pro existující systém řízení stáje za pomoci jednodeskového počítače Raspberry Pi. Úkolem tohoto modulu je analyzovat prostředí na stáji a poskytnout informace o tomto prostředí pomocí výstupů.

Vlastnosti modulu regulace:

- nezávislost na ostatních technologiích
- měření veličin - teplota, relativní vlhkost, atmosférický tlak a intenzita osvětlení
- databáze umožňující systému řízení stáje přístup k datům

2.2 Metodika práce

Metodika této bakalářské práce byla následující:

- 1) Analýza základních důvodů vedoucí k zavedení systému automatického řízení stáje.
- 2) Vyhledání a prostudování literatury a jiných zdrojů zabývajících se touto problematikou.
- 3) Nastudování konkrétního systému automatického řízení stáje.
- 4) Navrhnutí nového řešení sběru fyzikálních veličin.
- 5) Vytvoření modulu regulace pro systém řízení stáje.
- 6) Nasazení vytvořeného modulu.

Všechny potřebné komponenty byly zakoupeny firmou, pro niž byl modul vytvářen.

Seznam základních použitých komponent:

- 1) Raspberry Pi 3 model B
- 2) Paměťová karta SanDisk Ultra microSD UHS-I 16GB
- 3) Napájecí zdroj 2,5 A, 5,1 V DC
- 4) senzory DS18B20, BH1750, BME280

- 5) modul reálného času 24C32
- 6) plošný spoj RspIN
- 7) 2 x propojovací krabice ABB 00850
- 8) montážní krabice ABB 12812
- 9) vodič SYKFY 2x2x0,5
- 10) kabel 3 x 1mm

Seznam použitého softwaru:

- 1) operační systém Raspbian
- 2) databáze MongoDB
- 3) Python
- 4) Bash
- 5) Apache
- 6) Microsoft Office 2010
- 7) Gnuplot
- 8) Draw.io

3 Automatizace řízení stájí určených k chovu skotu

3.1 Úspora finančních prostředků

System pro automatické řízení stáje je schopen měřit hodnoty vybraných fyzikálních veličin na stáji. Následně je pomocí technických prostředků (například systémů osvětlení, ventilace, rosení,...) reguluje tak, aby byly hodnoty daných veličin co nejbližší hodnotám, jež skotu vyhovují. Z čehož vyplývá, že na stáji není v provozu více zařízení než je potřeba, což se projeví na úspoře elektrické energie. Jelikož vše probíhá automaticky, šetří se i na lidských pracovních silách, které by musely klima na stáji hlídat a řídit.

3.2 Vytvoření optimálního mikroklimatu ve stájích určených pro skot

Stájové mikroklima lze definovat jako stav vzdušného prostředí ve stáji. Vytváření co nejlepšího mikroklimatu je důležité především z hlediska rostoucích požadavků na produkci mléka. Mikroklima je jedním z nejdůležitějších činitelů působících na organismus zvířat [2]. Faktory tvořící mikroklima jsou fyzikální, chemické a biologické [3]. Tato práce se věnuje faktorům fyzikálním, a to teplotě, vlhkosti, atmosférickému tlaku a osvětlení.

3.2.1 Teplota

„Teplota fyzikální veličina, která charakterizuje stav tělesa nezávisle na jeho hmotnosti a chemickém složení. Z hlediska termodynamiky je přiřazena určitému stavu, který nastane při tepelné výměně. Z hlediska molekulové fyziky charakterizuje energii, s níž se pohybují částice tělesa.

Nejčastější teplotní stupnice je Celsiova. Je určena dvěma základními teplotami:

- 0°C (teplota rovnovážného stavu chemicky čisté vody a jejího ledu při tlaku $1,013\ 25 \cdot 10^5$ Pa)

- 100°C (teplota rovnovážného stavu chemicky čisté vody a její syté páry při tlaku $1,013 \cdot 10^5$ Pa)

Mezi těmito teplotami je stupnice rozdělena na 100 stejných dílů. Jeden díl odpovídá jednomu Celsiovu stupni (°C) [4].“

Teplota na stáji určené k chovu skotu

Teplota je brána jako nadřazený faktor mikroklimatu na stáji, jelikož ovlivňuje faktory ostatní (například vlhkost). Teplota na stáji nutí organismus skotu k produkci nebo výdeji tepla, pro udržení stálé tělesné teploty. Nesprávná regulace tělesné teploty může mít (v extrémních situacích) vliv na užitkovost, nebo v horším případě zdraví zvířat [5]. Skotu vyhovuje teplota nepřesahující 10°C, problémové teploty začínají již při 20°C, kdy skot méně žere krmivo, tudíž klesá užitkovost [6].

Teplotu na stáji lze ovlivňovat například ventilátory či výsuvnými plachtami na bocích stáje.



Obrázek 1 - Soustava ventilátorů

Zdroj: vlastní

3.2.2 Vlhkost

„Vlhkost vzduchu relativní, poměrná je charakteristika vlhkosti vzduchu měřená na meteorologických stanicích, která vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodní párou. Je definována jako poměr skutečné hustoty vodní páry a hustoty vodní páry ve vzduchu nasyceném při dané teplotě. Vlhkost vzduchu se obvykle vyjadřuje v procentech [7].“

Vlhkost na stáji určené k chovu skotu

Pro skot není dobrý žádný extrém. V hodnotách 60-80% byl zjištěn lepší zdravotní stav zvířat a nižší počet úhynů než ve stájích s relativní vlhkostí nad 80% [8]. Naopak „suchý vzduch“ s nižší vlhkostí než 35% má špatný vliv na funkci sliznic horních cest dýchacích a sice na jejich vysychání [9].

Vlhkost na stáji lze řídit například pomocí systému rosení, jež v prostoru stáje rozprašuje vodu, či vysunutím plachet na bocích stáje a spuštěním ventilátorů.



Obrázek 2 - Tryska systému rosení

Zdroj: vlastní

3.2.3 Atmosférický tlak

„Atmosférický tlak je síla, která působí v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou plochu jednotkové velikosti (1 m²). Je vyvolán tíhou vzduchového sloupce sahajícího od hladiny moře (nebo od libovolné jiné sledované výškové hladiny), až k horní hranici atmosféry.“

Tlak vzduchu se měří v pascálech (Pa), v meteorologii se často používá její násobek - hektopascal (1 hPa = 100 Pa). Na velikost atmosférického tlaku má vliv teplota vzduchu, obsah vodní páry v atmosféře, nadmořská výška a zeměpisná šířka [10].“

3.2.4 Intenzita osvětlení

Intenzita osvětlení udává, jak je určitá plocha osvětlována, respektive jak velký světelný tok dopadá na osvětlovanou plochu [11].

Jednotka intenzity osvětlení je Lux, značí se lx.

Osvětlení na stáji určené k chovu skotu

Dle výzkumu až 90% krav upřednostnilo uměle dosvícená místa ve stáji s hodnotami 200-250 luxů [12]. Prodloužení světelného dne má do jisté míry pozitivní vliv na produkci mléka [13].

Světlo na stáji lze ovládat zapnutím nebo vypnutím osvětlení či stáhnutím svinovacích plachet pro průchod denního světla.



Obrázek 3 - Boční svinovací plachty

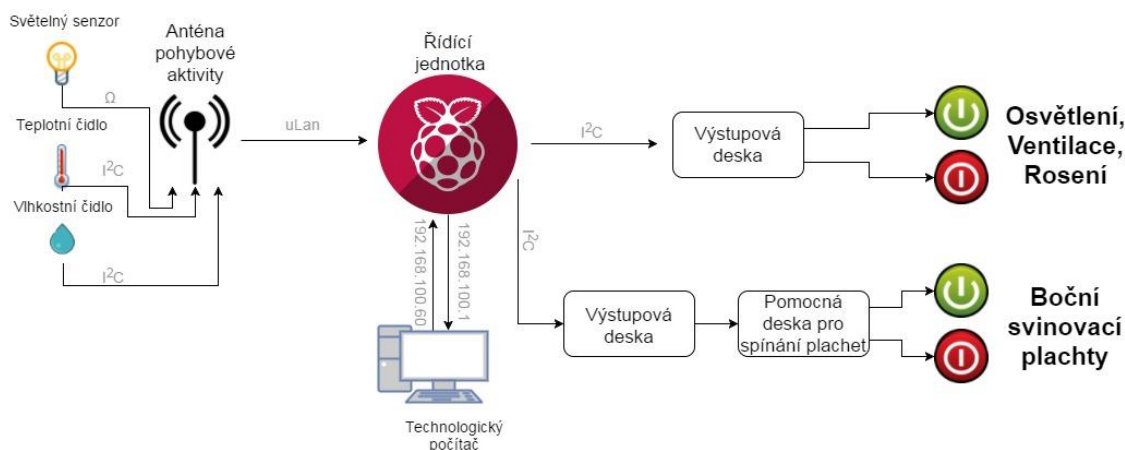
Zdroj: vlastní

4 Popis stávajícího řešení

4.1 Popis celého systému automatického řízení stáje

4.1.1 Obecný popis

Celý systém se skládá z více prvků. Většina prvků je umístěna v centrálním rozvaděči pro řízení stáje (příloha A), jež se umísťuje do hlavní rozvodny elektrického proudu objektu. Z tohoto rozvaděče vede kabeláž přímo k regulačním zařízením jako je ventilace, osvětlení a podobně. Tato kabeláž je napojena do výstupového modulu systému, kde dochází ke spínání nebo rozepínání regulačních prostředků. Spínání či rozepínání určuje řídicí jednotka, jež se rozhoduje na základě dat z čidel. Tato čidla jsou umístěna na přijímacích anténách pohybové aktivity, které se nachází na stáji. Celý systém má buď automatický režim, nebo jej lze přepnout na režim manuální. Obsluha může i měnit rozsah veličin, ke kterým se snaží systém přiblížit.

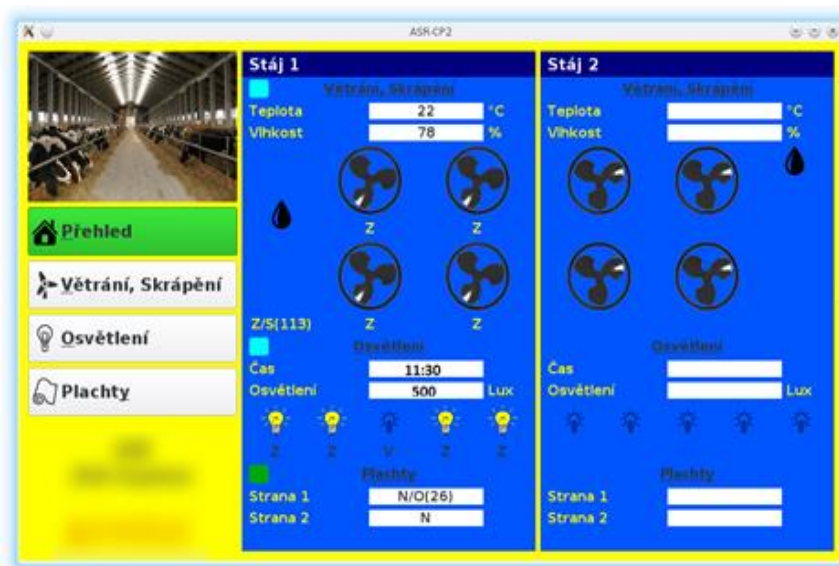


Obrázek 4 - High level design systému automatického řízení stáje

Zdroj: vlastní

4.1.2 Manuální ovládání

Celý systém lze ovládat či nastavovat třemi způsoby. První způsob je prostřednictvím zootechnického technologického počítače, který musí být připojen do stejné počítačové sítě jako řídicí jednotka. Na tento počítač se nainstaluje program, v němž je zachycena i vizualizace stavu ve stáji.



Obrázek 5 - Software pro ovládání stáje

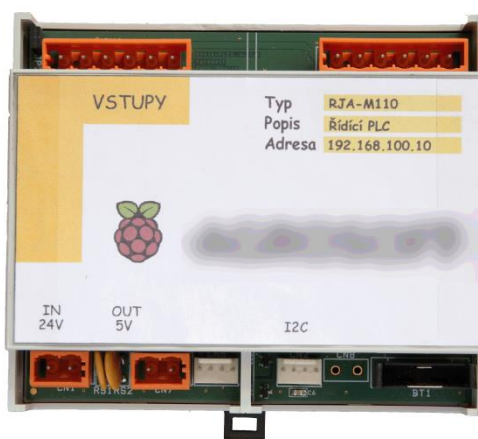
Zdroj: vlastní

Druhý způsob ovládání je přímo centrálním rozvaděčem systému, na kterém se nachází dotykový display s naprosto stejným grafickým prostředím jako je v zootechnickém počítači. Prostředí na počítači i rozvaděči je synchronizované, tudíž pokud se na některém z nich něco změní, promítne se změna i na druhém zařízení. Třetí a poslední způsob je ovládání z telefonu, který je ovšem teprve ve fázi vývoje a v praxi u zákazníka toto řešení nebylo nasazeno ani testováno.

4.1.3 Řídící jednotka

Základní díl řídicí jednotky je Raspberry Pi, na kterém je skrze GPIO (kapitola 5.1.1) nasazena elektronika. Na této elektronice jsou konektory sloužící k propojení řídicí jednotky a výstupových modulů pomocí sběrnice I²C.

Jednotka vyhodnocuje stav měřených fyzikálních veličin dle přijímaných dat od čidel. Tento stav se poté snaží podle algoritmů regulovat tím, že řídí skrze výstupové moduly regulační prostředky.

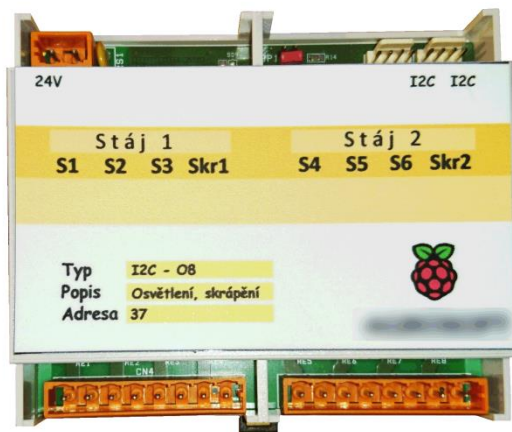


Obrázek 6 - Řídící jednotka

Zdroj: vlastní

4.1.4 Výstupový modul

Každý modul má osm výstupů a pomocí relátek zapíná a vypíná zařízení dle pokynů řídicí jednotky. Množství výstupových modulů je dáno tím, kolik zařízení je třeba ve stáji ovládat. V případě výstupů pro řízení plachet se vkládá mezi výstupovou desku a motor pro svinování plachet pomocný modul, který spíná motory pomocí soustav relé a triaku. Pomocný modul slouží k prodloužení životnosti motorů, jež obsahují dvojí vynutí.



Obrázek 7 - Výstupový modul

Zdroj: vlastní

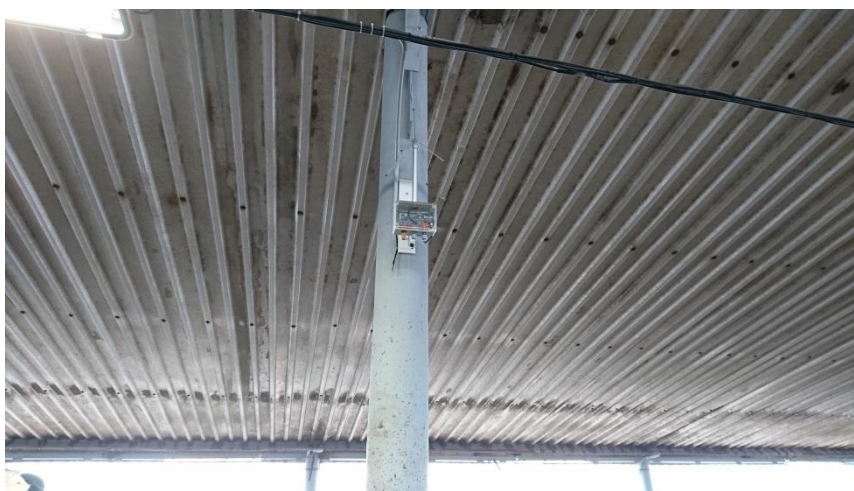
4.2 Popis stávajícího řešení sběru fyzikálních veličin ve stáji

Stávající řešení má čidla na teplotu, vlhkost a osvětlení. Čidla se montují do antény pohybové aktivity, jelikož ve vývojové stáji tento systém již byl a tato technologie umožňovala připojení čidel. Antény se nacházejí v prostoru stáje a čidla se přidělávají na nejvhodnější z nich. K měření intenzity osvětlení je použit fotorezistor a na měření teploty a vlhkosti slouží I²C modul.



Obrázek 8 - Anténa pohybové aktivity

Zdroj: vlastní



Obrázek 9 - Anténa pohybové aktivity ve stáji

Zdroj: vlastní

4.3 Vyhodnocení současného systému sběru fyzikálních veličin

Klady současného systému sběru fyzikálních veličin

Největší výhodou současného řešení je nízká cena, ovšem pouze v případě, že stáj má systém měření pohybové aktivity a čidla se pouze připojí. Žádné ostatní náklady nejsou. S tím souvisí i méně náročná montáž.

Zápory současného systému sběru fyzikálních veličin

Zásadní nevýhodou tohoto řešení je závislost na jiném systému (systém měření pohybové aktivity), nevýhodou je i hledání kompromisu pro vhodné umístění antény tak, aby vyhovovala její pozice oběma systémům. Další nevýhodou je potřeba jedné antény na pohybovou aktivitu navíc (ta slouží pouze k měření osvětlení mimo stáj), jelikož algoritmus pro ovládání světel se řídí i dle světla vně stáje, a čidla neumožňují dlouhou kabeláž.

5 Návrh nového řešení

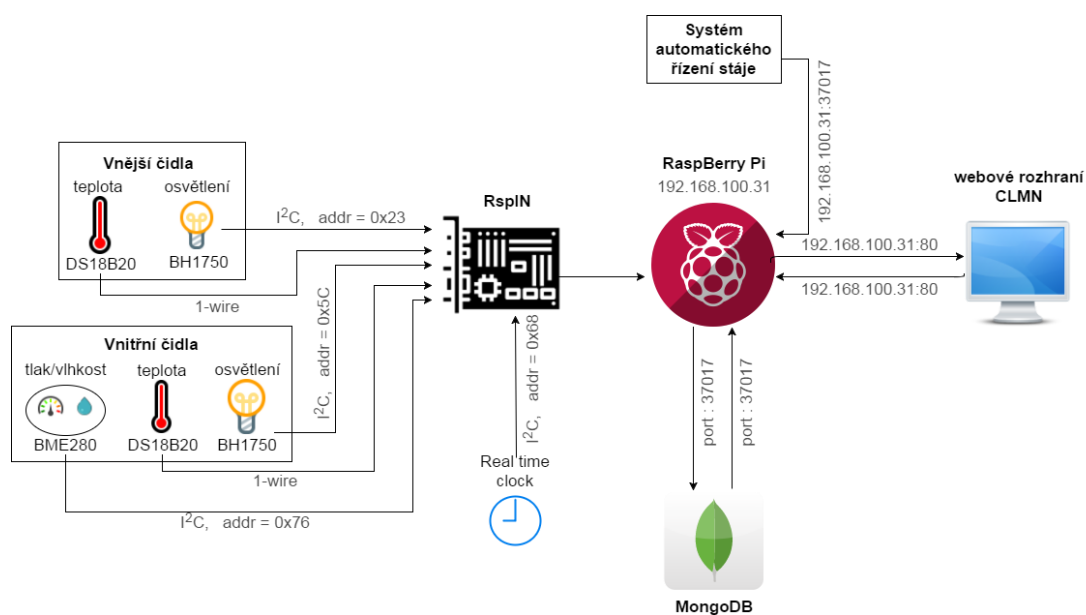
5.1 Návrh řešení

Raspberry + RspIN

Základ nového řešení je počítač RaspBerry Pi, na které jsou připojeny jednotlivé senzory pomocí vyrobeného plošného spoje s názvem RspIN. Jako operační systém byl vybrán Raspbian. V tomto systému se automaticky po spuštění zapne skript, jež pomocí Bashe nejprve spustí databázi a následně aktivuje další skript sloužící pro čtení, nastavení a zápis dat z čidel. Z důvodů dostupnosti databáze pro řídicí jednotku je Raspberry Pi připojeno do technologické počítačové sítě, jež nemá přístup k internetu (z důvodů zabezpečení). Po zadání IP (Internet Protocol) adresy RaspBerry Pi se zobrazí webové rozhraní CLMN (autor Tomáš Dvořák), které zobrazí naměřené hodnoty na stáji. Pro napojení do této sítě lze využít ethernetový port či v případě RaspBerry Pi 3 pomocí bezdrátového Wi-Fi (Wireless Fidelity) připojení.

Databáze

Databáze MongoDB běží lokálně na RaspBerry Pi. Při každém zápisu se společně s daty ze senzorů ukládá čas, kdy byla zapsána. Velikost databáze je regulována tím, že jsou z databáze mazána všechna data starší 365 dní.



Obrázek 10 - High level design návrhu

Zdroj: vlastní

Senzory

Na měření klima ve stáji bylo použito celkem pět senzorů. Dvě teplotní čidla DS18B20 ve vodotěsném pouzdře pro měření teploty ve stáji a vně stáje. Uvnitř stáje bylo teplotní čidlo umístěno v prostoru stáje do úrovně hlav skotu (v případě rozsáhlé stáje lze modul upravit a připojit až tři vnitřní čidla) a mimo stáj bylo namontováno do výšky shrnovacích bočních stěn. Měření teploty mimo stáj je zásadní, jelikož nejen vnitřní, ale i vnější teplotní podmínky stáje hrají velkou roli v algoritmech pro idealizaci prostředí.

Dále byla aplikována dvě čidla na měření intenzity osvětlení BH 1750. Dva kusy byly určeny ze stejného důvodu jako u teplotních čidel (pro algoritmy řídicí jednotky je potřeba analyzovat osvětlení jak ve stáji, tak mimo ni).

Páté čidlo BME 280 umí měřit atmosférický tlak, teplotu a relativní vlhkost. Na modul bylo použito pouze jedno, jež bylo umístěno dovnitř stáje. Hodnota teploty se do databáze nezapisuje, jelikož na teplotu byla určena čidla DS18B20, jejichž umístění je vhodnější (BME 280 je umístěno blízko Raspberry jelikož pro komunikaci využívá sběrnici I²C, jež není vhodná na komunikaci po delších vodičích naproti tomu DS18B20 pracuje na sběrnici 1-wire jenž je méně limitována délkou vodiče). Sběrnice I²C a 1-wire jsou popsány v kapitole 5.1.1.

5.2 Popis použitých technologií

5.2.1 Komponenty

RaspBerry Pi 3 model B

RaspBerry Pi je využito ke sběru dat z čidel a jejich následnému ukládání do databáze. Jedná se o jednodeskový počítač zhruba o velikosti kreditní karty. Hlavními odběrateli těchto zařízení jsou vzdělávací instituce a různá průmyslová odvětví [14].

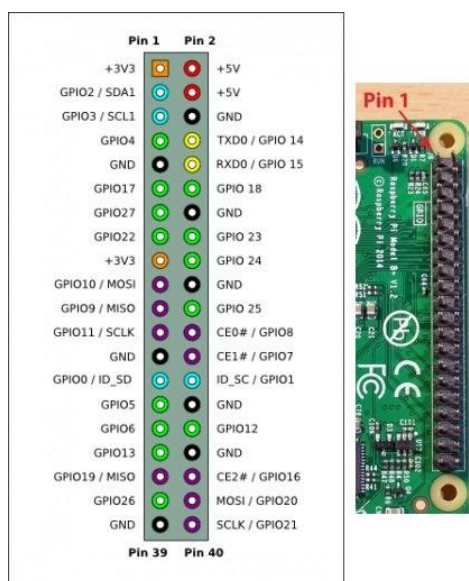


Obrázek 11 - RaspBerry Pi 3 model B

Zdroj: [15]

GPIO

RaspBerry Pi 3 model B vlastní konektor GPIO - General purpose input/output, jež ve volném překladu znamená vstupy a výstupy pro obecný účel. Tento model má dvě řady po 20 pinech, mezi kterými je rozestup 2,54mm, což se rovná 0,1“(palce). Na těchto pinech lze najít dva piny na napájení 3,3 V (RaspBerry Pi funguje s logikou tohoto napájení). Dále jsou na GPIO dva piny s napětím 5 V (napětí se bere přímo z napájení rozbočovače mikro USB). Osm pinů slouží jako uzemnění. Dále jsou zde piny, u kterých lze přepínat mezi 0V a 3,3V, díky nimž lze například zapínat a vypínat různá zařízení. Krom těchto pinů jsou zde výstupy určené pro datové sběrnice, například I²C nebo 1-wire [16, s. 179-181].

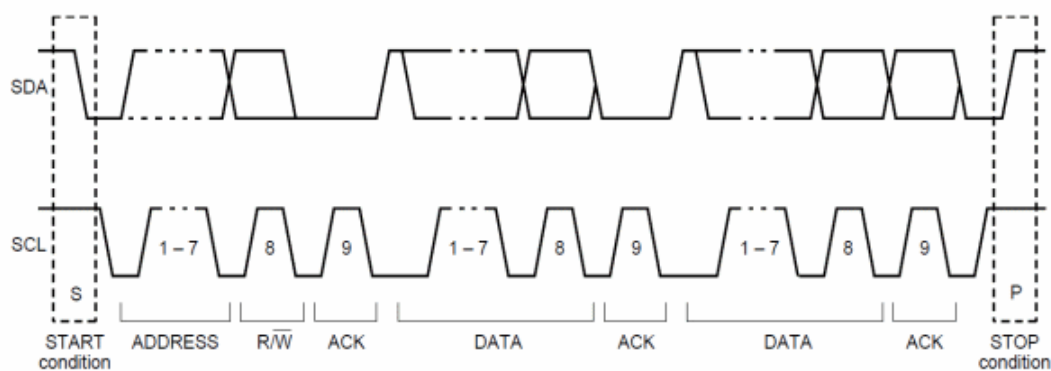


Obrázek 12 - RaspBerry Pi 3 port GPIO

Zdroj: [17]

I²C sběrnice

I²C (Inter Integrated Circuit) využívá pro komunikaci dva vodiče, první je na sériová data, ten se značí SDA, a druhý SCL slouží jako sériové hodiny. Každé zařízení má jedinečnou adresu a může fungovat jako vysílač nebo přijímač. Lze docílit až 1024 rozdílných adres, ovšem celková kapacita musí být do 400pF. Při komunikaci mezi zařízeními se tato zařízení dělí na master (anglicky pán) a slave (anglicky otrok). Master je zařízení, které generuje hodinový signál, ovšem stát se masterem a řídit sběrnici mohou i jiná zařízení (architektura Multimaster) [18].



Obrázek 13 – Ukázka I²C komunikace

Zdroj: [19]

S, které je na obrázku 13 vlevo značí začátek komunikace, následuje slave adresa a značka R/W, která interpretuje bit, jež označuje čtení (1) nebo zápis (0). ACK značí připravenost přijímací stanice data přijmout. Po každých 7 bitech následuje další ACK. P na konci obrázku označuje konec komunikace [20].

1-Wire sběrnice

Na one wire sběrnici probíhá komunikace pomocí pouze jednoho datového vodiče, který může zároveň sloužit i k napájení díky kondenzátoru, uchovávajícímu napájení během datového přenosu. Dále je k fungování zapotřebí pouze zemnění. Mezi napájecí a datový vodič (případně přívod napájení) je potřeba umístit takzvaný pull up rezistor o hodnotě 4k7, který pomáhá určit 1 a 0 v binární logice při komunikaci. Zařízení může být větší množství a lze je rozlišovat dle výrobcem daného nepřesatelného 64 bitového ID čísla [21].

Paměťová karta SanDisk Ultra microSD UHS-I 16GB

Z důvodů zvýšené prašnosti a nestálých podmínek ve stájích byla vybrána paměťová karta SanDisk Ultra, jež má dle výrobce zvýšenou odolnost vůči vodě a extrémním teplotám. Výrobce dále uvádí zvýšenou odolnost vůči nárazům a rentgenovému záření. Kapacita této paměťové karty činí 16 GB (Gigabitů) a umožňuje rychlost čtení až 48MB (Megabitů) za vteřinu [22].

Oficiální napájecí zdroj k RaspBerry Pi 3

Napájecí zdroj, který byl zvolen k napájení RaspBerry Pi má výstupní napětí 5,1 V DC a výstupní proud 2,5 A. Zdroj vlastní ochranu proti zkratu, přepětí a také proudovým nárazům. Konkrétně byl tento typ zdroje schválen nadací Rasperry Pi k používání s jejich počítačem RaspBerry Pi 3[23].

Modul BH1750

Na měření intenzity osvětlení byl zvolen senzor BH1750. Velkou výhodou modulu je nízká cena. Tento modul se připojuje pomocí sběrnice I²C. Senzor měří v rozsahu 1-65535lx s odchylkou $\pm 20\%$ [24].



Obrázek 14 - Modul BH1750

Zdroj: [25]

Modul BME280

Modul BME280 od známého výrobce BOSCH umí měřit tři fyzikální veličiny najednou a těmi jsou teplota, vlhkost a atmosférický tlak. Schopnost měření všech tří veličin v jednom modulu byl rozhodující faktor při výběru. Komunikace probíhá přes sběrnici I²C. Teplotu měří v rozmezí -40° až $+85^{\circ}$ s rozlišením 0,01% a přesností $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ při 25°C . Vlhkost zvládá v celém rozsahu 0% až 100% s rozlišením 0,008% a přesností

$\pm 3\%$. U atmosférického tlaku je rozsah 300hPa – 1100hPa s rozlišením 0,18 Pa a přesností ± 1 hPa [26].



Obrázek 15 - Modul BME280

Zdroj: [27]

Modul DS18B20

Senzor DS18B20 měří pouze teplotu, ale na rozdíl od ostatních použitých čidel využívá sběrnici 1-wire, což umožňuje čidlo umístit do vzdálenějších míst od plošného spoje. Do stájového prostředí byla vybrána verze s vodotěsným pouzdem. Rozsah měření je od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ s rozlišením $0,0625\text{ }^{\circ}\text{C}$ při 12bitech. Odchylka je $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ v běžných teplotách od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ [28].



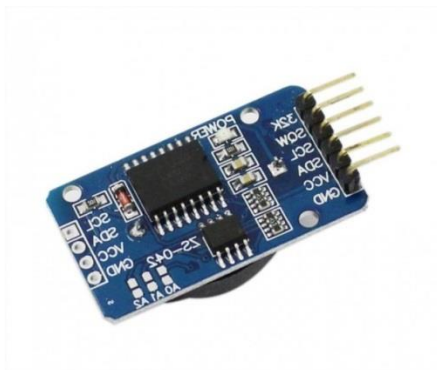
Obrázek 16 – Senzor DS18B20

Zdroj: [29]

Modul 24C32

Modul reálného času obsahující integrovaný obvod DS3231 se vyznačuje velkou přesností a komunikuje pomocí I²C sběrnice. Tento obvod je přesný díky vlastnímu oscilátoru a teplotnímu čidlu hlídajícímu teplotní odchylky. Čas se nahrává do

EEPROM paměti o velikosti 32kB. K fungování je potřeba do modulu vsadit tři voltovou baterii typu CR2032 [30].

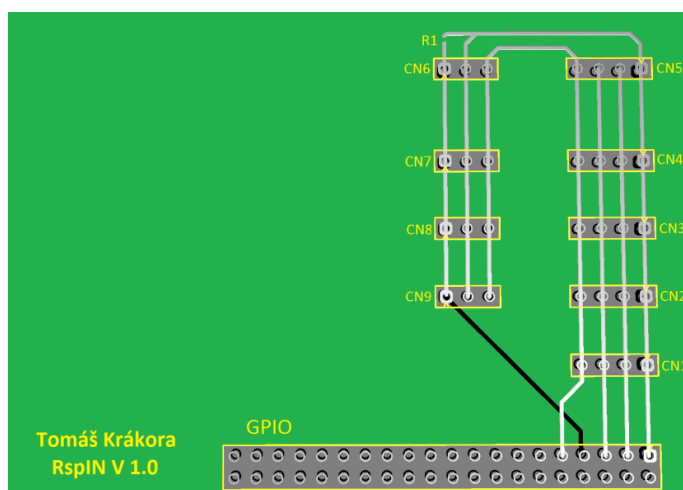


Obrázek 17 - Modul DS3231SN, 24C32

Zdroj: [31]

Plošný spoj RspIN

Pro připojení všech komponent na Raspberry Pi byl navržen a vyroben plošný spoj projektovaný pro pět čtyř-pinových konektorů (CN1-CN5) určených pro I²C zařízení a čtyři tři-pinové (CN6-CN9) pro 1-wire zařízení. Konektorů je navrženo více z důvodů variability a univerzálnosti. Na místě označeném R1 je místo určené pro SMD rezistor 4k7 v pouzdře 0402.



Obrázek 18 - Plošný spoj RspIN

Zdroj: vlastní

V případě sériové výroby by bylo vhodné vytvořit aktualizovanější verzi s přepětovými ochranami.

5.2.2 Software

Operační systém Raspbian

První Raspbian byl vytvořen v roce 2012 [32]. Raspbian vychází z operačního systému Debian GNU/Linux (zkráceně Debian) využívajícího jádro Linux[33].

MongoDB

MongoDB je dokumentově orientovaná NoSQL (Not only SQL) databáze. Hlavním znakem NoSQL databází je, že oproti SQL databázím nevyužívají tabulková schémata. V MongoDB jsou data zaznamenávána do kolekcí, jež obsahují jednotlivé dokumenty[34].

Python

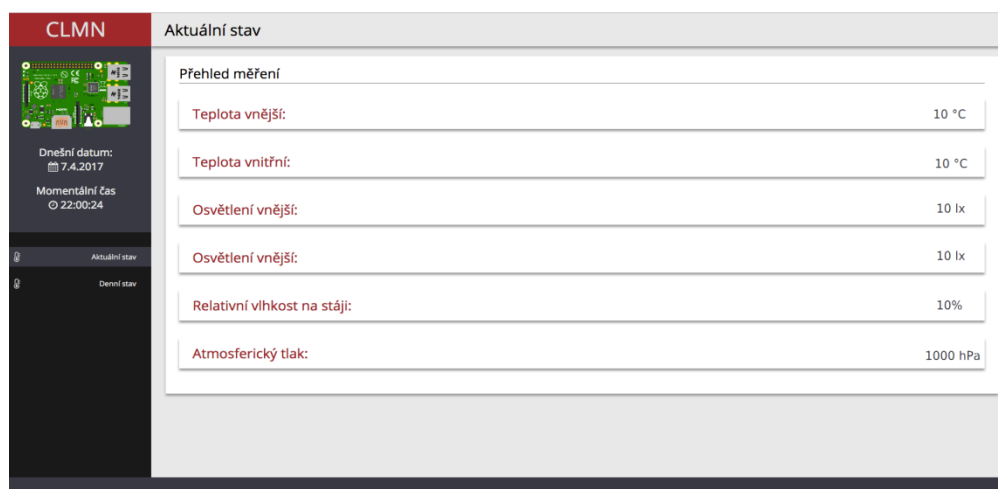
Python je programovací jazyk využívaný ke skriptování. Patří mezi dynamicky interpretované jazyky, tudíž je kód překládán až za běhu skriptu[35].

Bash

Bash (Bourne Again Shell) je interpret příkazů v operačním systému Linux, sloužící ke komunikaci mezi systémem a uživatelem[36]. Bash bývá hojně využíván ke skriptování.

Webové rozhraní CLMN

Webové rozhraní, jehož autorem je Tomáš Dvořák. Toto rozhraní po zadání IP adresy modulu, zobrazí naměřené hodnoty na stáji.



Obrázek 19 – Ukázka webového rozhraní CLMN

Zdroj: vlastní

6 Realizace

6.1 Fyzická realizace

Vytvoření modulu

Po osazení plošného spoje všemi konektory a rezistorem 4k7 byl na tento plošný spoj připevněn (pomocí distančních sloupků) modul reálného času. Následně bylo zapotřebí tento modul připojit k Raspberry Pi pomocí I²C konektoru na RspIN a vložit do modulu baterii v pouzdře CR2032. Tento celek byl zapojen pomocí GPIO a následně sešroubován opět pomocí distančních sloupků přímo k Raspberry Pi.

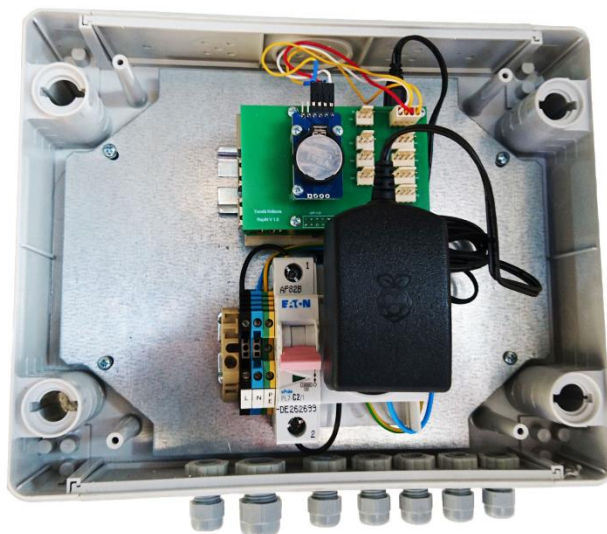


Obrázek 20 – Modul regulace

Zdroj: vlastní

Skříň pro modul

K nasazení modulu bylo zapotřebí vytvořit skříň, ve které bude modul dostatečně chráněn před vnějšími vlivy. Dále bylo zapotřebí do této skříně přivést 230V střídavého napětí a umístit zde zdroj na 5V stejnosměrného napětí pro Raspberry Pi. Jako základ byla použita montážní krabice ABB 12812, s krabicí byl rovněž zakoupen originální montážní plech, na který byly přišroubovány celkem dva kusy DIN lišty dlouhé 100mm. Na první DIN lištu byl umístěn samotný modul regulace a na druhou lištu byly umístěny tři svorky na přivedení 230V pomocí kabelu 3 x 1 mm. Z těchto svorek byla pomocí 1mm lanka zapojena zásuvka (také umístěna na DIN liště) s tím, že fáze prochází jističem a až poté míří do zásuvky.



Obrázek 21 – Skříň s modulem regulace

Zdroj: vlastní

Čidla

Nejprve byl na moduly se senzory připájen vodič SYKFY 2x2x05 a poté byla čidla zachycena v kabelových průchodkách typu PG29 (čidla BH1750) a PG 21 (čidlo BME280). Po utěsnění spodku průchodek byl pomocí injekční stříkačky vyplněn prostor uvnitř vývodek pomocí polyuretanové zalévací hmoty (PL501LR/G27) určené pro zalévání elektrických a elektronických součástek. V případě modulu s čidlem BH1750 bylo do průchodky sevřeno 2 milimetry tlusté plexisklo sloužící k ochraně součástek před vnějšími vlivy. U modulu se senzorem BME 280 byla použita místo plexiskla kovová síťovina, jelikož sensor musí být v přímém kontaktu s ovzduším ve stáji (přílohy B-E).

Mimo stáj byl na propojovací krabici (ABB 00850) dle návrhu umístěn takto upravený senzor k měření intenzity osvětlení (BH1750) společně s čidlem DS18B20 na měření teploty.

Dovnitř stáje byla na totožnou krabici umístěna upravená čidla BH1750 a BME280. Páté čidlo DS18B20 na měření teploty uvnitř stáje má od výroby vodotěsnou úpravu, tudíž jej nebylo potřeba nijak dále upravovat ani umísťovat do krabice (umístění pro toto čidlo bylo určeno do prostoru stáje, co nejbližší k hlavám skotu).



Obrázek 22 – Čidla umístěná v krabicích

Zdroj: vlastní

6.2 Softwarová realizace

V této části bakalářské práce je popsán postup pro instalaci a konfiguraci modulu regulace. Instalace a konfigurace softwaru se provádí především v terminálu systému Raspbian. Pro přehlednost jsou jednotlivé příkazy zvýrazněny tučným písmem a jednotlivé volby jsou tučnou kurzívou.

Příklad:

sudo hwclock -r – příkaz sloužící k zobrazení data a času v paměti modulu reálného času s právy super uživatele

Advanced Options – volba v menu konfigurace systému Raspbian

6.2.1 Instalace operačního systému Raspbian

Operační systém Raspbian lze pořídit na již předinstalované paměťové kartě, nebo na stránkách organizace RaspBerry Pi Foundation (<https://www.raspberrypi.org/>) ho lze najít v sekci downloads soubory potřebné k instalaci. Na těchto stránkách je i popsán podrobný postup instalace. Před každou instalací je potřeba aktualizovat repozitáře pomocí příkazu **sudo apt-get update**.

6.2.2 Nastavení statické IP adresy

Nastavení statické IP adresy je potřebné, jelikož potřebujeme pro přístup do databáze IP adresu znát a nebylo by vhodné, aby se měnila. Pro nastavení statické IP stačí pouze upravit soubor `dhcpcd.conf`.

- **sudo nano /etc/dhcpd.conf**
- upravíme soubor, tak aby zde bylo napsáno:


```
interface eth0
static ip_address=192.168.100.31/24
static routers=192.168.100.1
static domain_name_servers=8.8.8.8
```
- v případě, že chceme použít wifi, připišeme to samé, akorát změníme eth0 na wlan0 a dáme IP adresu (z rozsahu sítě), jež se nesmí shodovat s žádnou v síti
- uložíme pomocí kombinace tlačítek **ctrl** a **x**
- potvrdíme uložení písmenem **y** a stisknutím klávesy **enter**

6.2.3 I²C sběrnice

Nejprve je potřeba sběrnici I²C v Raspbianu aktivovat. Do konfiguračního menu se lze dostat pomocí následujícího příkazu.

- **sudo raspi-config**
- v grafickém rozhraní zvolíme *Advanced Options*
- zobrazí se další menu a v něm je nutné zvolit **I²C**
- následuje dotaz, zde chceme aktivovat I²C, zvolíme **yes**
- opustíme konfigurační menu pomocí tlačítka *Finish*
- potvrdíme restart systému pomocí volby **yes**

Dále je zapotřebí stáhnout nástroj příkazového řádku i2c-tools. Díky tomuto nástroji lze například detekovat zařízení připojená na I²C.

- **sudo apt-get install -y i2c-tools**
- Pro detekci připojených zařízení na I²C slouží příkaz **i2cdetect -y 1**

6.2.4 1-wire sběrnice

Pro aktivaci 1-wire sběrnice je zapotřebí připsat řádek do souboru config.txt, jež se nachází v adresáři /boot.

- **sudo nano /boot/config.txt**
- na konec dokumentu přidáme řádek: **dtoverlay=w1-gpio, gpiopin=4**

- uložíme pomocí kombinace tlačítek **ctrl** a **x**
- potvrdíme uložení písmenem **y** a stisknutím klávesy **enter**
- Resetujeme Raspberry Pi: **sudo shutdown -r now**

Následujícím příkazem ověříme, zda je vše správně nastavené a zde jsou čidla připojená. Zobrazí se nám obsah adresáře `devices`, kde má každý připojený senzor svou složku, která je označena jedinečným číslem senzoru. Například: 28-0416581818ff.

- **cd /sys/bus/w1/devices**

6.2.5 Nastavení systému pro využití modulu reálného času

Dle zdroje [37] se pomocí textového editoru Nano upraví soubor `modules`, který se nachází v adresáři `etc` tak, že na konec souboru přidáme řádek, do kterého se napíše `rtc-ds1307`.

- **sudo nano /etc/modules**
- přidáme řádek **rtc-ds1307**
- uložíme pomocí kombinace tlačítek **ctrl** a **x**
- potvrdíme uložení písmenem **y** a stisknutím klávesy **enter**
- Resetujeme Raspberry Pi: **sudo shutdown -r now**

Nyní se v tabulce `i2cdetect` objeví adresy 57 a 68, což značí, že je zařízení správně zapojené a je správně nastavená I²C sběrnice.

- **sudo i2cdetect -y 1**

Aby byl čas z modulu reálného času načten po startu systému, je zapotřebí upravit soubor `rc.local` připsáním dvou řádků. Tento soubor se nachází v adresáři `etc`.

- **sudo nano /etc/rc.local**
- před řádek s textem „exit 0“ se přidají následující dva řádky:
 - 1) **echo ds1307 0x68 > /sys/class/i2c-adapter/i2c-1/new_device**
 - 2) **hwclock -s**
- uložíme pomocí kombinace tlačítek **ctrl** a **x**
- potvrdíme uložení písmenem **y** a stisknutím klávesy **enter**
- Resetujeme Raspberry Pi: **sudo shutdown -r now**

Nastavíme systémový čas a datum na požadované hodnoty.

- **sudo date -s "10 JAN 2017 12:00:00"** (datum a čas zde uvedené jsou pouze příklad)
- zapíšeme systémový čas do modulu reálného času: **sudo hwclock -w**

Pro kontrolu lze napsat příkaz, který vypíše jak čas systémový, tak čas zapsaný v modulu reálného času.

- **date; sudo hwclock -r**

6.2.6 MongoDB

Pro instalaci databáze MongoDB slouží následující příkaz.

- **sudo apt-get install -y mongodb-org**

Další úkony (spouštění, nastavení mazání dat starších 365 dní, vypínání, a podobně) s databází tvoří skript uvedený v kapitole 6.2.9 a příloze J.

6.2.7 Webové rozhraní CLMN

Pro instalaci a aplikaci webového rozhraní je zapotřebí udělat následující úkony.

- **sudo apt-get install apache2**
- **sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 php5-mcrypt**
- **sudo service apache2 restart**
- **sudo apt-get install php-pear**
- **sudo apt-get install php5-dev**
- **sudo pecl install mongodb**
- **nano /etc/php5/apache2/php.ini** připišem **extension=mongodb.so**
- **sudo /etc/init.d/apache2 restart**
- dekomprimujeme přílohu *k*
- soubory ze složky *www* nakopírujeme do adresáře */var/www/html*
- ostatní soubory přílohy J nakopírujeme do adresáře */var/www/*

6.2.8 Skript pro spuštění potřebného softwaru po startu systému

Skript s názvem dbAutostart.sh slouží především k zapnutí databáze MongoDB a následnému spuštění skriptu main.py (příloha K). Vedlejší funkcí skriptu dbAutostart.sh je logování jeho průběhu do souboru /home/pi/dbAutostartLog.dat.

Výpis skriptu:

```
echo "Started at (UTC)" >> /home/pi/dbAutostartLog.dat
date -u >> /home/pi/dbAutostartLog.dat
echo "Start repair" >> /home/pi/dbAutostartLog.dat
mongod --port 37017 -repair >> /home/pi/dbAutostartLog.dat
echo "Start DB" >> /home/pi/dbAutostartLog.dat
mongod --port 37017 --auth --smallfiles >> /dev/null &
echo "Going to sleep for 6 seconds." >> /home/pi/dbAutostartLog.dat
sleep 6
echo "Starting Python script" >> /home/pi/dbAutostartLog.dat
python /home/pi/measureProject/main.py >> /dev/null &
```

Postup pro spuštění skriptu po startu systému:

- v adresáři /etc/init.d vytvoříme skript s názvem startclmn, jež nás bude odkazovat na umístění skriptu, který chceme po startu systému zapnout
#!/bin/sh
/home/pi/measureproject/dbAutostart.sh
- změníme práva, aby byl soubor spustitelný **chmod ugo+x /etc/init.d/startclmn**
- nastavíme spuštění skriptu startclmn po startu **update-rc.d startclmn defaults**

6.2.9 Skript pro nastavení, čtení a ukládání dat ze senzorů

Skript pro nastavení, čtení a ukládání dat ze senzorů (příloha J) byl napsán v jazyce Python. Jako umístění byl vytvořen adresář /home/pi/measureproject/. Název byl zvolen main.py. Pro vytvoření skriptu byly použity dokumentace napsané výrobcem [24], [26], [28] a části zveřejněných skriptů [38], [39], [40].

7 Nasazení modulu

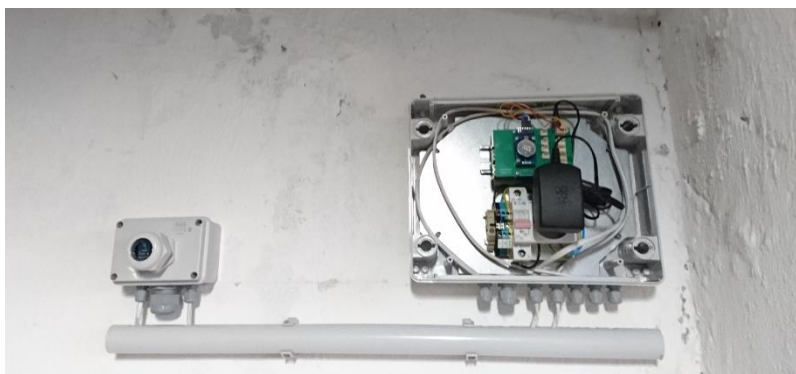
7.1 Popis prostředí

Pro nasazení modulu byla vybrána stáj zrekonstruovaná v roce 2016 o velikosti 45x40 metrů se zhruba dvěma sty kusy skotu. Ve stáji se nacházely následující čtyři regulační prostředky:

- Led osvětlení v šesti řadách umístěných po celé délce stáje. Osvětlení je rozděleno na tři okruhy, které lze samostatně zapnout nebo vypnout.
- Osm kusů řemenových jedno rychlostních ventilátorů. Ventilátory jsou zapojeny tak, že je lze spínat po řadách o čtyřech kusech.
- Na východní a západní straně stáje jsou místo stěn boční plachty. Každou z těchto stran lze pomocí elektromotorů individuálně umístit do tří poloh a to 100%, 50% , 0% kde 100% značí, že stájové plachty jsou rozvinuty přes celou stěnu.
- Systém rosení, díky kterému lze rozprašovat vodu na východní a západní straně stáje. Každou z těchto stran lze spouštět separátně.

7.2 Montáž modulu

Základ modulu v ochranné skříni, tedy RaspBerry pi s tištěným plošným spojem RspIN a ostatními komponenty uvedenými v kapitole 6.1.2 byl umístěn do jiho západního rohu stáje ve výšce 220cm. Čidla BH1750 a BME 280 určená pro měření veličin uvnitř stáje byla umístěna o 30 cm dále ve směru do vnitřku stáje (přílohy F-H).



Obrázek 23 – Ochranná skříň s komponenty, čidla BH1750 a BME280

Zdroj: vlastní

Čidlo DS18B20 určené pro měření teploty uvnitř stáje, bylo umístěno pomocí stahovacích pásek na sloup přímo vedle antény systému pro měření pohybové aktivity skotu, jež se nachází ve výšce 2,5 m.



Obrázek 24 – Čidlo DS18B20 umístěné v prostoru stáje

Zdroj: vlastní

Vnější čidla BH1750 a DS18B20, určená k analyzování vnějšího klima, byla umístěna na budovu dojírny. Díky tomu, že budovy na sebe navazují, bylo možné provrtat zdivo do objektu dojírny. Zde byla (pomocí lišty) vnitřkem vedena kabeláž dlouhá 1,1 metru a následně bylo provrtáno obvodové zdivo, aby bylo čidlo umístěno vně budovy.



Obrázek 25 – Čidla DS18B20, BH1750 vně stáje

Zdroj: vlastní

7.3 Průběh nasazení

První nasazení

V první fázi byl modul nasazen na dobu 39 dní. Během těchto 39 dnů byla čidla zapojena pomocí nepájivého pole místo plošného spoje RspIN a čidla byla pouze zachycena v průchodkách bez jakéhokoli plexiskla či kovové sítě. V této fázi nasazení byly zjištěny následující nedostatky:

- čidla BH1750 se zanášela prachem
- dříve než se načel Network time protokol, databáze dle nastavení smazala data starší než 365, což byla kvůli nesprávnému datu a času všechna

Po první fázi nasazení byly navrženy a realizovány úpravy pro odstranění zjištěných nedostatků:

- u čidel BH1750 byl problém vyřešen zakrytím senzoru plexisklem
- nevhodné použití Network time protokolu bylo vyřešeno přidáním modulu reálného času

Druhé nasazení

V druhé fázi nasazení byl již modul nasazen v konečné verzi, jak je uvedeno v kapitole 6 této práce. Ke dni 17.4. 2017 druhé nasazení probíhá 28 dní. V druhém nasazení nebyla ke stejnému datu zjištěna chyba.



Obrázek 26 - Rozmístění komponent

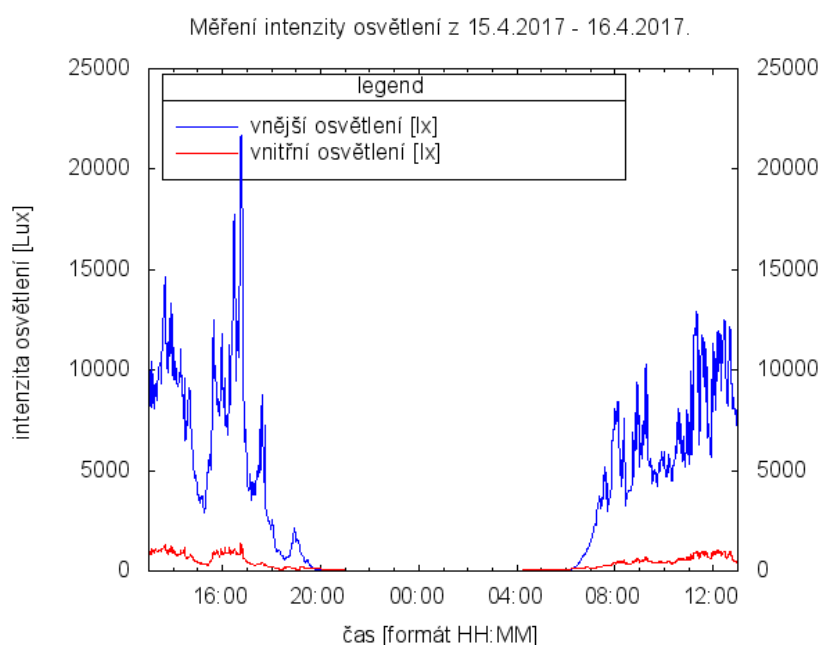
Zdroj: vlastní

Na obrázku X je znázorněno rozmístění komponent modulu ve stáji v průběhu nasazení. Jednička značí umístění Raspberry Pi, desky plošných spojů RspIN a vnitřních čidel

BH1750 a BME280. Číslo dvě značí umístění vnějších čidel DS18B20, BH1750 a číslo tři znázorňuje umístění čidla DS18B20 umístěného na sloupu, jež slouží k měření teploty na stáji.

