

Studentská tvůrčí a odborná činnost
STOČ 2017

APLIKACE PRO MĚŘENÍ TLAKU NA RASPBERRY PI

Tomáš MIKULAJ

Střední škola informatiky, elektrotechniky a řemesel
Rožnov pod Radhoštěm
Školní 1610
756 61 Rožnov pod Radhoštěm

20. dubna 2017
FAI UTB ve Zlíně

Klíčová slova: Raspberry Pi, Python, A/D převodník

Anotace: Autor se v této práci zabývá tvorbou aplikace v programovacím jazyce Python (s použitím dalších podpůrných webových technologií) pro měření tlaku ve vakuové komoře a výpočtem čerpací rychlosti. Získané hodnoty z vakuometru jsou zpracovány 8 bitovým A/D převodníkem a uloženy do databáze. Z těchto hodnot se sestavují 2 grafy – graf závislosti tlaku na čase a graf čerpací rychlosti. Čerpací rychlost se počítá dvěma metodami, přičemž každá metoda má mírně odlišný výsledek. Grafy i databáze jsou uživateli zpřístupněny pomocí webového serveru. Celá maturitní práce je vytvořena na miniaturním jednodeskovém počítači Raspberry Pi 3. Aplikace byla navržena tak, aby byla schopna měřit na libovolném vakuometru, jenž má analogový výstup. Vlastní čerpání vzduchu z vakuové komory provádí rotační olejová vývěva, která není součástí této práce.

Obsah

1.	Popis jednotlivých složek práce	4
2.	Uživatelské rozhraní a popis oken	4
2.1	Nová úloha	4
2.2	Nastavení programu	5
2.3	Spuštění programu	6
3.	Výsledky měření	7
4.	Popis Python kódu	9
5.	Schéma zapojení	11

1. Popis jednotlivých složek práce

Tato práce se skládá z:

a) Raspberry Pi - konfigurace + instalace serveru

Pro správný běh celé aplikace bylo nutno mírně pozměnit několik věcí v nastavení Raspberry. Toto obsahovalo například: změna časového pásma, instalace knihovny pro ovládání A/D převodníku a tak dále.

Také bylo třeba nainstalovat webový server. Autor se rozhodl použít webový server Apache (verze 2.4).

b) A/D převodník a napěťový dělič

Pro převod analogových hodnot na digitální byl použit malý modul osazený převodníkem PCF8591. Tento převodník je 8 bitový, tedy jako výstup dává hodnotu od 0 do 255.

Protože vakuometr, který je součástí měřící aparatury, dává na výstupu příliš velké napětí (toto napětí by poškodilo A/D převodník), bylo třeba vytvořit také napěťový dělič. Z původních 10 Voltů je napětí redukováno na 5 Voltů, které už převodník snese.

c) Část tvorby programu (v Pythonu, PHP + JavaScript)

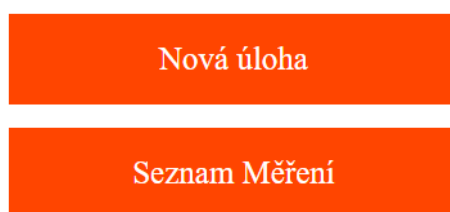
Python kód je popsán detailně na straně 9. a 10.

V PHP je řešena část aplikace, ke které přistupuje uživatel (nastavení programu, spuštění Python skriptu, nastavení měření atd.). Většina PHP kódu se zabývá zpracováním dat z formulářů.

JavaScript je využit jen při tvorbě grafu. Byla použita knihovna CanvasJS.

2. Uživatelské rozhraní a popis oken

Po připojení na server se zobrazí vstupní menu, ve kterém je možno zahájit nové měření, nebo prohlížet měření předchozí.



