

Gymnázium Přírodní škola, z.ú.
Profilová práce — třída Pí
Nižší stupeň studia
2024/2025

Daniel Chvosta

Konstrukce dvou rádiových přijímačů

Vedoucí práce: Mgr. František Tichý

Datum odevzdání: 6. 1. 2025

Obsah

Úvod	1
Cíle práce	2
Postup práce a metodika	2
Teoretická příprava	2
Příprava praktické části	2
Konzultace s odborníky	2
Realizace praktické části	3
Výsledky	4
Teoretická část	4
Osobnosti, které zasáhly do vývoje rádiového vysílání	4
Fyzikální jevy a procesy jako podstata rádiového vysílání	5
Popis funkce vysílače a přijímače	12
Praktická část – konstruování dvou různých radiopřijímačů	13
Příprava a shánění součástek	13
Sestavování radiopřijímače podle 1. schématu	14
Ověření funkčnosti 1. přístroje	16
Sestavování přijímače podle 2. schématu	17
Ověření funkčnosti 2. přístroje	18
Návrh programu pro přednášku	19
Analýza výsledků a diskuze	20
Osobní zhodnocení projektu	20
Porovnání funkčnosti obou realizovaných schémat	20
Doporučení pro zájemce o projekt	21
Závěr	22
Přílohy	23
Schémata, obrázky	23
Zdroje, literatura	29
Knižní zdroje	29
Internetové zdroje	29

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce Mgr. Františku Tichému za inspiraci k tématu práce, za cenné rady a za podporu, kterou mi během celého průběhu zpracování poskytoval.

Dále bych chtěl poděkovat Michalu Vovsovi za užitečné rady a pomoc při shánění nezbytného materiálu.

A nakonec bych chtěl poděkovat i svému otci Jiřímu Vondráčkovi zejména za důležitý podnět, který se ukázal být rozhodujícím pro úspěšný výsledek práce.

Úvod

V dnešní době už si nedokážeme představit, že se kdysi lidé nemohli dorozumívat na dálku. Jedinými způsoby komunikace by buď osobní rozhovor, nebo psaný dopis, který musel někdo dopravit na místo určení, což mnohdy zabralo i dlouhé týdny. Dnes je možné s kýmkoli mluvit nebo se i setkat na dálku pomocí digitálních technologií. K těmto našim dnešním téměř neomezeným možnostem ale vedla dlouhá cesta. Od nepaměti lidé zkoušeli nové možnosti přenosu informací.

Už od dětství se zajímám o elektrotechniku. Baví mě zkoušet si postavit vlastní elektrické obvody a na nich si otestovat svoji zručnost. Ve škole pomáhám s programy, které se týkají základů elektrotechniky pro nižší ročníky. Absolvoval jsem několik lekcí fyzikálního kroužku na MFF UK věnovaných elektřině jako fyzikálnímu jevu a následně i elektrotechnice.

Proto mi přišlo zajímavé vyzkoušet si postupy vynálezců z druhé poloviny 19. století, kterým se poprvé v historii podařilo navázat spojení na dálku. Dnes je jedna z posledních možností provést tento experiment z důvodu ústupu od vysílání na středních vlnách. Jiný typ rádiových vln tyto improvizované radiopřijímače nedokážou zpracovat. Proto bych se chtěl ve své profilové práci zaměřit na to, jak funguje šíření rádiových vln, a zkusit si postavit dva rádiové přijímače podle dvou různých schémat. V dnešní době funguje už pouze několik málo vysílačů, které vysílají na středních vlnách a díky kterým je tento pokus realizovatelný.

Cíle práce

Při definování rozsahu své profilové práce jsem si postupně vytyčil 5 hlavních cílů, kterých chci ve své práci postupně dosáhnout:

- seznámit se s tématem elektromagnetických vln a dálkového přenosu informací
- sehnat dvě schémata na sestrojení jednoduchého radiopřijímače
- pokusit se získat součástky, sestrojít a ověřit funkčnost přijímačů
- zhodnotit všechny problémy a sepsat doporučení pro další zájemce o tuto problematiku
- připravit přednáškový program/ workshop pro Klub vědců Přírodní školy

Postup práce a metodika

Při realizaci své profilové práce jsem se držel následujícího postupu:

Teoretická příprava

Nejprve jsem se seznámil s historií vědeckého poznání, které vedlo k objevu přenosu signálu na dálku, abych téma své práce zasadil do historického kontextu. To znamená, že jsem si ve zdrojích vyhledal vědce, kteří se zasloužili o to, že existují dnešní možnosti dálkového přenosu informací. Následně jsem si nastudoval nejdůležitější fyzikální principy, které tito vědci popsali, a všechny jsem si je osvojil, abych rozuměl tomu, čeho se týkají a jak fungují. Poté jsem se krátce věnoval vysvětlení funkce konkrétních elektrosoučástek, které jednoduchý přenos signálu umožňují. Všechny tyto poznatky jsem popsal v teoretické části mé profilové práce.

Příprava praktické části

První krokem bylo provedení internetových rešerší s cílem nalézt maximum možných konstrukčních schémat. Ty jsem vybíral podle jejich konstrukční náročnosti a dále podle náročnosti na materiál, abych nemusel shánět příliš velké množství složitých součástek. Zároveň jsem musel myslet i na finanční nákladnost jednotlivých schémat, abych se s cenou dílů vešel do mnou stanoveného rozpočtu 1000,- Kč a nepřekročil jsem tak svoje finanční možnosti. Následně jsem z předem vybraných schémat vybral dvě, která jsem se pokusil zrealizovat.

Konzultace s odborníky

Dalším bodem byla plánovaná konzultace s odborníky v oblasti elektrotechniky. Na radu vedoucího mé práce jsem se pokusil kontaktovat odborníky z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, na které jsem dostal kontakt. Dále jsem také kontaktoval odborníka a přítele Přírodní školy Michala Vovese, který pracuje v obchodě s elektrosoučástkami GM electronic. S tím jsem se radil ohledně výběru vhodných dílů na má schémata a jejich fyzikálních parametrů. Nezbytnou podmínkou pro sestavení přijímačů bylo

také naučit se techniku pájení. S tím mi jako konzultant pomohl můj táta, který je absolventem elektrotechnického vzdělávacího oboru. Během praktické části své práce jsem fotograficky dokumentoval svůj postup a zaznamenával své poznatky a problémy, se kterými se setkal. Od počátku jsem se snažil udělat maximum pro to, aby má rádia fungovala.

Realizace praktické části

Na základě schémat jsem sestrojil oba přijímače. Detailní postup mé práce včetně schémat a problémů, se kterými jsem se potýkal při jejich sestavování, je popsán v kapitole **Výsledky**. Tyto své nově nabyté zkušenosti zároveň vnímám jako nejdůležitější výsledek své práce.

Výsledky

Teoretická část

Osobnosti, které zasáhly do vývoje rádiového vysílání

Prvním vědcem, kterého musím jmenovat v souvislosti s vynálezem rádia, je **James Clerk Maxwell** (13. 6. 1831 Edinburgh – 5. 11. 1879 Cambridge). Byl to skotský všestranný fyzik. Jeho nejvýznamnějším objevem je obecný matematický popis elektromagnetického pole, dnes známý jako Maxwellovy rovnice. Maxwell předpověděl existenci elektromagnetických vln i to, že i světlo je svou podstatou elektromagnetické vlnění.¹

Na Maxwellovu práci navázal **Heinrich Rudolf Hertz** (22. 2. 1857 Hamburk – 1. 1. 1894 Bonn). Byl to německý fyzik, který experimentálně ověřil Maxwellovy teoretické předpoklady o šíření elektromagnetických vln, a tím odstartoval cestu k vývoji bezdrátového spojení. Je po něm pojmenována jednotka pro frekvenci. Jeho nejslavnějším pokusem byl praktický důkaz šíření elektromagnetických vln z roku 1887. Hertzova aparatura se skládala z obřího induktoru s jiskřištěm a oscilátoru (dvou kovových koulí vzájemně vzdálených jen pětinu milimetru s připojeným kusem drátu coby anténou). Po spuštění induktoru se objevily jiskry i na druhé aparatuře. Tím byl poprvé dokázán přenos elektromagnetických vln bez použití vodičů.²

Dalším významnou postavou byl srbský vynálezce **Nikola Tesla** (10. 7. 1856 – 7. 1. 1943). Ten se roku 1891 začal zabývat technologií rádiového přenosu a v roce 1893 jako první na světě veřejně předvedl radiokomunikační přístroj. Teslovy objevy a vynálezy pokračovaly i v následujících letech: nechal si přihlásit kolem 300 patentů. Mnoho jeho objevů vzniklo jako vedlejší produkt jeho základního výzkumu a někdy si ani hned neuvědomil jejich budoucí potenciál. Proto je nepublikoval a později mu proto nebylo přisouzeno prvenství.³

Ruský fyzik **Alexandr Stěpanovič Popov** (18. 3. 1859 – 13. 1. 1906) byl jedním z průkopníků bezdrátové telegrafie. Z ní později vzniklo rozhlasové vysílání. Popov byl počátkem 90. let 19. století požádán, aby pro petrohradskou meteorologickou stanicí zkonstruoval indikátor blesků. Později se ukázalo se, že jeho „bleskojev“ registroval nejen blesky, ale i umělé záblesky, krátké a dlouhé – budoucí telegrafické tečky a čárky. 7. 5. 1895 Popov předvedl svůj přístroj členům Ruské fyzikálně technické společnosti. Jednalo se o bleskosvod jako anténu, koherer (detektor elektromagnetických vln), telegrafní relé a elektrický zvonek. V prosinci téhož roku oznámil dosažení pravidelného spojení, což

¹ James Clerk Maxwell. Online. 2004, 29. 12. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell. [cit. 2025-01-05].

² Heinrich Hertz. Online. 2004, 7. 11. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Hertz. [cit. 2025-01-05].

³ Nikola Tesla. Online. 2005, 2. 12. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla. [cit. 2025-01-05].

