

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

POUŽÍVATEĽSKÁ DOKUMENTÁCIA

SEMESTRÁLNY PROJEKT – DIFERENCIÁLNY VÝŠKOMER

VNORENÉ RIADIACE SYSTÉMY

Ak. rok 2016/2017

Jozef Bošanský
Richard Borbély
Frederik Špaldon
Ladislav Tar

1. Špecifikácia zadania

Dva tlakové snímače budú umiestnené jeden na zemi a druhý nad zemou v určitej výške. Budeme merať atmosférický tlak, ktorý následne budeme prepočítavať na vzdialenosť. Pri zmene tlaku vieme určiť relatívnu výšku. Na displeji sa budú zobrazovať dosiahnuté hodnoty zo snímačov (atmosférický tlak) a výškový rozdiel. Displej bude komunikovať pomocou SPI zbernice. Na začiatku každého merania je potrebné umiestniť oba snímače do rovnakej výšky pre kalibráciu snímačov. Kalibrácia nastane po stlačení vybraného tlačidla. Snímače budú komunikovať s vývojovou doskou pomocou I2C zbernice.

2. Určenie výšky

Barometrické určovanie výšok, respektíve výškových rozdielov, spočíva v meraní barometrického (atmosférického) tlaku vzduchu vyvolaného tiažou zemské atmosféry. Tento tlak s rastúcou výškou klesá. Jednotkou tlaku je pascal (Pa).

Pri určovaní výšky (rozdiel výšok v ktorých sa nachádzajú oba senzory), sme použili riešenie, pri ktorom sme vychádzali z technických parametrov bmp senzora, kde bolo uvedené, že zmena tlaku o 0.03 hPa (3 Pa) sa rovná zmene o 0.25m (25 cm). Táto metóda je najrýchlejšia, je vhodná pri malých vzdialenostiach a je v celku jednoduchá, pretože stačí poznať parametre senzora.

Pri väčších výškových rozdieloch, alebo pre účely v letectve, vysokohorskej turistike sa na určenie výšky používajú vzťahy, ktoré sú už závislé aj na iných premenných ako je len zmena tlaku. Pre porovnanie hodnôt, prípadne pre ďalšie využitie projektu boli implementované aj ďalšie riešenia ako odvodiť výškový rozdiel 2 senzorov.

Výškový rozdiel dvoch bodov sa určí v závislosti na meranom rozdiely barometrických tlakov. Túto závislosť vyjadruje tzv. základný barometrický vzorec (Laplacov).

$$\Delta H_{AB} = K * \log \frac{b_A}{b_B} * (1 + \alpha * t) \text{ [m]}$$

K – barometrický súčiniteľ (K= 18 464)

b_A – barometrický tlak vzduchu vo východiskovej hladine

b_B – barometrický tlak v určitej výške

α - koeficient rozťažnosti vzduchu ($\alpha=273^{-1}$)

t – priemerná teplota pri meraniach

Tento barometrický vzorec sa používa v dvoch variantoch:

- K určení hrubých nadmorských výšok:

Za východiskový bod sa vezme morská hladina so stredným barometrickým tlakom $b=101,5914\text{kPa}$ pri teplote $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\Delta H_{AB} = 18464 * (\log b_A - \log b_B * (1 + \alpha * t))$$

- K určení prevýšenia pomocou barometrického výškového stupňa:

$$\Delta H_{AB} = \frac{8019}{b} * (1 + \alpha * t) * (b_A - b_B)$$

kde $b = \frac{b_A + b_B}{2}$

Za predpokladu, že rozdiel uvažovaných výškových hladín nie je príliš veľký (vzdialenosť meraných bodov neprekračuje 1000 m), je možné použiť Babinetov vzorec:

$$z = 1600 * (1 + 0,004 * t) * \left(\frac{b_A - b_B}{b_A + b_B} \right)$$

3. Senzor BMP 180

Senzor BMP180 vyrába firma Bosch, ide o nástupcu veľmi obľúbeného senzora BMP085. Senzor disponuje meraním atmosférického absolútneho tlaku v rozsahu 300 až 1100 hPa. Pre kompenzáciu tepelných vplyvov na meranie atmosférického tlaku, má senzor integrovaný teplomer (merací rozsah -40 až +85°C), ktorý je taktiež možno vyčítať. Komunikácia je digitálna prostredníctvom I2C zbernice.



Obrázok 1. Senzor BMP 180

Parametre senzoru:

popis BMP180	funkce pinu	připojení na Arduino
DA (SDA)	I2C data	pin označený jako SDA, nebo:
		Uno, Redboard, Pro / Pro Mini A4
		Mega, Due 20
		Leonardo, Pro Micro 2
CL (SCL)	I2C clock	pin označený jako SCL, nebo:
		Uno, Redboard, Pro / Pro Mini A5
		Mega, Due 21
		Leonardo, Pro Micro 3
"-" (GND)	ground	GND
"+" (VDD)	3.3V power supply	3.3V

Napätie: 1.8V až 3.6V

Nízka spotreba prúdu: 0.5uA na 1Hz

Zbernica: I2C

Rýchlosť I2C: max. 3.5Mhz

Rozlíšenie: 0.03 hPa / 0.25 m

Veľmi malý šum - do 0.02hPa (17 cm)

Rozsah merania: 300hPa až 1100hPa (+9000m až -500m)

Hmotnosť: menej než 1g

Veľkosť dosky: 13mm x 10mm

4. Používanie výškomera

Po spustení programu sa na displeji zobrazujú informácie o aktuálnom tlaku z oboch bmp180 senzorov a aj informácia o výškovom rozdiely medzi senzormi. Hodnoty tlaku, ktoré vidíme pri prvom spustení však nie sú kalibrované. Preto je nutné umiestniť najprv senzory do čo najviac rovnakej výšky a stlačením tlačidla (modré tlačidlo na STM doske) prebehne kalibrácia a teda hodnoty z oboch senzorov budú rovnaké.



Obrázok 2. Tlaky pred kalibráciou



Obrázok 3. Tlaky po kalibrácii

Po kalibrácii už môžeme začať meniť výšku jedného zo senzorov. Jeden zo senzorov je pevne pripojený k breadboardu a druhý je pohyblivý. Senzor umiestnime do určitej výšky ako nám zapojenie umožní. Hodnoty sa zobrazujú real-time, takže pri každom pohybe máme informáciu o aktuálnom tlaku z oboch senzorov ako aj o výškovom rozdiely. Na obrázku 4. môžeme vidieť ako prebiehalo jedno z meraní. Pohyblivý senzor sme umiestnili do výšky pod pevným senzorom, teda aj informácia, ktorú dostaneme o výške bude záporná (aby sa dalo rozlíšiť či je senzor nad alebo pod základňou). Výsledný rozdiel bol - 0.12 m, teda pohybujúci sa senzor sa nachádzal 12 centimetrov pod úrovňou kde sa nachádza pevný senzor. Skutočná hodnota bola 13 centimetrov, takže je vidieť že pri malých hodnotách je senzor v celku presný.



Obrázok 4. Meranie výškového rozdielu