

**34. stretnutie rádioamatérov vo Vysokých Tatrách
TATRY 2008**

Zborník prednášok



Tatranské Matliare 7.-9.11.2008

O B S A H

Vážení priatelia rádioamatéri	2
<i>Roman Kudláč, OM3EI</i>	
Mobilná anténa pre pásmo 80 metrov	3
<i>Viliam Capek, OM3CV</i>	
Obmedzenie výšky a šírky	3
Cievka LA	5
Prispôsobenie antény	6
Krátky manuál anténneho analyzátora VNA verzie 3p2	10
<i>Tono Mráz, OM3LU</i>	
Čo je to VNA?	10
Ako VNA pracuje	10
Technické parametre VNA	11
Pripojenie VNA	13
Inštalácia programu	13
Použitie VNA ako generátora	17
Merania s VNA	18
Záver	26
Slučkový primárny žiarič so zlepšenou účinnosťou pre pásma 23 a 13 cm	28
<i>Rastislav Galuščák, OM6AA, Pavel Hazdra</i>	
Účinnosť elektricky malých parabolických antén	28
Návrh primárneho žiariča	33
Mechanická konštrukcia	34
Namerané parametre	34
Praktické skúšky	39
Záver	41
SDR – Software Defined Radio – pre každého	42
<i>Gerald Youngblood, AC5OG</i>	
Poďme na teóriu	43
Analogové a digitálne signály v časovej doméne	43
Od VF signálov k počítačovej zvukovej karte	45
„Dajte mi I a Q a dokážem demodulovať čokoľvek“	47
DSP vo frekvenčnej doméne	50
Vzorkovanie VF signálu detektorom typu TAYLOE: Nové riešenie starého problému	52
Hardvér transceivra PC-SDR	56
Použitie SDR	57
Skrátené prevádzkové postupy na amatérskych pásmach	58
<i>John Devolvere, ON4UN</i>	

VÁŽENÍ PRIATELIA RÁDIOAMATÉRI*Roman Kudláč, OM3EI*

Opäť sa stretáme na tradičnom, tento rok už 34. rádioamatérskom stretnutí vo Vysokých Tatrách a pri tejto príležitosti si vás dovoľujem pozdraviť v mene prezídia Slovenského zväzu rádioamatérov a organizačného výboru stretnutia.

Tradícia celoslovenských stretnutí začala stretnutiami na Krpáčove, ktoré organizovali Bystričania, v Bratislave, ktoré organizoval Jozef Krčmárik s Ivanom Harmincom, a pokračovala stretnutiami vo Vysokých Tatrách, či už to bolo v hoteli Junior v Hornom Smokovci alebo na Štrbe či Štrbskom Plese. V ostatných rokoch si stretnutie našlo svoje zázemie na pôde hotela Hutník vo Vysokých Tatrách, ktorého personál našiel pochopenie pre naše špecifické potreby a vychádza nám všemožne v ústrety.

Tatranské stretnutie je v myšliach rádioamatérov zapísané ako stretnutie s dobrým odborným programom a zároveň aj ako spoločenská udalosť. Čas ukázal, že je to správna cesta. Svedčí o tom veľký a neklesajúci záujem o stretnutie, čo v dnešných podmienkach nie je také samozrejmé. Podmienkou úspešnosti je dostatok sprievodných akcií, akými sú odborné prednášky a diskusné fóra, prezentácie DX expedícií a burza. Ďalšou a nemenej dôležitou podmienkou úspešnosti je obetavý kolektív organizátorov, bez ktorých by to nešlo. Organizačný výbor tvoria členovia popradského rádioklubu OM3KTY na čele s Kurtom OM8AA a takisto aj členovia prezídia SZR.

Čo sme pre vás pripravili na tohtoročnom stretnutí? V prvom rade je to priestor pre osobné stretnutia a diskusie. V odbornej časti to bude celý rad prednášok. Vilo OM3CV bude hovoriť o jeho mobilnej KV anténe, Fero OK1NOF predstaví antény analyzátor VNA, Franzi OE1AOA bude mať prezentáciu digitálneho systému D-STAR a prinesie aj D-STAR prevádzkač, ktorý bude počas stretnutia pracovať pod značkou OM0OIC na 438,525 MHz. Nebude chýbať ani tradičné VKV fórum, zasadnutie ARESu a nakoniec to najlepšie, prezentácia úspešných slovenských DX expedícií – E4/OM2DX do Palestíny a PZ5Z do Surinamu. Samozrejme, v piatok sa otvorí aj rádioamatérska burza. Po vlnajších dobrých skúsenostiach privezie aj tento rok Miro OM3CKU časť svojej zbierky historických prijímačov a vysieláčov a Honzo OM7OA bude merať parametre zariadení.

Súčasťou tatranských stretnutí sú aj zborníky, ktoré vydávame od roku 1976. Obsahujú cennú zbierku technických a prevádzkových príspevkov, z ktorých čerpáme potrebné informácie dodnes. Doplnením stretnutia budú aj prezentácie firiem predávajúcich rádioamatérske zariadenia. Prichádzajú starí známi, Point Electronics z Viedne, domáce firmy OM Power, microHAM, Allamat – C.B.ONE, ANIMA, Mudroch LABS, Martin Karasz z Ostravy, HCS komunikační systémy z Prahy a ďalší. Z väčšej časti k nám neprichádzajú obchodne, ale ako priatelia rádioamatéri, hoci obchod je obchod. Vyvrcholením spoločenskej časti stretnutia býva veľký rádioamatérsky hamfest v sobotu, na ktorý sa spomína dlhé roky. Známa je dobrá atmosféra hamfestu, inteligentná zábava a zaujímavá tombola.

Úroveň stretnutia vo Vysokých Tatrách je priamo závislá od kvality práce organizačného výboru. Preto naša vďaka patrí celému organizačnému kolektívu, autorom príspevkov v zborníku, prednášajúcim, moderátorom besied, konferenciérovi hamfestu, skrátka všetkým, ktorí prispievajú k úspešnému priebehu stretnutia.

Na záver vám želim príjemný pobyt v hoteli Hutník vo Vysokých Tatrách, veľa zaujímavých stretnutí s priateľmi a verím, že i toto stretnutie sa v dobrom zapíše do vašich pamätí.

Roman Kudláč
prezident SZR

MOBILNÁ ANTÉNA PRE PÁSMO 80 METROV

Viliam Capek, OM3CV

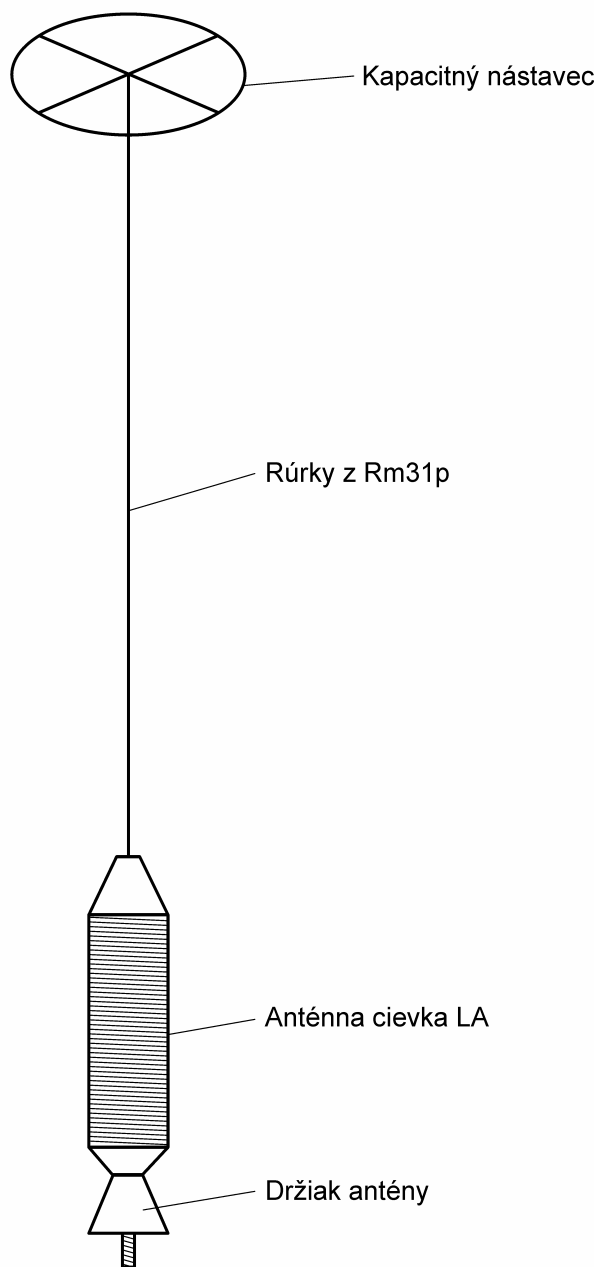
V dávnych dobách, keď sa mi podarilo zkonštruovať transeiver TTR1, som začal vysieľať z auta. V amatérskej praxi vznikli v tej dobe rôzne typy mobilných antén. V osemdesiatych rokoch, vďaka nadobudnutým skúsenostiam, v spolupráci s výbornými odborníkmi, sa mi podarilo skonštruovať mobilnú anténu druhej generácie, ktorú používam dodnes.

OBMEDZENIE VÝŠKY A ŠÍRKY

Pri konštrukcii mobilnej antény na KV musíme zobrať do úvahy niekoľko zásadných vecí. Ak má byť anténa mobilná, tak sa s ňou musí dať aspoň obmedzene jazdiť. Jej výška od zeme nesmie byť od zeme väčšia ako cca 4 metre. Ak umiestnime anténu na strechu, čo je najlepšie riešenie, zostane nám k dispozícii na anténu asi 2-2,5 m dĺžky. Ak ju umiestnime na nárazníku, čo je najhoršie riešenie, zostane nám istá dĺžka pod cievkou (asi 1 m od päty). Dobrým kompromisom je umiestnenie antény do úrovne prednej alebo zadnej kapoty a do päty antény dať jednu tyčku s dĺžkou 50 cm. V takomto prípade už nedochádza k významnému ovplyvňovaniu cievky karosériou. Takáto krátka anténa má po elektrickej stránke nasledovné možnosti. Je to tvar pozostávajúci z vertikálneho žiariča kratšej, nerezonančnej, a preto kapacitnej dĺžky. Vozidlo nemožno považovať za protiváhu podobnú ako u GP antén. Karoséria tvorí iba kapacitnú väzbu so zemou. Meraním sme zistili kapacitu vozidla voči zemi asi 200 pF. Systém je nutné kompenzovať indukčnosťou a dostať ho do rezonancie. Indukčnosť je možné osadiť do päty antény (base loading) alebo niekde do antény, v praxi to býva od 1/3 do 1/2 dĺžky antény (center loading). Naše merania ukázali, že účinne vyžaruje iba časť nad cievkou (asi 80 % energie), zatiaľ čo zvyšok je rozptýlená energia pozdĺž žiariča pod cievkou, kde je VF napätie veľmi malé. V každom prípade máme k dispozícii nad cievkou dĺžku okolo 2 metrov, ktorú potom maximálne využijeme. Vypočítaná kapacita 2 m dlhej, 11 mm hrubej pomedenej rúrky voči zemi je okolo 20 pF. Kapacitný nástavec (klobúk) na konci tyče má priemer okolo 400 mm a je z drôtu 2,5 mm. Ten má kapacitu asi 10 pF. Dohromady je to okolo 30 pF, pri umiestnení antény na streche vozidla vo výške asi 170 cm nad zemou (môj prípad). Kapacitný nástavec má niekoľko ťažko nahraditeľných pozitívnych vlastností, ktoré blahodárne pôsobia v celom systéme. Napríklad:

- a) spolu s kapacitou tyče tvorí väčšiu kapacitu, a tak cievka LA môže byť menšia (mať menšiu indukčnosť) a jej Q vyššie
- b) upravuje vyžarovací uhol na blízke a stredné vzdialenosti
- c) čiastočne zvyšuje impedanciu antény v jej päte

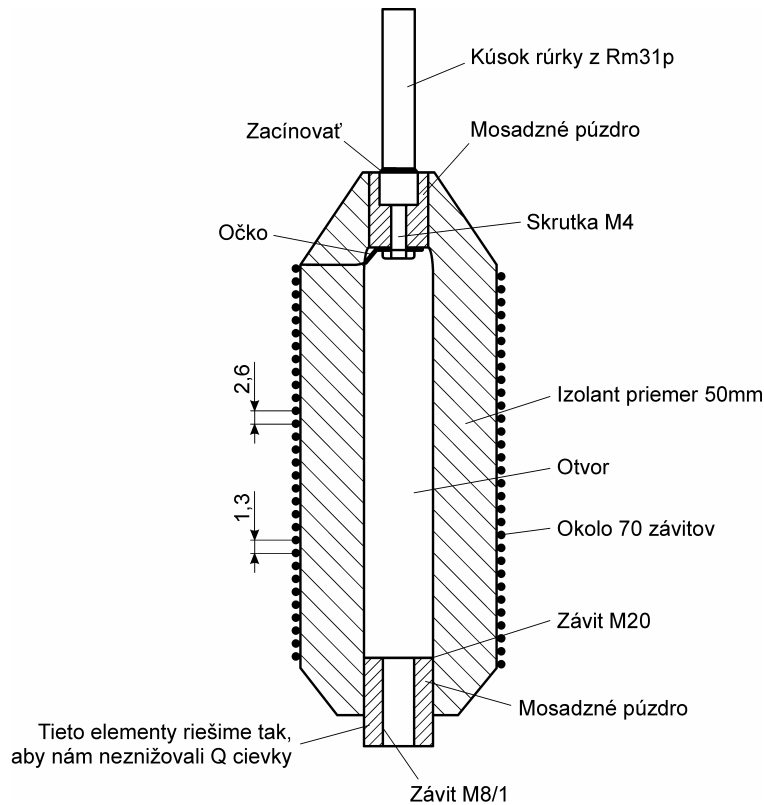
Rozmery kapacitného nástavca sú obmedzené odporom vzduchu pri jazde, pôsobením koronárnych výbojov najmä v letných mesiacoch, a tiež vyžarovací uhol je takto najvýhodnejší.



Zostava antény

CIEVKA LA

Najdôležitejším, ako aj najzložitejším prvkom celej antény je cievka LA. Cievka plní viacero úloh a my ju musíme zhotoviť tak, aby čo najlepšie fungovala v celom systéme, s prihliadnutím na možnosti amatéra.



Cievka LA

Vlastnosti cievky LA:

- a) požadovaná indukčnosť pre rezonanciu, okolo 60 μH
- b) čo najvyššie Q, najmenej 300
- c) čo najmenšia vlastná kapacita, okolo 10 pF

Teleso cievky musí mať čo najmenší stratový činiteľ tangens delta (teflón, keramika a podobne). Pri použití nevhodného materiálu, napríklad PVC, vznikajú zbytočné straty v cievke.

Cievka zabezpečuje:

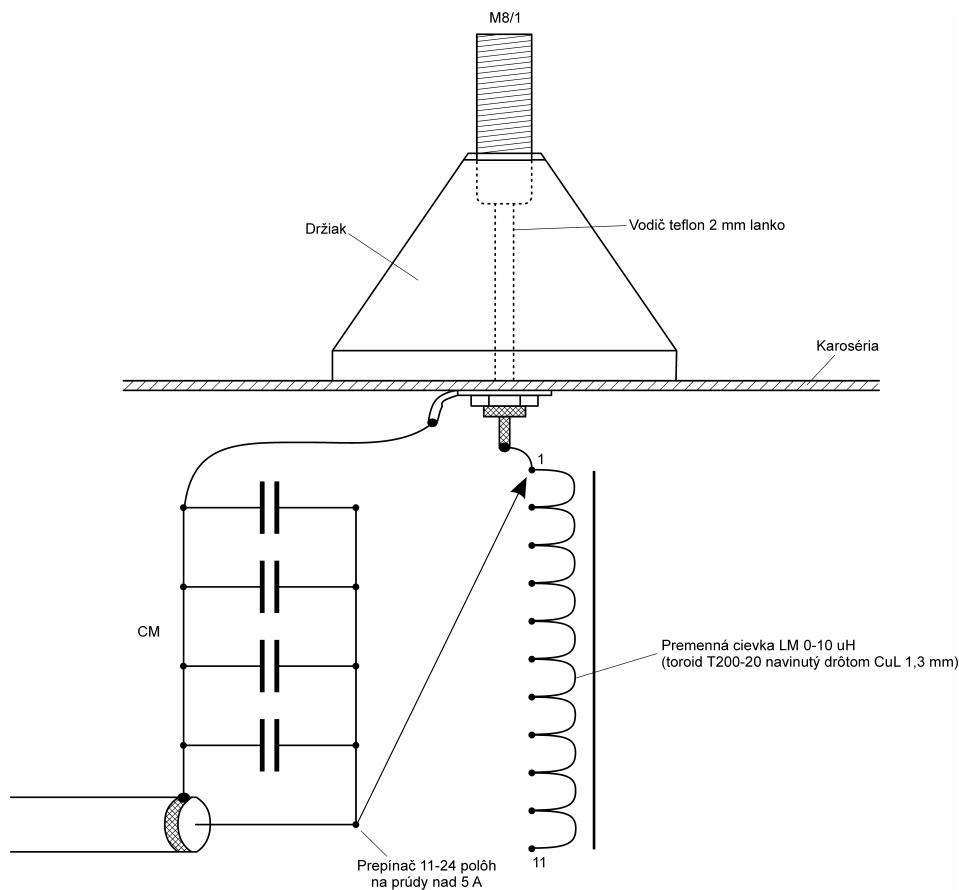
- a) rezonanciu celého systému,
- b) transformáciu impedancie od päty k tyči, a tým i transformáciu napätia na tyč (pri 50 W sa pohybuje napätie na tyči nad 3 kV)

Preto je konštrukcia cievky pomerne náročná. Ani vývody a zalisované rúrky nesmú zhoršovať jej kvalitu. V mojom prípade používam na teleso cievky materiál podobný styroflexu, ktorý má stratový činiteľ podobný teflonu, pričom je ľahší a tvrdší.

Z hľadiska elektrických a pevnostných vlastností je dôležitý aj držiak antény. Osvedčeným materiálom na držiak je styroflex, odliatok z epoxydu, alebo je dobré si zohnať továrenský držiak.

PRISPÔSOBENIE ANTÉNY

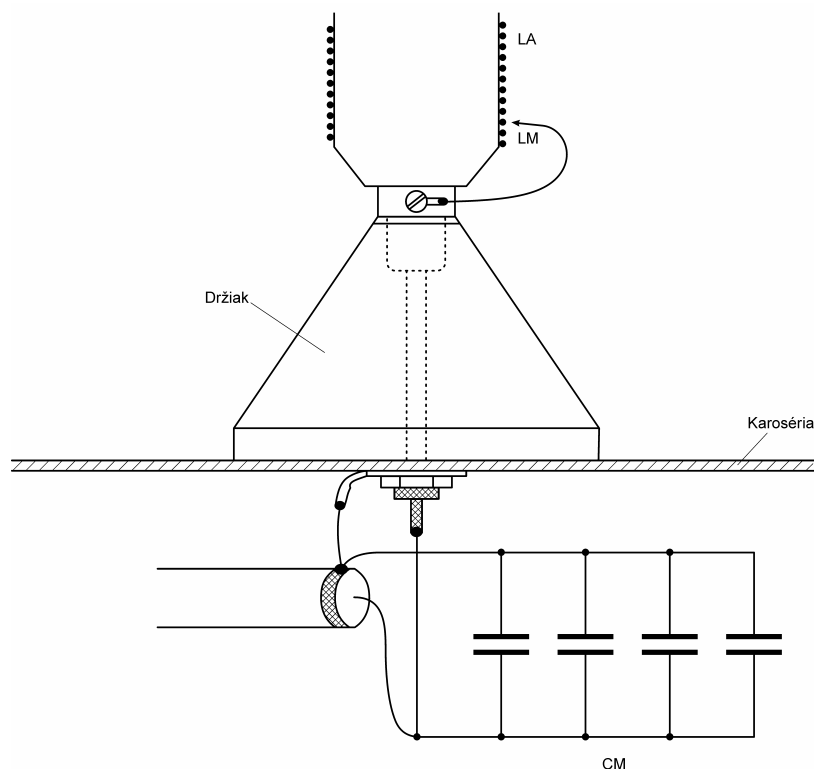
Celý anténny systém má pri rezonancii v päte impedanciu približne 12 ohmov. Túto impedanciu musíme pretransformovať na našich obvyklých 50 ohmov. V praxi je najjednoduchší a najmenej stratový LC článok, zapojený podľa obrázku. LC článok musíme umiestniť čo najbližšie k päte antény (maximálne 30 cm, pozri obrázok) a prepojiť ho dobrým koaxiálnym káblom. Kapacita CM bude pevná, indukčnosť LM bude premenná. Musí spĺňať prúdové požiadavky a musí mať možnosť zmeny indukčnosti od 0 do 10 uH. Môže to byť variometer alebo prepínateľná cievka na toroide T200-2. Ak máme možnosť prevrtať strechu a umiestniť držiak na streche (čo je najlepšie riešenie), potom dolad'ovací LC článok namontujeme zospodu, zvnútra auta. Anténu potom môžeme prispôbovať priamo z auta.



Dolad'ovanie antény „pod strechou“

Ak LC článok nemôžeme umiestniť v aute, zlúčime LM s LA a LA urobíme o 5 závitov väčšiu. Kapacitu CM pripojíme v päte antény. V tomto prípade urobíme na spodnom konci cievky LA odbočky po pol až jednom závite. Pri trapovaní LA si odbočky označíme podľa frekvencie. Potom pomocou dobrého káblíka a konektorov naletovaných na LA môžeme dolad'ovať anténu po celom pásme. Nikdy však nesmieme závity skratovať. Kondenzátor CM zostáva po úplnom nastavení v celom pásme pevný (nemení sa). Zložíme ho zo 4-6 kusov

dobrych sľudových kondenzátorov. Pri zapájaní nesmieme zabúdať, že v päte antény tečú veľké VF prúdy. Anténu vždy doladujeme pri výkone do 20 W. Výkon zvýšime až po doladení.



Doladovanie antény „nad strechou“

Ak máme celú zostavu namontovanú, môžeme sa pustiť do ladenia systému. K tomu potrebujeme trpezlivého OM, ktorý má RX s S-metrom a dve ručné rádiostanice. Od svojho OM odídem s vozidlom na vzdialenosť 200-500 metrov, na nejakú rovinu bez kovových objektov, vedení, koľají a stromov. Celý systém zapojíme a skontrolujeme. VF nastavíme pri frekvencii $f = 3,8$ MHz na najmenší možný výkon. Namiesto kondenzátora CM zapojíme pevné kondenzátory s hodnotou asi 500 pF a k nim paralelne ladiaci kondenzátor 2×500 pF. Nastavíme ho tak, aby výsledná kapacita bola asi 1000 pF. Pustíme do toho výkon. Kamarát nám nahlási výchylku S-metra. Potom cievku LA trapujeme (meníme odbočku) smerom hore a dolu tak, aby výchylka S-metra rástla. Tam, kde je najväčšia, zastavíme. Kondenzátorom CM doladíme na najlepšie PSV. Potom znovu trapujeme cievku LA na najväčšiu výchylku. Znovu doladíme CM na najlepšie PSV. Nastavovanie opakujeme tak dlho, až kým sa v mieste najväčšej výchylky blíži PSV k hodnote 1. Ak to docielime, preladíme sa na 3,75 MHz a zavysielame s rovnakým výkonom. OM nám nahlási výchylku. Zväčšovaním LM sa dostaneme na najlepšie PSV, takisto blízko 1. V opačnom prípade doladíme CM na PSV 1. Ak je to dobré, zmeriame celkovú kapacitu a nahradíme ju pevnými sľudovými kondenzátormi. Týmto je možné považovať systém za naladený. Potom skontrolujeme naladenie na 3,6 MHz a prípadne aj na 3,5 MHz.

Na záver skúsime urobiť spojenie. Faktom je, že anténa veľmi dobre počúva. Pri výkone 20 W doladíme LM na PSV 1 a po zvýšení výkonu môžeme volať výzvu. Ak je všetko v poriadku, ľahko nadviažeme spojenie s dobrým reportom.

Poznámka: Pri napájaní TRXu z automobilovej batérie, odporúčam priviesť napájanie priamo z kontaktov batérie cez odrušovací filter doplnený transilmi 1,5 kW/15V a cez poistku 25 A.

Pre ilustráciu, ak máme výstup z TRX 50 ohmov a nameranú impedáciu v päte antény 12 ohmov, potom:

$$CM = 0,0405 \times 12 \times (50-12) \times 10^9 / 6,28 \times 3750 \times 12 \times 50 = 963 \text{ pF}$$

$$LM = 0,045 \times 12 \times (50-12) \times 10^3 / 6,28 \times 3750 = 0,577 \text{ uH}$$

Najlepšou pomôckou pri ladení je anténny analyzátor. Hodnota impedancie v päte antény je veľmi nepresný údaj, ktorý podlieha rôznym vplyvom, prípad od prípadu, preto sa musí každý systém nastavovať osobitne. Systém tejto antény sa dá realizovať na ktoromkoľvek KV pásme, pričom platia podobné zásady. Od 14 MHz kapacitný klobúk vynecháme. S výsledkami antény som veľmi spokojný, i keď je čo zlepšovať.

Touto cestou by som chcel vysloviť hlbokú vďaku kamarátom, ktorí mi pomohli. Sú to hlavne Jano OK2BIQ, Jano OK2BJJ, Martin OM6EE a Tono OM3LU. Prajem vám veľa úspechov pri stavbe antény.



Autor článku pri montáži antény na auto.



Celkový pohľad na anténu namontovanú na auto. Na vozidlách starších typov sa osvedčilo natiahnuť na dlážke popod koberce do každého rohu medenú pásovinu a dobre ju tam pripojiť (do kríža). Uzol sa potom spojí s kostrou v päte antény.

KRÁTKY MANUÁL ANTÉNEHO ANALYZÁTORA VNA VERZIE 3P2

Podľa autorov IW3HEV, OK1NOF a SP3SWJ napísal Tono Mráz, OM3LU

Základný prístroj VNA navrhol IW3HEV a všetky informácie o ňom nájdete na stránke <http://www.miniradiosolutions.com>. Hardvér a softvér bol upravený viacerými amatérmi a tento manuál je pre verziu Fera OK1NOF a Jareka SP3SWJ (<http://sp3swj.googlepages.com>). Mód vobler bol prevzatý od Petra OM3CPH.

ČO JE TO VNA?

VNA je skratka pre Vektor Network Analyzer – vektorový analyzátor impedancií alebo jednoducho antény analyzátor. Impedancie sú merané vektorovou a nie mostíkovou metódou.

Antény analyzátor VNA 3p2 navrhol Fero OK1NOF a Jarek SP3SWJ spravil softvérové úpravy. Úprava pôvodného VNA od IW3HEV bola potrebná preto, lebo výstupná úroveň DDS generátora bola len 0 dBm, čo je na meranie antén, najmä na spodných pásmach, málo. VNA 3p2 má za DDS generátorom zapojený ešte zosilňovač, a tak na výstupe máme 4 V_{šš}, čo je asi o 16 dB viac. Väčšie výstupné napätie nie je možné používať, lebo vstupný A/D prevodník spracuje maximálne 5 V. Ferovu úpravu prebral aj IW3HEV a na oplátku upravil softvér generátora, aby sa dal nastavovať po 1 Hz.



AKO VNA PRACUJE

Vo všeobecnosti pracuje VNA nasledovne. DDS generátor vyrába signál vo zvolenom rozsahu frekvencií. Tento signál je cez smerový väzobný člen privedený na meraný objekt (anténu). Smerový väzobný člen má výstupy pre priamu a odrazenú vlnu (FWD, REV). Tieto dva signály sa privedú na obvod AD8302. Obvod obsahuje presné logaritmické zosilňovače, limity a súčtové členy. Na jednom výstupe bude informácia o magnitúde (absolútnej hodnote impedancie Z), na druhom je informácia o fáze medzi vstupmi. Tieto analógové informácie sa digitalizujú A/D prevodníkmi a výstupy sa privádzajú do PC. Počítač z nich vypočíta rezistan-

ciu, reaktanciu, PSV, RL (return loss) a reaktanciu prepočíta na hodnotu kapacity alebo indukčnosti atď. Tento VNA má jednu drobnú chybu: zmeria fázu s presnosťou na jeden stupeň, ale len v rozsahu 0 až 180 stupňov. Čiže VNA nedokáže určiť znamienko reaktancie. To nevie veľa analyzátorov, napr. ani MFJ259. Pri grafickom zobrazení to podľa smernice fázy dokážeme celkom presne odhadnúť.

VNA 3p2 pracuje v rozsahu 0,1 – 60 MHz a v prevedení OK1NOF má rozmery 5 x 5 x 3 cm, pripája sa do paralelného portu PC a napájanie si berie z USB portu.