21. 3. 1896 veřejně předvedl na petrohradské univerzitě mezi budovami, vzdálenými od sebe 250 metrů.⁴

Marchese Guglielmo Marconi (25. 4. 1874 – 20. 7. 1937) navázal na práci svého vzoru Heinricha Hertze. Opakoval jeho pokusy a díky tomu v roce 1896 získal patent na bezdrátový telegraf. V roce 1897 založil telegrafní společnost a vysílal na vzdálenost 15 km. V roce 1898 provedl spojení z palub lodí a první sportovní reportáž. Dne 12. prosince 1901 provedl první transatlantické bezdrátové spojení. Byl autorem mnoha dalších vynálezů (magnetický detektor, duplexní radiotelegrafie, rotační jiskřiště, vodorovná směrová anténa, a tak dále).⁵

Valdemar Poulsen (23. 11. 1869 – 23. 7. 1942) v roce 1903 vyvinul první rádiový vysílač s kontinuální vlnou, obloukový vysílač Poulsen, který se v některých rádiových stanicích používal až do 20. let 20. století.⁶

Fyzikální jevy a procesy jako podstata rádiového vysílání

1. Elektromagnetické vlny

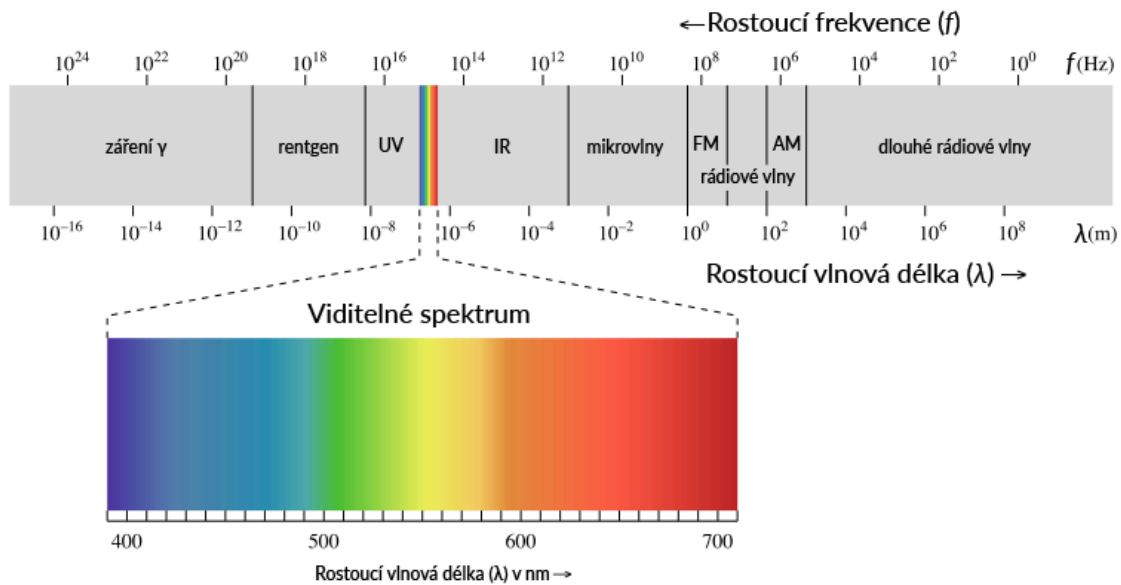
Před tím, než jsem se mohl pustit do sestavování jednotlivých rádií, jsem si musel nastudovat potřebné fyzikální principy z oboru přenosu dat na dálku. V telekomunikačním průmyslu se data přenášejí pomocí elektromagnetických vln. Elektromagnetické vlny jsou vlny, které se šíří prostorem rychlostí světla, a je to vlnění elektrického a magnetického pole. Do těchto vln se poté kódují informace pomocí dvou hlavních veličin - to jsou **frekvence** tohoto vlnění a jeho **intenzita**.

Těchto typů vlnění známe množství druhů. Jedním z těchto typů je například světlo, které můžeme vidět pouhým okem, ale také ultrafialové záření nebo právě vlny, díky kterým si můžeme poslechnout rozhlas nebo se dívat na televizi. Elektromagnetické vlnění má spektrum seřazené pomocí vlnové délky a frekvence těchto vln (viz obrázek 1).

⁴ Alexandr Stěpanovič Popov. Online. 2007, 22. 11. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Alexandr_St%C4%9Bpanovi%C4%8D_Popov. [cit. 2025-01-05].

⁵ Guglielmo Marconi. Online. 2004, 3. 12. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Guglielmo_Marconi. [cit. 2025-10-5].

⁶ Valdemar Poulsen. Online. 2021, 12. 6. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Valdemar_Poulsen. [cit. 2025-01-05].



Obrázek 1 - spektrum elektromagnetického záření, Světlo: Elektromagnetické vlnění, spektrum a fotony. Online. Dostupné z <https://cs.khanacademy.org/science/obecna-chemie/xfed2aace53b0e2de:atomy-a-jejich-vlastnosti/xfed2aace53b0e2de:fotoelektronova-spektroskopie/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>. [cit. 2025-01-05].

2. Kategorie elektromagnetických vln

Prvními ze skupiny rádiových vln jsou **dlouhé vlny (DV)**. Tyto vlny mají vlnovou délku 10 000 – 1000 m a frekvenci 30 až 300 kHz, používaly se na rozhlasové vysílání a na meteorologická hlášení. V České republice už není jediný vysílač, který by tyto vlny vysílal. Druhé jsou **střední vlny (SV)**. Tyto vlny mají frekvenci 300 kHz až 3 MHz, tedy vlnovou délku 100 – 1000 m. Běžně se používaly k přenosu rozhlasového vysílání, dále také k radionavigaci a komunikaci na malé a střední vzdálenosti. Dnes už máme na území Čech jen pár vysílačů, které tyto vlny vysílají. Typy radiopřijímačů, které se pokusím vyrobit ve své práci, přijímají právě tyto typy vln. Třetí jsou **krátké vlny (KV)**, tyto vlny se používají na radiokomunikaci na střední a dlouhé vzdálenosti a mají frekvenci 3 – 30 MHz a vlnovou délku 100 až 10 m. Tyto vlny se šíří pomocí ionosféry v atmosféře, tím pádem to nejsou vlny pozemní. Předposlední, co se týče rádiových vln, jsou **velmi krátké vlny (VKV)**, které se stále používají. Mají frekvenci 30 – 300 MHz a vlnovou délku 10 až 1 m. Na těchto vlnách v tuto chvíli vysílá většina všech rozhlasových stanic i pár televizních. Od vysílání na těchto vlnách se ale v případě televizních stanic ustupuje. A poslední jsou **ultra krátké vlny (UKV)**. Mají frekvenci 300 MHz až 3 GHz a vlnovou délku 1 m až 10 cm. Vysílá na nich většina televizních kanálů, poté mobilní síť, Wi-Fi, GPS, probíhá na nich i vojenská komunikace.

Další skupinou, která je předslem mezi rádiovými vlnami a mezi infračerveným zářením, jsou **mikrovlny**. Jsou to druh elektromagnetického vlnění, které se používá v například mikrovlnných troubách. Tyto mají vlnovou délku 1 m až 1 mm a frekvenci od 0,3 do 300 GHz. Díky těmto vlnám si můžeme třeba ohřát jídlo, ale používá se také k vysoušení knih nebo tkanin nebo k restaurování uměleckých děl. Tyto vlny mají schopnost rezonovat s molekulami vody, tedy je rozkmitat, a tím docílit tvorby tepla například v našem pokrmu.

Infračervené záření je typ záření s vlnovou délkou mezi 760 nm a 1 mm. Je to tepelné záření. Přístroje na detekci infračerveného záření se používají například v armádě nebo v myslivosti v typech zaměřovačů, které díky vyzařovanému teplu odhalí živý objekt, ale také u dálkových ovladačů apod.

Viditelné světlo je také typ elektromagnetického záření. Má vlnovou délku 390 – 760 nm. Barevné spektrum tohoto světla, jak je vnímáno lidským zrakem, postupuje od největší vlnové délky, tedy červené, přes žlutou, zelenou, modrou až k nejmenší vlnové délce, kterou je fialová.

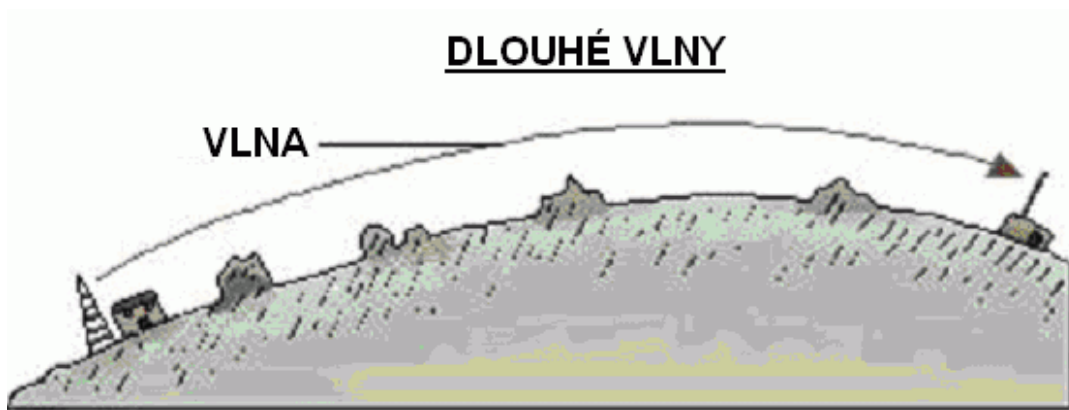
Ultrafialové záření je opět lidskému oku neviditelné. Má vlnovou délku 400 až 10 nm. Jeho přirozeným zdrojem je slunce. Má desinfekční účinky, ale pro naše oči je nebezpečné. Vzniká také obloukovým výbojem v zářivkách, kde ale jeho úniku do okolí brání ochranný lak, a také při sváření kovů obloukovými výboji. Největší část UV záření, které by mělo dopadnout na povrch Země, je zachycena ozónovou vrstvou.

Rentgenové záření má vlnovou délku 10 nm až 1 pm. Tento druh záření dokáže proniknout mnoha materiály a od jiných materiálů se odráží. Proto se používá například ve zdravotnictví. Díky rentgenovému záření mohou lékaři například diagnostikovat fraktury kostí. Používá se také v přístrojích při bezpečnostních kontrolách na letišti, kde se pomocí rentgenu mohou zobrazit potenciálně nebezpečné kovové předměty nebo zbraně. Toto záření je pro člověka také nebezpečné. Je totiž radioaktivní, což v jednorázové nízké dávce nepředstavuje nebezpečí, ale při pravidelném styku s tímto zářením a následném ozáření tkání může mít člověk zdravotní komplikace - existuje zde riziko mutace buněk a následná tvorba rakovinného bujení.

Posledním druhem záření je **záření gama**. Toto záření má menší vlnovou délku než 1 pm a ze všech záření proniká do různých materiálů nejlépe. To má za následek, že při ozařování tímto zářením dochází k ničení tělesných buněk. V dnešní době se toto záření díky jeho razantním účinkům využívá v medicíně k eliminaci nádorů.

