



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Fakulta informatiky a informačných technológií STU

Ústav počítačových systémov a sietí

ZADANIE SEMESTRÁLNEHO PROJEKTU

Predmet: **VNORENÉ SYSTÉMY**

Riešitelia: **Bc. Martin Dulovič**

Školský rok: **2015/2016**

Názov projektu: **Meteostanica**

Zadanie:

Navrhните a implementujte vnorený systém s použitím vývojovej dosky Raspberry Pi 2 Model B na báze mikropočítača ARM Cortex-A7, ktorý bude v pravidelných intervaloch zaznamenávať nameranú teplotu, relatívna vlhkosť a rosný bod. Údaje namerané prostredníctvom senzorov budú zaznamenané spolu s aktuálnym časom a dátumom do externej pamäte realizovanej formou SD karty. Namerané dáta budú interpretované pomocou webovej aplikácie.

Projekt musí obsahovať:

1. Analýzu problematiky
2. Opis postupu riešenia
3. Výsledky riešenia a ich zhodnotenie
4. Zoznam použitej literatúry
5. Technickú dokumentáciu
6. Pamäťové médium obsahujúce softvérové časti riešenia spolu so všetkou dokumentáciou

Termín odovzdania: Posledné cvičenie z predmetu v zimnom semestri 2015/2016

V Bratislave dňa 18.5.2016

1. Úvod

Ako tému pre semestrálny projekt som sa rozhodol zhodovať meteostanicu, ktorá bude zaznamenávať veličiny teplota a relatívna vlhkosť vzduchu a z týchto veličín vypočíta rosný bod. Meteostanica bude postavená na vývojovej doske Raspberry Pi 2 Model B s mikroprocesorom ARM Cortex-A7 4x 900Mhz. Meranie veličín bude prebiehať periodicky každú hodinu. Namerané dáta budú ukladané do databázy. Na vývojovej doske bude takiet' bežať web server, na ktorom sa budú namerané dáta vizualizovať pomocou grafov.

2. Analýza

Pre tento projekt bol zvolený nasledujúci **Hardware**:

- Raspberry Pi 2 Model B
- SanDisk Micro SDHC 16GB Class 10 UHS-I
- Senzor teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu SHT11
- Breadboard 420 pin
- "Jumper" káble typu M/M + M/F
- 10k ohm rezistor
- Pájkovačka SH815B 40W

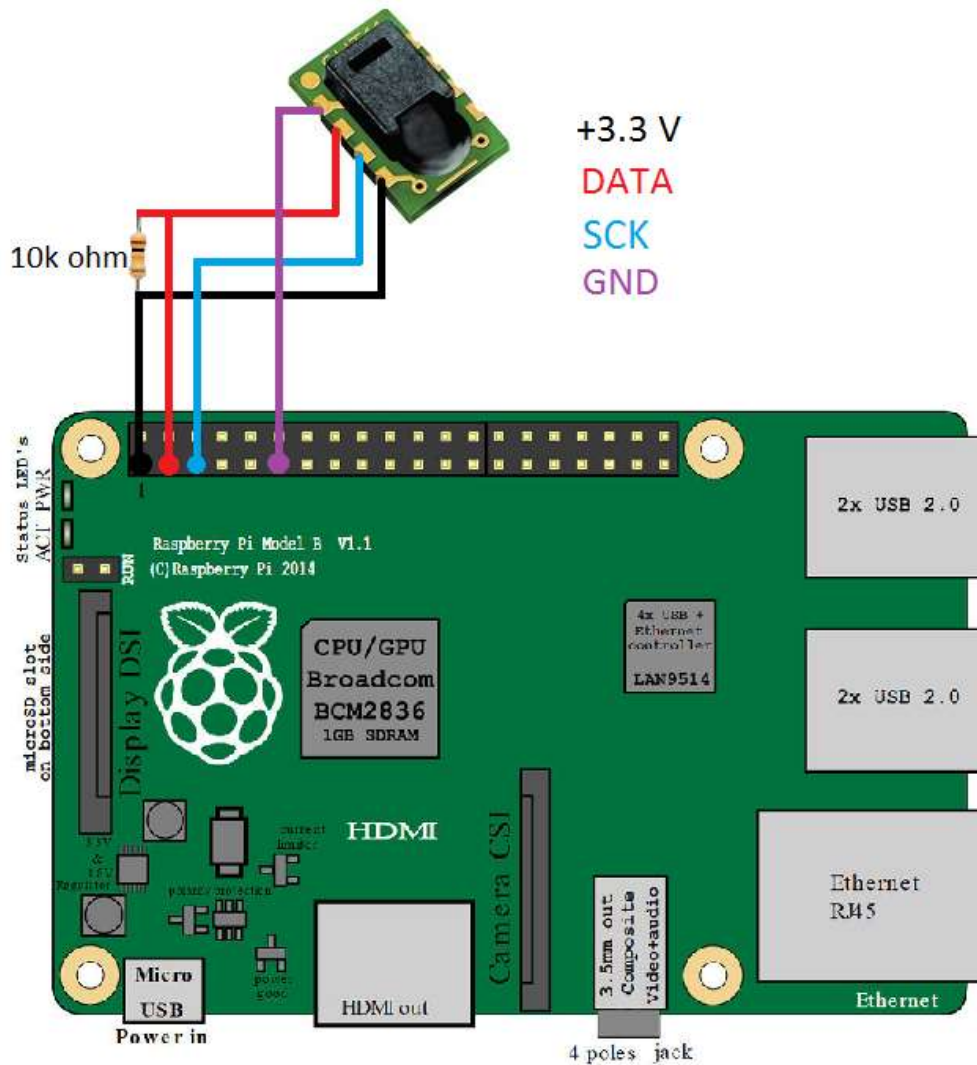
Pre tento projekt bol zvolený nasledujúci **Software**:

- OS Rasberian
- Mysql databáza
- Apache2 webserver
- Knížnice:
 - AmCharts (java script)
 - rpiSht1x (python)
 - RPi.GPIO (python)
 - mysql.connector (python)

3. Návrh

Návrh prepojenia vývojevej dosky Raspberry Pi 2 Model B so senzorom neelektrických veličín SHT11 je nasledovný.

SHT 11 (pin)	Raspberry Pi 2 Model B (pin)
GND	GPIO 6
VDD	GPIO 1
DATA	GPIO 1 cez 10k ohm rezistor
DATA	GPIO 2
SCK	GPIO 3



Obrázok č. 1 Návrh zapojenia

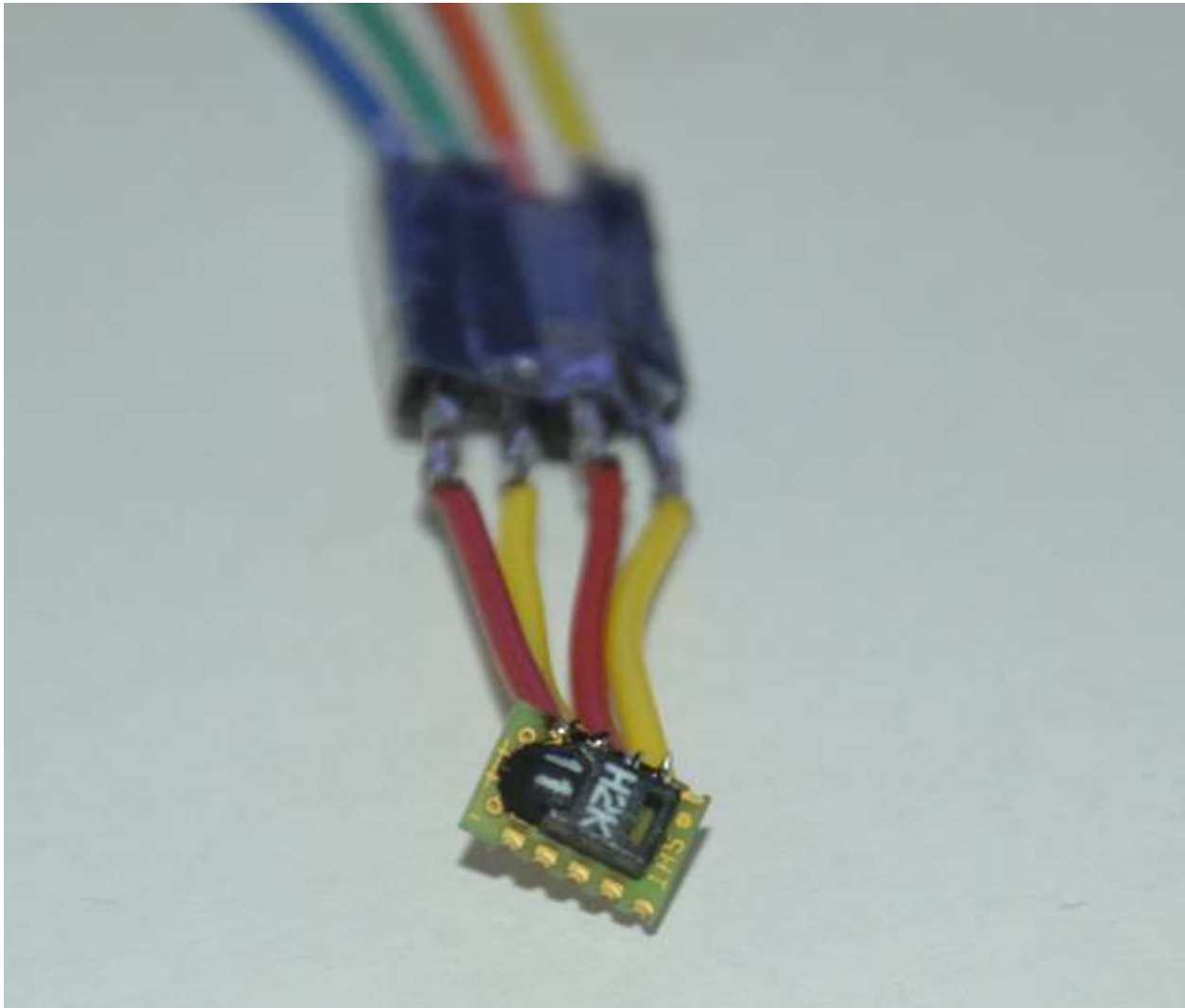
Na obrázku č.1 je Raspbbery 1 Pi Model B, schéma jeho PCB je takmer identická s verziou 2.