Na displeji PC sú zobrazené parametre antén. Jeden merací cyklus má 500 vzoriek a trvá asi 0,6 sekundy. Softvér beží len pod Windows XP a 98. Windows 2000 má problémy a Vistu ani neskúšajte. PC by malo mať CPU >500 MHz a potrebuje paralelný a USB port.

VNA sa dá použiť ako:

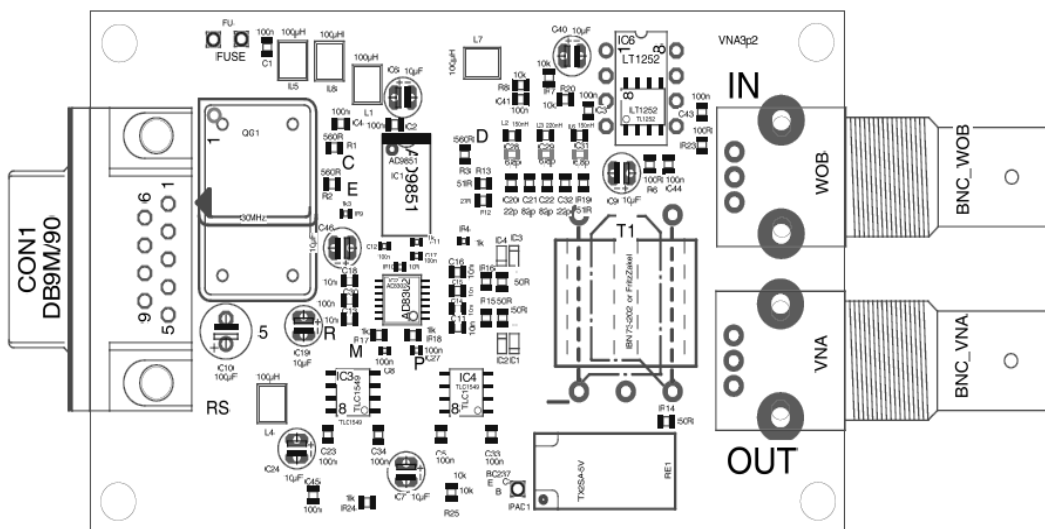
- analyzátor antén – merač impedancie, PSV, RL, Rs, Z, X, fázy
- vobler
- generátor signálu
- merač trapov antén
- merač dĺžky koaxiálnych káblov
- meranie vlnovej impedancie koaxiálnych káblov
- merač kryštalov

Pred používaním VNA dajte pozor:

- Nevystavujte VNA veľkým VF poliam, keď máte pripojenú anténu. Spôľahlivo zničíte interný detektor.
- Napájacie napätie nesmie prekročiť 5 V.
- Výstupná úroveň generátora je asi 40 mW, čo pri meraní spôsobuje ostatným staniciam na pásme QRM.

TECHNICKÉ PARAMETRE VNA

- frekvenčný rozsah 0,1 – 60 MHz po 1 Hz
- DDS generátor s úrovňou 4 V_{šš}, nastaviteľný po 1 Hz
- dva meracie porty (generátor a detektor) umožňujú merať prenos signálu, čiže filtre, trapy, kryštály atď.
- pripojenie na PC cez paralelný port
- napájanie 5 V z USB portu (< 80 mA)
- rýchle meranie, 500 bodov za 0,6 sekundy
- veľký dynamický rozsah merania tlmenia odrazu (PSV 1,06:1 alebo lepšie)
- veľký dynamický rozsah generátora > 55 dB
- meria PSV, RL, Rs, Z, X, fázu, dĺžku koax. káblu
- automaticky nájde minimum PSV (nastaví zelený marker M3)



Rozloženie súčiastok na hornej strane DPS VNA 3p2.

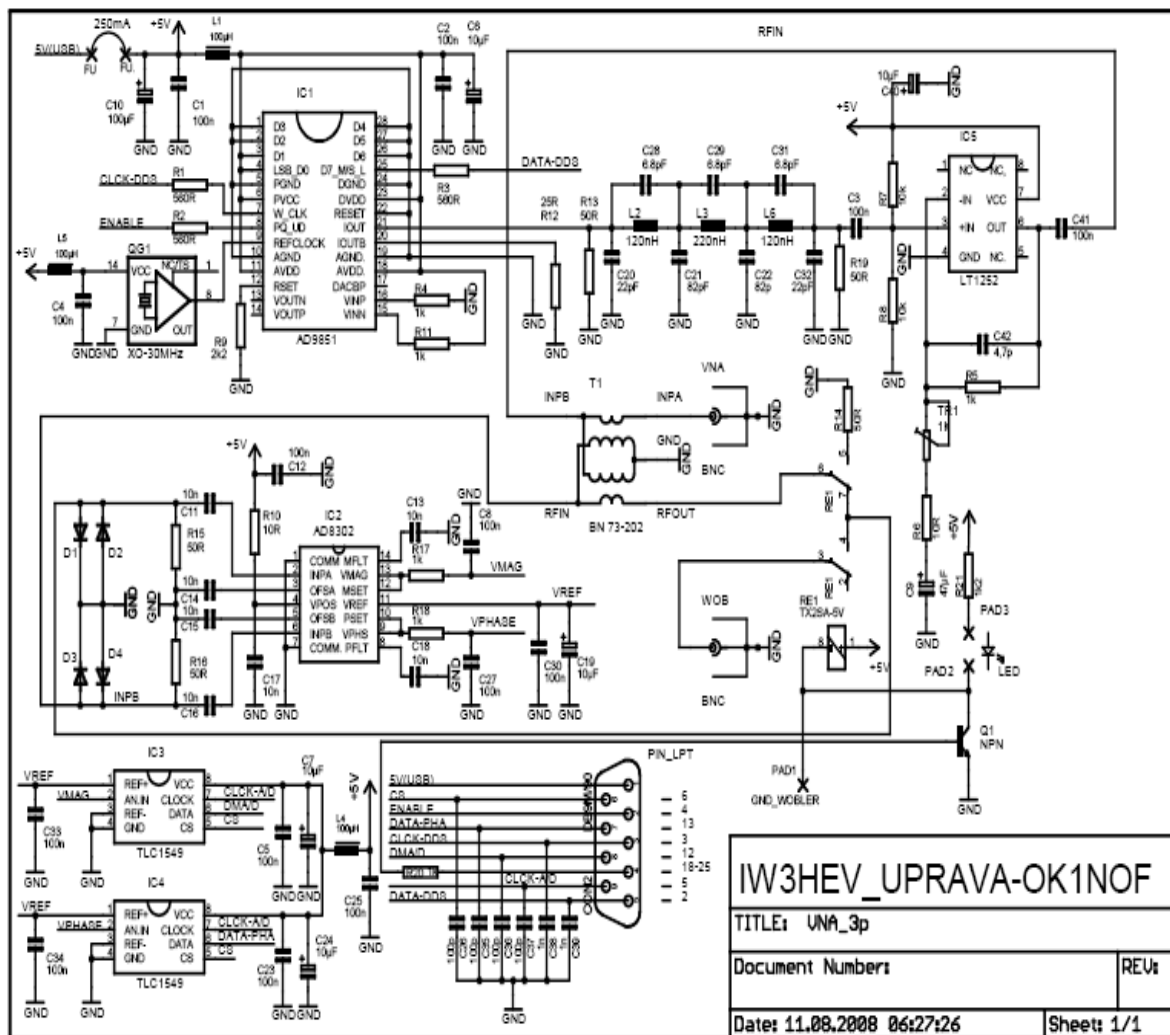
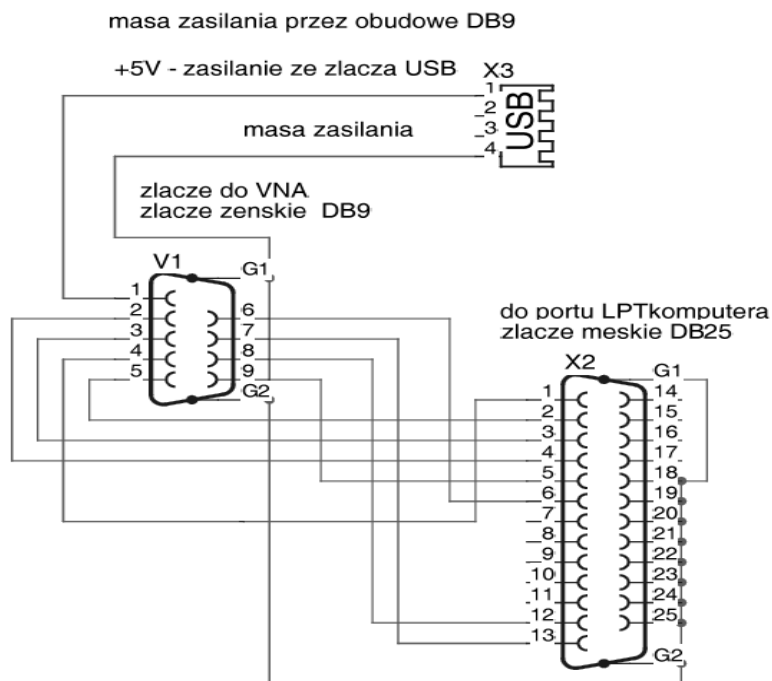


Schéma analyzátoru.



Zapojenie prepojovacieho kábla medzi VNA a PC. Samozrejme, prepojovací kábel musí byť tienený, lebo inak budete mať problémy s funkciou VNA.

PRIPOJENIE VNA

VNA 3p2 má na pripojenie na LPT PC 9-pinový Canon konektor. Ďalej má BNC konektor výstupu (BNC OUT) z DDS generátora so 4 VŠŠ/50 ohm (cez smerový väzobný člen). Konektor BNC IN pripája meraný objekt na detektor (len v móde merania filtrov, čiže v móde vysielania).

INŠTALÁCIA PROGRAMU

Programové vybavenie sa dá stiahnuť zo stránky <http://sp3swj.googlepages.com>. Po kliknutí na odkaz VNA3p2 nájdeme v bode 5.1.2. kapitolu „Inštaláciu programu“. Postupujeme nasledovne:

1. Nastavenie REGIONÁLNEHO A JAZYKOVÉHO NASTAVENIA Windows, aby Windows používal desatinnú bodku a nie čiarku. Postupne klikáme na ŠTART, NASTAVENIA, OVLÁDACIE PANELE, MIESTNE A JAZYKOVÉ NASTAVENIA, v MIESTNYCH NASTAVENIACH klikneme na VLASTNÉ NASTAVENIE a zmeníme hneď prvý parameter **Desatinnú čiarku** na **Desatinnú bodku**. Klikneme na OK a prvý krok máme za sebou. Bez tohto nastavenia VNA nebude pracovať!
2. Nainštalujeme originálny program IW3HEV verziu 2.24, na Jarkovej stránke je to označené ako INSTALKA 224. Stiahneme program a spustíme ho. Program zapíše do Windows premenné a už ho viac nebudeme spúšťať.
3. Inštalujeme program SP3SWJ. Klikneme na INSTALKA 140 a nainštalujeme si verziu s ovládaním cez LPT a USB alebo RS232. Program sa skladá z dvoch súborov – *analyzer1xx.exe* a *analiz.ini*, ktoré umiestnime do jedného adresára.

- Otvoríme si súbor *analiz.ini* na editáciu (dvojklik na súbor) alebo editujeme cez nejaký COMMANDER. Na riadku 14 „Nastavenie portu“ skontrolujeme, či je tam napísané číslo 888 pre port LPT.

```
[PORTSETTING]
```

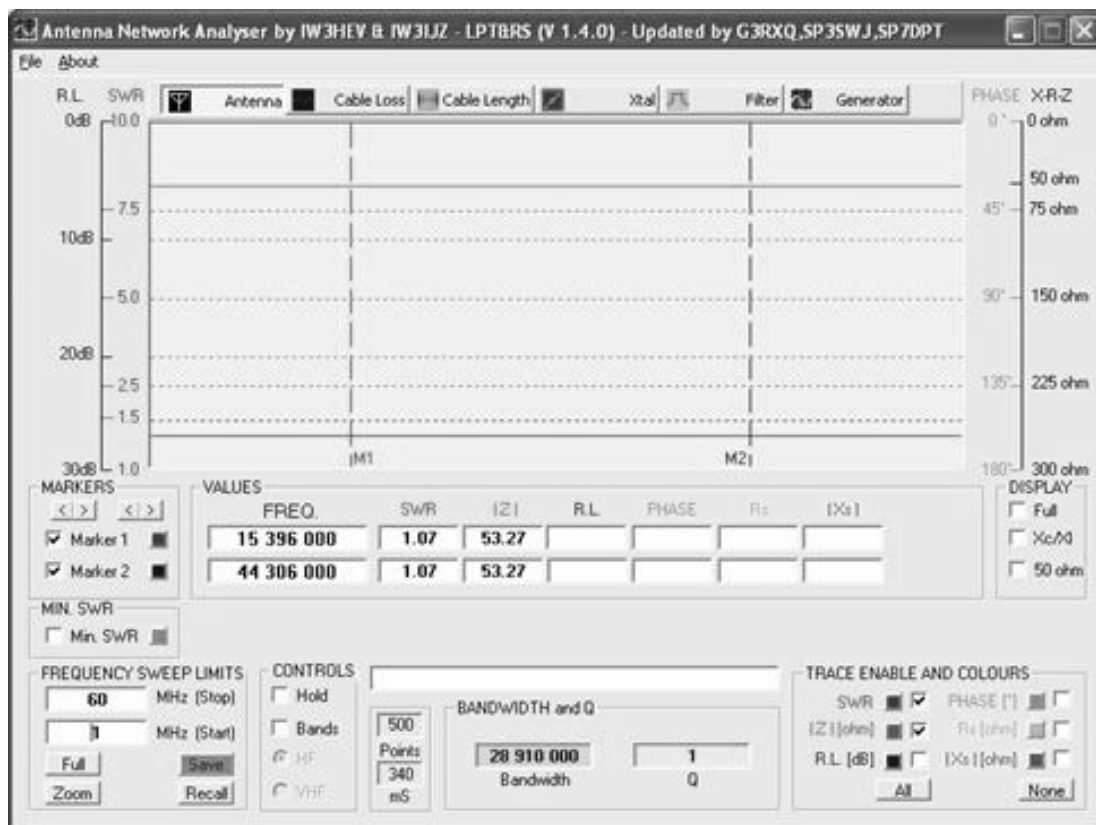
```
' Port Type    1 = LPT   2=RS232
```

```
Port_type=1
```

```
LPT_address=888      'printer port address 1 byte  888 decimal is LPT1  378h
```

```
RS_address=1         'serial port address number COM1 is 1
```

- Klikneme na .exe súbor a otvorí sa nám obrazovka analyzátoru.



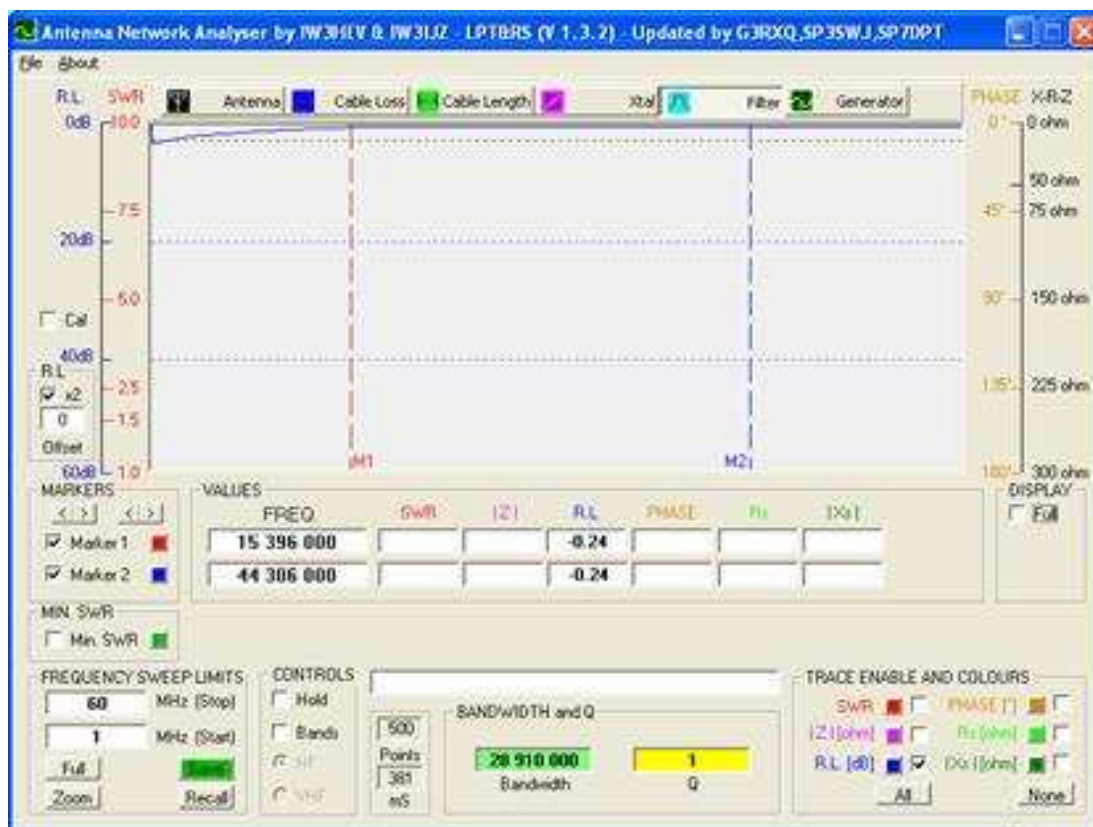
To je prvý úspech, ktorý sme dosiahli. Program zrejme funguje. V nasledujúcich používaníach budeme analyzátor spúšťať takto:

- Do VNA zasunieme konektor prepájacieho kábla DB9.
- Do LPT portu PC zasunieme konektor kábla DB25.
- Do niektorého USB konektora PC zasunieme USB konektor kábla (napájanie 5 V).
- Do VNA, do konektora BNC OUT, zasunieme 50-ohmovú záťaž (BNC konektor so zapojeným odporom 50 ohm – terminátor 50 ohmov).
- Spustíme .exe program.
- Vo VNA zacvaká relé, čo je znakom toho, že VNA má napájanie.
- Na monitore sa objaví predchádzajúci obrázok.

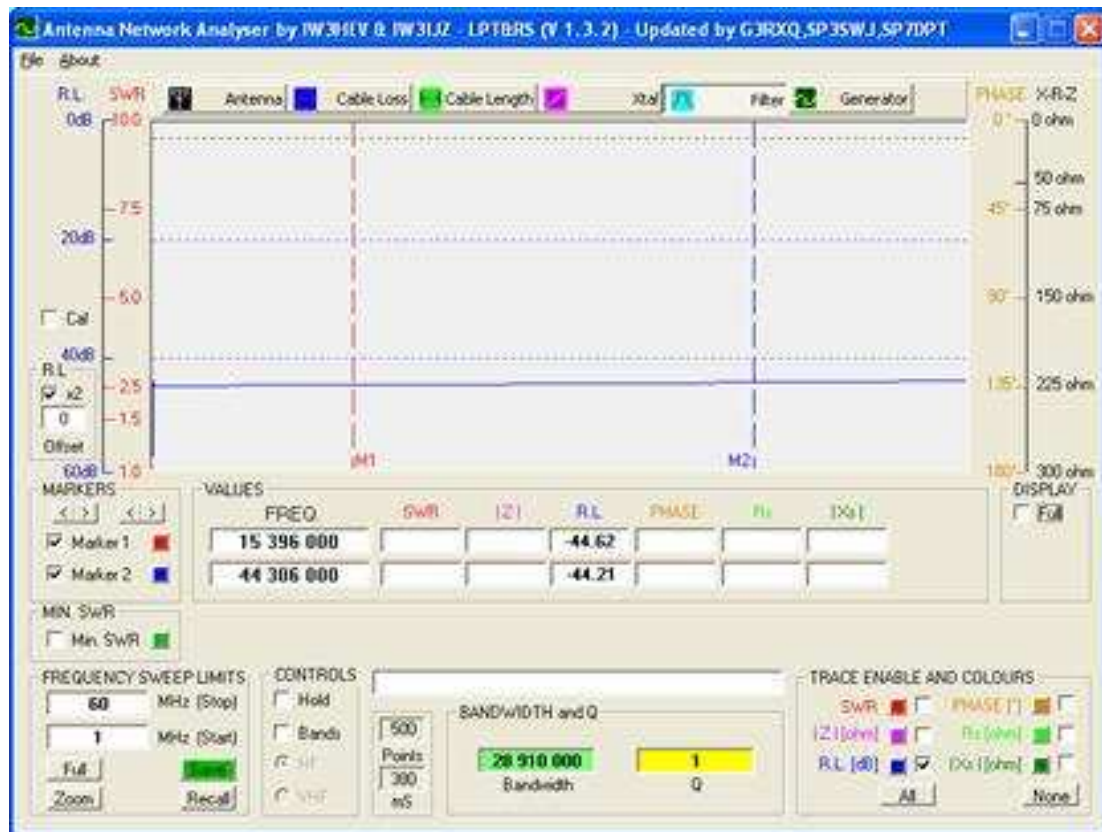
Klikneme na ikonu **Antenna**. V pravom dolnom rohu zaškrtneme [Z] a SWR. Fialová krivka [Z] musí ukazovať na 50 ohm. Pokiaľ máme iný zaťažovací odpor, môžeme skúsiť 75 ohm, 200 ohm a krivka sa musí posunúť na zodpovedajúcu hodnotu.

Klikneme na ikonu **Filter** a v pravom dolnom rohu zaškrtneme RL a Phase. Modrá krivka (čiara) pri rozpojených konektoroch ukazuje niečo nižšie ako 40 dB. Keď prepojíme konektory OUT a IN krátkym koaxiálnym káblom, mala by byť modrá krivka blízko 0 dB. Klikneme na obdĺžnik CAL – kalibrácia, krivka sa vyrovná a môžeme merať filtre.

Pred každým meraním spustíme znovu program podľa predchádzajúceho postupu.



Konektory spojené káblom



Rozpojené konektory

V prípade potreby korekcie postupujeme nasledovne (ale veľmi opatrne, najlepšie až po odskúšaní VNA):

Korekcia offsetu Return Loss – FILTER

Opäť v súbore *analiz.ini* urobíme korekciu:

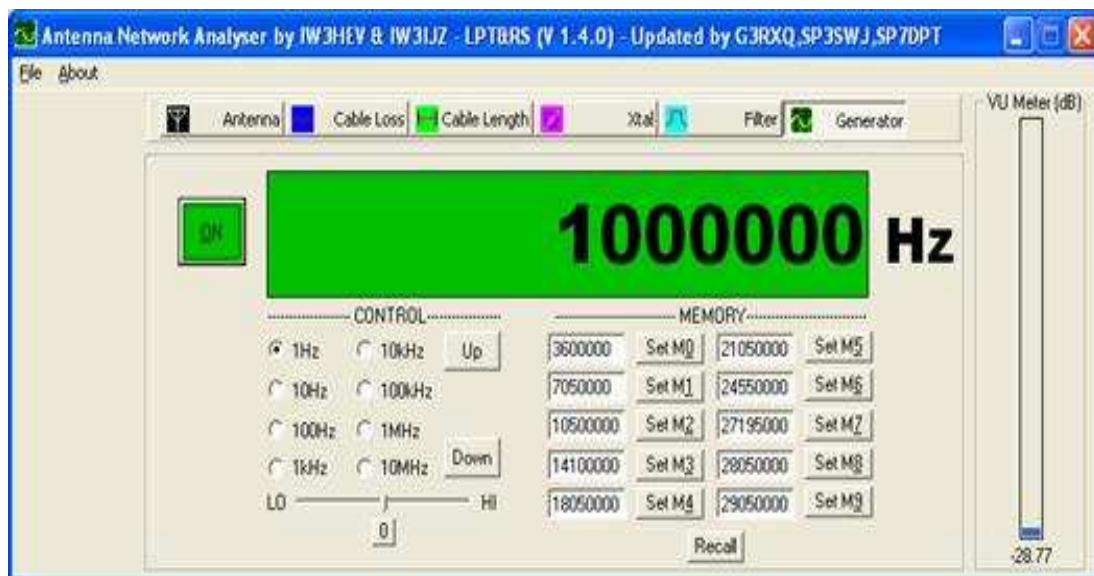
```
RL_OFFSET_filter=15.5
```

```
'set for OUT----IN connected in FILTER mode an ZERO readout for RL
```

Nastavenie ostatných korekcií bude asi potrebné pri vlastnej stavbe analyzátoru. Ako nastaviť všetky parametre VNA, prípadne urobiť korekcie, je napísané na Jarkovej stránke.

POUŽITIE VNA AKO GENERÁTORA

Klikneme na ikonu „Generator“ a dostaneme túto obrazovku:



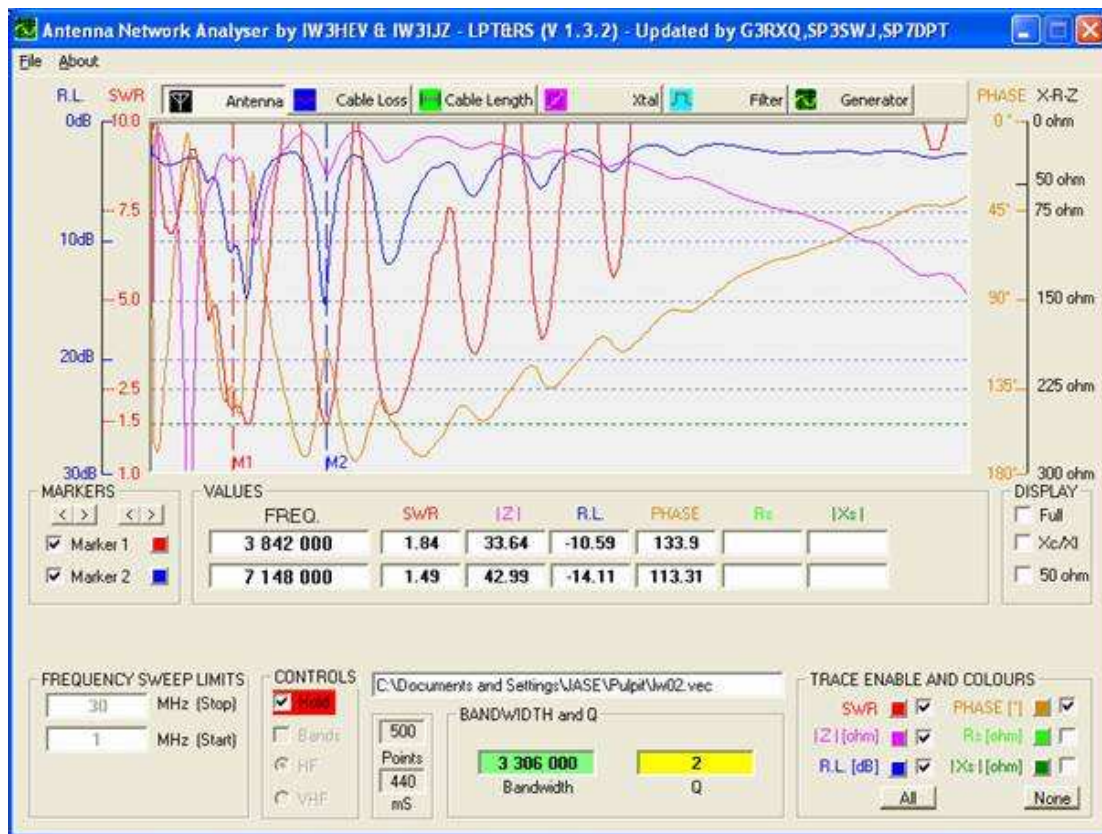
Frekvenciu generátora nastavíme postupným klikaním na krok a „Up“ alebo „Down“. Vo vedľajšom poli môžeme nastaviť jednotlivé pamäte. Generátor spustíme kliknutím na štvorček ON-OFF (musí zostať svietiť ON). Výstupné napätie generátora je 4 V_{šš}.

MERANIA S VNA

• Meranie impedancie antény

Naštartujeme program a meranú anténu zapojíme do BNC konektora OUT. Klikneme na obdĺžnik „**Antenna**“, na obrazovke zvolíme počiatočnú a konečnú frekvenciu merania (vľavo dolu FREQUENCY SWEEP LIMITS). Keď označíme v stĺpci CONTROLS rámik BANDS, budeme mať nastavené to pásmo, ktoré zaklikneme.

Značky (**markery**) posúvame myšou. Ľavým tlačidlom myši posúvame marker M1 (červený) a pravým tlačidlom M2 (modrý). Kliknutím na **ZOOM** zväčšíme odstup markerov. Kliknutím na **RECALL** sa vrátíme o jeden krok naspäť. Kliknutím na **SAVE** zapíšeme štart a stop frekvenciu do pamäte (vyvoláva sa pomocou RECALL). Kliknutím na **Min. SWR** sa automaticky posunie marker M3 (zelený) na minimálne PSV.

