

---

# Technická zpráva - Automatický vypouštěč meteobalónů

Eva Pomíchalová

Jakub Kákona

Ondřej Hanus

Pavel Jícha

Zbyněk Poskočil

21. března 2013



---

## Abstrakt

Cílem tohoto projektu je vytvořit analýzu funkčních řešení, na jejichž základě bude možné v budoucnu realizovat projekt Automatický vypouštěč meteobalónů (včetně vytvoření samotného meteobalónu). Z tohoto důvodu je tedy potřeba provést rešerši následujících problémů: již hotová řešení meteorologických balónů či jejich částí (elektronika, senzory, zdroje hélia, materiál balónu), možnosti bezdrátového přenosu dat z meteobalónu do pozemní stanice a omezení týkající se jednotlivých vysílacích pásem, návrh části se vzduchotechnikou, která bude automaticky plnit balón héliem a mechanismu jeho uzavření/zatavení a dále pak návrh konstrukce krytu vypouštěče s důrazem na možná řešení automatického otevírání jeho střechy. Součástí této fáze bude také, na základě provedených analýz, vytvoření funkčního prototypu mechaniky a jejího ovládání pro napouštění balónu a jeho následné uzavření.



## Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Automatický vypouštěč meteobalónů</b> | <b>4</b>  |
| 1.1 Pozemní vypouštěcí box . . . . .       | 4         |
| 1.1.1 Technické požadavky . . . . .        | 4         |
| 1.2 Balónová sonda . . . . .               | 5         |
| 1.2.1 Technické parametry . . . . .        | 6         |
| 1.2.2 Legislativní požadavky . . . . .     | 7         |
| 1.3 Řídicí systém sítě . . . . .           | 9         |
| 1.3.1 Zpracování dostupných dat . . . . .  | 9         |
| 1.3.2 Rozhodovací proces . . . . .         | 9         |
| 1.3.3 Správa systému . . . . .             | 9         |
| <b>2 Problémy a jejich řešení</b>          | <b>10</b> |
| <b>3 Dílčí výsledky a jejich diskuze</b>   | <b>11</b> |
| <b>4 Doporučení pro příští cvičení</b>     | <b>13</b> |



# 1 Automatický vypouštěč meteobalónů

Celý systém by měl být robotizovaným doplňkem sítě **radiových detektorů meteorů**, případně pak i její vizuální varianty (video pozorování <sup>1)</sup> a bolidové kamery).

Účel zařízení je zpřesnit odhad trajektorie temné dráhy meteoritu v atmosféře zavedením korekcí na proudění vzduchových mas během letu. A tím v důsledku zmenšit plochu dopadové elipsy.

Údaje o proudech v atmosféře budou získány balónovou sondou vypuštěnou bezprostředně po detekci průletu bolidu atmosférou. Místo vypuštění balónové sondy by mělo být zvoleno automaticky na základě odhadu dráhy meteoru a známých souřadnic balónových sil v síti.

Důležitou součástí systému je plně robotizovaná vypouštěcí stanice (balónové silo), která umožní vypuštění sondy ze známých souřadnic bez zásahu lidské obsluhy. Vedlejším produktem takového vývoje bude zařízení schopné v budoucnu automatizovat i vypuštění klasických meteorologických **radiosond**.

## 1.1 Pozemní vypouštěcí box

Pozemní stanici balónové sítě bude tvořit kompaktní krabice obsahující techniku potřebnou k vypuštění balónové sondy. Zařízení musí být konstruováno tak, aby bylo schopné vydržet řádově několik roků v pohotovostním režimu, a čekat na příkaz k vypuštění sondy.

### 1.1.1 Technické požadavky

Většinu řídicí elektroniky lze složit z modulů **stavebnice MLAB**

#### Komunikace se sítí stanic

- Ethernet - modulem **ETH01A**
- RS232 - **RS232SINGLE01A**
- GSM (pro odlehlé oblasti)

Zároveň bude potřeba také vybavení pro příjem telemetrie z již vypuštěných radiosond <sup>2)</sup> z jiných stanic.

