

SIGNAL OF PRESSURE SENSORS PROCESSING USING CPLD

Michal Zátura

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xzatur00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Michal Kováč

E-mail: xkovac03@stud.feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The aim of this paper is to design the electronic part of the scanning system used for the altitude measuring in the case of the modulus connected to the developing platform XC2-XL. The principle of the processing of the signal from the pressure sensor MPXH6250, particular blocks of the designed modulus and the principle of the barometrical altitude measuring are described in this paper. Very important thing is the processing of the logarithm in the digital logic and the recording of this logarithm in VHDL language.

1. ÚVOD

V praxi sa používa veľa prístrojov založených na zmene atmosférického tlaku. Jedným z nich je barometrický výškomer. Barometrický výškomer je v skutočnosti barometer, ktorý nameraný tlak prepočítava (na základe matematického modelu štandardnej atmosféry) a zobrazuje v jednotkách výšky. Barometrický výškomer využíva pokles tlaku so zvyšujúcou sa nadmorskou výškou. Závislosť hodnoty tlaku na výške je popísaná barometrickou rovnicou. Nevýhodou tohto výškomeru je závislosť na momentálnom tlaku vzduchu, a preto je výškomer potrebné pred použitím kalibrovať. Tlakový výškomer sa používa v leteckej doprave a v prenosnej verzii ho používajú napr. horolezci, turisti a potápači počas svojich výprav.

2. ROZBOR

Závislosť hodnoty tlaku na výške je popísaná barometrickou rovnicou (viď [4]):

$$p = p_0 \cdot e^{\left(-\frac{M_m \cdot g \cdot h}{R_m \cdot T}\right)}. \quad (1)$$

p_0 – atmosférický tlak na nulovej výške, p – atmosférický tlak v danej výške, M_m – molárna hmotnosť vzduchu, R_m – molárna plynová konštanta, g – tiažové zrýchlenie, h – výška, T – teplota v Kelvinoch.

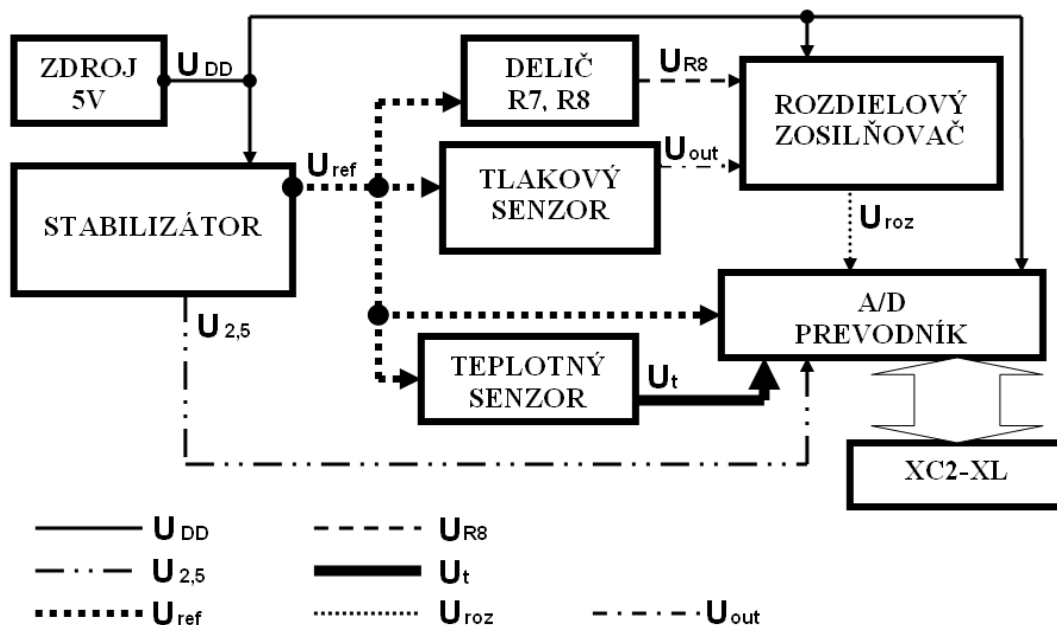
Upravením rovnice (1) a tiež dosadením do nej, môžeme odvodiť vzťah pre výpočet výšky v závislosti na zmene tlaku:

$$h = -\ln\left(\frac{p}{p_0}\right) \cdot \frac{R \cdot T}{g} = -\ln\left(\frac{p}{p_0}\right) \cdot T \cdot 29,2259 \text{ [m]}. \quad (2)$$

2.1. PRINCÍP SPRACOVANIA SIGNÁLU V SNÍMACOM MODULE

Zapojenie elektronickej časti snímacieho modulu sa skladá zo siedmych blokov (viď obr. 1.). Zdroj napája rozdielový zosilňovač, A/D prevodník a stabilizátor napätím U_{DD} . Vzhľadom k tomu, že aj malá zmena vstupného napätia U_{ref} na senzoroch, odporovom deliči a referenčného napätia U_{ref} na A/D prevodníku spôsobí zmenu výstupného napätia na senzoroch a veľkú zmenu výsledného vyhodnotenia výšky, bolo potrebné stabilizovať napätie, ktoré je potom privádzané na jednotlivé bloky v zapojení.