Obr.1: Vstupní menu

2.1 Nová úloha

Zde se zadávají různé informace ohledně měření. Zobrazené pole se dělí na povinné a nepovinné. Pokud nejsou vyplněna všechna povinná pole, zobrazí se červený výstražný text. U číselných údajů je také ošetření proti vložení jiných než číselných hodnot. Pokud toto pravidlo není splněno, je opětovně zobrazen výstražný text. Při úspěšném vložení všech potřebných údajů je možno kliknutím na tlačítko "Odeslat" pokračovat nastavením programu. Při stisku tohoto tlačítka se všechny zadané informace vloží do textového souboru, který má uživatel k dispozici ve složce "Seznam-mereni". V případě jakéhokoliv problému se zápisem dat do souboru je uživatel upozorněn prostřednictvím zprávy.

Identifikace úlohy Číslo úlohy: <input type="text" value="12"/> Označení: <input type="text"/> *Nepovinný údaj Datum: <input type="text" value="09.04.17"/> Pracovník: <input type="text"/> *Nepovinný údaj	Údaje o vakuometru Typ vakuometru: <input type="text"/> Výrobce: <input type="text"/> *Nepovinný údaj Výrobní číslo: <input type="text"/> *Nepovinný údaj Převod napětí / tlak: a : <input type="text" value="1.700573554"/> b : <input type="text" value="1.653685289"/>
Údaje o zkoušené vývěvě Typ vývěvy: <input type="text"/> Výrobce: <input type="text"/> *Nepovinný údaj Výrobní číslo: <input type="text"/> *Nepovinný údaj Nominální čerpací rychlost: <input type="text"/> [m ³ .hod-1] *Nepovinný údaj Poznámka: <input type="text"/> *Nepovinný údaj	Údaje o dalších částech zkušebního zařízení Objem komory: <input type="text"/> [L] Další údaje: <input type="text"/> *Nepovinný údaj
<input type="button" value="Odeslat"/>	
Podmínky prostředí Tlak atmosferický: <input type="text"/> [Pa] Teplota okolí: <input type="text"/> [°C] Relativní vlhkost: <input type="text"/> [%]	

Obr. 2: Náhled okna “Nová-úloha”

2.2 Nastavení programu

V této části probíhá nastavení skriptu, který bude provádět měření. K dispozici jsou čtyři nastavitelné parametry, přičemž je povoleno vyplnit maximálně jeden z každé části. Okno je rozděleno na část “Volba měřících intervalů” a “Ukončení měření”. V části první je možnost zadat buďto hodnotu tlaku (5 nebo 10 předem určených hodnot tlaku na dekádu) nebo určit intervaly času. Ve druhé části se určí konec měření podle vložené hodnoty tlaku nebo času. Formulář je ošetřen proti vyplnění více než jednoho údaje z každé části a také proti nečíselným hodnotám. Při špatném zadání údajů je zobrazen výstražný text.

Volba měřících intervalů

Tlak
 (Pouze 5 nebo 10)

Čas
 [s]

Jednotky čerpací rychlosti:
 $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ [defaultně]
 $\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$

Nápověda:
Tlak - 5 nebo 10 hodnot na dekádu
Čas - zvolte si interval v sekundách
Pozn.: určete jen jeden způsob měření

Ukončení měření

Tlak
 [Pa]

Čas
 [m]

Pozn.: vyplňte pouze jedno pole

Odeslat

Obr. 3: Náhled okna “nastaveni_programu”

2.3 Spuštění programu

V tomto okně probíhá spuštění a vypnutí python skriptu (vypnutí je zde k dispozici v případě, že to uživatel uzná za vhodné). Pod tlačítky se nachází malé okno, do kterého se průběžně vypisují zaznamenané hodnoty (čas, napětí, tlak). Po dokončení nebo vypnutí měření se nad tlačítky objeví příslušná zpráva, pomocí které se uživatel může přepnout do adresáře s výsledky měření.

[Měření ukončeno - zobrazit výsledky měření](#)

Obr. 4: Náhled okna “Spusteni-programu” po dokončení měření

3. Výsledky měření

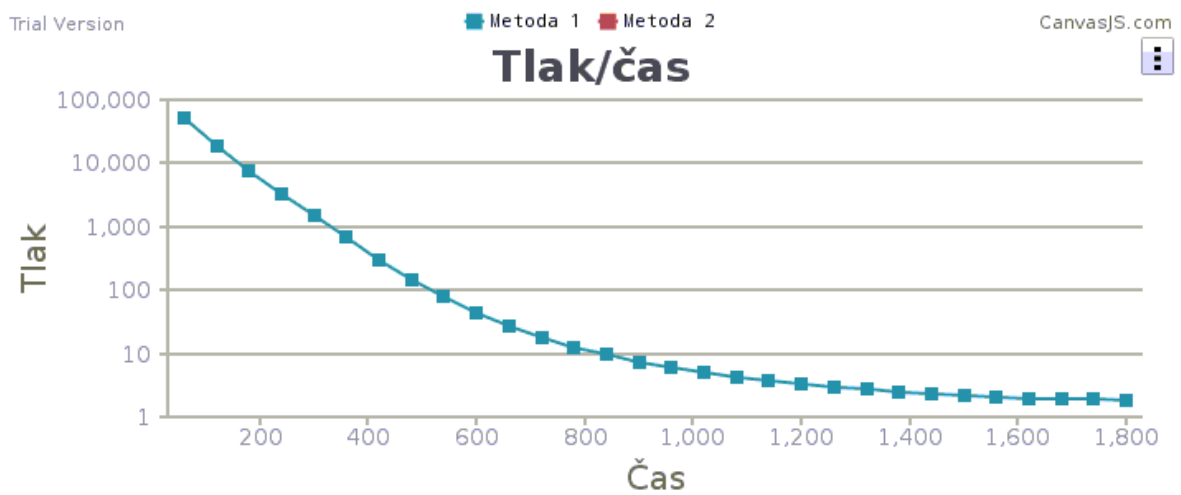
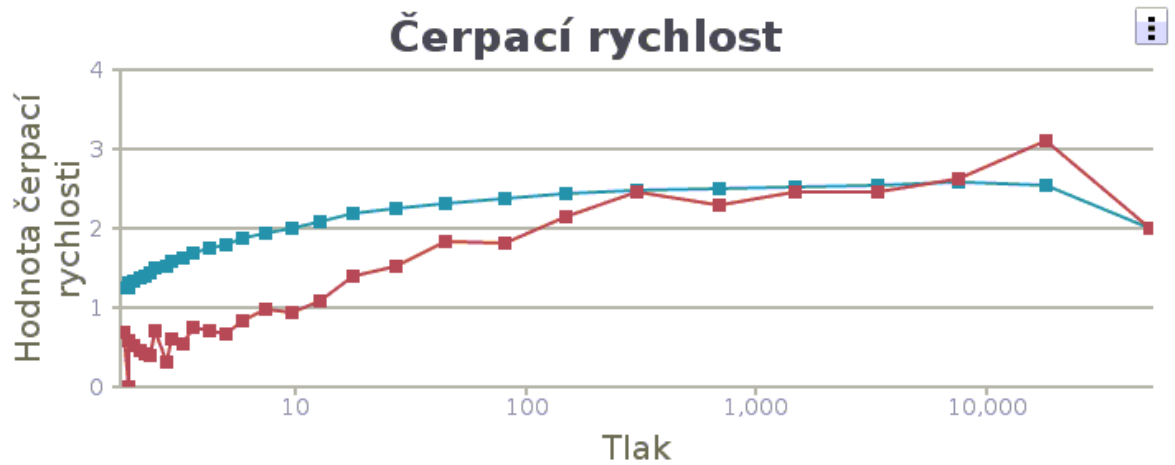
Nyní je celý proces měření ukončen. Všechny údaje o měření včetně grafů jsou k dispozici ve složce “Seznam-mereni”. Zde by se měla nacházet podsložka s názvem “mereni” a pořadové číslo měření. V ní se nalézají následující soubory:

- hodnoty.db – Databázový soubor obsahující výsledky měření. Po stažení souboru lze v programu SQLite DB Browser údaje prohlížet a měnit.

