

# REMOTE ALTIMETER & VARIOMETER

**Martin Faltičko**

Bachelor Degree Programme (1), FIT BUT

E-mail: xfalti00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: without supervisor

E-mail:

## ABSTRACT

It is very important for pilots to measure the altitude. This document describes a small device that works as a remote altimeter/variometer and a data logger. It consists of two modules. The first part (Tx) works as a sensor - it measures altitude, voltage and temperature. It stores these parameters into external memory and transmits them to the second module (Rx) to be displayed. This device is useful for example for a pilot of a remote controlled glider who immediately wants to know what the altitude of the model is.

## 1 ÚVOD

Cílem tohoto projektu bylo vytvořit zařízení, které je možné umístit do určitého vzdáleného objektu (např. rádiem ovládaného modelu větroně) a zaznamenává průběh výšky pomocí přepočtu ze změny atmosferického tlaku (rovnice viz [1]):

$$h = \left[ 1 - \left( \frac{p \cdot 100}{101325} \right)^{0,19026} \right] \cdot \frac{288,15}{0,0065} \quad (1)$$

kde  $h$  je výsledná výška v metrech [m] a  $p$  je naměřený tlak v hektopascalech [hPa].

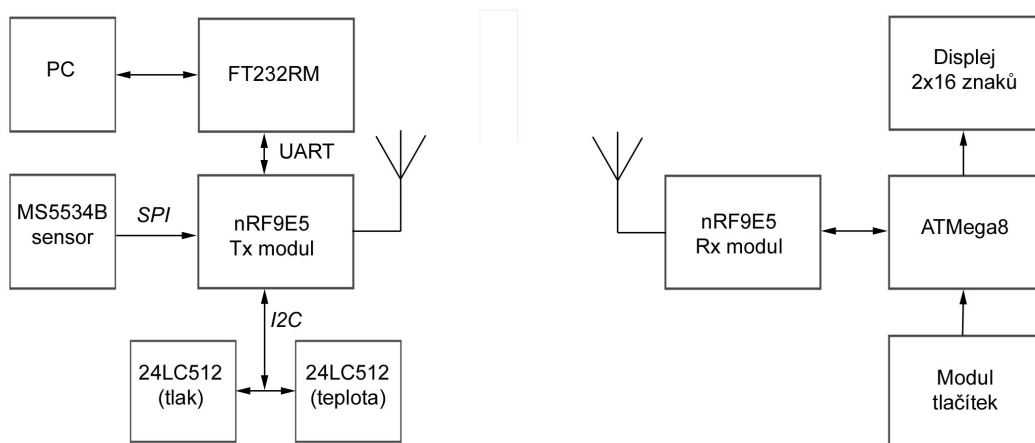
Uložený průběh výšky se po přistání přenesou z externí EEPROM paměti do počítače přes sériové rozhraní RS232. Jelikož ale podobná zařízení dnes již existují, byl do projektu zařazen navíc VF stupeň, který přenáší aktuálně naměřená data na modul s přijímačem (např. k pilotovi). Zde se tyto informace zobrazí. Nutno bylo zabudovat rovněž rozhraní USB namísto RS232, neboť většina dnešních počítačů již zastaralý sériový port nenabízí.

Jako poslední byla do projektu zahrnuta signalizace změny výšky (odtud též variometr). Ta je nejčastěji akustická - dlouhé hluboké tóny indikují klesání, naproti tomu krátké vysoké tóny značí stoupání. Tedy čím rychlejší stoupání, tím vyšší a častěji přerušovaný tón.

## 2 POUŽITÉ KOMPONENTY

Zařízení s pracovním názvem Altirio je navrženo jako modulární systém z několika takřka nezávislých součástí, které spolu navzájem komunikují. Základem je Tx modul, jehož nejdražší

a nejcitlivější součástí tvoří tlakové čidlo od firmy Intersema Sensoric (MS5534B) [1]. Toto čidlo umožňuje měření atmosferického tlaku i teploty a data poskytuje digitálně přes sběrnici SPI. Tato jednotka je řízena mikrokontrolérem nRF9E5 [2], jenž je založen na jádru 8051 kompatibilním, má ovšem navíc zabudován multifrekvenční VF vysílací / přijímací modul a také AD převodník s několika vstupy. Na mikrokontrolér jsou napojeny dva EEPROM paměťové moduly 24LC512 z důvodu zabezpečení dostatečné paměťové kapacity až na 9 hodin neustálého měření. Navíc je na rozhraní UART mikrokontroléru aplikován modul FT232RM firmy FTDI, který umožní přímé připojení k počítači PC přes sběrnici USB a odečítání uložených hodnot.