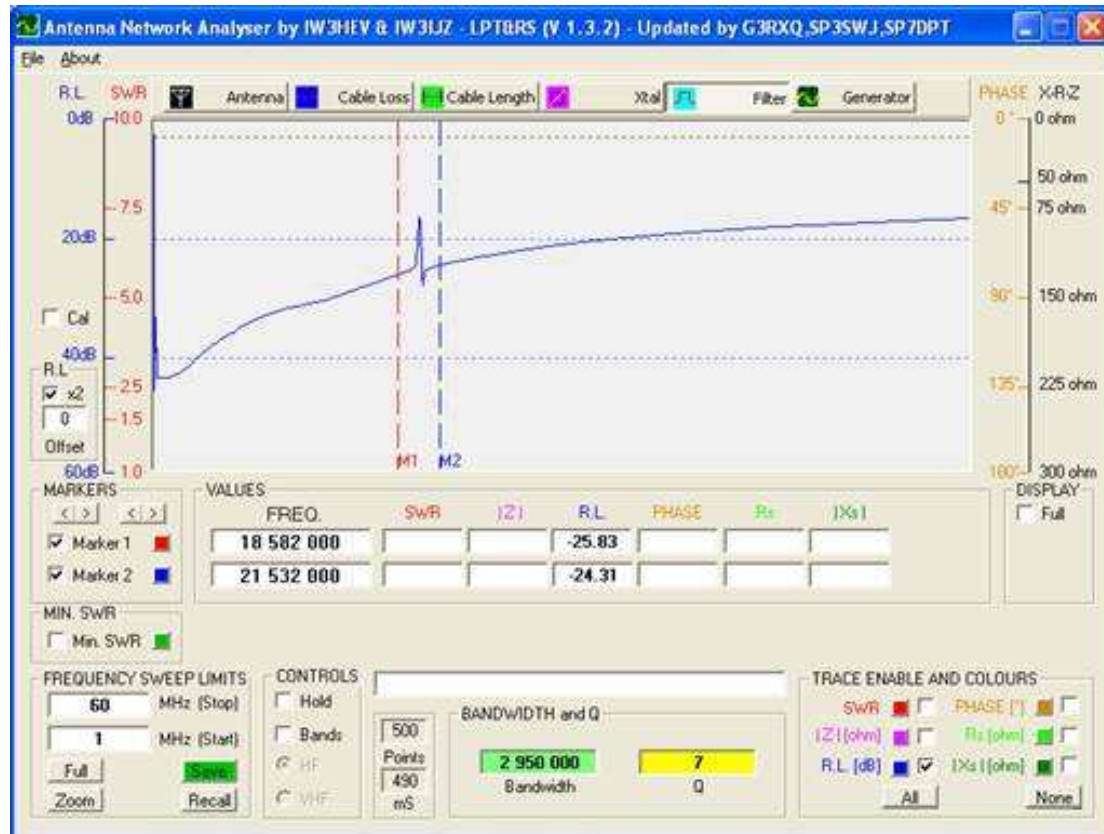


Meranie parametrov antény 50 m LW

Markery sú nastavené na 3,842 MHz a 7,148 MHz a zobrazené parametre sú zvolené vpravo dolu. Volíme ich označením políčka. Na displeji vidíme priebeh jednotlivých parametrov v závislosti na frekvencii. Meranie na určitej frekvencii spravíme nastavením niektorého markera na požadovanú frekvenciu. Vedľa frekvencie markera máme zobrazené namerané hodnoty SWR, [Z], RL, PHASE, Rs a [Xs].

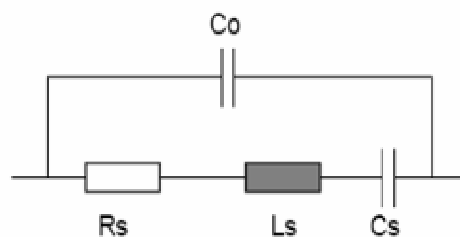
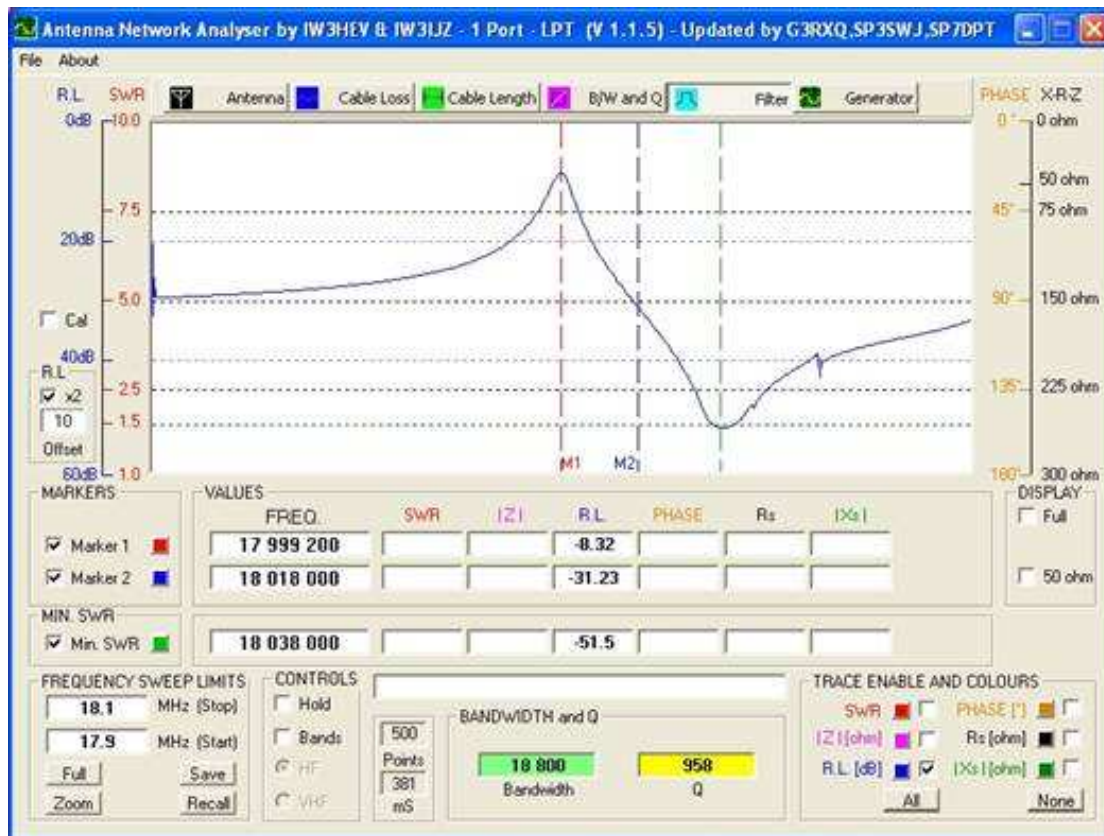
- **Meranie kryštálov**

Klikneme na obdĺžnik „**Filter**“, VNA sa prepne do módu vobler, kryštál zapojíme medzi stredné vývody konektorov IN a OUT a markery nastavíme okolo označenej frekvencie kryštálu. Podstatné je zmerať sériovú rezonanciu kryštálu.



Priebeh merania kryštálu

Klikaním na **ZOOM** roziahneme oblasť okolo frekvencie kryštálu. Marker M1 dáme na maximum krivky a M2 na minimum krivky. Frekvencia F1 je sériová frekvencia kryštálu a F2 je paralelná frekvencia.

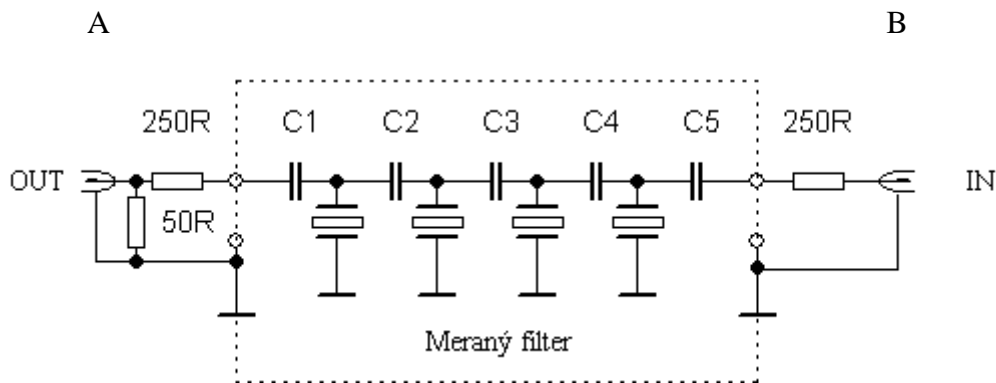


Náhradná schéma kryštálu

Pomocou VNA zmeriame sériovú a paralelnú rezonanciu a sériový odpor R_s . Ostatné parametre sa dajú vypočítať zo vzorcov, ktoré si nájdete na internete.

• Meranie filtrov

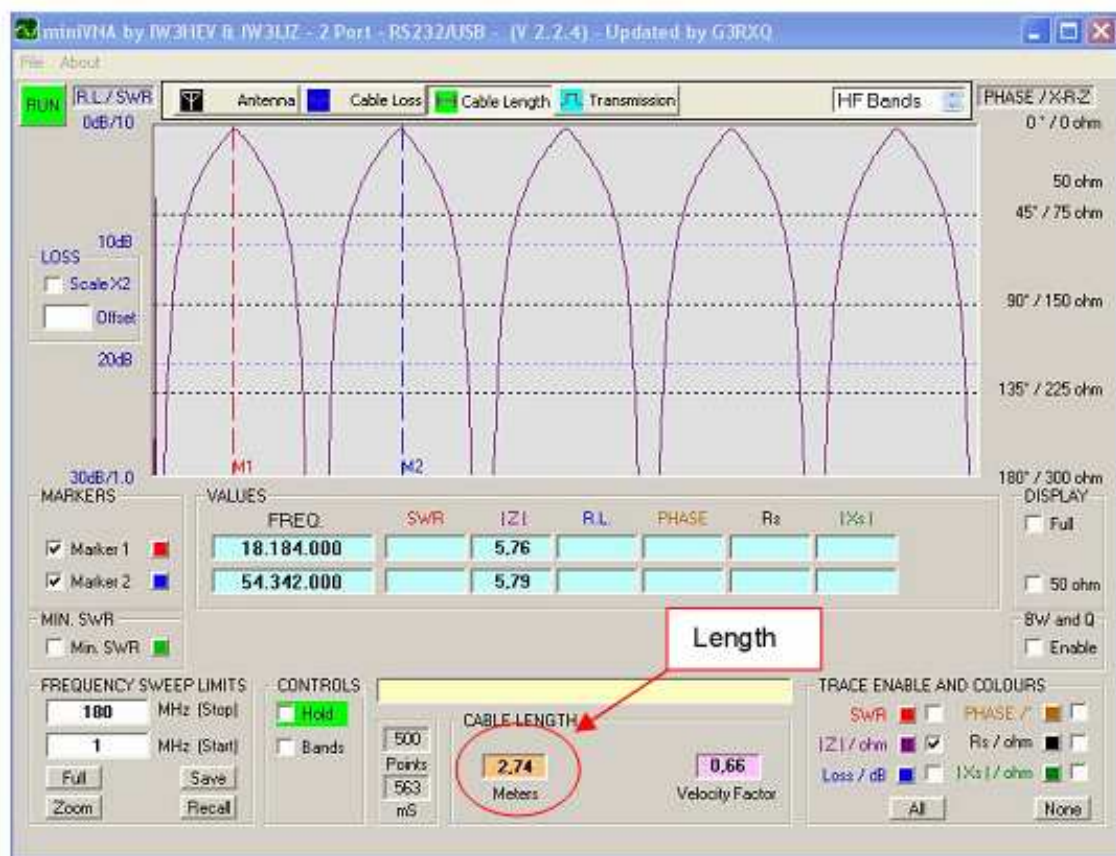
Meraný filter pripojíme medzi BNC konektory OUT a IN. Problémom je vstupná a výstupná impedancia VNA, ktorá je 50 ohmov. Čiže, napríklad dolnopriepustný filter za PA môžeme merať priamo, lebo má vstupnú a výstupnú impedanciu 50 ohm. Ale pri meraní kryštálového filtra s impedanciou 300 ohmov musíme zapojiť do série so vstupom a výstupom filtra 250-ohmové odpory.



Základný útlm merania je asi 18 dB a zmeriame ho tak, že skratujeme vstup a výstup filtra (skratujeme body A a B). Čiže, ľahko zmeriame šírku pásma na -6 dB, prípadne na -20 dB, ale nezmeriame stopband. Meranie kryštálového filtra normálnym voblerom nie je možné, vobler musí byť pomalobežný, ako je náš VNA.

• Meranie dĺžky koaxiálneho kábla

Meraný koaxiálny kábel pripojíme medzi konektory OUT a IN. Na meranie dĺžky kábla síce stačí pripojiť meraný kábel na konektor OUT, ale keďže hneď budeme merať útlm kábla, zapojíme ho rovno medzi oba konektory. Klikneme na obdĺžnik „Cable Length“ a dostaneme obrázok podobný nasledujúcemu. Marker M1 nastavíme na prvé maximum [Z] a marker M2 na druhé maximum.



Zmeraná dĺžka kábla je v okienku CABLE LENGTH (obrázok je z VNA IW3HEV).

Keď meriame dĺžku koaxiálneho kábla len na konektore OUT, tak môžeme skúsiť merať pri skratovanom a pri rozpojenom konci kábla. Priebeh $[Z]$ na konci skratovaného kábla začína nulou (na obrázku je to maximum krivky), na konci rozpojený kábel má maximum o štvrt vlny posunuté. Na výsledok merania to nemá vplyv. Pri meraní dĺžky kábla musíme nastaviť markery na dve susedné maximá.

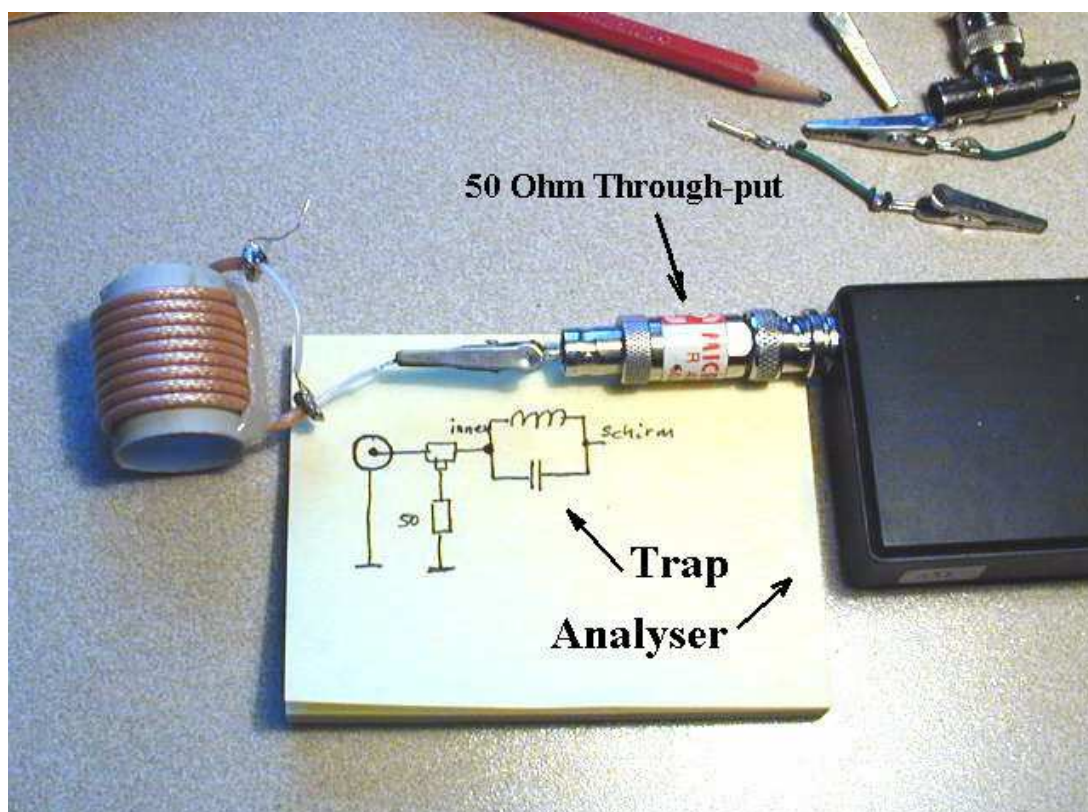
Samozrejme, zmeraná dĺžka kábla platí pri nastavenom koeficiente skrátania 0,66 (PVC dielektrikum). Zmenu koeficientu skrátania spravíme v súbore *analiz.ini*. Penový kábel má koeficient skrátania 0,81.

Keďže maximálna frekvencia generátora je 60 MHz, minimálna meraná dĺžka kábla je asi 2,5 metra.

Týmto spôsobom môžeme merať i poškodený koaxiálny kábel a nájsť miesto poškodenia.

• Meranie trapov a ladených obvodov

Meranie paralelných ladených obvodov (napr. trapov) je jednoduché. Zapojíme ich medzi konektory OUT a IN a zmeriame prenos. Minimálny prenos znamená paralelnú rezonanciu obvodu, ale presnosť merania je malá. Ako presnejšie merať paralelný ladený obvod a jeho Q s našim analyzátorom? Paralelný ladený obvod má na rezonančnej frekvencii maximálny odpor, ale keďže my meriame obvod s paralelne pripojeným odporom 300 ohmov, nie je možné priamo merať PSV, RL alebo $[Z]$. Ale vieme zmerať priebeh fázy. Ladený obvod pripojíme podľa nasledujúceho obrázku. Vnútorňý odpor generátora bude 25 ohmov a fáza sa nebude v celom rozsahu VNA meniť. To je základ merania.



Zapojenie meracieho obvodu

Najjednoduchšie je použiť BNC prechod – T-čko (na obrázku vpravo hore). Zasunieme ho do konektora OUT, jeden výstup zaťažíme 50-ohmovou záťažou (50-ohmový terminátor) a na stredný vývod konektora (živý) pripojíme živý vývod trapu. Druhý vývod trapu necháme voľný, prípadne ho zaťažíme kapacitou 3 pF proti zemi (na obrázku použili priechodziu záťaž 50 ohmov proti zemi).

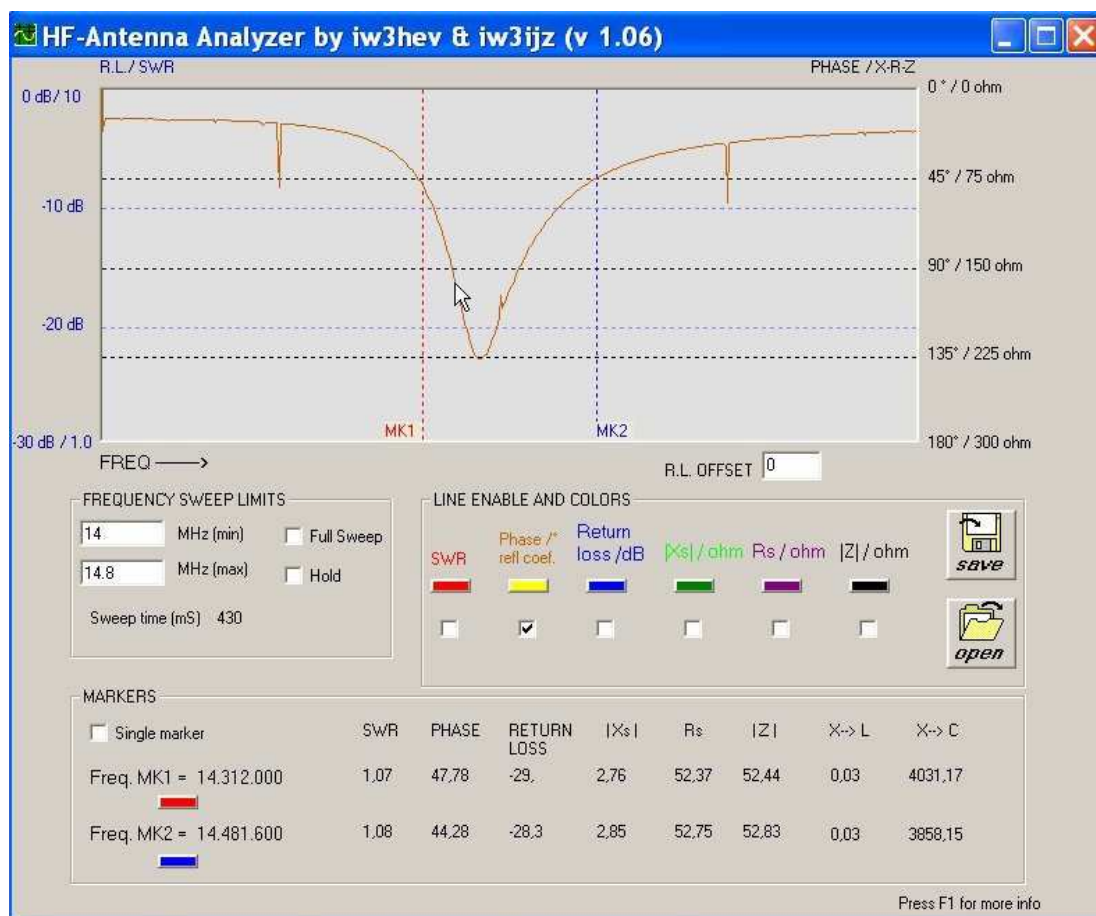
Spustíme analyzátor a zaklikneme len meranie fázy. Nájdem rezonanciu (pokles krivky, ako na nasledujúcom obrázku) a pomocou ZOOM si krivku rozšírime. Nastavíme markery na oba body krivky, kde je fázový posun 45 stupňov. Q obvodu vypočítame podľa vzorca

$$Q = \text{Frez} / (\text{Fm2} - \text{Fm1}),$$

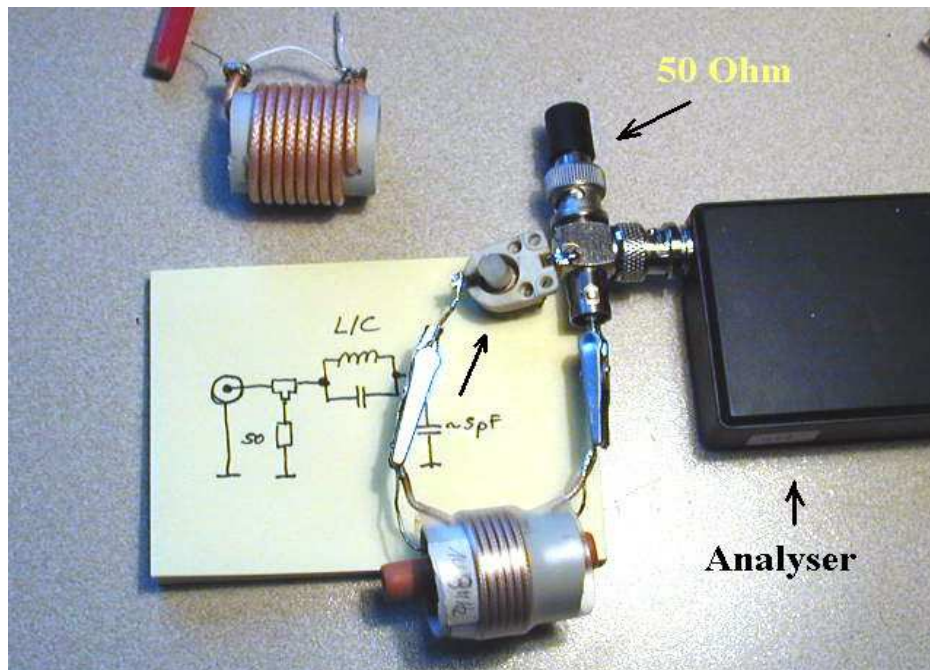
Kde Frez je rezonančná frekvencia paralelného obvodu, Fm2 a Fm1 sú frekvencie markerov 2 a 1.

Príklad: Frez = 14.400 kHz, Fm2 = 14.482,6 kHz, Fm1=14.312 kHz

$$Q = 14400 / (14481.6 - 14312.0) = 84.9$$



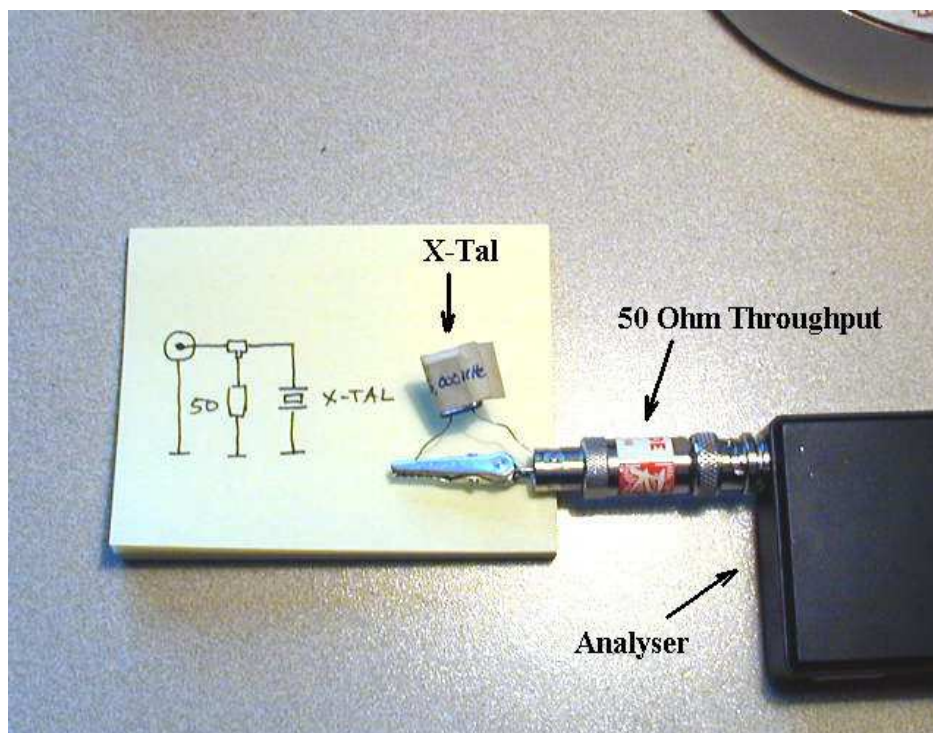
Niekedy si musíme pri meraní pomôcť malou kapacitou (asi 3 pF), zapojenou medzi opačný koniec meraného obvodu a zem.



Dôležitá poznámka: Obidve popísané metódy sú citlivé na parazitné kapacity. Konektor má vlastnú kapacitu asi 3 pF. Pripojovací vodič má prídavnú indukčnosť, a preto musí byť čo najkratší. Meraný obvod musí byť vzdialený od kovových objektov. Presnosť merania je pre naše účely dostatočná.

- Iné meranie sériovej rezonancie kryštálu

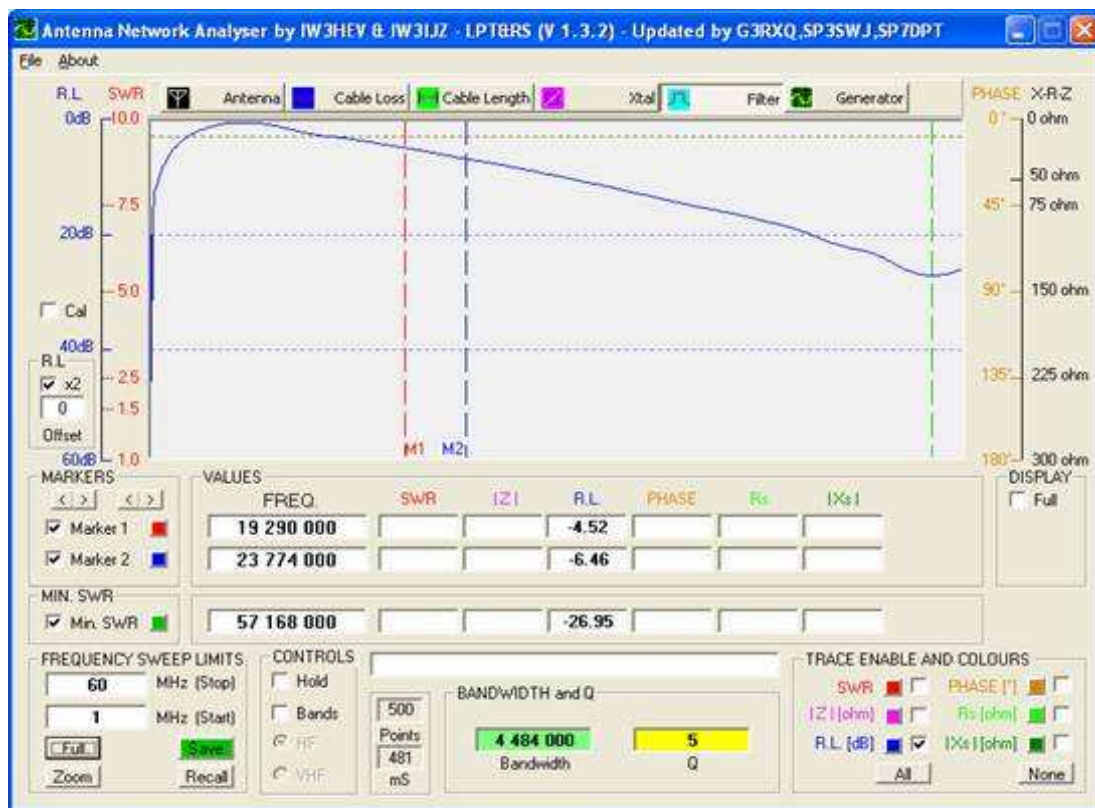
Kryštál zapojte podľa nasledujúceho obrázku. Merajte podobne ako v predchádzajúcom príklade. Nastavte markery na body, kde je fáza 45 stupňov. Q vypočítajte podľa predchádzajúceho vzorca. Nečudujte sa veľkému Q kryštálov.