	Cas	Tlak	Napeti	Metoda1	Metoda2
	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter
1	60	51340.78	9.49	2	2
2	120	18192.58	8.75	2.55	3.11
3	180	7593.96	8.12	2.58	2.62
4	240	3347.78	7.53	2.55	2.46
5	300	1475.86	6.94	2.53	2.46
6	360	687.14	6.39	2.49	2.29
7	420	302.93	5.8	2.48	2.46
8	480	148.95	5.29	2.44	2.14
9	540	81.7	4.86	2.37	1.82
10	600	44.81	4.43	2.32	1.84

Obr. 5: Náhled databázového souboru

- udaje.txt – Výpis údajů zadaných v okně “Nová-úloha”
- data.php – PHP skript upravující hodnoty tlaku a času do takové podoby, aby z nich mohl být vykreslen graf. Pro člověka provádějícího měření je tento soubor bezvýznamný.
- Graf.php – PHP soubor obsahující dva grafy vytvořené pomocí JavaScriptu. Jedná se o graf závislosti tlaku na čase a graf čerpací rychlosti se dvěma osami. Nabízí se možnost grafy uložit jako obrázek nebo je vytisknout. Při otevření této stránky se vygeneruje excelový soubor “hodnoty.xlsx”, v němž jsou uloženy stejné data, jako v databázi.



Trial Version CanvasJS.com

Obr. 6: Ukázka grafů

4. Popis Python kódu

Na začátku programu se nejdříve naimportují potřebné moduly (knihovny), poté přichází na řadu nastavení čtení z I2C sběrnice, to obstarává modul SMBus. Dále následuje nastavení řídicího bitu A/D převodníku, jenž je provedeno příkazem:

```
bus.write_byte(0x48, 3)
```

První parametr udává adresu, na které je A/D převodník připojen. Druhý parametr nastaví čtení z výstupu AIN3. Převodník pokaždé při počátečním čtení dat vypíše první dvě hodnoty špatně. Program je proti této nežádoucí skutečnosti ošetřen, aby nedošlo k naměření falešných hodnot. Níže v kódu jsou dva listy obsahující předem určené hodnoty tlaku, při kterých se ve fázi měření čte tlak z vakuometru. V další části jsou inicializovány proměnné, kterých je poměrně mnoho. Nyní se provede otevření databáze s číslem úlohy. Podle této databáze program určí, kam se mají naměřené hodnoty ukládat. V tomto okamžiku se otevře soubor “nastaveni-programu”, ve kterém jsou obsaženy údaje, zadané při inicializaci měření. Všechny údaje se uloží do proměnných a soubor je ihned zavřen. Všechny hodnoty se zpracují a program podle nich zjistí, zda se má měřit podle intervalů tlaku nebo času.

Na řadu přichází nejpodstatnější část kódu, tudíž samotné měření. Nejprve je potřeba vytvořit databázi, do které se budou výsledky ukládat. Tato databáze má dohromady pět sloupečků:

- Čas – V programu běží čítač, který se každou sekundu zvýší o jedničku. Při dosažení tlaku nebo času (v závislosti na nastavení) se odpovídající čas zaznamená
- Tlak – Zaznamená se ve stejný okamžik jako čas
- Napětí – Napětí odpovídající naměřenému tlaku. Získá se převodním vztahem
- Metoda 1 - Čerpací rychlost vypočtena vztahem zvaným “Metoda 1”
- Metoda 2 - Čerpací rychlost vypočtena vztahem zvaným “Metoda 2”. Tento vztah je od vztahu předchozího mírně odlišný, což lze poznat rozdílem ve výsledku.

