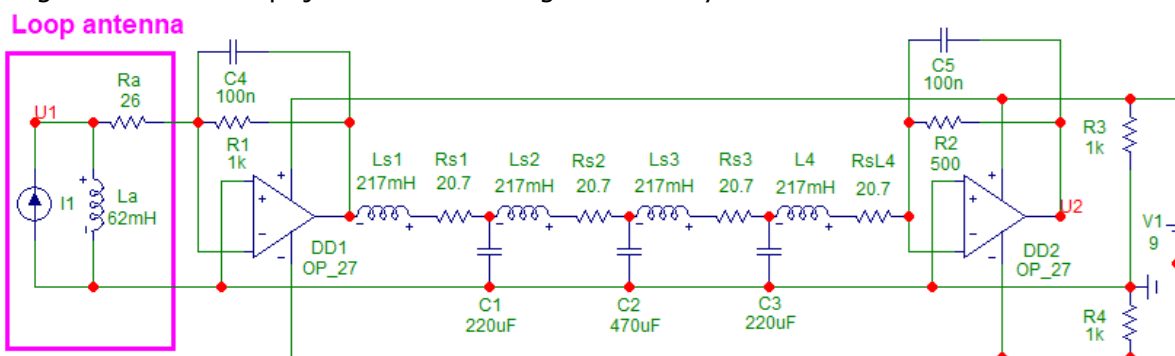


## Přijímač Schumannovy rezonance

Chtěl bych zde popsat prázdninový pokus, který navazuje na můj článek zveřejněný v magazínu Hamíkův Koutek číslo 183. Jedná se o experimentální přijímač v pásmu ELF (Extremely Low Frequency 3 - 30 Hz) se smyčkovou anténou. Právě v tomto pásmu se lze pokusit o zachycení mystické Schumannovy rezonance.

**Schumannovy rezonance jsou zvýšené hodnoty elektromagnetického záření na frekvenci 7,83 Hz a souvisejících rezonančních kmitočtech.** Zdrojem záření jsou impulsní signály blesků, které budí zemský rezonátor tvořený povrchem Země a ionosférou. Rezonance jsou pojmenovány po německém fyzikovi Winfriedu Ottovi Schumannovi, který je teoreticky předpověděl v roce 1955. Někteří vědci hledají spojitost mezi změnami Schumannovy rezonance, rytmem mozkových vln (EEG pásma) a změnou zemského klimatu. Na Internetu lze najít stránky, které se monitorováním parametrů Schumannovy rezonance zabývají. Lze také najít stránky s návodem na stavbu jednoduchého přijímače.

Inspiroval jsem se články italských radioamatérů **A minimal ELF loop receiver** (Renato Romero, IK1QFK) a **Thinking about ideal loops** (Marco Bruno, IK1ODO). Oba články popisují problematiku příjmu Schumannovy rezonance pomocí smyčkové antény, která zajišťuje vazbu na magnetickou složku přijímané elektromagnetické vlny.



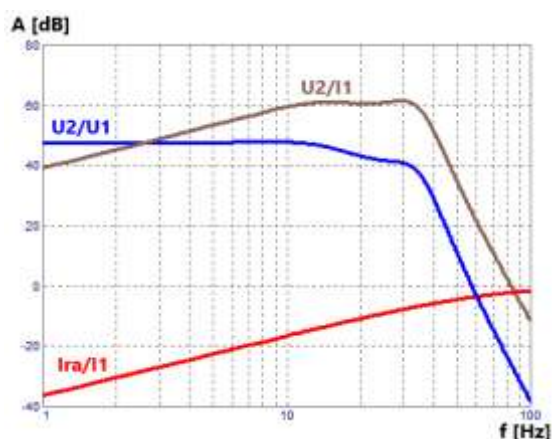
Moje konstrukce není zcela ideální, protože přijímač vznikl jako experiment ze šuplíkových součástek. Anténu jsem vyrobil z omezeného množství lakovaného měděného drátu  $\varnothing$  0,5 až 0,8 mm, který jsem získal rozebráním síťového transformátoru a demagnetizační cívky starého televizoru Rubín C202. Z vytěžených zásob jsem vyrobil cívku antény s 200 závitů o  $\varnothing$  60 cm. Měření pomocí RLC metru jsem zjistil odpor vinutí  $R_a = 26 \Omega$  a indukčnost cívky  $L_a = 62 \text{ mH}$ .

Proud tekoucí smyčkou antény je přímo úměrný intenzitě přijímaného magnetického pole, proto je v náhradním schématu reálná anténa nahrazena zdrojem proudu  $I_1$  s paralelně připojenou indukčností  $L_a$  a odporem  $R_a$  zapojeným na vstup předzesilovače typu převodník proudu na napětí. Proudová přenosová charakteristika obvodu antény tvoří horní propust, v mém případě s dolním mezním kmitočtem 67 Hz (červená charakteristika). Dolní mezní kmitočet by měl být co nejnižší a je roven poměru  $R_a / (6,28 * L_a)$

Ideální smyčková anténa by měla mít co největší plochu, co nejvíc závitů a co nejmenší odpor  $R_a$  (to vyžaduje použít co největší průřez vodiče). Zjednodušeně řečeno, čím víc mědi, tím lépe (pokud zrovna neuvažujete o supravodiči). Vzhledem k zapojení smyčky antény na vstup s nulovou vstupní impedancí není anténa citlivá na elektrické pole. Cívku jsem přesto izoloval kobercovou páskou a odstínil hliníkovou fólií na pečení. Stínění nesmí tvořit závit na krátko, proto jsem ho přerušil v místě vyvedení vinutí a připojil na stínění kabelu do předzesilovače pouze na jedné straně.



Hotová smyčková anténa



trimr 10 k $\Omega$  pro nulování napěťové nesymetrie prvního operačního zesilovače (viz katalogové zapojení OP27) a rezistor 100  $\Omega$  na výstupu druhého zesilovače.

Během pokusů o zachycení Schumannovy rezonance jsem narážel na **všudypřítomné rušivé magnetické pole proudů síťových rozvodů tekoucích v zemi**. Nejvíce vadila subharmonická síťová frekvence 16,6 Hz (50/3) a blízké superponované meziharmnické kmitočty od zařízení připojených v síti. Občas se ve spektru vyskytlo jiné rušení, například subharmonický síťový kmitočet 10 Hz (50/5) nebo signály neznámých ELF vysílačů. Intenzita rušení ze síťových rozvodů klesá s rostoucí vzdáleností od elektrických vedení, ale naprosto čisté pásmo jsem nenašel ani hluboko v lese. Dalším problémem byla **obrovská citlivost na mechanické vibrace antény v magnetickém poli Země, ale také předmětů v okolí antény. Vadil i lehký vánek a okem neviditelné vibrace stromů. Tyto vibrace vytvářely falešné a poměrně stabilní pásy kmitočtů s proměnnou amplitudou závislou na síle větru**. Nelze také opomenout hledání a omezení zdrojů šumu v přijímací cestě. Z tohoto důvodu jsem zvolil pasivní filtr, doporučené nízkošumové operační zesilovače, napájení akumulátorem a přímé pájení vodičů pokud možno bez konektorů.

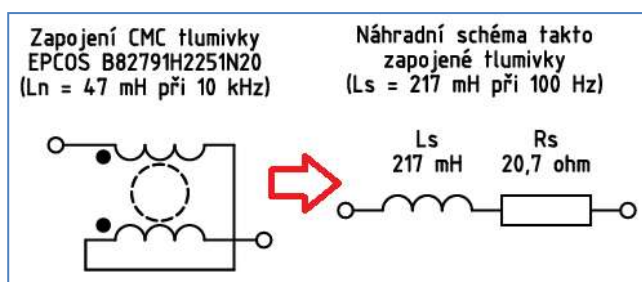
Po zkušenostech ve volné přírodě jsem se rozhodl umístit anténu do sklepa, co nejdál od všech elektrických vedení a co nejhlouběji pod úroveň země (v mém případě asi 1,5 m). Zvažoval jsem i studnu. Lokalita na kraji vesnice pod horami dávala naději, že zde nebude silné rušení. Cívka antény musí být umístěna vertikálně k zemi. Ideální je natočit plochu cívky na spojnici sever – jih, odkud by měla přicházet nejsilnější amplituda Schumannovy rezonance. V mém případě bylo ideální natočení dáno nalezením směru minimálního rušení (přibližně SZ – JV). Předzesilovač byl umístěn vedle antény a napájen akumulátorem 9 V. Signál z předzesilovače vedl stíněným kabelem do obytné místnosti a mikrofonního vstupu počítače napájeného ze síťové zásuvky. Časový záznam spektra 0 – 51 Hz probíhal automatickým hodinovým ukládáním snímků spektra na obrazovce pomocí volně dostupného programu **Spectrum Lab** od DL4YHF (FFT rozlišení 32768, audio 1000 vzorků/s, softwarové zesílení 20 dB).

Na vybraných snímcích ve fotogalerii je vidět značný rozdíl intenzity rušení ve dne a v noci. Na frekvenci 7,83 Hz lehce vystupuje zvýšená hladina šumu první Schumannovy rezonance. Vyšší Schumannovy rezonance jsou utopeny v rušení a šumu přijímače. Na denním snímku jsou vidět místa, kdy došlo k silnému vybuzení zemského rezonátoru a ze spektra vykukly signály druhé a třetí Schumannovy rezonance. Hodnoty rezonančních frekvencí jsou prakticky konstantní, dochází pouze k nepatrným odchylkám vlivem změn ve vrstvách ionosféry. Mnohem větší odchylky mohou nastat v amplitudě rezonancí vlivem změn intenzity bouřkové činnosti. Signály Schumannovy rezonance zachycené tímto přijímačem byly na hranici čitelnosti vlivem silného okolního rušení a málo účinné antény. Metody pro dosažení lepších výsledků jsou popsány výše a v uvedených odkazech.

Předzesilovač tvoří dva nízkošumové operační zesilovače OP27 s pasivním LC filtrem sedmého řádu. K výrobě filtru jsem využil zásobu proudově kompenzovaných tlumivek, jejichž vinutí jsem zapojil podle obrázku.

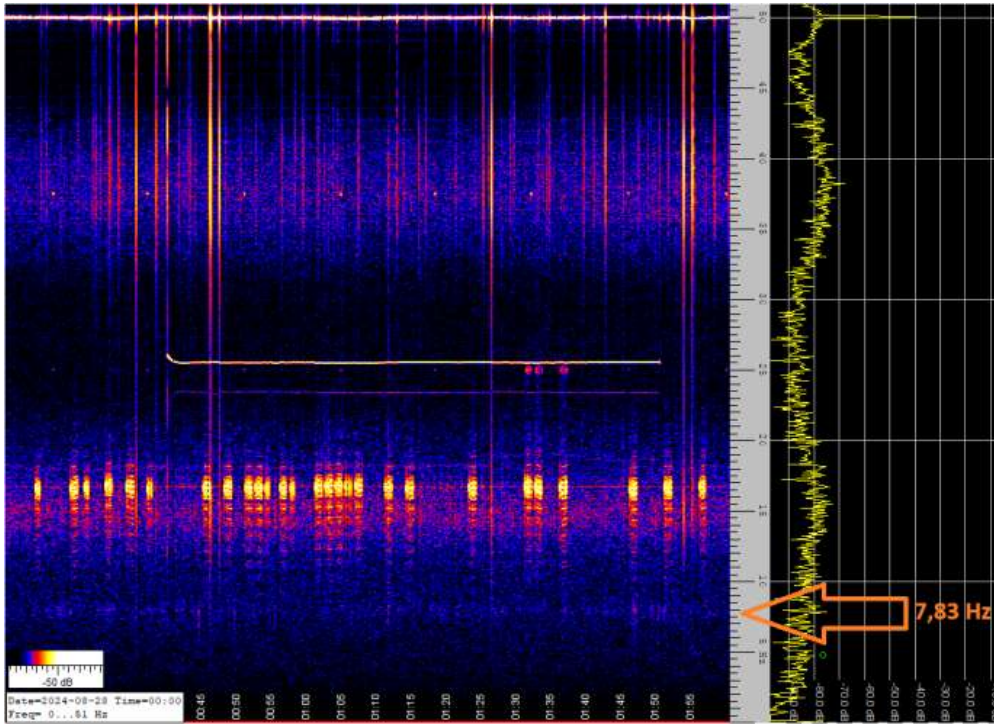
Hodnoty náhradního sériového obvodu  $L_s$  a  $R_s$  takto získané cívky jsem změřil RLC můstkem na frekvenci 100 Hz a použil pro výpočet kapacity kondenzátorů filtru v obvodovém simulátoru Micro-Cap. Cílem bylo co nejvíc potlačit síťovou frekvenci 50 Hz a zachovat konstantní přenos v rozsahu první (7,83 Hz) až třetí (20,8 Hz) Schumannovy rezonanční frekvence.

Skutečné zapojení předzesilovače obsahuje navíc

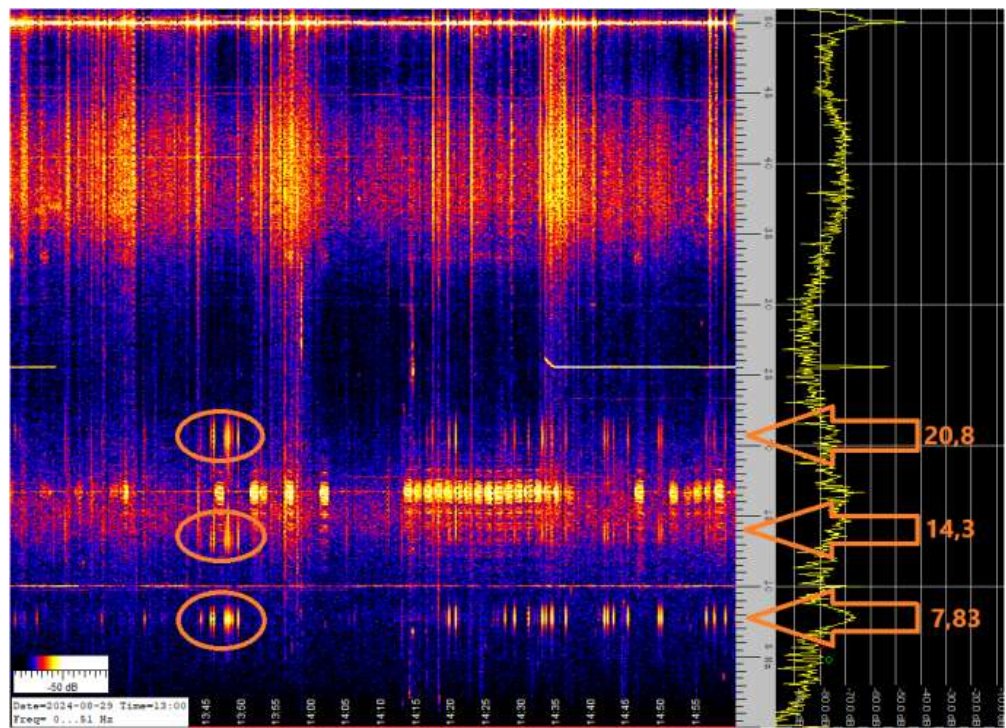


Jiří Martinek, OK1FCB, [jirka\\_martinek@seznam.cz](mailto:jirka_martinek@seznam.cz)

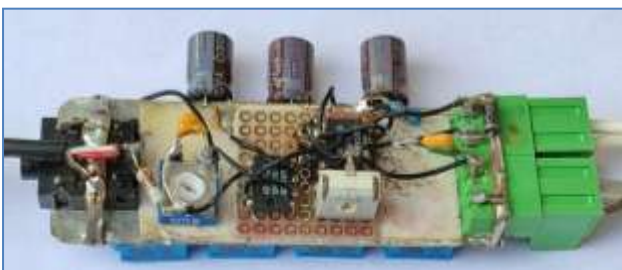
Více zde: <https://ok1fcb.webnode.cz/konstrukce-2/prijimac-schumannovy-rezonance/>



Časový záznam pásma ELF v noci



Časový záznam pásma ELF ve dne

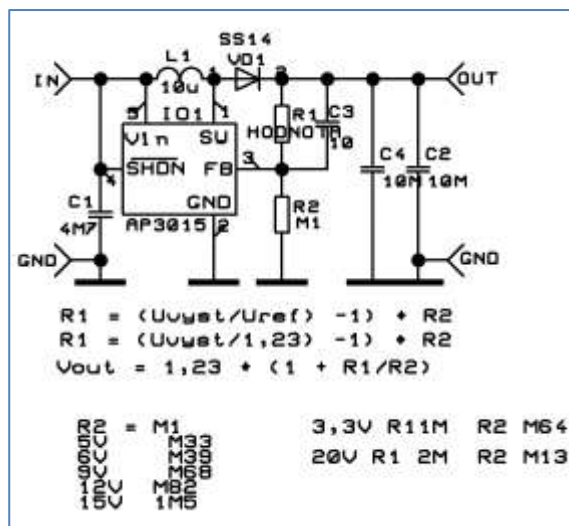
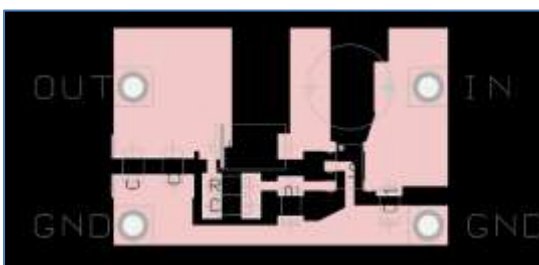


Experimentální deska předzesilovače

## Zdroj 9 V

Poměrně často se **pro napájení drobných spotřebičů** používá „destičková baterie 9 V“. Výstupním napětím vyhovuje pro různé měřicí/zkušební přípravky občasně používanými pro práci v laboratoři při oživování a provozu. Využívání „destičkových baterií“ má však i zadrhele. Občasné použití vede i k situaci, že baterie „dojde“ v nejméně vhodnou dobu. Tuto situaci jsem byl nucen řešit i já, a v době kdy se nedala rychle obstarat nová.

Řešením bylo zhotovení vzestupného měniče pracujícího s minimálním vstupním napětím. Tento princip je využit u různých zahradních světylky napájených prostřednictvím solárního panelu. Z pokusu o opravu mně zůstal IO AP3015 společnosti BCD Semiconductor Manufacturing Limited. Podle typu je vstupní napětí od 1 (1,5) V možný výstupní proud v řádu desítek miliampér.



Podle typu je vstupní napětí od 1 (1,5) V možný výstupní proud v řádu desítek miliampér.

Zapojení vychází ze zapojení doporučeného výrobce. K zapnutí měniče je použit externí vypínač. Vývod SHDN je trvale připojen k napájecímu napětí. Velkou výhodou obvodu AP3015 je vysoký kmitočet spínání, zmenšuje se hodnota akumulací tlumivky (10 µH) a především filtračních kondenzátorů, které jsou keramické. Doporučený materiál X5R nebo X7R. Výstupní

filtrace, kondenzátory C2 a C4, se z ekonomických důvodů skládá ze dvou kusů. Kondenzátor C3 není nutno osazovat. Osazení se předpokládá ze SMD součástek velikosti 0805, kondenzátory C1, C2 a C4 lze osadit i velikostí 1206.

Plošný spoj (21,5 x 14 mm) je rozměrově přizpůsoben jednoduchému držáku baterií AA, při použití držáku baterie AAA – menší konstrukční rozměr - je možné plošný spoj zúžit. Spojení plošného spoje měniče s držákem baterie je oboustrannou lepicí páskou. Nevylučuje se i použití i vyšší napájecí napětí z několika článků. Jen je nutné pamatovat, že se jedná o vzestupný měnič a tak nelze dosáhnout menšího napájecího napětí, než je napětí napájecí.

A ještě poznámka na závěr: cena lepší „destičkové baterie 9 V“ je u Slonů 59,- Kč. IO AP3015 je v kusovém množství za 15,- Kč (bohužel u TME), alkalická baterie AAA je také za 15,- Kč. Ostatní součástky se bohatě vejdou do 40,- Kč. Jindra Herein, [jh@elher.com](mailto:jh@elher.com)

<https://www.diodes.com/part/view/AP3015>

<https://www.gme.cz/v/1513447/westinghouse-lr03-bp4-aaa-dynamo-alkaline-bl4ks>

## Výsledky Minitestíku z HK 374

Tomáš Petřík, OK2VWE píše: **17,5 h provozu 100 ks = 2 h provozu 875 ks žárovek.**

Správně odpověděli též: Ladislav Jindra, Pavel Pospíšil, Kryštof Dvořáček (16), Stanislav Stoklasa, Antonín Novotný, Jaroslav Vrbenský (15), Dietrich Holzmann.

## Náš Minitestík

Na prodej jsou dva různě veliké melouny. Rozměry jednoho jsou o čtvrtinu větší než druhého, a přitom je o polovinu dražší. Který z nich je výhodnější koupit?

Námět: J. I. Perelman

Řešení pošlete **nejpozději ve čtvrtek**, výhradně na [dpx@seznam.cz](mailto:dpx@seznam.cz) Řešitelé mladší jak 18 let, uveďte svůj věk.

## Ždibec moudra na závěr

Albert Einstein

**Není to tím, že bych byl tak chytrý;  
jenom se problémem déle zabývám.**

HAM je mezinárodně používaný pojem pro radioamatéra

HAMÍK je tedy mladý, začínající, budoucí radioamatér

Toto číslo vyšlo 12. října 2024

Vychází každou sobotu v 00:00 h

**HAMÍKŮV KOUTEK**

je určen pro vedoucí a členy elektro - radio - robo kroužků,  
jejich učitele, rodinné kluby, rodiče, prarodiče a všechny příznivce práce s mládeží;  
vzniká ve spolupráci s ČRK, ČAV a OK QRP klubem

Všechna předchozí čísla HK, adresy kroužků, stavební návody a mnoho dalšího najdete na <https://www.hamik.cz/>

© Petr Prause, OK1DPX, redakce HAMÍK, Čechovská 59, 261 01 Příbram, tel. 728 861 496, [dpx@seznam.cz](mailto:dpx@seznam.cz)