**Obrázek 1:** Blokové schéma

Druhý modul (Rx) je přijímací, ale zároveň také řídicí a umožňuje obousměrnou komunikaci s Tx modulem. Jeho nedílnou součástí je druhý obvod nRF9E5, ovšem z důvodu jeho nedostatečné paměťové kapacity (maximum 4 kB) a malému počtu I/O portů bylo rozhodnuto, že obvod bude pouze zprostředkovávat průchod informací mezi Tx modulem a hlavním mikrokontrolérem, jímž byl zvolen levný ATmega8 od firmy Atmel [3]. Ten provádí samotný výpočetně náročný přepočít tlaku na výšku podle (1), a také tato data zobrazuje na LCD displeji 16×2 znaků.

### 3 APLIKOVANÉ ALGORITMY

Kód pro všechny mikrokontroléry byl napsán v jazyce Embedded C. Bylo poměrně obtížné propojit všechny součásti do funkčního řešení (především z nutnosti použití několika rozhraní). Tx modul (mikrokontrolér nRF9E5) průběžně zjišťuje velikost tlaku a teploty přibližně 16× za sekundu a průměruje je s dříve naměřenými hodnotami. Ve volitelně nastaveném intervalu (0,1 s, 0,5 s nebo 1 s) potom tyto hodnoty ukládá do EEPROM. To provede tak, že nejprve ukazatel na poslední zápis inkrementuje o dva bajty (velikost typu `int`) a na nové místo pak zapíše hodnoty tlaku a teploty po vynásobení deseti ( $[hPa] \times 10$  a  $[^{\circ}C] \times 10$ ). Jde o podstatné zjednodušení, není potřeba zavádět typ `float` a přitom je zachována dostatečná přesnost. Modul kromě ukládání naměřených veličin také posílá tyto údaje přes integrovaný VF člen. Ten dokáže pracovat v několika pásmech (elektronický PPL ladicí obvod s modulací GFSK), ovšem pro aplikaci bylo zvoleno 8 kanálů v oblasti 868 MHz se vzájemným rozestupem po 200 kHz.

Jednotlivé datové pakety se odesílají  $80\times$  za sekundu. Nejprve je zjištěna existence cizího signálu na nastaveném kmitočtu. Pokud je signál detekován, provede se přeladění na následující kanál. Jestliže tedy nějaké jiné zařízení vysílá na stejné frekvenci, předejde se tímto krokem vzájemným interferencím.

Rx modul přijme vyslané pakety a podle jejich počtu a počtu ztracených paketů vyhodnotí intenzitu signálu. Následně se provedou nutné výpočetní operace a data se zobrazí na displeji. Aktualizace displeje se (z důvodu filtrace) provádí  $2\times$  za sekundu.

#### **Některé významné nastavitelné položky:**

- Reset aktuální výšky (*výška se nastaví na nulu, ostatní hodnoty jsou potom brány jako rozdíl*)
- Začátek / konec měření
- Interval ukládání do paměti (*volitelných 1 s, 0,5 s a 0,1 s*)
- Zapnutí / vypnutí zvukové signalizace změny výšky
- Zvuková signalizace při dosažení zadané výšky
- Zvuková signalizace při velmi nízkém napětí zdrojů (*předcházení nadměrnému vybití*)
- Automatické ukládání do paměti EEPROM po startu
- Vymazání paměti

## **4 ZÁVĚR**

Uvedené zařízení lze použít ke zjištění stoupavých proudů v termickém počasí, ale třeba i na rodinné túře, kdy prostě bude potřeba změřit výškový profil trasy. Testovací verze byla zkoušena na modulech několika samostatných vývojových DPS a částečně na nepájivém kontaktním poli. Z některých měření vyplynula poměrně dobrá přesnost, výška je rozlišitelná na jeden metr, přesnost teploty je asi 0,1 stupňů Celsia a napětí 0,1 V. Maximální odchylka od skutečné výšky v 1000 metrech je typ. 20 metrů. Řídicí software pro PC je v současné době (únor 2008) ve velmi rané fázi vývoje, ale již teď umožňuje čtení okamžitých hodnot, prohlížení údajů uložených v pamětech EEPROM nebo nahrání nového firmware do modulu přes USB.

## **REFERENCE**

- [1] INTERSEMA SENSORIC SA. Pressure sensor products. [Online] Available <http://www.intersema.com> (únor 2008).
- [2] NORDIC SEMICONDUCTOR ASA. [Online] Available <http://www.nordicsemi.com> (únor 2008).
- [3] ATMEL CORPORATION. [Online] Available <http://www.atmel.com> (únor 2008).