• **Meranie balunov – širokopásmových transformátorov s prevodom impedancií**

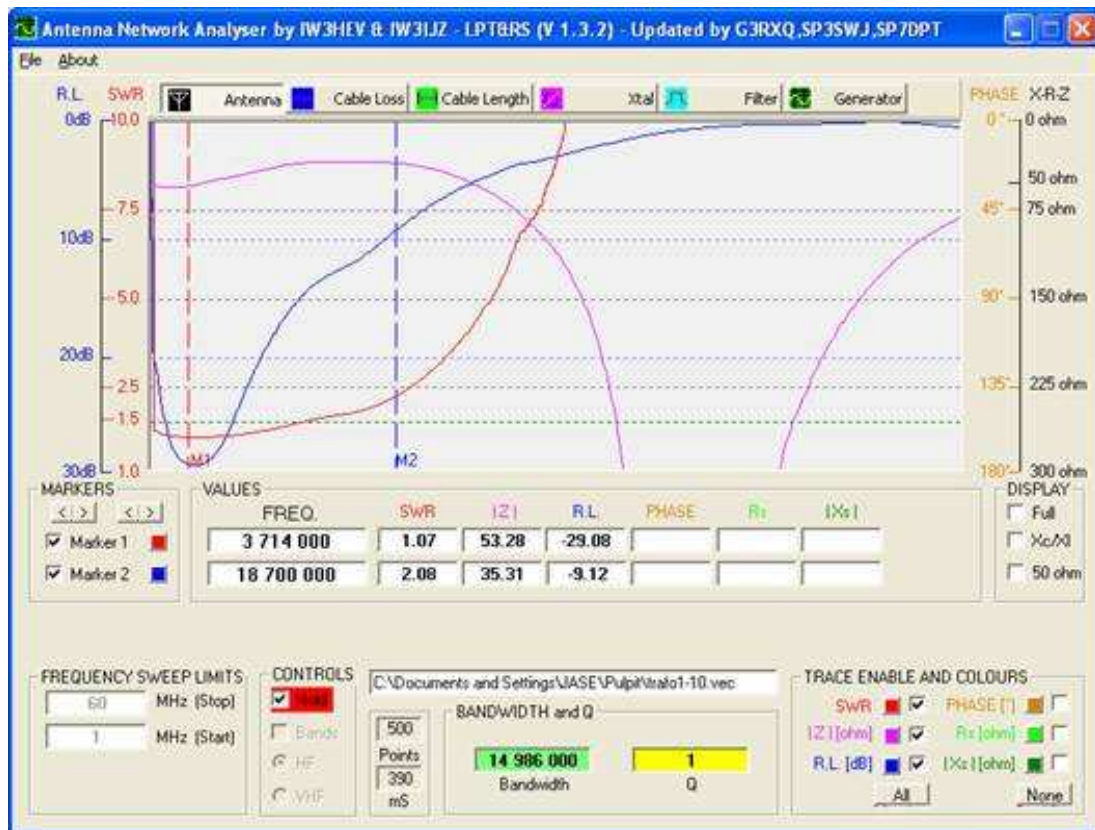
Meranie môžeme robiť meraním prenosu alebo meraním impedancie správne zaťaženého balunu.

Pri meraní balunu 1:1 so vstupnou a výstupnou impedanciou 50 ohmov zapojíme transformátor medzi konektory OUT a IN a analyzátor prepne do polohy merania prenosu (klikneme na „Filter“) a prepne na RL. Krivka RL nám udáva straty transformátora alebo prenos.



Druhá metóda je jednoduché meranie impedancie zaťaženého transformátora. Ten istý transformátor ako v predchádzajúcom prípade zaťažíme odporom 50 ohmov (dva 100-ohmové odpory paralelne, najlepšie v prevedení SMD) a vstup transformátora pripojíme do konektora OUT. Spustíme analyzátor prepnutý do polohy merania impedancie, teda klikneme na „ANTENNA“, a zvolíme si SWR, [Z] a RL. PSV – SWR by malo byť v rozsahu prenosu transformátora čo najnižšie, [Z] blízke 50 ohmom a RL, tlmenie odrazu, čo najvyššia hodnota.

Napríklad nasledovné meranie: Transformátor má prevod impedancií 1:1 v rozsahu asi 1 až 18,7 MHz (max. PSV je 1:2, RL=10 dB).



ZÁVER

Toto určite nie sú všetky druhy meraní, ktoré je možné robiť s našim anténnym analyzátorom.

Na záver treba pripomenúť, že meranie antény pomocou VNA je veľmi rýchle, presné a prehľadné. Pokiaľ chceme presne zmerať parametre antény, musíme ju merať priamo na svorkách antény alebo cez kábel dlhý násobok $\lambda/2$ na meranej frekvencii (opakovač impedancie). Dĺžku tohto koaxu si skontrolujeme tak, že kábel na konci skratujeme a na meranej frekvencii musíme namerať vstupnú impedanciu 0 ohmov.

Na Jarkovej stránke nájdeme zopár ďalších verzií VNA. Je tam konvertor z RS232 na USB, aby sa VNA 3p2 dal pripojiť len na USB konektor PC, sú tam rôzne LCD displeje, pripojenie Bluetooth. Je tam veľa rád na stavbu a nastavenie VNA.

Napríklad takto vyzerá antény analyzátor VNA MAX4, ktorý k meraniu nepotrebuje PC.



Záverom musím konštatovať, že VNA by mal byť vo výbave každého rádioamatéra, ktorý si chce sám nastaviť antény, zmerať filtre a pod.

SLUČKOVÝ PRIMÁRNY ŽIARIČ SO ZLEPŠENOU ÚČINNOSŤOU PRE PÁSMA 23 A 13 CM

Rastislav Galuščák, OM6AA⁽¹⁾, Pavel Hazdra⁽¹⁾

⁽¹⁾CTU Prague, FEE, Dept. of Electromagnetic Field, Technická 2, 166 27, Prague, Czech Republic. E-mail: om6aa@yahoo.com, hazdrap@fel.cvut.cz

Slučkový primárny žiarič sa veľmi často používa ako primárny žiarič pre elektricky malé parabolické antény. Takýto primárny žiarič pre pásmo 70cm publikoval CT1DMK v časopise DUBUS [1]. Verziu pre pásmo 23cm publikoval na svojich stránkach DL4MEA [2]. Tieto dve verzie sa odlišujú veľkosťou použitého subreflektora. Zatiaľ čo verzia CT1DMK má veľkosť subreflektora 1λ , verzia DL4MEA používa menší, približne $\lambda/2$ veľký subreflektor. Náplňou tohto článku je analyzovať a popísať niektoré problémy týkajúce sa elektricky malých, hlbokých parabolických antén a popísať návrh slučkového primárneho žiariča vhodného pre tento typ antén. Hlavnou výhodou slučkového primárneho žiariča je zlepšená účinnosť anténneho systému pri veľmi jednoduchej mechanickej konštrukcii.

1. ÚČINNOSŤ ELEKTRICKY MALÝCH PARABOLICKÝCH ANTÉN

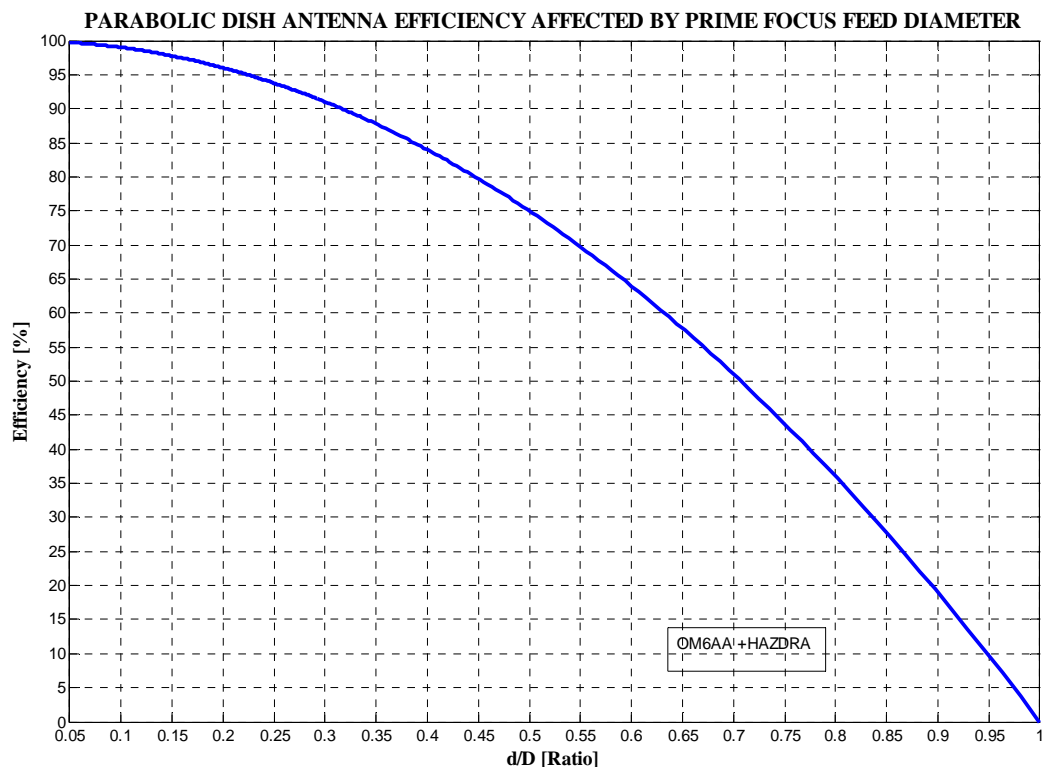
Účinnosť elektricky malých parabolických antén je znížená niektorými špecifickými faktormi, medzi ktoré patria:

a. Blokovanie parabolického reflektora jeho primárnym žiaričom v konfigurácii stredového budenia

Zisk parabolickej antény je v konfigurácii stredového budenia je daný vzťahom:

$$G = 10 \log [\pi^2 (D^2 - d^2) / \lambda^2] * \eta \quad (\text{dBi}) \quad (1)$$

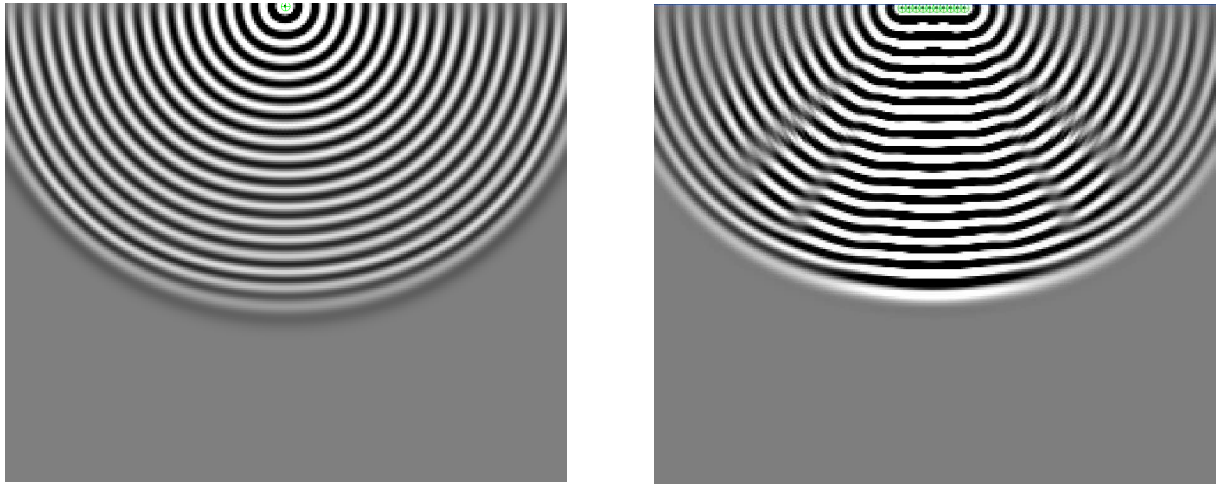
kde D je priemer parabolického reflektora, d je priemer primárneho žiariča, λ je vlnová dĺžka a η je celková účinnosť. Zo vzorca (1) je zrejmé, že rozmery primárneho žiariča môžu dosť podstatne znížiť účinnosť antény z dôvodu blokovania parabolického reflektora. Grafická závislosť je vynesena na obrázku 1. Z obrázku vyplýva, že rozmery primárneho žiariča by mali byť čo najmenšie.



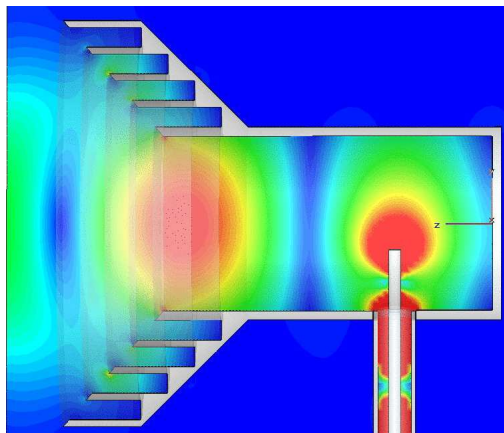
Obr. 1 – Vplyv blokovania hlavného reflektora primárnym žiaričom pre rovnomerne ožiarenú anténu.

b. Vlastnosti elektromagnetických vln vystupujúcich z primárneho žiariča a ich odchýlka od guľovej vlny

Podľa Huygensovho princípu sa elektromagnetické pole v danom mieste javí ako samostatný zdroj sférických vln s vlastnou intenzitou a fázou. V prípade vlnovodného zdroja sa vlnovod správa ako viacnásobný zdroj vln, čo má za následok určitú divergenciu elektromagnetických vln. Tým vzniká odchýlka od ideálneho bodového zdroja a následné zníženie účinnosti antény vplyvom rozptylu odrazených vln od parabolického reflektora. Viac ozrejní obrázok 2. Tento jav má podstatný vplyv na malé paraboly, čím menšia parabola, tým je väčšie zníženie účinnosti. Vyplýva z toho, že dobrý primárny žiarič pre malú parabolickú anténu by mal mať čo najmenší rozmer, aby tvoril bodový zdroj guľovej vlny. Pre lepšie pochopenie tohto javu je na obr. 3 znázornený vlnovodný primárny žiarič, často používaný na satelitný príjem, a priebeh intenzity elektrického poľa. Viac o Huygensovom princípe je popísané v literatúre [3].



Obr. 2 – Vizualizácia bodového zdroja (vľavo) a viacbodového zdroja vln (vpravo)



Obr. 3 – Blízke elektrické pole primárneho žiariča

c. Difrakcia vznikajúca na primárnom žiariči a na podpornej konštrukcii

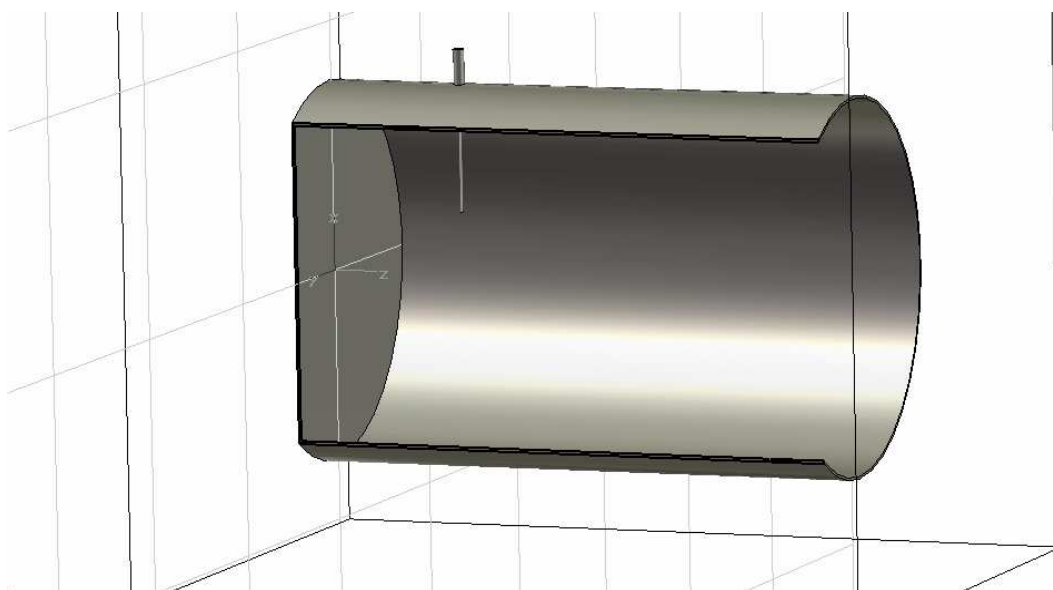
Difrakčný jav vzniká, keď prechádzajúca elektromagnetická vlna narazí na prekážky v smere svojho šírenia. Týmto prekážkami môžu byť jednak držiaky primárneho žiariča, alebo samotný primárny žiarič. Viac ozrejní obr. 4. Ďalšími zdrojmi difrakcie sú okraje paraboly. Difrakčný jav spôsobuje ďalšie zníženie účinnosti celého anténneho systému tým, že narušuje homogenitu elektromagnetického poľa na povrchu paraboly. Moderné programy na simuláciu elektromagnetického poľa pracujú podľa geometrickej teórie difrakcie, publikovanej Kellerom v [4].



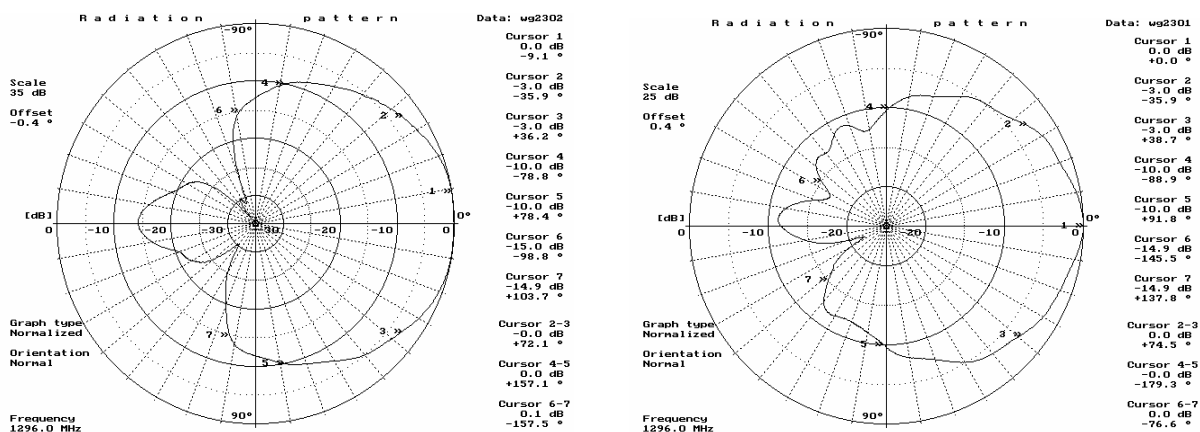
Obr. 4 – Vizualizácia difrakčného javu

d. Interferencia hlavného laloka so sekundárne generovaným poľom

Elektromagnetické pole, postupujúce z primárneho žiarica smerom k parabolickému reflektoru, sa odráža späť smerom k primárnemu žiaricu. Primárny žiaric však vyžaruje tiež nežiaducim spätným smerom. Vlna odrazená od parabolického reflektora interferuje s týmto žiarením, čo má v konečnom dôsledku vplyv na ďalšie zníženie účinnosti celého systému. Ako príklad nežiaduceho vyžarovania primárneho žiarica, tvoreného jednoduchým vlnovodom podľa obr. 5, sú na obr. 6 znázornené vyžarovacie diagramy E a H roviny tohto primárneho žiarica, tak ako sme ich namerali v bezodrazovej komore ERA Pardubice. Takýto primárny žiaric sme používali v rádioklube OM3KHE.



Obr. 5 – Jednoduchý vlnovodný primárny žiaric



Obr. 6 – Vyžarovací diagram primárneho žiariča podľa obr. 5.
E-rovina (vľavo) a H-rovina (vpravo)

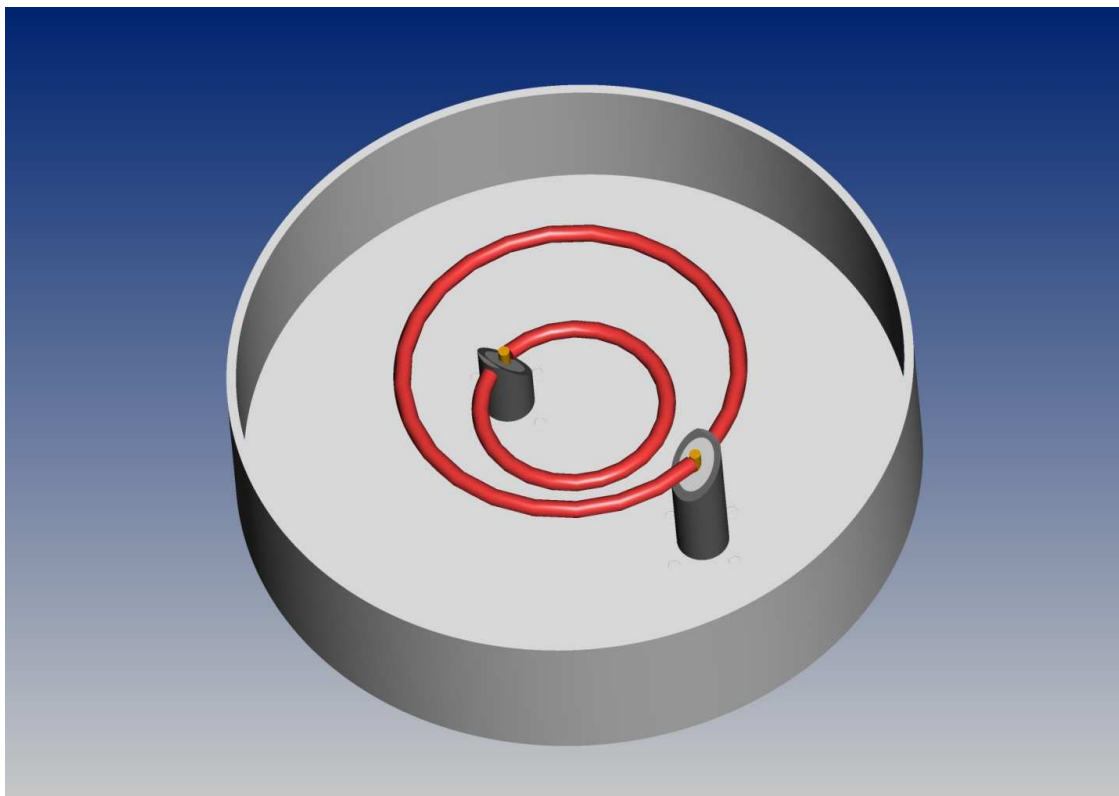
Vyžarovací diagram na obr. 6 ukazuje, že spätné vyžarovanie tohto primárneho žiariča je potlačené iba o 12 dB. Väčšie potlačenie je možné dosiahnuť pridaním goliera na otvorený koniec vlnovodu, čo však jednak zúži vyžarovací diagram, a zvýši zatienie parabolického reflektora.

e. Impedančné prispôsobenie

U malých parabolických antén so stredovým budením sa primárny žiarič nachádza veľmi blízko parabolického reflektora. Táto malá vzdialenosť má vplyv na impedančné prispôsobenie primárneho žiariča, a to buď jeho zlepšením, alebo zhoršením. V minulosti sa na impedančné prispôsobenie používala pohyblivá fázovacia doska umiestnená v strede paraboly, ktorá však zavádzala ďalšie straty vplyvom difrakcie. V súčasnosti nám moderný softvér umožní optimalizáciu impedančného prispôsobenia výpočtom celej zostavy antény.

2. NÁVRH PRIMÁRNEHO ŽIARIČA

Slučkový primárny žiarič je tvorený jednou alebo viacerými 1λ dlhými žiaričmi vytvarovanými do kruhu reflektorom a napájacími vedeniami. Dvojpásmový primárny žiarič je zobrazený na obr. 7.



Obr. 7 – Dvojpásmový primárny žiarič

Na výpočet vyžarovacieho diagramu bol použitý program *CST MW Studio* [6]. Výpočtom bolo zistené, že vzdialenosť medzi slučkami a ich reflektorom má vplyv jednak na vyžarovací diagram ale najmä na impedanciu žiariča. Rozmery reflektora majú vplyv na symetriu vyžarovacieho diagramu a na potlačenie spätného vyžarovania. Vypočítané výsledky pre rôzne parametre reflektora sú zobrazené v tabuľke 1.

Reflector Size	Main Beam	Back Lobe	Angle for 10 dB		Angle for 3dB	
			E	H	E	H
D	dBi	dB	[°]	[°]	[°]	[°]
$\lambda / 2$	8,20	5,8	113,2	144	65,3	79,7
$3/4 \lambda$	8,9	13,7	112	140	64	75
1λ	9,4	17,1	107,4	128,6	60	70
0,606 λ with Choke	8,2	17,4	133,2	143	74,4	78,8

Tabuľka 1 – Vlastnosti vyžarovaciu diagramu

Z týchto výsledkov je zrejmé, že čím je rozmer subreflektora väčší, tým klesá spätné vyžarovanie a zlepšuje sa symetria hlavného laloku v E a H rovine, avšak za cenu zvýšenia blokova-

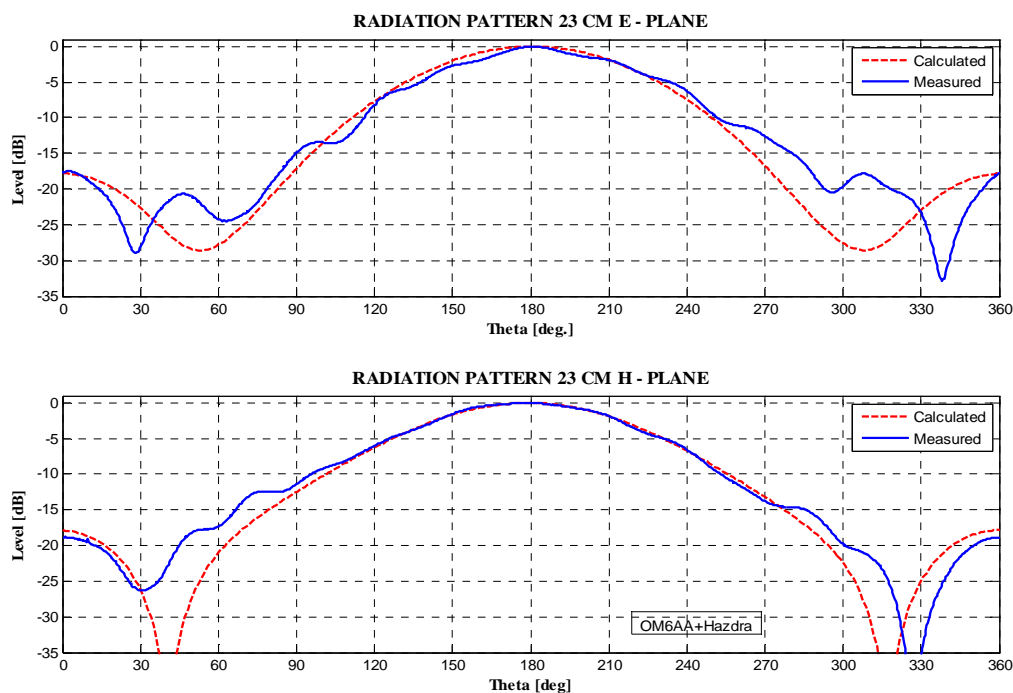
nia parabolického reflektora. Aby sme sa tomuto vyhli, bol subreflektor elektricky zväčšený pridaním goliera okolo obvodu subreflektora, ktorý však nezatieňuje hlavný reflektor. Týmto spôsobom sa zvyšuje účinnosť celého anténneho systému. Následne bol systém optimalizovaný použitím softvéru *CST MW Studio's Time Domain Solver*. Premennými veličinami boli priemer slučky, jej vzdialenosť od subreflektora, priemer subreflektora a výška goliera. Sledované výsledné parametre boli tvar vyžarovacieho diagramu, potlačenie spätného vyžarovania a impedančné prispôsobenie. Optimalizácia bola zameraná na dosiahnutie najlepšej účinnosti pre najčastejšie používané parabolické reflektory s pomerom f/D blízky 0,4. Po optimalizácii jedného pásma bola pridaná druhá slučka na dosiahnutie viacpásmovosti. Vplyv pridania druhej slučky na vyžarovací diagram na základnom pásme je zanedbateľný. Následne bol celý anténny systém modelovaný programom *FEKO* [7]. Pretože z hľadiska výpočtu ide o pomerne veľký systém, nebol pri tomto výpočte modelovaný koaxiálny napájač, čo vyvolávalo určité obavy o symetriu vyžarovacieho diagramu. Ako sa však potvrdilo meraním, symetria hlavného laloku je napriek použitiu veľmi jednoduchého symetrizátora pomerne dobrá.