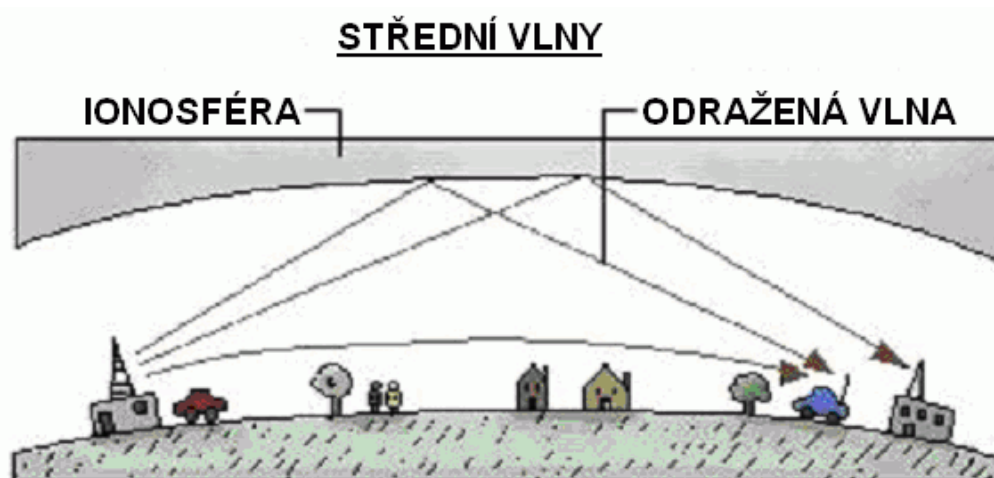
3. Šíření rádiových vln v terénu

Jak jsem již zmiňoval v předešlé kapitole, různé typy záření se liší pouze ve vlnové délce a frekvenci. Tyto dvě veličiny zároveň ovlivňují způsob, kterým se tyto vlny šíří terénem. Na obr. 2 je znázorněno, jakým způsobem se šíří vlna vlnové délky 10 000 m až 1 000 m, tedy **dlouhá rádiová vlna**. Tato vlna se ohýbá kolem překážek v terénu a díky tomu má velmi dobrý dosah signálu. Proto není pro pokrytí daného území potřeba stavět tolik rozhlasových vysílačů (viz obrázek 2).



Obrázek 2 - šíření dlouhé vlny v terénu, Co to jsou radiovlny. Online. Dostupné z: <http://oklike.c-a-v.com/soubory/radiovlny.htm>. [cit. 2025-01-05]

Střední vlny, které se pokusím zachytit na svých přijímačích, jsou těm dlouhým v něčem podobné. Šíří se totiž pomocí pozemní vlny i vlny prostorové. Pokud se snažíme o naladění těchto vln přes den, zachytáváme vlny pozemní. To je z důvodu tlumení prostorových vln mezi vyšší a nižší částí ionosféry, které proto během dne nedokážeme zachytit. V noci hustota ionosféry klesá a vlny se začínají odrážet směrem k zemskému povrchu⁷ (viz obrázek 3).

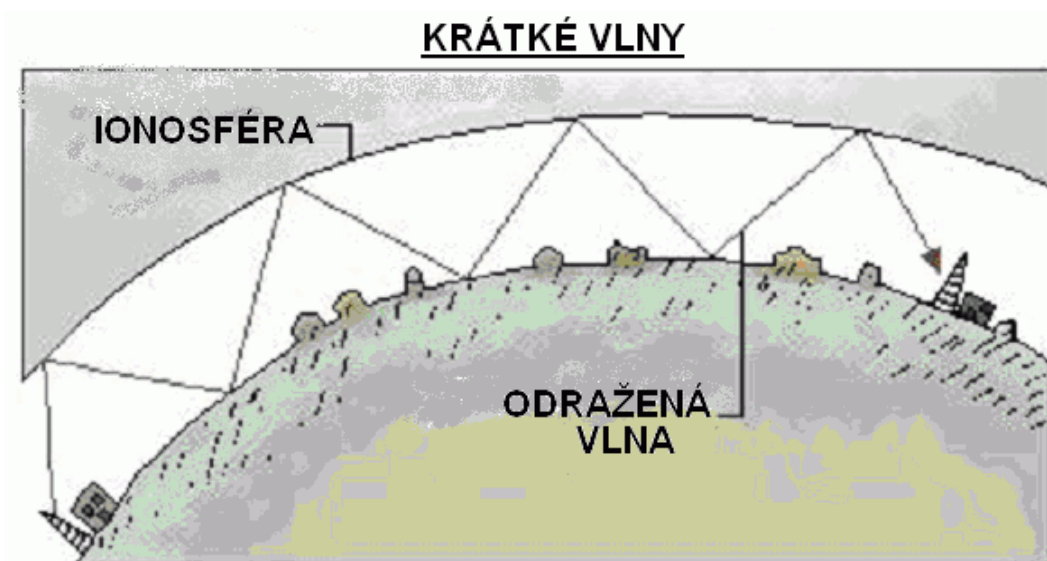


Obrázek 3 - šíření středních vln terénem, Co to jsou radiovlny. Online. Dostupné z: <http://oklike.c-a-v.com/soubory/radiovlny.htm>. [cit. 2025-01-05]

Dalším typem vln jsou **krátké vlny**. Ty, jak už jsem zmiňoval, se šíří pomocí odrazu od ionosféry (viz obrázek 4). Tyto vlny se tedy ani se žádnými překážkami nasetkají. Ale nastává zde jiný problém, že kvůli měnícím se přírodním podmínkám jako je intenzita slunečního svitu nebo přítomnost oblačnosti se dosah vysílání může rychle změnit i z hodiny

⁷ Šíření dlouhých, středních a krátkých vln. Online. Dostupné z: <http://oklike.c-a-v.com/soubory/radiovlny.htm>. [cit. 2025-01-03].

na hodinu. Dosah těchto vln se tak může zkrátit i o několik stovek až tisíců kilometrů, a proto je toto vysílání považováno za nestabilní a je méně využíváno.



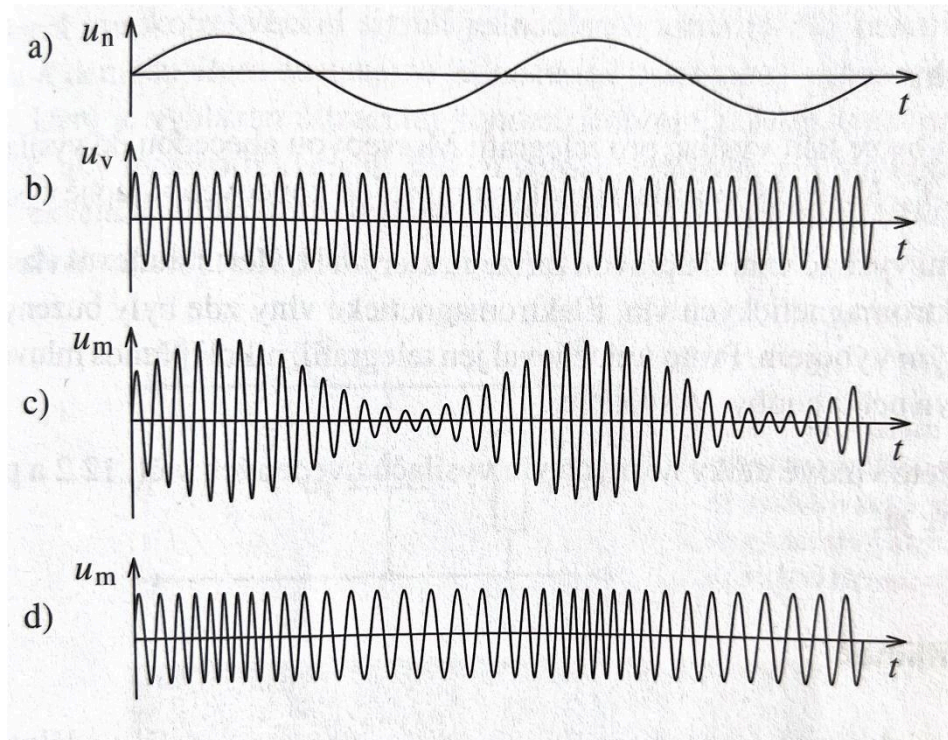
Obrázek 4 - šíření krátkých vln terénem, Co to jsou radiovlny. Online. Dostupné z: <http://oklike.c-a-v.com/soubory/radiovlny.htm>. [cit. 2025-01-05].

Obecně platí, že čím kratší rádiové vlny vysíláme, tím hůře procházejí terénem a je potřeba mít více vysílačů, aby oblast pokryly. Zároveň jednotlivé přijímače musí být v přímém dosahu vysílačů. To je také důvod, proč se moderní vysílače stavějí na kopcích. Díky tomu totiž mohou rovnoměrně pokrýt širokou oblast v okolí. Někdy je ale problém s pokrytím úzkých údolí, kam se signál špatně dostává a někdy i nedostane.

4. Typy modulací rádiového signálu

Modulace rádiového signálu je ve zkratce způsob zakódování informací či spíše dat, které chceme přenést z bodu A do bodu B pomocí rádiových vln neboli elektromagnetického vlnění. V principu známe dva původní typy modulací: **modulaci amplitudovou** (dlouhé vlny, střední vlny a krátké vlny) a **modulaci frekvenční** (velmi krátké vlny).

Při **amplitudové modulaci** se spojuje nízkofrekvenční signál (viz obrázek 5a), který má velkou amplitudu neboli výchylku, se signálem vysokofrekvenčním neboli nosným (viz obrázek 5b), tedy tím, který nese potřebná data. Tím vzniká signál, který má stejnou frekvenci, ale jehož amplituda se v čase mění (viz obrázek 5c).



Obrázek 5 - typy modulací, autor LEPIL, Oldřich a ŠEDIVÝ, Přemysl. In: Fyzika pro gymnázia Elektrina a magnetismus. 5.vydání, Prometheus, 2008, s. 243. ISBN 978-80-7196-202-1.

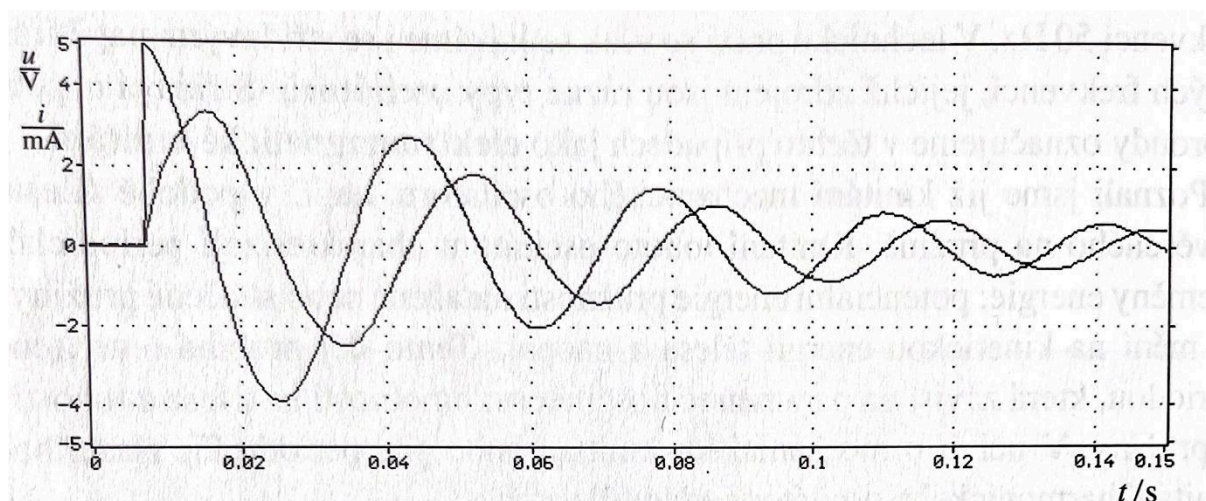
Při **frekvenční modulaci** se naopak mění frekvence a amplituda je konstantní - vzniká vlna (obrázek 5d). Tato modulace je značně náročnější kvůli tomu, že je při ní potřeba velký rozsah frekvencí, proto se tento typ modulace používá pouze u vln VKV, tedy velmi krátkých vln.

U moderních telekomunikačních prostředků, například mobilních telefonů, se používá **impulzivní modulace**. Tam se akustický signál převádí do digitálního signálu neboli do dvojkové soustavy (jedničky a nuly), a tento signál z mobilního vysílače je přijímán sítí mobilních přijímačů/vysílačů na střechách vysokých budov. Tím dojde k vytvoření sítě, která umožňuje simultánní přenos velkého množství mobilních hovorů najednou bez vzájemného rušení.

5. Oscilační obvod

Oscilační obvod je obvod, který vytváří elektromagnetické kmitání v libovolném obvodu, což je podstatou šíření elektromagnetického vlnění. Nejprimitivnější oscilační obvod je tvořen cívku a kondenzátorem. Energie elektrického pole v kondenzátoru představuje počáteční energii celého kondenzátoru. Tím, že připojíme ke kondenzátoru cívku, začne v tomto obvodu proudit elektrický proud. Díky tomu vytváří cívka kolem sebe magnetické pole. Energie kondenzátoru, respektive jeho elektrického pole, začne klesat. Tím se prakticky energie kondenzátoru přeměňuje na energii magnetického pole cívky, a proto se zmenšuje kmitání celého obvodu. Tomuto jevu se říká **tlumené kmitání oscilačního obvodu** (viz graf

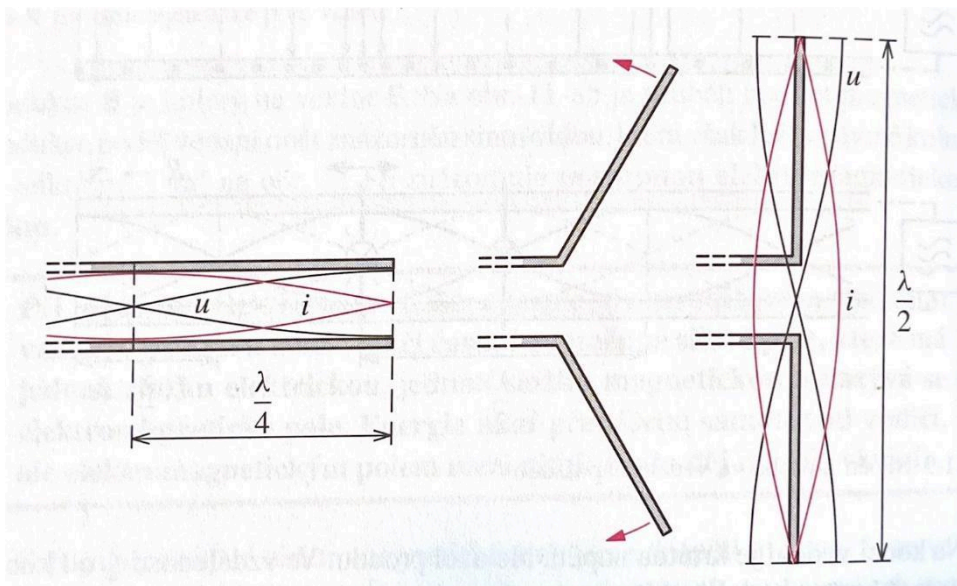
1). Pokud ale připojíme oscilátor ke zdroji střídavého proudu, kmitání oscilátoru bude nucené. Kmitat bude frekvencí připojeného zdroje a jeho kmitání nebude tlumené. Tohoto jevu se využívá právě ve vysílacích stanicích.



Graf 1 – graf tlumeného oscilačního obvodu, autor LEPIL, Oldřich a ŠEDIVÝ, Přemysl. In: Fyzika pro gymnázia Elektrina a magnetismus. 5. vydání, Prometheus, 2008, s. 218. ISBN 978-80-7196-202-1.

6. Elektromagnetický dipól

Elektromagnetický dipól je prakticky anténa. Tvoří tu součást obvodu, která vysílá do prostoru elektromagnetické vlny, které vznikly v oscilačním obvodu. Elektromagnetické vlny jsou vedeny ve speciálním kabelu, který se nazývá koaxiální a je dvou vodičový. Dipól je tento dvou vodičový kabel, který je ohnutý na konci o čtvrtinu vlnové délky, kterou chceme vysílat (viz obrázek 6). Díky tomu na tomto dipólu vznikají proudy, které mají souhlasný směr a polovinu vlnové délky. Jelikož nám vzniká polovina vlnové délky, říkáme tomuto dipólu **půlvlnný dipól**. Takto funguje anténa vysílače. Anténa přijímače má opačnou funkci, a tou je zachytit část signálu příslušné vlnové délky. Při napojení na cívku funguje jako oscilátor a signál z ní je poté v přijímači dalšími součástkami zpracován.



Obrázek 6 - Elektromagnetický dipól, autor LEPIL, Oldřich a ŠEDIVÝ, Přemysl. In: Fyzika pro gymnázia Elektřina a magnetismus. 5. vydání, Prometheus, 2008, s. 218. ISBN 978-80-7196-202-1.

Popis funkce vysílače a přijímače

1. Vysílač

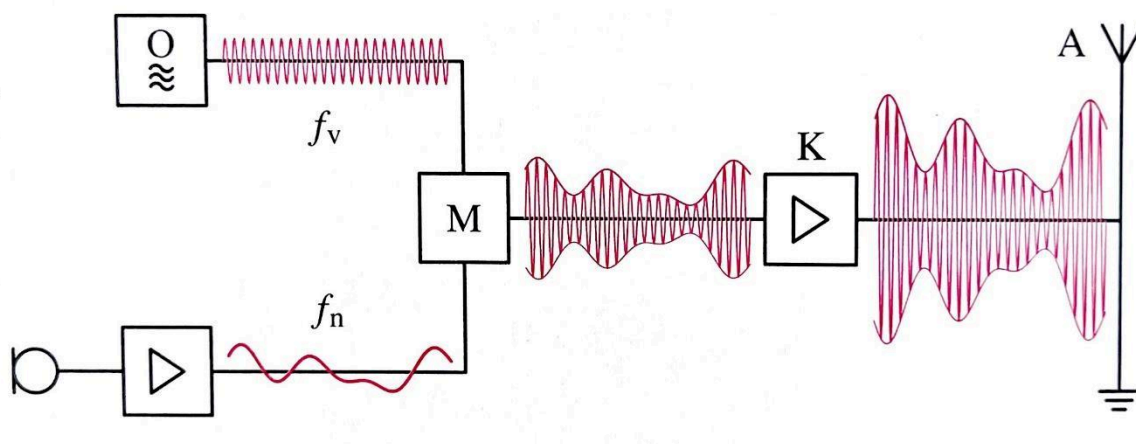


Schéma 1 - schéma obecné stavby vysílače, autor LEPIL, Oldřich a ŠEDIVÝ, Přemysl. In: Fyzika pro gymnázia Elektřina a magnetismus. 5. vydání, Prometheus, 2008, s. 242. ISBN 978-80-7196-202-1.

Základní schéma vysílače vypadá takto (viz schéma 1). Horní rameno je oscilační obvod, který vytváří kmity. Spodní obvod je například připojení mikrofону, který vysílá signál o nízké frekvenci. Oba dva tyto signály se spojí v modulátoru a vytvoří signál, který se poté vysílá. Ještě před tím, než se signál vyšle do okolí, se zesílí v zesilovači. Ze zesilovače poté putuje do antény, odkud je vysílán do okolí.

2. Přijímač

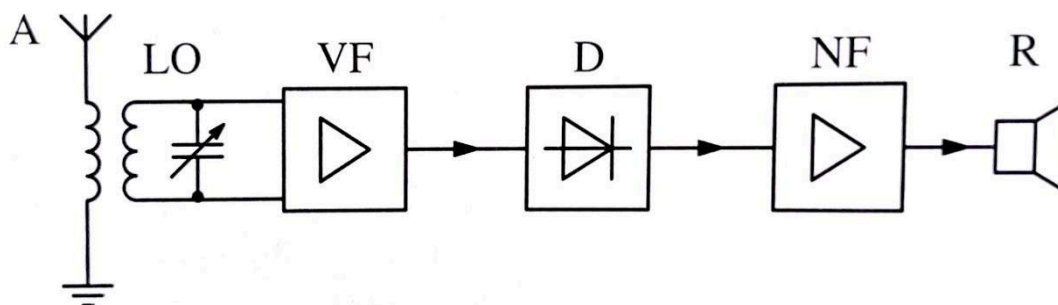


Schéma 2 - schéma obecné stavby přijímače, autor LEPIL, Oldřich a ŠEDIVÝ, Přemysl. In: Fyzika pro gymnázia Elektrina a magnetismus. 5. vydání, Prometheus, 2008, s. 244. ISBN 978-80-7196-202-1.

Na schématu 2 je základní stavba přijímače. Signál se přijímá anténou. Dále pomocí cívky, která vytvoří magnetické pole, se pak na druhé cívce indukuje proud. Následně se díky kondenzátoru naladí frekvence signálu. Jako další je na tento obvod připojen vysokofrekvenční zesilovač, který přijatý signál zesílí. Signál se poté přemísťuje do demodulátoru, který ho přemění opět na nízkofrekvenční signál, a ten je poté možné slyšet z reproduktorů, popřípadě sluchátek.

Praktická část – konstruování dvou různých radiopřijímačů

Příprava a shánění součástek

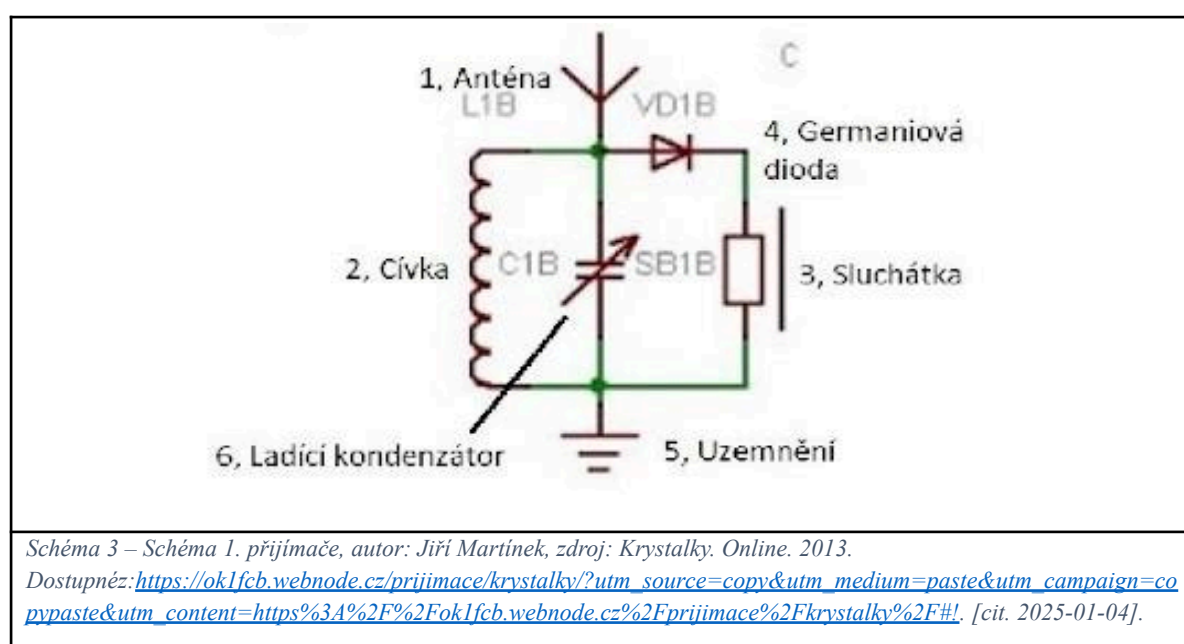
Pro svoje dvě krystalky jsem nejdříve musel sehnat vhodná schémata konstrukce. Na sestavení krystalek existuje na internetu množství návodů. Já jsem se rozhodl, že zvolím taková schémata konstrukce, která nebudou ani příliš primitivní, ale ani příliš složitá, a tím pádem náročná na materiál i časovou dotaci na sestavování. Provedl jsem podrobnou internetovou rešerši, kdy jsem na základě mnou zvolených kritérií předvybral asi pět schémat. Nejdůležitějším z kritérií výběru bylo to, jak podobně jsou schémata na dané stránce popsána včetně návodu k sestavení a možných rizik a chyb. Z nich jsem nakonec vybral dvě, která se mi zdála jasná, srozumitelná, kde počet součástek nebyl příliš vysoký a schéma propojení nebylo zbytečně složité, abych bez předchozí zkušenosti dokázal obvod sestavit.

Co se týká jednotlivých součástek, ze začátku jsem si myslel, že sehnat potřebný materiál na moje dva přijímače nebude problém. Rozhodl jsem se, že nejdříve zajedu do GM Electronics v Křížíkově ulici v Praze, což je obchod, který se specializuje na prodej elektrosoučástek a elektrospotřebičů.

Před cestou do obchodu jsem si sepsal seznam součástek na oba obvody. Když jsem přijel na místo, nejprve jsem koupil měděný lakovaný drát o průměru 0,3 milimetru, který budu používat na výrobu cívek. Poté jsem přešel do druhého patra této budovy, kde prodávají pouze elektrosoučástky. Zde přímo v oddělení pracuje i velký kamarád Přírodní školy Michal Voves. Nejdříve jsem se ho zeptal, jestli prodávají germaniové diody, na což mi odpověděl, že je vůbec nemají v sortimentu, ale že on sám nějaké má, takže mi je pošle po vedoucím mé profilové práce Františku Tichém. Moje druhá otázka byla, jestli prodávají ladící kondenzátory 2x270 pf. Opět mi odpověděl, že je bohužel nemají a že je nemá ani on. Poté, co jsem dorazil domů, jsem sedl k počítači a hledal, jestli je neprodávají na nějakém e-shopu. Po asi 40 minutách soustředěného hledání jsem našel jeden e-shop z Havířova. Poté jsem na stránkách tohoto e-shopu objednal tento kondenzátor za 200,-Kč i s dopravou. To se mi zdá i přesto, že platím i dovoz přes víc jak půl republiky, na tak drobnou součástku poměrně nákladné.

Dále jsem zjistil, že bohužel nemám vhodná sluchátka, která bych mohl k mým krystalkám připojit. Michal Voves mi řekl, že budu potřebovat vysokoimpedanční sluchátka s celkovým odporem kolem 4000 ohmů. Ty jsem našel přes inzerát na on-line tržišti Bazoš od jedné prodávající z Kladna. Paní jsem bez prodlení kontaktoval a poptal se, jestli je nabídka stále aktuální. Ona mi naštěstí odpověděla, že je. Tak jsem si tato sluchátka hned objednal, zaplatil platbu převodem a následně je po 2 dnech vyzvedl v boxu Zásilkovny. Jediné, co zbývalo sehnat, byly 2 plastové trubice jako jádra pro cívky, první s průměrem cca 30 mm a druhou s průměrem asi 50 mm. Proto jsem se zastavil v hobby obchodě Hornbach, kde jsem koupil jednu PVC trubici 32 mm. Tu druhou s větším průměrem jsem si vyrobil doma ze starého pítka pro morče. Ještě jsem potřeboval vázací drát na anténu. Toho jsme naštěstí měli doma celé nepoužité 50 m klubko.

Sestavování radiopřijímače podle 1. schématu



První schéma krystalky mě zaujalo tím, že v něm měla být možnost ladit signál pomocí ladícího kondenzátoru. První součástí tohoto obvodu je anténa (viz schéma 3, číslo 1), ta má v tomto obvodu funkci zachytávání signálu. U antény krystalky velmi záleží na její délce, měla by být alespoň 20 metrů dlouhá, aby se na cívce, ke které vede, naindukoval dostatečný proud. Dalším dílem je tedy samotná cívka (schéma 3, číslo 2), v té se indukují proud z antény, který poté pokračuje do ladícího kondenzátoru. Poté ve schématu následuje ladící kondenzátor (schéma 3, číslo 6), který má jako funkci vyselektovat z proudu naindukovaného na cívce frekvenci, kterou chceme poslouchat. Dále je v obvodu germaniová dioda (schéma 3, číslo 4), ta má za funkci rozkódovat signál, který je do ní přiváděn z kondenzátoru, aby byl slyšet ve sluchátkách. Předposlední součástí jsou samotná sluchátka (schéma 3, číslo 3). Ta by měla být vysokoimpedanční, tj. s vysokou hodnotou odporu nad kolem 4000 ohmů, aby nebyla přítěží pro celý obvod a aby byl zvuk, který z nich vychází, zřetelnější než u normálních sluchátek, jaká používáme běžně. A poslední částí obvodu je uzemnění (schéma 3, číslo 5). To má zajistit, aby v celém obvodu protékal proud a pouze se neindukoval bez toho, aby mohl volně odtékat. Uzemnění bývá připojeno k nějakým kovovým objektům, které se dotýkají země nebo které jsou z části v zemi. To jsou například hromosvod nebo kolík v zásuvce, nebo třeba radiátor.

Před vlastním započítáním práce jsem si shromáždil všechny potřebné součástky (viz fotografie 1 v Příloze této práce). Ze součástek na obrázku jsem pro realizaci schématu číslo 1 použil následující: již zmiňovanou trubici z materiálu PVC s průměrem 32mm (viz fotografie 1, číslo 4 – šedá trubice), na kterou budu vinout cívku o počtu 70 závitů těsně vedle sebe. Dále jsem nachystal měděný drát, který na vinutí použiji. Ten má průměr 0,3 mm a je lakovaný, bez bužírky (viz fotografie 1, číslo 3). Dalším dílem budou vysokoimpedanční sluchátka, díky kterým zjistím, jestli celá krystalka funguje (viz fotografie 1, č. 2). Následně budu potřebovat anténu, kterou si vyrobím z 20 metrů délky vázacího drátu průměru 0,5 mm (fotografie 1, číslo 5). Dále budu ještě potřebovat ladící kondenzátor 2x270 pF paralelně zapojený, a jako poslední součástku budu potřebovat spojovací materiál, kterým to všechno spojím dohromady. Na to použiji oproti původnímu záměru wago svorky, abych vyloučil riziko špatně spájených spojů a následné obtížné hledání chyby.

Nejprve jsem vzal trubici a do té jsem vrtačkou s malým průměrem vrtáku vyvrtal dvě malé dírky (viz fotografie 2 v Příloze). Pomocí těch jsem na trubici uchytil měděný drát (viz fotografie 3 v Příloze), který jsem poté začal hustě navíjet kolem celé trubice, abych vytvořil cívku. Navíjel jsem 70 závitů jeden těsně vedle druhého. Po dokončení vinutí jsem poslední závit zajistil izolační páskou, aby cívka nepovolila a následně se mi nerozmotala (viz fotografie 4 v Příloze). I přesto, že navinutých závitů zdánlivě nebylo až takové množství, tak mi celá tato činnost zabrala více času, než bych čekal. Cívku jsem musel neustále utahovat, což bylo náročné a hodně to můj postup zpomalovalo. Bohužel mi trubice z rukou jednou při vinutí vyklouzla a prakticky celá se rozmotala, takže jsem musel začít znovu.

Po cca 45 minutách jsem cívku konečně dodělal a mohl jsem přejít na další krok. Tím bylo připájení třech menších drátků na vývody z ladícího kondenzátoru, abych mohl kondenzátor napojit na celý obvod (viz fotografie 5 v Příloze). Zde jsem musel navzdory svému původnímu předsevzetí použít pájení. Bylo to pro mě poměrně náročné, protože s pájením nemám dostatečné zkušenosti, a proto pájku neovládám úplně tak, jak bych si přál.

Ale po třech nepovedených pokusech se mi to nakonec povedlo a druhý krok jsem měl za sebou. Třetím krokem bylo vyrobit z vázacího drátu anténu a tu připevnit na nejvyšší strom, který máme na zahradě našeho domu. Nejdříve jsem si odmotal přibližně 20 metrů vázacího drátu. Bohužel jsem zvolil vnitřní konec drátu a tím se mi klubko zamotalo, takže jsem ho nějakou chvíli rozmotával. Nakonec jsem připevnil konec budoucí antény kobercovou páskou k malířské tyči a poté jsem po velkém skládacím žebříku vylezl na strom (viz fotografie 6 v Příloze). Tam jsem znovu pomocí kobercové pásky upevnil celý tento aparát k nejvyšší větvi, směřující kolmo vzhůru. Nebylo to úplně jednoduché, ale nakonec se mi to podařilo.

Následně jsem se přemístil zpět domů a začal jsem s kompletací obvodu. Nejprve jsem si vzal wago svorku se čtyřmi vývody (horní), do ní jsem zapojil germaniovou diodu (fotografie 1 v Příloze, číslo 8) a k této diodě jsem následně připojil sluchátka. Druhý vývod ze sluchátek jsem připojil do druhé wago svorky opět se čtyřmi vývody (dolní). Mezi obě svorky jsem připojil kondenzátor se všemi třemi připájenými kablíky. Přívodní kabel do mého kondenzátoru jsem napojil na dolní svorku, kam jsou připojena sluchátka. Dva zbylé konce jsem spojil pomocí wago svorky se třemi vývody a připojil je na horní svorku, kam je připojena germaniová dioda. Poté jsem oba konce cívky připojil opět mezi svorky (viz fotografie 7 v Příloze). Posledním krokem bylo připojit uzemnění a anténu. Anténu jsem připojil na horní svorku a uzemnění na dolní svorku. Obvod jsem uzemnil pomocí drátku, který jsem obmotal kolem radiátoru (viz fotografie 8 v Příloze). Po dokončení obvodu jsem se rozhodl ho otestovat.

Ověření funkčnosti 1. přístroje

Testování jsem započal tím, že jsem zapojil anténu do uzemněného obvodu. Začal jsem pomalu otáčet vrchní částí ladícího kondenzátoru a tím jsem se snažil naladit signál. Bohužel se mi nepodařilo signál zachytit. Rozhodl jsem se prověřit, kde mohla nastat chyba. Nejprve jsem postupně zkoušel přepojovat všechny součástky obráceně, abych ověřil, že je mám zapojené ve správném směru. To bohužel nepřineslo žádný výsledek. Po opakovaných pokusech druhého dne jsem se rozhodl poradit se svým tátou jako jedním z mých odborných konzultantů. Ten mi poradil obrousit konce lakovaného drátu, ze kterého je vyrobená cívka s tím, že toto může mít vliv na to, že přes cívku nemůže proudit proud z antény. Dále mě vyzval, abych si přijel vyzvednout zvonkový drát na připojení sluchátek a spojení více wago svorek dohromady. Jeho předpoklad se ukázal být správný. Upravil jsem vše podle jeho instrukcí a znovu zahájil pokus o zachycení signálu.

Nasadil jsem si sluchátka, ve kterých jsem uslyšel jemný šum. Začal jsem znovu otáčet ladícím kondenzátorem a najednou jsem uslyšel zpěv Waldemara Matušky, cituji: „Johoho, tuhle rundu platím já...“. Po několika nepovedených pokusech a několikadenním zkoušení se mi povedlo zachytit signál.

Předem jsem si zjistil, jaká stanice vysílá na AM vysílači, umístěném v Líbeznicích – Bořanovicích, který je nejbližší mému bydlišti (10 200 m vzdušnou čarou). Tou je Český Impuls na kmitočtu 981 kHz. Tak jsem si na internetu vyhledal on-line vysílání této stanice a

tím jsem si ověřil, že jsem ji opravdu naladil, protože tam hrála stejná hudba jako v mých sluchátkách. Dále jsem ještě vyzkoušel naladit další stanici, což se mi také povedlo. Naladil jsem ji ve chvíli, kdy ze sluchátek znělo „Country Rádio“, což je tedy stanice Country Rádio. Po hledání na internetu jsem zjistil, že vysílá z vysílače Liblice 2 u Českého Brodu na kmitočtu 639 kHz.

Sestavování přijímače podle 2. schématu

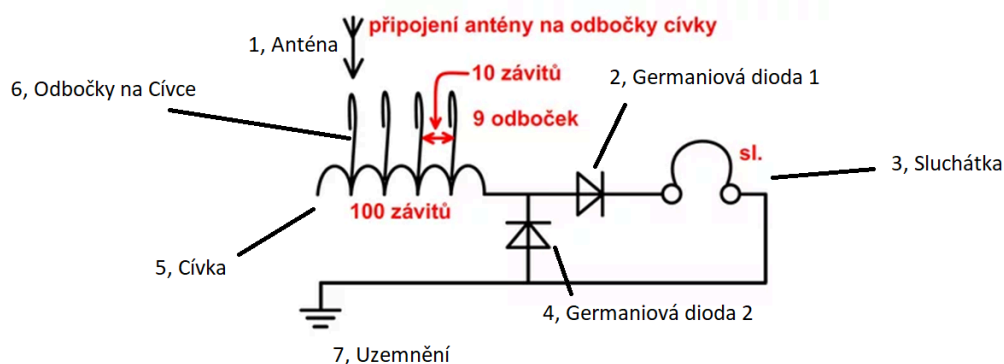


Schéma 4 - Schéma 2. přijímače s popisy, autor: Zuzana Šprinclová, zdroj: Rychlokurz elektro 7. díl: Vytvořte si vlastní rádio. Online. 2020. Dostupné z: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/25843/rychlokurz-elektro-7-dil-vytvořte-si-vlastni-radio.html>. [cit. 2025-01-04].

Základem druhého obvodu je opět anténa, která přijímá signál (viz schéma 4, číslo 1). Ta je napojena na odbočky cívky (viz schéma 4, číslo 6). Jelikož není v tomto obvodu žádný ladící kondenzátor, ladí se pomocí napojování antény na odbočky cívky, čímž by se mělo docílit zmenšení celé cívky (viz schéma 4, číslo 5) a následného zmenšení velikosti naindukovaného proudu. Dále jsou v tomto obvodu 2 germaniové diody (viz schéma 4, číslo 2 a 4), ty by opět měly dekodovat přijímaný signál. Poté jsou tu stejně jako u předešlého obvodu sluchátka (viz schéma 4, číslo 3). Použil jsem stejná jako u minulého obvodu. A nakonec nesmí chybět uzemnění (viz schéma 4, číslo 7), kterým může z obvodu odcházet proud.

Pro druhý obvod jsem si opět musel vyrobit novou cívku. Jako předmět, na který budu cívku navíjet, jsem si vybral již zmiňovanou trubici vyrobenou ze starého pítka pro morče, která měla náhodou potřebný průměr. Do té jsem opět pomocí vrtačky a vrtáku s malým průměrem vyvrtal dvě dírky, na které jsem upevnil stejný měděný drátek jako u první cívky. Tentokrát jsem ale cívku namotával jiným způsobem. Na této cívce jsem po každých 10 závitěch vytvořil takzvanou odbočku. To je takové očko, kterým se vybočí z cívky, a poté jsem opět začal namotávat dál (viz fotografie 9 v Příloze). Samotná cívka má

100 závitů a 9 odboček. Celou cívku jsem opět zajistil izolační páskou, aby se mi nerozmotala (viz fotografie 10 v Příloze). Jelikož materiál, ze kterého je trubice vyrobená, je z měkčího plastu, než byl u minulé trubice, tak se mi ze začátku cívka nenamotávala moc dobře. Pořád se mi nějak prohýbala pod rukama, když jsem se snažil závity navinout vedle sebe. Další obtíží bylo, že při vytváření odboček se mi celá cívka povolovala, hlavně v raných fázích procesu, a také se mi obtížně držela. Jednou rukou jsem musel držet již navinuté závity a druhou rukou jsem vytvářel odbočku. Celkově bylo vinutí této cívky mnohem náročnější než té první a bolely mě z toho více ruce.

Po dokončení cívky jsem začal kompletovat druhý obvod. Jelikož jsou v druhém obvodu zapotřebí dvě germaniové diody a já měl pouze dvě celkově, musel jsem z prvního obvodu germaniovou diodu odpojit a poté ji připojit k obvodu druhému. Toto samé platilo i u sluchátek. Nejprve jsem tedy jeden z konců cívky připojil k oběma diodám. První diodu jsem zapojil tak, aby směřovala ke sluchátkům. Tu druhou jsem následně připojil tím způsobem, že směřovala od druhého konce sluchátek k cívce (viz schéma 4). Na spoj mezi 2. diodou a sluchátky jsem připojil uzemňovací drátek. Posledním krokem bylo připojit anténu. Tu jsem postupně připojoval na jednotlivé odbočky, a tím jsem se snažil docílit naladění hledaného signálu (viz fotografie 11 v Příloze).

Ověření funkčnosti 2. přístroje

Tím, že jsem napojoval anténu na různé části cívky, jsem se snažil dosáhnout toho, abych naladil příslušné frekvence rádiových stanic. Měl jsem stejné obtíže jako u prvního schématu přijímače, tedy že přijímač nefungoval. Na radu svého táty jsem vše upravil stejně jako u prvního schématu a vyzkoušel to znovu. Nejprve se mi zdálo, že můj přijímač opět nefunguje, ale poté, co jsem si sluchátku přiložil k jednomu uchu a druhé ucho si ucpal, tak jsem uslyšel velmi tichý zvuk. Když jsem zkoušel ostatní odbočky cívky, tak kvalita ani hlasitost se nijak nezvýšily, ale při připojení k jedné z posledních odboček jsem uslyšel poměrně jasně znělku Country Rádia a poté hudbu. Když jsem si opět vyhledal na internetu, co právě vysílají, tak se to shodovalo. Opět jsem tedy naladil vysílač Liblice 2.

Návrh programu pro přednášku a workshop:

- Krátký úvod: představení práce – motivace, osobní zájem o obor 2 min
- Stručná historie oboru – 3-4 hlavní vynálezci 5 min
- Stručné seznámení s fyzikální podstatou elektromagnetického vlnění 5 min
- Vysvětlení projektu – funkce jednotlivých dílů v obvodu podle schématu 10 min
- Rozdělení do skupin podle počtu účastníků, max. počet 4 osoby ve skupině 2 min
- Praktická část: vinutí cívek, pájení drátků na díly, sestavování obvodu 30 min
- Testování funkčnosti obvodů zhotovených skupinami, ladění signálu 15 min
- Stručný dotazník a skupinová reflexe 10 min

Podle předběžného plánu by se přednáška s workshopem měla uskutečnit na fyzikálním kroužku MFF UK v průběhu února nebo března 2025 a dále na Klubu vědců Přírodní školy v termínu následujícím po obhajobě mé práce.

Analýza výsledků a diskuze

Osobní zhodnocení projektu

Musím konstatovat, že jsem už od začátku práce přemýšlel i o rizicích neúspěchu. Hlavní riziko jsem spatřoval v nedostatečné síle signálu vzhledem k počtu vysílačů středních vln, kterých je na území České republiky v současnosti pouze pět. Uklidnilo mě zjištění, že jeden z vysílačů se nachází nedaleko mého bydliště na katastru obce Líbeznice – Bořanovice, který je vzdálen pouze 10 200 m vzdušnou čarou. Jelikož se jedná o rovinný terén a v cestě šíření signálu neleží žádná významná terénní překážka, nepřipadala mi možnost zachycení signálu až tak nereálná.

Dalším rizikem byl pochopitelně nedostatek zkušeností se stavbou podobných přístrojů. Proto jsem se od začátku snažil kontaktovat osoby z MFF UK, se kterými jsem chtěl svoji práci konzultovat. Bohužel se mi v průběhu prázdnin ani podzimu přes svoji opakovanou snahu nepodařilo se s nimi spojit. Napsal jsem oběma osobám několik e-mailů se stručným představením svého projektu a prosbou o konzultaci, ale ani v jenom případě jsem neobdržel žádnou odpověď a tudíž ani možnost konzultace. Proto jsem se musel spolehnout na vlastní síly. Tím se ukázalo, že technická náročnost projektu byla o něco větší, než jsem očekával.

Dalším poučením byl pro mě průběh přípravy. Jak jsem už zmiňoval, tak po neúspěšném kontaktování odborníků mi nezbylo než zvládnout svůj experiment vlastními silami. Kdybych se třeba více snažil, zašel na MFF UK a pokusil bych se s odborníky osobně setkat, možná bych snadno vyhnul některým již zmíněným problémům při sestavování. Dále jsem se také mohl zkusit obrátit na nějaký klub radioamatérů a požádat je, jestli by mi nemohli předat své zkušenosti.

Porovnání funkčnosti obou realizovaných schémat

První schéma se i přes své zdánlivé nevýhody (bylo finančně náročnější a obsahovalo pouze jednu germaniovou diodu) ukázalo být více funkční. Zvuk z něho byl jasnější, zřetelnější a hlasitější. Zároveň se signál díky ladícímu kondenzátoru daleko lépe ladil. Zapojení kondenzátoru jsem se přitom na začátku dost obával, jak se ukázalo, tak zbytečně.

