

# ALTITUDE METER FOR RC MODELS

**Jan Beneš**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xbenes32@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Prokopec

E-mail: prokopec@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

The altitude meter is used for showing and logging height of RC models. It is separated in two parts. One part is placed in RC airplane model and second is placed on earth. First part measures air pressure and sends data over zigbee to second part, which counts actual model height, shows it on display and stores to memory. It has the ability to communicate through USB with PC and send stored data for graphical viewing.

## 1. ÚVOD

Výškoměr pro RC modely letadel slouží modeláři k určení aktuální výšky modelu a zjištění zda model klesá nebo stoupá. Celé zařízení je rozděleno do dvou částí, z nichž jedna je umístěna v modelu letadla a druhou má modelář na zemi. V letadle je měřena hodnota atmosférického tlaku a pomocí technologie ZigBee[1] se bezdrátově pošle do pozemního modulu. Ten určí rozdíl tlaku oproti vzletové hladině, vypočítá odpovídající výšku a hodnotu zobrazí na displeji. Dále také ukládá naměřenou výšku v průběhu letu do paměti. Pomocí USB lze data z paměti získat a zobrazit v grafické podobě na PC.

## 2. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI

K určování výšky byla zvolena metoda měření atmosférického tlaku, která má nejmenší požadavky na úpravy stávajících RC modelů.. Kamkoli do letadla stačí umístit malý modul který zajišťuje měření tlaku a odeslání hodnot do pozemního modulu. Při použití například laserové technologie měření výšky, bylo by nutné mířit svazkem stále na zem a při větších letových výškách použít vyšší výkony laseru, což je nevýhodné.

### 2.1. POUŽITÉ ČIDLO A VÝPOČET VÝŠKY

Pro měření atmosférického tlaku bylo zvoleno čidlo MPXHZ6115 od firmy Freescale[2]. Obsahuje vnitřní obvody, které kompenzují vliv změn teploty a zaručují v celém rozsahu výstupní hodnotu 45,9 mV/kPa. Pro výpočet výšky je použito zjednodušené barometrické rovnice[3] (1). V ní se neuvažuje rozdíl teplot v různých výškách. Protože je řídicí procesor pouze 8-bitový, nedokáže řešit složité matematické operace (například logaritmus), které jsou v barometrické rovnici obsaženy. Řešením bylo vytknout z rovnice veškeré proměnné mimo té, která určuje rozdíl tlaku a pracovat s nimi jako s jedinou konstantou. Ta se pak pouze násobí změřenou výstupní hodnotou z A/D převodníku. Přijatelná přesnost je

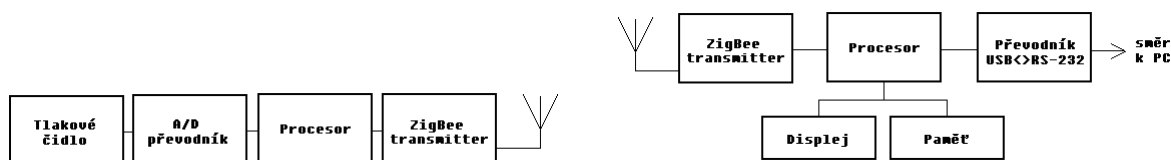
zaručena, pokud rozdíl aktuální a vzletové výšky není více 500 metrů. Při větším rozdílu se již značně projevuje nelineární průběh změny tlaku s výškou a bylo by třeba použít jinou hodnotu vytknuté konstanty.

$$P_h = P_0 \cdot \exp(-mgh/kT)$$

(1) Barometrická rovnice

## 2.2. DOSAŽENÉ ROZLIŠENÍ A POŽADAVKY NA PŘEVODNÍK

Data zobrazovaná uživateli na displeji jsou v jednotkách metrů, ale vnitřní zpracování probíhá s větší přesností kvůli eliminaci překmitávání výsledné hodnoty při konstantní výšce letu. To může nastat pokud aktuální tlak odpovídá rozhraní mezi dvěma rozhodovacími hladinami, pak výstupní hodnota převodníku osciluje mezi těmito hladinami. Výsledná výstupní hodnota na displeji je produkt průměrování posledních tří hodnot a dalších korekčních operací. Pro měření je použit 16-bitový A/D převodník sigma-delta. Vzhledem k tomu že tlak se mění velice pozvolna a stačí měřit jednou za sekundu, je tento převodník vhodný. Vytknutá konstanta z barometrické rovnice byla dále upravena tak, že přímo odpovídá výšce příslušející změně výstupní hodnoty A/D převodníku o jednu hladinu. Její hodnota je 14,6579 cm a přímo vyjadřuje dosažitelné rozlišení při vnitřním zpracování a výpočtech.



