



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

PŘÍJEM A DEKÓDOVÁNÍ METEOROLOGICKÝCH SIGNÁLŮ

RECEIVING AND DECODING OF METEOROLOGICAL SIGNALS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Juraj Tuchyňa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Krajsa, Ph.D.

BRNO 2017



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Teleinformatika**
Ústav telekomunikací

Student: Juraj Tuchyňa

ID: 173767

Ročník: 3

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Příjem a dekódování meteorologických signálů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci bakalářské práce proveďte analýzu systému dat přenášených z družic Národního úřadu pro oceán a atmosféru (NOAA), možnosti příjmu, dekódování a interpretaci dat. Proveďte návrh a realizaci přijímače na platformě Arduino.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] GRAYVER, Eugene. Implementing software defined radio. New York: Springer, 2012, xviii, 267 s. : il. ISBN 978-1-4419-9331-1.

[2] ROUPHAEL, Tony J. RF and digital signal processing for software-defined radio: a multi-standard multi-mode approach. Amsterdam: Newnes, 2009, ix, 383 s. ISBN 978-0-7506-8210-7.

Termín zadání: 1.2.2017

Termín odevzdání: 8.6.2017

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Krajsa, Ph.D.

Konzultant:

doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Cieľom tejto práce je teoretická analýza príjmu signálu a systému dát prenášaných z meteorologických satelitov Národného úradu pre oceán a atmosféru (NOAA). Taktiež spracovanie možnosti prijímu dát, ich dekodovanie, spracovanie a následná interpretácia týchto údajov. V práci využijeme pre analýzu prijatého signálu softwarovo definované rádio (SDR) a spracujeme plánovaný návrh pre realizáciu vlastného prijímača, ktorý bude predmetom bakalárskej práce.

Kľúčové slová

Národný úrad pre oceán a atmosféru, SDR, meteo, satelit, prijímač, APT, GNU radio

Abstract

The main purpose of this project is theoretical analyze of data receiving from NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) meteo-satallites. The project is focused on data processing and decoding them. Received data will be processed and represented. We will use software defined radio (SDR) to help us to understand basic principles of signal processing. We will design conception of receiver in block diagram. Building of functional receiver will be the major part of bachelor thesis.

Key words

National Oceanic and Atmospheric Administration, SDR, meteo, satellites, receiver, APT, GNU radio

TUCHYŇA, J. *Přijem a dekódování meteorologických signálů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017 54 s.
Vedúci semestrálnej práce Ing. Ondřej Krajsa, Ph. D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Příjem a dekodování meteorologických signálů“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 08.06.2017

podpis autora

Výzkum popsany v této diplomové práci byl realizovaný v laboratořích podpořených projektem Centrum senzoričkých, informačníc a komunikačníc systémů (SIX); registračníc čísl CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operačníc programu Výzkum a vývoj pro inovace.

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu semestrálnej práce pánovi Ing. Ondrejovi Krajsovi, Ph.D. za odborné vedenie, konzultácie, trpezlivosť a podnetné návrhy k práci.

Brno 8. jún 2017

podpis autora

OBSAH

Úvod.....	12
Materiál a metodika.....	13
1 Členenie satelitov.....	14
1.1 Geostacionárne satelity.....	15
1.2 Orbitálne satelity.....	18
1.3 Prehľad a parametre satelitov.....	19
1.4 Umiestnenie GOES a POES satelitov.....	21
2 Automatic Picture Transmition, APT.....	22
3 Analýza v SDR rádiu.....	24
3.1 Výsledok a zhrnutie analýzy prijatého signálu.....	25
4 Anténa.....	26
5 Programové vybavenie.....	27
6 Praktická časť.....	28
6.1 Stavba antény.....	29
6.2 Prijímacie zariadenie.....	29
6.3 Počítač a softvérové vybavenie.....	30
7 Plánovaný návrh prijímacieho zariadenia.....	31
8 Praktická realizácia prijímača.....	32
8.1.1 Funkčné bloky – prijímač MC3362.....	33
8.1.2 Funkčné bloky – PLL syntéza SAA1057.....	35
8.1.3 Funkčné bloky – Mikrokontrolér ATMEGA 8.....	37
8.1.4 Funkčné bloky – NF zosilňovač LM3886.....	39
8.1.5 Funkčné bloky – Stabilizátor napätia LM78L05.....	40

8.2 Zdrojový kód mikrokontroléra.....	41
8.3 Praktické vyhotovenie.....	42
Záver.....	44
Literatúra.....	46
Zoznam skratiek.....	47
Zoznam príloh.....	48

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1 Dráha preletu GOES satelitu.....	15
Obr. č. 2 Inklinácia satelitu voči Zeme.....	18
Obr. č. 3 Porovnanie záberov POES a GOES satelitov.....	21
Obr. č. 4 Formát APT snímku.....	23
Obr. č. 5 APT snímka, zachytená mojím prijímacím kompletom.....	23
Obr. č. 6 Vývojový diagram analýzy prijatého signálu v programe GNU.....	24
Obr. č. 7 Amplitúdové spektrum modulovaného signálu.....	25
Obr. č. 8 Schematický náčrt QFH antény.....	26
Obr. č. 9 Užívateľské prostredie programu WXtoIMG.....	27
Obr. č. 10 Ilustračná schéma zapojenia prijímacieho kompletu.....	28
Obr. č. 11 Bloková schéma plánovaného prijímacieho zariadenia.....	31
Obr. č. 12 Schéma zapojenia prijímača MC3362 s VF predzosilňovačom.....	33
Obr. č. 13 Schéma zapojenia PLL syntézy SAA1057	36
Obr. č. 14 Schéma zapojenia mikrokontroléra Atmega 8.....	38
Obr. č. 15 Schéma zapojenia nízkofrekvenčného zosilňovača LM386.....	39
Obr. č. 16 Schéma zapojenia napäťového stabilizátora LM78L05.....	41
Obr. č. 17 Vývojový diagram zdrojového kódu mikrokontroléra.....	42
Obr. č. 18 Osadená doska plošného spoja s popisom.....	43

ZOZNAM TABULIEK

Tab. č. 1 POES, meteorologické satelity.....	19
Tab. č. 2 GOES, meteorologické satelity.....	19
Tab. č. 3 POES, meteorologické satelity.....	19

ÚVOD

Ľudstvo sa odjakživa zaujímal o počasie, pretože počasie v ich živote zohráva veľkú úlohu a je úzko späté s ich aktivitami. Od počasia mnohokrát záviseli ľudské životy. Na správnej predpovedi počasia boli odkázaní aj sú odkázaní najmä letci, námorníci, roľníci. Odborníci sa snažili čo najpresnejšie predpovedať vývoj počasia, čoho výsledkom malo byť poznanie počasia a budúceho vývoja atmosféry v určitom čase nad určitým miestom.

Pred vynájdením počítačov a satelitov, ľudia pozorovali počasie tak, že pozorovali zmeny v prírode, rôzne prírodné úkazy, správanie zvierat. Zo živočíšnej ríše, napríklad včely sa obvykle pred búrkou vracajú naspäť do úľov. Takisto v minulosti pre ľudí jedným zo zdrojov predpovedí boli pranostiky. Pranostikám vtedajší ľud venoval veľkú pozornosť. Vznikali tak, že ľudia si do kalendárov zapisovali nezvyčajné javy v počasí, ktoré sa spravidla opakovali niekoľko rokov. Mnoho týchto pranostík je zachovaných a sú dodnes zaužívané, najmä medzi staršími generáciami ľudu. Samozrejme, presnosť týchto predpovedí nebola nijako dokonalá.

Obrovský prevrat nastal v 20. storočí, keď Rusi vypustili do vesmíru prvý satelit - Sputnik 1 v roku 1957. V tomto storočí začala éra skúmania vesmíru. Rýchlo sa zistilo, že kozmické lety sú užitočné nielen na spoznávanie okolitých planét a hviezd, ale aj na pozorovanie našej Zeme. Čoraz rýchlejšie sa nad našimi hlavami začala rozrastať sieť satelitov. Jednu skupinu týchto satelitov tvoria takzvané meteorologické satelity. Meteorologické satelity sú umelé družice na obežnej dráhe našej Zeme, ktoré slúžia predovšetkým na získavanie informácií o aktuálnej atmosférickej situácii, ako napríklad oblačnosť alebo poveternostné podmienky. Tieto údaje vysielajú na Zem. V súčasnosti nad našou Zemou obieha okolo 50 meteorologických satelitov. Systém vysielania týchto údajov nie je nijakým spôsobom šifrovaný, takže sa dá povedať, že prijímať a spracovávať tieto údaje môže takmer ktokoľvek s potrebným vybavením. Začali vznikať rôzne nápady ako prijímať tieto údaje v podobe snímok a jeden spôsob tohto príjmu popíšeme v tejto práci.

Materiál a metodika

Cieľom tejto práce je oboznámenie a priblíženie problematiky ohľadom príjmu a spracovania dát z meteorologických satelitov NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) širokej verejnosti. Prácu sme si rozdelili na 2 časti :

1. zhromaždenie a štúdium materiálov za účelom získania potrebných informácií o danej problematike
2. zostrojenie funkčného kompletu prijímacej zostavy pre príjem meteorologických snímok

Ukážku funkčného modelu prijímacej zostavy tvorí špeciálna QFH (Quadrifilar Helicoidal) anténa domácej výroby pre pásmo 137 MHz, prehľadový skener značky Uniden Bearcat BC 72 XLT s podporou príjmu v pásme 137 MHz, notebook Acer Aspire 5738Z s obslužným softvérom WXtoIMG, verzia demo 2.10.11, ktorá je voľne stiahnuteľná, pre dekódovanie prijatých dát. Pre zisťovanie aktuálnej polohy príslušných meteo – satelitov som použil program Orbitron 3.71 od Sebastiana Stoffa, ktorý je pochopiteľne taktiež voľne šíriteľný.

1 ČLENENIE SATELITOV

Začiatkom 60.rokov Amerika a Rusko v súčinnosti s ostatnými štátmi vypustili na obežnú dráhu veľa satelitov rôzneho typu. Ich komplety boli vybavené okrem iného aj prístrojmi, ktoré mali zabezpečovať fotografovanie povrchu Zeme pre neskorší výskum našej atmosféry. V súčasnej dobe sa nachádza nad povrchom Zeme veľké množstvo satelitov, určených napríklad pre meteorológiu, klimatológiu, geológiu, rôzne diaľkové merania a podobne. Ako som už spomenul, momentálne nad nami prelieta približne okolo 50 meteorologických satelitov, ktoré sa líšia od seba v mnohých veciach. Pri výbere satelitu, ktorého dáta by sme chceli prijímať treba byť opatrný a zamyslieť sa na určitými aspektmi, v ktorých sa od seba tieto satelity rozlišujú. Treba brať do úvahy umiestnenie satelitu na obežnej dráhe (orbite), ďalej na akej frekvencii vysielajú a určite spôsob prenosu dát. Satelity možno rozdeliť do dvoch základných skupín podľa obehu na orbite:

1. Geostacionárne satelity, označované pod pojmom GOES
2. Orbitálne satelity s polárnou dráhou obehu, pohybujúce sa po nízkej obežnej dráhe, z angl. Low Earth Orbit, skratka LEO, označované pod pojmom POES

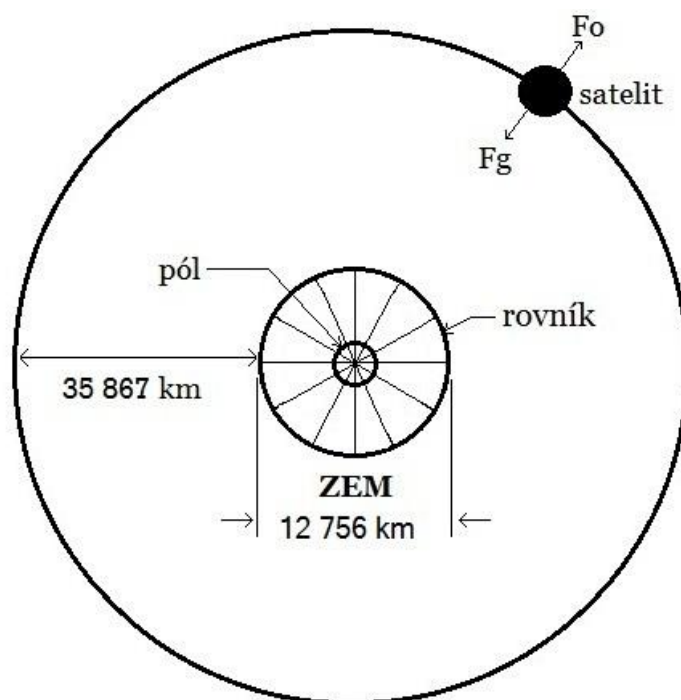
Pokiaľ ide o spôsob prenosu dát, satelity najčastejšie fungujú na systémoch :

- APT – Automatic Picture Transmission
- WEFAX – Weather Fax
- HRPT – High Resolution Picture Transmission

V práci sa budeme zaoberať prenosovým formátom APT.

1.1 Geostacionárne satelity

Geostacionárne satelity operujú nepretržite nad určitým miestom Zeme, takže ich uhlová rýchlosť je zhodná s rýchlosťou otáčania našej planéty okolo svojej osy. Takže, satelit sa javí z pohľadu zo Zeme vždy ako geostacionárny objekt. Z tohto vyplýva, že tento typ satelitov sa používa najmä na prenos televízie, rádia, ale taktiež medzi nimi nájdeme aj meteorologické satelity, ktoré slúžia najmä na pozorovanie a predpovedanie vývoja situácie ohľadom potenciálnych povodní, hurikánov, snehových búrok atď. Vzďialenosť geostacionárnych satelitov od Zemskeho povrchu je približne 36 000km, táto výška má svoje opodstatnenie, lebo potrebujeme, aby bola zachovaná relatívna poloha satelitu k Zemi, taktiež chceme satelit čo najefektívnejšie využiť, aby pokrýval svojím signálom čo najväčšiu plochu Zeme, čiže potrebujeme, aby bol tento satelit v určitej vzdialenosti od Zeme, no zároveň nechceme, aby nám uletel do vesmíru.



Obr. č. 1 Dráha preletu GOES satelitu

Teraz určíme vzdialenosť a rýchlosť geostacionárneho satelitu. Týmto výpočtom by som chcel poukázať na fakt, že umiestnenie týchto satelitov nie je náhodné.

