
Technická zpráva - Automatický vypouštěč meteobalónů

Eva Pomíchalová

Jakub Kákona

Ondřej Hanus

Pavel Jícha

Zbyněk Poskočil

26. května 2013



pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1

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.

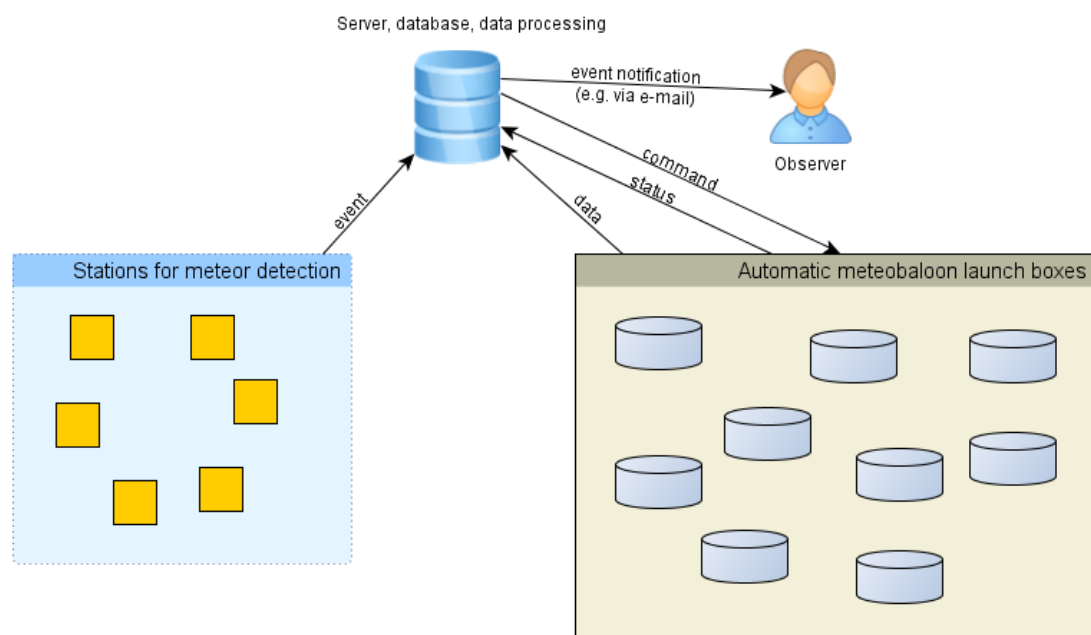


pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1

Obsah

1	Automaticky vypouštěný sondážní balon	4
1.1	Cíle konstrukce systému	4
1.1.1	Síť pro detekci dopadu meteorů	4
1.1.2	Automatické vypouštění meteorologických radiosond	5
2	Pozemní vypouštěcí box	5
2.1	Potřebné parametry	5
2.2	Elektronika pozemní stanice	6
2.2.1	Napájení elektronických subsystémů	6
2.3	Mechanická konstrukce	6
2.3.1	Akční členy	6
2.3.2	Uzavírací mechanismus balónu	8
2.3.3	Napouštěcí systém balónu	10
2.4	Diagnostika stavu systému	15
2.4.1	Meteorologická data	15
2.5	Firmware pozemní stanice	16
2.5.1	Real-time operační systém	16
2.5.2	Funkce firmwaru	16
2.5.3	Uživatelské rozhraní	17
3	Balónová sonda	18
3.1	Potřebné parametry	18
3.2	Legislativní požadavky	21
3.3	Meteorologický balón	23
3.3.1	Svařování balónu	24
3.3.2	Zpětný ventil	24
4	Řídicí systém sítě	25
4.1	Zpracování dostupných dat	25
4.2	Rozhodovací proces	25
4.3	Správa systému	25
5	Výsledky projektu	26
5.1	Možnosti budoucího vývoje zařízení	26
5.2	Doporučení pro další cvičení	26





Obrázek 1: Schéma celé sítě

1 Automaticky vypouštěný sondážní balon

1.1 Cíle konstrukce systému

1.1.1 Síť pro detekci dopadu meteorů

Celý systém by měl být robotizovaným doplňkem sítě **radiových detektorů meteorů**, případně pak i její vizuální varianty (video pozorování 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 meteoritu na zemský povrch.

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**.



pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1

1.1.2 Automatické vypouštění meteorologických radiosond

Meteorologické sondy jsou dnes prakticky výhradně vypouštěny ručně nafouknutím balonu vodíkem, jeho uvázáním na sondu a vypuštěním. Již dříve však bylo učiněno několik pokusů o automatizaci tohoto procesu [8]. Avšak zatím žádný nedosáhl praktického nasazení. Což je pravděpodobně způsobeno komplikovaností procesu a zajištěním spolehlivosti tohoto řešení. Náročnost úlohy se podstatně zjednodušuje v případě, že vypouštěcí systém bude konstruován na jednorázové použití, jako je tomu v případě aplikace v síti pro detekci dopadu meteorů.

2 Pozemní vypouštěcí box

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

2.1 Potřebné parametry

Většina řídicí elektroniky je složena z modulů [stavebnice MLAB](#)

Komunikace s řídicím systémem sítě stanic je aktuálně řešena terminálem na RS232 tvořeného modulem [RS232SINGLE01A](#) respektive jeho USB variantou [USB232R01B](#). Další možnosti připojení jsou následující:

- Ethernet - modul [ETH01A](#)
- Konvertor z TTL na sběrnici CAN [TTLCAN01B](#)
- Konvertor z TTL na sběrnici RS485. [TTLRS48501A](#)
- GSM výhodné pro odlehlé oblasti a odesílání informací o poruchách.
- USB - je přímo osazeno na použitém řídicím modulu a lze jej použít jako servisní terminál a k aktualizaci firmwaru pomocí bootloaeru.

Jako hlavní řídicí MCU této jednotky byl vybrán ARM STM32F103R8T v modulu [STM32F10xRxT01A](#). Firmware je pak dále popsán v kapitole [2.5](#).



