

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektromagnetického pole

Přenos telemetrických dat z meteorologického balónu

Jakub Dvořák

Vedoucí: Ing. Tomáš Kořínek, Ph.D.
Květen 2022

Poděkování

Děkuji vedoucímu Tomáši Kořínkovi za cenné rady a pomoc při realizaci práce. Děkuji Ing. Martinu Motlovi za pomoc s vypouštěním sondy. (tmobile tracker)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s použitím literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

V Praze, 20. května 2022

Abstrakt

Aaaabstrakt

Klíčová slova: slovo, klíč

Vedoucí: Ing. Tomáš Kořínek, Ph.D.
Technická 2,
Praha 6

Abstract

Abstract

Keywords: word, key

Title translation: Telemetric Data
Transmission from Meteorological
Balloon

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Cíl práce	1
1.2 Šíření vln ve troposféře	1
1.3 Způsob řešení / návrh experimentu	1
1.3.1 Měřená data	2
1.4 Součásti experimentu.....	2
2 Návrh systému	3
2.1 Požadavky	3
2.2 Hardware	3
2.3 Software	3
2.3.1 Měření náklonu sondy	4
2.4 Možné způsoby řešení elektroniky	4
2.4.1 Samostatná deska plošných spojů	4
2.4.2 Vývojové moduly	4
3 Realizace	5
3.1 Elektronika	5

3.1.1 Testování modulů	5
3.1.2 Realizace elektroniky	5
3.2 Mechanická zástavba	5
3.3 Firmware	6
3.4 Software	6
3.5 Testování a měření	6
4 Experiment	7
4.1 Průběh experimentu	7
4.2 Naměřená data	7
5 Výsledky	9
5.1 Zpracování dat	9
5.2 Výstup z experimentu	9
6 Závěr	11
6.1 Shrnutí experimentu	11
6.2 Možná vylepšení	11
A Literatura	13
B Zadání práce	15

Obrázky

Tabulky



Kapitola 1

Úvod

tato práce ze zabývá...



Kapitola 2

Šíření vln ve troposféře

jak to funguje, na čem to závisí (přečíst literaturu)

Kapitola 3

Cíl práce

výroba sondy schopná měřit podmínky ve tropo a posílat je na zem, měření příchozího signálu na zemi, vyrobiť model šíření, změřit refrakci paprsku

3.1 Způsob řešení / návrh experimentu

výroba sondy, vypuštění spolu s čmú, naměření dat z tropo a naměření dat na zemi a kombinace do modelu šíření vlny, anténa na trackeru, zjištění směrové charakteristiky, napočítat výkonovou bilanci -> výkon pro vysílání.

3.1.1 Měřená data

jaká data budou měřena - podle literatury

3.2 Součásti experimentu

co je potřeba udělat - hw, firmware, sw, mechaniku, naměření dat, naměření charakteristik antény, zpracování dat.

Kapitola 4

Návrh systému

4.1 Požadavky

520 g, telemetrie, teplota, tlak vlhkost, gps, fungování do -40 - baterky, kompaktnost, bezpečnost

4.2 Hardware

součástky do -40, nízký tlak (bez elektrolytických kond.), dosah 40+ km

4.2.1 Samostatná deska plošných spojů

kompaktní, spolehlivé, obtížné na debug, časové náročné

■ 4.2.2 Vývojové moduly

snadné na vývoj a odladění, snadná změna zapojení při psaní kódu

■ 4.3 Software

čtení ze senzorů, parsování dat, posílání na zem a na sd kartu, odolnost, měření náklonu - jak?