O tom, kdy se mají měřené veličiny zaznamenat, rozhoduje podmínka:

```
if ((citac in casy1) or (reading in interval_tlaku)):
```

která při dosažení určené hodnoty tlaku nebo času umožní údaje uložit do databáze.

Po vytvoření databáze následují přepočty mezi veličinami a výpočet čerpací rychlosti. Jako první se zaznamená aktuální hodnota z A/D převodníku příkazem:

```
reading = bus.read_byte(0x48)
```

Parametr určuje adresu, na které je převodník připojen. Dále se provede přepočet A/D čísla na napětí vzorcem:

$$U = \text{Výstup napětí z vakuometru (10 V)} * \text{hodnota A/D převodníku}$$

A z napětí na tlak:

$$p = 10((U - a) / b)$$

$a = 1,700573554$; $b = 1,653685289$. Obě konstanty byly vypočteny ze dvou logaritmických rovnic o dvou neznámých:

$$U1 = a + b * \log p1$$
$$U2 = a + b * \log p2$$

Nyní již známé potřebné údaje pro výpočet čerpací rychlosti. Jak již bylo zmíněno dříve, čerpací rychlost se počítá dvěma metodami. První má tvar následující:

$$S_{A(t)} = \frac{V}{t} \cdot 2,3 \cdot \log \frac{P_0 - P_{MEZ}}{P_t - P_{MEZ}}, \text{ kde} \quad (1)$$

V [L] = objem vakuové komory

t [s] = první zaznamenaná hodnota času

p₀ [Pa] = tlak na počátku měření (v čase t = 0 s)

p_t [Pa] = tlak při naměřeném interval

p_{MEZ} [Pa] = mezní tlak (tlak, kterého je možno dosáhnout po teoreticky nekonečně dlouhé době měření, je nastaven na 1,4 Pa)

Druhá metoda vypadá takto:

$$S_{B(2)} = \frac{V}{t_2 - t_1} \cdot 2,3 \cdot \log \frac{P_1 - P_{MEZ}}{P_2 - P_{MEZ}}, \text{ kde} \quad (2)$$