4. Implementácia

Hardware

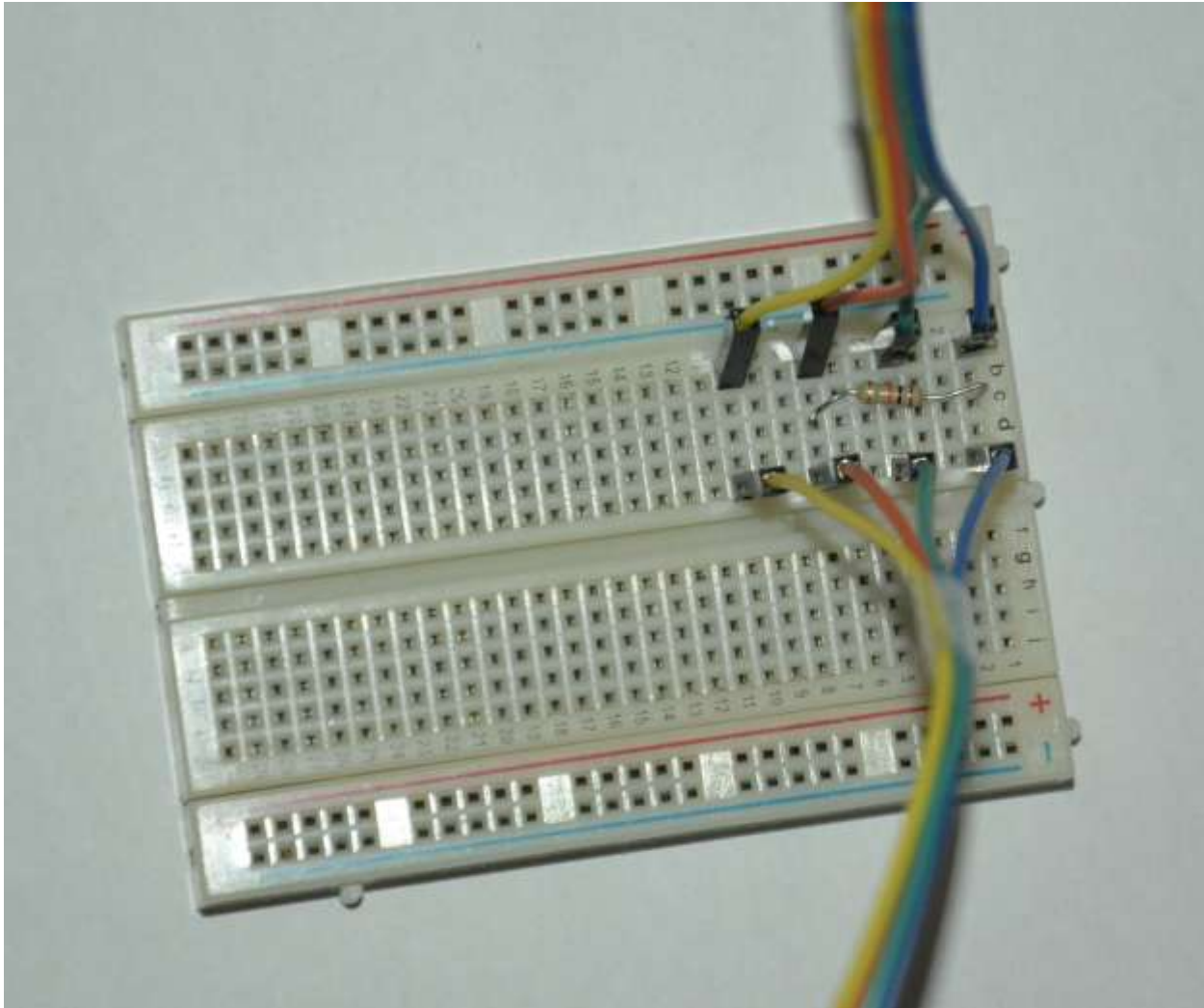
Finálne zapojenie je rovnaké ako návrh zapojenia s výnimkou pridania breadboardu medzi zariadeniami Raspberry Pi 2 Model B a senzorom SHT11.