Tyto požadavky splňuje modul **STM32F10xRxT01A**

#### Napájení systému

- lokální (stand-alone) - Fotovoltaický panel
- Síťové napájení (síťový adaptér + UPS)



### Diagnostika poruch

- Kontrola úspěšného startu (měření vztlaku balónu)
- Měření teplot, tlaku plynové náplně, průtoku média do balónu.
- Vlhkost uvnitř krabice (průsak a ztráta vodotěsnosti proražením víka a podobně)

### Meteorologická data

- Základní meteorologická čidla (teplota, tlak, rychlost větru) - k určení možnosti startu. [AWS01B](#)
- GPS (pozice stanice a přesný čas) log reportu o startu. [GPS01A](#)

### Mechanická konstrukce

- Svařovaná plastová bedna s odstranitelným víkem. Dostatečně těsná, aby nebyla zajímavá pro hlodavce a další havěť.
- Konstrukce navržena tak, aby umožnila vypouštění i současných profesionálních balónových sond.
- Aktivace mechanických prvků přepálením vlákna
- uzavření balónu zatavením hrdla

**Akční členy** Většina akčních členů by měla být konstruována s důrazem na maximální spolehlivost. Akční členy proto pravděpodobně budou pružiny s přepalovacími PE pojistkami (silonové vlákno, nebo stuha přepalovaná výkonovým rezistorem) ke spínání proudu do rezistorů může být využit modul [NFET4X01B](#)

### Firmware

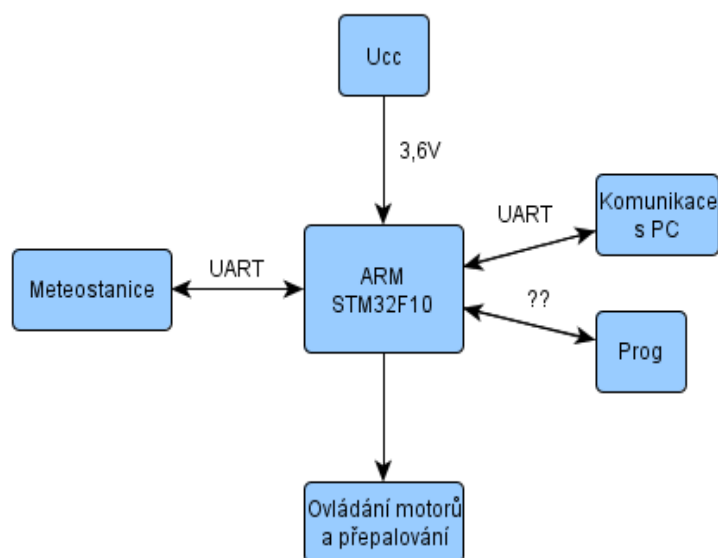
- Pozemní stanice by měla mít možnost odmítnout vypuštění na základě zadané konfigurace jejího majitele.

Pro zajištění běhu nezávislých procesů by bylo možná vhodné využít [ChibiOS/RT](#)

## 1.2 Balónová sonda

Neletový prototyp sondy bude vyvinut za použití modulů stavebnice [MLAB ATmegaTQ3201A](#), [SDcard01B](#), [GPS01A](#)





Obrázek 1: Blokové schéma pozemního vypouštěcího boxu

### 1.2.1 Technické parametry

GPS na sondě by měla být udržovaná ve stavu FIX, aby pak nedocházelo ke zpoždění v důsledku čekání na fix.

#### Komunikace (Telemetrické údaje)

- Primárním cílem je měření rychlosti a směru větru ve známých bodech.
- GPS údaje 10Hz, textový výstup **NMEA**
- další veličiny jako teploty, tlaky atd. jsou volitelné.
- Radio maják a akustický maják?
- Radiový přenos telemetrie v pásmu 27-450 MHz: možnost bezlicenčních pásem (SVN: VO-R-16, VO-R-10)
- Radiomoduly: <http://www.artbrno.cz>, <http://www.anaren.com>

GPS je potřeba vybrat tak, aby fungovala i ve větších výškách. <sup>3)</sup>



### Napájení sondy během letu

- **Lithiový článěk** (negeruje teplo, minimální provozní teplota je -60 C)
- Hořčíková baterie (generuje teplo pro temperování elektroniky)
- **Stříbro-oxidový článěk** Vydrží nižší provozní teploty a je ekologicky nezávadný.
- Ideální by bylo použití **superkapacitorů**

Řešením problému s nízkou teplotou ve vyšších výškách by mohlo být přehřátí sondy při startu.