Druhé schéma se přes svoji větší složitost a zapojení dvou germaniových diod projevilo jako méně efektivní, než jsem očekával, což mě trochu zaskočilo. Mělo delší a složitější cívkou, ale ladění bylo mnohem náročnější a zachycený signál byl daleko slabší a nezřetelný. Tento svůj závěr budu zároveň rozebírat během své přednášky/workshopu.

Doporučení pro zájemce o projekt

Na základě počátečního neúspěchu jsem se pokusil sestavit seznam doporučení pro zájemce o podobný projekt do budoucna.

- Ověřit si fungování AM vysílačů. Neměl jsem od nikoho skutečně potvrzené, že lze v současnosti signál zachytit, vzhledem k omezování vysílání na SV. Osobně jsem vycházel pouze z informací na internetu. Přesto se mi povedlo naladit dokonce dvě rádiové stanice, a tím jsem ověřil, že vysílání AM je ještě v provozu.
- Ověřit dostupnost potřebných součástek. Jelikož se jedná o překonaný způsob přenosu signálu, potřebné součástky se už prakticky nevyrábí a jsou k dispozici většinou pouze z druhé ruky. Zároveň jsou tyto součástky dost nákladné, protože se mnohdy už jedná o sběratelskou záležitost.
- Snažit se minimalizovat riziko nefunkčnosti součástek. Souvisí to s tím, co jsem psal výše. Musel jsem shánět součástky i použité (např. sluchátka), tím pádem jsem nemohl jejich funkčnost před koupí nijak ověřit. Doporučil bych také koupit více kusů od jednoho typu součástky, pokud se tato možnost naskytne.
- Úspěšně vyrobit cívky. Doporučuji pečlivě dodržet popsany výrobní postup cívky, dát si záležet na vinutí, a tím se snažit minimalizovat případné chyby.
- Zajistit funkčnost antény a uzemnění. Anténu se snažit udělat v doporučené délce 20 – 40 m, aby se mohl indukovat dostatečný proud. Snažit se dodržet popsany postup včetně umístění do výšky minimálně 6 metrů nad zemí, a použít doporučený materiál.
- Závěrem bych do budoucna doporučil všem, kteří by měli zájem si tento experiment také vyzkoušet, si nalézt příslušného odborníka, aby jim poradil, čeho se vyvarovat, a aby popřípadě dohlédl na to, jestli zájemce postupuje správně.

Závěr

Všechny cíle, které jsem si předem definoval, se mi podařilo splnit.

Samozřejmě velmi užitečné bylo za prvé to, že jsem si vyzkoušel naplánovat ne úplně jednoduchý praktický projekt. Zároveň jsem se také pochopil, že bez různých obtíží se k výsledku nedopracuji. A pokud na první pokus nedosáhnu pozitivního výsledku, musím se přesvědčit o tom, že jsem udělal opravdu maximum pro odstranění chyb.

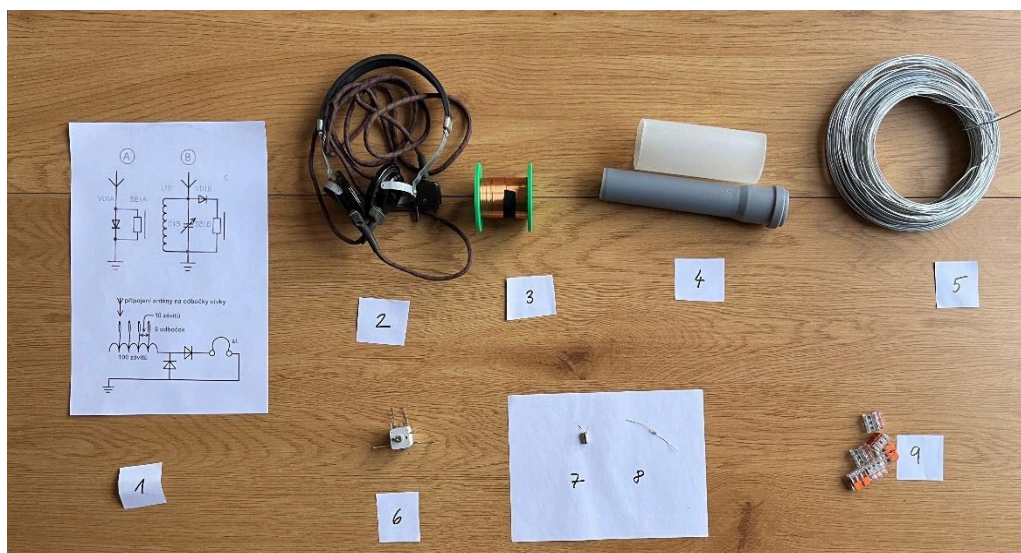
Kromě toho, že jsem si otestoval svoje schopnosti strukturování a plánování projektu, jsem také získal mnoho vědomostí v oboru elektrotechniky a audio přístrojů. Seznámil jsem se se jmény a dílem mnoha vynálezců, kteří se zasloužili o rozvoj tohoto oboru. I přes to, že ještě nemám všechny potřebné znalosti k tomu, abych například mohl popsat tyto jevy pomocí fyzikálních rovnic, tak se domnívám, že jsem dobře pochopil základní principy. Na základě těchto zkušeností jsem dospěl k závěru, že jsou věci, které jsem určitě mohl udělat lépe. Osobně mě ale téma opravdu zajímalo, možnost neúspěchu jsem si od začátku moc nepřipouštěl a poměrně jsem doufal v pozitivní výsledek.

I přes popsané obtíže se sháněním součástek a sestavováním přijímačů se mi podařilo sestrojít dva přijímače, které nakonec oba fungovaly. To, že se mi po několika počátečních neúspěšných pokusech podařilo uvést první z přijímačů do provozu, mě nadmíru překvapilo a povzbudilo do budoucna.

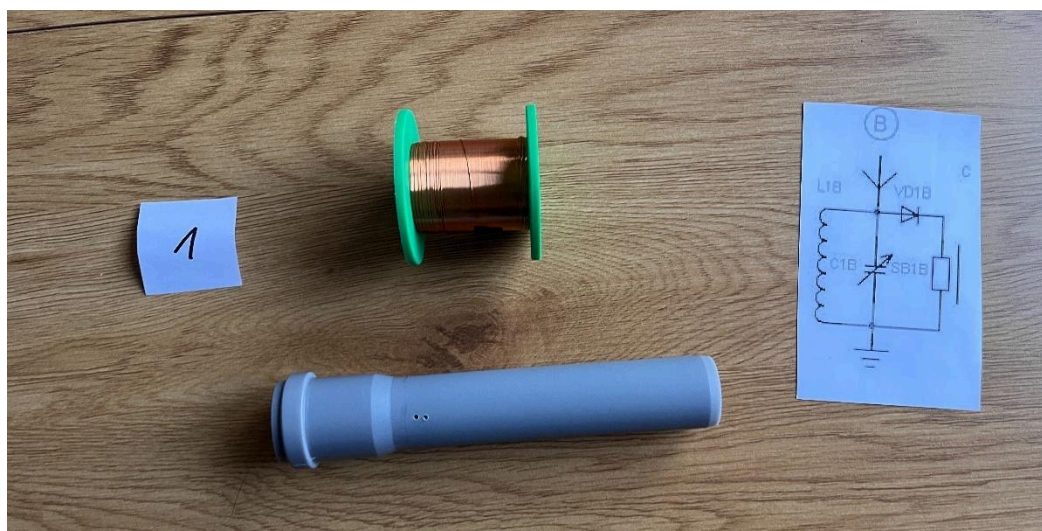
Dále také, jak jsem si stanovil, jsem na základě nabytých vědomostí a výsledků své práce vytvořil rámcovou strukturu přednáškového programu pro Klub vědců Přírodní školy. Všech cílů své práce se mi tudíž podařilo dosáhnout.

Přílohy

Schémata, obrázky



Fotografie 1 – materiál na stavbu obou přijímačů, autor Daniel Chvosta



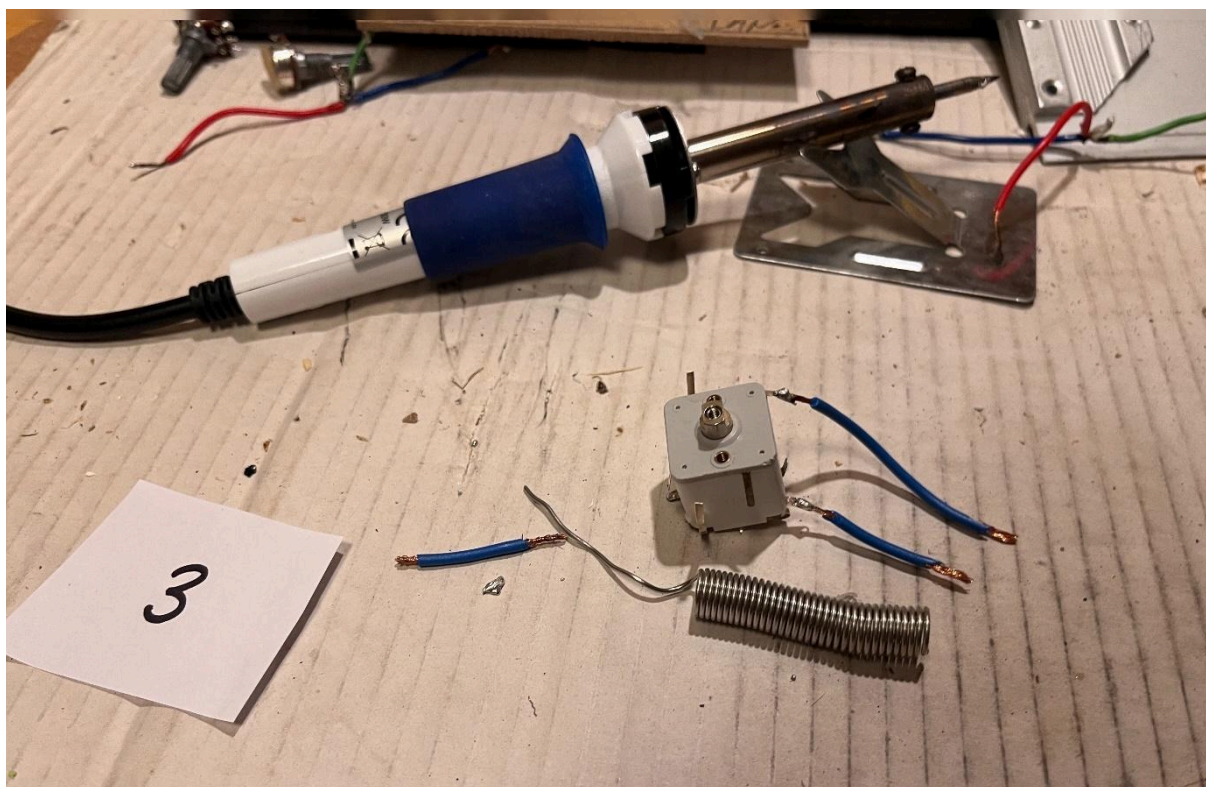
Fotografie 2 - trubice a měděný drát, Daniel Chvosta