Uhlové rýchlosti otáčania satelitu a Zeme musia byť zhodné :

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{\sqrt{\frac{H \cdot M_z}{R_z + h}}}{R_z + h}$$

premenné a konštanty:

R_z – polomer Zeme

M_z – hmotnosť Zeme

h – výška telesa nad povrchom Zeme

H – univerzálna gravitačná konštanta

T – perióda obehu

Pre vzdialenosť vesmírneho telesa v gravitačnom poli Zeme teda platí :

$$(R_z + h)^3 = \frac{H \cdot M_z \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}$$

Po dosadení :

$$(R_z + h)^3 = \frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,9742 \cdot 10^{24} \cdot 86400^2}{4 \cdot \pi^2}$$

$$(R_z + h) = 42245,25 \text{ km}$$

Vzdialenosť telesa od povrchu Zeme je :

$$h = 35867,25 \text{ km}$$

Ako bolo uvedené vyššie, nechceme, aby nám satelit „uletel“ do vesmíru, teda to znamená, že nesmie prekročiť únikovú rýchlosť. Môžeme vypočítať kruhovú rýchlosť takéhoto satelitu, ktorý sa pohybuje v gravitačnom poli Zeme,

pre ktorú platí vzťah:

$$V = \sqrt{\frac{H \cdot M_Z}{R_Z + h}}$$

Po dosadení :

$$v = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,9742 \cdot 10^{24}}{(6378 + 35867) \cdot 10^3}}$$

Kruhová rýchlosť telesa:

$$v = 3,072 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pre veľkosť únikovej rýchlosti v_u vo výške dráhy h nad povrchom Zeme platí nasledujúci vzťah :

$$v_u = \sqrt{\frac{2 \cdot H \cdot M_Z}{R_Z + h}}$$

Po dosadení :

$$v_u = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,9742 \cdot 10^{24}}{(6378 + 35867) \cdot 10^3}}$$

Úniková rýchlosť telesa :

$$v_u = 4,34 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

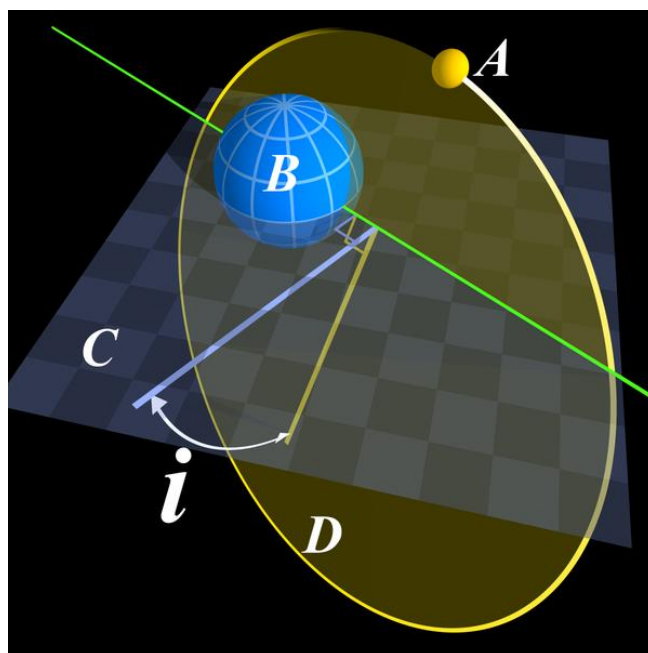
Rýchlosť telesa je menšia ako úniková rýchlosť tohto telesa :

$$v = 3,072 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} < v_u = 4,34 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočtami sa ukázalo, že geostacionárne satelity sa pohybujú vo výške h nad povrchom Zeme približne 36 000 km a ich kruhová rýchlosť v je približne $3,072 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, ktorá je menšia ako úniková rýchlosť $v_u = 4,34 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, takže satelity nám „neuletia“ do vesmíru.

1.2 Orbitálne satelity

Tieto satelity sa pohybujú po svojej dráhe (orbite), ktorá prechádza cez polárne pásma, južný a severný pól, preto ich nazývame orbitálne satelity s polárnou dráhou preletu. Okolo pólů sa pohybujú v inklinácii so Zemou 90 stupňov (inklinácia je uhol medzi rovinou Zeme a rovinou satelitu). Orbitálne satelity sa pohybujú nižšie ako geostacionárne satelity, a to po LEO (Low Earth Orbit) dráhach, ktoré dosahujú výšku od cca. 800 km až do 1200 km. Vo výške okolo 850 km prelietajú meteo-satelity NOAA, „trochu“ vyššie obiehajú nad povrchom Zeme vo výške okolo 1200 km ruské satelity Meteor. Doba obehu orbitálnych satelitov okolo Zeme je približne 102 minút. Z tohto nám vyplýva, že tieto satelity obiehajú našu Zem v rovnakej „časovej synchronizácii“ so slnkom, inak povedané, orbitálne satelity prelietavajú nad rovnakým miestom každý deň a každé ročné obdobie v rovnakom čase.



Obr. č. 2 Inklinácia satelitu voči Zeme [7]

1.3 Prehľad a parametre satelitov

Na tejto strane je spracovaný v tabuľkách prehľad a porovnanie vysielacích frekvencií niektorých satelitov ako i aktuálny stav ich funkčnosti, či spôsob prenosu dát.

Satelit	Prenos dát	Frekvencia	Stav
METEOR 3	APT	137.300 MHz	Funguje
NOAA 15	APT	137.620 MHz	Funguje
NOAA 17	APT	137.500 MHz	Funguje čiastočne *
NOAA 18	APT	137.9125 MHz	Funguje
NOAA 19	APT	137.100 MHz	Funguje

* satelit má problémy so servomotorom v optike

Tab. č. 1 POES, meteorologické satelity

Satelit	Prenos dát	Frekvencia	Stav
GOES 2	WEFAX	1691.000 MHz	Funguje
GOES 6	WEFAX	1691.000 MHz	Funguje
GOES 7	WEFAX	1691.000 MHz	Funguje
Meteosat 5	WEFAX	1694.500 MHz	Funguje
Meteosat 7	WEFAX	1691.000 MHz	Funguje

Tab. č. 2 GOES, meteorologické satelity

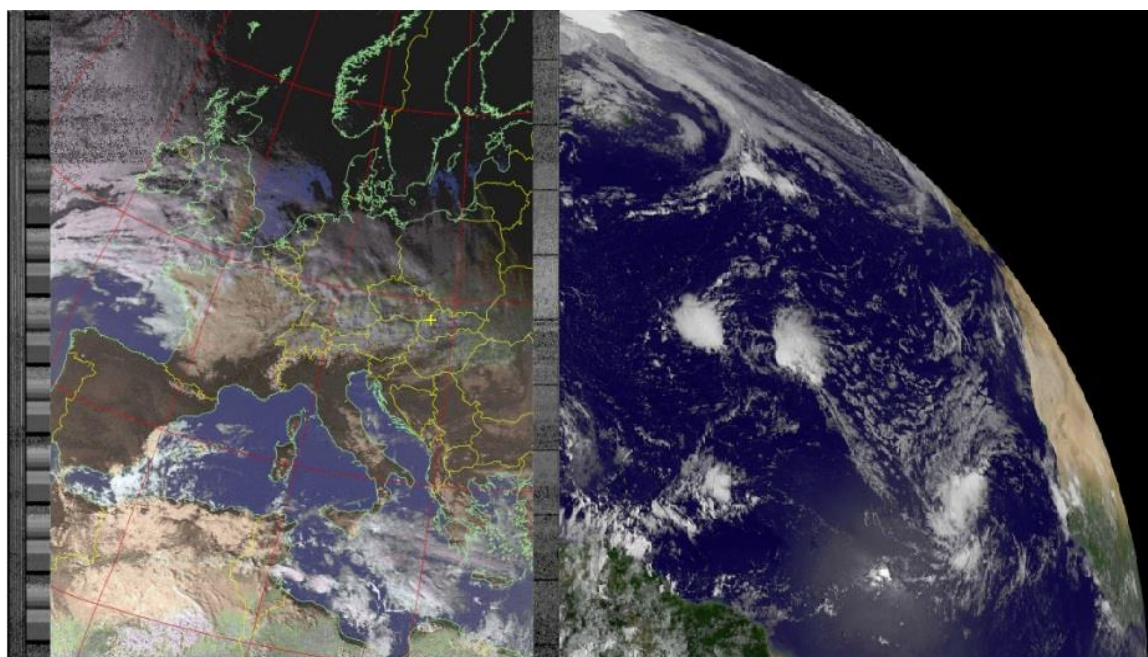
Satelit	Prenos dát	Frekvencia	Stav
NOAA 12	HRPT	1698.000 MHz	Funguje
NOAA 16	HRPT	1702.500 MHz	Funguje
SEASTAR	HRPT	1702.500 MHz	Zakódovaný
Fengyung 1C	HRPT	1700.400 MHz	Funguje
Fengyung 1D	HRPT	1700.400 MHz	Funguje

Tab. č. 3 POES, meteorologické satelity

Ako možno vidieť v tabuľke č.1, medzi orbitálne satelity s polárnou dráhou preletu patria NOAA satelity, takisto tu nájdeme napríklad aj Ruský satelit METEOR 3. Tieto satelity využívajú spôsob prenosu dát APT (Automatic Picture Transmission) a vysielajú na frekvenčnom pásme okolo 137 MHz. Systém prenosu dát APT je relatívne jednoduchý a nie je nijako kódovaný. Rozlíšenie je okolo 4km/1pixel. Taktiež sú tu uvedené polárne satelity (napr. NOAA 12, NOAA 16, SEASTAR, FENGYUNG 1C, 1D), ktoré využívajú spôsob prenosu dát typu HRPT (High Resolution Picture Transmission). Ako možno už z označenia usúdiť, ide o satelity, ktorých kvalita konečných záberov bude o niečo kvalitnejšia ako pri systéme prenosu APT. Rozlíšenie snímok pri HRPT systémoch sa pohybuje okolo 1.2km/1pixel. Avšak, z pohľadu bežného človeka „rádioamatéra“, nevýhodou tohto systému (HRPT) sú omnoho väčšie nároky na príjem a prijímacie zariadenia z konštrukčného hľadiska, lebo tieto satelity vysielajú na frekvenciách približne 1.7GHz a systém HRPT je digitálne modulovaný, na rozdiel od systému APT.

1.4 Umiestnenie GOES a POES satelitov

Ako bolo spomenuté, hlavným rozdielom medzi GOES a POES satelitmi je ich poloha a spôsob pohybu. GOES satelity sa pohybujú vo výške 36 000 km nad Zemou a z pohľadu zo Zeme sa javia ako stacionárne objekty, teda ich uhlová rýchlosť otáčania je zhodná s uhlovou rýchlosťou otáčania Zeme. Výhoda je najmä v tom, že sú neustále nad tým istým miestom. Ak sa pozrieme na zábery v podobe snímok z POES a GOES satelitu, zistíme, že sú rozdielne, najmä spôsobom zobrazenia a takisto aj kvalitou rozlíšenia. Je to spôsobené tým, že POES satelity snímajú Zem „kolmo“ (priamo) pod sebou, na rozdiel od GOES satelitov, ktoré každé miesto zaberajú pod iným uhlom. Kým GOES satelit zaberá obrovskú plochu (napr. celú Európu), POES satelity sú schopné zachytiť, „len“ určité územie.



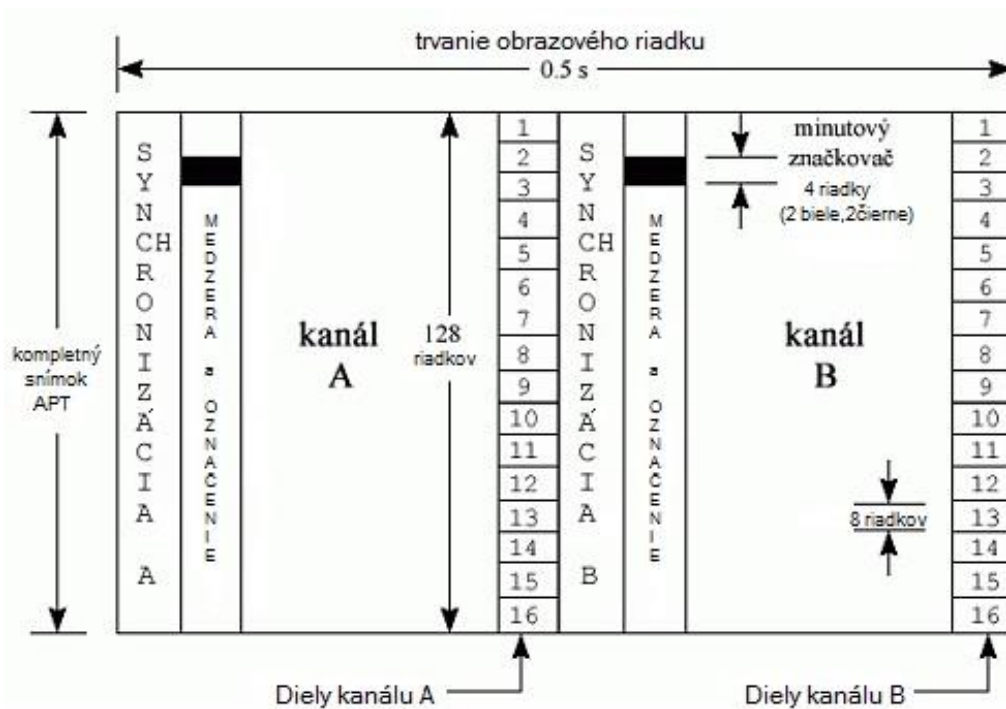
Obr. č. 3 Porovnanie záberov POES a GOES satelitov [3]

2 AUTOMATIC PICTURE TRANSMISSION, APT

Systém prenosu dát APT (Automatic Picture Transmission) je založený na analógovom prenose meteorologických snímok. Tento systém bol vyvinutý v roku 1960, najmä pre využitie v meteorológii pri vývoji prvých meteorologických satelitov. Výhodou tohto formátu (APT) je, že relatívne lacné prijímacie zariadenia, konštrukčne nenáročné vedia, dá sa povedať, kdekoľvek na svete prijímať tieto údaje a ďalej ich spracovávať.

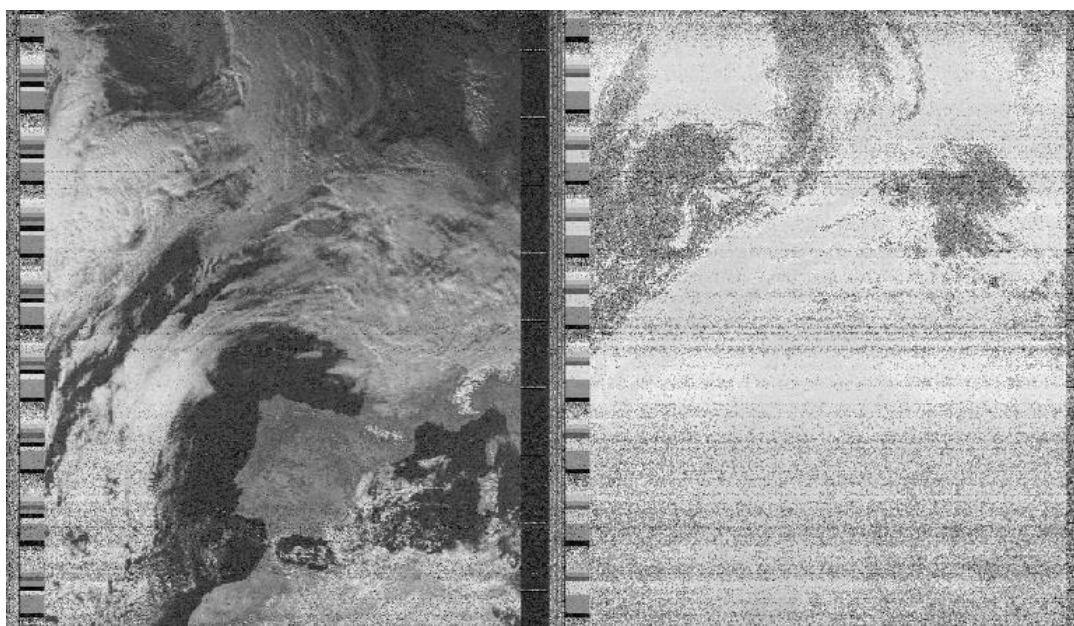
Satelity využívajúce formát prenosu dát APT vysielajú nepretržite, počas celej doby ich obehu, takže ich dáta v podobe meteo snímok možno prijímať najmenej 2 krát za deň z každého z nich. Každý satelit možno prijímať v momente, keď sa objaví na obzore. Spočiatku je signál slabý, na okrajoch snímky sa to prejaví šumom. Postupne ako sa satelit približuje, signál narastá. Nakoniec keď satelit zájde za horizont, signál sa stratí. Doba preletu nad našou lokalitou trvá približne 13 minút.

Prenos dát sa amplitúdovo moduluje na subnosnú frekvenciu 2400 Hz. Tento signál (AM) sa ďalej namoduluje na nosnú frekvenciu 137 MHz (FM). Obrázky sa skladajú z riadkov trvajúcich 0.5 sekundy. Jednotlivé snímky sa skladajú z dvoch kanálov A a B. Kanál A je tvorený viditeľnou časťou spektra a kanál B je tvorený infračerveným spektrom. Každý riadok je tvorený z dvoch kanálov. Každému riadku predchádza synchronizácia (sekvencia oddeľovacích tónov), aby príslušný program vedel rozlíšiť a dekódovať snímky kanálu A a B a zosynchronizovať snímku na kraj obrazovky. Dátam v kanále A predchádza krátky pulz s hodnotou 1040 Hz a dátam v kanále B krátky pulz s hodnotou 832 Hz. Snímky sú vysielané v čierno-bielej farbe. Hĺbka modulácie (AM) zodpovedá konkrétnemu zafarbeniu. Maximum modulácie zodpovedá bielemu zafarbeniu a pohybuje sa v rozsahu 87 - 92%. Minimum modulácie zodpovedá čiernemu zafarbeniu a pohybuje sa v hĺbke 5%.



Obr. č. 4 Formát APT snímku

Na obr.č.4 možno vidieť formát APT snímky. Snímka sa teda skladá z 2 kanálov (A, B). Každý kanál sa skladá zo 16 dielov. Jeden diel sa skladá z 8 riadkov.



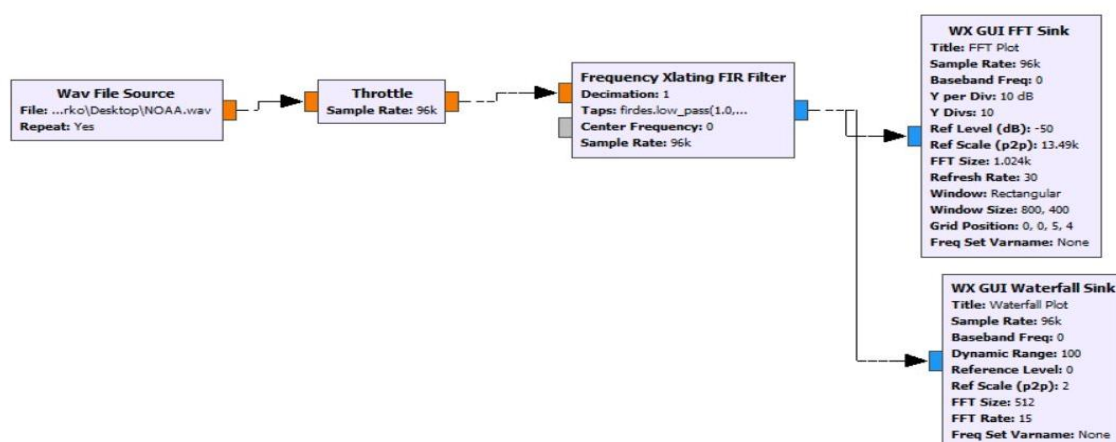
Obr. č. 5 APT snímka, zachytená mojím prijímacím kompletom

3 ANALÝZA V SDR RÁDIU

Súčasťou tejto práce je aj návrh a konštrukcia prijímacieho zariadenia, ktoré bude schopné prijímať dáta z meteorologických satelitov. Toto zariadenie bude realizované a riadené s využitím mikrokontroléra. K správne pochopeniu problematiky týkajúcej sa samotného príjmu signálu a následnej vizualizácie, sme sa rozhodli využiť softwarovo definované rádio, skrátene SDR (Software Defined Radio).

Konkrétne sme sa rozhodli pracovať vo vývojovom prostredí programu GNU Radio. Výhodou tejto verzie je, že je voľne dostupná a dá sa stiahnuť priamo na stránke výrobcu. Užívateľské prostredie programu GNU Radio je pomerne jednoduché a veľmi intuitívne. Jedná sa v podstate o programové prostredie, v ktorom sú programovo implementované obvyklé hardwareové prvky rádiových systémov ako napríklad filtre, zosilovače, modulátory, demodulátory atď. Keďže náš prijímač, ktorý bude pracovať v rozsahu na frekvenciách, kde vysielajú samotné meteorologické satelity, je zložený z jednotlivých funkčných komponentov, rozhodli sme sa vytvoriť a nasimulovať samotnú koncepciu príjmu.

Na obr.č.6 je zachytené užívateľské prostredie programu GNU Radio spolu už s návrhom jednoduchšej koncepcie pre analýzu prijatého signálu našim prijímačom. Nejedná sa o priamu realizáciu prijímača, ale len o blokový návrh, ktorý vyplýva zo základných štruktúr a pravidiel, ktoré musia byť dodržané pri analýze prijímacích zariadení všeobecne.



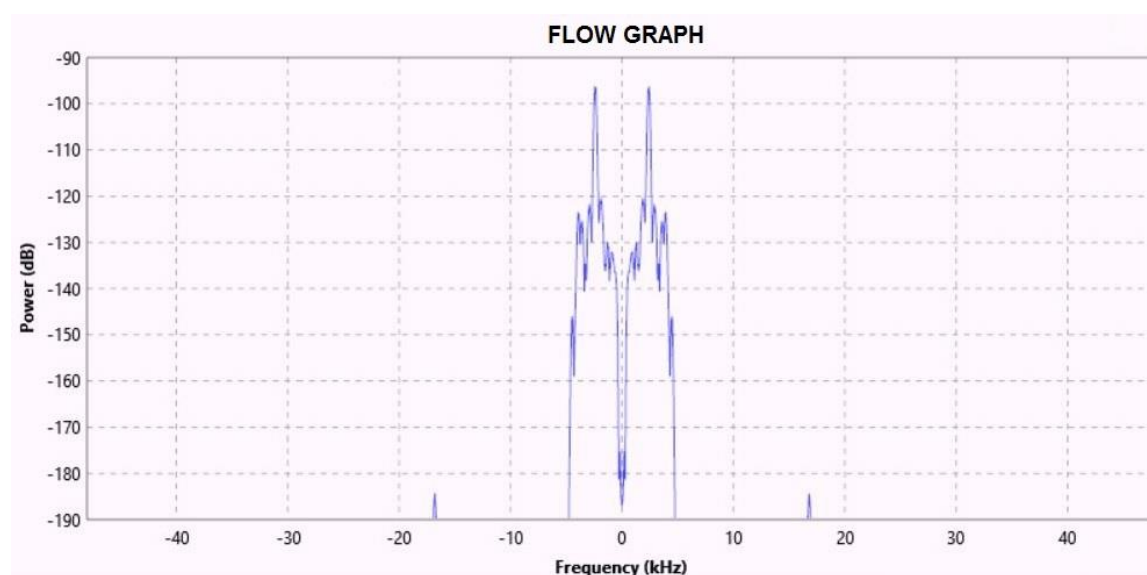
Obr. č. 6 Vývojový diagram analýzy prijatého signálu v programe GNU Radio

Na Obr. č. 6 možno pozorovať vývojový diagram analýzy prijatého signálu. Celá problematika spočíva v tom, že sme na vstup priviedli nami prijatý signál z meteorologického satelitu NOAA 15, ktorý vysiela v určitých intervaloch na frekvencii 137.620 MHz. Tento signál sme prijali, zachytili naším ručným skenerom značky Uniden Bearcat BC 72 XLT a následne uložili do formátu typu wav.

3.1 Výsledok a zhrnutie analýzy prijatého signálu

Vo vývojovom diagrame možno vidieť komponenty ako napríklad Throttle, prípadne Frequency Xlating FIR Filter. Komponenta Throttle slúži na obmedzenie „priepustnosti“ dát, kvôli zredukovaniu vyťaženia procesora počítača, na ktorom beží tento program. Tento parameter sa nastavuje v položke „sampling rate“ a udáva tzv. vzorkovací pomer. Komponenta Frequency Xlating FIR Filter slúži na výber kanálu, prevod, zvýšenie a zníženie vzorkovacej frekvencie. Posledné komponenty ako WX GUI FFT Sink a WX GUI Waterfall Sink slúžia na vizualizáciu spektra prijatého signálu na výstupe. [8]

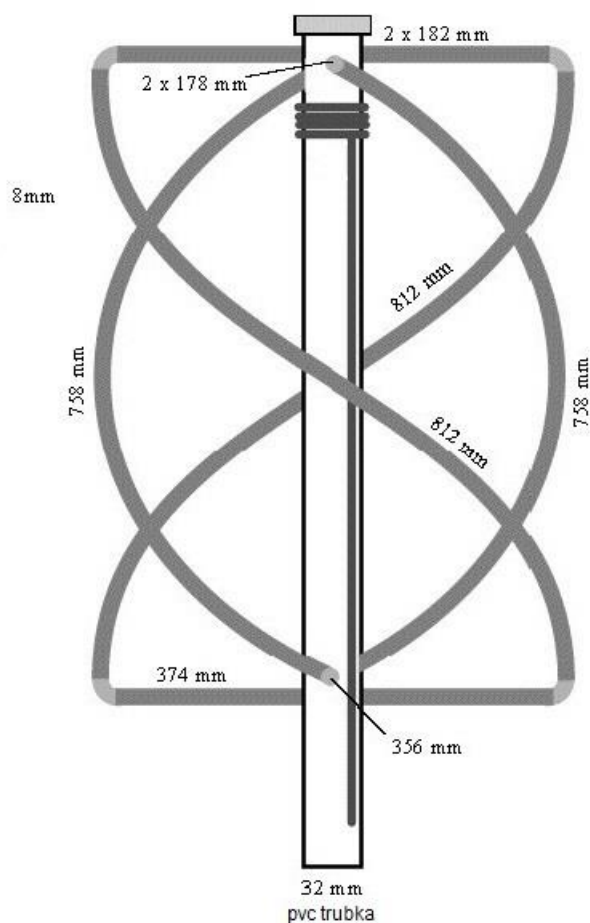
Túto vizualizáciu, ktorú sme zrealizovali pomocou tohto programu možno vidieť na Obr. č. 7. Je tu vidieť amplitúdové spektrum modulovaného signálu na subnosnej frekvencii 2400Hz. V závislosti na zmene modulačného signálu sa mení amplitúda nosného signálu. [9]



Obr. č. 7 Amplitúdové spektrum modulovaného signálu na subnosnej frekvencii 2400Hz

4 ANTÉNA

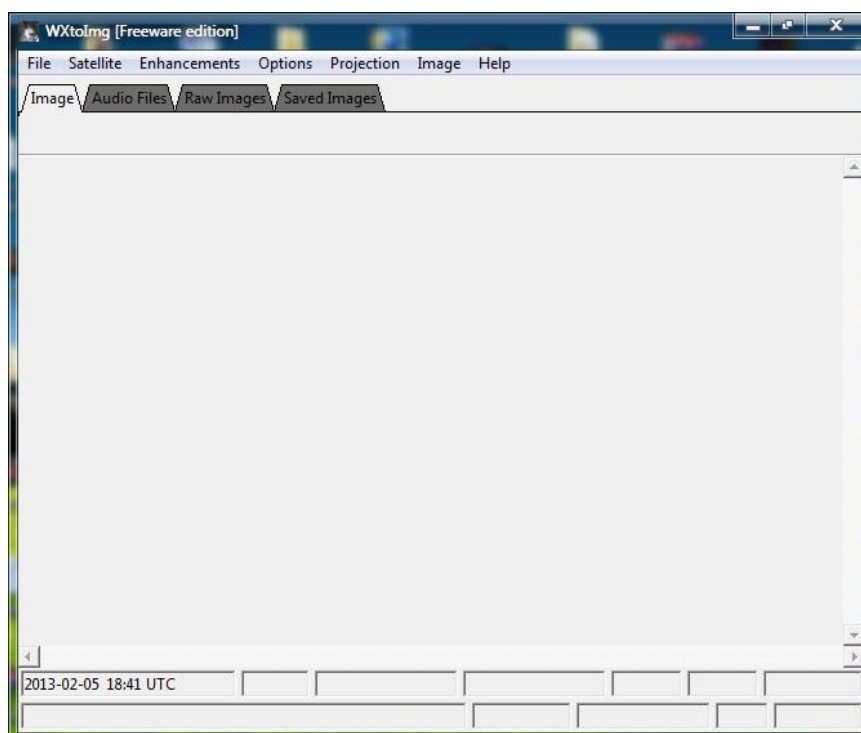
Základ prijímacieho kompletu tvorí anténa. Pri použití klasickej prútovej antény je signál počuť, ale takýto signál obsahuje veľa šumu, vypadáva, je slabý a celkovo sa nedá použiť pre príjem meteorologických snímok. Medzi najpoužívanejšie antény v pásme 137 Mhz pre tieto účely patria, tzv. Turnstile a QFH (Quadrifilar Helicoidal) antény. Čo sa týka konštrukcie, QFH anténa je pomerne jednoduchá. Tvar QFH antény má pravotočivý charakter, pretože meteo satelity pri obehu po svojich orbitách okrem iného aj rotujú okolo svojej osy, kvôli stabilizácii, takže aj vysielaný signál bude mať pravotočivú polarizáciu.



Obr.č.8 Schematický nákres QFH antény [4]

5 PROGRAMOVÉ VYBAVENIE

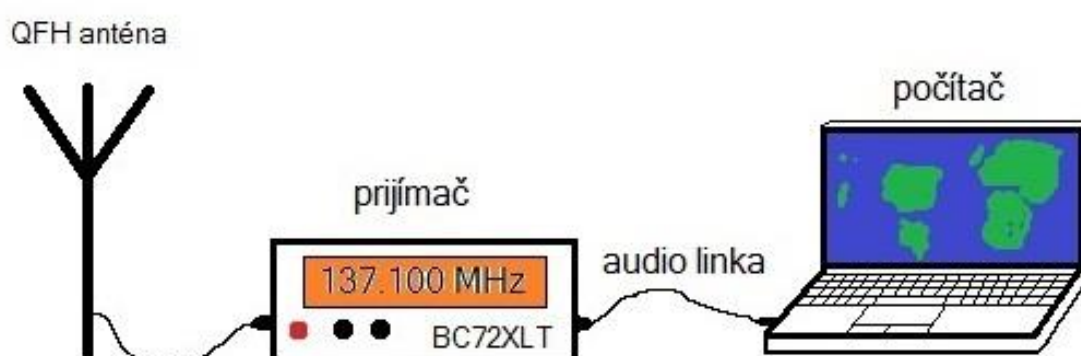
Existuje mnoho programov pre dekódovanie APT signálov z meteorologických satelitov. Medzi súčasné programy, ktoré sa využívajú pre tieto účely patria napríklad JVComm32, JVFX a najpoužívanejší WXtoIMG. Program JVFX sa radí k prvým programom, ktorý pracoval pod operačným systémom MS-DOS. Program JVFX ku svojmu chodu potreboval, len procesor o taktovacej frekvencii 200 MHz a operačnú pamäť nie väčšiu ako 4MB. Neskôr bol vydaný program JVComm32, ktorý disponuje pestrou funkcionalitou. Nevýhodou tohto programu je, že vo voľne šíriteľnej verzii sú funkcie tohto programu značne okresané. Preto k najpoužívanejším a najobľúbenejším programom medzi rádioamatérmi patrí aplikácia WXtoIMG. Aplikácia WXtoIMG je vyvinutá na dekódovanie APT a WEFAX formátov z meteo satelitov. Tento software je kompatibilný so všetkými operačnými systémami (Windows, Linux, MAC OS). Užívateľské prostredie programu je veľmi jednoduché a intuitívne.



Obr. č. 9 Užívateľské prostredie programu WXtoIMG

6 PRAKTICKÁ ČASŤ

Aby som nezostal, len v teoretickej hladine, rozhodol som sa skompletizovať funkčný model prijímacej zostavy pre účel objasnenia teórie.



Obr. č. 10 Ilustračná schéma zapojenia prijímacieho kompletu

Na obr. č. 8 možno vidieť blokovú schému zapojenia prijímacieho kompletu, kde je použitá QFH anténa, ktorá je koaxiálnym káblom RG-58 prepojená na vstup skenera (prijímača), prijatý signál prijímačom je ďalej vyvedený vo „zvukovej podobe“ do vstupu LINE IN zvukovej karty konkrétneho počítača.

6.1 Stavba antény

Najprv som začal s konštrukciou QFH antény. Informácie boli čerpané zo stránky rádioamatéra OK2PYA. Stavba antény nie je zložitá. Ako prvé, som si pripravili PVC rúrku s priemerom 32mm o dĺžke 1m. Na rozdiel od pôvodného návodu, my sme použili Cu drôt s prierezom 2.7mm a ponechali sme na ňom izoláciu. Tento drôt sa podľa schematickeho nákresu na Obr.č.6 nastrihal a následne poohýbal. Potom som do PVC rúrky vyvrtal diery pre dipóly. Takto poohýbané Cu drôty (dipóly) sa zasunuli do PVC rúrky, zapojili a následne prispájkovali. K anténe som prispájkoval koaxiálny kábel RG-58 a spravil som 4 závitov okolo PVC rúrky, tzv. balun, impedančné prispôsobenie. Ako koncovku na koaxiálny kábel RG-58 bol použitý BNC konektor. Na Cu drôty som navliekol gumové priechodky a takisto na koniec PVC rúrky sa umiestnila zátka, aby do antény nepršalo.

6.2 Prijímacie zariadenie

Ako prijímač bol použitý rádioamatérsky skener značky Uniden Bearcat typu BC 72 XLT. Tento prijímač disponuje širokou škálou frekvenčného rozsahu, čo znamená, že je schopný prijímať od pásma 25 MHz až po pásmo 512 MHz. Prijímač je pochopiteľne schopný pracovať aj vo frekvenčnom pásme 137 – 143.995 MHz. Skener je dodávaný spolu s pendrekovou anténou, ktorá je pre tento prípad nepoužiteľná. V tomto prípade pendrekovú anténu nahradí QFH anténa, ktorá sa zapojí na anténny vstup cez BNC konektor.

6.3 Počítač a softvérové vybavenie

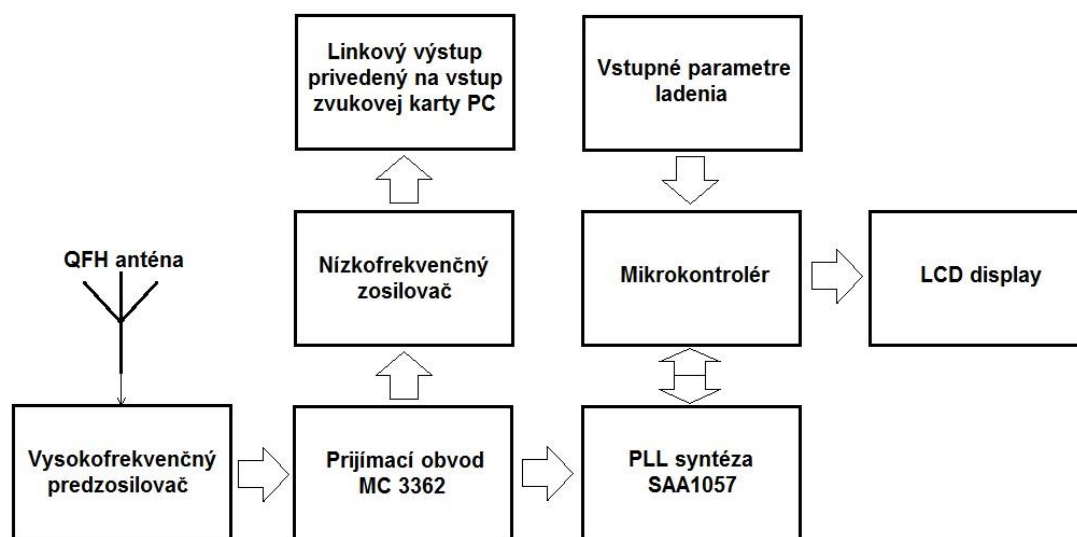
Prijatý signál sa ďalej spracováva v notebooku Acer Aspire 5738Z, ktorý je prepojený audio káblom so skenerom (3.5mm jack). Takto sa prepojí slúchadlový výstup zo skenera so vstupom LINE IN na zvukovej karte notebooku. Softwareovú časť, tvoria programy Orbitron 3.71 a WXtoIMG 2.10.11, demo. V tomto prípade, programom Orbitron 3.71 sa zisťuje aktuálna poloha NOAA satelitov. Vďaka nemu sa dá presne zistiť kedy sa satelit objaví nad obzorom, kedy zájde za horizont, dá sa v ňom nasimulovať prelet konkrétneho satelitu v určitom čase. Ako bolo spomenuté, program WXtoIMG, verzia 2.10.11, slúži na dekódovanie prijatého signálu. Aplikáciu WXtoIMG možno bezplatne stiahnuť ako demo verziu na stránkach wxtoimg.com. Po nainštalovaní tohto programu, treba najprv nastaviť súčasnú polohu, kde sa nachádzate pomocou GPS súradníc. Tu si treba dať záležať, lebo pri nesprávnom nastavení sa to odrazí neskôr pri vykresľovaní hraníc na snímke. Tento program môže pracovať v režime automatickom alebo manuálnom. Preferujem manuálny režim, pretože pri prijímaní snímkov treba počkať až sa objaví satelit na obzore, potom treba spustiť program a potvrdiť funkcie manuálneho režimu. Automatický režim sa postará o všetko. V automatickom režime si program aktualizuje časy preletov jednotlivých satelitov a automaticky sa spustí, keď sa satelit objaví na obzore. V tomto režime sa dá nastaviť veľmi veľa vecí, ako napríklad zapnutie/vypnutie nahrávania v závislosti na elevácii satelitu. Počas nahrávania treba sledovať úroveň hlasitosti LINE IN vstupu, táto hodnota nesmie byť príliš vysoká ani nízka. Po skončení nahrávania program automaticky spracuje snímky, zafarbí ich a priradí hranice k štátom.

7 PLÁNOVANÝ NÁVRH PRIJÍMAČA

Doteraz sme sa venovali prevažne teoretickým poznatkom ohľadne prijímu meteorologických satelitov. Zrealizovali sme aj pokusný prijímací komplet za pomocou rádio-amaterského prehľadového prijímača značky Uniden. Avšak toto predchádzalo samotnému návrhu a overeniu faktu, či skutočnosť neklame a či má cenu vyvíjať vlastné zapojenie, keďže sa jedná o pomerne časovo náročnú vec.

Ako už bolo vyššie spomenuté, prijímacie zariadenie bude fungovať za pomoci mikrokontroléru. Pri samotnom vývoji, meraní a návrhu celého zariadenia sa zrejme použije open-source platforma Arduino, kvôli jednoduchosti. Avšak táto open-source platforma bude použitá naozaj len pri vývoji a odskúšaní základných algoritmov riadenia ako napríklad digitálne ovládanie PLL syntézy, prípadne digitálne ladenie frekvencie atď. Pri samotnom návrhu sa rozhodnem podľa dostupných možností a kritérií aký konkrétny typ mikrokontroléra zvolím. Osobne preferujem mikrokontroléry z rodiny výrobcov ATMEL či MICROCHIP, keďže s nimi mám už nejaké skúsenosti.

Základné stavebné prvky prijímacieho zariadenia si možno všimnúť v blokovom náčrte na Obr. č. 11. Toto znázornenie zapojenia a radenia jednotlivých blokov medzi sebou vychádza zo základného modelu FM prijímača. [10]



Obr. č. 11 Bloková schéma plánovaného prijímacieho zariadenia

8 PRAKTICKÁ REALIZÁCIA PRIJÍMAČA

V tejto časti práce sa budeme venovať samotnému návrhu a neskôr následnej realizácie prijímacieho zariadenia. Koncepcia prijímacieho zariadenia sa bude odvíjať od blokového diagramu, ktorý je zachytený na obr. č. 9. Pred samotným návrhom prijímača sme si ujasnili počiatočné podmienky, ktoré by mal prijímač spĺňať, od ktorých by sme sa mohli odraziť pri návrhu.

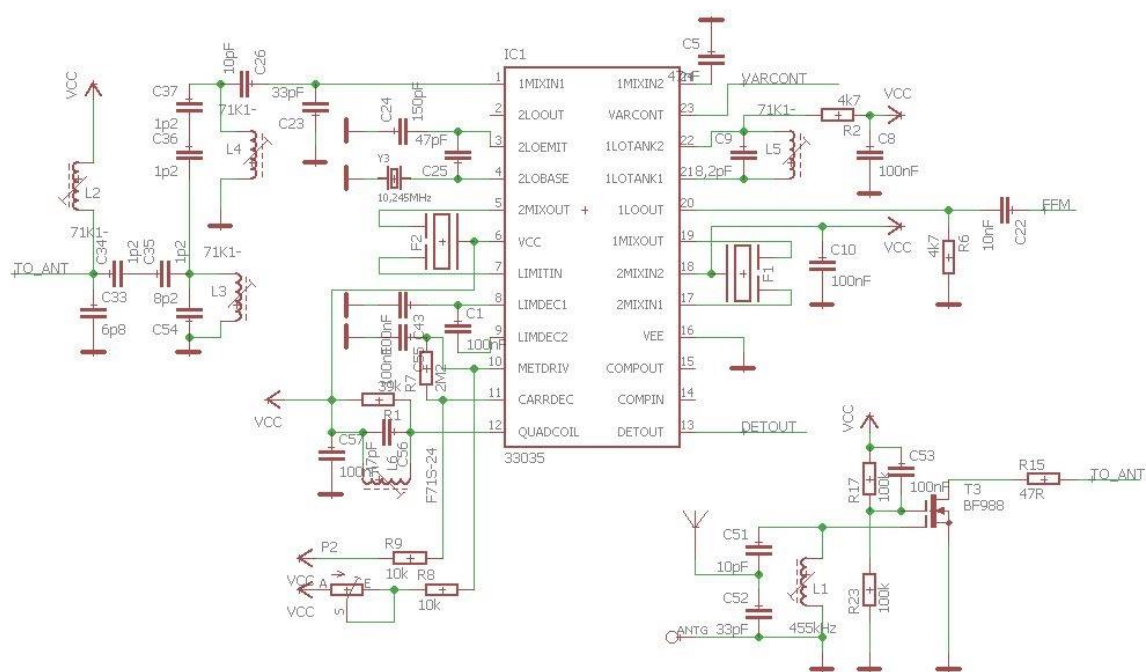
Základné požiadavky, ktorých sme sa rozhodli držať boli jednoduchosť, spoľahlivosť, kompaktné rozmery, všestrannosť, intuitívne ovládanie a použiteľnosť dostupných a osvedčených súčiastiek. Jednoducho povedané, výstupom praktickej realizácie by mal byť komplexný prijímač, počnúc od osadenia a oživenia základnej dosky prijímača až po zhotovenie a zabudovania do konštrukčnej krabičky. Jednotlivé kroky a procesy stavby prijímača až po kompletne vyhotovenie popíšeme v samotných kapitolách.

Návrh schémy ako i dosky plošného spoja prijímacieho zariadenia budeme realizovať vo vývojovom programe na tom určenom a to od spoločnosti Autodesk. Tento program, inak známy aj pod názvom EAGLE je výkonný a flexibilný nástroj. Funkcionalitou EAGLE konkuruje drahým komerčným programom, avšak jeho cenová politika je oproti konkurenčným programom výhodnejšia. Program zlučuje do jedného užívateľského rozhrania editor schématických nákresov a editor pre návrh dosiek plošných spojov. Čo sa týka užívateľského rozhrania, tak môžeme konštatovať, že je pomerne jednoduché a intuitívne. Voľba pre prácu s týmto vývojovým prostredím padla preto, lebo narozdiel od konkurentov, jeho distribútor ponúka voľne dostupnú verziu za splnenia určitých podmienok, medzi ktoré patrí použitie na študijné účely. Voľne dostupná verzia (freeware version) je obmedzená veľkosťou plochy dosky plošného spoja a počtom signálových vrstiev, čo v našom prípade nehrá veľkú rolu. My budeme pracovať konkrétne vo verzii EAGLE 8.0.1, ktorú sme stiahli priamo zo stránky distribútora.

8.1.1 Funkčné bloky – prijímač MC3362

Ako prvé bolo treba vybrať a rozhodnúť sa aký prijímací obvod zvolíme. Po uvážení a porovnaní všetkých možných faktorov a parametrov ako napríklad cenová či skladová dostupnosť, jednoduchosť ovládania a ladenia padla voľba na nízko-príkonový prijímací obvod pre pásmo FM od firmy Motorola.

Konkrétne srdcom nášho prijímača bude obvod s fabrickým označením – MC3362. Tento prijímací obvod sa vyrába v prevedení púzdra DIP - 24, čož by nemal byť problém pri neskoršom osadzovaní na doske plošného spoja. Medzi popredné vlastnosti prijímača MC3362 patrí nízke pracovné napätie v rozsahu 2 - 6V/DC, takisto odber prúdu pri napätí 3V/DC je 3,6mA, čo sa pozitívne prejaví aj na výslednej výdrži pri napájaní z batérie. Prijímač má udávanú pomerne vynikajúcu katalógovú vstupnú citlivosť na úrovni 0,6 μ Vrms. Výhodou tohto prijímača je aj fakt, že pre svoju funkciu potrebuje minimum externých súčiastok, čo si možno všimnúť aj na schéme zapojenia na Obr. č. 12, ktorá sa opiera o základné katalógové zapojenie.



Obr. č. 12 Schéma zapojenia úzkopásmového prijímača MC3362 s VF predzosilňovačom

Obvod MC3362 je úzkopásmový FM prijímač, ktorý dokáže pracovať okrem iného aj v nami potrebnom pásme 137 MHz, v ktorom nepretržite vysielajú meteorologické satelity NOAA, ktoré chceme prijímať.

Ako si možno všimnúť schéma zapojenia, ktorú možno vidieť na Obr. č. 12, je doplnená o zapojenie vysokofrekvenčného predzosilňovača. Tento vysokofrekvenčný predzosilňovač slúži na dostatočné zosilnenie prijatého signálu z QFH antény na požadovanú úroveň, tak aby ho samotný prijímač mohol spracovať. Prijatý signál je z antény privedený na tzv. kapacitný delič. Tento kapacitný delič je tvorený dvoma keramickými kondenzátormi C51 a C52. Týmto deličom je zabezpečené impedančné prispôsobenie. Kapacitný delič spojený spolu s ladenou cievkou L1 tvorí vstupný ladený obvod. Signál zo vstupného ladeného obvodu je ďalej privádzaný na nízkošumový MOSFET tranzistor s dvoma bázami typu BF998. Signál následne putuje do ďalších ladených obvodov, ktorých úlohou je vytvorenie šírky prenášaného pásma. Keramickými kondenzátormi je nastavená kritická väzba medzi rezonančnými obvodmi.

Takto upravený signál smeruje na vstup prijímacieho obvodu MC3362. Tu sa signál zmieša s frekvenciou oscilátora, čoho výsledkom je rozdielová zložka o hodnote 10,7 MHz. Tá je samozrejme zosilnená a vedie ku keramickému filteru F1. Následne po odfiltrovaní je signál privedený do druhého zmiešavača. V tomto druhom zmiešavači je zmiešavaný s frekvenciou 10,245 MHz. Túto frekvenciu získavame z kryštálu X1. Rozdielová frekvencia je 455kHz. Tá je filtrovaná v keramickom filtere F2.

Prijímač MC3362 disponuje ešte jednou priamo integrovanou zaujímavou funkciou, ktorá takisto ovplyvnila rozhodnutie pre výber a použitie tohto obvodu a ktorú sme sa rozhodli využiť. Konkrétne sa jedná o funkciu potlačenia šumu alebo inak označovanú aj ako squelch, ktorá je v rádiokomunikačných technológiách pomerne často používaná. Podstata tejto funkcie obvodu spočíva v tom, že potláča v našom prípade audio výstup, v prípade absencie dostatočne silného požadovaného vstupného signálu. Jednoduchšie povedané, táto funkcia potláča počuteľný zvuk šumu v našom sluchovom spektre, keď prijímač nebude prijímať signál, prípadne dôjde k výpadkom počas príjmu.

V našom prípade sa citlivosť tejto funkcie dá korigovať otočným potenciometrom, ktorý je pripojený na potrebný vstup obvodu MC3362 a to na číslo 11, označený ako carrier detect (carrdec). Na tomto piny je privedený riadiaci signál, ktorý spína šumovú bránu, ktorej citlivosť určuje potenciometer P2. Tento riadiaci signál je ďalej napojený na NPN tranzistor typu BC547. Kolektor tohto tranzistora je pripojený na pin. č. 8 nízko-frekvenčného zosilňovača typu LM386 a ovláda funkciu mute.

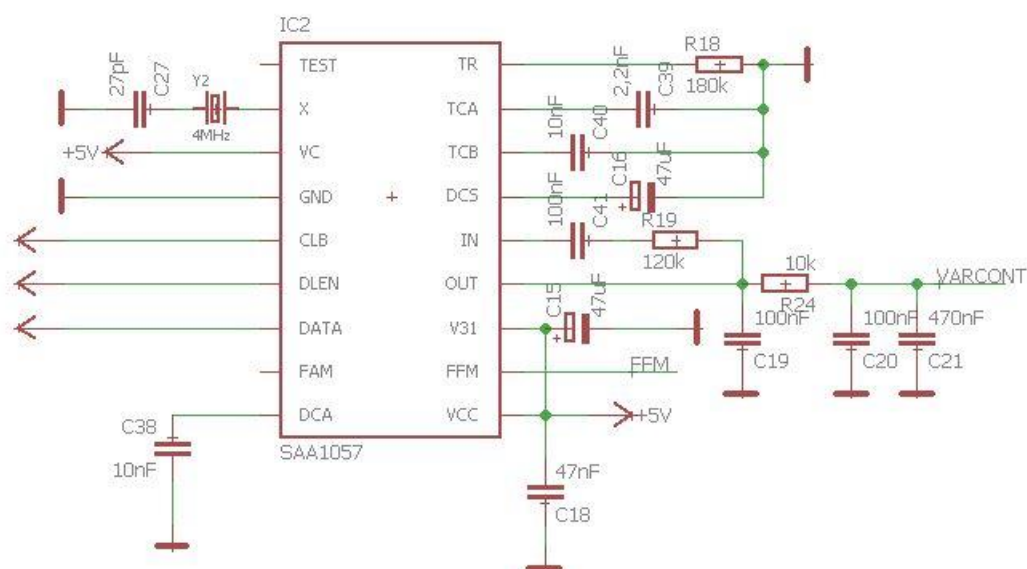
8.1.2 Funkčné bloky – PLL syntéza SAA1057

V druhom kroku sme rozmýšľali ako komunikovať s vyššie spomínaným úzkopásmovým FM prijímačom. Inak povedané ako ho naladiť na nami požadovanú frekvenciu. Druhá vec je tá, že pri našom prijímači a požiadavke pre príjem konkrétnych frekvencií, kde meteorologické satelity NOAA vysielajú je takmer nemožné naladiť požadovanú frekvenciu manuálne mechanicky otočným potenciometrom podľa nejakej stupnice. Keďže súčasné trendy smerujú čoraz viac k využívaniu mikroprocesorov v moderných technológiách bolo hneď od začiatku jasné akým smerom sa bude takisto uberať náš projekt ohľadom stavby meteo prijímača. V súčasnosti je už zobrazenie prijímanej frekvencie na LCD paneli či digitálne ladenie a stabilizácia frekvencie PLL syntézou samozrejmosťou.

Po zvážení všetkých parametrov a požiadaviek, voľba padla na cenovo dostupnú PLL syntézu od výrobcu Philips Semiconductors s katalógovým označením typu SAA1057. Tento jednočip je pomerne rozšírený a často používaný v rôznych rozhlasových prijímačoch, prenosných rádiách, kde vykonáva ladiace funkcie. Táto PLL syntéza vie pracovať s frekvenciami v pásme FM do 140MHz, čo pre naše účely postačuje. Vyznačuje sa pomerne veľkou vstupnou citlivosťou a to konkrétne pre pásmo FM je 10mV a pre pásmo AM až 30mV. Jej značnou výhodou je aj ten fakt, že je odberovo nenáročná pre svoju prevádzku a za ideálnych podmienok pri ladení v pásme FM odoberá 20mA a v pásme AM len 16mA pri napájaní v pomerne širokom rozsahu 3,6 – 12V/DC.

Ladiace krokovanie pri nastavovaní frekvencie v pásme FM je 10kHz alebo 12,5kHz v rozsahu 70MHz – 140MHz. V prípade použitia tejto syntézy v pásme AM je toto ladiace krokovanie 1kHz alebo 1,25kHz v rozsahu 512kHz – 32MHz.

Výhodou PLL syntézy SAA1057 je aj ten fakt, že takisto pre náš účel potrebuje minimum externých súčiastok ku svojej funkcii a je pomerne jednoducho ovládaná po sériovej linke pomocou troch vodičov. Konkrétne zapojenie, ktoré sa takisto opiera o katalógové zapojenie PLL syntézy SAA1057 si možno prezrieť na Obr. č. 13.



Obr. č. 13 Schéma zapojenia PLL syntézy SAA1057

PLL syntéza SAA1057 sa predovšetkým teda používa v krátkovlnných prijímačoch. Naše ladiace napätie PLL syntézy bolo súčiastkami určené na 4,5V/DC. Pri tomto napätí (4,5V/DC) by PLL syntéza SAA1057 mala byť schopná dokázať preladiť od frekvencie 110MHz až po 140MHz v FM pásme.

Čo sa týka samotného princípu práce PLL syntézy, tak funguje tak, že bude prijímať údaje z mikroprocesora, kde bude pevne preddefinovaná frekvencia a zároveň bude merať frekvenciu oscilátora úzkopásmového prijímača MC3362.

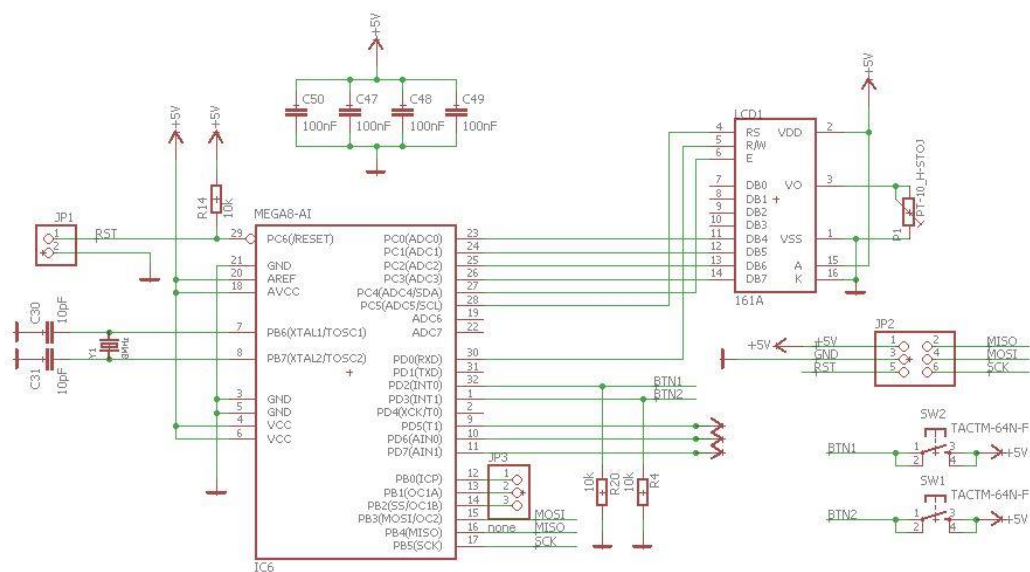
Na výstupe PLL syntézy SAA1057 je úroveň ladiaceho napätia. Toto ladiace napätie je privedené do obvodu interného varikapu úzkopásmového prijímača MC3362. Referenčná frekvencia je 4MHz. Táto frekvencia je získaná z kryštálu Y2, ktorý je pripojený na vstup PLL syntézy s označením X.

Ladiace krokovanie PLL syntézy sme nastavili na 10kHz. Ako už bolo spomínané, požiadavka je aby bol prijímač schopný prijímať frekvencie v okolí 137MHz. Keďže prvá medzifrekvencia má hodnotu 10,7MHz, tým pádom frekvencia oscilátora musí byť menšia práve o túto hodnotu. To znamená, že pokiaľ chceme naladiť presne 137MHz, od tejto hodnoty musíme odčítať medzifrekvenciu 10,7MHz čo vo výsledku znamená hodnotu 126,3MHz ($137 - 10,7 = 126,3$). Z toho vyplýva, že musíme z mikroprocesora poslať údaj s hodnotu 126.3MHz pre naladenie presných 137MHz. Teda každá frekvencia, ktorú budeme chcieť naladiť musí byť o hodnotu 10,7MHz menšia ako požadovaná prijímaná frekvencia.

8.1.3 Funkčné bloky – Mikrokontrolér ATMEGA 8

Po kompletizácii predošlých dvoch hlavných komponentov, prišiel na radu výber mikroprocesora, ktorý bude takzvaným mozgom celého tohto prijímača. Pri tejto časti návrhu prijímačieho zariadenia bolo rozhodnuté hneď na začiatku akú rodinu mikrokontrolérov zvolíme. Keďže už pri rôznych predchádzajúcich projektoch som sa zoznámil s mikrokontrolérmi výrobcu ATMEL a dokonca aj platforma Arduino je na tejto rodine mikrokontrolérov postavená, s ktorou sme neraz pracovali v rámci školských laboratórnych cvičení, tak rozhodnutie padlo práve na tohto výrobcu.

Pre naše použitie som zvolil pomerne známy a populárny mikroprocesor, typovo označený ako ATMEGA 8. Tento mikrokontrolér nevyžaduje ku svojmu behu žiadne veľké nároky a extrémny počet externých súčiastok. Pre naše použitie postačuje ako výkonom tak i počtom potrebných logických vstupných a výstupných liniek. Čo sa týka montážneho prevedenia, tak mikrokontrolér typu ATMEGA 8 sme zvolili v prevedení SMD v montážnom púzdre označovanom QFP – 32.



Obr. č. 14 Schéma zapojenia mikrokontroléra Atmega 8 a jeho komponentov

Ako možno vidieť na Obr. č. 14 je zakreslená schéma s mikrokontrolérom typu Atmega 8 s jeho komponentami. V podstate sa jedná o jednoduché zapojenie užívateľských periférií, ako je LCD display či mikro tlačítka, pomocou ktorých môže užívateľ konfigurovať prijímacie zariadenie. Mikrokontrolér je časovaný pomocou externého kryštálu Y1.

Ako zobrazovací prvok, ktorý bude sprostredkovať interakciu medzi užívateľom a prijímacím zariadením použijeme LCD display. Tento display má v sebe už implementovaný radič typovo označený HD44780, čo značne uľahčuje použitie tohto displaya a preto pre svoju prácu potrebuje byť prepojený s mikrokontrolérom pomocou siedmych liniek, čo nám šetrí zapojenie mikrokontroléru. LCD display je dvoj riadkový a na každom riadku dokáže zobrazit' až šestnásť znakov. Kontrast LCD displaya sa nastavuje pomocou otočného trimru PT-10.

Pre ovládanie a konfiguráciu prijímača sú navrhnuté dve mikrotlačidlá. V schéme zapojenia sú na Obr. č. 14 označené ako SW1 a SW2. Tieto mikrotlačidlá sú pripojené na vstupné porty mikrokontroléra označené ako PD3 pre mikrotlačidlo SW1 a PD2 pre mikrotlačidlo SW2.

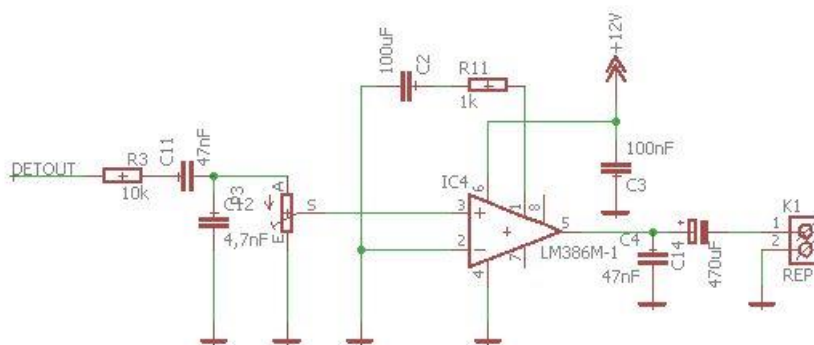
8.1.4 Funkčné bloky – NF zosilňovač LM386

S výberom tejto komponenty prijímacieho zariadenia nebol nejaký obzvlášť veľký problém, keďže na trhu je ich pomerne veľký počet. Pri výbere tejto komponenty sme sa skôr pozerali na nízky príkon a na minimálny počet externých súčiastok pre svoju prácu, keďže v našom prijímacom zariadení nepotrebujeme nejaký extrémny výkon nízkofrekvenčného zosilňovača.

Po zvážení, naša voľba padla na nízkofrekvenčný zosilňovač značky Texas Instruments. Konkrétne sa jedná o typ s označením LM386. Keďže tento nízkofrekvenčný zosilňovač je dostupný aj v montážnom prevedení typu SMD, rozhodli sme sa pre voľbu montážneho púzdra označovaného ako SOP – 8.

Nízkofrekvenčný zosilňovač LM386 má katalógom udávaný výkon 300mW pri skreslení približne 0,2% , čo je pre naše účely postačujúce. Jeho teplotná odolnosť je až do 70°C a jeho pracovné napätie je v rozsahu 4 - 12V/DC. Odber prúdu je priateľný, pri napájacom napätí 5V/DC je 4mA, čo nám napomáha v prípade napájania z batérie.

Schéma zapojenia tohto nízkofrekvenčného zosilňovača LM386 sa priamo opiera o zapojenie odporúčané výrobcom. Je pomerne jednoduché, spoľahlivé a hlavne praxou overené za tie roky čo sa používa v rôznych FM rádiách, televízoroch, vysielačkách, atď. Schéma zapojenia nízkofrekvenčného zosilňovača je zakreslená na Obr. č. 15.



Obr. č. 15 Schéma zapojenia nízkofrekvenčného zosilňovača LM386

Výstupný demodulovaný signál z úzkopásmového prijímača MC3362 je privedený na vstup DETOUT. Následne za ním pokračuje do pomerne jednoduchého RC filtra, ktorý slúži na odfiltrovanie nežiadúcich frekvencií. Tento jednoduchý RC filter je zložený z pasívnych súčiastok C11, C12 a R3.

Odfiltrovaný signál od nežiadúcich frekvencií je cez potenciometer P3 privedený na vstup nízkočfrekvenčného operačného zosilňovača LM386. Potenciometer P3 sa správa ako napäťový delič. Účelom tohto deliča je regulácia hlasitosti na zvukovom výstupe prijímača. Pomocou hodnoty odporu R11 a kondenzátora C2 sme nastavili nami potrebné zosilnenie operačného zosilňovača.

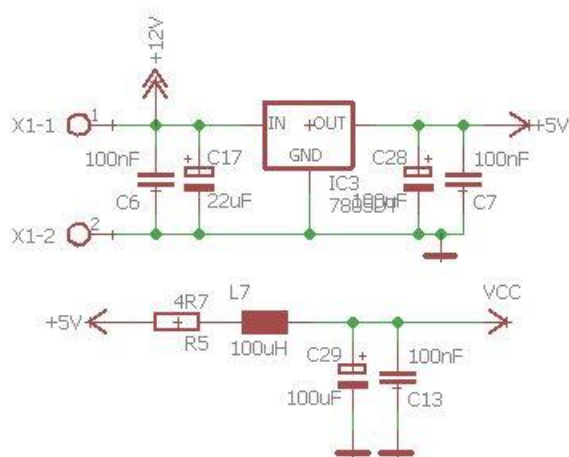
8.1.5 Funkčné bloky – Stabilizátor napätia LM78L05

Počas realizácie návrhu prijímacieho zariadenia bolo treba dopredu uvažovať nad tým s akým vnútorným napätím v našom zariadení budeme pracovať a podľa toho spočítať a nadimenzovať jednotlivé hodnoty pasívnych súčiastok.

V našom prípade budeme pracovať s napájacím napätím vo vnútri zapojenia, ktorého hodnota bude jednosmerných 5V. Avšak toto zariadenie bude napájané z 9V baterky, prípadne z adaptéra s napäťovým rozsahom 9 - 12V/DC. Práve pre tento účel bolo potreba vhodne vybrať napäťový stabilizátor, ktorého úloha bude jednoducho povedané konvertovať akékoľvek vyššie napätie na 5V/DC.

Voľba padla na značne rozšírený a spoľahlivý napäťový stabilizátor od firmy National Semiconductor, typovo označený LM78L05 v montážnom prevedení SMD. Toto prevedenie sme zvolili v montážnom púzde označenom ako D-PAK. Napäťový stabilizátor LM78L05 má priateľné parametre pre našu potrebu. Je trojpinový, čo značne zjednodušuje zapojenie a takisto šetrí miesto a tým pádom aj konečné rozmery dosky plošného spoja pre naše prijímacie zariadenie. Na jeho výstupe poskytuje stabilných jednosmerných 5V, zatiaľ čo na vstup môžeme priviesť jednosmerné napätie v rozsahu od 10 – 35V. Maximálne prúdové zaťaženie v našom montážnom prevedení (D-PAK) môže byť až do 1,5A. Maximálna pracovná teplota je 125°C do ktorej je zariadenie prevádzky schopné.

Zapojenie tohto napäťového stabilizátora je pomerne triviálna záležitosť. Schému zapojenia pre náš prípad si možno všimnúť na Obr. č. 16, ktorá vychádza z typických princípov a pravidiel, ktoré platia pri zapojení stabilizovaného zdroja.

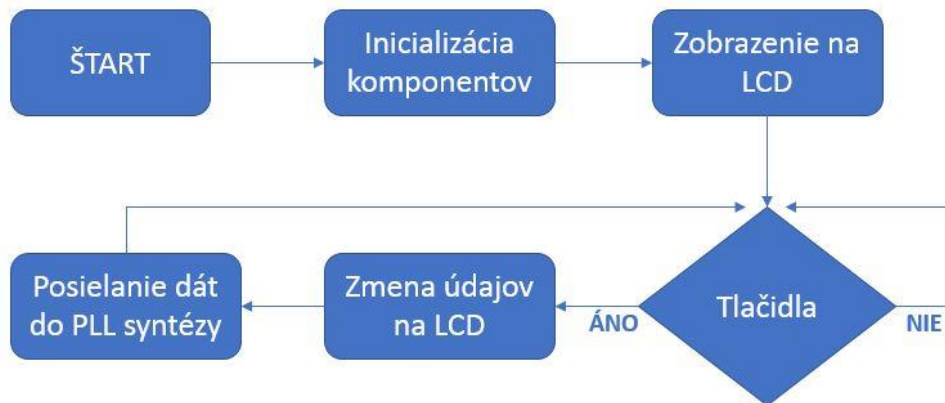


Obr. č. 16 Schéma zapojenia napäťového stabilizátora LM78L05

8.2 Zdrojový kód mikrokontroléra

Riadiaci program mikrokontroléra Atmega 8 pozostáva z hlavnej časti main a z viacerých knižníc. V hlavnej časti main je implementovaný zdrojový kód pre inicializáciu prijímacieho zariadenia a pre obsluhu a ovládanie komponentov ako napríklad mikrotlačidla SW1 a SW2. V knižniciach sú implementované zdrojové kódy pre procedúry, ktoré pracujú s aktívnymi komponentami prijímacieho zariadenia ako napríklad sú knižnica pre LCD display alebo nastavenie a ladenie pomocou PLL syntézy SAA1057.

Zjednodušená štruktúra pre pochopenie zdrojového kódu je zobrazená na vývojovom diagrame na Obr. č. 17. Celý neskompilovaný zdrojový kód pre mikrokontrolér Atmega 8 je priložený v prílohách tejto práce.



Obr. č. 17 Vývojový diagram zdrojového kódu mikrokontroléra

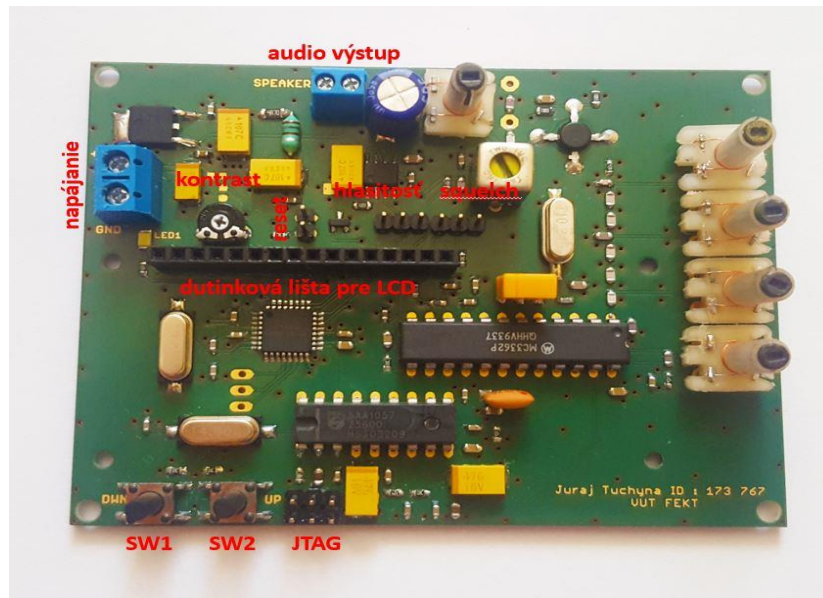
8.3 Praktické vyhotovenie

Po teoretickom návrhu sme pristúpili k praktickej realizácii prijímacieho zariadenia. Prijímacie zariadenie pre príjem meteo snímkov bude pozostávať z jednotlivých komponentov, ktoré boli popísané vyššie. Kompletnú schému zapojenia spojenú z jednotlivých blokových schém je vidieť v prílohách.

Plošný spoj sme navrhli už vo vyššie spomínanom vývojovom prostredí EAGLE, na to určenom. Doska plošných spojov je obojstranná a jej rozmery sú 74 x 95mm . Obojstrannú dosku plošných spojov sme si dali vyrobiť na zákazku podľa nášho návrhu do firmy Gatema, ktorá sídli v Brne. Je povrchovo upravená nepájavou maskou a osadzovacie plochy sú pozlátené.

Čo sa týka jednotlivých súčiastok, tak v podstate okrem prijímača, PLL syntézy, nejakých filtrov a cievok nebol väčší problém s dostupnosťou. Keďže doska plošných spojov je navrhnutá pre kombinované osadenie, tak sme použili súčiastky ako v SMD púzdre, tak aj klasickom DIP púzdre.

V prípade konštrukcie vysokofrekvenčných cievok, tak tie sme použili zo starého Tesla televízora, kde ich je viac, než dost'. Na kostričky o priemere 5mm sme navinuli 2,5 závit. Jadrá, pomocou ktorých sa ladia vstupné rezonančné obvody prijímača, sme použili bezfarebné, ktoré sú vhodné pre tieto frekvencie.



Obr. č. 18 Osadená doska plošného spoja s popisom

ZÁVER

Na základe uvedenej práce sa preukázalo, že v súčasnej dobe je pomerne jednoduché a finančne nenáročné získať informácie z meteorologických satelitov a využívať ich priamo pre osobnú, alebo aj lokálnu potrebu rôznych organizácií a spoločností, ktoré potrebujú mať aktuálne informácie o vývine a zmenách počasia v danej lokalite.

Takýto prijímač si môže nájsť uplatnenie všade tam, kde je potreba okamžite vedieť a zisťovať nasledovný vývoj počasia, čo môžu oceniť najmä poľnohospodári, prieskumníci, bádatelia pri rôznych expedíciách, turisti, záchranné oddiely, ale aj rôzni rádioamatéri v poloprofesionálnych zariadeniach v domácnostiach. Komunikácia ide priamo cez satelit. Takto sa dajú získať vždy aktuálne informácie o lokálnom vývoji situácie. Uvedené zariadenie má všestranné využitie. Príjem snímok z meteorologických satelitov je zaujímavá vec a pre niektorých sa môže stať zábavným koníčkom.

V bakalárskej práci sme vytvorili návrh a fyzicky zrealizovali prijímacie zariadenie pre príjem snímok z meteorologických satelitov, ktoré sa opiera o teoretické poznatky zahrnuté v rámci spracovania semestrálnej práce. Pri tvorbe bakalárskej práce sme sa museli oboznámiť s problematikou pomerne širokého spektra počnúc od základov teórie prijímacích zariadení cez návrh až po samotnú stavbu a oživenie.

V prvom kroku sme z jednotlivých funkčných blokov postupne navrhli koncepciu prijímača. Túto koncepciu sme schematicky spracovali vo vývojovom prostredí EAGLE na tom určenom. Komplexnú schému prijímacieho zariadenia možno vidieť v prílohách na konci tejto práce. Následne sme v tom istom programe vytvorili aj návrh obojstranného plošného spoja.

V druhej časti sme riešili fyzickú stránku, to znamená výrobu plošného spoja a následné osadenie súčiastok. Z hľadiska dizajnovanej stránky, funkčnosti a rýchlosti sme si nechali plošný spoj vyrobiť v jednej renomovanej firme z Brna, ktorá sa profesionálne venuje výrobe plošných spojov.

Kedže nami použité montážne púzdra jednotlivých súčiastok neboli v neštandardných rozmeroch, odpadla nutnosť strojového osadenia súčiastok a vyrobený plošný spoj sme osadili ručne pomocou mikros pájkovačky.

V poslednom kroku sme sa zaoberali programovaním mikrokontroléra, konštrukciou montážnej krabičky a oživením prijímacieho zariadenia. Program sme písali vo vývojovom prostredí Atmel Studio 7.0, ktorý je pre programovanie tejto rodiny mikrokontrolérov určený. Výsledný program sme skompilovali a nahrali už do osadeného mikrokontroléra prostredníctvom rozhrania JTAG. Naprogramovaný prijímač sme oživilí a odladili za prevádzky. Na naše počudovanie sme pri prvom pokuse o príjem v priebehu pár minút boli schopný počuť prijímaný audio signál z meteo satelitu NOAA. Ladenie sme praktizovali v domácich podmienkach tak trochu sedliackym rozumom a to tak, že šrobovákom sme otáčali kostričkami VF cievok až pokiaľ sme prvý krát počuli prijímaný signál. Následne sme prijímač ešte jemne doladili aby mal prijatý signál čo najväčší zisk a aby bola kvalita prijatého snímku čo najlepšia.

Nakoniec sme takto zhotovený prijímač zabudovali do plastovej montážnej krabičky, ktorú sme rozmerovo prispôbili našim požiadavkám. Na predný panel sme osadili display, ovládacie tlačidlá, potenciometer pre nastavenie hlasitosti a potlačenie šumu. Prijímač môže byť napájaný zo siete jednosmerným 9V adaptérom alebo zo vstavanej 9V nabíjateľnej batérie.

Na záver môžeme konštatovať, že sa nám podarilo v domácich podmienkach zrealizovať komplexný prijímač pre príjem meteorologických snímok. Je určite mnoho vecí, v ktorých by sa dal prijímač zdokonaľiť, prípadne o ktoré by sa dal doplniť. V budúcnosti by sa dalo prijímacie zariadenie v rámci ďalšej práce doplniť o rôznu sensoriku, ktorá by monitorovala údaje o počasí a prípadne by sa tieto namerané údaje zapisovali na pamäťové zariadenie či dokonca posielali na externý vzdialený server cez vybrané sieťové pripojenie.

Literatúra

- [1] RNDr. VACHEK, J. a spol.: Fyzika pre 1.ročník gymnázia.
Praha : SPN, 1984.
- [2] Automatic Picture Transmission, APT.
https://www.en.wikipedia.org/wiki/Automatic_Picture_Transmission
(16.10.2016)
- [3] Umiestnenie GOES a POES satelitov
<https://www.noaa.gov> (15.10.2016)
- [4] Anténa.
<https://www.ok2pya.wz.cz/qfh/> (17.10.2016)
- [5] Prehľad a parametre satelitov.
[https:// www.qsl.net/g4hbt/wxsats.htm](https://www.qsl.net/g4hbt/wxsats.htm) (19.10.2016)
- [6] Geostacionárne satelity.
<https://www.reformation.org/geostationary-satellites.html> (21.10.2016)
- [7] Orbitálne satelity
https://www.sk.wikipedia.org/wiki/Uhol_sklonu_dr%C3%A1hy (22.10.2016)
- [8] GNU Radio Manual
https://gnuradio.org/doc/doxygen/page_filter.html (7.12.2016)
- [9] Modulácia signálov
<https://www.radio-electronics.com/am-amplitude-modulation.html> (9.12.2016)
- [10] John F. RIDER, : Transmission and reception
John F.RIDER Publisher, INC, 1950

ZOZNAM SKRATIEK

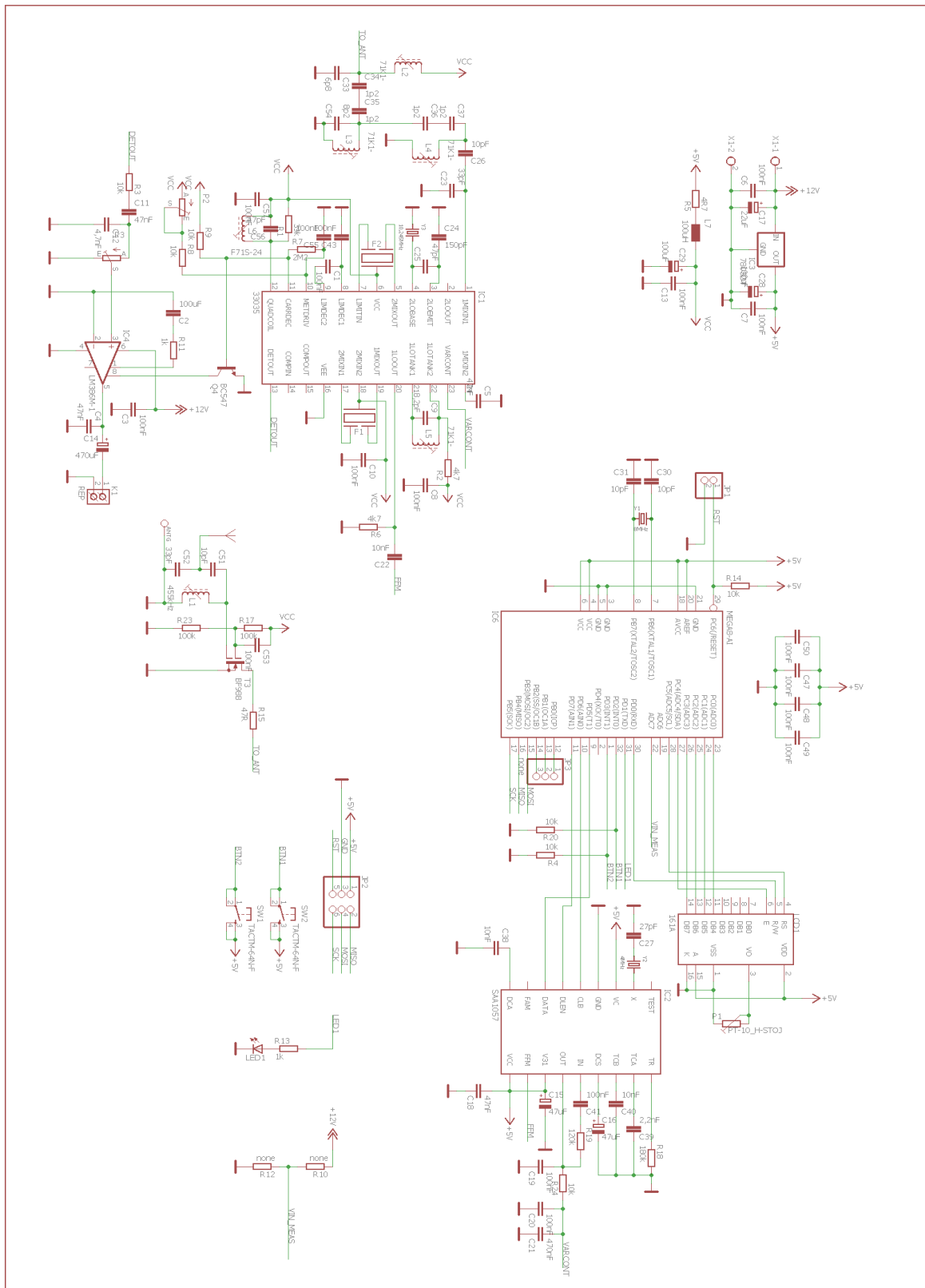
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
QFH	Quadrifilar Helicoidal
GOES	geostacionárne satelity
POES	orbitálne satelity
APT	Automatic Picture Transmission, spôsob prenosu dát
HRPT	High Resolution Picture Transmission, spôsob prenosu dát
FM	frekvenčná modulácia
AM	amplitúdová modulácia
SDR	softvérovo definované rádio
Cu	chemická značka medi
PVC	polyvinylchlorid
BNC	Bayonet Neill Concelman, typ anténneho konektoru
DC	jednosmerné napätie
RMS	root mean square, efektívna hodnota vstupnej citlivosti
VF	vysokofrekvenčný
NF	nízkofrekvenčný
LCD	liquid crystal display, display na báze tekutých kryštálov
PLL	digitálna frekvenčná syntéza
USB	universal serial bus, univerzálna sériová zbernica
SMD	surface mount devices, súčiastky pre povrchovú montáž

ZOZNAM PRÍLOH

- PRÍLOHA A: Kompletná schéma prijímača
- PRÍLOHA B: Navrhnutá doska plošného spoja
- PRÍLOHA C: Vyrobená doska plošného spoja
- PRÍLOHA D: Zostrojený prijímač
- PRÍLOHA E: Zostrojená QFH anténa
- PRÍLOHA F: Prijatý meteo snímok
- PRÍLOHA G: Obsah CD

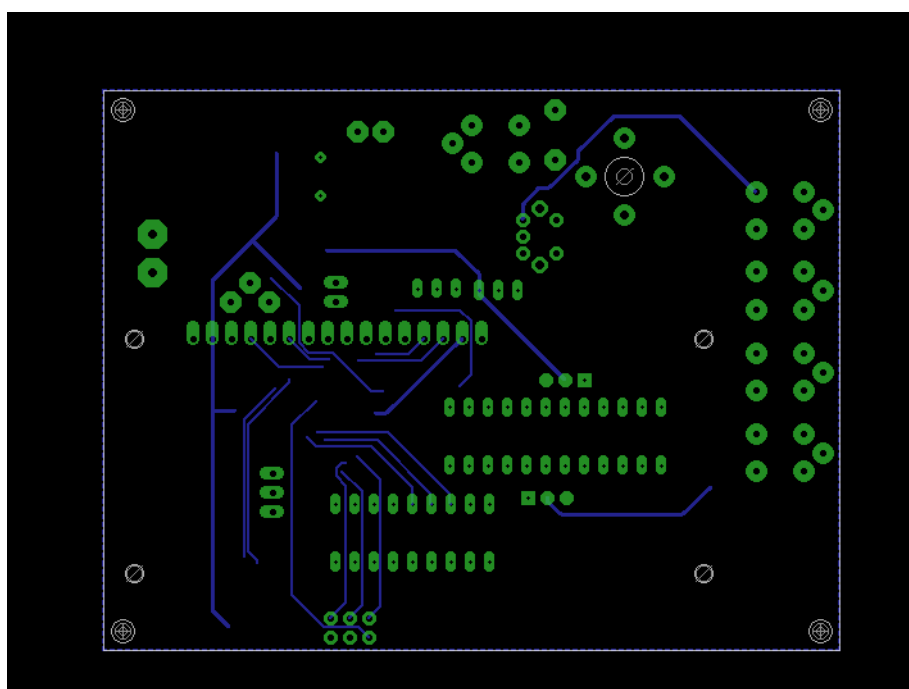
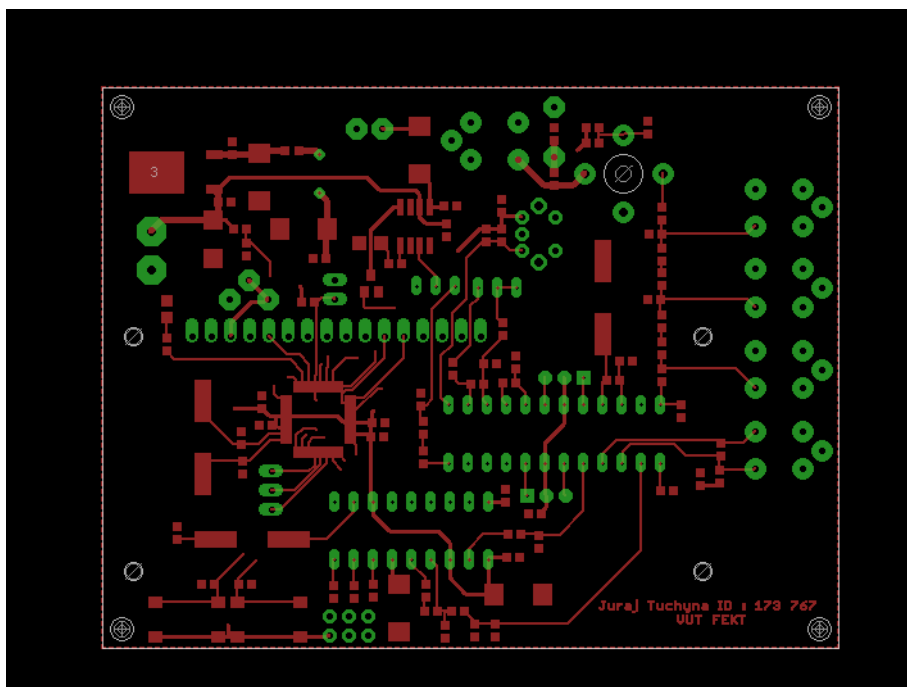
PRÍLOHA A