3. MECHANICKÁ KONŠTRUKCIA

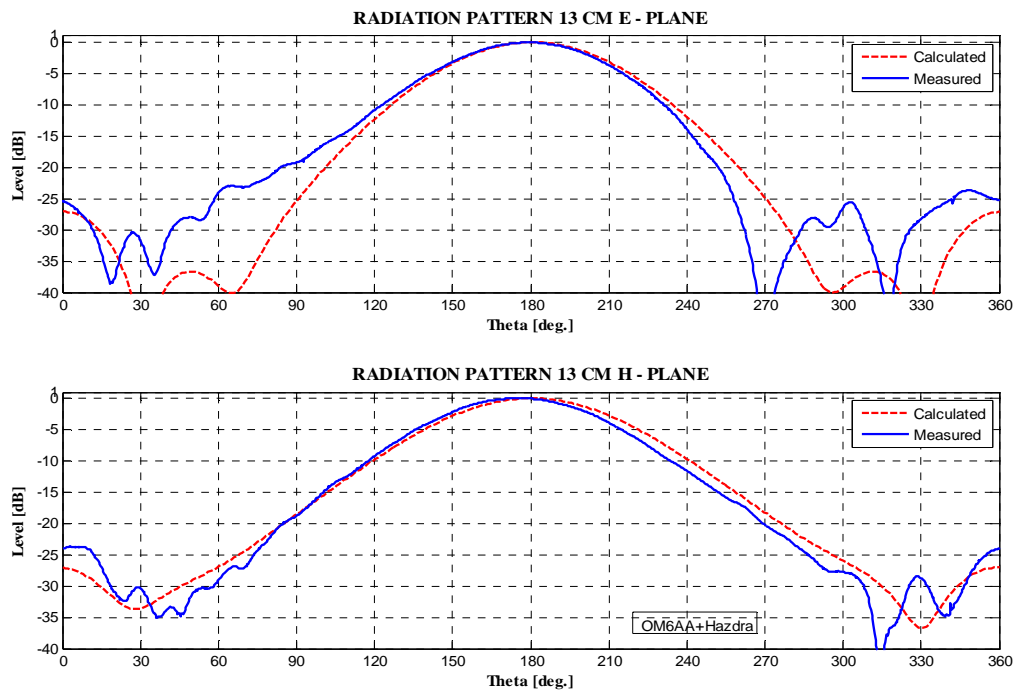
Mechanická konštrukcia primárneho žiariča je pomerne jednoduchá a je zrejماً z výkresovej dokumentácie, ktorú nájdete na priloženom CD.

4. NAMERANÉ PARAMETRE

Dvojpásmový primárny žiarič bol testovaný v bezodrazovej komore ERA Pardubice. [8]. Boli merané vyžarovacie diagramy pre E a H rovinu. Porovnanie vypočítaných a nameraných hodnôt je pre pásmo 23 cm zobrazené na obr. 8, pre pásmo 13 cm na obr. 9.

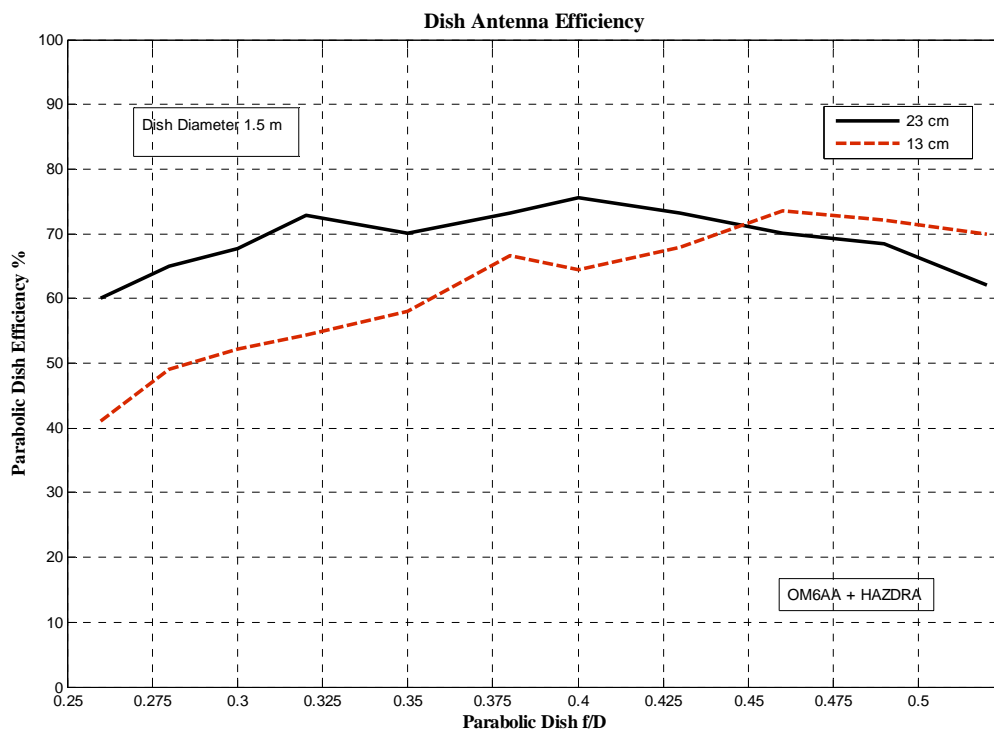


Obr. 8 – Vyžarovací diagram - 23 cm



Obr. 9 – Vyžarovací diagram - 13 cm

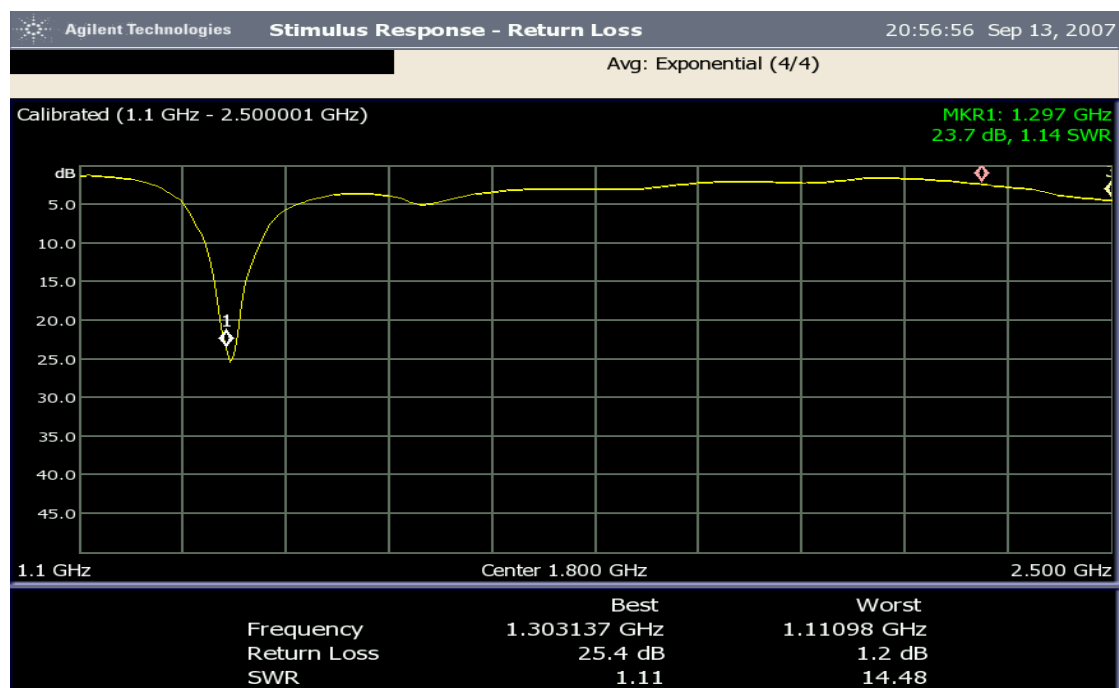
Bola dosiahnutá pomerne dobrá zhoda medzi vypočítanými a nameranými hodnotami. Zistené rozdiely v postranných lalokoch sa vysvetľujú zjednodušením pri modelovaní primárneho žiariča, keďže bol simulovaný bez koaxiálnych napájačov. Vypočítané účinnosti v parabolickom reflektore s priemerom 1,5 m pre obe pásma 23 a 13 cm sú zobrazené na obr. 10.



Obr. 10 – Účinnosť primárneho žiariča v parabolickom reflektore

Pre výpočet účinnosti bol použitý program *FEKO*, pričom primárny žiarič bol umiestnený pre optimálnu polohu v pásme 23 cm. Veľmi dobrá účinnosť bola dosiahnutá v pásme 23 cm pre široký rozsah pomerov f/D parabolických reflektorov. Optimálna účinnosť v pásme 13 cm je pre plochšie paraboly. Najlepšia účinnosť pre obidve pásma je pre parabolické reflektory s pomerom f/D 0,45. Impedančné prispôsobenie pre voľný priestor je zobrazené na obr. 11 a 12. Izolácia medzi slučkami je vo voľnom priestore 17,4 dB na frekvencii 1296 MHz a 15,7 dB na 2320 MHz. Na meranie bol použitý spektrálny analyzátor Agilent Technologies N1996A.

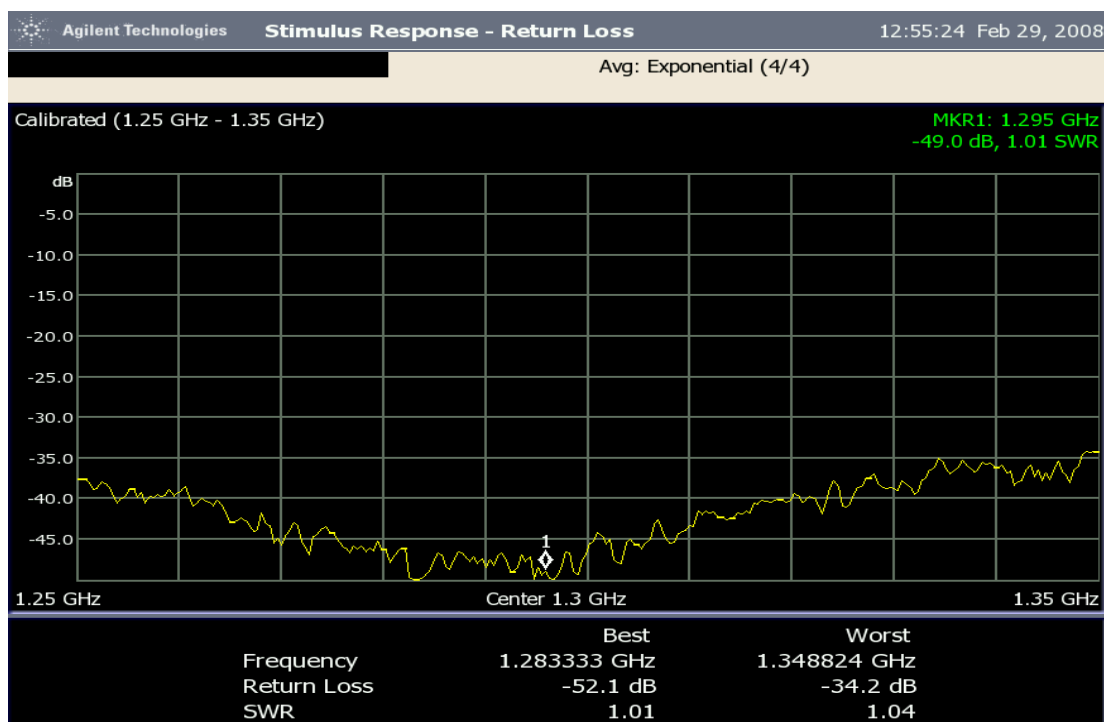
Impedančné prispôsobenie a izolácie medzi slučkami boli merané tiež po namontovaní primárneho žiariča do parabolického reflektora s priemerom 1,4 m s pomerom f/D 0,5. V pásme 23 cm bolo dosiahnuté podstatné zlepšenie, ktoré je zobrazené na obr. 13. Pásmo 13 cm je zobrazené na obr. 14. Boli zaznamenané iba malé zmeny v izolácii medzi slučkami, a to 19 dB v pásme 23 cm a 15,8 dB v pásme 13 cm.



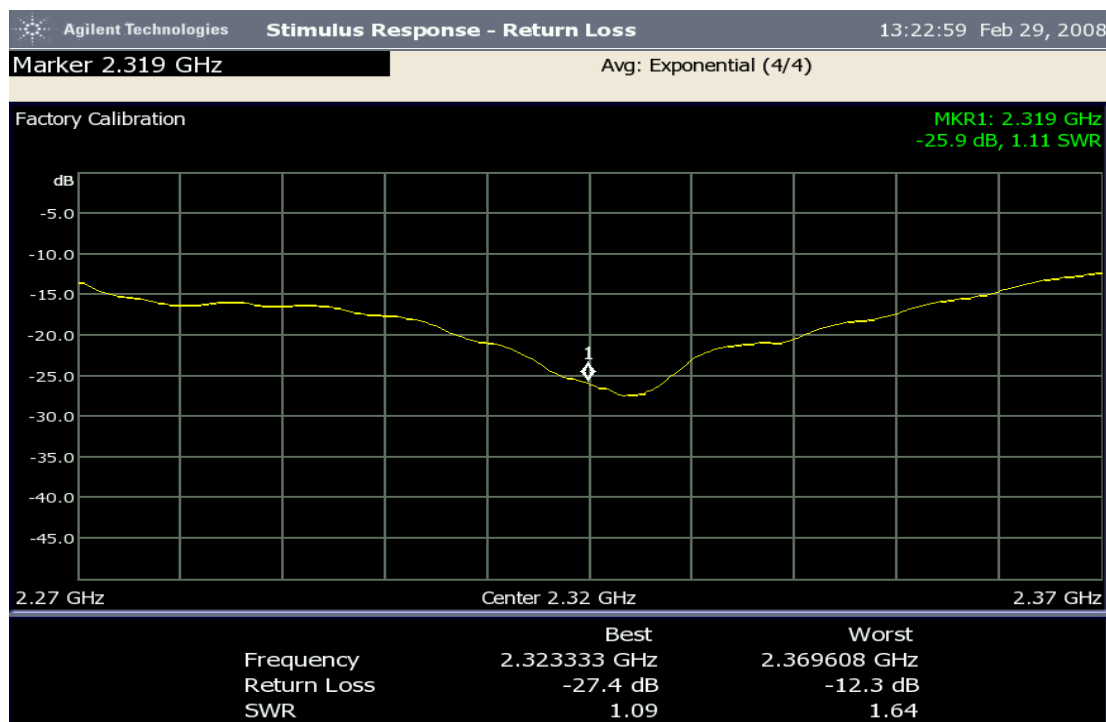
Obr. 11 – Odrazy v pásme 23 cm pre voľný priestor



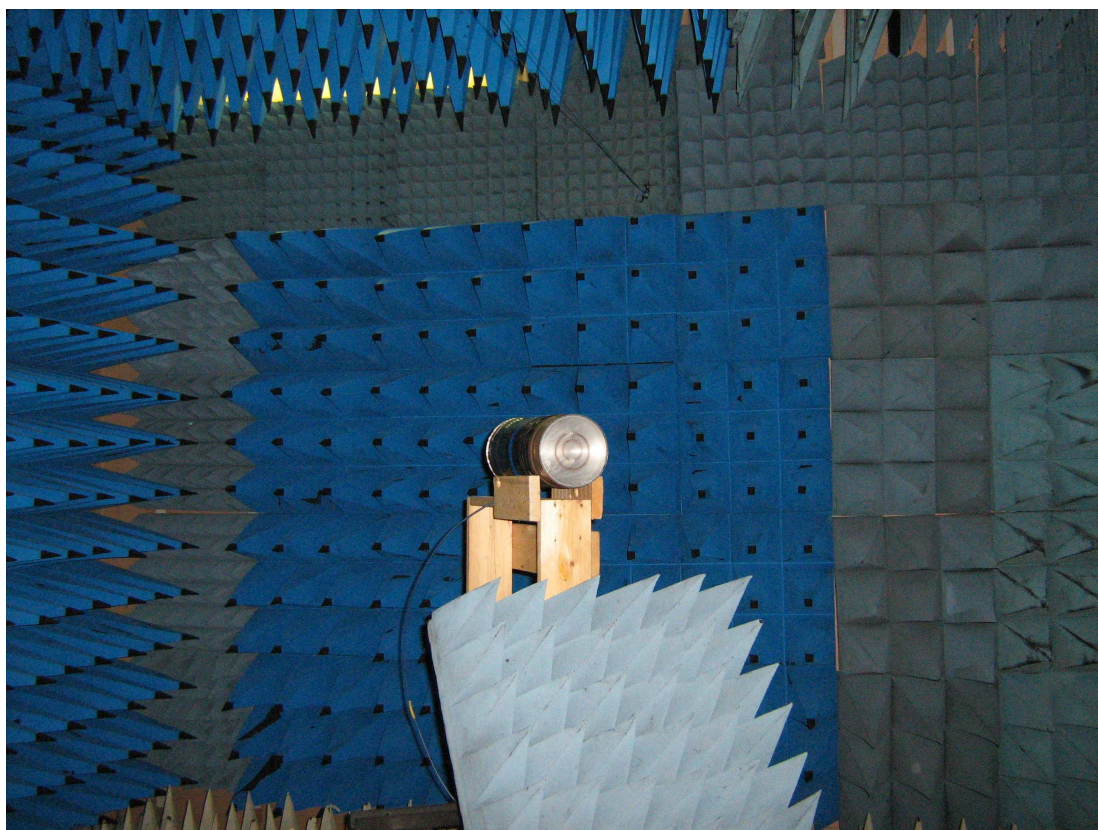
Obr. 12 – Odrazy v pásme 13 cm pre voľný priestor (Marker 2, 2318 MHz: 27,4 dB)



Obr. 13 – Odrazy v parabole v pásme 23 cm



Obr. 14 – Odrazy v parabole v pásme 13 cm



Obr. 15 – Slučkový žiarič pri meraní v bezodrazovej komore ERA Pardubice

5. PRAKTICKÉ SKÚŠKY

Prvé praktické použitie a skúšky primárneho žiariča sme uskutočnili v rádioklube OM3KHE počas IARU UHF Contestu v roku 2007. Anténa bola tvorená primárnym žiaričom a parabolou s priemerom 1,7 m s pomerom f/D 0,4. Primárny žiarič bol uchytený v parabole pomocou nerezového držiaka. Viac je zrejmé z obr. 16 a 17. Táto anténa bola použitá iba v pásme 23 cm. Počas pretekov sme dosiahli 104 spojení vrátane niekoľkých spojení nad 800 km V porovnaní s predchádzajúcim primárnym žiaričom, ktorý sme v klube používali (podľa obr. 5), sme dosiahli podstatne lepšie výsledky a tiež sme prepísali klubový rekord pre tieto preteky.



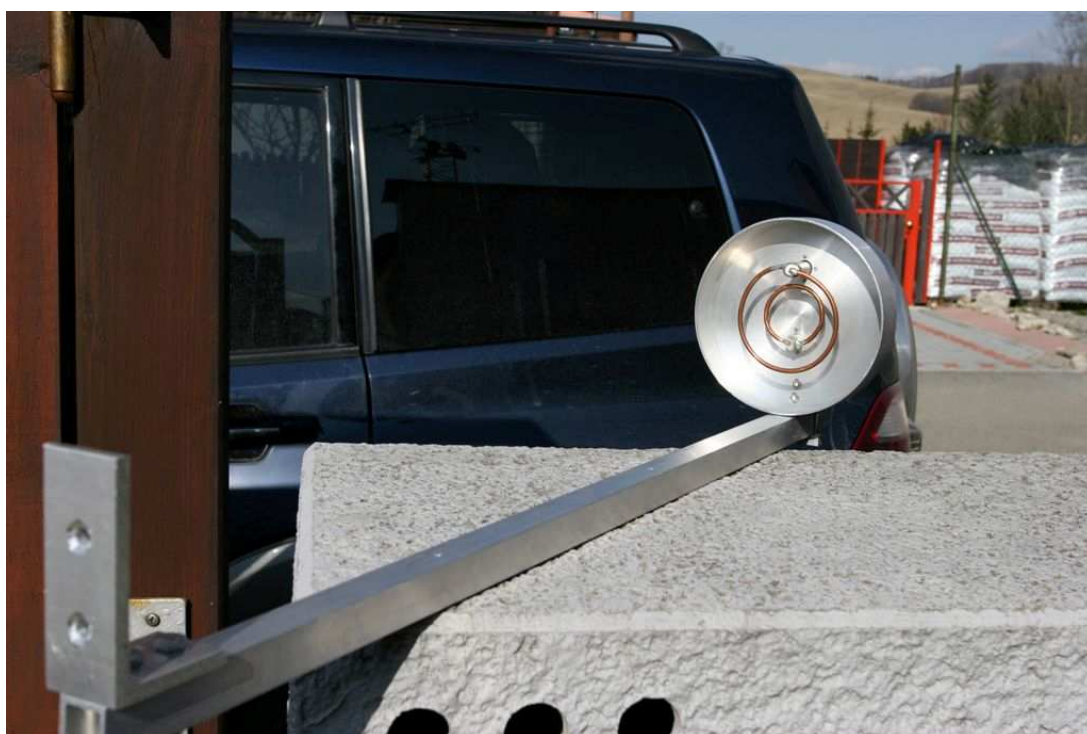
Obr. 16 (vľavo) – Jozef OM6AM drží primárny žiarič upevnený v nerezovej rúrke

Obr.17 – Fero OM6AR upevňuje žiarič do paraboly

Druhý test robili členovia rádioklubu OK2KYC počas 1. subregionálu v roku 2008. Anténa bola tvorená parabolickým reflektorom s priemerom 1,4 m a pomerom f/D 0,5, a bola používaná na oboch pásmach. Viac je zobrazené na obr. 18 a 19. Opať boli dosiahnuté veľmi dobré výsledky s prekonaním klubového rekordu na oboch pásmach.



Obr. 18 – Anténny setup OK2KYC



Obr. 19 – Detail montáže žiariča

ZÁVER

Slučkový primárny žiarič je jednoduchý, vysoko účinný, ľahko zhotoviteľný žiarič pre stredovo budené parabolické antény. Zmenou rozmerov, môžeme žiarič veľmi ľahko prispôbiť na iné pásma. Mechanická konfigurácia je veľmi pevná a umožňuje jednoducho použiť dielektrický kryt na ochranu slučiek voči vode. Žiarič je schopný preniesť veľký výkon, ktorý je limitovaný iba použitým N-konektorom. Pri dvojpásmových aplikáciách sa však na ochranu RX - LNA musí použiť kvalitné relé s dobrou izoláciou.

Autori ďakujú za pomoc pri meraní Vítězslavovi Krčmárovi, Petrovi OK2ULQ a Vlád'ovi OK1VPZ za pomoc pri výrobe mechanických dielov.

Použitá literatúra:

- [1] Cupido, Luis, CT1DMK: **70cm Deep Dish Feed**; DUBUS, 2/2002
- [2] Koellner, Guenter, DL4MEA: **Parabolic Dish Ring Feed**; <http://www.qsl.net/dl4mea/ringfeed.htm>
- [3] Ishimaru, Akira: **Electromagnetic Wave Propagation Radiation and Scattering**; Prentice Hall, New Jersey, 1991. ISBN 0-13-249053-6
- [4] Keller J. B.: **Geometrical theory of diffraction**; J. Opt. Soc. Of America 52, 116-130 (1962)
- [5] Galuščák, Rastislav, OM6AA: **Septum Feed Revisited**; DUBUS 4/2004
- [6] Computer Simulation Technology, <http://www.cst.de>
- [7] FEKO_EM Systems-Software & SS.A. (Pty) Ltd, <http://www.feko.info>
- [8] ERA Pardubice, <http://www.era.cz>

SDR – SOFTWARE DEFINED RADIO – PRE KAŽDÉHO*Gerald Youngblood, AC5OG, preklad: Juro Bábel, OM3EW / AC5JK*

Tento článok popisuje SDR zariadenie využívajúce PC so zvukovou kartou a moderné zapojenie detektora. Matematické vzťahy sú v článku uvedené len v tej najnutnejšej miere.

Keď sa dajú dohromady možnosti, ktoré poskytujú moderné technológie, je možné vyvinúť zariadenia, ktoré ešte nedávno boli len púhym snom. Vezmime si taký INTERNET: hoci vo vedecko-výskumných inštitúciách relatívne dávno známy, jeho použitie bolo silne obmedzené tým, že potreboval „exotické interfejsy“ a bol pomalý. „Jeho čas“ nastal až v roku 1994, kedy sa jednak osobné počítače dostali na potrebnú technickú a aj finančne dostupnú úroveň, jednak modemy boli už dostatočne rýchle (na tú dobu), a bol vyvinutý program na prehliadanie webových stránok (web browser). Keď sa tieto vymoženosti dali dokopy, internet doslova explodoval do sveta.

Niečo podobné sa deje teraz v oblasti rádiovej komunikácie, a to vďaka technológii DSP (Digital Signal Processing, digitálne spracovanie signálu), ktorá je schopná vykonávať spracovanie signálov na nedávno ešte absolútne nepredstaviteľnej úrovni. DSP je dnes už pomaly v každom rádioamatérskom zariadení, kde pomáha pri potláčaní šumov a pri filtrovaní signálov. No a ďalším krokom bol zrod Software Defined Radio (SDR).

Jednou z kľúčových vlastností SDR je jeho FLEXIBILITA. Jednoduchým preprogramovaním (zmenou softvéru) je možné úplne zmeniť vlastnosti SDR. Toto potom umožňuje veľmi jednoduché prispôsobenie takéhoto zariadenia napríklad na nové módy, či – všeobecne vzaté – vylepšenie jeho vlastností akonáhle je k dispozícii novší/lepší softvér, a to bez toho, aby sme sa dotkli jeho hardvérovej časti. Takisto je samozrejme možné prispôbiť SDR úplne špecifickým osobným preferenciám operátora.

Nemýľte si však zariadenie, ktoré využíva určitý softvér pre niektoré svoje interné funkcie, so zariadením, ktoré je možné úplne zmeniť podľa požiadavok zákazníka/používateľa. Len to druhé je SDR.

Nástup SDR bol podmienený jednak vyvinutím špeciálnych softvérov, a tiež pokrokom v technológii výroby polovodičov, ktorá umožnila, že DSP bolo možné používať aj na relatívne vysokých kmitočtoch. Spomínané softvéry využívajú matematické funkcie na vykonávanie „práce“ v hardvérovej časti zariadenia: digitalizácia signálu, voľba frekvencií, konverzia signálu smerom dolu do tzv. base-bandu. Pochopenie systému do takej hĺbky je však mimo oblasť chápania väčšiny rádioamatérov (ba aj „normálnych“ ľudí).

Pokiaľ nie ste matematickými profesionálmi a neovládate buď programovací jazyk C++ alebo strojový jazyk, tak ste mimo hry. Také nároky sú strašidlom nielen pre väčšinu HAMov, ale aj pre mnohých profesionálov v oblasti rádiotechniky. Pred dvoma rokmi som si povedal, že tejto veci musím porozumieť. Mojimi zbraňami boli zápal pre SDR a 25 rokov starý titul elektrotechnického inžiniera. Väčšinu potrebnej matematiky som síce mal počas štúdia, ba dokonca nás učili aj niečo o spracovaní signálov, ale 25 rokov je proste dlhá doba. Čoskoro som zistil, že úloha, ktorú som si vytýčil, naozaj nebola ľahká. Napríklad väčšina literatúry bola napísaná tak, že si vyžadovala skutočne dobré vedomosti z matematiky.

Teraz, keď začínam chápať princípy návrhu SDR, chcel by som sa so svojimi poznatkami podeliť s rádioamatérskou verejnosťou, avšak matematiku budem používať len v najnutnejšej miere.

SDR sa dá skonštruovať so skutočne minimálnym počtom hardvéru (súčiastok). Ak vlastníte počítač so zvukovou kartou, tak už máte väčšinu potrebného. S púhymi tromi integrovanými obvody sa dá skonštruovať detektor typu Tayloe, čo je moderný a pritom jednoduchý prijímač s priamym zmiešavaním. S asi dvanástimi IO už môžete dať dokopy SDR transceiver, ktorý bude mať lepšie vlastnosti ako väčšina továrensky vyrábaných TRXov pre rádioamatérov (*článok je písaný v roku 2002 – pozn. prekl.*).