### Konstrukce

- Balón - **PE** pytel (kvůli životnosti v zabaleném stavu - guma s časem degraduje) <sup>4)</sup>
- Možnost dálkového odpojení balónu od sondy (ukončení stoupání)
- Prototyp plněný **heliem**, i ekologičtější. A vodík navíc lze vyrábět chemicky přímo během vypuštění sondy).
- Splnění požadavků na bezpečnost provozu (letovou, majetkovou a personální)

### Firmware

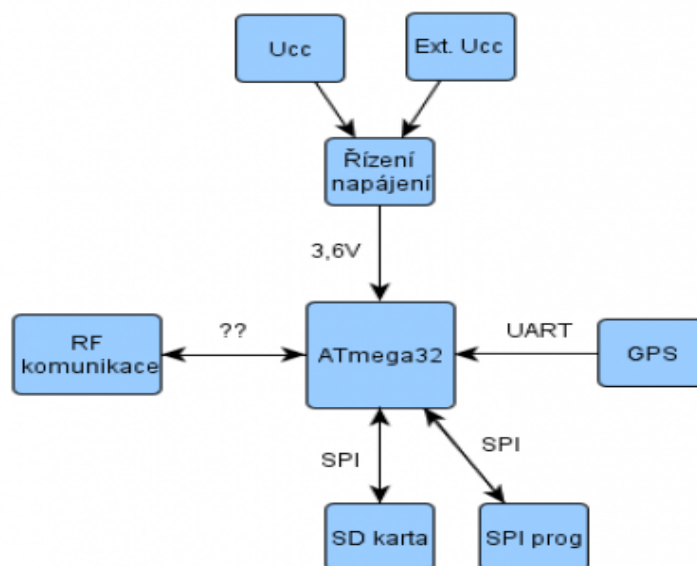
- Záznam dat v gondole balónu mikroSD karta

#### 1.2.2 Legislativní požadavky

Pravidla pro lety volných balónů bez pilota jsou definovány v leteckých předpisech L-2 Pravidla létání, dodatek 5 a R.

**Kategorie balónu** Balón by měl spadat do kategorie B2, která je definována jako volný balón s objemem menším než  $3,25 \text{ m}^3$ , přičemž žádný z rozměrů balónu nepřekračuje 2 m. Rozměr 2 m je rozměr při jeho maximálním naplnění/roztažení.





Obrázek 2: Blokové schéma balónové sondy

**Povolení vyuštění** Užitečné zatížení představují předměty a materiály, které by v případě střetu s letadlem mohly způsobit poškození letadla (zejména prskavky, svítící tyčinky, lámací světla, LED diody apod.) a jakékoliv zatížení o hmotnosti přesahující 0,1 kg. Vzhledem k této definici bude nutné mít pro provoz balónu povolení. Všechny informace ohledně letu (jako je datum, čas, místo vypuštění, užitečné zatížení atp.) musí být zveřejněny v Letecké informační příručce (AIP). Pro vypuštění ve zvláštních případech, jako je mimořádné pozorování, je potřeba upozornit prostřednictvím navigační výstrahy formou zprávy NOTAM, která se musí podat minimálně 24 hodin před vzletem balónu.

**Materiály** Balón nesmí být plněn hořlavými a výbušnými plyny s výjimkou povolení ÚCL. Omezení pro materiál antény ani baterií nejsou definovány. Materiál balónu také není definován, ale při použití balónu o vysoké svítivosti nebo zhotoveného z materiálů o velké světelné nebo radarové odrazivosti musí být oznámeno nejbližšímu stanovišti letových provozních služeb. Materiál (lano, provázek) spojující balón se sondou nesmí vydržet větší sílu než 230N.

**Dostup** Pro dostup nejsou omezení.

**Místo vypuštění** Omezení se týká všech Zakázaných, Nebezpečných a Omezených prostorů, stejně jako dočasně aktivovaných prostorů v době jejich používání, s výjimkou





kdy tak povolí ÚCL nebo kdy je prostor vyhrazen pro let předmětného balónu. Provoz balónu blízko hranic a letišť je problematický, nedoporučuje se.

### Řešení legislativních problémů

- Navrhnout bezpečnou sondu, která splní požadavky ÚCL na bezpečnost letu.
- Řídit stoupání a aktivně zabránit vzniku kolize. (Takový systém by mohl zároveň zjednodušit návrat sondy podobně jako [zde](#))
- Autodestrukce při hrozící srážce.

## 1.3 Řídící systém sítě

### 1.3.1 Zpracování dostupných dat

- Odhad vektoru meteoru v atmosféře
- Záznam dostupných meteorologických dat pro pozdější rekonstrukci (družicové snímky, aktuálně měřené hodnoty ČHMÚ, radarové snímky)
- sběr dat z jednotlivých stanic
- výpočet vektoru a výškových profilů větru

### 1.3.2 Rozhodovací proces

Použití nějakého skriptovacího jazyka pro popis procesu [ROS](#)?