2.2 Elektronika pozemní stanice

2.2.1 Napájení elektronických subsystémů

Ve vývojové fázi funkčního vzoru je napájení systému řešeno PC ATX zdrojem, ze kterého jsou využity +5 V a +12 V větve. Toto řešení se neukázalo jako příliš optimální vzhledem ke špatné spolehlivosti PC zdrojů při provozu s nízkou zátěží v dalším prototypu bude proto ATX zdroj pravděpodobně nahrazen jiným spínaným zdrojem určeným pro tento druh aplikace.

Výhodným řešením by také mohlo být využití fotovoltaických článků, které by v případě umístění na odsuvné střeše bylo možné využít k detekci zakrytí střechy.

2.3 Mechanická konstrukce

Box tvoří plastová krabice o rozměrech 57x39x42 cm, zakoupená v IKEE a bočnice a střecha z polykarbonátu. Výsledné uspořádání připomíná psí boudu a bylo takto navrženo za účelem snadného otevírání střechy. Bočnice mají tvar obdélníku, na kterém je posazen přesahující rovnoramenný trojúhelník. Obdélníková část je přichycena ke krabici a na trojúhelníkové části je posazena střecha, která je tvořena ze dvou desek. Tyto střešní desky, které se kvůli dešti navzájem trochu překrývají, jsou uvnitř ve vrcholu střechy spojeny páskou. Při přetavení pásky rezistorem, sjedou samovolně střešní desky po bočnicích na zem. Celý systém je znázorněn na obrázku. ===== Box tvoří plastová krabice o rozměrech 57x39x42 cm, zakoupená v obchodním řetězci IKEA. Bočnice a střecha jsou vyřezány z dutinkového polykarbonátu (menší zátěž, dostatečně pevný). Výsledné uspořádání je vidět na obrázku ?? a bylo takto navrženo za účelem snadného otevírání střechy.

Bočnice mají tvar obdélníku, na kterém je posazen přesahující rovnoramenný trojúhelník. Obdélníková část je přichycena ke krabici a na trojúhelníkové části je posazena střecha, která je tvořena ze dvou desek. Tyto střešní desky, které se z důvodu vodotěsnosti navzájem překrývají, jsou uvnitř ve vrcholu střechy spojeny páskou. Při přetavení pásky rezistorem, se spustí vlivem gravitační síly po bočnicích na zem. r3032

2.3.1 Akční členy

Většina akčních členů je konstruována s důrazem na maximální spolehlivost. Akční členy proto jsou pružiny s přepalovacími PE pojistkami (silonové vlákno, nebo stuha přepalovaná výkonovým rezistorem) ke spínání proudu do rezistorů je využit modul **NFET4X01B**

Dále se nám podařilo sestavit prototyp odpalování pružiny pro otevírání víka pozemní vypouštěcí stanice. Tento pokus nejlépe ilustruje toto

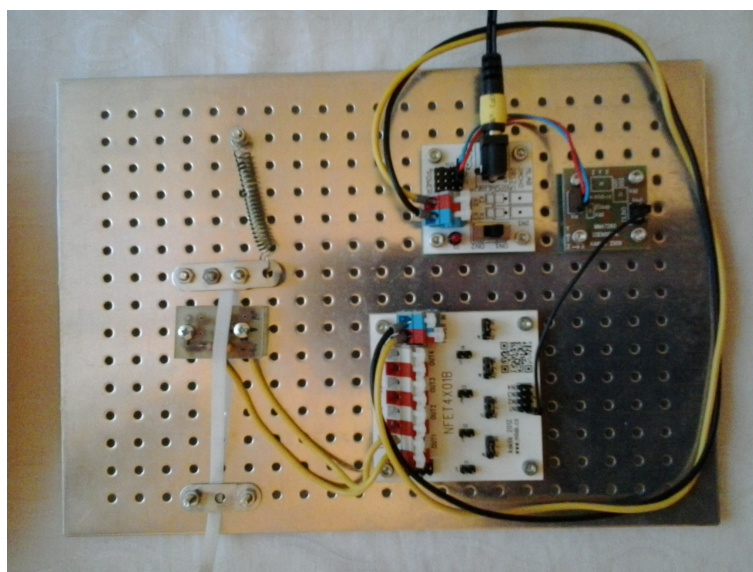
[video](#).



pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1

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.

Při jednom z testovacích odpalů bylo zjištěno, že u tohoto řešení pro otevření střechy hrozí sesunutí stuhu či silonu mimo rezistor. Tomuto bylo zabráněno vložením plastového článku navrženého přímo pro tyto účely a vytvořeného pomocí 3D tiskárny. Tento článek usměrňuje stuhu před rezistorem (obrázek 3).



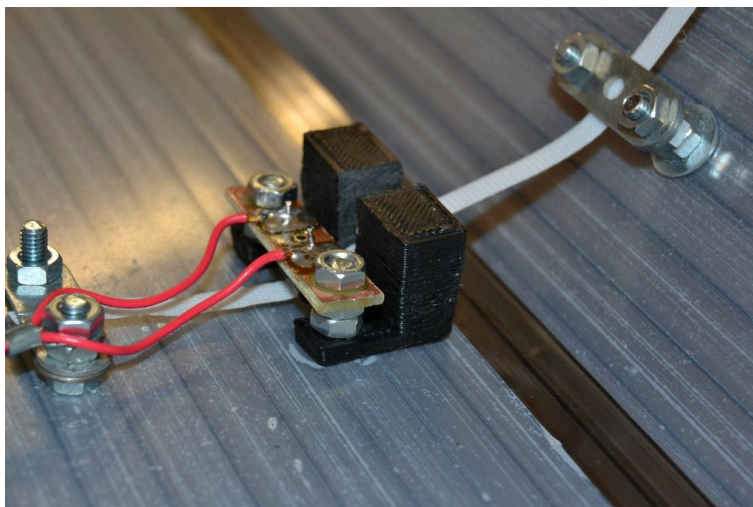
Obrázek 2: Prototyp pojišťovacího mechanismu

V produkční verzi by měla být konstrukce řešena polyfúzně svařovanou plastovou bednou dostatečně těsnou, aby nebyla zajímavá pro hlodavce a další havěť.

Rozměry by měly být upraveny tak, aby umožnila vypouštění i současných profesionálních balónových sond.

iiiii .mine Jiná možnost otevření střechy je použít panty. Tyto panty by, držely střešní desky v zavřené poloze a po přepálení pásky rezistorem, by se tyto desky vyklopily do stran, jak je znázorněno na obrázku. Pohyb, který by střešní desky musely vykonat, by byl zajištěn pružinami. Nejvhodnější řešení by bylo použít zkrutnou pružinu, u každého pantu. ===== Další možným řešením otevírání střechy jsou panty. Tyto panty by držely střešní desky v zavřené poloze a po přepálení pásky rezistorem by se tyto desky vyklopily do stran, jak je znázorněno na obrázku 4. Pohyb, který by střešní desky musely vykonat, by byl zajištěn pružinami. Nejvhodnějším řešením je použití zkrutné pružinu u každého pantu. iiiiii .r3032





Obrázek 3: Vodící článek pro stuhu

2.3.2 Uzavírací mechanismus balónu

Jako uzavírací a vypouštěcí systém balónu je použito odporové svařování. Toto svařování je umístěno v lisovacím mechanismu, který má za úkol stisknout nohavici balónu, jež přivádí nosný plyn do balónu. V poslední fázi činnosti tohoto mechanismu je nohavice příčně přetavena. Tím dojde k uzavření přívodu do balónu a zároveň k odpoutání balónu od uzavíracího systému. K uvolnění balónu je potřeba dostatečný vztlak, jež přetrhne natažený materiál a uzavřený balón pak začne stoupat.

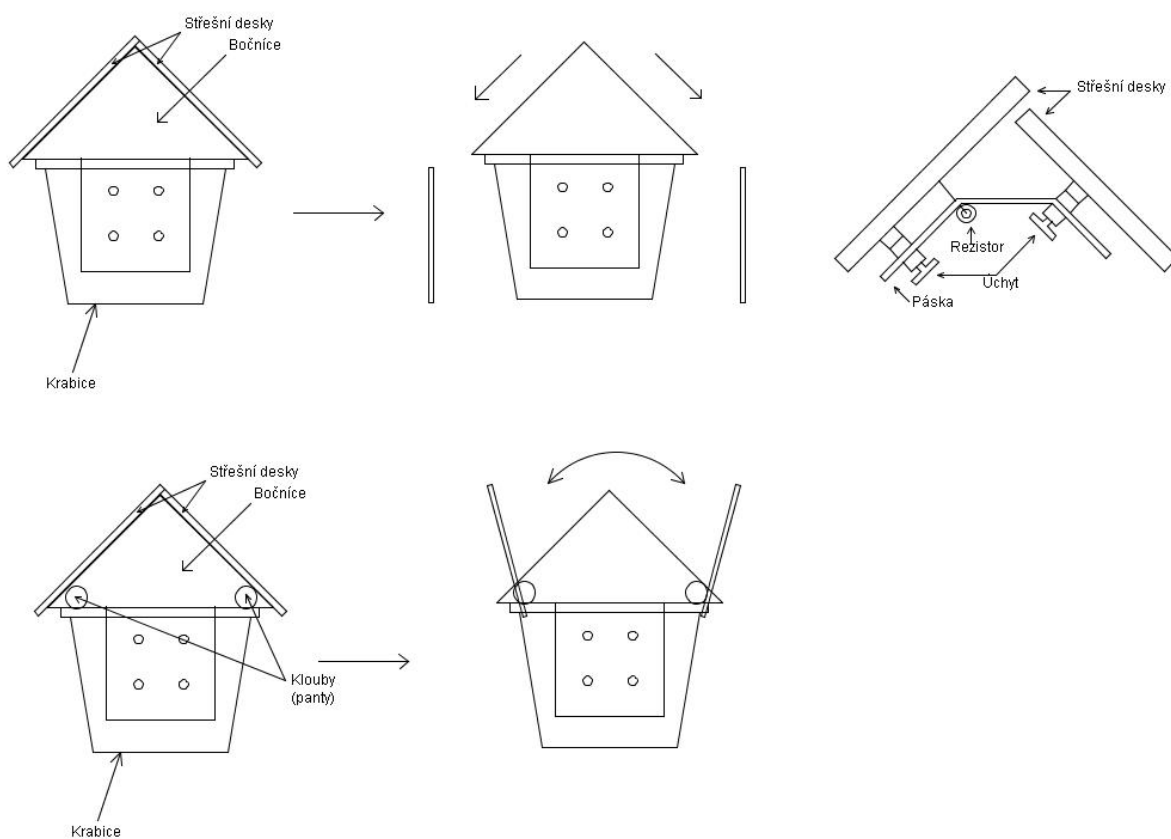
Lis je tvořen pohyblivou přítlačnou plochou a pevnou zarážkou s odporovým drátem. Přítlačná plocha je schopna posuvného pohybu po kolejnicích s přírazem k pevné zarážce. O přítlak se starají dvě pružiny umístěné na kolejnicích za plošinou, jak je vidět na obrázku 5.

Pro snadnější rozevírání lisu a jeho spuštění je použit naviják, který přitahuje přítlačnou plošinu. Po dostatečném rozevření lisu, je naviják zajištěn páskou, která je vedena přes rezistor. Lis je aktivován tak, že rezistor přetaví pásku, zajišťující naviják. Naviják se uvolní a pružiny sevrou lis.

Na pevné zarážce je natažen odporový drát, který má za úkol přetavit nohavici stisknutou lisem. Aby nedošlo k příliš rychlému přetavení nohavice, je přes odporový drát přetažen pauzovací papír. Pro lepší účinnost systému je pauzovacím papírem potažena i přítlačná plošina. Pauzovací papír se postará o lepší rozložení tepla a zároveň brání přitavení nohavice k lisu.

Pro správnou funkci lisu je důležitá poloha, ve které doléhá přítlačná plošina k zarážce. Přítlačná plošina musí doléhat tak, aby její horní hrana byla v zákrytu s horní hranou

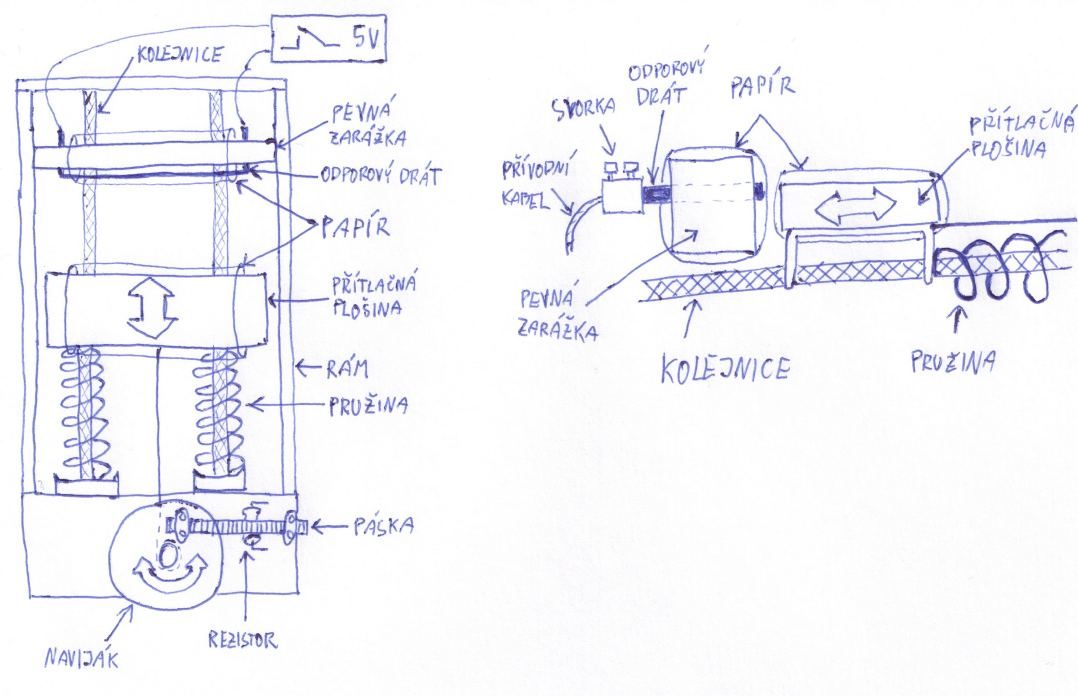




Obrázek 4: Otevírání střechy



odporového drátu. Pokud by plošina byla posunuta výše, došlo by sice k přetavení, ale balón by se nedokázal vlastní silou odpoutat od systému, protože by byl stále držen lisem. Pokud by plošina byla posunuta níže, nedošlo by k správnému uzavření a odpoutání balónu. Při správném nastavení plošina doléhá přesně na hraně odporového drátu, dojde k uzavření balónu a jeho následnému odpoutání. Správné nastavení je znázorněno na obrázku 5.



Obrázek 5: Náčres uzavíracího mechanismu balónu

2.3.3 Napouštěcí systém balónu

Pneumatika napouštěče balónu řeší problém dávkování nosného plynu do balónu. Pro experimenty s funkčním vzorem přístroje bylo jako nosný plyn vybráno helium (bezpečný inertní plyn).

Pro dávkování nosného plynu do balónu byly uvažovány dva koncepty.

1. Použití jednorázové plynové kartuše naplněné právě potřebným množstvím plynu.
2. Použití opakovaně plnitelné tlakové lahve





Obrázek 6: Konstrukce ventilu plynové kartuše s héliem

Tlaková nádoba Pro první případ uvažující jednorázovou plynovou náplň byla vybrána tlaková nádoba zobrazena na obrázku 6. Její původní plánované využití je pro miniautogeny a je plněna tlakem 100 bar. Výhodou je výstupní šroubení M10x1 a uzavírání tlačným kuželovým ventilem, který by mělo být možné uvolňovat šroubovacím mechanismem. Například s pružně uloženým trnem.

V originálním uspořádání je tlačný kuželový ventil otevírán redukčním ventilem, který je vidět na obrázku 7.

Ten kromě kuželu a přitlačné pružiny obsahuje ještě i zpětný ventil s hadičníkem, který lze z těla redukčního ventilu odšroubovat.

Pro konstrukci prototypu napouštěče balónu bylo potřeba opakovaně experimentovat s procesem napouštění a problém opakovaného naplnění plynové kartuše a otevírání kuželového ventilu se nepodařilo z časových důvodů vhodně vyřešit.

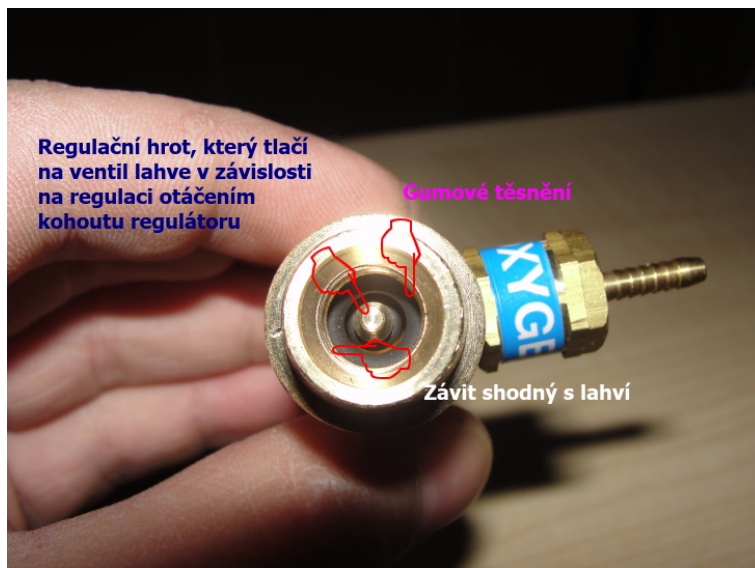
Z toho důvodu byla použita opakovatelně plnitelná tlaková nádoba v kombinaci s klasickým redukčním ventilem na kyslík.

Helium je pak dávkováno elektromagnetickým ventilem.

Toto uspořádání má značnou nevýhodu. Helium je pod stálým tlakem ve značném objemu aparatury. Vlivem netěsností a difuze skrz materiály s nízkou hustotou, jako jsou například hadice, nebo pryžová těsnění z ní tak postupně uniká.

Toto chování bylo demonstrováno při zkouškách prototypu natlakováním asi 1m dlouhé hadice s průměrem 6 mm přes redukční ventil na jejím druhém konci pak byl připojený





Obrázek 7: Redukční ventil



Obrázek 8: Znovuplnitelná lahev na technické plyny





Obrázek 9: Redukční ventil na vodík - tento ventil byl pořízen s očekáváním lepších parametrů, než ventil kyslíkový, má však ale levý závit. (Jako všechny ventily pro hořlavé plyny splňující normu)



pomicva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1



Obrázek 10: Redukční ventil na kyslík sloužící jako náhrada za vodíkový redukční ventil s levým závitem



pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1



Obrázek 11: Elektromagnetický dávkovací ventil

manometr, na kterém bylo možné sledovat klesání tlaku v hadici. Tlak z původních 0,4 MPa klesl během několika desítek minut na 0,2 MPa. Dále přes noc klesl až k nule. Hadice byla k regulačnímu ventilu a manometru připojena kvalitními nástrčnými šroubeními pro technické plyny se závity těsněnými teflonovou páskou.

Je tedy zřejmé, že systém se stále otevřenou tlakovou lahví a regulačním ventilem nemůže být použit v produkční verzi zařízení, neboť nelze zaručit trvanlivost náplně v tlakové nádobě po delší dobu.

2.4 Diagnostika stavu systému

- 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)

2.4.1 Meteorologická data

Základní meteorologické veličiny nutné pro rozhodnutí o startu jsou snímány lokálně (teplota, tlak, relativní vlhkost, směr rychlost větru) jsou snímány meteostanicí **AWS01B** a lokálně zaznamenáván společně s údaji z **GPS01A** (police stanice a přesný čas) logu a reportu o průběhu startu.



pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1

2.5 Firmware pozemní stanice

2.5.1 Real-time operační systém

Pro ovládání celého systému byl zvolen real-time operační systém (RTOS). Ten byl zvolen především pro zjednušení programování vypouštěče, konkrétně nastavování periférií procesoru a řízení vícevláknové aplikace na něm běžící.

Jako RTOS pro tuto aplikaci tak byl zvolen ChibiOS, který splňuje standardní požadavky na RTOS a navíc s ním byly v týmu zkušenosti při programování jiných aplikací pod procesory ARM a ovládání modulů [stavebnice MLAB](#).

2.5.2 Funkce firmwaru

Aplikaci pro ovládání odpalování je možné rozdělit na čtyři funkční bloky, které jsou realizovány pomocí vláken. Funkční diagram je zobrazen na obrázku [12](#). V následujících odstavcích bude podrobněji rozebrána funkce jednotlivých vláken aplikace.

Blikání LED V tomto vlákně je realizované prosté blikání LED, které slouží pro signalizaci běhu programu. Mezi tím, kdy dioda svítí a nebo je vypnutá, je vlákno uspáno. Tím je vyřešeno jak časování, tak úspora prostředků procesoru.

Vypouštění Toto vlákno se stará o kompletní sekvenci pro vypuštění balónu. Po spuštění a inicializaci proměnných spadne program do nekonečné smyčky, ve které je následně uspán a čeká na probuzení. To nastane ve třech případech:

1. Příjem příkazu pro odpal
2. Příjem příkazu pro zrušení odpalu
3. Probuzení od časovače

Ad. 1. Po příjmu příkazu, který zahajuje celou sekvenci odpalování se vypíše na terminál zpráva o zahájení vypouštění a sepne se pin, na kterém je připojen aktuátor, který otevírá víko krabice, ve které je balón uložen (v době vykonávání každého kroku je na terminál vypisována informace o tom, kolik procent z daného kroku je již vykonáno). Pomocí koncového spínače je snímána informace o tom, zda se střecha opravdu otevřela, pokud se tak nestalo, je celá sekvence ukončena. Pokud snímač indikuje otevření střechy, přistupuje se k dalším krokům.

Tím je otevření ventilu a následné zahájení napouštění balónu. Tento krok není v současné době nijak zpětnovazebně snímán - je dán pouze čas, kdy je ventil otevřen. Do budoucna



by bylo vhodné použití měření průtoku k získání informace, zda je balón opravdu napuštěn daným množstvím plynu.

Třetím krokem celé sekvence je přepálení plastové pojistky, která spouští tavící lis. Po pevně dané časové prodlevě, která by měla být dostačující pro přetavení, je pomocí koncového spínače zjištěno, zda se pojistka přetavila. Pokud ano, pokračuje se posledním krokem, pokud ne, dochází opět k přerušení odpalovací sekvence a návrat do výchozího stavu.

Posledním krokem je zatavení naplněného balónu. V tomto kroku je opět nadefinován čas, po který dochází k zatavování balónu pomocí odporového drátu. Po uplynutí nadefinované doby je balón zataven, na terminál je vypsána informace o ukončení vypouštění a všechny výstupy jsou v neaktivním stavu.

Ad. 2. V případě příjmu zprávy, která příkazuje ukončení procesu odpalování, se deaktivují výstupy aktivní během vypouštění a uživatel je informován o úspěšném přerušení celé sekvence.

Ad. 3. Pro přesné časování během celého procesu odpalování je využito funkce časovače. Ten se v každém kroku odpalování sepne na určitou dobu, která je celočíselným násobkem celkové doby, jež se čeká v daném kroku. Tento postup byl zvolen z toho důvodu, aby mohla být průběžně aktualizována zpráva pro uživatele vyjadřující čas, který zbývá do ukončení daného úkolu.

Příjem příkazu od uživatele Pro komunikaci s uživatelem je využito sériové linky. Ta se využívá jak pro informování uživatele o aktuálním stavu programu, tak zároveň k příjmu příkazů od uživatele. Celý algoritmus příjmu příkazu spočívá ve vyčítání znaků zadaných uživatelem znak za znakem až do té chvíle, kdy je stisknut ENTER a nebo je překročena maximální délka příkazu. Poté se buď zadaný příkaz dekoduje a následně provede a nebo je vypsána informace, že příkaz nebyl rozeznán.

Příjem dat z GPS modulu Posledním vláknem využívaném ve firmwaru vypouštěče je vlákno, které se stará o příjem a dekodování NMEA zprávy posílané po sériové lince z GPS modulu [6]. Každou vteřinu je vyčítána NMEA zpráva a z ní je vybrána GPRMC zpráva, ze které je následně získána informace o aktuálním čase, datu a poloze stanice. Tato informace slouží jednak pro přesné logování událostí a zároveň v budoucnu pro snadné lokalizování vypouštěcí stanice.

2.5.3 Uživatelské rozhraní

Při spuštění terminálu se po resetu programu procesoru vypíše úvodní zpráva s nápovědou, na kterých výstupních pinech procesoru jsou připojeny jednotlivé akční členy. Poté program přechází do pohotovostního režimu a čeká na příkaz od uživatele. Tyto příkazy jsou:



pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1

1. odpal
2. zrus (nebo písmeno "s")
3. help
4. check

Příkaz **odpal** spustí vypouštěcí sekvenci probuzením daného vlákna pro vypouštění. Příkaz **zrus** zastaví vypouštěcí sekvenci, pokud byla zahájena a informuje o tom výpisem o ukončení vypouštění. Zároveň jde vypouštění zrušit okamžitě stisknutím "s" bez nutnosti potvrzovat příkaz enterem. Příkaz **help** vypíše stejnou úvodní zprávu jako po resetu programu. Poslední příkaz **check**, lze použít pro kontrolu stavu vypouštěče před začátkem vypouštění. Po zadání tohoto příkazu jsou na terminál vypsány informace o aktuálních stavech použitých senzorů. Lze tak například zkontrolovat, že střecha není zajištěna, nebo že je lis již spuštěn.

3 Balónová sonda

Hlavním úkolem meteorologické sondy je v případě použití systému ke zpřesnění dráhy dopadu meteoru změření směrů a rychlostí větru. Z tohoto hlediska jde proto o meteorologickou sondu označovanou jako **Rawinsonde**.

Neletový prototyp sondy bude vyvinut za použití modulů stavebnice **MLAB ATmegaTQ3201A**, **SDcard01B**, **GPS01A**.

3.1 Potřebné parametry

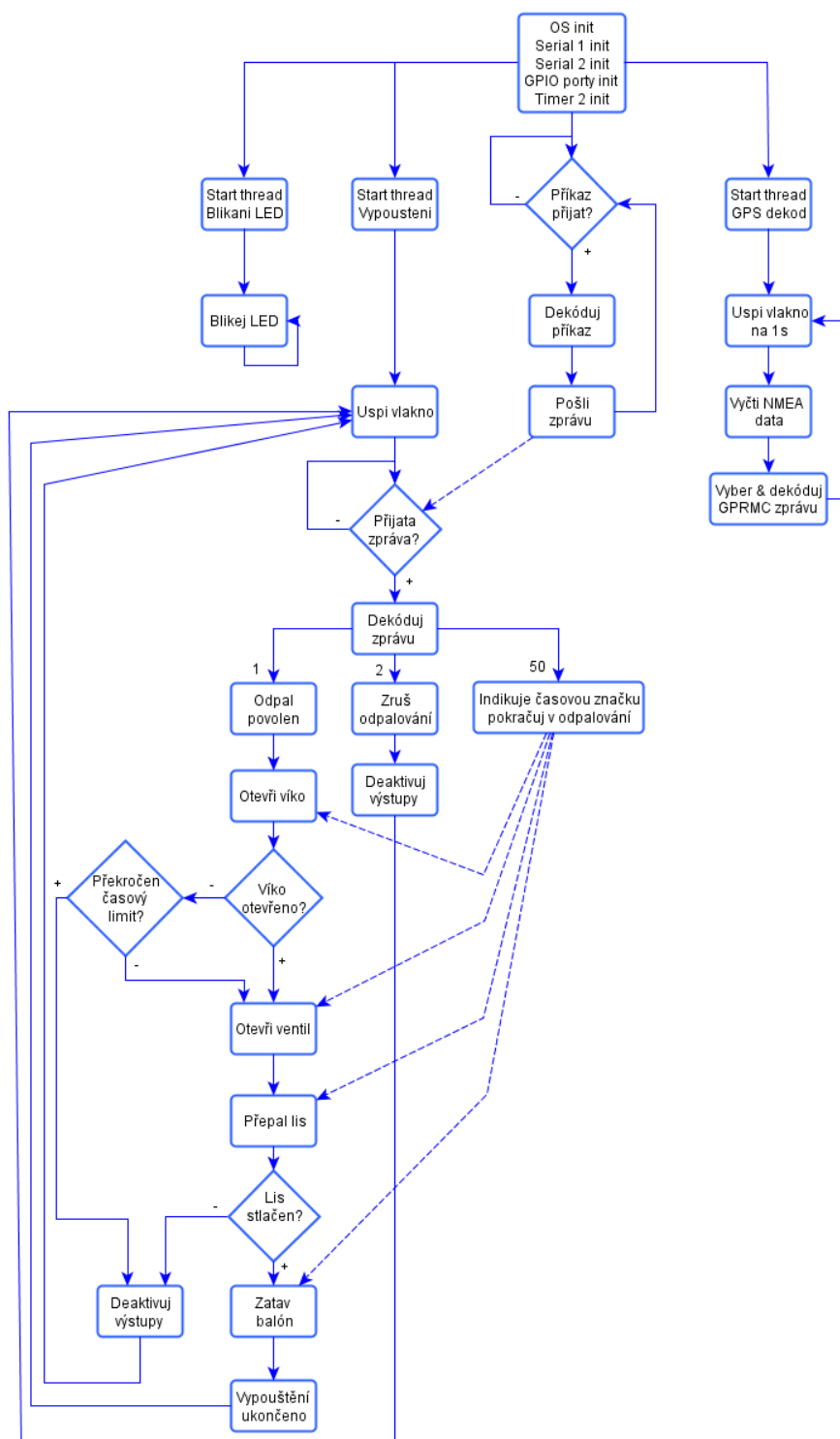
GPS na sondě by měla být udržovaná ve stavu FIX, aby pak nedocházelo ke zpoždění v důsledku čekání na fix.