Keďže senzor SHT11 je typu SMD (viď. Obrázok č.1), bolo nutné na neho “napájkovať” 4 káble (VDD, GND, DATA, SCK). Pájkovanie prebehlo za pomoci pájkovačky SH815B, pri procese bol použitý cín a živica. Výsledok tohoto procesu môžeme vidieť na obrázku č.3.



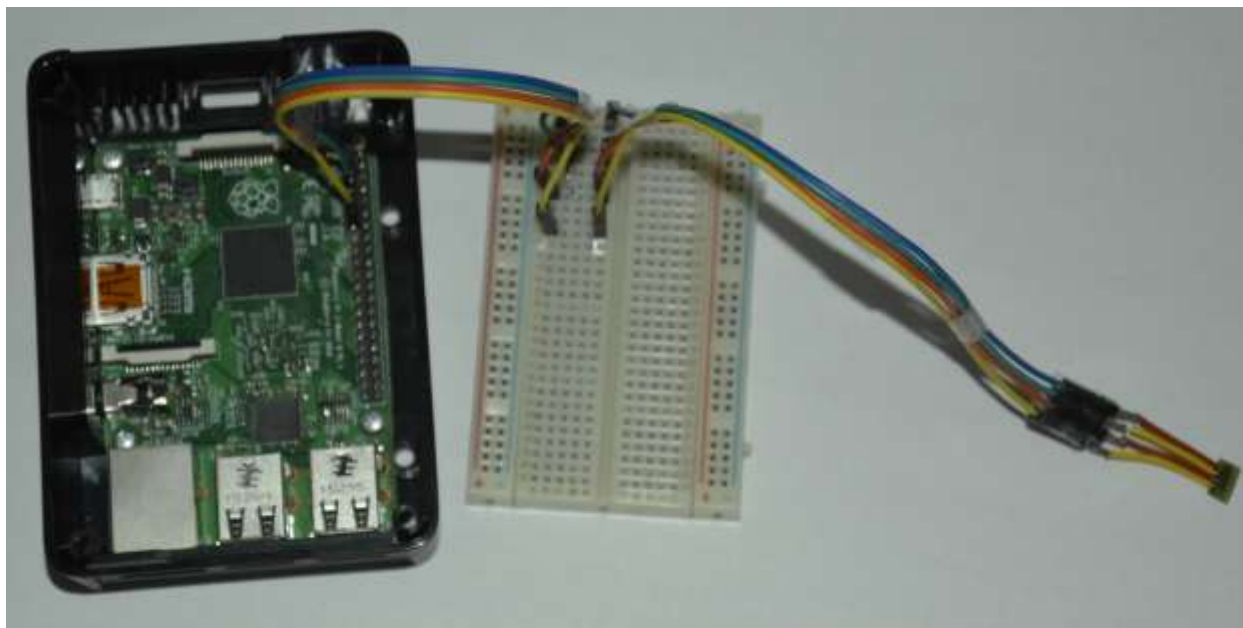
Obrázok č. 2 Senzor SHT11 po pájkovaní

Na napájkované káble boli nastrčené gumové baly na ochranu vodičov. Druhý koniec káblu bol následne napájkovaný na jumper káble typu M/M. Tieto káble boli následne spojené s breadboardom. Na breadboarde je medzi káblami DATA a VDD zapojený 10k ohm rezistor (vid'. Obrázok č. 3).