7.4 Grafy znázorňující naměřená data během nasazení

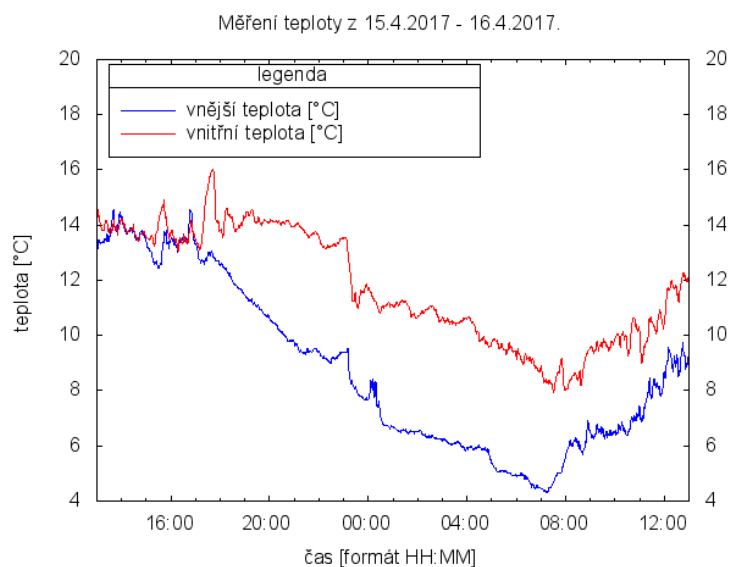
Během druhého nasazení byl skript pro sběr dat nastaven na zapisování dat ze senzorů pravidelně každou minutu. Z těchto dat byly vytvořeny grafy zobrazeny na obrázcích X-X.



Obrázek 27 - Průběh osvětlení ve stáji ve 24 hodinách

Zdroj: Vlastní

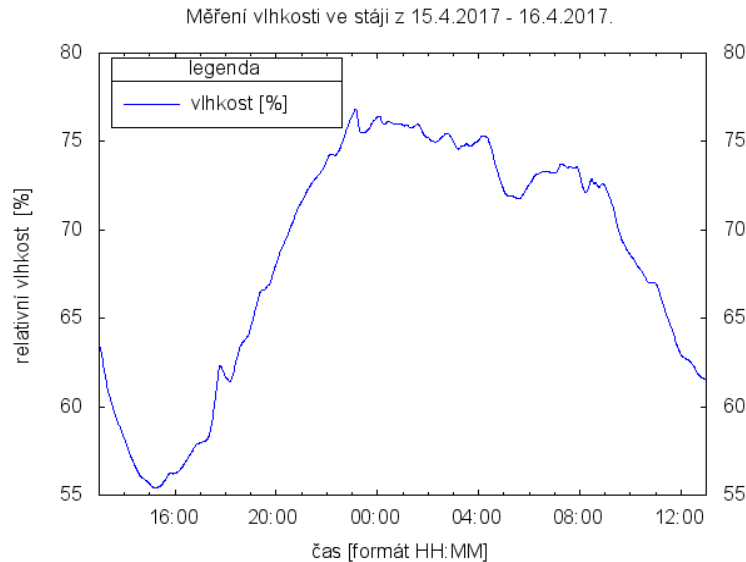
Na obrázku 27 si lze všimnout závislosti vnitřního osvětlení na osvětlení vnějším. Na grafu je také znázorněno, že mezi 21 hodinou a 4 hodinou ranní bylo naměřeno 0 luxů.



Obrázek 28 - Průběh teplot ve stáji ve 24 hodinách

Zdroj: Vlastní

Na obrázku 28 je k vidění závislost teploty vnitřní na teplotě vnější. V časech 14:00 – 17:00 byly otevřeny boční svinovací plachty, tudíž vnější čidlo naměřilo teplejší vzduch unikající ze stáje.



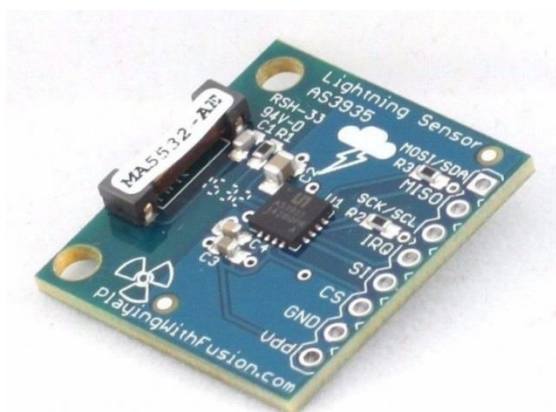
Obrázek 29 - Průběh vlhkosti ve stáji ve 24 hodinách

Zdroj: Vlastní

Obrázek 29 znázorňuje průběh relativní vlhkosti na stáji. Kromě čtyř hodin (kdy vlhkost mírně poklesla) byla po celou dobu dne vlhkost v ideálním rozmezí (60-80%) dle zdroje [7].

8 Možná vylepšení

Zásadní zlepšení, jež by bylo nutné v případě rozhodnutí o plošném nasazení vytvořeného modulu je doplnění plošného spoje RspIN o přepět'ové ochrany. Další přínosné vylepšení by bylo doplnění celku o modul pro detekci blesků AS3925. Tento modul je schopen detekovat bouři do vzdálenosti 40 km a následně odhadnout v jaké vzdálenosti se bouře nachází [41]. Řídící jednotka systému pro automatické řízení stáje by díky tomuto modulu mohla dát impuls k zatažení bočních svinovacích plachet z důvodu zamezení nadměrného průvanu ve stáji.



Obrázek 30 - Modul pro detekci blesků AS 3925

Zdroj: [42]

9 Závěr

Cílem práce bylo seznámení s konkrétním řešením systému řízení stáje a poté pro tento systém vytvořit modul regulace obsahující jednodeskový počítač RaspBerry Pi, který lze použít místo dosavadního systému sběru fyzikálních veličin ve stáji. Účel modulu regulace je analyzovat teplotu, vlhkost, atmosférický tlak a intenzitu osvětlení ve stáji a následně tato data uložit do databáze, jež umožní přístup k datům řídicí jednotce automatického systému řízení stáje.

Cíle práce byly naplněny. Úvod této práce se zabývá hlavními důvody, proč zavádět automatizaci stáji pro chov skotu. Následně jsou v práci uvedeny definice měřených veličin a důvody, proč je vhodné tyto veličiny ve stáji analyzovat. Dále je v práci popsán systém automatického řízení stáje, pro který byl modul regulace navrhován.

Další kapitola se zabývá návrhem nového řešení, na kterou navazuje kapitola zabývající se vytvořením navrhovaného modulu. Závěrečná část práce popisuje nasazení modulu do automatizované stáje.

Navržený modul je nezávislý na ostatních technologiích. Měří veličiny: teplota, relativní vlhkost, atmosférický tlak a intenzita osvětlení. Teplotu a intenzitu osvětlení měří i mimo stáj, jelikož je to nezbytné pro řídicí algoritmus stáje, jež se nachází v řídicí jednotce systému automatického řízení stáje. Naměřená data jsou ukládána do databáze MongoDB a pro přístup do této databáze je potřeba zadat správné parametry autentizace. Pro plošné nasazení modulu by bylo vhodné upravit plošný spoj RspIN přidáním přepěťových ochran.

V případě úspěšného dlouhodobého testování firma, pro niž byl modul navrhován, uvažuje o reálném nasazení modulu v budoucích systémech automatického řízení stáje.

10 Literatura

- [1] BROOM, D.M. *Indicators of poor welfare*. Iniversity of Reading, 1986.
- [2] VEČERA, Milan, D. FALTA a G. CHLÁDEK. *The effect of low and high barn temperatures on behaviour and performance of Holstein dairy cows*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2012.
- [3] SMUTNÝ, Luboš, Anna ŠIMKOVÁ, František KRUPKA, Kateřina ŠVEJDOVÁ a Miloslav ŠOCH. Stájové mikroklima. *AUTOMA*. 2015, 2015(7), 12.
- [4] LEPIL, Oldřich. *Malý lexikon fyziky*. Praha: Prometheus, 1995. ISBN 80-85849-77-1.
- [5] DOLEŽAL, Oldřich a Stanislav STANĚK, BEČKOVÁ, Ilona, Daniela ČERNÁ a Jan DOLEJŠ, ed. *Chov dojeného skotu: technologie, technika, management*. Praha: Profi Press, 2015. ISBN 978-80-86726-70-0.
- [6] CHLOUPEK, Jan a Pavel SUCHÝ. *Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata*. Brno, 2008.
- [7] Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). *Meteorologický slovník* [online]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- [8] ŠOCH, Miloslav. Vliv prostředí na vybrané ukazatele pohody skotu. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7040-742-5.
- [9] KIC, Pavel a Václav BROŽ. *Tvorba stájového prostředí*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1995. Stavebnictví (šedá ř.). ISBN 80-7105-106-3.
- [10] Atmosférický tlak. *Meteocentrum* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/encyklopedie/atmosfericky-tlak>
- [11] PAPEŽ, Karel. *Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.
- [12] DOLEŽAL, O. – BÍLEK, M.: *Světelná pohoda ve stájích pro dojnice*. Preferenční testace. *Light welfare in dairy cow stables*. VUF Brno, 2001, s. 40–43.