Fotografie 3 - začátek navíjení cívky, Daniel Chvosta



Fotografie 4 - navinutá a zajištěná cívka, Daniel Chvosta



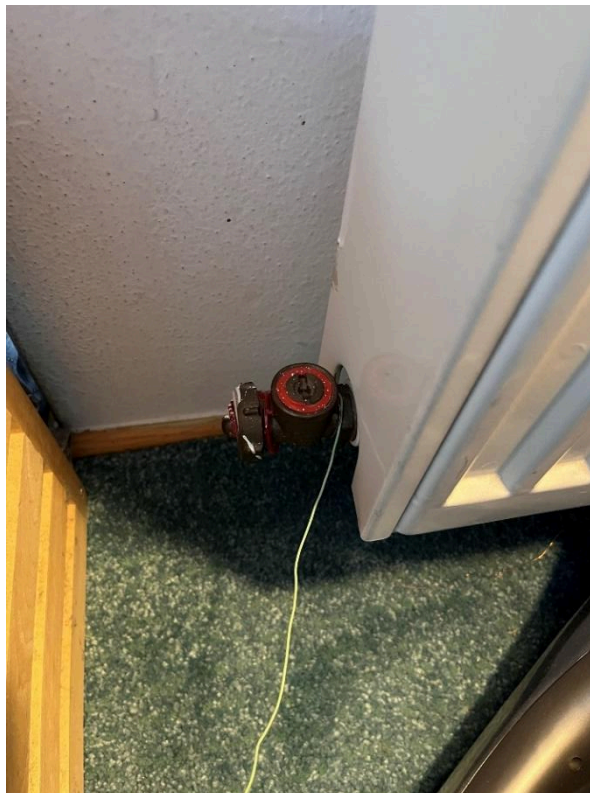
Fotografie 5 - pájení drátku na ladící kondenzátor, Daniel Chvosta



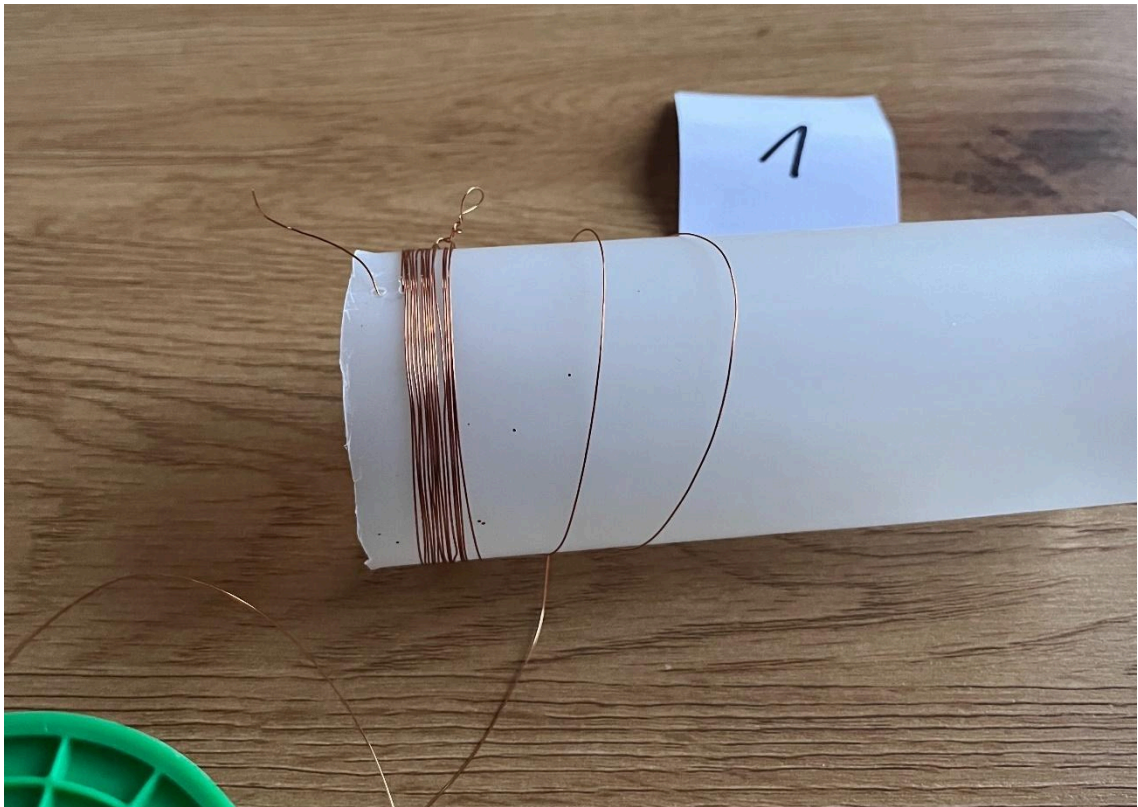
Fotografie 6 - připevňování antény na strom, Daniel Chvosta



Fotografie 7 - sestavený obvod podle 1. schématu, Daniel Chvosta



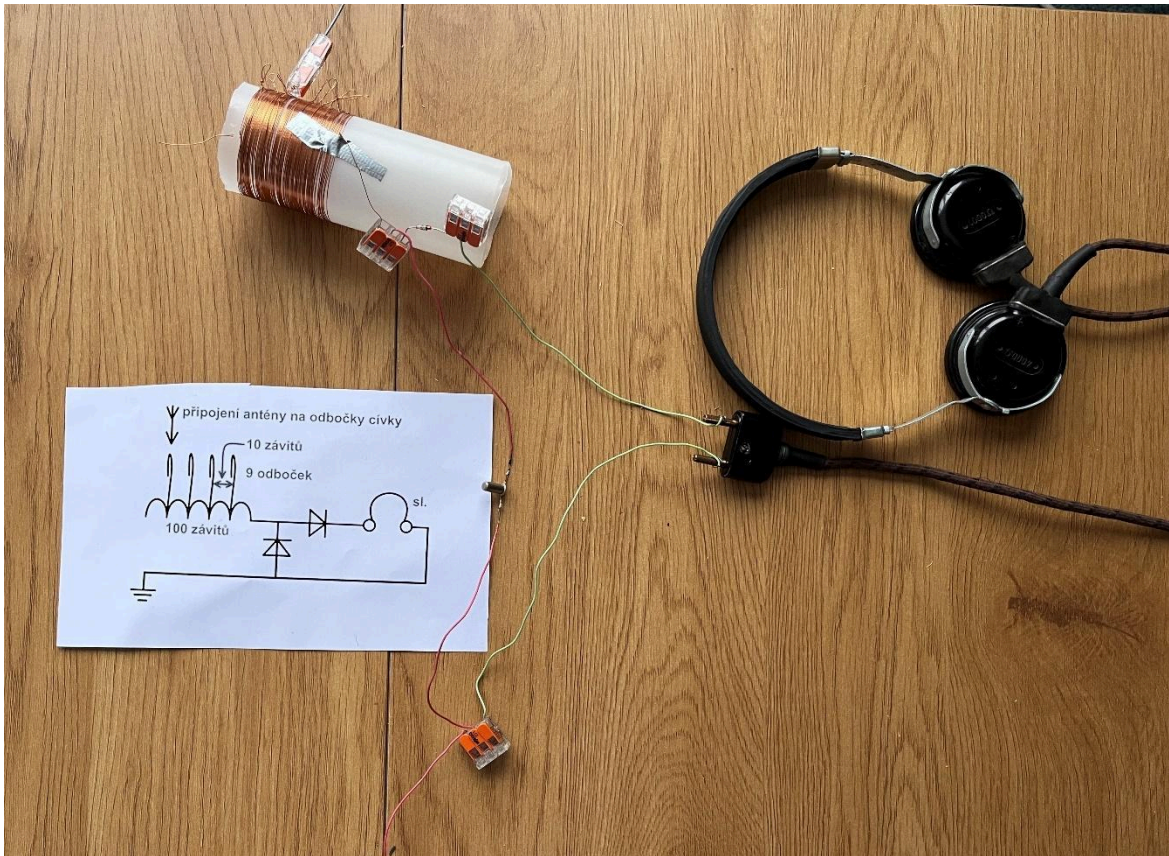
Fotografie 8 - uzemnění obvodu pomocí radiátoru, Daniel Chvosta



Fotografie 9 - vinutí cívky s odbočkami, Daniel Chvosta



Fotografie 10 - zajištěná cívka s odbočkami, Daniel Chvosta



Fotografie 11 - sestavený obvod podle 2. schématu, Daniel Chvosta

Zdroje, literatura

Knižní zdroje

[1] LEPIL, Oldřich a ŠEDIVÝ, Přemysl. *Fyzika pro gymnázia - Elektřina a magnetismus*. 5. vydání. Praha: Prometheus, 2008. ISBN 978-80-7196-202-1.

[2] KOLÁŘOVÁ, Růžena; BOHUNĚK, Jiří; ŠTOLL, Ivan; SVOBODA, Miroslav a WOLF, Marek. *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. 2. vydání. Učebnice pro základní školy. Praha: Prometheus, 2022. ISBN 978-80-7196-499-5.

Internetové zdroje

[3] Světlo: Elektromagnetické vlnění, spektrum a fotony. Online. Dostupné z https://cs.khanacademy.org/science/obecna-chemie/xfed2aace53b0e2de:atomy_a_jejich_vlastnosti/xfed2aace53b0e2de:fotoelektronova-spektroskopie/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum. [cit. 2025-01-05].

[4] James Clerk Maxwell. Online. 2004, 29. 12. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell. [cit. 2025-01-05].

[5] Heinrich Hertz. Online. 2004, 7. 11. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Hertz. [cit. 2025-01-05].

[6] Nikola Tesla. Online. 2005, 2. 12. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla. [cit. 2025-01-05].

[7] Alexandr Stěpanovič Popov. Online. 2007, 22. 11. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Alexandr_St%C4%9Bpanovi%C4%8D_Popov [cit. 2025-01-05].

[8] Guglielmo Marconi. Online. 2004, 3. 12. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Guglielmo_Marconi. [cit. 2025-10-5].

[9] Valdemar Poulsen. Online. 2021, 12. 6. 2024. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Valdemar_Poulsen. [cit. 2025-01-05]

[10] Co to jsou radiovlny. Online. Dostupné z: <http://oklike.c-a-v.com/soubory/radiovlny.htm>. [cit. 2025-01-05]

[11] Šíření dlouhých, středních a krátkých vln. Online. Dostupné z: <http://oklike.c-a-v.com/soubory/radiovlny.htm>. [cit. 2025-01-05].

[12] Krystalky. Online 2013 Dostupné z: https://ok1fcb.webnode.cz/prijimace/krystalky/?utm_source=copy&utm_medium=paste&utm_campaign=copypaste&utm_content=https%3A%2F%2Fok1fcb.webnode.cz%2Fprijimace%2Fkrystalky%2F#! [cit. 2025-01-05].

[13] Rychlokurz elektro 7. díl: Vyrobté si vlastní rádio. Online. 2020. Dostupné z: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/25843/rychlokurz-elektro-7-dil-vyrobte-si-vlastni-radio.html>. [cit. 2025-01-05].