- Přidělení příkazu ke startu jednotlivým stanicím.
- Přeplánování startu v důsledku neúspěšného vypuštění nebo zamítnutí stanicí.
- Kontrola potenciálního narušení vzdušného prostoru a zakázaných zón.

### 1.3.3 Správa systému

- registrace jednotlivých stanic a správa uživatelů v kooperaci s projektem [Astrozor](#)



## 2 Problémy a jejich řešení

Dosud jsme narazili hned na několik problémů, které ovlivnili naše další rozhodování a realizaci. Mezi ně patří:

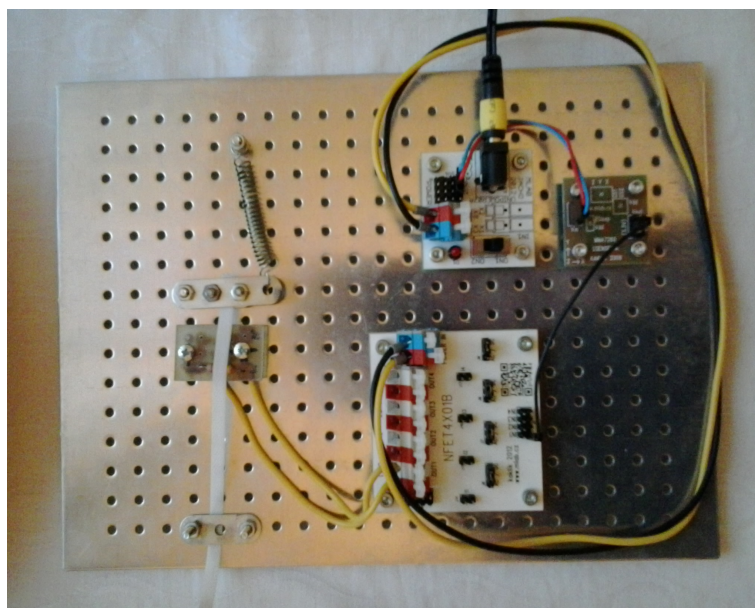
- Potíže s legislativou - omezení týkající se povolení vypuštění balónu. Jedná se předně o omezení váhová a materiálová.
- Nemožnost použití vodíku - tato možnost byla jednoduše vyloučena.
- Baterie a jejich odolnost vůči mrazu - navrhováno několik variant, v současné době ještě nemáme vybránu jednu konkrétní.
- Dostupnost materiálů - aktuálně potíže s dopravou tlakových lahví s héliem.

Navrhovaná řešení jednotlivých problémů jsou uvedena v technické části vždy u příslušné kapitoly.



### 3 Dílčí výsledky a jejich diskuze

Naším prvním dílčím výsledkem je několik návrhů řešení jednotlivých částí popsaných výše. Dále nalezení konkrétních součástí, jejichž objednávka včetně fyzického zajištění se bude realizovat příští týden. Dále se nám podařilo sestrojít prototyp odpalování pružiny pro otevírání víka pozemní vypouštěcí stanice. Tento pokus nejlépe ilustruje toto [video](#). U tohoto prototypu bylo zjištěno, že doba přepalování je poměrně dlouhá, což není vhodné. Jedním ze záměrů zhotovitele bylo nezničit odpor, což pravděpodobně nebude možné, aby doba spouštění nebyla příliš dlouhá.



Obrázek 3: Odpalovač víka





Obrázek 4: Lahev hélia



Obrázek 5: Redukční ventil



## 4 Doporučení pro příští cvičení

Tato část není příliš vhodná pro naše komentáře neboť pracujeme na samostatném tématu. Co se týká konkrétně našeho týmu, potřebovali bychom k dispozici patřičně vybavenou laboratoř, ve které bychom mohli provádět realizaci. Cvičení jsou jinak vedena zajímavě, hodně zaměřena na standardní samostatnou úlohu, což se nám líbí.



## Reference

- [1] například síť CEMeNt <http://cement.fireball.sk/>
- [2] radiosondy <http://www.radiosonde.eu/>, <http://www.radiosonda.sk/>
- [3] směrnice CoCom <http://en.wikipedia.org/wiki/CoCom#Legacyi>
- [4] projekt Mogul [http://cs.wikipedia.org/wiki/Projekt\\_Moguli](http://cs.wikipedia.org/wiki/Projekt_Moguli)