- [13] [KATARÍNA STŘELCOVÁ .. (EDS.) SLOVENSKÁ BIOKLIMATOLOGICKÁ SPOLOČNOST]. *International scientific conference bioclimatology and natural hazards: proceedings; [17-20 September, Zvolen - Polana nad Detvou, Slovakia]*. Zvolen: Slovenská Bioklimatologická Spoločnosť, 2007. ISBN 9788022817608.
- [14]. Raspberry Pi 2 sells half a million in three weeks. *Fudzilla* [online]. NICK FARRELL, 2015 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://fudzilla.com/news/37067-raspberry-pi-2-sells-half-a-million-in-three-weeks>
- [15] Raspberry Pi 3. In: *Raspberrypi* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/wp-content/uploads/2016/02/Raspberry-Pi-3-top-down-web.jpg>
- [16] UPTON, Eben a Gareth HALFACREE. *Raspberry Pi: uživatelská příručka*. Brno: Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-4116-8.
- [17] RaspBerry Pi GPIO. In: *Malnappc* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://malnappc.hu/wp-content/uploads/2015/07/Raspberry-Pi-GPIO-40.jpg>
- [18] PRAX, Jakub. *Využití sběrnice I2C pro komunikaci s externím zařízením*. Brno, 2007. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Ing. Tomáš Frýza Ph.D.
- [19] I2C komunikace. In: *I2C* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://i2c.info/wp-content/images/i2c.info/command.gif>
- [20] I2C Bus Specification. *I2c* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://i2c.info/i2c-bus-specification>
- [21] TŮMA, Pavel. *Moderní způsoby sběru dat* [online]. České Budějovice, 2007 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: http://www.theses.cz/id/bj7mek/downloadPraceContent_adipIdno_4382. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Michal Šerý.
- [22] *Sandisk* [online]. Milpitas [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <https://www.sandisk.com/home/memory-cards/microsd-cards/ultra-microsd-48mbs>

- [23] *RASPBERRY PI UNIVERSAL POWER SUPPLY* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/products/universal-power-supply/>
- [24] *Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC BH1750FVI* [online]. In: . Ukyō-ku: ROHM Co., 2014 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product/download&download_id=80&product_id=184
- [25] BH1750. In: *Hwpro* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/image/cache/catalog/produkty/BH1750_3-800x600.jpg
- [26] *BME280 Combined humidity and pressure sensor* [online]. In: . Stuttgart: Robert Bosch, 2015 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: https://ae-bst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BME280_DS001-11.pdf
- [27] BME280. In: *Hwpro* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/image/cache/catalog/produkty/BMP280_1-228x228.jpg
- [28] *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer* [online]. In: . San José: Maxim Integrated [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.530-067.1.pdf>
- [29] DS18B20. In: *Hwpro* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/image/cache/catalog/produkty/HW0424_1-228x228.jpg
- [30] *DS3231 Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal* [online]. In: . San José: Maxim Integrated, 2015 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product/download&download_id=69&product_id=153
- [31] DS18B20: RTC3231. In: *Hwpro* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/image/cache/catalog/produkty/RTC3231_1-228x228.jpg
- [32] Raspbian. *Rpiblog* [online]. Jaroslav Hůna, 2015 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://rpiblog.cz/archiv/646>
- [33] O Debianu. *Debian* [online]. Miroslav Kuře [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.debian.cz/info/about.php>

- [34] HEJTMÁNKOVÁ, Kateřina. *Využití MongoDB s Node.js*. Praha, 2016.
- [35] *Itnetwork* [online]. David Čápka, 2014 [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://www.itnetwork.cz/python/zaklady/python-tutorial-uvod-do-pythonu-a-zakladni-matematicke-operace>
- [36] BASH - I. *Abclinuxu* [online]. Jan Fuchs, 2003 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/navody/bash-i>
- [37] Adding a DS3231 Real Time Clock To The Raspberry Pi. *Raspberrypi-spy* [online]. Matt Hawkins, 2015 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2015/05/adding-a-ds3231-real-time-clock-to-the-raspberry-pi/>
- [38] Read data from a digital pressure sensor. *Bitbucket* [online]. Matt Hawkins, 2016 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://bitbucket.org/MattHawkinsUK/rpispymisc/raw/master/python/bme280.py>
- [39] Read data from a digital light sensor. *Bitbucket* [online]. Matt Hawkins, 2015 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://bitbucket.org/MattHawkinsUK/rpispymisc/raw/master/python/bh1750.py>
- [40] Raspberry Pi 1- Wire Digital Thermometer Sensor (DS18B20). *Raspberrypi-spy* [online]. Matt Hawkins, 2013 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2013/03/raspberry-pi-1-wire-digital-thermometer-sensor/>
- [41] Datasheet AS3925. In: *Meteororange* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.meteororange.fr/scripts/AS3935.pdf>
- [42] AS3925. In: *Hwpro* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/image/cache/catalog/produkty/AS3935_3-228x228.jpg

11 Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 - Soustava ventilátorů | 11 |
| Obrázek 2 - Tryska systému rosení | 12 |
| Obrázek 3 - Boční svinovací plachty | 13 |
| Obrázek 4 - High level design systému automatického řízení stáje..... | 14 |
| Obrázek 5 - Software pro ovládání stáje | 15 |
| Obrázek 6 - Řídící jednotka | 16 |
| Obrázek 7 - Výstupový modul | 16 |
| Obrázek 8 - Anténa pohybové aktivity | 17 |
| Obrázek 9 - Anténa pohybové aktivity ve stáji | 17 |
| Obrázek 10 - High level design návrhu | 19 |
| Obrázek 11 - RaspBerry Pi 3 model B [15]..... | 21 |
| Obrázek 12 - Raspberry Pi 3 port GPIO [17] | 21 |
| Obrázek 13 – Ukázka I ² C komunikace [19] | 22 |
| Obrázek 14 - Modul BH1750 [25]..... | 23 |
| Obrázek 15 - Modul BME280 [27]..... | 24 |
| Obrázek 16 – Senzor DS18B20 [29] | 24 |
| Obrázek 17 - Modul DS3231SN, 24C32 [31] | 25 |
| Obrázek 18 - Plošný spoj RspIN | 25 |
| Obrázek 19 – Ukázka webového rozhraní CLMN | 26 |
| Obrázek 20 – Modul regulace | 27 |
| Obrázek 21 – Skříň s modulem regulace | 28 |
| Obrázek 22 – Čidla umístěná v krabicích | 29 |
| Obrázek 23 – Ochranná skříň s komponenty, čidla BH1750 a BME280 | 34 |
| Obrázek 24 – Čidlo DS18B20 umístěné v prostoru stáje | 35 |
| Obrázek 25 – Čidla DS18B20, BH1750 vně stáje | 35 |
| Obrázek 26 - Rozmístění komponent | 36 |
| Obrázek 27 - Průběh osvětlení ve stáji ve 24 hodinách | 37 |
| Obrázek 28 - Průběh teplot ve stáji ve 24 hodinách | 38 |
| Obrázek 29 - Průběh vlhkosti ve stáji ve 24 hodinách | 38 |
| Obrázek 30 - Modul pro detekci blesků AS 3925 [42]..... | 39 |

12 Seznam příloh

Příloha A – fotografie centrálního rozvaděče pro řízení stáje

Příloha B – fotografie ukázky senzoru BH1750 před zalitím

Příloha C – fotografie ukázky senzoru BH1750 před zalitím

Příloha D – fotografie ukázky senzoru BH1750 po zalití

Příloha E - fotografie přidání plexiskla na senzor BH1750

Příloha F - fotografie nasazení

Příloha G - fotografie nasazení

Příloha H - fotografie nasazení

Příloha I – komprimovaný soubor (I.zip) obsahující potřebné soubory k zprovoznění webového rozhraní CLMN

Příloha J – komprimovaný soubor (J.zip) obsahující skript „main.py“ sloužící pro nastavení, čtení a ukládání dat ze senzorů

Příloha K - komprimovaný soubor (K.zip) obsahující skript „dbAutostart.sh“ sloužící pro spuštění potřebného softwaru po startu systému

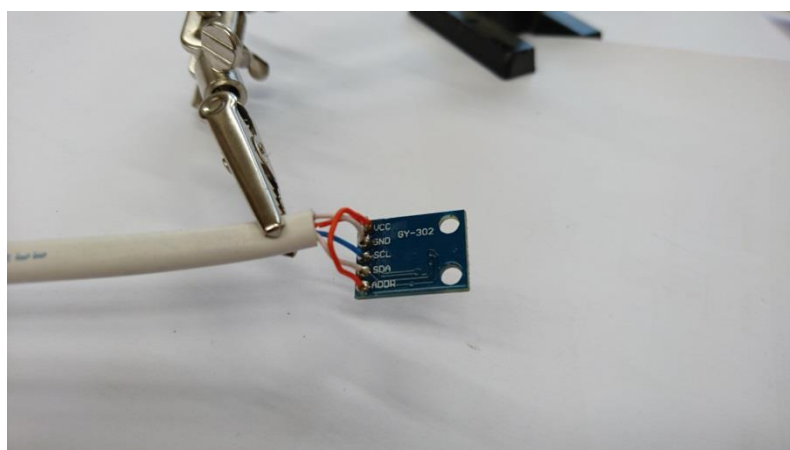
Příloha L – práce v elektronické podobě (L.pdf)

13 Přílohy



Příloha A - centrální rozvaděč pro řízení stáje

Zdroj: vlastní



Příloha B - ukázka senzoru BH1750 před zalitím Zdroj: vlastní



Příloha C - ukázka senzoru BH1750 před zalitím

Zdroj: vlastní



Příloha D - ukázka senzoru BH1750 po zalití

Zdroj: vlastní



Příloha E - přidání plexiskla na senzor BH1750

Zdroj: vlastní



Příloha F – nasazení

Zdroj: vlastní



Příloha G – nasazení

Zdroj: vlastní



Příloha H – nasazení

Zdroj: vlastní