**Obrázek 1:** Blokové schémata měřícího (vlevo) a pozemního modulu (vpravo)

## 2.3. BEZDRÁTOVÝ PŘENOS NAMĚŘENÝCH DAT DO POZEMNÍHO MODULU

Bezdrátová technologie ZigBee nabízí vhodné parametry pro využití. Má akceptovatelný dosah a minimální spotřebu i velikost transceiveru. Použity byly dva moduly MNZB-24-A2 od firmy Meshnetics[4], které mají kromě samotného zigbee transceiveru také přímo uživatelsky využitelný mikroprocesor Atmel Atmega1281. Díky tomu se v případě měřícího modulu veškeré řízení přesouvá přímo do zigbee obvodu a je třeba pouze připojit čidlo tlaku. To přispívá k úspoře místa. U pozemního modulu by bohužel veškeré operace samotný zigbee čip obstarat nedokázal, proto se musí použít externí sekundární procesor.

## 2.4. SPOTŘEBA A NAPÁJENÍ

V případě napájení měřícího modulu se počítá s využitím stávajícího vysokokapacitního palubního akumulátoru který napájí serva a případně i motor. Menším problémem je nutnost dvojího napájení. Pro zigbee vysílač je třeba napětí 3,3V a čidlo tlaku s A/D převodníkem vyžadují 5V. Tato napětí jsou získána pomocí dvou nezávislých integrovaných stabilizátorů. Díky malé spotřebě modulu (ve špičce – tzn při vysílání maximálně 20mA) je možné použít stabilizátory bez chladících ploch (pouzdro TO-92).

U pozemního zařízení je nutné integrovat vlastní akumulátor. Nejideálnější je využít dnes moderního li-ion článku. Spotřeba pozemního modulu je po většinu času velmi malá (6mA). Stoupne pouze v krátkém časovém intervalu, kdy se aktivuje zigbee přijímač aby mohla být přijata nová naměřená hodnota z letadla. Proto stačí akumulátor s nízkou kapacitou. Všechny součástky kromě displeje dostačuje napájet pomocí 3V, displej vyžaduje 5V.

Nižšího napětí je dosaženo snížením napětí li-ion článku pomocí integrovaného low-drop stabilizátoru, podobně jako v měřicím modulu. Ale protože jmenovité napětí li-ion článku je pouze 3,6V, je pro získání napájecího napětí pro displej použita nábojová pumpa firmy Analog Devices typ ADM660. Výdrž zařízení s článkem o kapacitě 100mAh je více než 10 hodin.

### 3. ROZŠIŘUJÍCÍ FUNKCE

Pro komunikaci s PC, kvůli přenosu letových dat, slouží rozhraní USB, které je dnes nejrozšířenější. V prvních fázích vývoje bylo plánováno využití služeb obvodu FTDI[5], ale toto řešení se ukázalo jako příliš drahé. Levnější a funkčně srovnatelné řešení nabízí využití sekundárního procesoru. Tím je procesor ATMEGA168 pracující na frekvenci 12MHZ a využívající volně dostupné knihovny AvrUsb[6]. Díky nim je procesor schopen komunikovat po sběrnici usb i přesto, že neobsahuje žádné integrované usb periferie.

#### 3.1. PAMĚŤ PRO LETOVÁ DATA

K ukládání letových dat je použita externí EEPROM paměť připojená na sběrnici I2C. Protože se může modelář nacházet mimo PC delší dobu, musí být přizpůsobena i velikost paměti tak, aby byla schopná pojmout i větší množství letů. Výsledná velikost paměti pro ukládání je 64 kbyte a při četnosti ukládání jednou za sekundu pojme 9 hodin záznamu (jedna hodnota 16 bitů). Organizace je semi-dynamická. Maximální počet záznamů je omezen na 64 a délka každého je libovolná (až do velikosti paměti). Záznamy jsou ukládány bezprostředně za sebou, aby byl efektivně využit celý paměťový prostor.

### 4. ZÁVĚR

Zařízení není určeno k profesionálnímu využití. Jeho přesnost není ničím zaručena a slouží pouze jako informativní ukazatel pro modeláře řídicího model. Výstupní hodnoty jsou odvozeny od vzletové hladiny letadla a ve výpočtu není uvažována absolutní nadmořská výška.

### LITERATURA

- [1] Zigbee alliance (USA). *Bezdrátový standard ZigBee* [Online] Dostupný z WWW: <http://zigbee.org> (prosinec 2008)
- [2] Freescale semiconductor (USA). *Výrobce elektronických součástek*, [Online] Dostupný z WWW: <http://freescale.com> (leden 2009)
- [3] Barometric formula. *Formulář pro výpočet změny tlaku s výškou*. [Online] Dostupný z WWW: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Kinetic/barfor.html> (únor 2009)
- [4] Meshnetics. *Výrobce zigbee transceiverů*, [Online] Dostupný z WWW: <http://meshnetics.com> (leden 2009)
- [5] Future technology devices international. *FTDI čipy pro rozhraní USB*, [Online] Dostupný z WWW: <http://ftdichip.com> (leden 2009)
- [6] AvrUsb library. *Knihovny umožňující MPU Atmel komunikovat po USB* [Online] Dostupný z WWW: <http://www.obdev.at/products/avrusb/index.html> (leden 2009)