Obrázok č. 3 Zapojenie rezistora na breadboarde

Výsledné zapojenie môžeme vidieť na obrázku č.4.



Obrázok č. 4 Výsledné zapojenie

Software

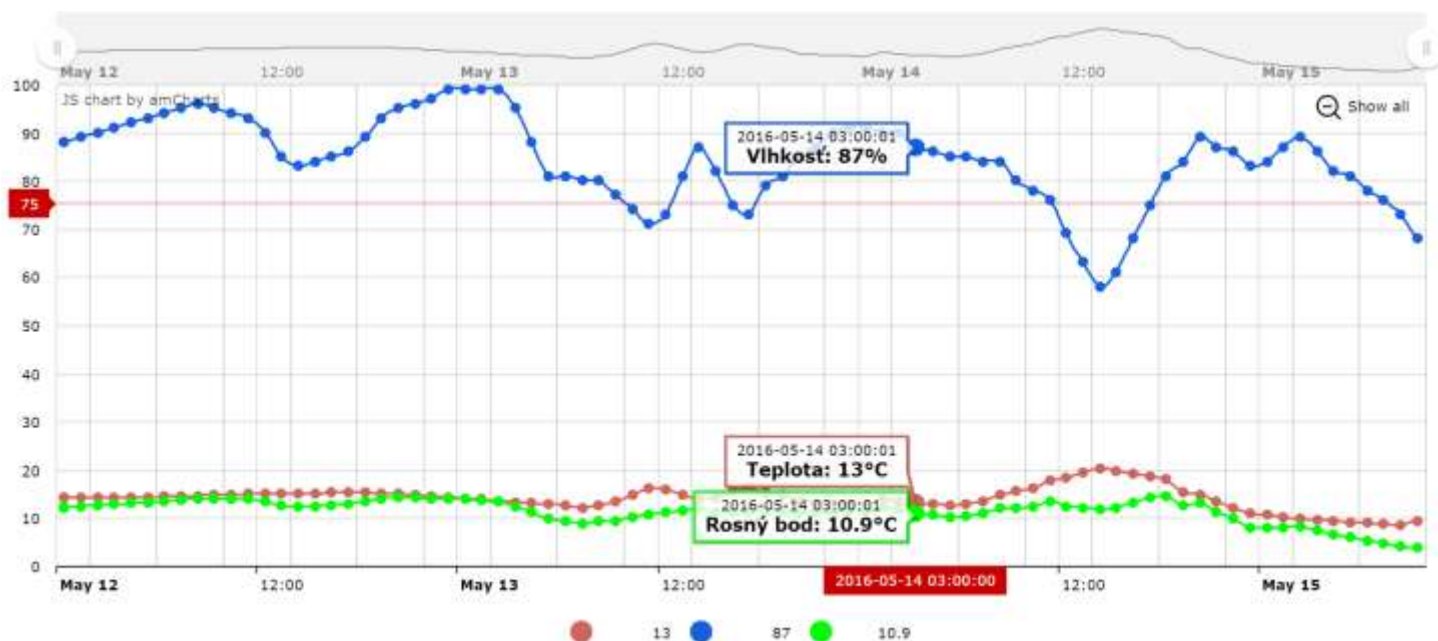
Ako operačný systém bol použitý Rasberian OS. Je to distribúcia Debianu špeciálne optimalizovaná pre hardware, ktorý používa Raspberry Pi. Tento operačný systém a všetky dáta a programy čo na ňom bežia sú uložené na Sandisk mico SDHC karte s kapacitou 16 GB.

Program, ktorý komunikuje, resp. číta údaje zo senzora SHT11 bol napísaný v jazyku Python, za pomoci knižníc „rpiSht1x“ a „RPi.GPIO“. Tieto knižnice poskytujú kontrolu GPIO rohranie na vývojovej doske Raspberry Pi a čítanie hodnôt veličín teplota a realltívna vlhkosť zo senzora SHT11. Pri riešení bola použitá ešte jedna knižnica a to „mysql.connector“, ktorá poskytuje komunikáciu s mySQL databázou. V tejto databáze sa ukladajú namerané veličiny teplota, realltívna vlhkosť ako aj rosný bod, ktorý sa vypočítava z týchto nameraných veličín. Použitý vzorec na výpočet rosného bodu je nasledovný:

$$\text{Rosný_bod} = 243.04 * (\text{LN}(\text{vlhkost}/100) + ((17.625 * \text{teplota}) / (243.04 + \text{teplota}))) / (17.625 - \text{LN}(\text{vlhkost} / 100) - ((17.625 * \text{teplota}) / (243.04 + \text{teplota})))$$

Program ukladá dáta do databázy periodicky každú hodinu pomocou programu Cron.

Vizualizácia nameraných dát je uskotočnená pomocou webovej aplikácie napísanej v jazyku PHP, HTML a JAVA Scriptu. Ako web server bol zvolený Apache2, ktorý dokáže komunikovať s databázou mySQL. Na obrázku č.5 môžeme vidieť danú aplikáciu.



Obrázok č. 5 Webová aplikácia

Vo webovej aplikácii je možné vybrať si časový interval zobrazenia nameraných dát, ako aj filtrovať veličiny, ktoré chceme vidieť. Webová aplikácia je responzívneho charakteru. Na aplikáciu sa dá prístup v ľubovoľný čas z internetu. Táto funkcionlita bola dosiahnutá nastavením port-forwardingu portu 80 na Raspberry Pi na domácom smerovači.

5. Záver

V tomto projekte sme úspešne navrhli a implementovali meteostanicu, ktorej základom bola vývojová doska Raspberry Pi 2 Model B a senzor teploty a relatívneho tlaku SHT11.

Meteostanica bola následne nasadená do domáceho používania. Na meteostanicu je možné sa napojiť z internetu, cez port 80 sa dostaneme do webovej aplikácie a cez port 22, pomocou SSH sa dostaneme v vzdialenej správe vývojovej dosky, ktorá sa správa ako server.

6. Zdroje

- [1] https://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity_Sensors/Sensirion_Humidity_Sensors_SHT1x_Datasheet_V5.pdf
- [2] http://elinux.org/RPi_Low-level_peripherals
- [3] <https://pypi.python.org/pypi/RPi.GPIO>
- [4] <https://pypi.python.org/pypi/Pi-Sht1x>
- [5] <https://dev.mysql.com/doc/connector-python/en/connector-python-example-cursor-transaction.html>
- [6] <http://andrew.rsmas.miami.edu/bmcnoldy/Humidity.html>
- [7] <http://www.chartjs.org/docs/>

7. Príloha A – Technická dokumentácia

Na implementáciu predkladanej meteostanice potrebujeme hardware a software, ktorý bol spomenutý v kapitole 2. Postup inštalácie je nasledovný:

1. Nainštalovať operačný systém Rasberian na Raspberry Pi 2 Model B
2. Nainštalovať programy Python, mySQL, Apache2, PHP, phpMyadmin
3. Rozbaliť súbor meteo.zip v ľubovoľnom priečinku
4. Nainštalovať knižnice rpiSht1x a RPi.GPIO
5. V súbore meteo.py upraviť prihlasovacie údaje na nami nainštalovanú databázu
6. Pridať python script meteo.py do crontabu (s periódou 1h)
7. Po spustení phpMyadmin, importovať súbor meteo.sql
8. Rozbaliť súbor webapp.zip v priečinku /var/www/html/meteo
9. V súbore data.php upraviť prihlasovacie údaje na nami nainštalovanú databázu
10. Hardware zapojiť ako to bolo opísané v kapitole 2.

Na takto inštalovanú meteostanicu, konkrétne jej časť webovú aplikáciu, sa môžeme napojiť pomocou webového prehliadača cez odkaz http://<ip_adresa_Raspbbery>/meteo. Dané riešenie poskytuje napojenie sa na webovú aplikáciu len z lokálnej siete, v korej je meteostanica implementovaná. Alternatívne keď chceme pristupovať na webovú aplikáciu z internetu, musíme nastaviť port-forwarding portu 80 na domácom smerovači. Po takejto zmenej webovú aplikáciu môžeme navštíviť na adrese [http://<ip_adresa od ISP>/meteo](http://<ip_adresa_od_ISP>/meteo).

8. Príloha B – Zdrojové kódy

```
meteo.py x meteo.sql x
1  from time import sleep
2  import mysql.connector
3  import math
4  import RPi.GPIO as GPIO
5  from pi_sht1x import SHT1x
6
7  DATA_PIN = 2
8  SCK_PIN = 3
9
10
11 def main():
12     # cast senzoru
13     with SHT1x(DATA_PIN, SCK_PIN, gpio_mode=GPIO.BCM) as sensor:
14
15         temp = sensor.read_temperature()
16         humi = sensor.read_humidity(temp)
17
18         cnx = mysql.connector.connect(user='user', password='pass',
19                                       host='localhost', database='meteo_station')
20         cursor = cnx.cursor()
21         sleep(2)
22
23         # vypočet rosného bodu
24         dewp = 243.04 * (log(humi/100) + ((17.625*temp) / (243.04+ temp
25         ))) / (17.625-log(humi /100) - ((17.625* temp) / (243.04+ temp
26         )))
27
28         # databazova cast
29         add_data = ("INSERT INTO stats "
30                   "(temp, humi, dewp) "
31                   "VALUES %(temp)s, %(humi)s, %(dewp)s")
32
33         data = {
34             'temp': temp,
35             'humi': humi,
36             'dewp': dewp,
37         }
38         cursor.execute(add_data, data)
39
40         cnx.commit()
41
42         cursor.close()
43         cnx.close()
44
45
46 if __name__ == "__main__":
47     main()
```

Obrázok č. 6 Hlavný kód meteostanice

```
meteo.py x meteo.sql x
1 SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
2 SET time_zone = "+00:00";
3
4 --
5 -- Databáza: `meteo_station`
6 --
7
8 -----
9
10 --
11 -- Štruktúra tabuľky pre tabuľku `stats`
12 --
13
14 CREATE TABLE IF NOT EXISTS `stats` (
15   `id` int(11) NOT NULL,
16   `date` timestamp NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
17   `temp` float(5,1) DEFAULT NULL,
18   `humi` float(5,0) DEFAULT NULL,
19   `dewp` float(5,1) DEFAULT NULL
20 ) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=182 DEFAULT CHARSET=latin1;
21
22 --
23 -- Indexes for table `stats`
24 --
25 ALTER TABLE `stats`
26   ADD PRIMARY KEY (`id`);
27
28 --
29 -- AUTO_INCREMENT for dumped tables
30 --
31
32 --
33 -- AUTO_INCREMENT for table `stats`
34 --
35 ALTER TABLE `stats`
36   MODIFY `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,AUTO_INCREMENT=182;
37 /*!40101 SET CHARACTER_SET_CLIENT=@OLD_CHARACTER_SET_CLIENT */;
38 /*!40101 SET CHARACTER_SET_RESULTS=@OLD_CHARACTER_SET_RESULTS */;
39 /*!40101 SET COLLATION_CONNECTION=@OLD_COLLATION_CONNECTION */;
```

Obrázok č. 7 mySQL kód na vytvorenie databázy a tabuľky pre meteostanicu

```
data.php index.html
1 <?php
2 // we need this so that PHP does not complain about deprecated functions
3 error_reporting( 0 );
4
5 // Connect to MySQL
6 $link = mysql_connect( 'localhost', 'user', 'pass' );
7 if ( !$link ) {
8     die( 'Could not connect: ' . mysql_error() );
9 }
10
11 // Select the data base
12 $db = mysql_select_db( 'meteo_station', $link );
13 if ( !$db ) {
14     die ( 'Error selecting database \'test\' : ' . mysql_error() );
15 }
16
17 // Fetch the data
18 $query = "
19     SELECT *
20     FROM stats
21     ORDER BY date ASC";
22 $result = mysql_query( $query );
23
24 // All good?
25 if ( !$result ) {
26     // Nope
27     $message = 'Invalid query: ' . mysql_error() . "\n";
28     $message .= 'Whole query: ' . $query;
29     die( $message );
30 }
31
32 // Print out rows
33 $prefix = '';
34 echo "{\n";
35 while ( $row = mysql_fetch_assoc( $result ) ) {
36     echo $prefix . " {\n";
37     echo ' "date": ' . $row['date'] . ', ' . "\n";
38     echo ' "temp": ' . $row['temp'] . ', ' . "\n";
39     echo ' "humi": ' . $row['humi'] . ', ' . "\n";
40     echo ' "dewp": ' . $row['dewp'] . ' ' . "\n";
41     echo " }";
42     $prefix = ",\n";
43 }
44 echo "\n";
45
46 // Close the connection
47 mysql_close( $link );
48 ?>
```