POĎME NA TEÓRIU

V teórii nechcem ísť príliš do hĺbky, sústredím sa skôr na jej praktické použitie v SDR. Aby bol človek schopný postaviť SDR, musí síce pochopiť niekoľko základných faktov, nie však úplnú hĺbku problému. Ani človek, ktorý navrhuje zariadenia s integrovanými obvody, predsa nemusí vedieť ako sa taký integrovaný obvod vyrába. Ja som si pre tento článok zvolil nasledovný prístup k veci. Popíšem praktickú aplikáciu teórie SDR, a kde to bude potrebné, odkážem čitateľa na literatúru, kde môže nájsť podrobnejšie informácie. Pre tých, ktorí by chceli začať trochu hlbším štúdiom tejto problematiky, odporúčam *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, autorom je Steven W. Smith a dokument je k dispozícii na <http://www.DSPGuide.com>. V ďalšom sa naň budem odvolávať ako na „DSP Guide“.

ANALÓGOVÉ A DIGITÁLNE SIGNÁLY V ČASOVEJ DOMÉNE

Signálom v časovej doméne myslíme signál zobrazený v pravouhlých súradniciach x , y tak, že jeho nezávisle premennou, tj. osou „ x “, je ČAS. Obdobne signálom vo frekvenčnej doméne myslíme prípad, že na osi „ x “ je FREKVENCIA. Pre úplnosť, na osi „ y “ je v oboch prípadoch amplitúda signálu, resp. jeho zložky.

Aby sme pochopili DSP, musíme najprv pochopiť vzťah medzi digitálnym signálom a jeho analógovou formou. Ak sa pozeráme na analógovom osciloskope na sínusový signál so špičkovou hodnotou 1 volt, vidíme že ten signál kreslí na obrazovke **dokonale spojitú** krivku – a to nech je rozkladová frekvencia akokoľvek vysoká. Keby sme boli schopní – akože nie sme – postaviť osciloskop s nekonečne veľkou horizontálnou rozkladovou frekvenciou, aj tak by ten sínusový signál bol stále zobrazovaný ako spojitá krivka (teda v tomto extrémnom prípade by to už bola priamka). Preto je takýto signál nazývaný aj **SPOJITÝM V ČASE**. Inak povedané, ten signál predstavuje „nekonečné množstvo rôznych (meniacich sa) napätí“ tvoriacich krivku, ktorú vidíme na osciloskope.

Ak meriame ten istý sínusový signál digitálnym voltmetrom so vzorkovacou frekvenciou 4-krát väčšou ako je frekvencia tohto signálu, a čas „nula“ bude pri fáze „nula“ toho signálu (t.j. keď je signál v nule a bude stúpať do kladných hodnôt), tak dostaneme takéto vzorky: 0 V pri fáze 0° , 1 V pri fáze 90° , 0 V pri fáze 180° a -1 V pri fáze 270° . Tým by sme mali zmerať jeden kompletný cyklus (periódu). Nech by ten signál pokračoval akokoľvek dlho a my by sme ho takto merali/vzorkovali, dostávali by sme stále tie isté hodnoty. Merali sme totiž napätie v určitých, presne a stále rovnako definovaných časových okamihoch. Signál, ktorý by bol výsledkom tohto nášho merania (vzorkovania), sa nazýva **DISKRÉTNYM SIGNÁLOM V ČASE**.

Ak vložíme takýto signál (vzorky) do pamäte počítača, a ak vieme, akou frekvenciou sme pôvodný analógový signál vzorkovali, tak máme signál VZORKOVANÝ V ČASE. A to je presne to, čo robí zariadenie zvané ADC: Analog-to-Digital Converter (konvertor z analógovej do digitálnej formy, AD prevodník). Ako zdroj informácie o tom, kedy má brať vzorky, použije vzorkovací (hodinový) signál, a potom v týmto signálom presne definovaných časových okamihoch zmeria (a uloží do pamäte) napätie vstupného analógového signálu, čím vytvorí digitálnu vzorku tohto vstupného signálu.

V roku 1933 dánsky fyzik Harry Nyquist (*spolu s ním na to prišiel aj Ír Shannon a záleží len na „prednášajúcom“*, ktoré meno bude používať, pretože v literatúre sa používajú obidve) objavil zákonitosť, že na to, aby sme boli schopní presne obnoviť všetky zložky analógového signálu z jeho horepopisovanej vzorky, je nutná vzorkovacia (hodinová) frekvencia najmenej dvojnásobná ako je šírka pásma vzorkovaného signálu (*inak povedané: .. dvojnásobná ako najvyššia frekvencia obsiahnutá v spracovávanom signále*). Tento vzťah sa volá Nyquistovo kritérium a dá sa zapísať takto:

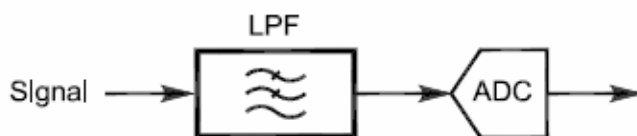
$$f_s \geq 2f_{bw} \quad (\text{Eq1})$$

kde f_s je frekvencia (hustota) vzorkovania (*od anglického „sample“ = vzorka*) a f_{bw} je šírka pásma vzorkovaného signálu (*bandwidth*).

Pre účely tohto článku je Nyquistovou frekvenciou najvyššia možná vzorkovaná frekvencia, ktorú pre danú vzorkovaciu frekvenciu (hodiny) môže vstupný signál obsahovať bez toho, aby bolo porušené N.kritérium. Pre danú vzorkovaciu frekvenciu je teda Nyquistovou frekvenciou JEJ POLOVICA.

Použijeme teraz Nyquistovo kritérium v praxi. Ľudská reč zahŕňa frekvencie zhruba od 20 Hz do 20 kHz. Na vzorkovanie takéhoto signálu bude teda musieť byť použitá vzorkovacia frekvencia najmenej 40 kHz. A ako sa dozvieme v ďalšom, bude treba zaručiť, aby ten vstupný signál (reč) skutočne nemal vyššie zložky ako 20 kHz (napr. zaradením dolnopriepustných filtrov), pretože tie by po vzorkovaní vytvárali prídavné (nežiaduce) rušivé signály. Aby sa zmiernili požiadavky na také filtre, je vzorkovacia frekvencia väčšiny zariadení, ktoré digitálne spracovávajú ľudskú reč, stanovená na 44,1 kHz. Túto frekvenciu používajú aj zvukové karty v počítačoch.

Čo sa stane, ak vzorkovaný signál predsa len obsahuje aj vyššie frekvenčné zložky ako je polovica vzorkovacej frekvencie (a nie sú tam filtre, aby to odfiltrovali)? Okrem „dobrého“ signálu sa na výstupe ADC objavia aj tzv. signály ALIAS. Tie môžu spôsobovať rôzne sa prejavujúce rušenie. Našťastie však o týchto rušivých zložkách vieme dosť na to, aby sme boli schopní si s nimi poradiť. Najbežnejšie sa to robí ich odfiltrovaním dolnopriepustnými alebo pásmovopriepustnými filtrami, zvanými anti-aliasing filtre – vid' obr. 1. Existujú však aj prípady, kedy alias-signály potrebujeme, pretože sa dajú určitým spôsobom využiť – o tom však až neskôr.



Obr. 1 – A-D konverzia s anti-aliasing dolnopriepustným filtrom.

Na tomto stupni vysvetľovania princípov DSP sa väčšina literatúry začne podrobne zaoberať tým, ako vyzerá vzorkovaný signál nad Nyquistovou frekvenciou (*t.j. vtedy, keď už vznikajú aliases*). Záujemcov o podrobnejšie informácie o danej veci odkazujem na článok Dougha Smitha: „Signals, Samples, And Stuff: A DSP Tutorial“.

Nám nateraz stačí vedieť toľko, že ak sa budeme držať Nyquistovho kritéria podľa Eq.1, tak budeme schopní presne vzorkovať, spracovať a znovu obnoviť signál prakticky s akýmkoľvek priebehom. Vzorka signálu bude zapísaná v pamäti počítača ako sled číslíc vyjadrujúcich hodnoty napätia vzorkovaného signálu v presne definovaných okamihoch. A keďže my presne vieme, v akých okamihoch bolo vzorkovanie vykonané, môžeme pomocou špeciálnych softvérov takúto vzorku signálu v počítači spracovať takými rôznorodými spôsobmi, že analógové spracovanie podobných signálov sa tomuto nášmu, digitálnemu, nemôže ani priblížiť.

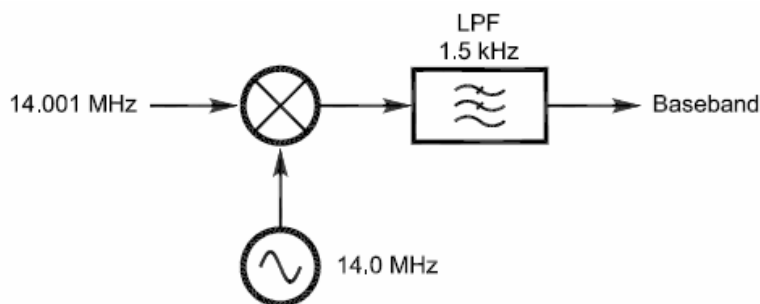
OD VF SIGNÁLOV K POČÍTAČOVEJ ZVUKOVEJ KARTE

Naším cieľom je konvertovať rádiový modulovaný signál (*tým sa myslí signál s relatívne vysokými frekvenciami*) z frekvenčnej domény do domény časovej, aby sme ho mohli spracovať pomocou horespomínaných softvérov. Vo frekvenčnej doméne zobrazujeme amplitúdu signálov na frekvenčnej osi (ako na spektrálnom analyzátore), kým v časovej doméne zobrazujeme amplitúdu signálov na časovej osi – ako na osciloskope.

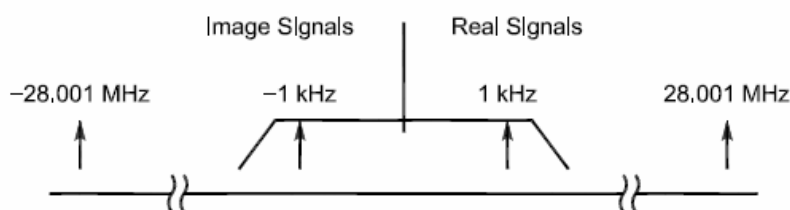
Rozhodli sme sa, že použijeme štandardnú 16-bitovú počítačovú zvukovú kartu s maximálnou vzorkovacou frekvenciou 44100 Hz. Podľa rovnice Eq1 vyplýva, že maximálna šírka vstupného analógového signálu, ktorú táto karta vie správne spracovať, je 22050 Hz. Použitím kvadrátneho vzorkovania (bude vysvetlené neskôr) môžeme túto frekvenčnú oblasť rozšíriť až po 44 kHz. Väčšina zvukových kariet má ostré anti-aliasing filtre, ktoré odrežú všetko nad asi 20 kHz. Mimochodom, ak ste ochotní investovať viac, môžete získať kartu 24-bitovú, so vzorkovacou frekvenciou 96 kHz a dynamickým rozsahom 105 dB.

Väčšina profi aj amatérskych DSP zariadení používa DSP, ktoré spracovávajú medzifrekvenciu 40 kHz alebo viac. Pred touto MF majú zaradený klasický superhetový vstup, ktorý zmiešava nadol a obsahuje klasické MF filtre. V poslednej dobe sa ale objavujú už ADC, ktoré sú schopné priamo (*t.j. bez zmiešavania nadol*) spracovávať signály celého KV pásma, ba dokonca aj nižšie frekvencie oblasti VKV. Napríklad ADC AD9430, vyrábaný firmou Analog Devices, je schopný vzorkovať rýchlosťou 210 Msps (Million samples per second), má 12-bitovú rozlišovaciu schopnosť a šírku pásma 700 MHz. Tých 700 MHz je využiteľných len v tzv. režime „under-sampling“, ktorého princíp je však mimo rámca tohto článku.

Cieľom môjho projektu je vytvoriť SDR, ktoré bude využívať PC plus minimum ďalších súčiastok, ale pritom aby malo maximálne možný dynamický rozsah a flexibilitu. Aby sme to mohli dosiahnuť, musíme použiť konverziu (v tomto prípade zmiešavanie) nadol (dostať užitočný signál z oblasti rádiových frekvencií do oblasti, ktorú zvláda bežná zvuková karta), a to konverziu takú, ktorá umožňuje jednoduché odstránenie nežiaducich produktov zmiešavania či tzv. zrkadlových zložiek, ktoré pri zmiešavaní nutne vznikajú. Najjednoduchšou cestou, ako to dosiahnuť, je priamozmiešavajúci prijímač, ktorý konvertuje rádiové frekvencie priamo do pôvodného frekvenčného spektra (tzv. base band). Keď zmiešame rádiový (modulovaný) signál so signálom miestneho oscilátora (Local Oscillator, LO) s frekvenciou rovnou nosnej frekvencii rádiového signálu, dostaneme signál „s medzifrekvenciou 0 Hz“, zhora obmedzený šírkou prenášaného pásma nášho zariadenia – vid' obr. 2.



Obr. 2 – Zmiešavač priamozmiešavajúceho prijímača s dolnopriepustným filtrom do 1,5 kHz.



Obr. 3 – Výstupné spektrum zmiešavača z obr. 2, kde je zobrazená súčtová a rozdielová zložka a zrkadlové zložky.

Na obr. 2 je rádiový/vstupný signál s frekvenciou 14001 kHz zmiešavaný so signálom LO, ktorý pracuje na 14000 kHz. Na výstupe zmiešavača bude signál 1 kHz (rozdiel uvedených frekvencií). Ak filter za zmiešavačom má priepustné pásmo zhora obmedzené frekvenciou 1,5 kHz, tak týmto našim zariadením prejdú zložky rádiového signálu medzi 14000 kHz a 14001,5 kHz. Slabou stránkou priamozmiešavajúceho prijímača je, že ak na vstupe bude (okrem už spomenutého signálu 14001 kHz) aj ďalší signál v oblasti 13985,5 až 14000,0 kHz (t.j. 1,5 kHz „na druhú stranu“ od frekvencie LO), tak jeho zrkadlový obraz sa tiež objaví za filtrom, vid' obr. 3. Na výstupe zmiešavača totiž dostávame zo vstupných frekvencií f_c a f_{LO} ich súčet a rozdiel, čo symbolicky zapíšeme takto:

$$f_c, f_{LO} = \frac{1}{2} [(f_c + f_{LO}) + (f_c - f_{LO})] \quad (\text{Eq2})$$

Primárnymi signálmi na výstupe nášho zmiešavača budú teda $f_c + f_{LO} = 28001$ kHz a $f_c - f_{LO} = 1$ kHz, avšak budú tam aj zrkadlové signály – na frekvenčnej osi vyzerajú akoby boli za zrkadlom, predstavovaným „medzifrekvenciou“ 0 Hz, vid' obr. 3.

S odstránením signálu 28 MHz nebudeme mať žiaden problém, odreže ho aj jednoduchý filter, ale signály z oblasti 13985,5 až 14000 kHz budú za filtrom v plnej sile ako rušenie, pri najmenšom ako zvýšenie šumu.

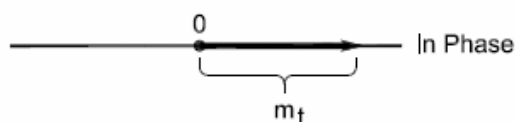
Ako teda odstrániť tieto zrkadlové kmitočty? Robí sa to pomocou kvadrátneho zmiešavača. Fázové alebo tiež kvadrátne vysielacie a prijímacie (známe tiež ako „Weaverova metóda potlačenia zrkadlových produktov zmiešavačov“) sú známe už od prvopočiatkov SSB. Vlastne aj môj prvý SSB vysielateľ bol budič Central Electronics 20A, ktorý vyrábala SSB signál fázovou metódou. Táto metóda však zanikla začiatkom 60-tych rokov, kedy sa objavili pomerne lacné, pritom ale veľmi kvalitné filtre (a tak sa prešlo na tzv. *filtróvu metódu výroby SSB signálu*).

Mimochodom, na Slovensku bol priekopníkom fázovej metódy výroby SSB signálu dobre známy bratislavský VKV-ista Juro Sedláček, OK3CDR – tí skôr narodení si iste budú pamätať.

Aby sa dosiahlo dobré potlačenie zrkadlových produktov, potrebuje fázový zmiešavač veľmi dobrú symetriu amplitúdy aj fázy dvoch vzoriek vstupného signálu, ktoré sú pritom vzájomne fázovo posunuté o 90° (čiže o kvadrát, preto to meno). Kým digitálne spracovanie signálu nebolo známe, bolo veľmi ťažké dosiahnuť požadovanú symetriu, a s tým súvisiace potlačenie zrkadlových produktov, aké si vyžadovali komunikačné zariadenia. DSP, ktoré vie presne riadiť ako amplitúdu, tak aj fázu signálov, takéto problémy nemá. A podobne ako pre SSB, je ho možné použiť prakticky pre akýkoľvek druh modulácie, pričom jedinou zmenou v zariadení bude zmena softvéru!

„DAJTE MI I A Q A DOKÁŽEM DEMODULOVAŤ ČOKOL'VEK“

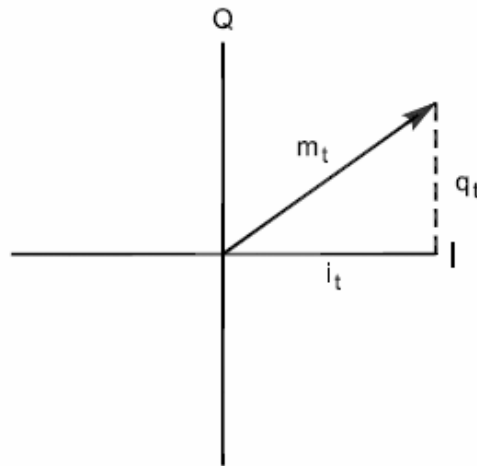
Vráťme sa k nášmu priamozmiešavajúcemu prijímaču z obr. 2. Ak máme na vstupe len jeden signál, a prevedieme ho našim zmiešavačom do base-bandu, môžeme si ten výstupný signál predstaviť ako meniacu sa amplitúdu napätia pozdĺž jednej osi (v pravouhlej súradnicovej sústave), vid' obr. 4. Tento signál nazveme signálom vo fáze a pomenujeme ho **I** (z *anglického In-phase*). Veľkosť jeho napätia sa mení od kladných hodnôt (vpravo), cez nulu, do záporných hodnôt (vľavo), a to s frekvenciou modulačného signálu.



Obr. 4 – Signál „vo fáze“ (**I**) na reálnej osi. Jeho veľkosť m_t je jednoducho merateľná ako okamžité špičkové napätie, ale v tomto zobrazení nemáme žiadnu informáciu o jeho fáze.

Takto pracuje AM detektor.

Ak na demodulovanie signálu použijeme diódu, a ňou vlastne VF signál usmerníme, máme klasický AM „obáľkový“ detektor, ktorý z VF signálu oddelí jeho „obáľku“, t.j. modulačnú frekvenciu. Pri detekcii AM signálu nesú informáciu obe postranné pásma a obe sú teda na výstupe žiadaným produktom. Informácia o amplitúde je jediným prvkom, potrebným pre úplnú demoduláciu AM signálu. Avšak všetky ostatné druhy modulácie potrebujú na demoduláciu aj informáciu o fáze signálu – a tu prichádza k slovu kvadratúrny detektor. Ak VF signál rozdelíme na dve zložky, a jednu z nich oneskoríme o spomínaných 90° , teda vytvoríme „kvadratúrny“ signál **Q**, môžeme ho – spolu s už známym signálom **I** – použiť na určenie **amplitúdy i fázy** pôvodného signálu, a budeme na to potrebovať len stredoškolskú matematiku.



Obr. 5 – Zložky I a jQ , v komplexnej rovine. Vektor rotuje proti hodinovým ručičkám rýchlosťou $2\pi f_c$. Jeho veľkosť aj fáza v každom okamihu sa dá určiť pomocou rovníc Eq3 a Eq4.

Obr. 5 ukazuje VF signál v pravouhlých súradniciach. Zložka I je zobrazovaná na vodorovnej osi x zložka Q na zvislej osi y . Tomuto sa hovorí fázorový diagram v komplexnej rovine. Tu sme schopní zobrazit', pomocou zložiek I a Q , okamžitú hodnotu amplitúdy i fázy pôvodného signálu, a to vo forme šipky (fázora) idúcej zo stredu k miestu, ktoré je určené hodnotami I a Q .

Teraz bude treba trochu tej stredoškolskej matematiky. Na určenie okamžitej veľkosti signálu m_t z okamžitých hodnôt i_t a q_t použijeme Pytagorovu vetu, z čoho vyjadríme preponu, teda m_t , ako:

$$m_t = \sqrt{[i_t]^2 + [q_t]^2} \quad \text{Eq3}$$

Okamžitú fázu signálu meriame (otáčavým) smerom proti hodinovým ručičkám, začínajúc na kladnej časti osi x , a vyjadríme ju ako arcus tangens pomeru (q_t / i_t):

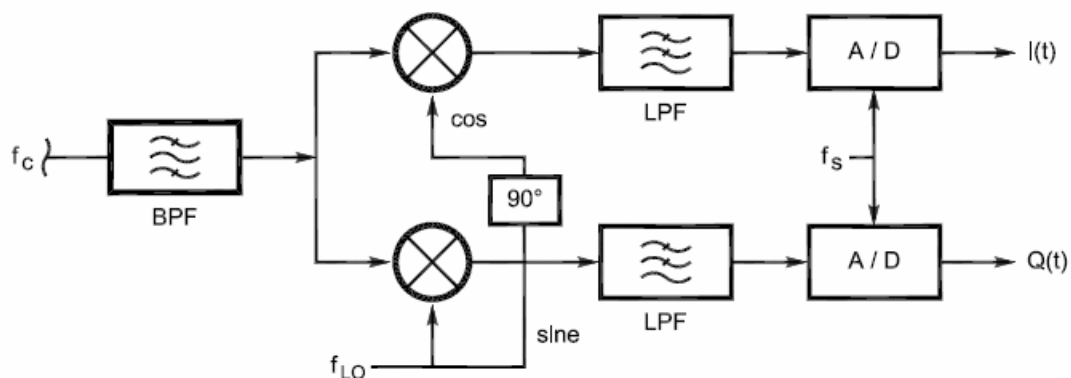
$$\varphi_t = \arctg (q_t / i_t) \quad \text{Eq4}$$

Čiže, ak zmeriame okamžitú hodnotu **veľkosti** zložiek I a Q , tak to je všetko, čo pre daný časový okamih potrebujeme o signále vedieť. Toto platí bez ohľadu na to, či hovoríme o spojitom analógovom signále alebo o signále zloženom zo vzoriek urobených v diskétnych časoch. Poznajúc I a Q , môžeme demodulovať AM signál podľa rovnice Eq 3, či FM signál podľa rovnice Eq 4. Aby sme vedeli demodulovať SSB signál, chýba nám už len jediný krok. Kvadrátne signály tiež možno použiť na odstránenie zrkadlových zložiek signálu a ponechanie len tých žiaducich.

Matematické vyjadrenie kvadrátneho signálu je síce zložitý, ale s trochou štúdia sa dá pochopiť. Veľmi odporúčam prečítať si na internete článok „Quadrature Signals: Complex, But Not Complicated“ od Richarda Lyonsa. Je k dispozícii na <http://www.dspguru.com/info/tutor/quadsig.htm>. Tento článok veľmi logicky vysvetľuje princíp kvadrátne vzorkovacieho demodulátora. Pochopenie základov tohto procesu je nutným predpokladom pre každého, kto chce navrhovať SDR.

My využijeme analytické vlastnosti kvadrátneho signálu v zmiešavači – vid' obr. 6, na ktorom je znázornený kvadrátne vzorkovací zmiešavač. Na jeho vstup prichádza VF signál cez

pásmovopriepustný filter. Hneď za filtrom sa signál rozdelí na dve vetvy a vstupuje do dvoch paralelných zmiešavacích vetiev. Signál z LO sa tiež rozdelí na dve vetvy, ktoré potom napájajú spomínané dva zmiešavače. Jedna vetva oscilátorového signálu sa ale oneskorí o 90° , nazývame ju cosinusová vetva (sin a cos sú navzájom posunuté o 90°). Oscilátor s takýmito navzájom o 90° fázovo posunutými výstupmi nazveme kvadratúrnym oscilátorom. Produktom „dolného“ zmiešavača bude „sínusová“ časť demodulovaného signálu – naša zložka I, kým z „horného“ zmiešavača vystúpi „cosinusová“ časť demodulovaného signálu, zložka Q. Tie prejdú svojimi dolnopriepustnými filtermi, ktoré odstránia také frekvenčné zložky pod Nyquistovou frekvenciou, ktoré by v ADC mohli vytvoriť aliasy. Potom sa v ADC z oboch zložiek vytvoria vzorkované digitálne signály. Ak raz máme zapamätané vzorky I a Q, môžeme nechať DSP, aby začal svoje čarovanie so signálmi.



Obr. 6 – Kvadratúrny vzorkovací zmiešavač. Vstupný VF signál s frekvenciou f_c je privádzaný do paralelných zmiešavacích vetiev. Signál miestneho oscilátora je vedený jednak priamo do „dolného“ zmiešavača (nazveme ho sínusovou zložkou/injekciou) a jednak oneskorený o 90° do „horného“ zmiešavača, čo nazveme cosinusovou zložkou. Dolnopriepustné filtre za zmiešavačmi sú anti-aliasing filtre – potlačia signály, ktoré by sa za ADC objavili ako aliasy. Horná vetva poskytne signál „vo fáze“, teda (I_t), dolná vetva signál „v kvadráte“, teda (Q_t). V skutočnom návrhu PC-SDR sú dolné priepuste a ADC integrované v počítačovej zvukovej karte.

Skôr ako prejdeme ďalej, chcem sa ešte vrátiť k už spomenutému problému prijímača s priamym zmiešavaním. Odstránenie nežiaducich produktov zmiešavača (opačného postranného pásma), pokiaľ by sme sa držali klasickej analógovej techniky, je veľmi náročné. Akákoľvek nesymetria vo fázovom posune alebo amplitúde v dvoch zmiešavacích vetvách silne zhoršuje potlačenie. S analógovými obvodmi je maximálne prakticky dosiahnuteľné potlačenie nežiaducich zložiek 40 dB. Dá sa dosiahnuť aj viac, ale také riešenie je potom veľmi drahé. Našťastie, pri použití digitálneho spracovania signálu nie je problém udržať spomenutú symetriu ako v amplitúde, tak vo fáze.

Ďalšou nepríjemnou vlastnosťou priamozmiešavajúceho prijímača je fakt, že v oblasti demodulovaných frekvencií blízko nuly sa výrazne zvyšuje šum. Jeho zdrojov je niekoľko. Samotné polovodiče šumia (tzv. šum $1/f$), naindukujú sa sem 50 Hz a 100 Hz signály zo siete, niektoré súčiastky sú mikrofonicke (chovajú sa do určitej miery ako mikrofón), fázový šum miestneho oscilátora v prípade, že sme blízko vstupnej frekvencie. A keďže väčšina CW operátorov preferuje tón CW pod 1 kHz, takýmto ladením si vlastne sami zhoršujú pomer signálu k šumu. Faktom je, že spomínaný šum sa rýchlo znižuje nad frekvenciou 1 kHz. A keďže naša zvuková karta „ide“ až po 20 kHz (pričom pre naše účely tak široké pásmo vôbec nepotrebu-

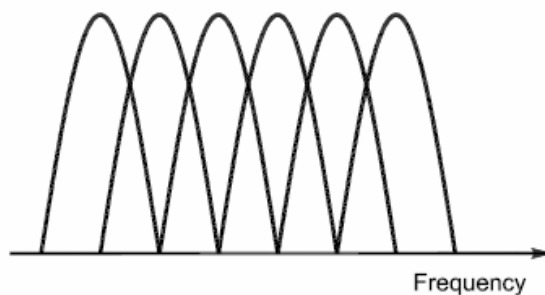
jeme, ved' SSB signál má maximálne niečo nad 3 kHz), existuje tu trik, ktorý tento „šum okolo nuly“ vie celkom elegantne odstrániť – posunieme našu „medzifrekvenciu“ z nuly na 11,025 kHz, do tzv. offset-basebandu. Teraz už LO nebude pracovať „príliš blízko“ vstupnej frekvencie, čím problém šumu okolo 0 Hz zmizne, vrátane problému vnášania fázového šumu LO do výstupu zmiešavača. Opačný proces, ktorý samozrejme musí vzápätí nasledovať, je „vrátenie“ signálu do skutočného basebandu – toto však, pri digitálnom spracovaní signálu, je úplne triviálnou úlohou.

DSP VO FREKVENČNEJ DOMÉNE

Všetka literatúra o DSP detekcii SSB signálu, čo som zatiaľ čítal, sa zameriava na filtrovanie a demoduláciu signálu v časovej doméne pomocou tzv. filtrov FIR (finite-impulse-response). Keďže tento princíp je podrobne popísaný v literatúre (1), (3) a (4) a ja som ho vo svojom návrhu PC-SDR nepoužil, nebudem sa tomuto problému ďalej venovať.