Kompletná schéma prijímača



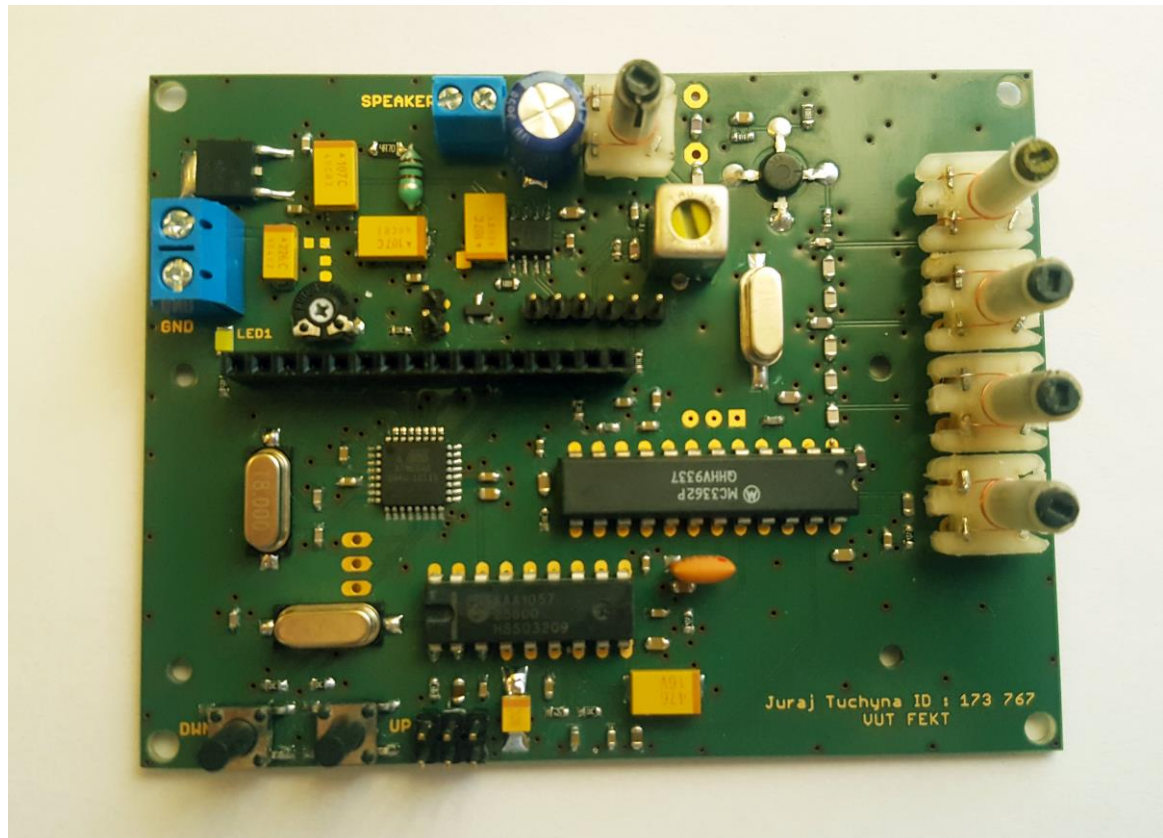
PRÍLOHA B

Navrhnutá doska plošného spoja (vrchná a spodná strana)



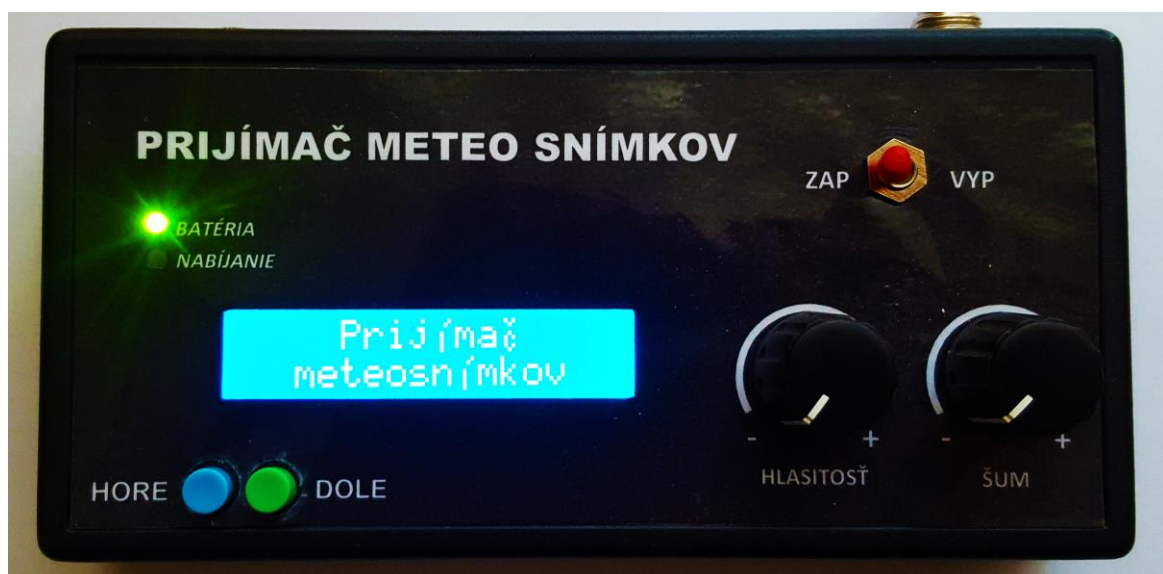
PRÍLOHA C

Vyrobená doska plošného spoja



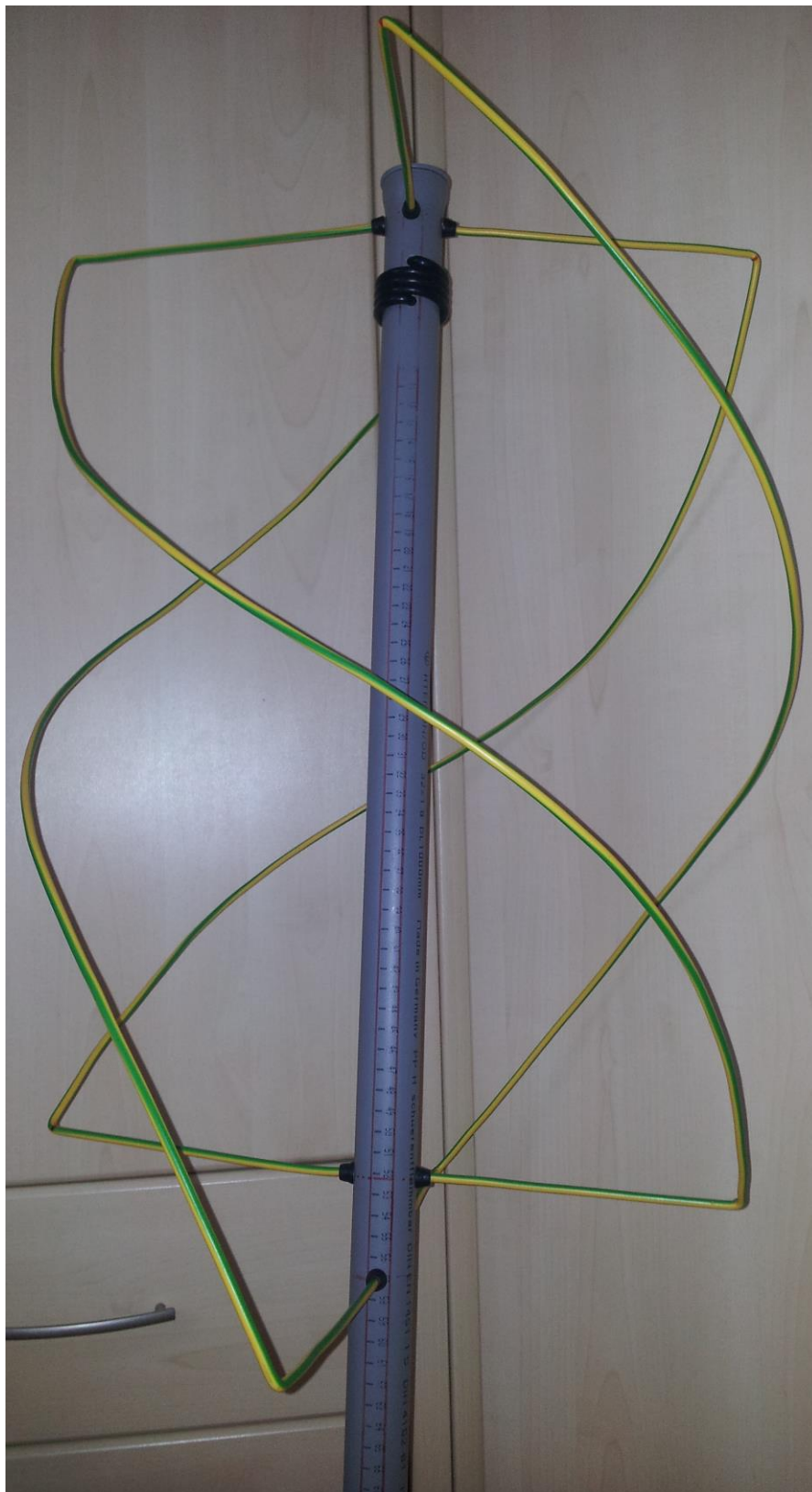
PRÍLOHA D

Zostrojený prijímač



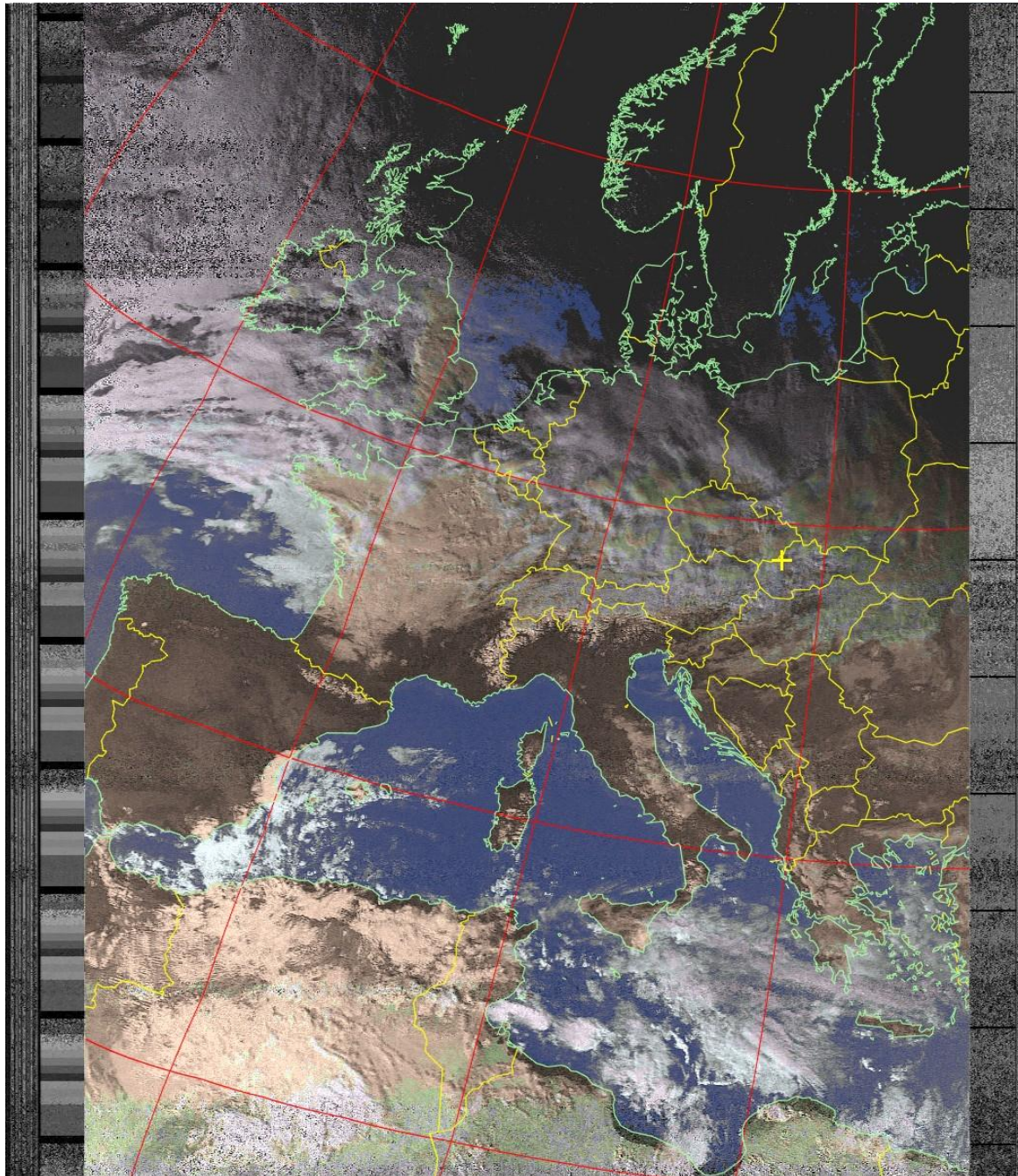
PRÍLOHA E

Zostrojená QFH anténa



PRÍLOHA F

Prijatý meteo snímok



PRÍLOHA G

Obsah CD

- Schéme a návrh dosky plošného spoja v programe EAGLE
- Zdrojový kód mikrokontroléra ATMEGA 8
- Vyrobená doska plošného spoja
- Zostrojený prijímač
- Vnútro zostrojeného prijímača
- Zostrojená QFH anténa
- Prijatý meteo snímok
- Zvuková vzorka prijatého signálu
- Elektronická verzia práce