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)

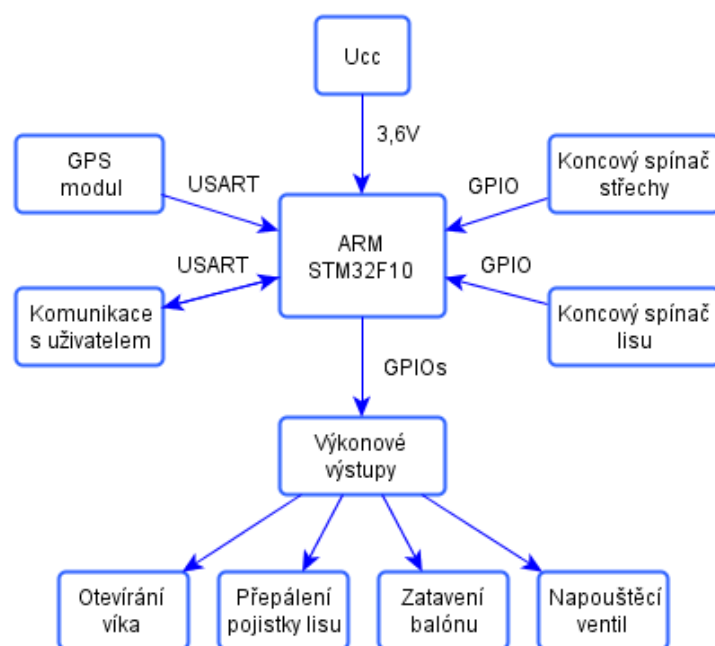


pomiceva jichapav
kakonjak poskozby
hanuson1



Obrázek 12: Funkční diagram firmwaru Automatického vypouštěče





Obrázek 13: Blokové schéma pozemního vypouštěcího boxu



- Radiomoduly: <http://www.artbrno.cz>, <http://www.anaren.com>

GPS je potřeba vybrat tak, aby fungovala i ve větších výškách. ³⁾

Napájení sondy během letu

- **Lithiový článek** (negeruje teplo, minimální provozní teplota je -60 C)
- Hořčíková baterie (generuje teplo pro temperování elektroniky)
- **Stříbro-oxidový článek** 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.

Komunikace a napájení za letu nebylo v rámci této fáze projektu finálně vyřešeno.

Konstrukce

- Balón - **PE** pytel (životnost v zabaleném stavu - pryž časem degraduje) ⁴⁾
- Možnost dálkového odpojení balónu od sondy (ukončení stoupání)
- Prototyp plněný **heliem**, ekologičtější. Další možností byl vodík, který lze vyrábět chemicky přímo během vypuštění sondy.
- Splnění požadavků na bezpečnost provozu (letovou, majetkovou a personální)

Firmware

- Záznam dat v gondole balónu mikroSD karta

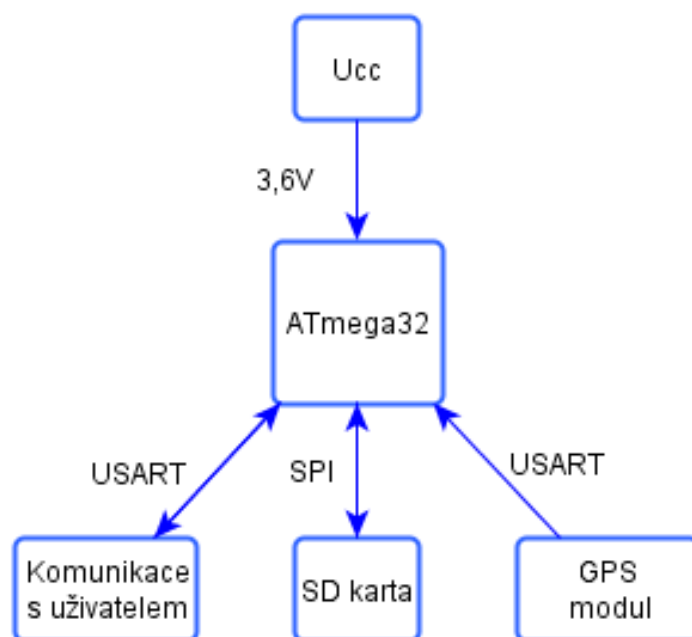
Toto řešení bylo zavrženo jako nevhodné z důvodu malé šance nalezení a návratu gondoly. Data bude nutné přenášet online na zem.

3.2 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 $3,25 m^3$, přičemž žádný z rozměrů balónu nepřekračuje 2 m. Rozměr 2 m je rozměr při jeho maximálním naplnění/roztahení.





Obrázek 14: Blokové schéma balónové sondy



Povolení vypuštění 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 vypuštění balónu nejbližšímu stanovišti letových provozních služeb. Materiál (lano, provázek) spojující balón se sondou nesmí vydržet větší sílu než 230 N.

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

- Navržení bezpečné sondy, která splní požadavky ÚCL pro kategorii B2.
- Řízené stoupání a aktivní zabránění vzniku kolize. Takový systém by mohl zároveň zjednodušit návrat sondy viz [zde](#))
- Autodestrukce při hrozící srážce.

Bylo zvoleno první řešení, a to navržení bezpečné sondy spadající do kategorie B2. Finální systém bude muset být předložen k posouzení komisi na ÚCL.

3.3 Meteorologický balón

Balón pro meteorologickou sondu je samostatný problém neboť sonda stoupá během letu do výšek až 30 km a dochází tak k namáhání balónu rychlou změnou teploty a nízkými teplotami (-60 °). Zároveň se přibližně 13x zvětší objem balónu.





Obrázek 15: Zpětný ventil v nohavici balónu - foto

Nosné meteorologické balóny jsou proto obvykle vyráběny z latexu. Jsou používány jako tlakové, což znamená, že nosný plyn je uvnitř pod stálým tlakem mírně větším, než je tlak okolního prostředí. Důvod jejich používání je pravděpodobně jednak historický a také důsledkem faktu, že jiné meteorologické balony se běžně komerčně nevyrábějí. Jejich rozměry a parametry jsou však pro toto využití nevyhovující, protože jejich hmotnosti se pohybují v rozsahu stovek gramů až jednotek kilogramů, přičemž nosnost je přibližně srovnatelná s jejich hmotností.

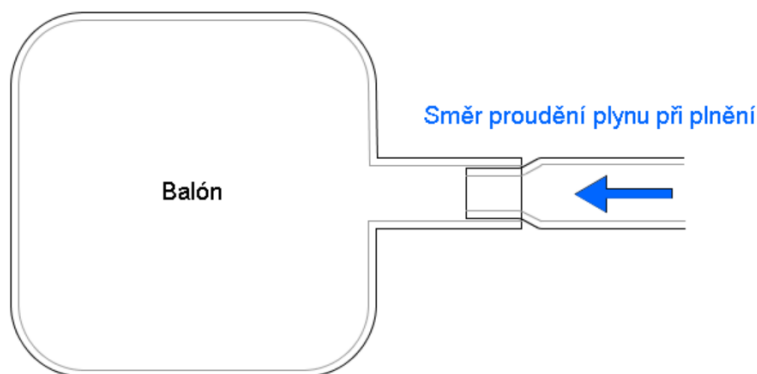
3.3.1 Svařování balónu

3.3.2 Zpětný ventil

Při jednom pokusu (původně neúspěšném) o nastavení nohavice pro nafukování a zatahování balónu se podařilo přijít na velice zajímavý, překvapivě jednoduchý a efektivní způsob řešení zpětného ventilu [15](#). Zatahovací mechanismus bude použit v každém případě, ale jako pojistku lze použít právě ventil popsany v následujícím odstavci.

V podstatě jde o přerušení nohavice a následné napojení „nasunutím“ jedné části do druhé (obrázek [16](#)). Pokud je spodní část nasunuta do vrchní (připojené k balónu) a upevněna například pomocí lepicí pásky, bude možné balón bez problémů napustit. Ovšem při pokusu balón vypustit se zjistí, že je to téměř nemožné. Ta část nohavice, které je nasunutá uvnitř, se vlivem opačného tlaku vzduchu (nebo jiného plynu) zdeformuje a zablokuje průchod. Tímto způsobem lze velice levně, jednoduše a efektivně vytvořit zpětný ventil, který by měl být pro účely autovypouštěče naprosto dostačující.





Obrázek 16: Zpětný ventil v nohavici balónu

4 Řídicí systém sítě

4.1 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

4.2 Rozhodovací proces

Použití přesněji nedefinovaného 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.

4.3 Správa systému

- Registrace jednotlivých stanic a správa uživatelů v kooperaci s projektem **Astrozor**

V této fázi projektu nebyl Řídicí systém podrobněji řešen, pouze počáteční návrhy.



5 Výsledky projektu

Byl vyvinut funkční vzor pozemní stanice automatického vypouštěče a demonstrován jeho fungující stav. Tento prototyp poslouží pro další experimenty a k dalšímu zdokonalení konstrukce. Na tomto projektu lze pokračovat i v dalších fázích. První nástin toho, co bude třeba vylepšit obsahuje následující kapitola.

V průběhu vývoje nastalo několik technických problémů. Navrhovaná řešení jednotlivých problémů jsou uvedena v technické části vždy u příslušné kapitoly.

Co se týká organizačních problémů v týmu, tak největší obtíží bylo poměrně dlouhodobé onemocnění jednoho člena týmu a následné zranění dalšího člena týmu. Vše se nakonec s pomocí moderních technologií podařilo vyřešit a prototyp boxu byl úspěšně sestaven. Prodlevy v práci byly řešeny společnými víkendovými workshopy.

5.1 Možnosti budoucího vývoje zařízení

V produkční verzi zařízení bude potřeba zejména vylepšit mechanickou konstrukci vypouštěcího boxu tak, aby byla odolnější proti povětrnostním vlivům. Dále bude potřeba vylepšit firmware tak, aby časování sekvence fungovalo korektním způsobem.

5.2 Doporučení pro další cvičení

U tohoto konkrétního projektu byla největším nedostatkem výbava fakultních laboratoří. Balón byl svařován v dílně Fakulty strojní a finální box byl sestavován ve velice dobře vybavené dílně bloku IX na Strahově. Velký dík patří především provozovatelům právě této Strahovské dílny, která byla týmu k dispozici bez jakýchkoli komplikací včetně celé její výbavy.



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
- [5] Autonomous Parafoil Return Vehicle <http://mbed.org/users/lhiggs/notebook/autonomous-parafoil-return-vehicle/>
- [6] UBLOX. LEA-6 series [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.u-blox.com/en/gps-modules/pvt-modules/lea-6-family.html>
- [7] <http://www.chibios.org/dokuwiki/doku.php>
- [8] A Cost Effective Automatic Balloon Launcher <http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp?purl=/768881-IVNrhd/native/768881.pdf>