V [L] = objem vakuové komory

t₁ [s] = čas v prvním stanoveném intervalu

t₂ [s] = čas ve druhém stanoveném intervalu

p₁ [Pa] = tlak v prvním stanoveném intervalu

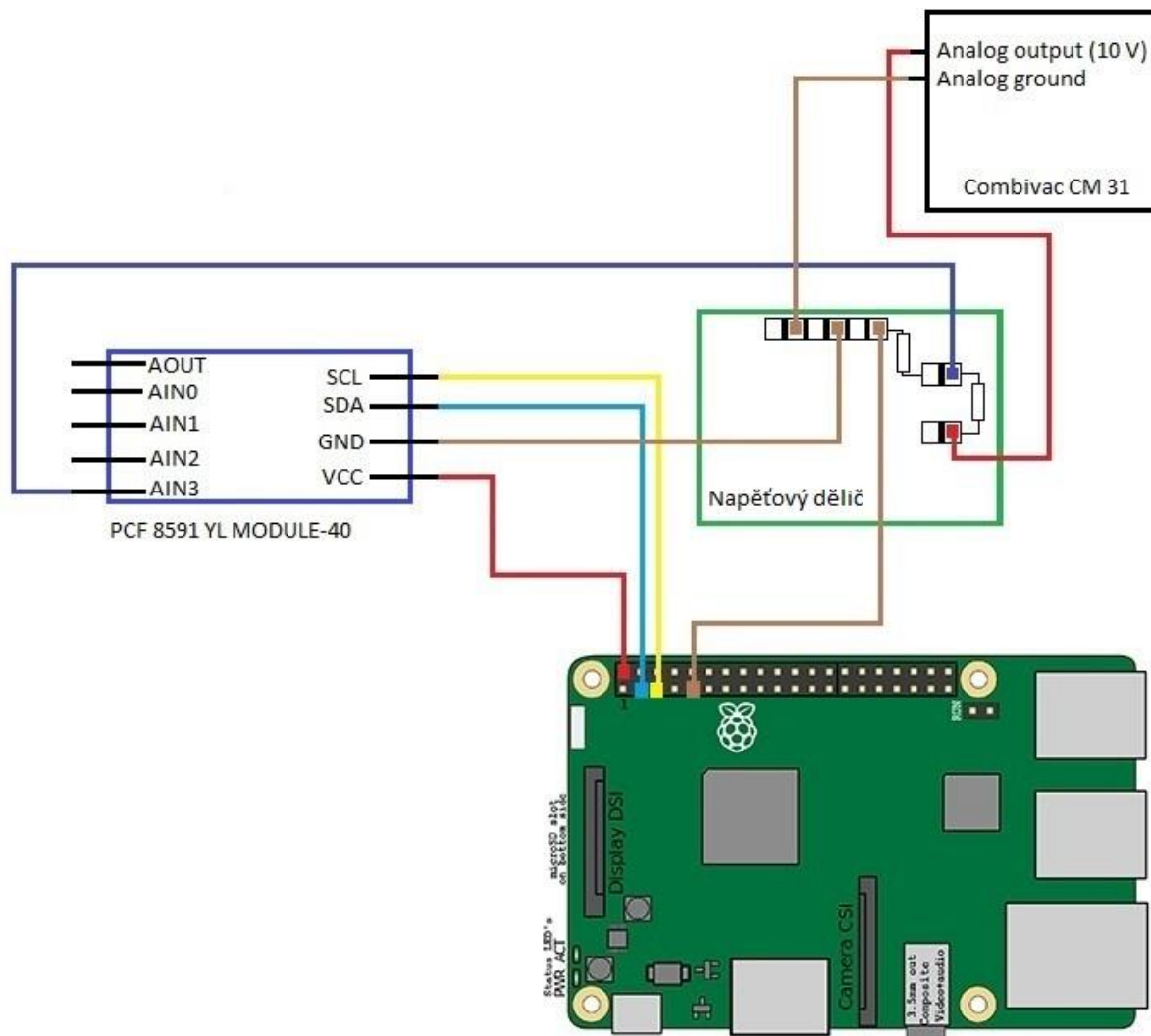
p₂ [Pa] = tlak ve druhém stanoveném intervalu

p_{MEZ} [Pa] = tlak mezní (taktéž 1,4 Pa)

Tento vztah se liší od vztahu prvního určením intervalů tlaku a času, při kterých jsou data zaznamenány. Intervaly se postupně posouvají od tlaku počátečního až po tlak mezní. Při vykreslení tohoto vztahu do grafu vzniká jakási “špička”, způsobena náhlým vzrůstem čerpací rychlosti. Toto není chyba ve výpočtu, nýbrž chyba způsobená metodou měření.

Výpočty rychlosti čerpání jsou ošetřeny proti nulovému logaritmu, ke kterému dojde při velmi nízkých hodnotách tlaku. Po výpočtu čerpací rychlosti se všechny naměřené údaje, kromě času, zaokrouhlí na dvě desetinná místa a výsledky měření jsou připraveny na vložení do databáze. V poslední části kódu je vymezen prostor pro ukončení programu. Ukončení závisí na tom, jakým způsobem byl program nastaven, zda byla zvolena hodnota tlaku nebo času. V obou případech je konec skriptu řešen stejně. Vytvoří se soubor, který běžícímu php skriptu oznámí, že je měření u konce a uživateli se zobrazí zpráva o dokončení měření. Ukončení lze provést také tlačítkem z prohlížeče, které pracuje na stejném principu.

5. Schéma zapojení



Obr. 7: Schéma zapojení



Obr. 8: Kompletní měřicí soustava