■ 4.3.1 Měření náklonu sondy

Acc, vektor mag pole, kalmanův filtr, co bylo použito



Kapitola 5

Realizace



5.1 Elektronika



5.1.1 Testování modulů

měření odběru, energie pro posílání dat



5.1.2 Realizace elektroniky

Navrženy shieldy, nakresleny modely. Spínaný zdroj + LDO, ochrany vstupů, volné GPIO na rozšíření



5.2 Mechanická zástavba

model PCB, model sondy, iterace, odlehčování, připojení sondy čhmú, bezpečnostní závěsy

■ 5.3 Firmware

výstřížky kódu z driverů, sample GPS dat, vyčítání z teplota/tlak, tlak/vlhkost, gyro/acc/mag, parsovací funkce, změřené minimum accelerace v z-ose, sešití dat, watchdog, reset při erroru

■ 5.4 Software

parsování příchozích dat, doplnění NMEA zprávy pro tracker, python - parsování a přepočítání souřadnic, zobrazení na mapě, zobrazení v terminálu

■ 5.5 Testování a měření

směrová charakteristika, teplotní odolnost v klimakomůře, proudový odběr telitu, výlet na Říp, mapa viditelnosti z bodu na mapě.



Kapitola 6

Experiment

příjem dat, umístění antény na střeše, nastavení spektráku



6.1 Průběh experimentu

jak to probíhalo, co se stalo, proč sonda přestala vysílat, proč doletěla jen do 17 km, nalezení pomocí sondy čmú, sundání sondy



6.2 Naměřená data

co bylo na SD kartě, výsledky měření - čistě změřená data



Kapitola 7

Výsledky



7.1 Zpracování dat

zkombinovat data ze země a data ze strato, vzorečky, určit refrakci, výkonovou bilanci podle podmínek, vzít v potaz směrovou charakteristiku. vyrobit model šíření, grafy



7.2 Výstup z experimentu

výsledky, co bylo změřeno a zjištěno



Kapitola 8

Závěr



8.1 Shrnutí experimentu

co se povedlo, co se nepovedlo. Vyrobil jsem sondu a sw, přestala vysílat - proč?



8.2 Možná vylepšení

malé pcb bez modulů, optimalizace sw, nepoužívat HAL, programovat přes registry, měření náklonu sondy, častější posílání dat, nezávislost na GPS



Příloha A

Literatura

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Dvořák**

Jméno: **Jakub**

Osobní číslo: **492178**

Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**

Zadávací katedra/ústav: **Katedra elektromagnetického pole**

Studijní program: **Elektronika a komunikace**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Přenos telemetrických dat z meteorologického balónu

Název bakalářské práce anglicky:

Telemetric Data Transmission from Meteorological Balloon

Pokyny pro vypracování:

Navrhnete a realizujete rádiový spoj mezi meteorologickým balónem a pozemním segmentem.

Přenášená data z meteorologického balónu musí obsahovat minimálně informace o jeho poloze (GNSS). Ostatní data ze senzorů (poloha, teplota, tlak, vlhkost, inerciální informace) budou logovány přímo v měřicím systému balónu.

Na základě parametrů vysílaného / přijímaného signálu a informací z telemetrie vytvořte model šíření pro daný typ spoje (případně i jiné možnosti propojení) během jeho vzestupné trasy.

Za předpokladu možnosti vypuštění meteorologického balónu vše experimentálně ověřte a porovnejte model šíření zahrnující měřený profil atmosférických parametrů s reálnými daty.

Seznam doporučené literatury:

[1] PECHAČ, Pavel, ZVÁNOVEC, Stanislav. Základy šíření vln pro plánování pozemních rádiových spojů. Praha: BEN - technická literatura, 2007. ISBN 978-80-7300-223-7.

[2] ŘEZÁČOVÁ, Daniela. Fyzika oblaků a srážek. Praha: Academia, 2007. Gerstner, sv. 2. ISBN 978-80-200-1505-1.

[3] McNamara, Marilyn C. An Analysis of Burst Altitude for Weather Balloons. Antonian Scholars Honors Program, 2016, [online], citováno 27.1.2022, dostupné z: https://sophia.stkate.edu/shas_honors/43.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kořínek, Ph.D. katedra elektromagnetického pole FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.01.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

Ing. Tomáš Kořínek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta