

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – katedra aplikované fyziky a techniky

Studium záření na radiových vlnách

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Petr Jelínek, Ph.D.

Autor: Pavel Varnuška

Anotace

Předkládaná diplomová práce pojednává o amatérské radioastronomii. Práce obsahuje základní informace z oboru radioastronomie a části fyziky, která se zabývá elektromagnetickým zářením, a obsahuje také důležité informace o naší nejbližší hvězdě Slunci. Součástí práce je i popis radiového přijímače a antény, které slouží pro příjem radiového signálu ze Slunce. Je zde nastíněn postup výroby přijímače Radio JOVE a měření na tomto přijímači.

Abstract

This diploma thesis deals with the amateur radio astronomy. The work contains basic information from the field of radio astronomy and physics which deals with electromagnetic radiation. Also important information about our closest star, the Sun, are described. One of the main part of this thesis is a description of the radio receiver and antenna used to receive radio signal from the Sun. The following parts then described the production of Radio JOVE receiver and the measurements on the receiver.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci napsal samostatně a s použitím literatury uvedené v závěru práce.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové, a to v nezkrácené podobě archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Ve Strakonicih 30.4.2012

.....

Pavel Varnuška

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce RNDr. Petru Jelínkovi, Ph.D, za připomínky a pomoc při psaní této práce. Dále bych poděkoval doc. PaedDr. Petru Adámkovi, Ph.D, za cenné rady v oblasti elektroniky a Pavlu Fleissigovi za pomoc při ožívování přístroje a zapůjčení vybavení na testování.

V neposlední řadě musím poděkovat i své rodině a přátelům za pevné nervy a podporu při psaní.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel VARNUŠKA**
Osobní číslo: **P07899**
Studijní program: **M7503 Učitelství pro základní školy**
Studijní obory: **Učitelství fyziky pro 2. stupeň ZŠ**
Učitelství technické výchovy a výpočetní techniky pro 2. stupeň ZŠ
Název tématu: **Studium záření na rádiových vlnách**
Zadávací katedra: **Katedra fyziky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V rámci této práce student sestaví jednoduchý přijímač rádiových vln z těles sluneční soustavy, např. ze Slunce nebo Jupiteru. Zejména se práce bude zaměřovat na:

- Seznámení se s problematikou radioastronomických pozorování
- Sestavení vlastního přijímače podle návodu NASA
- Provedení základních měření rádiových vln

V případě úspěšného sestavení a měření s předchozím přijímačem se pak pokusí sestavit přijímač s parabolickou anténou a opět provede měření a provede srovnání s předchozími měřeními.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

cca 60-80 stran

Forma zpracování diplomové práce:

tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Aschwanden, M.: Physics of the solar corona. Springer, 2006.
2. Kippenhahn, R.: Odhalená tajemství Slunce. Mladá fronta, 1999.
3. Wilson, T.L., Rohlfs, K., Huttemeister, S.: Tools of Radio Astronomy. Springer, 2009.
4. Basics of Radio Astronomy,
<http://www2.jpl.nasa.gov/radioastronomy/>
5. NASA Radio JOVE Project, <http://radiojove.gsfc.nasa.gov/>

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. Petr Jelínek, Ph.D.

Ústav fyziky a biofyziky

Datum zadání diplomové práce:

13. prosince 2010

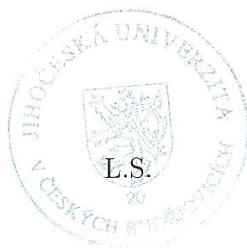
Termín odevzdání diplomové práce:

30. dubna 2012



Mgr. Michal Vančura, Ph.D.

děkan



prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 13. prosince 2010

Obsah

1. Úvod	8
2. Vznik radioastronomie	9
2.1 Radioastronomie	10
2.2 Pozorování v radiovém oboru spektra	10
3. Elektromagnetické záření	14
3.1 Záření kosmických objektů	15
3.1.1 Spojité záření tepelného původu	16
3.1.2 Záření netepelného původu	17
4. Slunce	19
4.1 Jádro Slunce	20
4.2 Vrstva v zářivé rovnováze	20
4.3 Konvektivní vrstva	21
4.4 Atmosféra Slunce	21
5. Radio JOVE	25
5.1 Anténa	26
5.2 RF pásmový filtr a předzesilovač	26
5.3 Místní oscilátor a směšovač	26
5.4 Nízkopropustný filtr	27
5.5 Zvukové zesilovače	27
5.6 Součástky použité při stavbě	28
5.7 Schéma zapojení	31
5.8 Plošný spoj	33
6. Postup stavby	36
6.1 Zapojení DPS	36
6.2 Anténa	38
6.3 Stavba antény	40
6.4 Testování a ladění Radio JOVE	42
6.5 Řešení problémů	43
7. Příjem signálu ze Slunce	45
7.1 Radio-SkyPipe	45
7.2 Audacity	45
7.3 Provedení měření	46
8. Užití ve výuce	49
8.1 Fyzika a Radio JOVE	49
8.2 Výpočetní technika a Radio JOVE	51
8.3 Technická výchova a Radio JOVE	52
9. Závěr	54
Literatura	55
Seznam obrázků	56
Seznam tabulek	57

1. Úvod

Pozorování vesmíru, respektive oblohy, začalo už v raném stádiu života člověka na Zemi. Už naši prapředci pozorovali oblohu a divili se, proč se Slunce, Měsíc a hvězdy pohybují. Kladli si otázky: Proč Slunce svítí? Proč se pohybuje po obloze? Proč je den a noc? Na tyto otázky odpovědět nedokázali, avšak s vývojem člověka se vyvíjela i věda, díky níž se odpovědi našli.

Do dnešní doby nalézáme staré observatoře na pozorování vesmíru po celém světě, což je důkazem, že člověku nebylo tak lhostejné nevědět co se kolem něj děje.

Tisíce let bylo jediným zdrojem pozorování vesmíru viditelné světlo. Zde ale nastal problém, pokud jsme chtěli pozorovat vzdálené objekty, protože ne každý pozemský dalekohled je schopen „vidět“ do takové dálky. Objevem rádiového záření se lidem otevřela úplně nová dimenze pro pozorování a zkoumání vesmíru.

Už v minulosti vznikala řada hypotéz o tom, jak Slunce funguje a co mu dává tu neskutečnou sílu, která je ukrytá v jeho nitru. Do dnešní doby nejsme schopni zodpovědět řadu otázek týkající se této hvězdy, která nám díky své síle dává život.

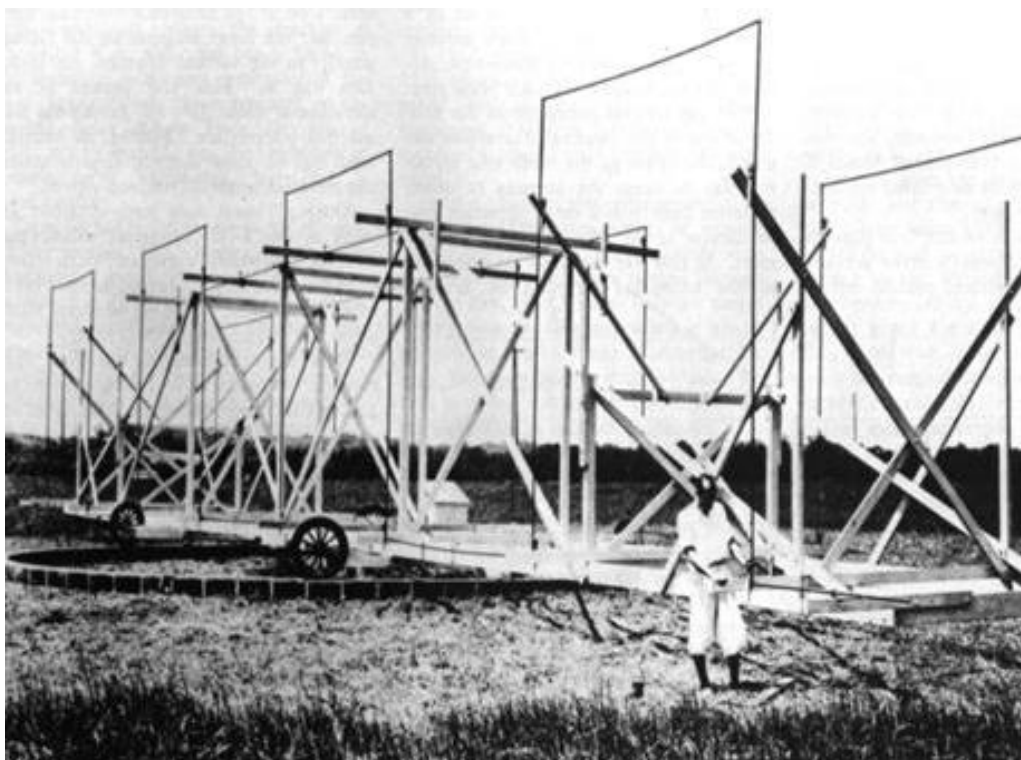
Jak bylo zmíněno výše, společně s člověkem se vyvíjela i věda a různé metody zkoumání vesmíru. Jednou z nejmladších je radioastronomie, která je hlavním tématem této práce.

2. Vznik radioastronomie

První počátky tohoto oboru mají české kořeny. V třicátých letech 20. století zkoumal radioinženýr Karl Jansky (Američan s českými kořeny) v laboratoři radiové záření, v kterém měl rozpoznat šumy. Při zkoumání narazil na řadu zdrojů šumu (blesky apod.), ale odhalil i takový šum, který sice nebyl tak výrazný, ale maximum tohoto šumu se opakovalo po jednom dni. I díky této skutečnosti usoudil, že tyto šumy musí pocházet z vesmíru a zjistil, že zdrojem tohoto záření je střed naší Galaxie. Tomuto jevu se nikdo dále nevěnoval, až do ukončení druhé světové války [1,10].

V meziválečném období se pro vojenské účely začali používat první radary a již tehdy si technici všimli podivných rušení signálu na radarech. V roce 1942 J. S. Hey správně usoudil, že toto rušení na metrových vlnách přichází od Slunce a v roce 1945 byl nalezen i přesný zdroj a tím byly velké sluneční skvrny. Nicméně tehdejší přístroje byly příliš málo výkonné na přesnější pozorování oblohy v rádiovém spektru, proto se k největšímu rozmachu dospělo až po 2. Světové válce. Teprve na konci 50 let byl k dispozici první katalog rádiových zdrojů [23].

Na obrázku 1 je vidět soubor antén Karla Janskyho, které využíval pro zkoumání radiového záření.



Obrázek 1 - Anténa Karla Janskyho pro příjem radiového signálu, převzato a upraveno z [13]

2.1 Radioastronomie

Radioastronomie je moderní obor zkoumání vesmíru pomocí rádiových vln (10 cm – 100 km). Pro zkoumání vesmíru radiovým signálem využíváme dvou metod výzkumu.

První metoda je založená na principu příjmu rádiových vln z vesmíru, díky které studujeme i vzdálenější objekty ve vesmíru a nemusíme se soustředit jen na sluneční soustavu. Můžeme vidět záření z mlhovin, vzdálených galaxií apod. Této metodě říkáme pasivní radioastronomie [1,7].

Druhá metoda zkoumá vesmír opačným principem. Pomocí výkoných zdrojů vyšle radar radiový signál k objektu, kde se signál odrazí a následně vrací zpět do radaru. Tento odražený signál se následně vyhodnocuje a studuje. Tato metoda se nazývá aktivní radioastronomie a především se využívá na zkoumání sluneční soustavy, blízkých planet, meteorů apod. Od šedesátých let 20. století není astronomie jen záležitostí pozemského pozorování. Díky vývoji, který nastal v oblasti elektroniky a vesmírného inženýrství, se začaly využívat pro zkoumání i družice a kosmické sondy, které putují vesmírem a posílají na Zem informace ze vzdálených koutů vesmíru. Tento fakt přispěl k tomu, že se naše rozhledy v této oblasti prudce zvýšily. Od této doby můžeme radioastronomii dělit i na pozemskou a kosmickou [1,7,21].

Pro zkoumání vesmíru využíváme řadu přístrojů, hlavně radioteleskopy, spektrografy, radary a radiové interferometry [1,21].

2.2 Pozorování v radiovém oboru spektra

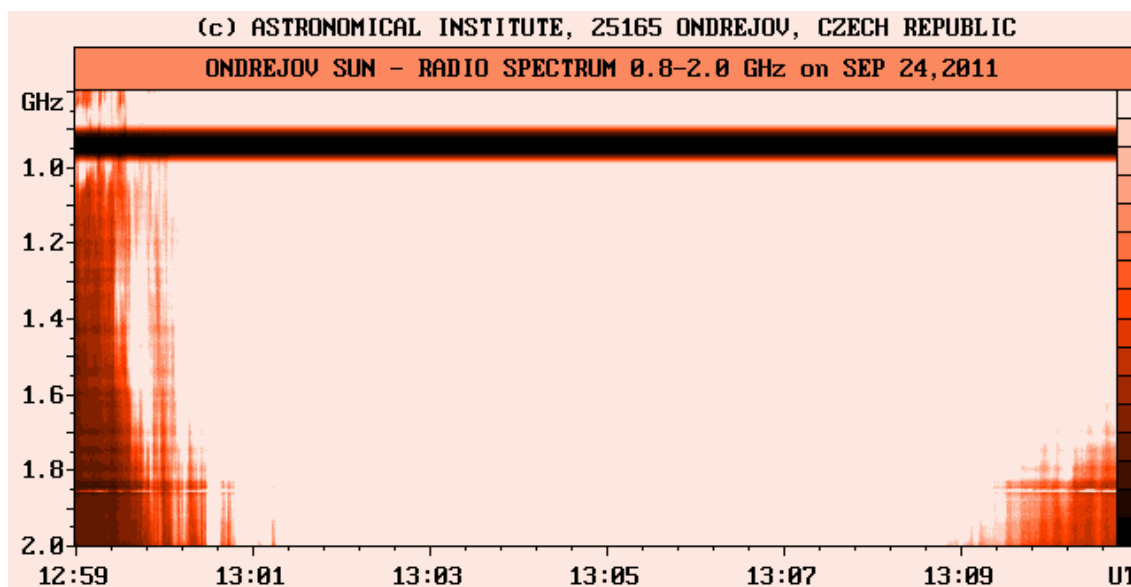
Pro pozorování v radiovém oboru spektra využíváme radiové observatoře, což je souhrn budov a antén, které obsahují řadu přístrojů pro zkoumání vesmíru. V největší míře se využívá velkých parabolických antén, které přijímají signál ze vzdálených objektů. Signál se odrazí do přijmače, který je na anténě umístěný, a dochází k následnému vyhodnocení a zpracování pomocí počítačů a řady programů.

Krom parabolických antén se využívají i obyčejné antény, které mají velké rozměry a v neposlední míře můžeme využít i obyčejného drátu, který je zavěšený v určité vzdálenosti na sloupech ze dřeva nebo plastu.

Rozměry těchto antén i parabol jsou velké z důvodu, že radiový signál je dlouhovlnný a jeho vlnová délka je od několika milimetrů až po stovky metrů.

V důsledku této vlnové délky je i amplituda velká a musí dojít k „zachycení“ celého signálu.

Aby se zvýšila efektivita těchto observatoří, využíváme možnosti, kde jsou zapojeny řady antén najednou a jejich signál je sveden do jedné kontrolní místnosti, kde dochází ke zpracování údajů ze všech parabol nebo antén a následného vyhodnocení.



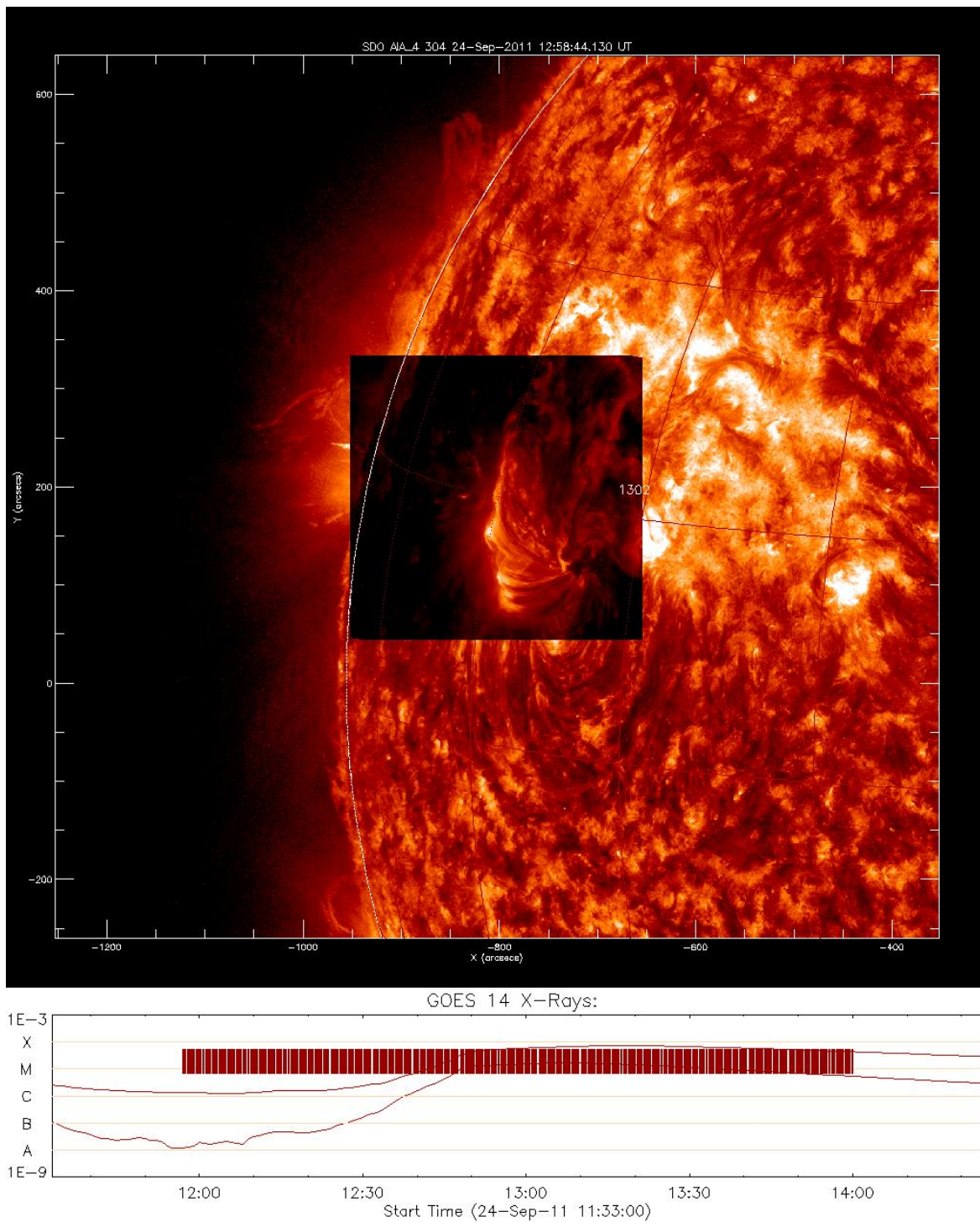
Obrázek 2 – Radiové pozorování na RT5 v AU AV ČR v Ondřejově, převzato a upraveno z [19]

V České republice jsou v Astronomickém ústavu Akademie věd ČR v Ondřejově umístěny čtyři radioteleskopy, z nichž dnes fungují jen tři, které neustále pozorují Slunce v radiovém oboru. Na obrázku 2 je zobrazeno pozorování z teleskopu v Ondřejově ze dne 24.9.2011, na kterém je vidět sluneční aktivita v radiové oblasti. Z obrázku je zřejmé, že v tomto období Slunce vyzařovalo radiový signál, který byl zaznamenán radioteleskopem RT 5 v Ondřejově s rozsahem měření 0,8 GHz – 2 GHz.

Pro porovnání je vložen obrázek z družice SDO (Solar Dynamic Observatory), kterou spravuje NASA. Snímek je pořízen ve stejné době jako měření na radioteleskopu RT5 v Ondřejově. Obrázek 3 tedy zobrazuje aktivní oblasti Slunce, na kterých došlo k erupci.

Nejnovějším projektem mezi radioobservatořemi na Zemi je projekt ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), kterého se účastní i Česká republika v zastoupení Astronomického ústavu akademie věd ČR v Ondřejově. Tento projekt čítá 66 parabolických antén, které jsou rozmístěné v náhorní plošině Chajnantor v Chile

v nadmořské výšce 5000 m nad mořem. Pro představu jak celý projekt bude v konečné fázi dostavby vypadat, přikládám obrázek 4, kde je znázorněný počítačový model výsledku stavby.



Obrázek 3 – Snímek z družice SDO ze dne 24.9.2011, převzato a upraveno z [12]



Obrázek 4 – Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) počítačový model, převzato a upraveno z [22]

3. Elektromagnetické záření

Každá látka ve vesmíru se skládá z atomů. Atom je základní stavební jednotkou prvků a skládá se z obalu a jádra, ve kterém jsou elektricky nabitě kladné protony a neutrální neutrony. Obal je tvořen záporně nabitými elektrony.

Proton a elektron jsou elementární částice, které mají ve svém okolí elektrickou sílu, která napomáhá soudržnosti atomu. Pokud jsou tyto částice v klidu, tak v okolí protonu a elektronu je elektrostatické pole, pokud se ale tyto částice pohybují, tak v jejich okolí vznikne nová síla, které říkáme magnetická. Z toho tedy můžeme snadno usoudit, že magnetická síla je v podstatě jen elektrické pole částic v pohybu [2].

V atomární struktuře může nastat situace, kdy elektron excitovaný na vyšší energetickou hladinu se vrací na hladinu nižší a přebytečná energie se vyzáří ve formě fotonu. Foton je opět elementární částice, o které nevíme, jaký má tvar a jakou má velikost. Pro zjednodušení si ho představíme jako malou kuličku plnou energie, která se pohybuje rychlostí světla, která je ve vakuu 300 000 kilometrů za sekundu [2].

Tato rychlost se všude označuje malým písmenem c a ve vakuu je největší. Jakmile dojde k přechodu do jiného prostředí, tak se tato rychlost zmenšuje, popřípadě dochází k odklonění paprsku a nastává lom. Z této informace můžeme velmi snadno odvodit, že se fotony pohybují různou rychlostí v různých materiálech, tedy v různé látce.

Další důležitou veličinou krom rychlosti světla je kmitočet. Hlavní informací je, že kmitočet fotonů je rozdílný. Tento kmitočet se značí řeckým písmenem ν . Pokud si vezmeme elektromagnetické spektrum, tak zjistíme, že foton ultrafialového světla se pohybuje, respektive kmitá dvakrát rychleji než foton červeného světla [2].

V neposlední řadě zde musíme zmínit poslední důležitou veličinu v oblasti elektromagnetického záření a tou je vlnová délka λ . Tato délka vyjadřuje vzdálenost mezi kmitem signálu. Základní jednotkou této veličiny podle soustavy SI je délková vzdálenost metr a jeho násobky. V astrofyzice a spektrometrii se můžeme setkat s jednotkou odlišnou a tou je Angström, kdy jeden Angström (značíme Å) je 10^{-10} m [3].

Mezi všemi těmito veličinami existuje všeobecně známý vztah:

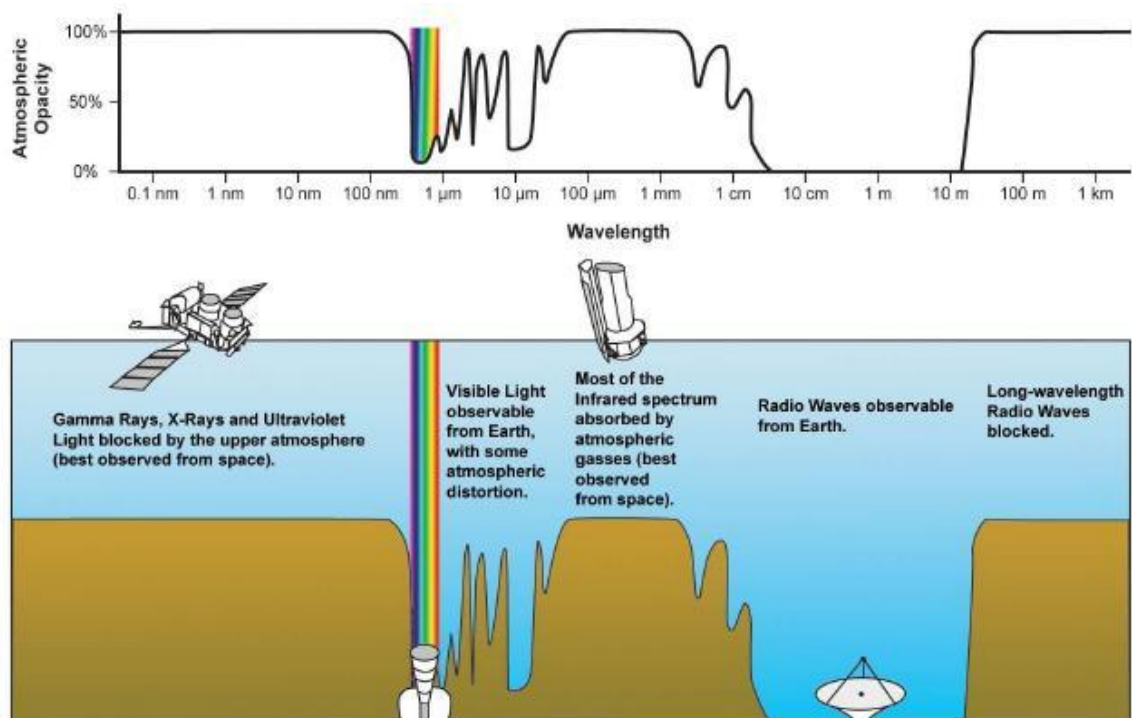
$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

3.1 Záření kosmických objektů

V minulosti se vesmír zkoumal pouze studiem viditelného spektra záření. Dnes už ale víme, že nemáme jen viditelné spektrum, ale vesmír můžeme zkoumat i podle jiných druhů záření než je viditelné světlo.

Veškeré informace, které se k naší Zemi dostanou z kosmického prostoru, mají různý charakter vzniku a také různou intenzitu. To co vždy astronomy zajímá, je směr odkud záření přichází (poloha tělesa), tok tohoto záření nebo jasnost objektů, vlastnosti záření i polarizace [3].

Na obrázku 5 vidíme, jak naše atmosféra propouští různé druhy záření. Nejvíce naší atmosférou projde viditelné spektrum a rádiový signál. Další druhy záření neprojdou naší atmosférou nebo projdou jen částečně – jsou buď odražena nebo pohlcena. Průchodem záření atmosférou dochází k poklesu původní intenzity záření. Mezi tyto paprsky patří dlouhovlnné radiové záření, infračervené a ultrafialové záření, gamma záření a roentgenovy paprsky. Na zemském povrchu je největší intenzita rádiového záření a viditelného spektra, proto nejvíce využíváme dalekohledů a radioteleskopů pro výzkum vesmíru.



Obrázek 5 – Propustnost atmosféry pro různé druhy záření, převzato a upraveno z [20]

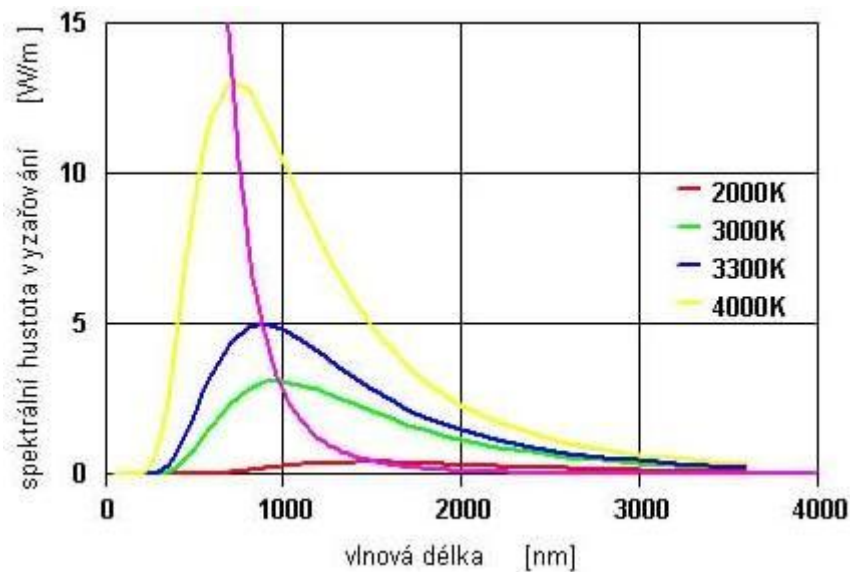
3.1.1 Spojité záření tepelného původu

Každé těleso ve vesmíru, ale i na Zemi, vysílá do svého okolí záření, které je závislé na jeho teplotě. Na tomto principu jsou založeny infračervené kamery, které dokážou podle rozdílů teplot mezi okolím a tělesem vytvořit obraz daného tělesa [3].

Záření tepelného původu těles ovlivňuje schopnost tělesa záření jak vyzařovat tak i pohlcovat nebo odrážet. Abychom byli schopni tento popis akceptovat, tak si zavádíme pojem absolutně černé těleso, které je ideálním případem, protože dokáže beze zbytku pohlcovat, ale i vyzařovat záření na všech vlnových délkách [3,8].

Toto těleso dokáže pohltit veškerou energii, která na toto těleso dopadne, a tudíž nedochází k odrazu záření. Těleso se za nízkých teplot jeví jako černé [8].

Na obrázku 6 vidíme jakou intenzitu záření je schopno vyzařit těleso při dané teplotě. Je zde zřejmé, že čím vyšší teplota je, tak tím narůstá i intenzita záření.



Obrázek 6 – Záření černého tělesa, převzato a upraveno z [15]

Intenzitu záření absolutně černého tělesa můžeme vypočítat podle známého Stefan-Boltzmannova vyzařovacího zákona:

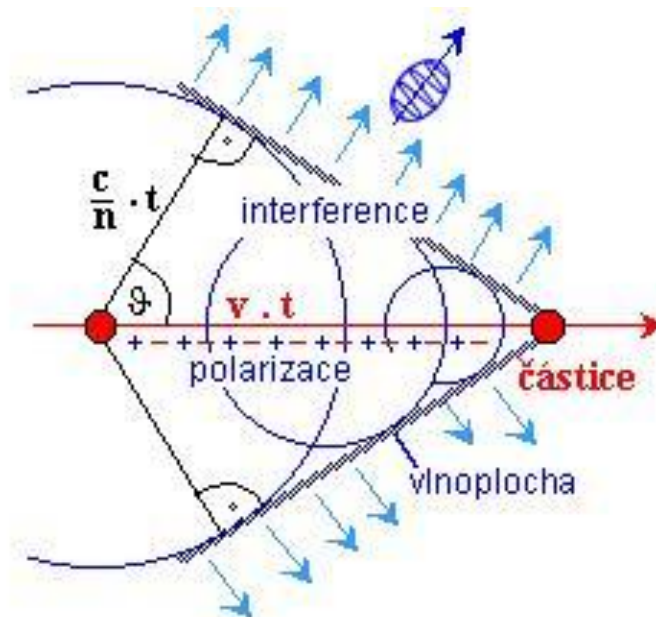
$$B(T) = \int_0^{\infty} B_{\nu}(T) d\nu = \frac{2h}{c^2} \left(\frac{kT}{h} \right)^4 \int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{2h}{c^2} \left(\frac{kT}{h} \right)^4 \frac{\pi^4}{15} = \frac{2\pi^4 k^4}{15c^2 h^3} T^4 \quad (2)$$

pohledem na tento vzorec jasně vidíme, že intenzita záření tělesa se zvětšuje se čtvrtou mocninou termodynamické teploty tělesa.

3.1.2 Záření netepelného původu

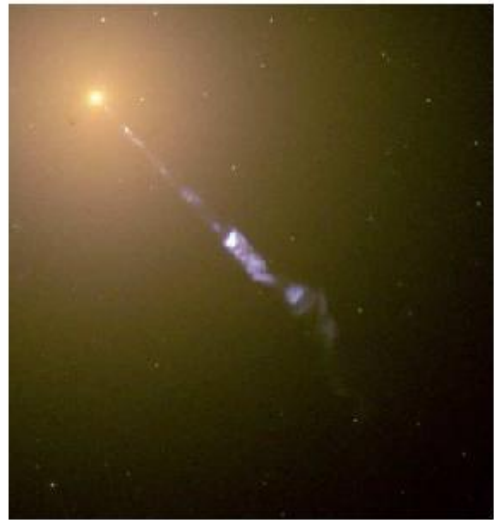
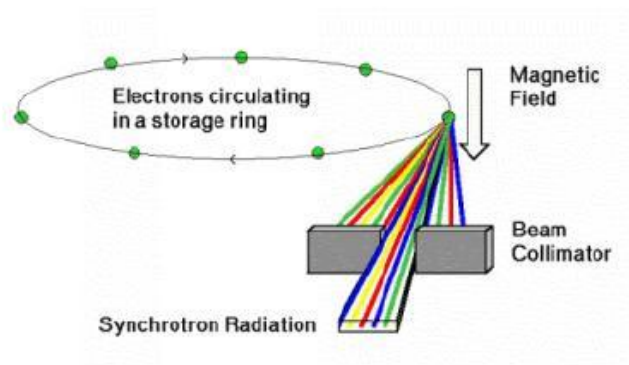
Ve vesmíru nedochází pouze k záření tepelného původu, ale objevuje se zde i záření netepelného původu. Mezi tyto druhy záření patří např. Čerenkovovo záření nebo synchrotronní záření [3].

Čerenkovovo záření vzniká, pokud se velmi rychlý elektron dostane do prostředí s vyšším indexem lomu (jako příklad poslouží naše atmosféra). V prostředích, kde je index lomu větší, dochází ke zpomalování elektronu a tento průlet z jednoho prostředí do druhého vyvolá jev, který je podobný rázovým vlnám. Pokud toto nastane, tak čelo elektromagnetické vlny, které je před rychlým elektronem a šíří se rychleji než světlo v daném prostředí, získá tvar kužele s vrcholovým úhlem, který je větší v závislosti na rychlosti elektronu a indexu lomu prostředí, toto je vidět na obrázku 7. Energie, kterou elektron vyzáří je úměrná druhé mocnině součinu indexu lomu a rychlosti pohybujícího se elektronu [3].



Obrázek 7 – Čerenkovo záření, převzato a upraveno z [16]

Synchrotronní záření je ve vesmíru nejvýznamnějším netepelným zářením. Toto záření je vyvolané relativistickými elektrony (elektrony pohybující se rychlostí blízké rychlosti světla), která krouží v magnetickém poli. Záření je polarizované a rovina, kde leží elektrický vektor vysílaného záření, je vždy kolmá na magnetické pole, respektive na vektor tohoto pole. Toto záření je nejdůležitějším zářením v radioastronomickém oboru spektra. Vznik tohoto záření a snímek přímo z kosmu, jak toto záření vypadá je zobrazen na obrázku 8. Díky tomuto záření jsme schopni zaregistrovat erupce na Slunci, supernovy apod [3].



Obrázek 8 – Vlevo je znázorněný vznik synchrotronového záření a vpravo snímek z vesmíru, převzato a upraveno z [17]

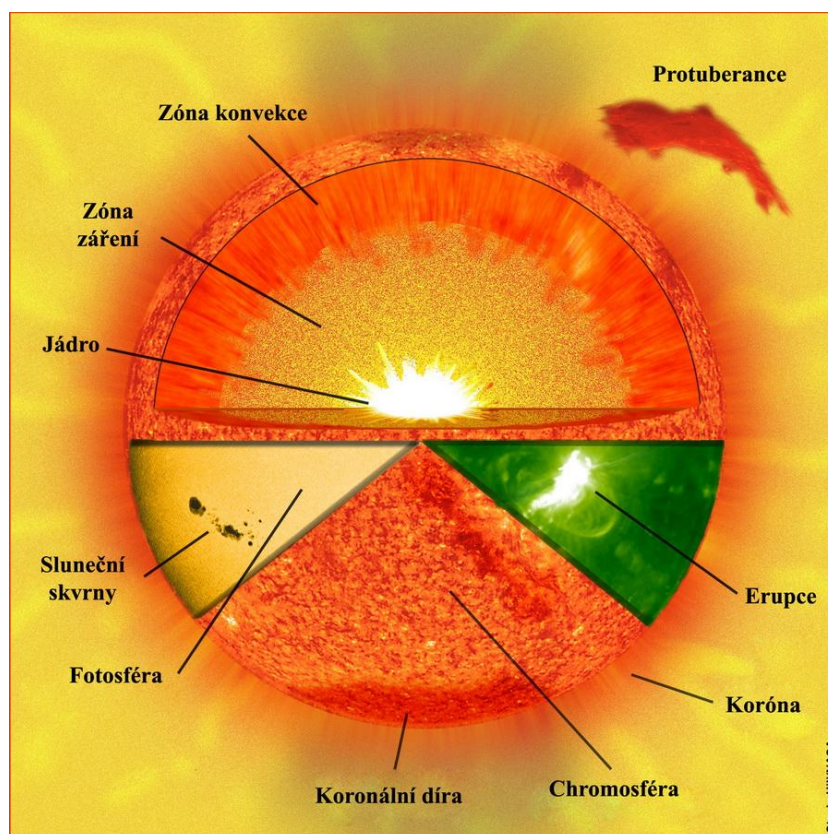
4. Slunce

Řada vesmírných těles vyzařuje do svého okolí záření tepelného i netepelného původu. Pro nás je nejdůležitějším tělesem naší sluneční soustavy Slunce. Naše nejbližší hvězda je přirovnávána k absolutně černému tělesu. Slunce vyzařuje do svého okolí celé spektrum záření, a tudíž jsme na Zemi schopni ho různě detekovat, popřípadě můžeme využít družice a sondy umístěné mimo naši planetu. Jen viditelné světlo, které ze Slunce letí k nám, dosáhne naší planety přibližně za 8 minut a 20 sekund.

Díky blízkosti této hvězdy můžeme velice přesně přijímat i radiové záření, které do svého prostoru vysílá.

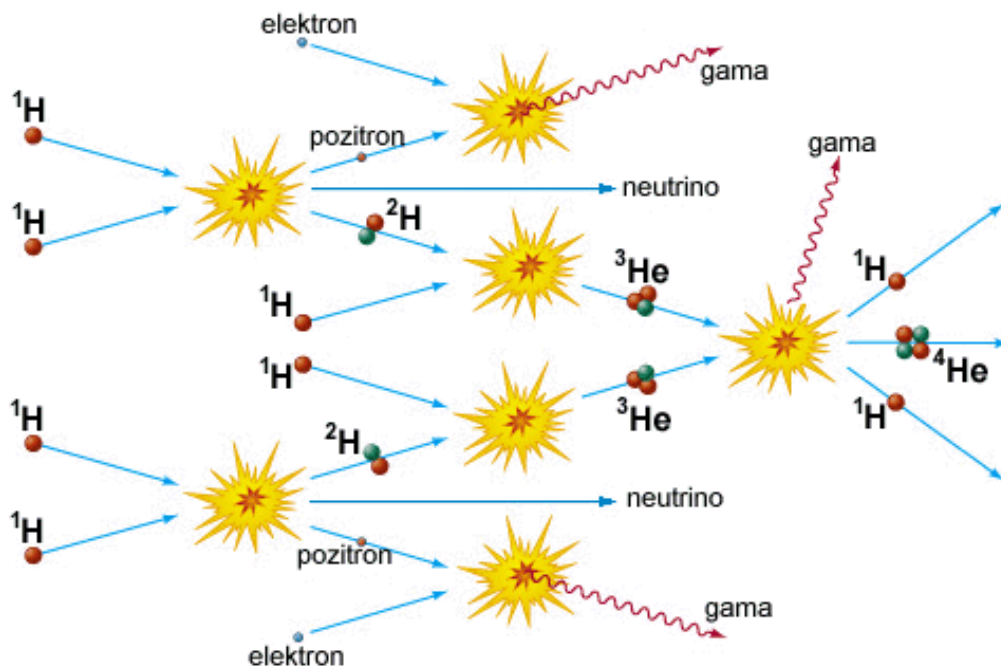
4.1 Jádro Slunce

Slunce se považuje za středně velikou hvězdu. Jako každá hvězda, planeta i jiné objekty ve vesmíru se skládá z určitých částí. Obrázek 9 představuje stavbu Slunce, ale zároveň znázorňuje stavbu hvězd podobné velikosti jakou má Slunce.



Obrázek 9 – Stavba Slunce, převzato a upraveno z [9]

V nitru hvězdy je jádro, jehož rozměry jsou přibližně 25 % poloměru Slunce (poloměr je 695 990 km). V jádře je vysoká teplota a tlak (15×10^6 K, 2×10^7 GPa), které jsou hlavní podmínkou pro termonukleární reakce, které jsou zdrojem energie hvězdy. Termonukleární reakce (termojaderná fúze) je proces přeměny jader vodíku na helium. Na obrázku 10 je znázorněn přesný proces přeměny jader vodíku na helium v nitru Slunce a vznik záření [9,11].



Obrázek 10 – Termonukleární reakce v nitru Slunce, převzato a upraveno z [11]

4.2 Vrstva v zářivé rovnováze

Tato vrstva Slunce (i jiné hvězdy) navazuje na jádro a končí ve vzdálenosti přibližně 500 000 km. Jádro vyzáří do své okolí záření s energií odpovídající přibližně RTG záření, které vstupuje do této zóny. Teplota, která se zde vyskytuje, je řádově v milionech kelvinů, naproti tomu hustota je zde jen o něco málo větší než hustota vody na Zemi (přibližně 1400 kg.m^{-3}). Plazma, která se zde nachází, je složeno z lehkých plynů (He, H) a tyto plyny jsou zcela ionizovány [9].

Zóna záření bývá také nazývána zónou rovnováhy, protože při přenosu energie zde nastane stav, nazývaný energetická rovnováha. Jedná se o situaci, kdy veškerá energie vstupující do zóny záření je téměř shodná s energií, která z této zóny vystupuje do další části, kterou je konvektivní vrstva [1,9].

Tato rovnováha platí pouze pro celkovou energii záření, ale neplatí pro energii fotonů RTG záření, které při vyzařování nebo polhcování zmenšují svoji energii, ale také svou energii rozdělí na více fotonů o nižší energii. Díky tomu můžeme říci, že z energie jednoho fotonu RTG záření vznikne přibližně 25 000 fotonů s energií viditelného záření [9].

4.3 Konvektivní vrstva

Konvektivní vrstva je místo, kde již nedochází k ionizaci plynu a je zde nižší teplota. Konvekce je z fyzikálního hlediska proces přenosu energie kapalin a plynů (tekutin). Můžeme si to představit jako proces varu, kdy horká voda stoupá ze dna nádoby k povrchu kapaliny a studená naopak klesá ke dnu, protože je těžší. Toto je přímý důsledek Archimédova zákona. Přesně ke stejné situaci dochází na Slunci v této zóně. Horké plazma stoupá k horní hranici konvekce (viditelný povrch Slunce – fotosféra) a studené plazma z povrchu klesá na jeho místo [1,9].

4.4 Atmosféra Slunce

Stejně jako atmosféra planety Země je složena z určitých částí, tak i atmosféra Slunce má své části. Slunce nemá žádný pevný povrch, od kterého bychom mohli měřit výšku, čili definovat hranice. Pro určování tloušťky atmosféry se zavádí veličina optická hloubka, která udává kolik světla bylo pohlceno, a to odpovídá optické tloušťce. Atmosféra naší nejbližší hvězdy začíná přibližně 300 kilometrů pod vnějším okrajem fotosféry [9].

Fotosféra je místo, které zhruba odděluje jádro od vnějších částí Slunce. Z fotosféry do kosmického prostoru uniká téměř 98 % všech fotonů vyzářených Sluncem. Tloušťka této spodní vrstvy atmosféry je udávána mezi 300-400 km a jedná se o nejsvrchnější vrstvu konvektivní vrstvy. V této dochází tedy k pohybu plazmatu a to vytváří povrchu Slunce zrnitou strukturu a vzhled, kterou nazýváme granulace [1,4].

Granulace není ve všech místech stejná, což způsobují stoupající a klesající žhavé (5 800 °C) „chuchvalce“ plynu. Světlé respektive jasnější granule jsou způsobeny vzestupnými vrcholky proudů plynů a tmavší naopak sestupnými. Rozměry těchto granulí se mění stejně, jak se mění množství stoupajícího či klesajícího plazmatu a jejich rozměr jsou 300 – 1800 kilometrů. Vlivem vzniku granulí může na povrchu Slunce vzniknout i jev zvaný sluneční skvrna. Skvrny mají nižší teplotu a tlak.

Tyto skvrny se důsledkem rozdílných teplot s fotosférou, jeví jako tmavé. Dodnes se přesně neví, jak tyto skvrny vznikají, ale nejčastěji se vědci přiklánějí k názoru, že je způsobuje velmi silné magnetické pole [4].

Ve fotosféře se můžeme i potkat s tzv. fakulemi. Fakule je jasnější oblast, která lze rozeznat i s pomocí drobných dalekohledů, a teplota fakulí je vyšší než je okolní teplota [4].

V nejvyšší části fotosféry se začíná rozprostírat střední vrstva atmosféry Slunce zvaná chromosféra. Tuto oblast nejlépe vidíme při zatmění Slunce jako červený okraj disku. Chromosféra má proti fotosféře výrazně vyšší mocnost, která je 10000 – 12000 km, což zhruba odpovídá průměru naší planety. Protože hustota chromosféry je nižší, čili je i průhlednější, tak dochází k přezáření chromosféry fotosférou. Se stoupající výškou dochází ke snížení hustoty plynu, ale zároveň zvýšení teploty až na 2×10^4 K [4,5].

Stejně jako ve fotosféře se v této vrstvě můžeme setkat s různými jevy. Jedním z nich je jev zvaný spikule (latinsky klásky). Spikule je výtrysk plynu do koróny. Tyto výtrysky dosahují výšky 10000 – 15000 km s průměrem až 1000 km a pohybuující se rychlostí kolem $30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ [4].

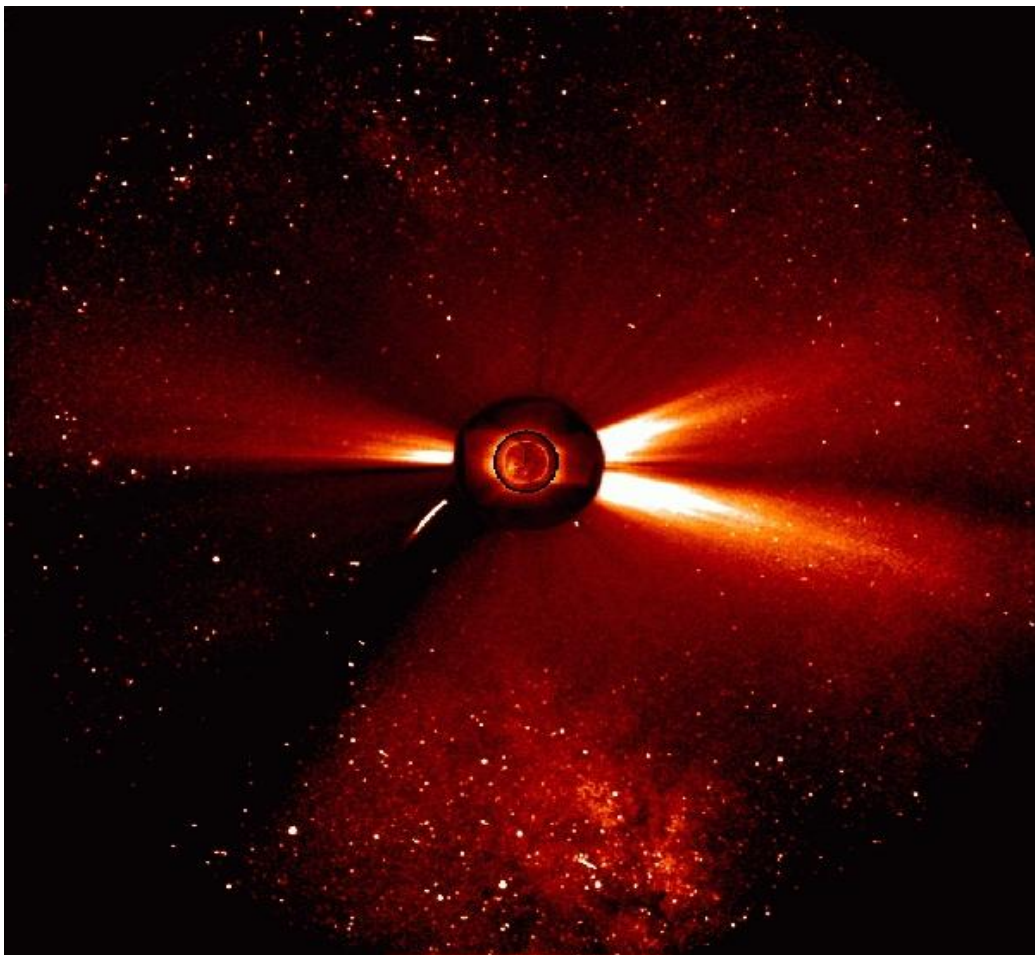
Poslední vrstvou Slunce je koróna, která svojí velikostí zasahuje až do meziplanetárního prostoru. V minulosti jsme byli schopni pozorovat optické záření koróny pouze při zatmění Slunce (úplném zatmění), v dnešní době ale máme spoustu přístrojů, díky kterým jsme schopni toto záření pozorovat nepřetržitě. Jedná se hlavně o koronografy, které mají v ohnisku objektivu umístěnu clonu. Tato clona nám uměle nahrazuje zatmění Slunce a brání tedy průchodu světla z fotosféry, respektive toto světlo odstiňuje. Ze Země je bohužel toto pozorování není kvalitní, a proto jsou v meziplanetárním prostoru umístěné družice, které pozorují Slunce každým okamžikem. Jsou to družice SOHO (SOlar and Heliospheric Observatory) a družice SDO (SOlar Dynamic Observatory) [4,6].

Na obrázku 11 je vidět snímek z družice SOHO z roku 1996, kde je vidět i výtrysk plazmatu do meziplanetárního prostoru (sluneční vítr).

Při zatmění Slunce koróna vypadá pouze jako malý věneček, který lemují Měsíc. Vzhled koróny není vždy stejný a pravidelně se mění. Tato změna se dává do spojitosti s jedenáctiletým cyklem slunečních skvrn. Tento cyklus značí zvýšený výskyt slunečních skvrn, který je v době slunečního maxima (rok 2012 je dalším rokem

slunečního maxima). V době maxima se tedy korona zdá být kulatá a v době minima je tvar protáhlý [4,5,6].

Teplota koróny je výrazně vyšší než teploty předchozích částí atmosféry. Teplota se zde pohybuje až k dvěma milionům stupňů. Zde se setkáváme se zvláštností Slunce. Podle zákonů termodynamiky se s vzdáleností od zdroje tepla klesá teplota, což si můžeme jednoduše dokázat nad zapálenou svíčkou. Pokud dáme ruku blízko nad plamen svíčky, tak se pravděpodobně spálíme, pokud ale budeme vzdálenost zvyšovat, tak teplota bude klesat. Toto však v koróně neplatí. V choromorfé je teplota 2×10^4 K, ale v koróně je teplota až 2×10^6 K. Dodnes astronomové neví, čím je tato „anomálie“ způsobená, ale povedlo se jim objevit v koróně tzv. koronální díry a magnetické smyčky, které mají podle jejich mínění s tímto extrémním zahříváním spojitost [4].



Obrázek 11 – Koróna Slunce při expanzi slunečního větru, převzato a upraveno z [11]

V atmosféře Slunce se často setkáváme s protuberancemi. Protuberance je jedním z dalších projevů sluneční aktivity. Jedná se o výbuchy plynu, které jsou na okraji slunečního disku. Slovo protuberance je z latinských slov *pro*, což znamená jakoby a *tuber* tj. hrb nebo koule. Tento projev sluneční aktivity skutečně tvar hrbu nebo koule má. Tyto exploze mají rozměry přes 100 000 km a při zatmění je můžeme pozorovat jako jasné obloučky [4].

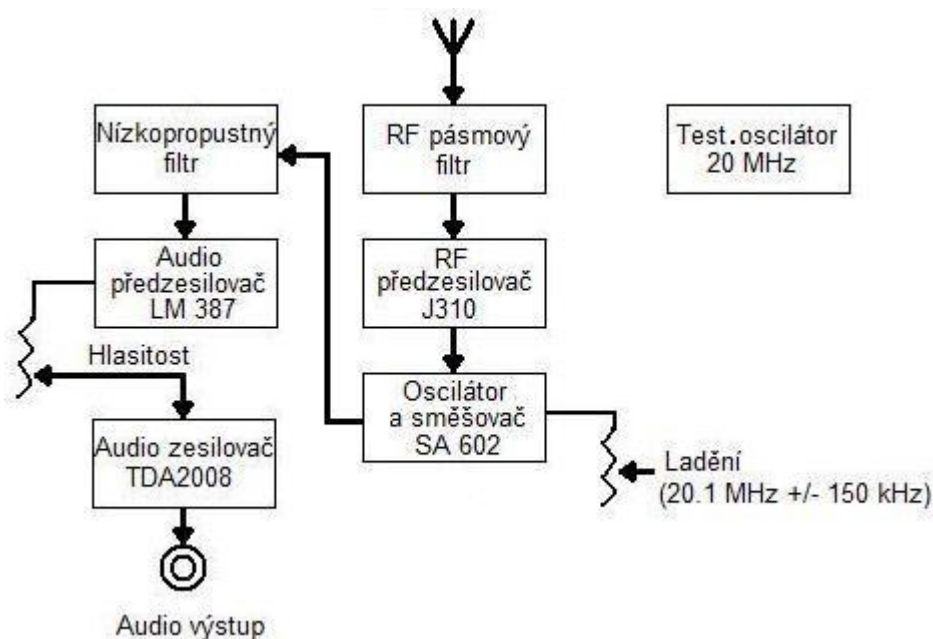
5. Radio JOVE

Praktická část je přeložena z amerického originálu nalezeného na NASA Radio Jove Project [14], a doplněna o mé vlastní zkušenosti při stavbě tohoto přijímače.

Radio JOVE je krátkovlnný přijímač, který přijímá radiové signály ze Slunce a Jupitera. V mé práci se budu zaměřovat pouze na příjem signálu ze Slunce.

Tento přijímač se skládá z více než 100 elektronických součástek a různých částí. Výroba vyžadovala práci s malými, křehkými elektronickými součástkami, které jsou přiletovány na desku plošných spojů (dále DPS), kterou jsem si sám navrhl a upravil.

Signály ze Slunce jsou slabé, tudíž produkují na svorkách antény přijímače napětí od velikosti kolem 10^{-6} V. Tyto slabé radio frekvenční (RF) signály musí být přijímačem zesíleny a přeměněny na audio signál dostatečné síly, který jsme následně schopni detekovat sluchem pomocí sluchátek či reproduktorů. Přijímač slouží nejenom jako zesilovač, ale také jako úzkopásmový filtr vyladěný na specifickou frekvenci Slunce, který zároveň ve stejnou dobu blokuje silné pozemské kanály/stanice na ostatních frekvencích. Přijímač a jeho doprovodná anténa jsou navrženy tak, aby fungovaly v úzkém rozsahu krátkovlnných frekvencí koncentrovaných na 20,1 MHz. Tento rozsah je optimální pro zachycení signálů ze Slunce. Blokové schéma přístroje je zobrazeno na obrázku 12.



Obrázek 12 – Blokové schéma zapojení celého přijímače, převzato a upraveno z [14].

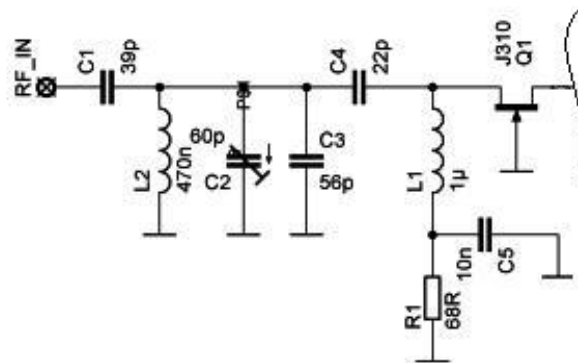
5.1 Anténa

Anténa zachycuje slabé elektromagnetické vlny, které urazily vzdálenost okolo 150 milionů kilometrů (1 AU) ze Slunce na Zemi. Když tyto elektromagnetické vlny dopadnou na drátovou anténu, tak na koncích antény vznikne velice slabé napětí. Signály z antény jsou přenášeny na anténní svorky přijímače koaxiálním vedením. Anténou se budu dále zabývat v části stavba radio JOVE.

5.2 RF pásmový filtr a předzesilovač

Signály z antény jsou filtrovány, aby došlo k odstranění silného mimopásmového rušení a následně zesíleny pomocí tranzistoru JFET (Junction Field Effect Transistor), to je vidět na obrázku 13. Obrázek je výřezem ze schématu celého obvodu.

Tranzistor J310 a jeho spojené obvody poskytují další filtrování a zesilují příchozí signály o faktor 10. Vstupní přijímač je navržen tak, aby efektivně přenášel energii z antény do přijímače, zatímco vyvíjí minimální rušení v přijímači samotném.



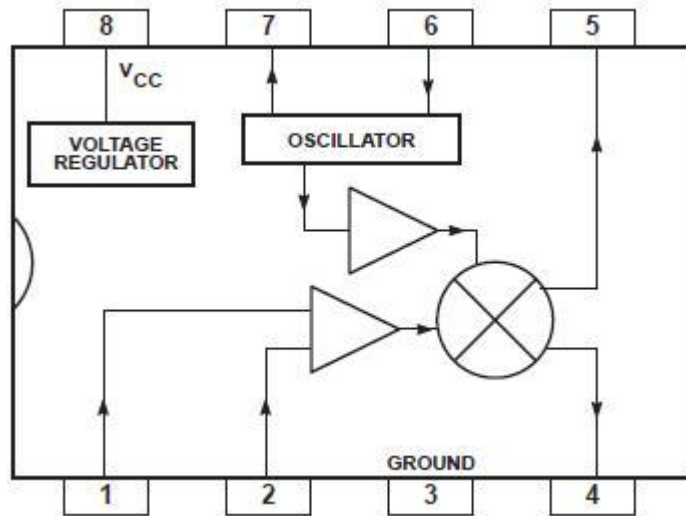
Obrázek 13 – RF pásmový filtr a předzesilovač Radio JOVE, vlastní zdroj autora.

5.3 Místní oscilátor a směšovač

Místní oscilátor (LO) a směšovač plní důležitý úkol přeměny/změny/konverze požadovaných RF signálů na rozsah zvukových frekvencí. LO generuje vlny sinusového tvaru o frekvenci kolem 20,1 MHz. Přesná frekvence je nastavena na předním ovládacím panelu. Zesílený RF signál z antény a LO frekvence jsou přiváděny do směšovače. Ve směšovači vzniká nový signál, který je aritmetickým rozdílem mezi LO a vstupní frekvencí signálu. Předpokládejme tedy, že požadovaný signál je na 20,101 MHz a LO je naladěna na 20,100 MHz, rozdíl těchto frekvencí je

tedy $20,101 - 20,100 = 0,001$ MHz, což je audio frekvence slyšitelného pásma 1 KHz. Kdyby signál byl 20,110 MHz, byl by tedy signál přeměněn na frekvenci 10KHz.

Tento oscilátor a směšovač je tvořen jedním integrovaným obvodem SA 602, který je schématicky znázorněn na obrázku 14.



Obrázek 14 – Blokové schéma SA 602, převzato a upraveno z [18].

5.4 Nízkopropustný filtr

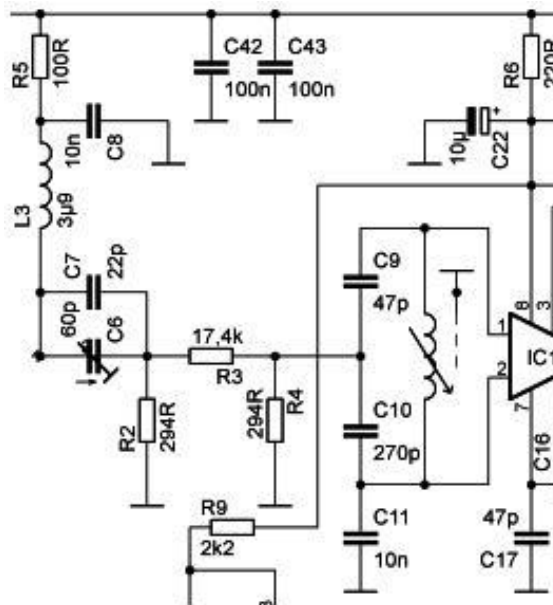
K eliminování rušivých kanálů/stanic v okolí frekvencí používáme filtr, který se dá představit jako okno široké několik kHz, jímž mohou projít signály ze Slunce. Když zachytáváme signály ze Slunce, je Radio JOVE naladěno tak, aby našlo „čistý kanál“. Frekvence více vzdálené od střední frekvence mohou obsahovat rušivé signály a tyto vyšší frekvence musí být odstraněny. Toto je účel nízkopropustného filtru, který následuje po směšovači. Propouští tedy nízké frekvence až do 3,5 kHz a tlumí vyšší frekvence.

Tento filtr nalezneme v našem obvodu těsně za LED diodou a před vstupem do prvního integrovaného obvodu, jak je vidět na obrázku 15. Jedná se opět o výřez ze schématu obvodu Radio JOVE.

5.5 Zvukové zesilovače

Zvukové zesilovače následují po nízkopropustném filtru a jejich účelem je dostatečně zesílit velmi slabý audio signál ze směšovače, tak abychom byli schopni detekovat signál pomocí sluchátek a reproduktorů. V původním návrhu amerických autorů se využilo nízkofrekvenčního zesilovače LM 387 (byly zde dva – jeden sloužil

jako předzesilovač signálu ze směšovače SA 602 a druhý jako předzesilovač pro výkonový stupeň). Tento zesilovač nebylo jednoduché sehnat, protože se již řadu let nevyrábí, nakonec se mně jeden podařilo sehnat ze starých zásob různých obchodů. Do výkonového stupně jsem ale zvolil jiný postup. Upravil jsem tedy výstupní část nízkofrekvenčního obvodu a využil jsem výkonný zesilovač TDA 2008, který v mnoha ohledech převyšuje výše zmíněný LM 387. Největší výhodou je jeho výkon 20 W, ale také značné zjednodušení celkového obvodu, díky novému zapojení výkonového stupně.



Obrázek 15 – Nízkopropustný filtr v Radio JOVE, vlastní zdroj autora.

5.6 Součástky použité při stavbě

Při výrobě přijímače Radio JOVE se setkáme s řadou elektronických součástek, které v zapojení plní specifické úkoly.

Rezistory jsou součástky, které vedou elektrický proud, ale jsou navrženy tak, aby bránily toku elektronů. Tato charakteristika rezistoru limituje množství proudu podle Ohmova zákona. Rezistory rozptylují elektrickou energii vytvářením tepla. Hodnota odporů (rezistorů) je vyjádřena v Ohmech, zatímco maximální síla rozptýlení je dána ve Watech. V tomto obvodu jsem využil nejen pevné odpory, které mají stálou hodnotu odporu, ale i odpory proměnné (variabilní) tzv. potenciometr, které slouží k ovládní hlasitosti a k ladění přijímače. Pevné odpory mají rozdílné hodnoty odporu a také rozdíl

ve výkonovém zatížení (0,25 – 1 W). Všechny rezistory, které byli při stavbě použity naleznete v tabulce 1.

Tabulka 1 – Hodnoty rezistorů použitých při stavbě.

Rezistory			
R1	68 Ω	R12	1 k Ω
R2	294 Ω	R13	27 k Ω
R3	17,4 Ω	R14	33 k Ω
R4	294 Ω	R15	47 Ω
R5	100 Ω	R16	10 Ω
R6	220 Ω	R17	220 Ω
R7	100 k Ω	R18	2,2 Ω
R8	10 k Ω pot.	R19	1 Ω
R9	2,2 k Ω	R20	10 k Ω pot.
R10	2,2 k Ω	R21	1 k Ω
R11	2,2 k Ω		

Kondenzátory jsou jako otevřený okruh stejnosměrného proudu, ale přenáší i zvukové a vysokofrekvenční signály. Hodnota kondenzátoru je dána ve faradech, nejvíce se ale využívají kondenzátory s hodnotou v rozsahu mikrofaradů nebo pikofaradů. Pokud je kondenzátor vyroben ze dvou vodivých desek oddělených velmi tenkou vrstvou izolace, může se stát, že elektrické napětí přeskočí mezi deskami (vytvoří oblouk) a zničí kondenzátor. Z tohoto důvodu mají kondenzátory dané maximální napětí, které mohou snést. Kondenzátory uchovávají energii v elektrickém poli mezi deskami, ale nerozptylují energii jako odpory. V tabulce 2 máme uvedený přesný počet součástek a hodnoty k nim odpovídající.

Induktory jsou jednoduché cívky drátu, které vedou stejnosměrný elektrický proud a odolávají změnám proudu. Hodnota indukčnosti je v Henry, ačkoli se nejvíce používají cívky s indukčností měřenou v milihenry nebo mikrohenry. Induktory ukládají energii v magnetickém poli, které cívku obklopuje. Pokud se induktory a kondenzátory používají spolu, vytváří rezonanční obvod, který vyměňuje energii mezi magnetickým polem v induktoru a elektrickým polem v kondenzátoru. To má vliv na vytváření rezonančního obvodu, který je naladěn na audio nebo radio frekvenci, stejně jako píšťala, která rezonuje na určité zvukové frekvenci. Takový obvod se chová jako filtr, který vybírá jen úzký rozsah požadovaných frekvencí a ostatní „odmítá“. Rezonanční obvody často využívají variabilní kondenzátory nebo variabilní cívky, které musí být nastaveny pro optimální výkon na požadovanou frekvenci.

Odpory, kondenzátory a induktory se používají k usměrňování signálů a napětí stejnosměrného proudu uvnitř obvodu a k výběru nebo vyloučení určitých frekvencí filtrováním. Elektrolytické kondenzátory mají polaritu plus a minus a v obvodu musí být zapojeny správnou orientací.

Tabulka 2 – Hodnoty kondenzátorů použitých při stavbě.

Kondenzátory			
C1	39 pF	C15	1 μ F
C2	60 pF lad.	C16	47 pF
C3	56 pF	C17	47 pF
C4	22 pF	C18	100 nF
C5	10 nF	C19	10 pF
C6	60 pF lad.	C20	68 nF
C7	22 pF	C21	68 nF
C8	10 nF	C22	10 μ F elyt.
C9	47 pF	C23	10 μ F elyt.
C10	270 pF	C24	100 nF
C11	10 nF	C25	10 μ F elyt.
C12	100 nF	C26	100 nF
C13	100 nF	C27	10 μ F elyt.
C14	100 nF	C28	10 μ F elyt.
		C29	100 nF
		C30	100 nF
		C31	10 pF
		C32	10 μ F elyt.
		C33	470 μ F elyt.
		C34	100 μ F elyt.
		C35	100 nF
		C36	100 nF
		C37	100 μ F elyt.
		C38	100 nF
		C39	100 nF
		C40	100 nF
		C41	100 nF

Diody jsou polovodičové součástky, které umožňují tok proudu pouze jedním směrem. Dioda má anodu a katodu a musí mít v obvodu správnou orientaci.

Tranzistor je třívrstvá polovodičová součástka používaná převážně k zesílení signálů nebo spínání obvodu. Bipolární tranzistory mají tři výstupy známé jako báze, emitor a kolektor. Slabý signál přicházející do báze je v kolektoru již zesílený. Dalším typem tranzistorů je field effect tranzistor (FET). Výstupy tohoto zařízení jsou známy jako gate (brána), source (zdroj) a drain (kanál). Tento tranzistor potřebuje k zesílení energii, proto je vždy napojen na zdroj stejnosměrného proudu.

Integrované obvody jsou často tvořeny stovkami tranzistorů, diod a odporů spojených dohromady k plnění specifických funkcí. Zapojení je tvořeno ze tří integrovaných obvodů. Dva z nich mají 8 svorek (SA 602 a LM 387 N) a jeden je 5 svorkový výkoný zesilovač TDA 2008. Orientace integrovaného obvodu je velice důležitá pro správnou funkčnost. Každá svorka pracuje samostatně a je na jiné použití.

V tabulce 3 a 4 uvádíme seznam dalších použitých součástek – diod, tranzistorů, integrovaných obvodů a cívek..

Tabulka 3 – Cívky a diody v Radio JOVE.

Cívky		Diody	
L1	1 μ H	D1	1N4007
L2	470 nH	D2	1N753 6V2
L3	3,9 μ H	D3	1N753 5V1
L4	82 mH	D4	MV 209
L5	82 mH	LED1	green LED
L6	1,5 μ H		
L7	1,5 μ H		

Tabulka 4 – Aktivní prvky v Radio JOVE.

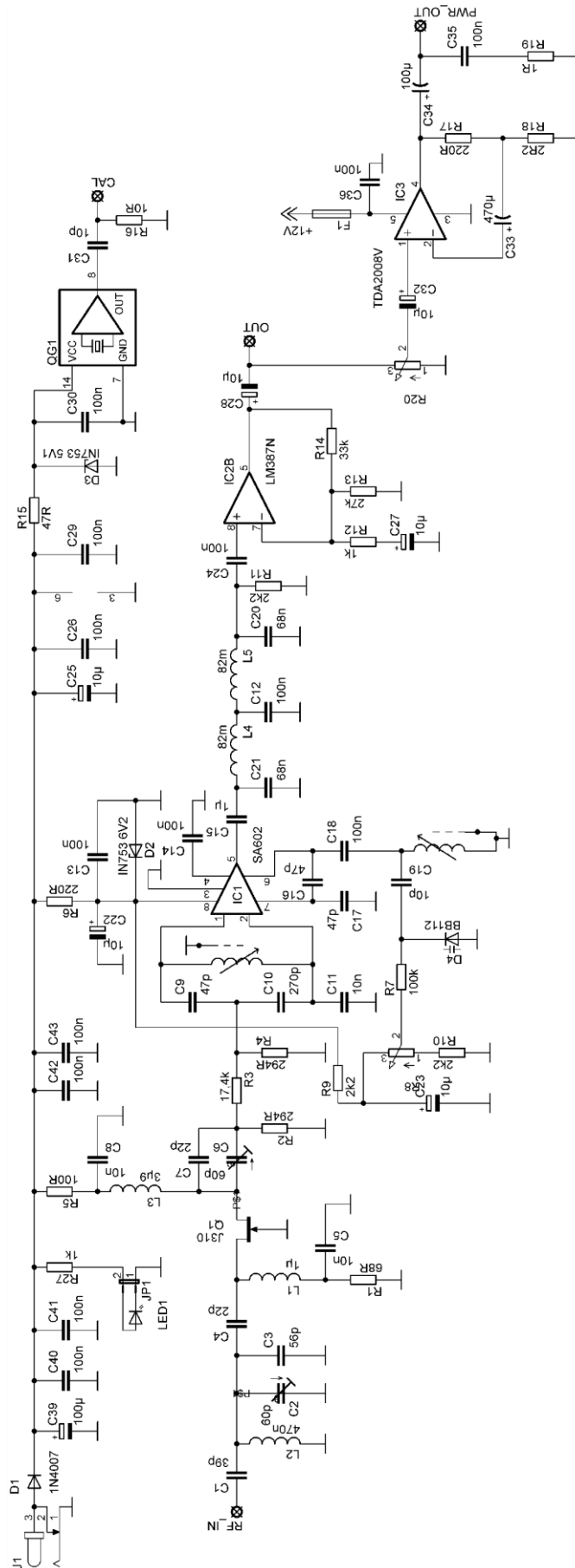
Tranzistor		Integrované obvody	
Q1	J310	IC1	SA 602
		IC2	LM 387N
		IC3	TDA 2008

5.7 Schéma zapojení

V předchozí kapitole jsme se podívali na blokové schéma přijímače Radio JOVE, který zobrazuje přijímač jako skupinu funkčních bloků spojených dohromady. Zatímco tento typ schémata nezobrazuje jednotlivé součástky jako odpory a kondenzátory, je užitečný k pochopení toku signálu a různých funkcí uvnitř přijímače.

Detailnější je schématické zapojení. Schéma slouží k prezentaci zapojení mezi všemi součástkami, které vytváří obvod. Schématické zapojení používá k zobrazení každé součástky symbol, což je schématická značka. Jednotlivé části jsou číslovány postupně, například induktory jsou značeny L_1 až L_7 . Schéma celého zapojení je zobrazeno na obrázku 16.

Tok signálu, jak ukazuje schéma, je následující. Signál z konektoru antény (RF_IN) přechází do rezonančního obvodu (úzkopásmový filtr L_2 , C_2 , C_3) a pak do J-310 tranzistoru, kde je zesílen. Výstup z J-310 jde do dalšího rezonančního filtru (L_3 , C_6), předtím než je použit na rezonanční vstupní obvod (L_4 , C_9 , C_{10}) SA602 integrovaného obvodu, který slouží jako místní oscilátor a směšovač. Střední frekvence místního oscilátoru je dána induktorem L_5 a seřízena ladícím potenciometrem R8.



Obrázek 16 – Schématické zapojení obvodu Radio JOVE, vlastní zdroj autora

Audio výstup z IC1 prochází nízko propustným filtrem (L4, L5, C21, C12 a C20). Audio signál je poté zesílen v IC2 (LM387), předtím než jde do ovládání hlasitosti R15. Konečná etapa zvukového zesilovače zahrnuje TDA2008. Po sestavení přijímače variabilní kondenzátory C2 a C6 a variabilní indukty L4 a L5 budou nastaveny na ladění přijímače pro provoz na 20,1 MHz.

5.8 Plošný spoj

Deska plošného spoje (DPS) byla vyrobena fotocestou. Použil jsem kuprexitovou desku s vrstvou mědi, která má na svém povrchu nanesenou tenkou vrstvu fotocitlivého materiálu.

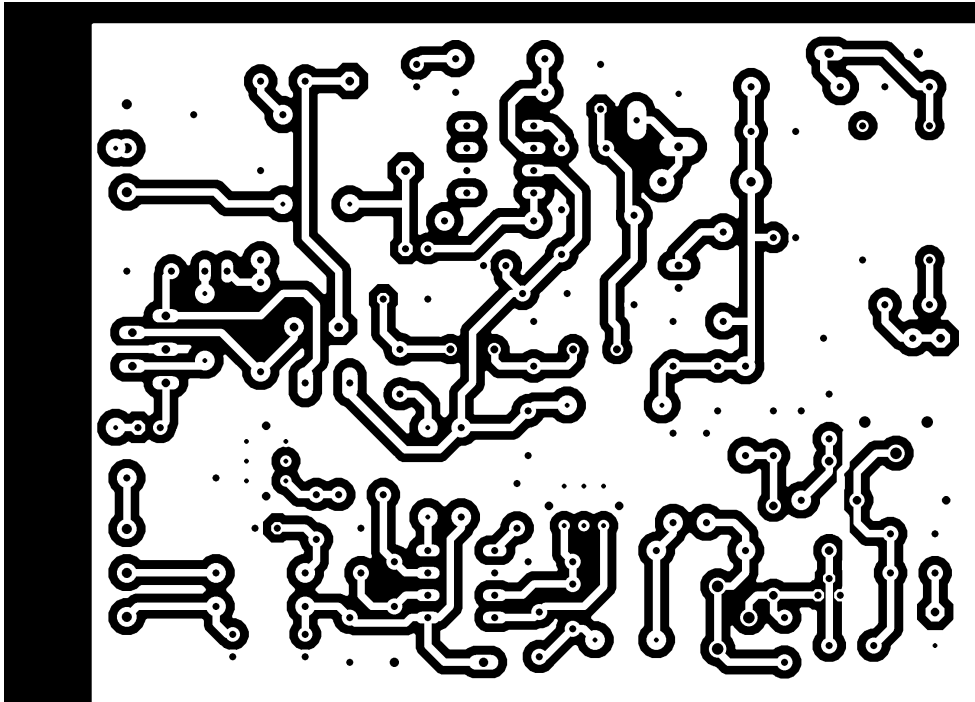
Jako první jsem si navrhl DPS a vytiskl na laminátovou folii, kterou jsem následně umístil na fotocitlivou vrstvu kuprexitové desky a vložil do zařízení, které mne tuto desku osvítil silným UV zářením. Toto záření projde přes plochu laminátu. V místech, kde není barva z tiskárny dojde k narušení fotocitlivé vrstvy, která se následně chemicky odstraní.

Po ozáření DPS vložíme desku do chemického roztoku hydroxidu sodného (louhu) a necháme ji v něm ponořenou po dobu několika vteřin. Po vyjmutí z roztoku je na desce tenká vrstva tmavé barvy, která zajistí, aby nedošlo k odleptání měděné desky.

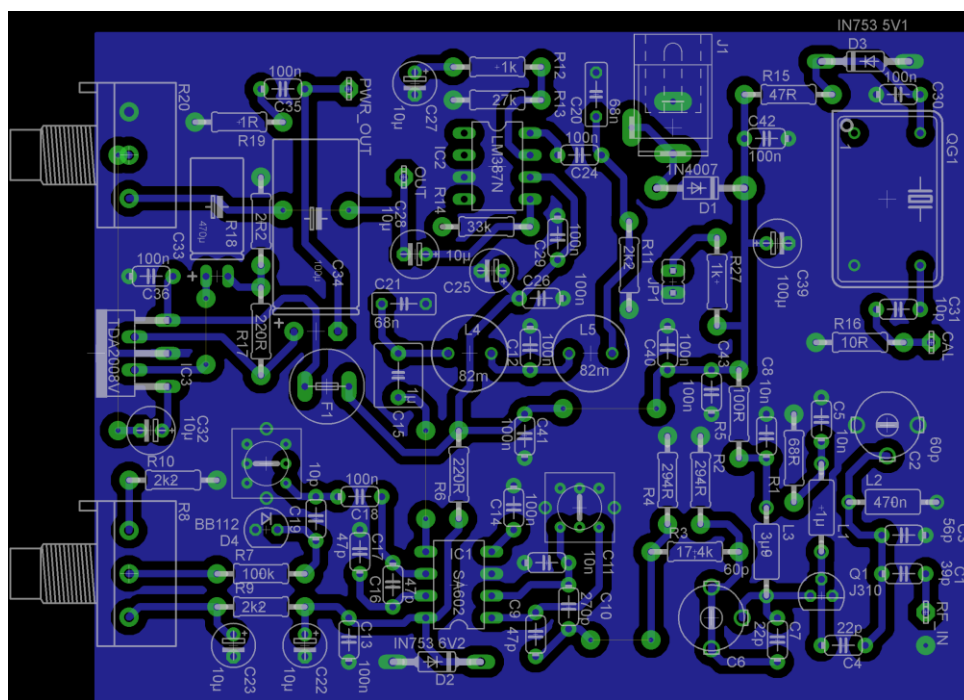
Pokud všechny tyto kroky uděláme správně je deska připravená na odleptání. Odleptání provedeme opět v chemické látce. Tato látka se nazývá chlorid železitý a využívá se k odleptání vrstvy mědi z kuprexitové desky. Z vlastní zkušenosti doporučuji tuto chemickou látku před leptáním mírně zahřát. Zahřát ji můžeme v kbelíku s teplou vodou, do kterého následně umístíme i lahvičku s chloridem železitým. Pokud je látka zahřátá tak ji nalijeme do plastové nádoby, kam umístíme i připravenou DPS. V tuto chvíli musíme desku kontrolovat, aby nedošlo k tzv. podleptání spojů. To je proces kdy se chemická látka dostane i částečně pod barvu a znehodnotí tak výslednou práci, protože i pod barvou částečně odleptá vrstvu mědi. V těchto místech nám mohou vzniknout při pájení studené spoje.

Přeposlední úpravou bylo vyvrtání dírek pro součástky. Pro vyvrtání jsem použil stojanovou vrtačku a vrtáčky 0,8 mm, 1,2 mm a 1,6 mm. Rozdílné průměry vrtáků jsou dané rozdílnými průměry drátků na součástkách. Kondenzátory mají jiné než například velké potenciometry.

Po vyvrtání a omytí jsem desku natřel vrstvou kalafuny rozpuštěnou v syntetickém lihu. Na DPS mě tedy vznikla tenoučká vrstva kalafuny, která dopomohla k lepšímu pájení.



Obrázek 17 – DPS Radio JOVE, vlastní zdroj autora



Obrázek 18 – Zapojení součástek na DPS Radio JOVE, vlastní zdroj autora

Desku plošného spoje vidíme na obrázku 17, kde je patrné, že některé součástky jsou velice blízko sebe a tudíž při podleptání jen malého kousku mědi mohlo dojít ke špatné přilnavosti pájky a vzniku studených spojů. Na obrázku 18 vidíme i zapojení součástek na DPS.

6. Postup stavby

Pro sestavení celého přijímače jsem musel postupovat podle určitých kroků, abych dosáhl co nejlepšího výsledku a eliminoval co nejvíce chyb.

Po připravení pomůcek a náradí, které ke stavbě potřebuji, jsem začal jako první s osazováním DPS. Po zapojení DPS a následném odzkoušení Radio JOVE jsem začal se stavbou antény a přípravou na montáž v terénu.

6.1 Zapojení DPS

Při zapojování různých elektronických obvodů existuje řada návodů jak postupovat a které součástky zapojovat nejdříve. Pájení jsem prováděl na dřevěné desce, která kvalitně izolovala od elektrostatického náboje, který některé součástky může zničit.

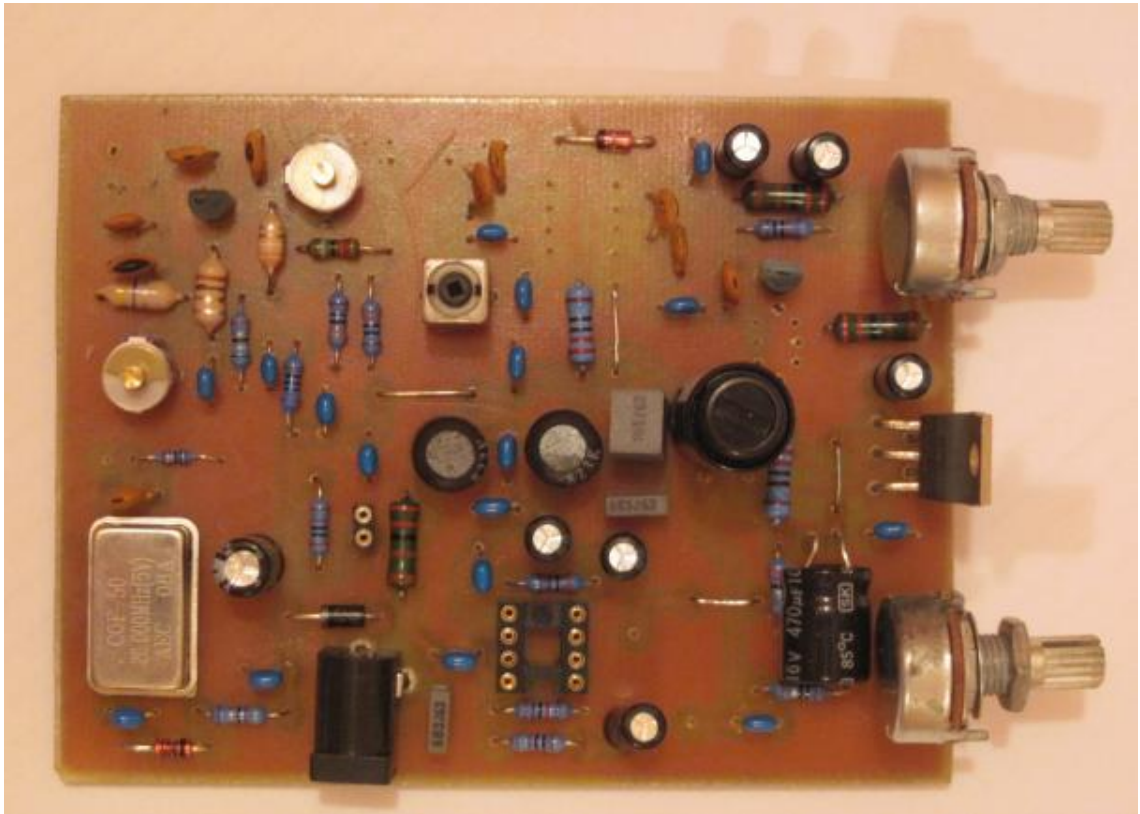
První krokem, který musíme udělat je připravit si součástky v takovém pořadí, v kterém je budeme osazovat na DPS. Rozdělil jsem si součástky po skupinách na rezistory, cívky, kondenzátory, konektory a poslední skupinu jsem si nazval aktivní prvky obvodu.

První jsem začal s osazováním rezistorů. Rezistory jsem si změřil pomocí multimetru a po odečtení správné hodnoty jsem nožky zahrnul pomocí slabých kleštíček tak, aby se rezistor umístil na desku přesně podle zapojení na obrázku 18 (jedná se zde hlavně o rozteče nožiček). Takto jsem postupoval u všech rezistorů a i potenciometrů. Tyto součástky jsem si zvolil jako první díky faktu, že nejsou extra citlivé na teplo vznikající při pájení a samozřejmě i kvůli levným pořizovacím nákladům.

Dalšími na řadě byly cívky, kterých v obvodu není velké množství a opět nejsou tak citlivé na poškození teplem. U cívek bylo výhodou to, že rozteče vývodů byly totožné, jako je na osazovacím plánu, který vidíme na obrázku 18, a tudíž jsem je nemusel dále upravovat.

Nejvíce zastoupenou skupinou součástek v tomto obvodu jsou kondenzátory. Ty jsem osazoval podle jejich hodnot, které jsem si opět pomocí multimetru zjistil. V tomto obvodu jsou zastoupeny jak elektrolytické kondenzátory, které mají ve vnitřní stavbě mezi kovovými deskami elektrolyt, kondenzátory tantalové, obsahující mezi destičkami vzácný prvek tantal tak i keramické kondenzátory. Každý z těchto typů má určité vlastnosti, které jsou určeny na různé druhy zapojení. Zapojení kondenzátorů a dalších

součástek vidíme na obrázku 19, který byl pořízen před osazením integrovanými obvody.



Obrázek 19– Částečně osazená DPS bez IO, vlastní zdroj autora.

Po osazení těchto součástek jsem si zapojil konektory pro výstup z Radio JOVE a pro připojení antény.

Poslední skupinou součástek je skupina aktivních prvků. Do této skupiny patří ty nejdražší součástky obvodu a integrované obvody. U těchto součástek hrozí riziko tepelného zničení při dlouhém pájení. Po osazení těchto posledních součástek jsem začal pracovat na krabičce, v které tento přístroj bude.

Krabičku jsem si zvolil plastovou, ale přední kryt jsem si vyrobil z hliníkového plechu, který slouží jako chladič pro zesilovač TDA 2008 a navíc jsem na druhou stranu krabičky osadil i malý ventilátor, který opět napomádá ke kvalitnímu chlazení uvnitř přístroje. Dochlazuje i odpory a samozřejmě i integrované obvody, které se nepatrně zahřívají. Do celého obvodu TDA 2008 jsem před vstup vložil pojistku, která zde slouží jako ochrana před poškozením. Po sestavení celého přístroje jsem pořídil snímek, který je na obrázku 20, kde je zobrazen finální stav.



Obrázek 20 – Krabíčka přístroje, vlastní zdroj autora.

6.2 Anténa

Anténa zachycuje slabé elektromagnetické (EM) vlny, které urazily k Zemi asi 150 milionů kilometrů ze Slunce (1 AU). Když EM vlny dopadnou na anténu, na koncích antény vzniká slabé vysokofrekvenční napětí. Signály z antény jsou koaxiálním vedením přeneseny do vstupu přístroje.

Pro sestavení antény je nutná velká plocha. Prostor musí mít půdní podloží kvůli zabodnutí tyčí do země. Jelikož je anténa citlivá na hluk, není vhodné jí sestavovat v blízkosti drátů vysokého napětí nebo budov. Z bezpečnostních důvodů, je potřeba sestavit a obsluhovat anténu dál od elektrického vedení. Nejlepším místem je venkovský prostor, kde je rušení minimální.

Anténa se skládá z několika typů součástí: drát, koaxiální kabel, konektory, ferritové toroidní jádra, izolátory, provaz, podpěry.

Měděný drát je použit na prvky antény. Celá délka dipólu je rovna délce poloviny vlnové délky detekované frekvence. Protože je JOVE přijímač naladěný na frekvenci

20,1 MHz, vlnová délka je 14,925 m. Vzorec pro výpočet poloviny vlnové délky pro „ideální“ dipol ve volném prostoru pro specifickou frekvenci je:

$$\frac{\lambda}{2} = 150/f \quad (3)$$

kde λ se uvádí v metrech a f je frekvence v MHz.

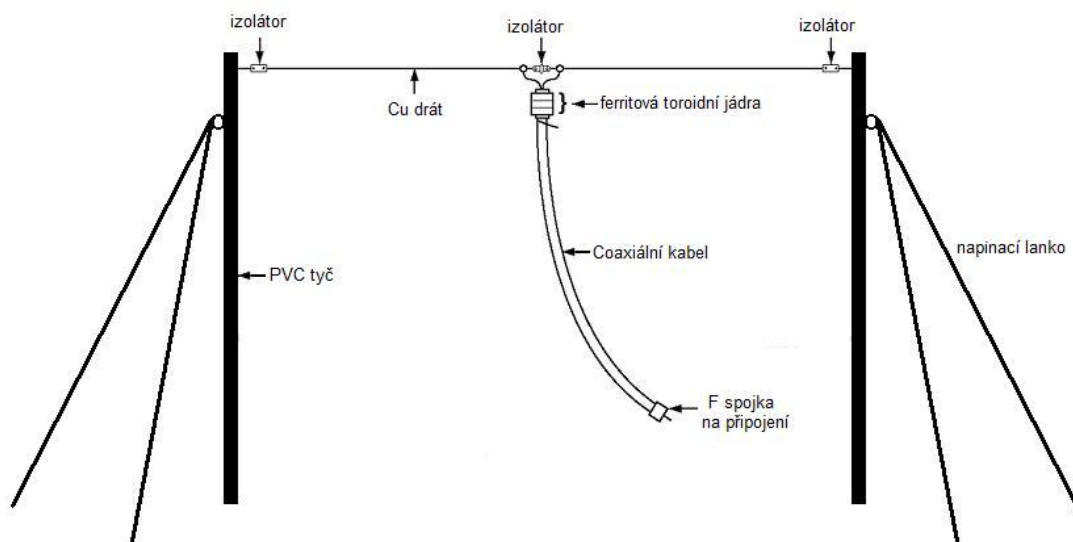
Naměřené hodnoty jsou však ve skutečnosti nižší než ideální hodnoty. Je to způsobeno odporem v drátu a koncovým efektem dipolu. Tyto dvě vlastnosti účinně zkracují délku, na které drát bude rezonovat nebo nejefektivněji přijímat záření na frekvenci 20,1 MHz. Pro výpočet poloviny vlnové délky u skutečné antény se používá vzorec:

$$\frac{\lambda}{2} = 142,5/f \quad (4)$$

kde λ se uvádí v metrech a f je frekvence v MHz.

Aby byla anténa efektivním receptorem signálů, drátové dipóly musí být namontovány horizontálně nad zemí asi 3,66 m. Na obrázku 21 je pohled jak anténa má být sestavena.

Koaxiální kabel slouží k vedení signálu zachyceného anténou do přijímače. Proto musí být k anténě připojen pájecími spoji. Koaxiální kabel má středový vodič obalený nevodivou izolací (polyethylen) a měděným spletným stíněním. To pomáhá vést signál z antény do přijímače s minimální ztrátou signálu.



Obrázek 21 – Model připravené antény, převzato a upraveno z [14].

Protože kabel není ideálním vodičem, rychlost, jakou se signál šíří kabelem, závisí na typu nevodivé izolace použité v kabelu. Rychlostní faktor koaxiálního kabelu v sestavě je 66 %.

Izolátory jsou potřeba, aby nedošlo ke zkratu. Jsou potřeba 3 izolátory, jeden uprostřed dipólu a jeden na každém konci. Izolátory jsou obvykle plastové nebo keramické válce s otvory na každém konci pro drát nebo provaz.

Sloupy jsem vyrobil z instalatérských PVC trubek. Jsou levné, lehké a nosná konstrukce je přenosná a efektivní.

6.3 Stavba antény

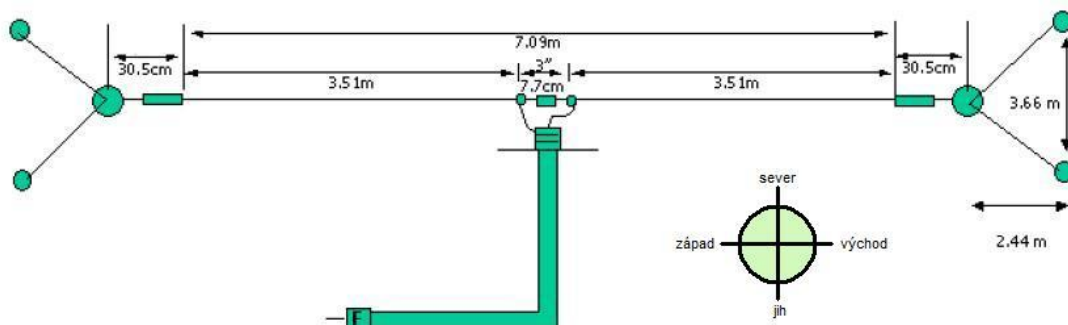
Jako první jsem si naměřil a ustříhl správnou délku holého měděného drátu, koaxiálního kabelu a provazu. Pro tuto práci je dobrá dlouhá chodba nebo volné prostranství. Použijeme pásku, abychom si na podlaze či zemi označili místa pro jednotlivé řezy.

Dále jsem pokračoval připojením izolantů k drátu. Drát jsem prostrčil otvorem v izolantu a omotal, aby pevně držel. V případě potřeby je nutné použít kleště, což nutné k pevnému obalení drátu.

Po připojení drátu a izolantu jsem si připravil koaxiální kabel na připojení k drátu. Oholil jsem si opatrně část koaxiálního kabelu (10-12 cm), tak abych nepoškodil stínící obal. Rozpletl jsem spletené měděné stínění použitím malého šroubováku. Po rozpletení jsem veškeré stínící drátky spletl do jednoho celistvého drátu.

Středový vodič jsem pomocí nože zbavil izolace, ale tak aby mezi stínícím drátem a středovým vodičem zůstala malá vrstva izolace (stačí pár milimetrů). Holý středový vodič jsem omotal okolo konce jednoho z měděných drátů, který je připevněn na středový izolátor. Zkroucené stínění jsem připojil kolem druhého měděného drátu připevněného ke středovému vodiči. Abych docílil kvalitního spojení, tak jsem k měděnému drátu stínění i středový vodič přiletoval. Poslední úpravou kabelů bylo připojení symetrizačního členu, který slouží k přizpůsobení impedance koaxiálního kabelu a antény. V mém zapojení je tvořen třemi ferritovými krožky, kdeté jsou umístěny těsně u střední izolace dipólu.

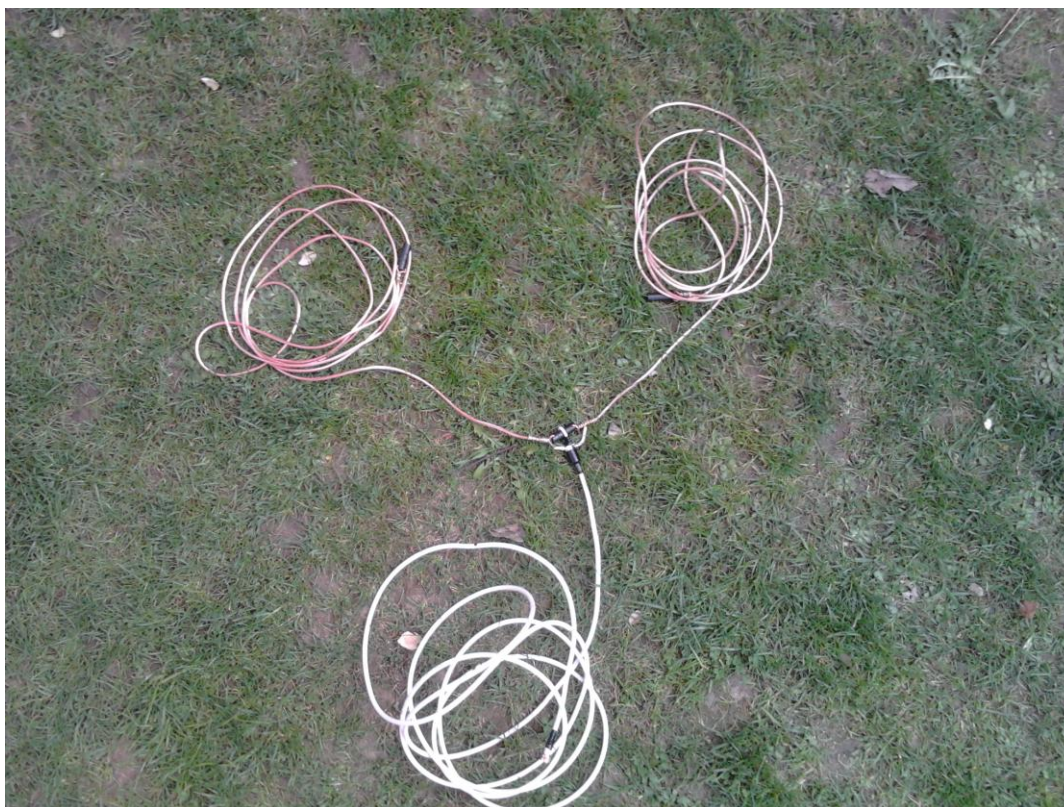
Nosnou konstrukci jsem vyrobil z instalatérských trubek, které jsem dole nařízl a následně zahřál a vytvaroval hrot. Na obrázku 22 jsou rozměry drátů, které jsem ke stavbě použil a označené umístění antény podle světových stran.



Obrázek 22 – Rozměry antény a umístění, převzato a upraveno z [14].

Nastavení antény jsem provedl už v terénu těsně před měřením. Antény jsem položil na zem ve směru východ-západ. Postupně jsem anténu zvedal a zarazil do země pro větší stabilitu, a dlouhým provazem jsem zajistil pevnost konstrukce.

Po sestavení této antény nás čeká poslední krok a tím je připojení k přijímači. To provedeme pomocí konektoru, který jsme připevnili na koaxiální kabel vedoucí od antény. Celý kabel připravený na osazení k anténě je zobrazen na obrázku 23. Tento obrázek byl pořízen před instalací antény.



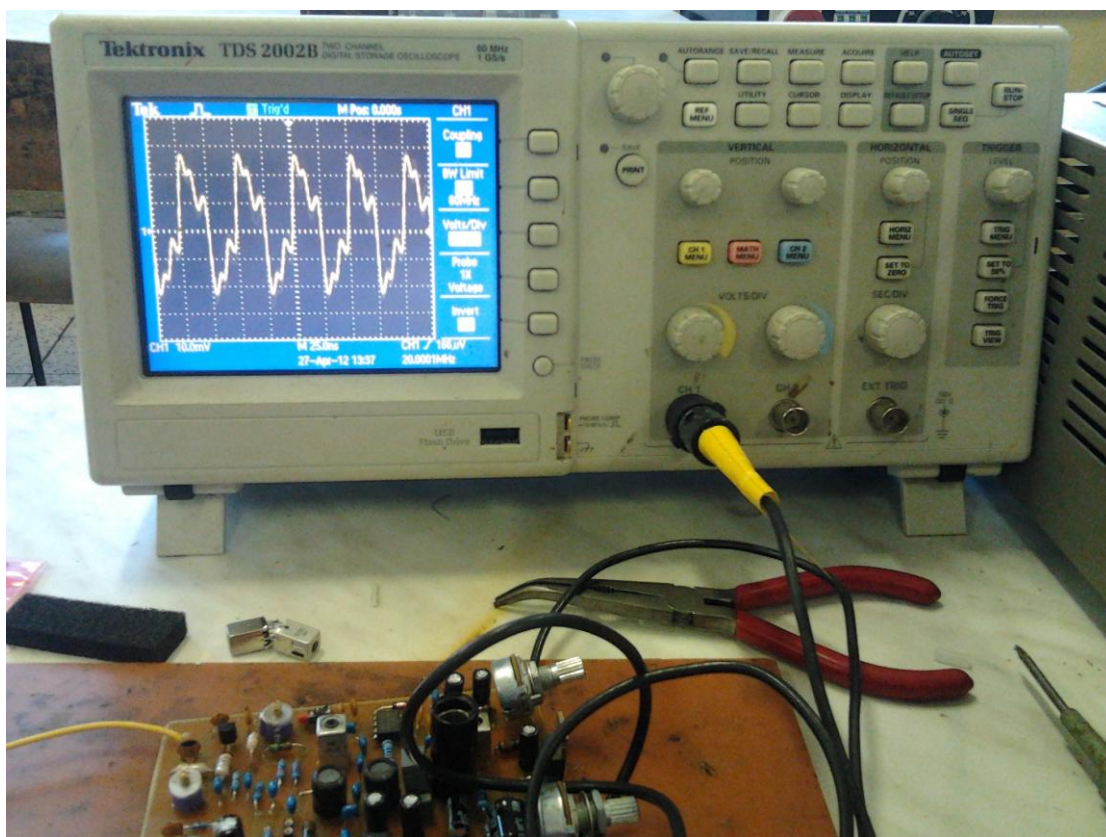
Obrázek 23 – Příprava dipólu před montáží na stojny, vlastní zdroj autora

6.4 Testování a ladění Radio JOVE

Celý přijímač pracuje na 12 V stejnosměrného proudu, jehož odběr je přibližně 60 miliampér.

Prvním krokem je zapojení sluchátek nebo reproduktorů k přijímači. Po následném zapnutí nastavíme hlasitost přibližně na 12 hodin a ladění přístroje na 10 hodin. Induktor L5 budeme seřizovat pomocí malého šroubováčku tak dokud ve sluchátkách nebo reproduktoru neuslyšíme nízko frekvenční tón (hlasitost si zde můžeme upravit podle sebe). Při tomto nastavování naladíme přijímač na frekvenci 20 MHz a signál, který slyšíme je generován testovacím oscilátorem umístěným přímo v přístroji. Na obrázku 24 vidíme, pomocí osciloskopu, jaký signál přichází z testovacího oscilátoru. Jakmile nastavíme L5, už s ním během procedury nebudeme znova manipulovat. Pokud tento přijímač takto naladíme, tak otočením knoflíku ladění na 12 hodin naladíme přijímač na 20,1 MHz.

Dalším krokem je nastavení variabilních kondenzátorů (C2 a C6) a variabilního induktoru (L4) k dosažení maximální síly signálu (nejhlasitější tón) na audio výstupu.



Obrázek 24 – Testování Radio JOVE, signál z testovacího oscilátoru, vlastní zdroj autora

Pro řadu lidí je ale velice obtížné rozeznat sílu signálu pouhým uchem. Pokud se na své uši budeme spoléhat, tak musíme nastavit přijímač ladícím knoflíkem tak, aby zvukový tón byl v rozsahu 500 – 2000 Hz.

Já jsem osobně pro nastavení přístroje použil osciloskop. Do výstupu sluchátek jsem připojil sondu osciloskopu a zároveň i sluchátka. Začal jsem otáčet knoflíkem ladění a zjišťoval jsem, zda je výška tónu konstantní. Pokud se výška změní, tak přijímač vypadl z frekvence. Pokud se toto stalo, tak jsem se vrátil na začátek a snažil jsem se znova o nastavení.

Osciloskop jsem měl nastaven na vertikální citlivosti 0,1 V/cm. Hlasitost jsem nastavil tak, aby výstup signálu byl přibližně 0,3 V, ale tak abych viděl kvalitní stopu. V horizontální citlivosti osciloskopu jsem nastavil časovou stopu tak, aby se zobrazovala přibližně 1 ms/cm. Pokud se během provádění úprav výstup rapidně zesílil, tak jsem přijímač ztlumil, aby nedošlo k přetížení. Pokud je toto nastavení hotové a hlasitost je na 12 hodinách, tak by úroveň výstupu neměla překročit 0,5 V.

Pokud jsme takto připraveni tak začneme s laděním variabilních kondenzátorů a cívky L4. Ještě než začneme, tak se ujistíme, že přístroj je naladěn na testovací oscilátor. Přijímač po zapnutí může snadno „vypadnou“ z frekvence, takže musíme po zapnutí několik minut počkat, dokud nebude výška tónu stabilní. I naše tělo může částečně ovlivnit nastavení. Pokud sáhneme na ladící kolík a změní se frekvence tak provedeme pouze malé respektive jemné doladění a dáme ruku pryč a začneme s testováním. V tuto chvíli již nikdy nebudeme hýbat s L5, který je nastaven.

Nyní nastavíme variabilní kondenzátor C6 na maximální sílu signálu, induktor L4 na max signálu a variabilní kondenzátor C2 na maximální sílu signálu.

Několikrát tyto kroky zopakujeme, aby signál byl konstantní.

Nyní musíme odpojit elektrickou energii od testovacího oscilátoru, to provedeme odpájením jedné nožky rezistoru R15. Pokud budeme potřebovat znova naladit, tak jednoduše rezistor zpět připojíme.

6.5 Řešení problémů

Toto zařízení není těžké vyrobit a zprovoznit. Pokud ovšem zařízení nechce fungovat, musíme zkontrolovat určité části tohoto obvodu.

Pokud nám nesvítí vstupní LED dioda, když je zdroj zapnutý, tak provedeme pár jednoduchých testů. Za prvé zkontrolujeme zdroj, jestli skutečně dodává 12 V, dále

provedeme kontrolu napájecího kabelu a to tak, že s ním zahýbeme v konektoru. Tím zjistíme, že je správně usazen. Jestliže i tak přijímač nefunguje, podíváme se, zda je dioda D1 správně orientovaná popřípadě i LED dioda.

V tuto chvíli by mělo být všechno v pořádku. Pokud ale není, tak se podíváme na schéma a pomocí voltmetru zjistíme správné napětí v různých místech obvodu.

Předchozí úkony postačují pro diagnostiku nefunkčnosti přijímače, protože jiné chyby v tomto zapojení vzniknout nemohly. Jedinou variantou pak už je pouze poškození důležité součástky v obvodu. Pro diagnostiku obtíží se součástkami bych doporučil použití multimetru a osciloskopu. Multimetrem jsme schopni diagnostikovat problémy na pasivních obvodech, ale ve značné míře můžeme proměřit i prvky aktivní. Především se jedná o integrované obvody, kde např. zjistíme, zda jsou napájeny. Pokud budeme mít přístup k osciloskopu, můžeme s jeho pomocí diagnostikovat i další problém. Tím může být i výše zmíněné poškození IO. Sondu osciloskopu bychom tak připojili na výstup z IO a sledovali, zda je zde nějaký signál. Pokud bychom signál nenalezli, tak se může jednat o poškození IO nebo chybu před vstupem do daného obvodu.

7. Příjem signálu ze Slunce

Pokud máme vyrobenou anténu i přijímač Radio JOVE, tak můžeme přejít k samotné části měření na tomto přístroji. Moje měření probíhalo na zahradě domu v Rovné u Strakonice, kde jsem si vybudoval malou radiovou observatoř.

Pro záznam z měření jsem použil programy Radio-SkyPipe a beta verzi nahrávacího softwaru Audacity 1.3.

7.1 Radio-SkyPipe

Tento software je výhradně určený pro záznam z měření na přijímači Radio JOVE, je volně šiřitelný v základní verzi, ovšem je zde i rozšířená verze, kde je řada dalších možností nastavení, ale je zpoplatněna 50 dolary.

Tento program je velice jednoduše zpracovaný a i ovládání je poměrně deduktivní. Je zde tlačítko Start Chart, kterým spustíme měření a hned pod ním je řada tlačítek, které slouží k nastavení šířky a výšky grafu, nebo posunutí po grafu. Kvalitnímu zpracování dopomáhá i fakt, kdy hned při otevření programu se spustí průvodce, který vysvětluje jednoduché nastavení programu, včetně lokality.

Výhodou je zde i možnost práce online se vzdáleným serverem, kde máte možnost být připojen na všechny amatérské observatoře, které využívají tohoto softwaru a možnost tak porovnat své výsledky měření s jinými amatérskými radioastronomy.

Tento program přijímá signál ze zvukové karty počítače, detekuje ho a zobrazuje výsledek měření ve formě grafu na obrazovce s aktuálním časem.

7.2 Audacity

Dalším programem, který jsem využil pro detekci, je beta verze programu Audacity. Jedná se opět o jednoduchý software, který slouží k nahrávání a jednoduché úpravě zvukových stop.

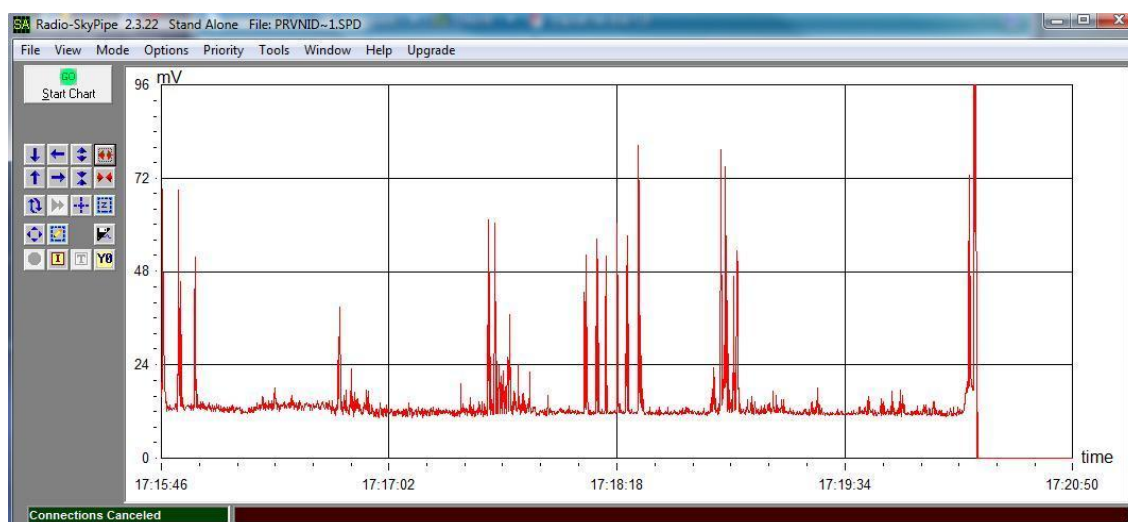
Mohl jsem pro měření využít i kvalitnějších softwarů pro záznam zvuku, ale tento má výhodu, že funguje i s méně kvalitní zvukovou kartou. Většina kvalitní softwarů pracuje s externími kartami, které mají kvalitnější přenos zvukového signálu. Audacity je dostupný i v českém jazyce a ovládání je opět pouze pomocí několika tlačítek, které jsou hned zobrazeny po otevření programu.

7.3 Provedení měření

Měření na přijímaci Radio JOVE není náročné na přípravu a tudíž jsem mohl hned po sestavení antény a naladění přijímače začít s měřením. Ještě než jsem začal s vlastním měřením, tak jsem provedl poslední testování antény a přijímače s pomocí přenosného osciloskopu, ale také nastavení počítače. V nastavení počítače jsem zvolil vstup do zvukové karty a vypnul jsem mikrofonní vstup, aby nedocházelo ke zkreslení měření.

Po připojení antény k přijímači a zapnutí byl na osciloskopu vidět signál přicházející z antény, který jsem měřil hned za tranzistorem J 310 a následně jsem zkoušel výstup z integrovaného obvodu LM 387, kde signál byl poměrně silný. Tímto vyzkoušením jsem dospěl k závěru, že přístroj je funkční a mohl jsem začít s měřením.

Při prvním měření jsem si ověřil, zda přístroj reaguje tak jak má a ladil jsem potenciometrem tak dlouho dokud tzv. nevypadl z frekvence. To se zobrazilo na grafu skokovým poklesem signálu na nulu, jak je zobrazeno na obrázku 25.



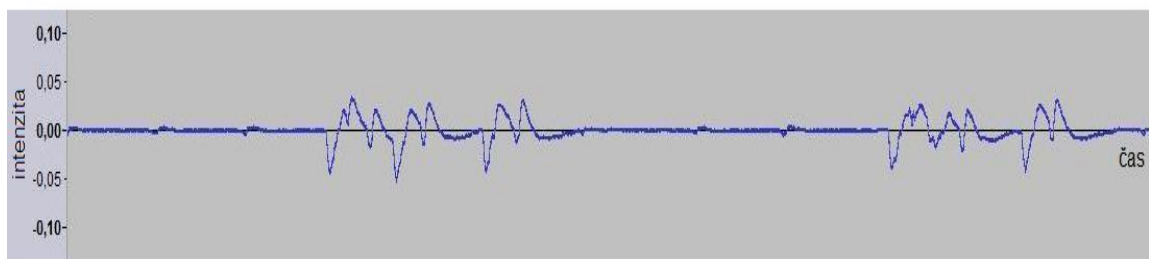
Obrázek 25 – Ukázka SW Radio Sky-Pipe pro zpracování signálu, vlastní zdroj autora

Další měření jsem nechal probíhat kolem 40 minut a zkoumal jsem z výsledků měření, zda se v této době podařilo naměřit data, která poukazují zvýšenou aktivitu Slunce. Bohužel se toto nepotvrdilo a na obrázku 27 vidíme pouze šum a nepatrné zvýšení detekce signálu anténou.

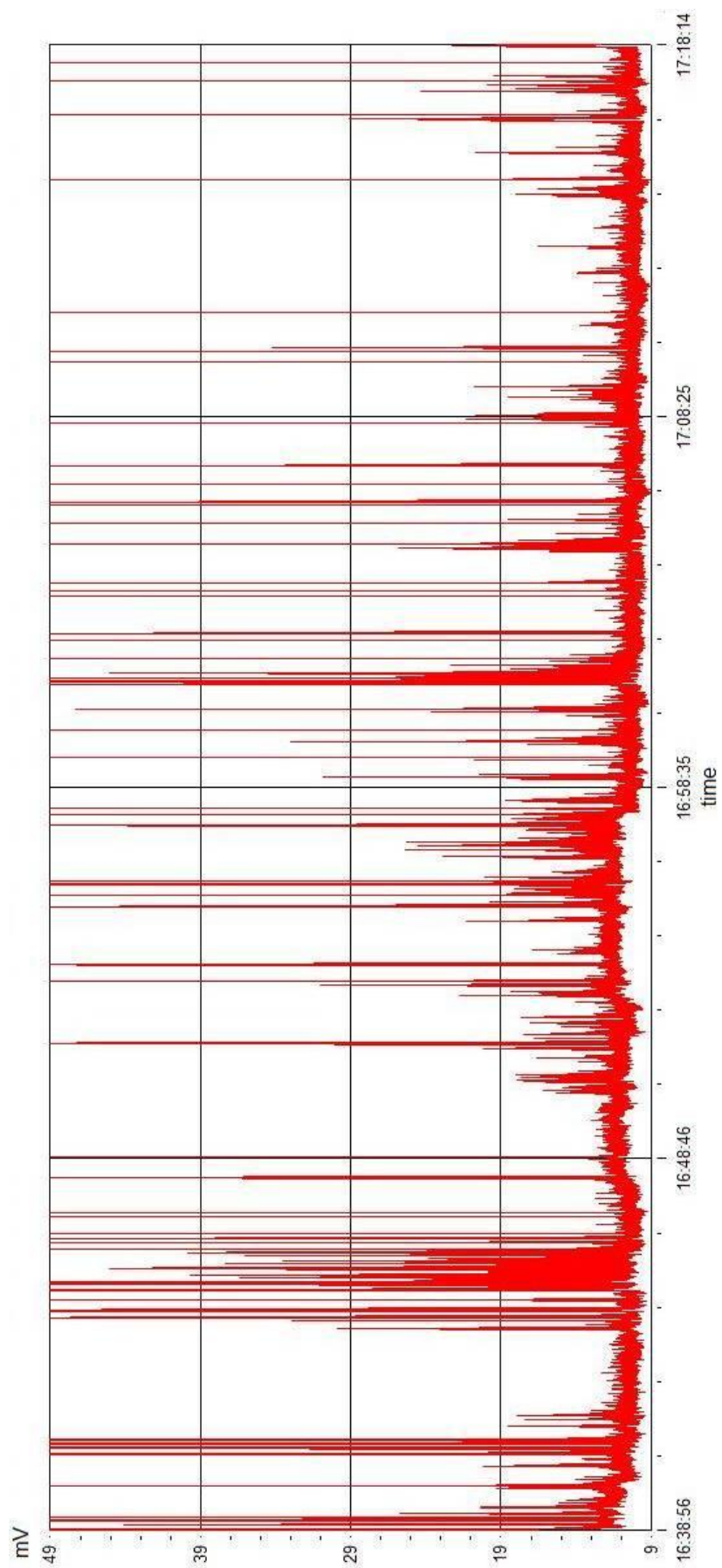
Provedl jsem i další měření s téměř totožným výsledkem a dospěl jsem k názoru, že řada šumů, které jsem detekoval, pochází spíše z pozemských prostor než z mezihvězdného prostoru. Amplituda signálů byla v řadě případů velice totožná, proto

jsem přesvědčen, že se jedná pouze o šum z okolí antény. Ovšem je zde i řada výkyvů signálu, které v malé míře mohou být způsobeny detekcí sluneční aktivity, ale signál je tak slabý, že spíše opět jedná o pozemské rušení. Tato data bych rád porovnal s daty z Ondřejovské observatoře, které jsou veřejně přístupné, bohužel k datu odevzdání mé práce ještě zveřejněny nebyly. Nemohl jsem tedy provést správné vyhodnocení výsledků měření. Abych si ověřil svoji hypotézu, tak jsem provedl měření ještě jednou s rozdílem, že výsledky měření jsem nahrával jako audio záznam a následně se znažil vyhodnotit. Signál, který jsem naměřil tímto způsobem, byl pravidelný a opakoval se v krátkých intervalech, což mně opět přesvědčilo o tom, že se skutečně jedná o pozemské rušení nikoli detekci radiových vln ze Slunce. Na obrázku 26 vidíme výřez z programu Audacity, kde jsou vidět vlny, které jsem naměřil.

Fakt, že se nepodařilo nic naměřit, můžeme přisoudit řadě faktorů, které jsou od chybného sestavení přístroje po špatné nastavení přijímače, ale také že se skutečně v období měření na Slunci nevyskytovaly žádné erupce, které signál zvyšují.



Obrázek 26 – Signál naměřený v SW Audacity, vlastní zdroj autora



Obrázek 27– Měření provedené dne 29.4.2012, vlastní zdroj autora

8. Užítí ve výuce

Tuto kapitolu jsem zvolil, protože stavba tohoto zařízení je skvělou ukázkou mezipředmětových vztahů, které můžeme ve škole budovat a navíc se nejedná ani o ekonomicky náročnou stavbu.

Hlavním účelem vzdělávání na ZŠ a SŠ je nejen žákům vštěpovat nové informace, ale také rozvíjet jejich schopnosti a hledat, respektive pomoci nalézt jejich budoucí uplatnění. Tento přístroj nám může pomoci a navíc můžeme při stavbě, testování i měření prakticky vyzkoušet řadu odvětví, ve kterých mohou žáci nalézt svůj potenciál. Pokud si vezmeme postup výroby nebo si rozdělíme části podle samostatných předmětů, zjistíme, že stavba a použití je velice úzce spojené s fyzikou (astronomie, elektronika a šíření elektromagnetického záření), technickou výchovou a i výpočetní technikou.

Už před několika staletími doporučoval Jan Ámos Komenský, že má být názorné využování a vše převádět do praxe a říkal „škola hrou“, tak proč si nehrát. Díky tomuto přístroji si budeme hrát a hlavně budeme převádět teoretické znalosti do praxe.

8.1 Fyzika a Radio JOVE

Na základní škole se žáci seznamují pouze se základními tématy fyziky, střední škola má zaměření už výrazně vyšší a to převážně díky matematice, kdy žáci jsou schopni řešit i složitější úkoly a zabývat se fyzikou více do detailu. I přes poměrně malé množství informací (oproti SŠ fyzice) jsme s žáky díky stavbě tohoto přístroje schopni prakticky vyzkoušet řadu odvětví fyziky.

Tento přístroj je složen s řady elektronických součástek. Některé tyto součástky jsou přímo učivem na ZŠ. Jedná se zde hlavně o rezistory, se kterými se žáci už v 8. třídě setkávají při tvorbě jednoduchých elektronických obvodů. Dalšími jsou diody a i tranzistory, které jsou zase součástí elektroniky v 9. třídě. Proč tedy nevyužít tohoto přístroje, aby si žáci vyzkoušeli tyto součástky zapojit do složitějšího obvodu a prakticky zjistit jak součástky fungují.

Další částí bych zvolil astronomii, která jak jsem se některých učitelů ptal, není moc populární ve výuce na ZŠ a učitelé mají tyto hodiny spíše volnějšího rázu, nezkoušejí a promítají řadu videí na toto téma.

S Radio JOVE žáci mohou být součástí praktického pozorování Slunce, ale i Jupitera. Slunce je k nám blízko a proto vysílá k naší planetě řadu signálů a informací o tom co se na něm právě odehrává. Můžeme s žáky pozorovat aktuální snímky na družicích SOHO nebo SDO, které jsou veřejně přístupné na stránkách NASA a pokud uvidíme, že se na Slunci něco děje, tak můžeme připravit za krátkou dobu přístroj a měřit příjem signálu ze Slunce.

Jupiter jsem výše zmínil proto, že jako největší planeta naší sluneční soustavy do svého okolí také vysílá řadu informací, které jsme zde na Zemi také schopni detekovat. Náš přístroj je schopen i tohoto příjmu, ovšem se zde musí udělat malá obměna a to ve formě antény, kterou pouze rozšíříme o jednu totožnou anténu a upravíme pouze připojení k přístroji.

Celou dobu se zde bavím o příjmu signálu. Signál je všeobecný pojem, který se používá v mnoha oborech (akustika, optika, elektřina, apod.) a je nositelem informace. V našem případě se jedná o elektromagnetické vlnění, o kterém se žáci učí už v 8. třídách, kde se učí o světle (optika) a následně v 9. třídě, kde se seznamují přímo s tématem elektromagnetické záření. Žáci si zde opět prakticky vyzkouší detekci tohoto signálu a díky softwaru Radio-SkyPipe II od NASA i uvidí, jak tento signál vypadá, a že se skutečně jedná o vlnění.



Obrázek 28 – Skupina ze třídy 9.A při práci , vlastní zdroj autora

V rámci fyziky na Základní škole F. L. Čelakovského ve Strakonících, kde učím, jsem si toto vyzkoušel v praxi. Při astronomii se žáci rozdělili do skupin a pak si losovali témata projektu. Jedním z témat bylo Radiové záření a Slunce.

Této skupině jsem nabídnul možnost otestování přijímače Radio JOVE, abych si ověřil v praxi, zda je možné toto měření s žáky provádět. Skupina souhlasila a ve svém volném čase přijeli a provedli svoje vlastní měření a nyní provádějí zpracování výsledků. Obrázek 28 a 29 je pořízen při praktické činnosti těchto žáků.



Obrázek 29 – Pohled zhora na práci žáků, vlastní zdroj autora

8.2 Výpočetní technika a Radio JOVE

V kapitole fyzika a Radio JOVE jsem se zmínil o softwaru Radio-SkyPipe II, který používáme pro detekci. Software je volně šiřitelný (tedy v té základní verzi) a žáci ho mohou mít na školních počítačích. V rámci hodiny výpočetní techniky a s připojením přístroje na anténu, mohou sami detekovat záření a v programu MS Excel či jiném tabulkovém editoru vytvářet jednoduché tabulky se záznamy z měření.

Další možností jak měřit, je využít i připojení na výstup bez zesílení z přístroje, tedy částí před zesilovačem TDA 2008. Tento výstup připojíme kabelem jack–jack do mikrofoniho vstupu počítače a díky jakémukoli softwaru pro záznam zvuku můžeme

nahrávat signál ze Slunce, který je převeden na signál ve slyšitelném pásmu a vlastně budeme „poslouchat Slunce“.

Posledním využitím ve výpočetní technice je i vytváření protokolů z měření, kam můžeme vložit tabulky nebo výřez obrázku ze softwaru, který jsme při měření použili.

8.3 Technická výchova a Radio JOVE

Technická výchova je předmět, který je s tímto přístrojem asi nejvíce spojen. Zatímco fyzika nám dává nějaké teoretické znalosti a výpočetní technika nám pomůže při detekci a následném zpracování měření, tak technická výchova je hlavním předmětem, který dýchne Radio JOVE „život“.

V rámcovém vzdělávacím programu v sekci Člověk a svět práce, je i zmíněno že žáci mají být schopni montovat a demontovat. Toto přesně využijeme při stavbě přístroje. Součástí předmětu technická výchova je i elektrotechnika a elektronika. Žáci se zde mají naučit skládat jednoduché elektronické obvody. Zapojení Radio JOVE, ale není zas tak složité a jsme schopni si ho rozdělit na určité sekce, kde každá skupina žáků může montovat určitou sekci a tak by v konečném důsledku vytvářela jednoduchý obvod.

Další součástí stavby je výroba nebo spíše příprava krabičky, na které žáci taky mohou pracovat. Na krabičce si vyzkouší řadu pracovních úkonů jako pilování, vrtání apod. Tyto pracovní úkony pak využijí i při stavbě antény, která není složitá, ale musí být precizně vyrobená.

Pokud budeme s žáky opatrní, jsme schopni tento přístroj několikrát složit a rozložit a tudíž můžeme každý rok s žáky vyrobit v podstatě nový model. Jediné, co bychom zde měnili, je deska plošných spojů a občas pár součástek, které by se mohly manipulací poškodit. I přes tato všechna úskalí věřím, že maximálně tisíc korun ročně by škola mohla uvolnit, protože se díky tomuto zařízení nebude vyučovat pouze jeden předmět a jedno téma, ale několik předmětů a prakticky i několik témat najednou.

Díky schopnosti několikrát tento přístroj použít a i rozmontovat, tak nám vzniká nádherný koloběh, který můžeme využít každým rokem ve škole. Mezipředmětové vztahy tedy jsou od fyziky, přes dílny po výpočetní techniku.

Pro žáky je výhodou možnost prakticky si vyzkoušet mnoho činností přímo v hodinách.

9. Závěr

Sestavení přijímače není ekonomicky ani fyzicky náročné a pro použití v amatérské radioastronomii je zcela vyhovující. Nemusíme měřit pouze signál přicházející ze Slunce, ale po provedení zvětšení antény jsme schopni přijímat signál i z Jupitera, který jako druhé největší těleso naší sluneční soustavy vyzařuje také radiové záření.

I přesto, že se nepodařilo získat kvalitní data, tak bych se rád dál věnoval testování tohoto přístroje a odhalení chyb, které mohou vzniknout při stavbě a následném měření. Chyby, které mohly vzniknout, bych přisuzoval rušení z okolí, ale i nesprávné volbě použitých součástek, které jsem musel sám upravovat a tak mohlo dojít k nepatrnému poškození, z kterého mohla vzniknout chyba v měření.

Právě díky nekvalitním datům jsem se bohužel nedostal k sestavení parabolické antény a vzájemnému porovnání výsledků.

V budoucnu bych rád provedl ještě řadu testování a měření s Radio JOVE, které bych následně rád vyhodnotil a porovnal s výsledky z jiných amatérských i profesionálních observatoří.

Literatura

- [1] KLECZEK, J. Velká encyklopedie vesmíru. Praha: Academia, 2002
- [2] KLECZEK, J. Vesmír kolem nás. Praha: Albatros, 1986
- [3] VANÝSEK, V. Základy astronomie a astrofyziky. Praha: Academia, 1980
- [4] DEITERS, S., PAILER, N., DEYERLER, S. Astronomie – Cesta do hlubin vesmíru. Meppen: Contmedia GmbH 2006
- [5] KIPPENHAHN, R. Odhalená tajemství Slunce. Praha: Mladá Fronta, 1999
- [6] ASCHWANDEN, M. Physics of the solar corona. Springer, 2006.
- [7] WILSON, T.L., ROHLFS, K, HUTTERMEISTER, S. Tools of Radio Astronomy. Springer, 2009.
- [8] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/538-zareni-absolutne-cerneho-telesa> 7.3.2012
- [9] <http://slunce.astronomie.cz/slunce/slunce-jako-hvezda/> 22.3.2012
- [10] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Radioastronomie> 10.1.2012
- [11] <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k12.htm> 22.3.2012
- [12] http://sdowwww.lmsal.com/sdomedia/ssw/media/ssw/ssw_client/data/ssw_service_110924_074414_88918/www/ssw_cutout_304_context_full.gif 8.4.2012
- [13] <http://vedci.wz.cz/Images/jansky.jpg> 10.1.2012
- [14] <http://radiojove.gsfc.nasa.gov/> 12.4.2012
- [15] <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=109> 19.4.2012
- [16] <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm> 19.4.2012
- [17] <http://www.isa.au.dk/facilities/astrid/electrons/sr.asp> 19.4.2012
- [18] http://www.nxp.com/documents/data_sheet/SA602A.pdf
- [19] http://www.asu.cas.cz/~radio/rt5_2011.htm 20.3.2012
- [20] <http://www.planetky.cz/article.php3?sid=241> 20.3.2012
- [21] <http://www2.jpl.nasa.gov/radioastronomy> 20.3.2012
- [22] <http://www.almaobservatory.org/en/about-alma/origins-of-the-alma-project> 20.3.2012
- [23] <http://jamsedlacek.blog.idnes.cz/c/214523/Pocatky-radioastronomie.html> 29.4.2012

Seznam obrázků

Obr. 1 – Anténa Karla Janskyho pro příjem radiového signálu	9
Obr. 2 – Radiové pozorování na RT5 v AU AV ČR v Ondřejově.....	11
Obr. 3 – Snímek z družice SDO ze dne 24.9.2011.....	12
Obr. 4 – ALMA počítačový model.....	13
Obr. 5 – Propustnost atmosféry pro různé druhy záření.....	15
Obr. 6 – Záření černého tělesa.....	16
Obr. 7 – Čerenkovovo záření.....	17
Obr. 8 – Vlevo je znázorněný vznik synchrotronového záření a vpravo snímek z vesmíru.....	18
Obr. 9 – Stavba Slunce.....	19
Obr. 10 – Termonukleární reakce v nitru Slunce.....	20
Obr. 11 – Koróna Slunce při expanzi slunečního větru.....	23
Obr. 12 – Blokové schéma zapojení celého přijímače.....	25
Obr. 13 – RF pásmový filtr a předzesilovač Radio JOVE.....	26
Obr. 14 – Blokové schéma SA 602.....	27
Obr. 15 – Nízkopropustný filtr v Radio JOVE.....	28
Obr. 16 – Schématické zapojení obvodu Radio JOVE.....	32
Obr. 17 – DPS Radio JOVE.....	34
Obr. 18 – Zapojení součástek na DPS Radio JOVE.....	34
Obr. 19 – Částečně osazená DPS bez IO.....	37
Obr. 20 – Krabička řístroje.....	38
Obr. 21 – Model připravené antény.....	39
Obr. 22 – Rozměry antény a umístění.....	41
Obr. 23 – Příprava dipólu před montáží na stojny.....	41
Obr. 24 – Testování Radio JOVE, signál z testovacího oscilátoru.....	42
Obr. 25 – Ukázka SW Radio-SkyPipe pro zpracování signálu.....	46
Obr. 26 – Signál naměřený na SW Audacity.....	47
Obr. 27 – Měření provedené dne 29.4.2012.....	48
Obr. 28 – Skupina ze třídy 9.A při práci.....	50
Obr. 29 – Pohled zhora na práci žáků.....	51

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Hodnoty rezistorů použitých při stavbě.	27
Tabulka 2 – Hodnoty kondenzátorů použitých při stavbě.	28
Tabulka 3 – Cívky a diody v Radio JOVE.	29
Tabulka 4 – Aktivní prvky v Radio JOVE.	29