Stabilizované napätie U_{ref} privedené do tlakového senzoru sa v tlakovom senzore zmení v závislosti od aktuálneho atmosférického tlaku. Výstupné napätie U_{out} tlakového senzoru je privedené na jeden zo vstupov rozdielového zosilňovača. Na druhý vstup rozdielového zosilňovača je privedené výstupné napätie U_{R8} z odporového deliča (odporový delič upravuje stabilizované napätie U_{ref} na napätie rovné najmenšiemu možnému napätiu U_{R8} , ktoré sa môže vyskytnúť na výstupe tlakového senzoru, vzhľadom k atmosférickému tlaku). V rozdielovom zosilňovači je 5-krát zosilnený rozdiel týchto dvoch napätí (U_{out} a U_{R8}). Musí platiť $U_{roz} < U_{ref}$. Výstupné napätie rozdielového zosilňovača U_{roz} je privedené na jeden zo vstupov A/D prevodníka. Úlohou rozdielového zosilňovača je vybrať a zosilňovať iba užitočné napätie zo senzora, ktoré sa pohybuje v intervale $\langle U_{out}(\min), U_{out}(\max) \rangle$, tj. rozdiel napätia na výstupe tlakového senzoru U_{out} a najmenšieho možného napätia U_{R8} , ktoré sa môže na tlakovom senzore objaviť vzhľadom k atmosférickému tlaku.



Obr. 1. Bloková schéma zapojenia snímacieho modulu.

Stabilizované napätie U_{ref} privedené na vstup teplotného senzoru sa v teplotnom senzore mení v závislosti od zmeny aktuálnej okolitej teploty. Výstupné napätie U_t teplotného senzora je privedené na druhý vstup A/D prevodníka. V A/D

prevodníku je napätie z teplotného senzora U_t a napätie z rozdielového zosilňovača U_{roz} prevedené z analógovej formy signálu do digitálnej formy signálu (paralelný dátový tok). Napätie U_{ref} privedené zo stabilizátora k A/D prevodníku nastavuje hodnotu napätia najnižšieho platného bitu LSB (nastavuje hodnotu jednej kvantovacej hladiny). Napätie $U_{2,5}$ privedené taktiež zo stabilizátora na A/D prevodník nastavuje s akou napäťovou logikou bude A/D prevodník pracovať.

2.2. ALGORITMUS SPRACOVANIA DIGITÁLNEHO SIGNÁLU

Pri prepočte atmosférického tlaku na výšku je treba počítať logaritmus. Priama aproximácia logaritmu v digitálnej logike je dosť problematická. Na návrh takéhoto algoritmu je možné zvoliť viacero možností postupu. Najúčinnnejšie a najpresnejšie je použitie Taylorovej rady, alebo algoritmu CORDIC. Nevýhodou týchto metód je problematický zápis v jazyku VHDL. Metoda, ktorá bola použitá v tejto práci je založená na porovnávaní hodnôt z tlakového senzoru. Zistená hodnota zo senzora (respektíve z ADC) sa upraví a porovnáva sa s hodnotami, ku ktorým je priradená konštanta (vypočítaná hodnota logaritmu a upravená podľa barometrickej rovnice). Takže vznikne tabuľka hodnôt, ktoré sa môžu objaviť na výstupe ADC a k nim priradené konštanty (vypočítané logaritmy týchto hodnôt vynásobené konštantou R/g). Pri porovnávaní hodnôt sa vyberie konštanta priradená k hodnote, ktorá je najbližšia, alebo rovná k aktuálnej hodnote na výstupe ADC. Tato vybraná konštanta bude vynásobená aktuálnou teplotou (vyplýva z barometrickej rovnice). Tým dostaneme aktuálnu výšku. Tento výsledok bude prevedený na tvar BCD kódu a bude spracovaný pomocou algoritmu na zobrazovanie na segmentovom displeji a bude zobrazený na displeji v desiatkovej sústave. Najideálnejším počtom prvkov v prevodovej tabuľke je 2000 prvkov. Modul je navrhnutý s rozlíšením merania 1 m a meria v rozsahu 1 m – 2000 m. To znamená, že ak bude mať prevodová tabuľka 2000 prvkov, tak maximálna chyba merania bude 1 m.

3. ZÁVER

Najdôležitejšou časťou projektu je návrh modulu a algoritmus spracovania digitálneho signálu. V práci sa stručne popisuje princíp funkcie modulu a algoritmus spracovania digitálneho signálu zo senzora. Modul sa skladá so šiestich základných blokov plus zdroj. Princíp algoritmu je založený na porovnávaní hodnôt. V budúcnosti sa plánuje vylepšovať algoritmus a pravdepodobne nastane radikálna zmena a bude použitá metóda s Taylorovou radou, alebo kód CORDIC.

LITERATURA

- [1] KOLOUCH, J. Programovatelné logické obvody - přednášky. Skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2002
- [2] FREESCALE SEMICONDUCTOR, Inc. Austin, Texas. Pressure sensors. 2007. Firmní stránky. Dostupné na WWW: www.freescale.com
- [3] Digitální výškoměr. [cit. 23.10.2007]. Dostupné na WWW: <http://hw.cz/docs/vyskomer/vyskomer.html>
- [4] Barometrická rovnice. [cit. 10.10.2007]. Dostupné na WWW: <http://www.volny.cz/jtomsa/barometr.htm>