V mojom návrhu SDR využívam FFT (Fast Fourier Transform, rýchla Fourierova transformácia), ktorá pracuje vo frekvenčnej doméne. Literatúra o DSP podrobne popisuje spôsob, ako navrhnuť FFT program, čo si však vyžaduje spústu matematiky. Avšak INTEL poskytuje vo svojej knižnici už hotové programy pre FFT (5), tak načo by sme sa namáhali písaním svojich vlastných? Stačí, ak sa naučíme ako tie hotové produkty použiť.

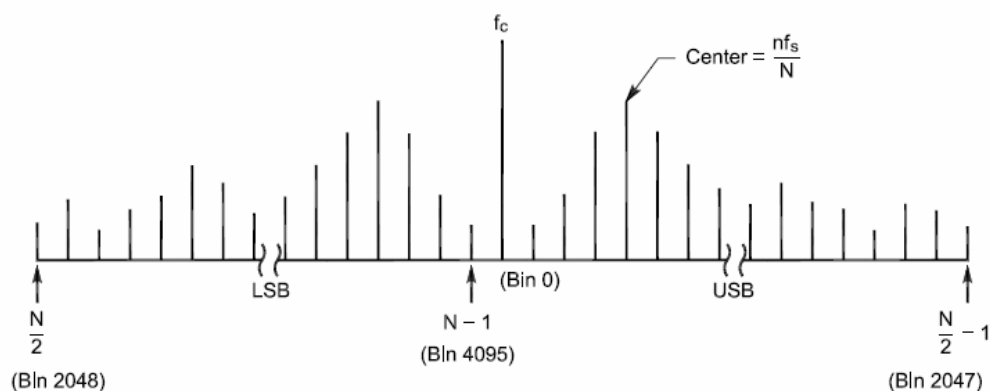
Zjednodušene povedané, FFT konvertuje I a Q signály (diskrétne v čase) do frekvenčnej domény. Výstup z FFT si možno predstaviť ako obrovské množstvo veľmi úzkych pásmovopriepustných filtrov zvaných BIN. Každý BIN meria veľkosť spektrálnej energie signálu vo svojom priepustnom pásme. Výstup potom predstavuje niečo ako „hrebeňový filter“, v ktorom každý BIN mierne presahuje do susedného nižšieho aj vyššieho. Obálka má teda zvlhnutú formu – vid' obr. 7.



Obr. 7 – Výstup FFT, pripomínajúci hrebeňový filter. Každý BIN presahuje do susedných BINov. Body s 3 dB potlačením sa prekrývajú, aby sa dosiahla lineárna výstupná charakteristika. Veľkosť i fáza signálov v jednotlivých BINoch sa dá matematicky vyjadriť pomocou rovníc Eq3 a Eq4.

Ak je signál presne v strede určitého BINu, objaví sa jeho hodnota len v tomto jedinom BINE. Pokiaľ je „trochu mimo“ stred určitého BINu, adekvátne prispieje k hodnote signálu v susednom BINE (smerom ku ktorému je ten signál posunutý od stredu „jeho“ BINu) a hodnota v „jeho“ BINE sa o ten príspevok zmenší. Matematicky je samozrejme možné presne popísať správanie sa BINov (6), to je ale mimo rámca tohto článku.

FFT ďalej umožňuje merať ako fázu, tak amplitúdu signálu v každom BINE, a to pomocou rovníc Eq 3 a Eq 4. Komplexná, čiže kvadrátúrna verzia FFT nám umožňuje aj rozlíšenie medzi „kladnými“ a „zápornými“ (zrkadlovými) zložkami signálu – viď obr. 8, kde je znázornený výstup komplexnej FFT.



Obr. 8 – Komplexný výstup z FFT. Dá sa predstaviť ako skupina pásmových priepustí rozložených okolo nosnej f_c , ktorá je v nulovom BINE. „ N “ je počet BINov v FFT. Horné postranné pásmo sa nachádza v BINoch číslo 1 až $(N/2)-1$, dolné postranné pásmo v BINoch $N/2$ až $N-1$. Stredná frekvencia každého BINu a jeho šírka sa vyjadruje rovnicami Eq5 a Eq6.

Šírka pásma BINu sa dá vyjadriť vzt'ahom Eq 5, kde BW_{bin} je tá šírka pásma určitého BINu, f_s je vzorkovacia frekvencia a N je „veľkosť“ FFT (počet BINov v nej). Stredná frekvencia BINu sa dá vyjadriť pomocou rovnice Eq 6, kde f_{center} je stredná frekvencia, n je číslo daného BINu, f_s je vzorkovacia frekvencia a N je veľkosť FFT. BINy číslo nula až $(N/2)-1$ predstavujú frekvencie horného postranného pásma (USB), kým BINy číslo $N/2$ až $N-1$ predstavujú frekvencie dolného postranného pásma (LSB), obidve symetricky rozložené okolo „nosnej“ frekvencie (carrier).

$$BW_{bin} = f_s / N \quad \text{Eq5}$$

$$f_{center} = nf_s / N \quad \text{Eq6}$$

Ak vezmeme už spomínanú vzorkovaciu frekvenciu bežnej zvukovej karty 44,1 kHz a veľkosť FFT 4096 ($= 2^{12}$), z rovníc Eq 5 a Eq 6 dostaneme:

$$BW_{bin} = 44100:4096 = 10,7666 \text{ Hz}$$

$$f_{center} = n10,7666 \text{ Hz}$$

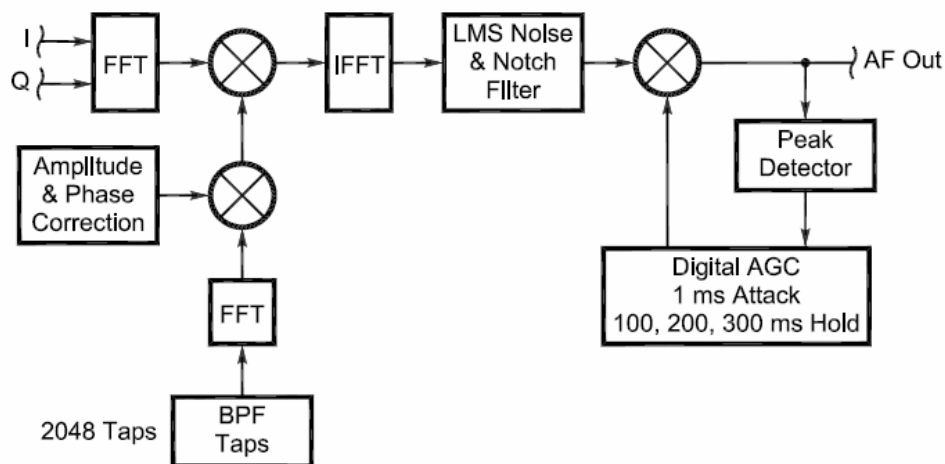
Čiže náš prijímač bude „mať“ 4096 pásmových filtrov a šírka každého bude necelých 11 Hz. Takže si šírku pásma prijímača môžeme zvoliť v rozmedzí od 11 Hz po zhruba 40 kHz, s krokom 11 Hz.

PC-SDR bude teda schopný vykonávať, vo frekvenčnej doméne po FFT konverzii, tieto funkcie:

- fixnú i premenlivú šírku pásma s veľmi strmými hranami filtra
- frekvenčnú konverziu
- demoduláciu CW a SSB

- voľbu postranného pásma (USB/LSB)
- potláčanie šumu vo frekvenčnej doméne
- frekvenčne selektívny squelch
- potláčanie (impulzného) šumu
- grafickú ekvalizáciu, teda riadenie spektra výstupných tónov
- vyváženie fázy a amplitúdy pre dobré potlačenie zrkadlových signálov
- výrobu SSB signálu
- spracovanie digitálnych signálov ako PSK31 a RTTY

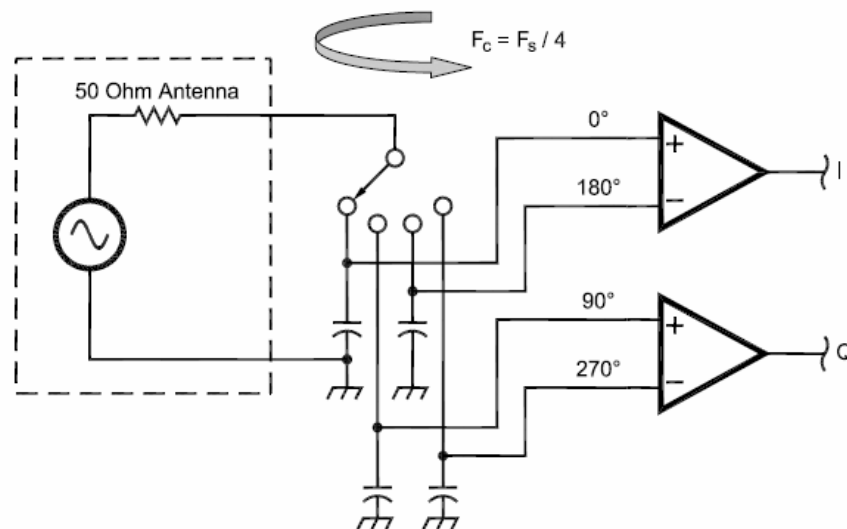
Po tom, čo FFT vykoná svoju prácu vo frekvenčnej doméne, nie je žiadnym problémom konvertovať signál späť do časovej domény použitím INVERZNEJ FFT. V mojom PC-SDR sa v časovej doméne vykonávajú len dva procesy spracovania signálu: AVC a adaptívne filtrovanie šumu. Zjednodušený softvérový diagram PC-SDR je na obr. 9.



Obr. 9 – Softvérový diagram SDR prijímača. Signály I a Q sú vedené zo vstupu zvukovej karty na vstup 4096-binového komplexného obvodu FFT. Koeficienty pásmových priepustí sú vypočítané a konvertované do frekvenčnej domény pomocou ďalšieho FFT. Filter vo frekvenčnej doméne je potom vynásobený signálom vo frekvenčnej doméne, čím dostaneme veľmi ostré filtrovanie. Vyfiltrovaný signál sa potom prevedie do časovej domény použitím inverznej FFT. V časovej doméne sa realizuje adaptívne filtrovanie šumu, funkcia NOTCH a AVC.

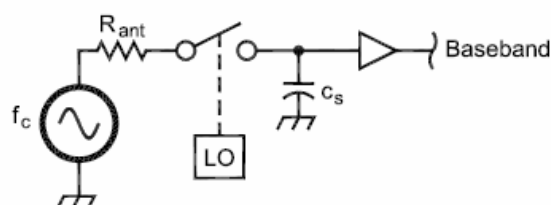
VZORKOVANIE VF SIGNÁLU DETEKTOROM TYPU TAYLOE: NOVÉ RIEŠENIE STARÉHO PROBLÉMU

Keď som hľadal na internete informácie o kvadratúrnom zmiešavaní, prišiel som na veľmi zaujímavý článok, ktorého autorom bol Dan Tayloe, N7VE. Dan pracuje pre firmu Motorola a je autorom US patentu č.6230000 nazvaného Tayloe detector (7). „Krása“ tohto detektora je v jeho elegancii a vysokej výkonnosti. Síce pripomína podobné už existujúce zapojenia, ale prekonáva ich svojou jednoduchosťou a výkonnosťou (8), (9), (10), (11). Už s 3 až 4 integrovanými obvodmi v cene pod 10 USD si môžete postaviť kvadratúrny doluzmiešavajúci konvertor (bez oscilátora).



Obr. 10 – Detektor Tayloe. Prepínač rotuje frekvenciou nosnej, takže každý vzorkovací kondenzátor berie vzorku zo signálu jedenkrát za cyklus. Signály z kondenzátorov vetiev 0° a 180° sa vedú na diferenciálne vstupy horného OZ a vytvoria I-signal, kým signály z kondenzátorov 90° a 270° sa vedú na diferenciálne vstupy dolného OZ a vytvoria Q-signal.

Na obr. 10 je verzia jednoducho vyváženého detektora Tayloe. Predstavte si ho ako štvorpolohový prepínač otáčajúci sa (vzorkovacou) rýchlosťou rovnajúcou sa – pre začiatok vysvetľovania – vstupnej frekvencii. Na bežec prepínača je pripojená anténa (50Ω) a štyri póly (výstupy) prepínača sú pripojené na tzv. vzorkovacie kondenzátory. Keďže sa bežec prepínača otáča rýchlosťou nosnej, každý zo štyroch vzorkovacích kondenzátorov bude pripojený k signálu (nosnej) na $\frac{1}{4}$ jej periódy a po zvyšnú dobu (dokončenia cyklu) si podrží toto napätie. Ak začneme vo fáze 0° , budeme mať na nich vzorky signálu vo fázach 0° , 90° , 180° a 270° .

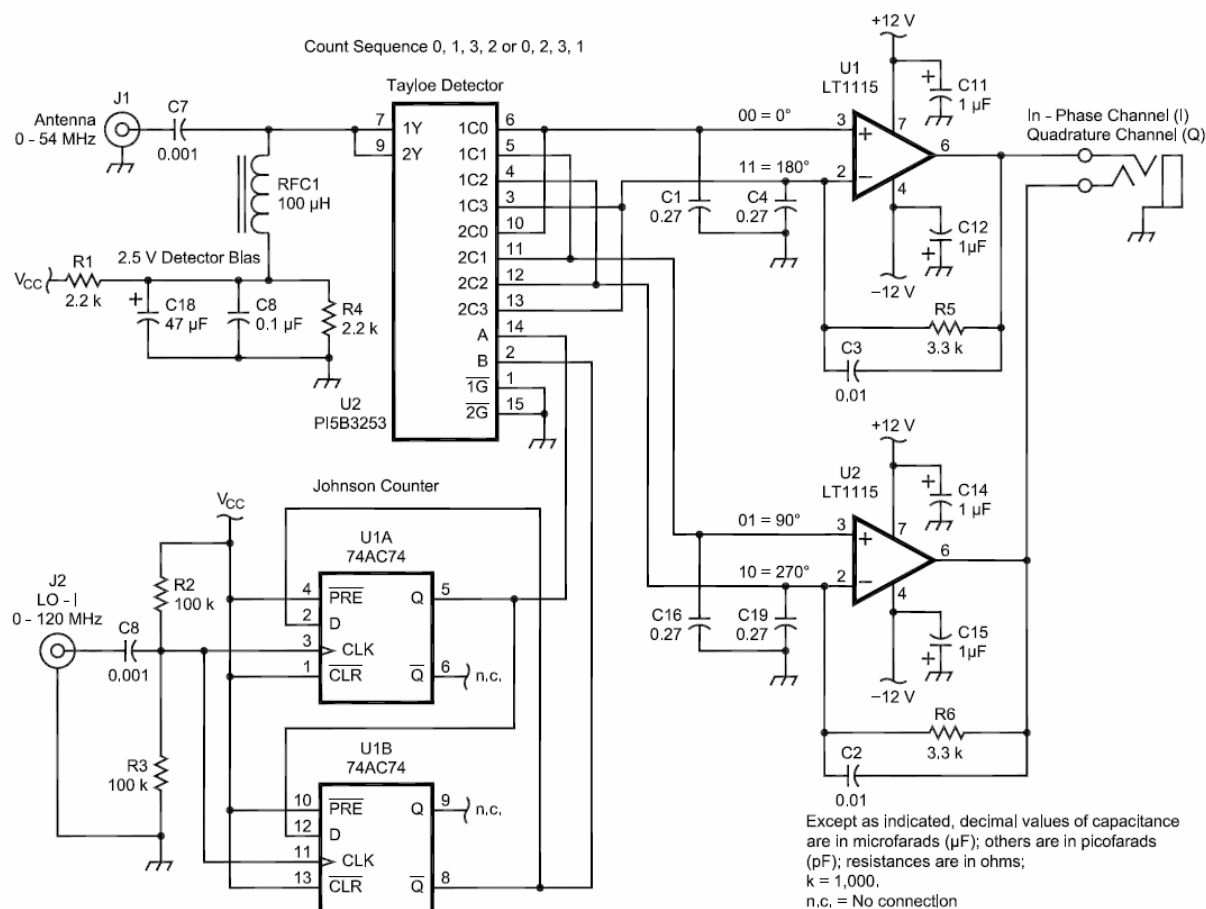


Obr. 11 – Obvod vzorkujúci spôsobom „track-and-hold“. Každý zo štyroch vzorkovacích kondenzátorov v detektore Tayloe tvorí s impedanciou (odporom) antény RC obvod. Keď je spínač zopnutý, kondenzátor sa (cez ten odpor) nabije na strednú hodnotu signálu nosnej počas „jeho“ štvrtperiódy. Počas zostávajúcich troch štvrtín periódy si kondenzátor toto napätie podrží. Frekvencia miestneho oscilátora (rýchlosť prepínača) sa rovná frekvencii nosnej, takže na výstupe bude signál v basebande.

Impedancia antény $R = 50 \Omega$ a práve pripojený kondenzátor tvoria RC dolnú priepusť. Napätie na každom kondenzátore bude teda priemerným napätím signálu počas štvrtperiódy, po ktorú je daný kondenzátor pripojený k anténe. Keď ho prepínač od vstupu odpojí, kondenzátor si to napätie podrží počas zvyšok cyklu, t.j. do okamihu, kedy bude rotujúcim prepínačom zase pripojený k anténe. Ak je rotácia prepínača presne vo fáze so vstupným napätím, na kondenzátore bude jednosmerné napätie rovné priemernému napätiu (počas štvrtperiódy) danej vzorky.

Ak privedieme napätia z kondenzátorov 0° a 180° na diferenciálne vstupy operačného zosilňovača (ten vytvorí ich diferenciálny súčet), na jeho výstupe bude jednosmerné napätie rovné dvojnásobku vzorky. Ak si uvedomíme, že výraz „dvojnásobok“ znamená (napät'ový) zisk 6 dB, a ešte bez šumu, tak je to úplne vynikajúci výsledok. Podobne privedieme napätia z kondenzátorov 90° a 270° na taký istý OZ a na jeho výstupe zase dostaneme dvojnásobok o 90° posunutej vzorky. Výstup prvého OZ bude náš I-kanál a výstup druhého OZ zase Q-kanál – obidva ako výstupy kvadratúrneho zmiešavania smerom dolu.

Ak vstupná frekvencia do Tayloe detektora NEBUDE rovná vzorkovacej, napätia na vzorkovacích kondenzátoroch už nebudú jednosmernými napätiami, ale budú sa meniť, a to s frekvenciou rovnou rozdielu nosnej a vzorkovacej frekvencie. Budú teda reprezentovať signál demodulovaný z nosnej do basebandu.



Obr. 12 – Jednoducho vyvážený detektor Tayloe.

Na obr. 12 je schéma jednoducho vyváženého detektora Tayloe. Pozostáva z týchto častí: PI5V331 je 1:4 FET demultiplexer – to je ten prepínač, ktorý samozrejme nerotuje mechanicky ale elektricky, a pripája na vstup tie 4 kondenzátory – na schéme sú popísané aj hodnotami fázového posunu. 74AC74 je dvojitý prepínač (Johnsonov čítač), ktorý vyrába dvojfázové prepínacie pulzy pre demultiplexer. Výstupy zo vzorkovacích kondenzátorov idú na diferenciálne vstupy dvoch nízkošumových OZ LT1115, ktoré na výstupe poskytujú I a Q signály.

Upozorňujem na fakt, že impedancia antény tvorí časť odporového deliča, ktorým je daný zisk OZ – vid' Eq 7. Pripojením antén s rôznou impedanciou by sa teda zisk mohol výrazne

meniť. Aby som tomuto zabránil, vo finálnej verzii svojho PC-SDR mám medzi detektor a anténu zaradený (oddeľovací) zosilňovač, ktorý zabráni detektoru, aby „videl“ impedanciu antény.

Keďže každá cesta prepínača na kondenzátory je aktívna 25 % celkového času, efektívnou impedanciou antény z hľadiska zisku OZ je 4-násobok jej skutočnej impedancie a vzorec pre zisk OZ je teda:

$$G = (R_f / 4R_{ant}) \quad \text{Eq7}$$

kde R_f je spätnoväzbový odpor (na schéme R5 a R6, 3k3) a R_{ant} je odpor antény, nominálne 50 Ω . Pre tieto hodnoty zisk OZ vychádza na $G = 3300 / 200 = 16,5$.

Detektor typu Tayloe sa dá charakterizovať aj ako „digital commutating filter“ (12), (13), (14) pracujúci s filtrami s veľmi vysokou kvalitou Q a podľa rovnice Eq 8 sa dá určiť jeho šírka pásma:

$$BW_{det} = 1/(\pi n R_{ant} C_s) \quad \text{Eq8}$$

$$Q_{det} = f_c / BW_{det} \quad \text{Eq9}$$

kde n je počet vzorkovacích kondenzátorov, R_{ant} je impedancia antény a C_s je kapacita vzorkovacieho kondenzátora vo Faradoch. Rovnica Eq9 zase vyjadruje kvalitu filtra; f_c je jeho stredná frekvencia.

Nech je kapacita vzorkovacieho kondenzátora 270 nF a anténová impedancia 50 Ω , potom:

$$BW_{det} = 1 / (3,17 \times 4 \times 50 \times 270 \times 10^{-9}) = 5895 \text{ Hz}$$

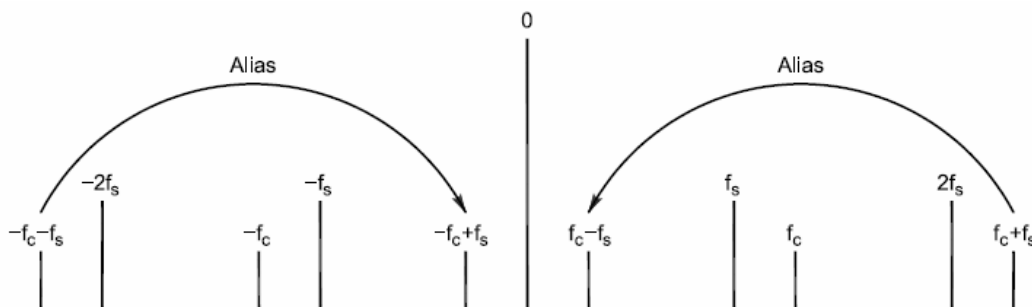
$$Q_{det} = 14,001 \times 10^6 / 5895 = 2375$$

Keďže PC-SDR používa medzifrekvenciu v offset-baseband, zvolil som šírku pásma detektora 40 kHz – vid' vysvetlenie vyššie v texte.

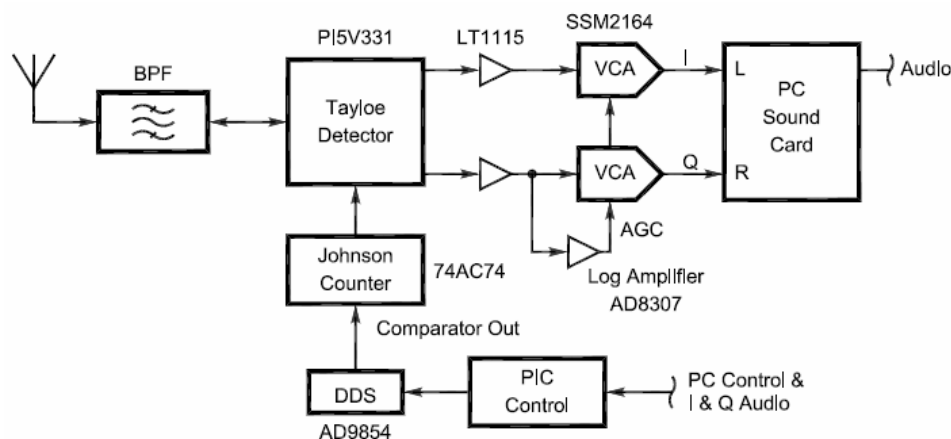
Veľkým plusom detektora Tayloe je jeho účinnosť. Literatúra uvádza, že ideálny komutačný zmiešavač má zmiešavaciu stratu najmenej 3,9 dB (15), (16). Typický diódový vysokoúrovňový zmiešavač má stratu 6-7 dB a šumové číslo o 1 dB vyššie ako stratu. Detektor Tayloe má zmiešavaciu stratu menšiu ako 1 dB. Ako je to možné? Vysvetlením je to, že Tayloe detektor nie je skutočným zmiešavačom, ale kvadratickým vzorkovacím detektorom využívajúcim techniku track-and-hold. To znamená, že jeho princíp využíva techniku vzorkovania v diskretnom čase, ktorá je síce podobná zmiešavaniu, ale zároveň má svoje špeciálne vlastnosti. Pretože vzorkovanie typu track-and-hold si udrží hodnotu signálu aj počas odpojenia vzorkovacieho prvku od signálu, jeho výstup nepadá do nuly (*na rozdiel od tých techník vzorkovania, kde v čase medzi vzorkami je na vzorkovacom prvku nula*).

V tomto odstavci prídeme k tomu, že aliasy môžu byť aj užitočné. Pretože každý vzorkovací kondenzátor Tayloe detektora berie vzorku signálu raz za periódu, bude tento detektor „brať“ ako frekvencie v Nyquistovej oblasti (*teda pod polovicou vzorkovacej frekvencie*), tak aj tie nad ňou, ktoré teda vytvárajú aliasy. Kým v tradičnom priamozmiešavacom prijímači sa súčtová zložka produktu zmiešavača odfiltráva ako nepoužiteľná, čím vlastne nevyužívame všetku energiu signálov, ktoré máme k dispozícii a teda vyrábame straty a zvyšujeme šumové číslo, v detektore Tayloe, ako ukazuje obr. 13, sa žiaden zmiešavací produkt „nevyhadzuje“

ako nepotrebný, pretože súčtová zložka konverzného procesu vytvorí užitočný (použiteľný) alias, ktorého energia sa pridá k rozdielovej zložke. (*Na pochopenie tohto tvrdenia je nutné preštudovať si niečo podrobnejšie o pravidlách vzniku aliasov – napríklad kapitolu 3 horepomenutej „DSP Guide“.*) Teoreticky by sme teda mohli hovoriť o bezstratovom detektore. V skutočnosti tomu tak nie je, pretože tu existujú straty na odpore prepínača, potom tzv. aperťurová strata vznikajúca z dôvodu, že prepínanie nie je ideálne časované.



Obr. 13 – Výstup detektora Tayloe. Súčtová zložka $f_c + f_s$ a jej zrkadlová zložka $-f_c - f_s$ sa nachádzajú na mieste tzv. prvej alias-frekvencie. Aliasový signál sa teda pridá k baseband signálu (*ako užitočný signál, nie ako skreslenie!*), čím zanikne (*hlavný*) dôvod, pre ktorý vznikajú straty v klasických zmiešavačoch, kde sa súčtová zložka odstraňuje, čo má za následok zvýšenie šumového čísla.



Obr. 14 – Hardvérový diagram PC-SDR prijímača. Signál z antény je filtrovaný pásmovou priepusťou, potom ide rovno do detektora Tayloe, ktorý vyrobí I a Q signály v basebande. Prepínacie signály pre demultiplexer detektora Tayloe sa vyrábajú v DDS-obvode a upravujú v Johnsonovom čítači. Ultrazvukový operačný zosilňovač LT1115 sa postará o diferenciálne sčítanie signálov z demultiplexeru a ich predbežné zosilnenie. Nasleduje stupeň analógového AVC s veľkým dynamickým rozsahom tvorený SSM2164 a logaritmickým zosilňovačom AD8307.

HARDVÉR TRANSCEIVRA PC-SDR

Ako sme si ukázali, detektor Tayloe je jednoduchým, lacným, ale pritom veľmi účinným zariadením, ktoré môžeme použiť na kvadratúrnú konverziu smerom dolu – pre prijímač, a obdobne aj smerom hore – pre vysielateľ. Aby bol návrh kompletný, budeme ešte potrebovať vyriešiť problém analógového AVC, aby sme nezahľcovali vstup ADC, a tiež vyriešiť, ako

budeme vyrábať a digitálne riadiť potrebné frekvencie. Na obr. 14 je bloková schéma PC-SDR prijímača.

POUŽITIE SDR

V čase, keď tento článok vznikol, mali počítače „začiatocníkovej“ triedy hodiny mierne nad 1 GHz a cenu pár sto dolárov. Už aj s týmto vybavením máme v rukách ohromne výkonný stroj na vykonávanie procesov potrebných pre prácu DSP. Pred pár rokmi sa o tom nedalo ani snívať. Skutočnou bariérou pre využitie týchto možností je len prenesenie určitých poznatkov z akademického do reálneho sveta, medzi rádioamatérov konštruktérov. Práve takými článkami ako je tento by sa mala táto bariéra prekonať.

Literatúra:

- [1] D. Smith, KF6DX, "Signals, Samples and Stuff: A DSP Tutorial (Part 1)," QEX, Mar/Apr 1998, pp 3-11.
- [2] J. Bloom, KE3Z, "Negative Frequencies and Complex Signals," QEX, Sep 1994, pp 22-27.
- [3] M. E. Frerking, Digital Signal Processing in Communication Systems (New York: Van Nostrand Reinhold, 1994, ISBN: 0442016166), pp 272-286.
- [4] D. Smith, KF6DX, Digital Signal Processing Technology (Newington, Connecticut: ARRL, 2001), pp 5-1 through 5-38.
- [5] The Intel Signal Processing Library is available for download at developer.intel.com/software/products/perflib/spl/.
- [6] R. G. Lyons, Understanding Digital Signal Processing, (Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1997), pp 49-146.
- [7] D. Tayloe, N7VE, "Letters to the Editor, Notes on 'Ideal' Commutating Mixers (Nov/Dec 1999)," QEX, March/April 2001, p 61.
- [8] P. Rice, VK3BHR, "SSB by the Fourth Method?" available at ironbark.bendigo.latrobe.edu.au/~rice/ssb/ssb.html.
- [9] A. A. Abidi, "Direct-Conversion Radio Transceivers for Digital Communications," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol 30, No 12, December 1995, pp 1399-1410, Also on the Web at www.icsl.ucla.edu/aagroup/PDF_files/dir-con.pdf
- [10] P. Y. Chan, A. Rofougaran, K.A. Ahmed, and A. A. Abidi, "A Highly Linear 1-GHz CMOS Downconversion Mixer." Presented at the European Solid State Circuits Conference, Seville, Spain, Sep 22-24, 1993, pp 210-213 of the conference proceedings. Also on the Web at www.icsl.ucla.edu/aagroup/PDF_files/mxr-93.pdf
- [11] D. H. van Graas, PA0DEN, "The Fourth Method: Generating and Detecting SSB Signals," QEX, Sep 1990, pp 7-11. This circuit is very similar to a Tayloe detector, but it has a lot of unnecessary components.
- [12] M. Kossor, WA2EBY, "A Digital Commutating Filter," QEX, May/Jun 1999, pp 3-8.
- [13] C. Ping, BA1HAM, "An Improved Switched Capacitor Filter," QEX, Sep/Oct 2000, pp 41-45.
- [14] P. Anderson, KC1HR, "Letters to the Editor, A Digital Commutating Filter," QEX, Jul/Aug 1999, pp 62.
- [15] D. Smith, KF6DX, "Notes on 'Ideal' Commutating Mixers," QEX, Nov/Dec 1999, pp 52-54.
- [16] P. Chadwick, G3RZP, "Letters to the Editor, Notes on 'Ideal' Commutating Mixers" (Nov/Dec 1999), QEX, Mar/Apr 2000, pp 61-62.

SKRÁTENÉ PREVÁDZKOVÉ POSTUPY NA AMATÉRSKYCH PÁSMACH

Manuál pre amatérov-začiatočníkov podľa ON4UN.

- **Ako nadviazať spojenie**

1. Zavoláme CQ a čakáme, že nás niekto zavolá.
2. Zavoláme stanicu, ktorá volala CQ.
3. Zavoláme stanicu, ktorá skončila spojenie.

- **Ako volať CQ**

1. Skontrolujeme, či je frekvencia voľná?
Na CW – **QRL?**
Na SSB – **Is this frequency in use?** = *Je táto frekvencia voľná?*
2. Keď sa nikto neozve, spýtame sa to isté ešte raz.
3. Keď sa opäť nikto neozve, voláme:
Na CW – **CQ CQ CQ DE OM3ZZZ OM3ZZZ AR**
Na SSB – **CQ from OM3ZZZ, OM3ZZZ calling CQ, oscar mike three zulu zulu zulu calling CQ and listening** = *CQ tu OM3ZZZ, OM3ZZZ volá CQ, otakar mária tri zuzana zuzuzana zuzana volá výzvu a počúva*
4. Volanie smerovej výzvy
Na CW – **CQ DX CQ DX DE OM3ZZZ OM3ZZZ NO EU+**
Na SSB – **CQ DX, outside Europe, this is OM3ZZZ** = *CQ DX, mimo Európy, tu je OM3ZZZ*

- **Volanie stanice, priebeh spojenia**

1. **Ako zavolať stanicu**
CW – **W1ZZZ DE OM3ZZZ OM3ZZZ K**
SSB – **W1ZZZ from OM3ZZZ, whiskey one zulu zulu zulu is calling you and listening** = *W1ZZZ tu OM3ZZZ, oscar mike three zulu zulu zulu ŕa volá a počúva (vy ste OM3ZZZ)*
2. **Zavolala vás stanica W1ZZZ. Aká bude vaša prvá relácia?**
CW – **W1ZZZ DE OM3ZZZ = GE TNX FER CALL = UR RST 579 579 = MY QTH BRATISLAVA NAME JOHN = HW CPY? W1ZZZ DE OM3ZZZ K**
SSB – **W1ZZZ from OM3ZZZ = Thanks for the call, I am receiving you very well, readability 5 and strength 8 = My QTH is Bratislava and my name is John = How do you copy me? W1ZZZ from OM3ZZZ over**
W1ZZZ tu OM3ZZZ = Ďakujem za zavolanie, počúvam ŕa veľmi dobre, čitateľnosť 5 a sila 8 = Moje QTH je Bratislava a moje meno je John = Ako si to prijal? W1ZZZ tu OM3ZZZ prepínam
3. **O čom sa môžeme rozprávať počas spojenia?**
Podľa Radio Regulation ITU, podľa doporučení IARU i podľa našich povolovacích podmienok môžeme amatérske stanice používať takto: „Amatérske stanice je povolené používať len na vysielanie správ, ktoré sa týkajú rádioamatérskej činnosti a rádioamatérov.“ U nás má zopár amatérov iný názor, samozrejme hlboko nesprávny. Tu je názor Johna ON4UN, ktorý má podporu IARU: „Predmet našej komunikácie by mal byť

vždy spojený s rádioamatérstvom. Amatérske rádio je hobby týkajúce sa **techniky rádiokomunikácie** v širokom zmysle tohto termínu. Niektoré témy, ktoré v konverzácii cez amatérske rádio **nie sú** dovolené:

- náboženstvo;
- politika;
- podnikanie (môžete hovoriť o svojej profesii, ale je zakázané robiť reklamu svojmu podnikaniu);
- hanlivé poznámky mierené na akúkoľvek skupinu (etnickú, náboženskú, rasovú, týkajúcu sa pohlavia atď.);
- všetky neslušné a obscénne výrazy;
- kúpeľňový humor: ak by ste vtíp nepovedali svojmu desaťročnému dieťaťu, nehovorte ho ani na pásme;
- akákoľvek téma, ktorá nemá spojenie s rádiovou prevádzkou

4. Čo by sme nikdy nemali na pásmach robiť?

Nikdy nesmieme vysielat' bez udania vlastnej volacej značky, nikdy by sme nemali pri volaní stanice používať len sufix, hrať sa na „policajta na pásme“ a byť neslušní.

5. Aká je stupnica RS s významom jednotlivých stupňov?

ČITATELNOSŤ		SILA SIGNÁLU	
R1	Nečitateľný	S1	Slabý signál, sotva vnímateľný
R2	Sotva čitateľný	S2	Veľmi slabý signál
R3	Čitateľný s ťažkosťami	S3	Slabý signál
R4	Čitateľný bez ťažkostí	S4	Postačujúci signál
R5	Perfektne čitateľný	S5	Celkom dobrý signál
		S6	Dobrý signál
		S7	Celkom silý signál
		S8	Silný signál
		S9	Veľmi silný signál

6. Aká je stupnica RST s významom jednotlivých stupňov?

RS je ako v predchádzajúcej otázke, stupnica T je nasledovná:

T 1	Striedavých 60 Hz (alebo 50 Hz) alebo menej Hz, veľmi hrubý a široký tón
T 2	Veľmi hrubý AC, veľmi drsný tón
T 3	Hrubý AC tón, usmernený ale nefiltrovaný
T 4	Hrubý tón, isté stopy filtrovania
T 5	Filtrovaný tón, usmernený AC, ale silne modulovaný zbytkom striedavej zložky
T 6	Filtrovaný tón, jednoznačné stopy modulácie striedavou zložkou
T 7	Temer čistý tón, stopy modulácie striedavou zložkou
T 8	Temer perfektný tón, veľmi mierna stopa modulácie striedavou zložkou
T 9	Perfektný tón, bez stôp modulácie striedavou zložkou alebo modulácie akéhokoľvek druhu

7. Stanica W1ZZZ vám odpovedala prvú reláciu, ako bude vyzerat' vaša druhá relácia?

CW – W1ZZZ DE OM3ZZZ = TNX FER ALL DR JOHN = MY RIG IS TRX 100 W ANT DIPOLE 10 M HIGH = PSE QSL MY QSL IS SURE VIA BUREAU = TNX FER QSO 73 CUL = W1ZZZ DE OM3LU K

SSB – W1ZZZ DE OM3ZZZ = Thanks for the report John. My working conditions are a 100 watt transceiver with a dipole 10 meter high. I would like to exchange QSL cards with you and will send you my card via the bureau. Many thanks for this contact, 73 and see you soon again, I hope W1ZZZ from OM3ZZZ OVER

• **Typické SSB spojenie**

Stanica W1ZZZ: **Is this frequency in use? This is W1ZZZ = Je táto frekvencia voľná? Tu je W1ZZZ**

Stanica W1ZZZ: **CQ CQ CQ from W1ZZZ whiskey one zulu zulu zulu calling CQ and listening = CQ CQ CQ od W1ZZZ whiskey one zulu zulu zulu volá CQ a počúva**

Stanica ON6YYY: **W1ZZZ from ON6YYY oscar november six yankee yankee yankee calling and standing by = W1ZZZ od ON6YYY oscar november six yankee yankee yankee volá a prechádza na príjem**

Stanica W1ZZZ: **ON6YYY from W1ZZZ, good evening, thanks for your call, you are 59. My name is Robert, I spell Romeo Oscar Bravo Echo Romeo Tango and my QTH is Boston. How copy? ON6YYY from W1ZZZ. Over = ON6YYY od W1ZZZ, dobrý večer, ďakujem za zavolanie, tvoj report je 59. Moje meno je Robert, hláskujem Romeo Oscar Bravo Echo Romeo Tango a moje QTH je Boston. Ako ma počuješ? ON6YYY od W1ZZZ. Prepínam.**

Stanica ON6YYY: **W1ZZZ from ON6YYY, good evening Robert, I copy you very well, 57, readability 5 and strength 7. My name is John, Juliette Oscar Hotel November, and my QTH is near Ghent. Back to you Robert. W1ZZZ from ON6YYY. Over. = W1ZZZ tu ON6YYY, dobrý večer Róbert, počujem ťa veľmi dobre, 57, čitateľnosť 5 a sila 7. Moje meno je John, Juliette Oscar Hotel November, a moje QTH je pri Ghente. Späť na teba Róbert. W1ZZZ tu ON6YYY. Prepínam.**

Stanica W1ZZZ: **ON6YYY from W1ZZZ, thanks for the report John. My working conditions are a 100 Watt transceiver with a dipole 10 meter high. I would like to exchange QSL cards with you, and will send you my card via the bureau. Many thanks for this contact, 73 and see you soon again, I hope. ON6YYY from W1ZZZ. = ON6YYY tu W1ZZZ, ďakujem za report John. Moje zariadenie je transciever 100 watt s dipólom 10m vysoko. Chcel by som si s tebou vymeniť QSL lístok a ja ti pošlem môj lístok cez QSL službu. Ďakujem za spojenie, 73 a dúfam čoskoro dopočutia. ON6YYY tu W1ZZZ.**

Stanica ON6YYY: **W1ZZZ from ON6YYY, all copied 100%, on this side I am using 10 Watt with an inverted-V antenna with the apex at 8 meters. I will also send you my QSL card via the bureau, Robert. 73 and hope to meet you again soon. W1ZZZ this is ON6YYY clear with you. = W1ZZZ tu ON6YYY, všetko 100-percentne porozumené, na mojej strane používam 10 watov a anténu invertované V s vrcholom vo výške 8 metrov. Ja ti tiež pošlem môj QSL lístok cez QSL službu, Róbert. 73 a dúfam, že sa skoro znova stretneme. W1ZZZ tu je ON6YYY a končí s tebou.**

Stanica W1ZZZ: **73 John and see you soon from W1ZZZ now clear (...and listening for any stations calling) = 73 John a dovidenia čoskoro od W1ZZZ ktorý teraz končí (...a počíva akékoľvek ďalšie volanie)**

- **Typické CW spojenie**

Stanica G4ZZZ: **QRL?**

Stanica G4ZZZ: **QRL?**

Stanica G4ZZZ: **CQ CQ G4ZZZ G4ZZZ CQ CQ G4ZZZ G4ZZZ AR**

Stanica ON6YYY: **G4ZZZ DE ON6YYY ON6YYY AR**

Stanica G4ZZZ: **ON6YYY DE W4ZZZ GE TKS FER CALL UR RST 579 579 MY NAME BOB BOB QTH HARLOW HARLOW HW CPY? ON6YYY DE W1ZZZ K**

Stanica ON6YYY: **G4ZZZ DE ON6YYY FB BOB TKS FER RPRT UR RST 599 599 NAME JOHN JOHN QTH NR GENT GENT W1ZZZ DE ON6YYY K**

Stanica G4ZZZ: **ON6YYY DE G4ZZZ MNI TKS FER RPRT TX 100 W ANT DIPOLE AT 12M WILL QSL VIA BURO PSE UR QSL TKS QSO 73 ES GE JOHN ON6YYY DE G4ZZZ K**

Stanica ON6YYY: **G4ZZZ DE ON6YYY ALL OK BOB, HERE TX 10 W ANT INV V AT 8M MY QSL OK VIA BURO 73 ES TKS QSO CUL BOB G4ZZZ DE ON6YYY SK**

Stanica G4ZZZ: **73 JOHN CUL DE G4ZZZ SK**

- **Typické RTTY spojenie**

Stanica PA0ZZZ: **QRL? DE PA0ZZZ**

Stanica PA0ZZZ: **QRL? DE PA0ZZZ**

Stanica PA0ZZZ: **CQ CQ DE PA0ZZZ PA0ZZZ PA0ZZZ AR**

Stanica G6YYY: **PA0ZZZ DE G6YYY G6YYY K**

Stanica PA0ZZZ: **G6YYY DE PA0ZZZ GA OM TKS FER CALL UR RST 599 599 NAME BOB BOB QTH ROTTERDAM ROTTERDAM HW CPI? G6YYY DE PA0ZZZ K**

Stanica G6YYY: **PA0ZZZ DE G6YYY GA BOB UR RST 599 599 NAME JOHN JOHN QTH LEEDS LEES PA0ZZZ DE G6YYY K**

Stanica PA0ZZZ: **G6YYY DE PA0ZZZ TKS RPRT JOHN STN 100 W ANT 3 EL YAGI AT 18M WX RAIN PSE QSL MY QSL VIA BUREAU 73 AND CUL G6YYY DE PA0ZZZ K**

Stanica G6YYY: **PA0ZZZ DE G6YYY ALL OK BOB QSL VIA BUREAU 73 AND TKS QSO PA0ZZZ DE G6YYY SK**

Stanica PA0ZZZ: **73 G6YYY DE PA0ZZZ SK**

- **Typické spojenie v konteste**

CW:

CQ TEST OM3ZZZ TEST(OM3ZZZ volá výzvu)

W1ZZZ(W1ZZZ volá OM3ZZZ)

W1ZZZ 599013 (OM3ZZZ dáva report W1ZZZ)

599010 (W1ZZZ dáva report OM3ZZZ)

TU OM3ZZZ TEST (OM3ZZZ potvrdzuje prijatý report a volá ďalšiu výzvu)

SSB:

Výzva – **oscar mike three zulu zulu zulu contest** = *CQ contest tu OM3ZZZ*

Volanie stanice – **oscar mike three zulu zulu zulu**

Report – **W1ZZZ five nine zero zero one**

Koniec – **thanks OM3ZZZ contest**

• Volanie DX stanice pracujúcej s frekvenčným odskokom (SPLIT)

Začnite pozorným počúvaním. Pozorne počúvajte. Je niekoľko vecí, ktoré by ste mali vedieť predtým, ako začnete volať:

- Kde DX stanica počúva? Počúva iba na jednej frekvencii alebo v istom frekvenčnom rozsahu? DX stanica to oznamuje napríklad takto: **up** = hore, **down** = dolu, **up 5** = 5 kHz hore, **down 10** = 10 kHz dolu, **listening between 200 and 210** = počúva medzi 200 a 210 kHz a pod.
- Počúva stanice náhodne, alebo počúva určité oblasti sveta (štáty, kontinenty), alebo počúva po číslach (číslíca vo vašej značke)?
- Predtým ako začnete vysielat', skontrolujte, či sú všetky gombíky na vašom transceivri nastavené správne a či máte správne nastavenú prevádzku s frekvenčným odskokom. Skontrolujte si to dvakrát!
- Ak ste zistili, kde urobila DX stanica svoje posledné QSO, prispôbte svoju stratégiu vysielacím zvyklostiam DX stanice. Dajte svoju značku **iba raz** a počúvajte.
- Ak DX stanica neodpovie v priebehu 1 alebo 2 sekúnd, zavolajte znova na tej istej frekvencii. Opakujte tento postup až kým nebudete počuť, že DX stanica niekomu odpovedá (dúfajme, že vám).
- Ak odpovedá inej stanici, **prestaňte volať** a začnite hľadať, kde tá stanica vysielala. Je to trochu ako hra na mačku a myš, ibaže tu je jedna veľká mačka a mnoho malých myší, z ktorých jednou ste vy..

Ako sa nesprávať na pásme – nekonečne volajúci:

Nekonečne volajúce stanice existujú a je ich veľmi veľa. Chcú iba urobiť novú vzácnu stanicu s použitím **akýchkoľvek prostriedkov**. Neberú ohľad na ostatné stanice. Vysielajú svoju značku stále dokola ako rozhlasová stanica a sotva vôbec počúvajú. Často môžeme počuť, že im DX stanica odpovedá dva alebo trikrát, ale bezvýsledne. Nepočujú DX stanicu, pretože takmer vôbec nepočúvajú. Možno preto, že majú typickú „aligátorskú“ (kW+) stanicu. Vyzerá to, akoby ich záľubou bolo iba volanie DX stanicie a nie urobenie spojenia. Všetko by to nebolo také zlé a smutné, ak by touto zahanbujúcou praxou nespôsobovali veľa QRM ostatným staniciam. Nedá sa to nazvať inak ako **zámerné rušenie a egoistické správanie**.

• Najpoužívanejšie skratky

AGN	znova
ANT	anténa
AR	koniec správy (profi skratka)
AS	počkajte sekundu, počkajte chvíľu (profi skratka)
B4	pred (before)
BK	brejk

BTW	mimochodom
CFM	potvrdzujem
CL	značka (call)
CL	končím, zatváram stanicu (profi skratka)
CQ	všeobecná výzva pre akúkoľvek stanicu
CU	dovidenia, dovi
CUL	uvidíme sa neskôr
CPI	rozumiem
CPY	rozumiem
DE	od (napr. W1ZZZ de G3ZZZ)
DWN	dolu
ES	a
FB	výborný (dobrý, vynikajúci)
FER	pre
GA	pokračujte
GA	pekné popoludnie
GD	dobry
GD	dobry deň
GE	dobry večer
GL	veľa šťastia
GM	dobré ráno
GN	dobru noc
GUD	dobry
HI	smiech na CW
HNY	Šťastný nový rok
HR	tu
HW	ako (napr. HW CPY)
K	prepínam
KN	prepínam iba na vás, pokračujte prosím, ostatní prosím nerušte
LP	dlhá cesta (šírenie)
LSN	počúvajte
MX	Veselé Vianoce
N	nie (negovanie)
NR	počet, číslo
NR	pri
NW	teraz
OM	old man (operátor muž)
OP	operátor
OPR	operátor
PSE	prosím
PWR	výkon
R	rozumiem, áno, potvrdzujem, prijaté
RCVR	prijímač
RX	prijímač
RIG	zariadenie
RPT	opakujte, zopakujte
RPRT	report
SK	koniec spojenia (profi skratka)
SK	(silent key) zomrel operátor
SP	krátkou cestou (šírenie)

SRI	prepáče, ospravedlňte ma
TMW	zajtra
TMRW	zajtra
TKS	ďakujem
TNX	ďakujem
TRX	transceiver
TU	ďakujem
TX	vysielač
UFB	výborne
UR	váš, tvoj
VY	veľmi
WX	počasie
XMAS	Vianoce
XYL	manželka, ex-mladá dáma
YL	mladá dáma, žena operátorka
YR	rok
51 a 55	je CB-čkársky slang. Nepoužívajte to.
73	S pozdravom. 73 je tiež bežne používané na fónii. Nepoužívajte tvary 73s, best 73 alebo best 73s; všetko je to deformovaný text. Používajte <i>seventy three</i> a <i>NIE seventy threes</i> .
88	láska a bozky. Platia tu tie isté poznámky ako pri „73“. Pozdrav sa používa pri QSO so ženou.

ZHRNUTIE (väčšina dôležitých kódov a profi skratiek):

AR	<i>koniec vysielania</i> – naznačuje koniec vysielania, ktoré nie je nikomu špecificky adresované. Používa sa na konci CQ a na konci vášho vysielania, keď voláte stanicu (keď odpovedáte stanici volajúcej CQ alebo QRZ).
K	<i>prepínam</i> – koniec relácie v konverzácii dvoch alebo viac staníc. Používa sa na konci relácie a na konci vášho vysielania, keď vy voláte stanicu. Relácia NIE JE to isté ako QSO (spojenie). QSO zvyčajne pozostáva zo série relácií.
KN	<i>prepínam na konkrétnu stanicu a na nikoho iného</i> – podobné ako ‘K’, ale zdôrazňujete, že nechcete počuť iných volajúcich alebo brejkerov.
SK	<i>koniec spojenia</i> – používa sa na ukončenie QSO (SK = Stop Kľúčovania)
CL	<i>vypnutie stanice</i> – posledný kód, ktorý je vyslaný pred vypnutím vašej stanice (CL = vypínam)
SK CL	<i>koniec spojenia + zatvorenie stanice</i> – používa sa keď vypínate stanicu
AR K	<i>koniec relácie + prepínam na vás</i> – NEPOUŽÍVAJTE
AR KN	<i>koniec relácie + prepínam len na vás</i> – NEPOUŽÍVAJTE
AR SK	<i>koniec relácie + koniec spojenia</i> – NEPOUŽÍVAJTE
QRL?	<i>je frekvencia používaná?</i> – musíte vždy použiť pred volaním CQ na novej frekvencii
QRZ?	<i>kto ma volal?</i> – QRZ nemá iný význam
QRS	<i>znížte rýchlosť vysielania</i>
AS	<i>moment, počkajte</i>
=	<i>premýšľam, počkajte, eh...</i> – tiež sa používa na oddelenie dvoch častí textu

• RTTY frekvencie

160m:	1838 – 1840 kHz
80m:	3580 – 3600 kHz
40m:	7035 – 7043 kHz
30m:	10140 – 10150 kHz
20m:	14080 – 14099 kHz
17m:	18095 – 18105 kHz
15m:	21080 – 21110 kHz
12m:	24915 – 24929 kHz
10m:	28080 – 28150 kHz

Na 160m sa RTTY veľmi málo používa. Zostaňte celým signálom v tomto okne. USA: 1800 – 1810 kHz (nie je povolené v Európe)

Japonsko 3525 kHz

USA: 7080 – 7100 kHz

• PSK31 frekvencie

160m:	1838 – 1840 kHz
80m:	3580 – 3585 kHz
40m:	7035 – 7037 kHz
30m:	10130 – 10140 kHz
20m:	14070 – 14075 kHz
17m:	18100 – 18102 kHz
15m:	21070 – 21080 kHz
12m:	24920 – 24925 kHz
10m:	28070 – 28080 kHz

(7080 v IARU Regióne 2)

• SSTV frekvencie

80m:	3735 +/- 5 kHz
40m:	7035 – 7050 kHz
30m:	SSTV nie je povolená
20m:	14220 – 14235 kHz
17m:	veľmi málo SSTV
15m:	21330 – 21346 kHz
12m:	veľmi málo SSTV
10m:	28670 – 28690

na LSB

na LSB

(je povolená len úzka 500 Hz šírka pásma)

na USB

(úzke amatérske pásmo)

na USB

(úzke amatérske pásmo)

na USB

- **Medzinárodná hláskovacia tabuľka**

Písmeno	Fonetické slovo	Výslovnosť	Písmeno	Fonetické slovo	Výslovnosť
A	Alpha	alfa	N	November	nouvembr
B	Bravo	bravo	O	Oscar	oskar
C	Charlie	čárli	P	Papa	papa
D	Delta	delta	Q	Quebec	kwebek
E	Echo	eko	R	Romeo	romeo
F	Foxtrot	foxtrot	S	Sierra	siera
G	Golf	golf	T	Tango	tängo
H	Hotel	hotel	U	Uniform	juniform
I	India	india	V	Victor	viktor
J	Juliette	džuliet	W	Whiskey	wisky
K	Kilo	kilo	X	X-ray	Eksrej
L	Lima	lima	Y	Yankee	yenki
M	Mike	maik	Z	Zulu	zulu

• **Najpoužívanejšie Q-kódy**

KÓD	OTÁZKA	ODPOVEĎ ALEBO SPRÁVA
QRG	Aká je presná frekvencia?	Presná frekvencia je ...
QRK	Aká je čitateľnosť môjho signálu?	Čitateľnosť vášho signálu je: 1: zlá, 2: dosť zlá, 3: celkom dobrá, 4: dobrá, 5: vynikajúca
QRL	Ste zaneprázdnení? Je frekvencia obsadená?	Som zaneprázdnený. Frekvencia je obsadená.
QRM	Ste rušení?	Mám rušenie. 1: nie som rušený, 2: trochu, 3: mierne, 4: silné, 5: veľmi silné.
QRN	Máte problémy s atmosférickým rušením?	Mám atmosférické rušenie. 1: vôbec, 2: slabé, 3: mierne, 4: silné, 5: veľmi silné.
QRO	Mám zvýšiť výkon?	Zvýšte výkon.
QRP	Mám znížiť výkon?	Znížte výkon.
QRS	Mám znížiť rýchlosť vysielania?	Znížte rýchlosť vysielania.
QRT	Mám prestať vysielat'?	Prestaňte vysielat'.
QRU	Máte pre mňa niečo?	Nič pre vás nemám.
QRV	Ste pripravení?	Som pripravený.
QRX	Kedy ma zavoláte späť?	Zavolám vás o ... Tiež: počkajte, čakajte
QRZ	Kto ma volal?	Volá vás ...
QSA	Aká je sila môjho signálu?	Sila vášho signálu je: 1: zlá, 2: dosť zlá, 3: celkom dobrá, 4: dobrá, 5: vynikajúca.
QSB	Má môj signál únik?	Váš signál ma únik.
QSL	Môžete potvrdiť príjem?	Potvrdzujem príjem.
QSO	Môžete urobiť spojenie s... (mnou)?	Môžem urobiť spojenie s ... (vami).
QSX	Môžete počúvať na ...?	Počúvajte na ...
QSY	Mám začať vysielat' na inej frekvencii?	Začnite vysielat' na ... Tiež: zmeňte frekvenciu (na ...)
QTC	Máte pre mňa správu?	Mám pre vás správu.
QTH	Aké je vaša lokalita? (zemepisná šírka a dĺžka alebo meno lokality)	Moja lokalita je ... zemepisná šírka a ... dĺžka alebo: moja lokalita je ...
QTR	Aký je presný čas?	Presný čas je ...



Mudroch LABS s.r.o. - Vysokofrekvenčná elektronika, služby, komponenty

www.mudrochlabs.sk

Jan Mudroch dipl. spec.

+421 918 602 006

OM7OA (OK2MOA)

- **vývoj a výroba špecifickej vysokofrekvenčnej elektroniky**
(špecifické vysielače a signálové generátory, WSVR bridge...)
- **výroba predzosilňovačov, výkonových zosilňovačov, filtrov a priepustí**
- **výroba antén (širokopásmové, všesmerové, smerové, bikónické ...)**
- **revidovanie VF systémov**
(kontrola a premeranie systémov, vyhľadávanie závad a ich analýza, návrh efektívneho riešenia)
- **vyhľadávanie a odstraňovanie rušenia a prípadných interferencií**
(identifikácia a dohľadanie zdrojov rušenia, kontrola signálu a nežiadúcich emisií na konektoroch VF zariadení, návrhy riešení prípadných problémov s rušením)
- **servis VF technológií, rádiostaníc, rádiových sietí do 6 GHz**
merania VSWR do 3 GHz,
merania TX (PWR, FREQ, zdvih, SSB-potlačenie nosnej, emisie...)
merania RX (citlivosť, BW, test presnosti S-metru, NF, FREQ...)
merania PREAMP, PA do cca 1 kW, deličov PWR...
meranie a nastavovanie filtrov, duplexerov a iných dvoj a trojbranov,
testovanie vyžarovacích diagramov, ziskov antén a meranie prispôsobenia,
optimalizácia rádiových sietí,
montáž, servis a revízie rádiostaníc,
zameranie anténnych systémov
testovanie a merania priechodnosti rádiových spojov a systémov
- **dodávka VF komponentov**
(koaxiálne káble, konektory, deliče výkonu, dutinové filtre ...)