Obrázok č. 8 PHP kód webovej aplikácie na získanie dát z databázy

```
data.php index.html
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=UTF-8">
5 <title>MeteoStanica</title>
6 <script src="http://www.amcharts.com/lib/3/amcharts.js"></script>
7 <script src="http://www.amcharts.com/lib/3/serial.js"></script>
8 <script src="http://www.amcharts.com/lib/3/plugins/dataloader/dataloader.min.js"></script>
9 </head>
10 <body>
11 <div id="chartdiv" style="width: 100%; height: 500px;"></div>
12 <script>
13 var chart = AmCharts.makeChart("chartdiv", {
14   "type": "serial",
15   "theme": "light",
16   "marginTop": 0,
17   "marginRight": 80,
18   "dataLoader": {
19     "uri": "data.php"
20   },
21   "valueAxes": [{
22     "axisAlpha": 0,
23     "position": "left"
24   }],
25   "graphs": [{
26     "id": "g1",
27     "balloonText": "[[date]]<br><b><span style='font-size:14px;'>Teplota: [[temp]]°C</span></b>",
28     "bullet": "round",
29     "bulletSize": 8,
30     "lineColor": "#d1655d",
31     "lineThickness": 2,
32     "negativeLineColor": "#637bb6",
33     "type": "smoothedLine",
34     "valueField": "temp"
35   }, {
36     "id": "g2",
37     "balloonText": "[[date]]<br><b><span style='font-size:14px;'>Vlhkosť: [[hum1]]%</span></b>",
38     "bullet": "round",
39     "bulletSize": 8,
40     "lineColor": "#1460e1",
41     "lineThickness": 2,
42     "negativeLineColor": "#637bb6",
43     "type": "smoothedLine",
44     "valueField": "hum1"
45   }, {
46     "id": "g3",
47     "balloonText": "[[date]]<br><b><span style='font-size:14px;'>Ročný bod: [[dewp]]°C</span></b>",
48     "bullet": "round",
49     "bulletSize": 8,
50     "lineColor": "#50ff00",
51     "lineThickness": 2,
52     "negativeLineColor": "#637bb6",
53     "type": "smoothedLine",
54     "valueField": "dewp"
55   }
56 ]}
57 }
```

Obrázok č. 9 Hlavný kód webovej aplikácie na zobrazenie grafu (1/2)

```
data.php x index.html x
56     "chartScrollbar": {
57         "graph": "g1",
58         "gridAlpha": 0,
59         "color": "#888888",
60         "scrollbarHeight": 55,
61         "backgroundAlpha": 0,
62         "selectedBackgroundAlpha": 0.1,
63         "selectedBackgroundColor": "#888888",
64         "graphFillAlpha": 0,
65         "autoGridCount": true,
66         "selectedGraphFillAlpha": 0,
67         "graphLineAlpha": 0.2,
68         "graphLineColor": "#c2c2c2",
69         "selectedGraphLineColor": "#888888",
70         "selectedGraphLineAlpha": 1
71     },
72     "chartCursor": {
73         "categoryBalloonDateFormat": "YYYY-MM-DD JJ:NN:SS",
74         "cursorAlpha": 0,
75         "valueLineEnabled": true,
76         "valueLineBalloonEnabled": true,
77         "valueLineAlpha": 0.5,
78         "fullWidth": true
79     },
80     "dataDateFormat": "YYYY-MM-DD JJ:NN:SS",
81     "categoryField": "date",
82     "categoryAxis": {
83         "minPeriod": "hh",
84         "parseDates": true,
85         "minorGridAlpha": 0.1,
86         "minorGridEnabled": true
87     },
88     "legend": {
89         "align": "center",
90         "position": "bottom",
91         "markerType": "circle",
92         "textClickEnabled": true
93     },
94     "export": {
95         "enabled": true
96     }
97 });
98
99 chart.addListener("rendered", zoomChart);
100 if(chart.zoomChart){
101     chart.zoomChart();
102 }
103
104 function zoomChart(){
105     chart.zoomToIndexes(Math.round(chart.dataProvider.length * 0.4),
106     Math.round(chart.dataProvider.length * 0.55));
107 }
108 </script>
109 </body>
110 </html>
```

Obrázok č. 10 Hlavný kód webovej aplikácie na zobrazenie grafu (2/2)