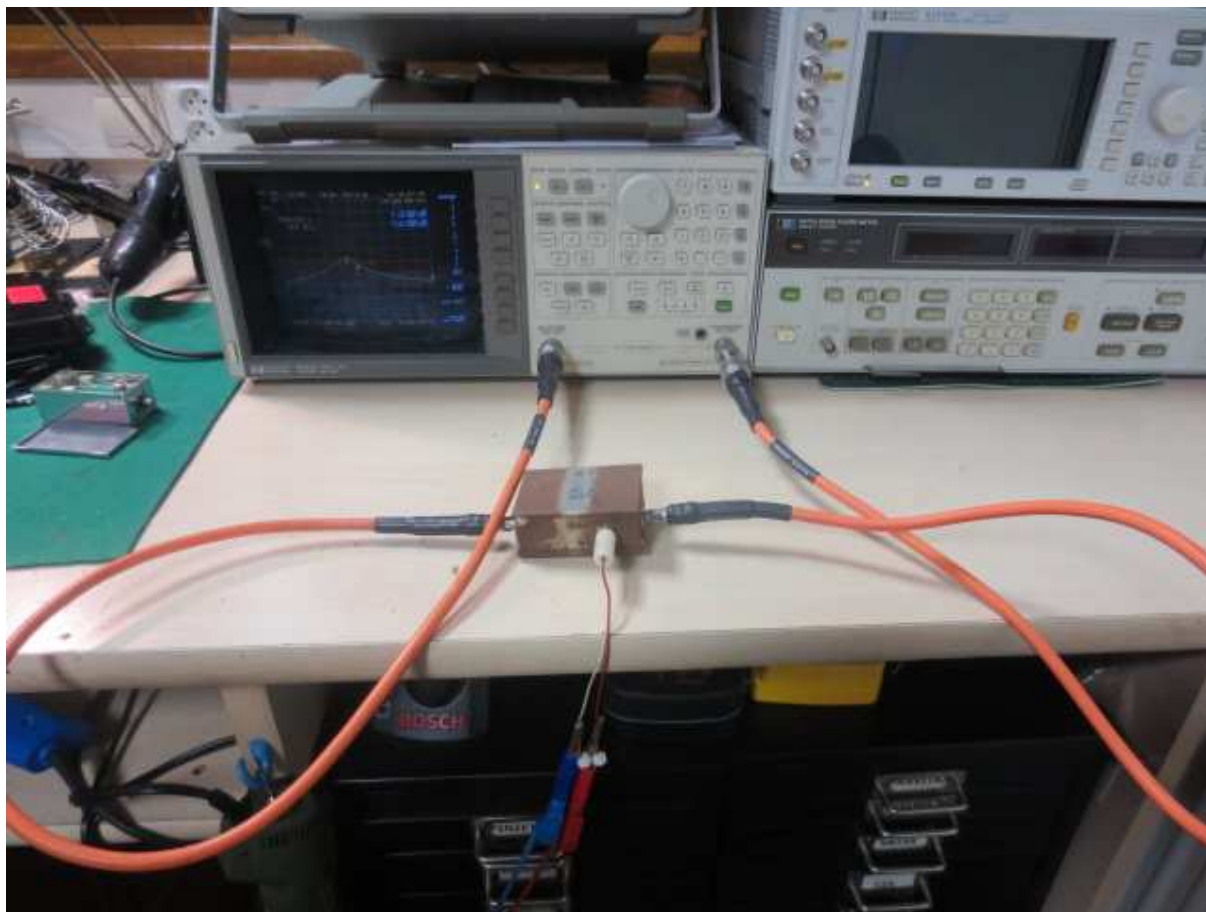


## Měření LNA 144MHz



### Úvod:

Předně bych chtěl uvést, že veškerá měření, která provádím, dělám pro své potěšení. Volím měření a měřící metody dle svého uvážení a selského rozumu v rámci možností, které jsou k dispozici. Presentované výsledky a závěry pak vyjadřují můj názor a je na čtenáři aby je četl či nikoli.

Jak jsem avizoval v závěru dokumentu o proměření přijímací cesty transvertoru TR144H+40 v listopadu 2013, tak jsem si během zimy vyrobil LNA s ATF53189. Použil jsem informace od různých autorů a postupně jsem se dopracoval k verzi, kterou jsem vyzkoušel v I. subregionálu.

Znamenalo to provést po sedmi letech kontestování na 144MHz z QTH OK2RZ, za což mu jsem velmi vděčen, výměnu předzesilovače s BF988. Tento jsem si vyrobil a instaloval pod antény v roce 2007. Jedná se o verzi dle S53WW doplněnou o uzemňovací relé na vstupu a výstupu. Zesilovač byl pod anténami celých sedm let aniž by byl během té doby jakkoli poškozen.

Rovněž jsem si pořídil LNA z produkce HA8ET a to hlavně kvůli zvědavosti z porovnání.

Měřením jsem chtěl porovnat ony tři LNA z hlediska šumového čísla a linearity. Doplňkově jsem také zkontroloval přizpůsobení vstupu LNA.

Měření probíhalo 5.3.2014, v Korni u Rudy OM6BB na jeho čerstvě „apgrejdovaných“ přístrojích.

Jako autor si nepřejí, aby cokoli z tohoto dokumentu bylo kdekoliv zveřejněno bez mého souhlasu. Za tímto účelem uvádím kontaktní údaje na konci tohoto dokumentu.

**Použité přístroje:**

Vektorový analyzátor HP 8752 C  
Útlumový článek 20dB  
Měřič šumového pozadí HP 8970  
Generátor HP E4432B 250KHz-3GHz  
Měřič výkonu HP EPM-441A  
Kalibrační sada Kirkby Microwave 85033  
Regulovatelný stabilizovaný zdroj  
Propojovací vysokofrekvenční kabely

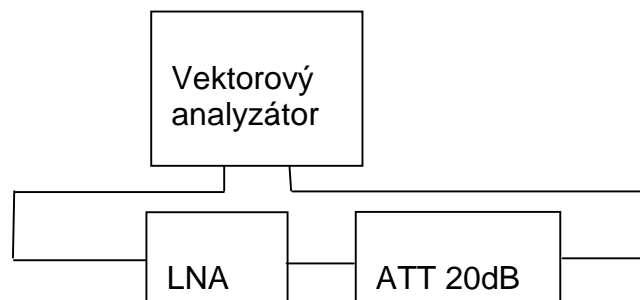
**Prováděná měření:**

- 1) Měření vstupního přizpůsobení a zesílení
- 2) Měření šumového čísla
- 3) Měření linearity

**1) Měření vstupního přizpůsobení a zesílení****Postup měření:**

Výstup z vektorového analyzátoru jsem nejprve zkalibroval pomocí kalibrační sady (otevřený, zkrat a 50Ohm). Následně jsem LNA zapojil dle obr.č.1. Vřazený útlumový článek 20dB (ATT 20dB) slouží ke snížení úrovně do vstupu analyzátoru.

Jednotlivé LNA jsem postupně proměřil na přizpůsobení vstupu a zisk (přenos).



obr.č.1 Blokové schéma zapojení

**A) LNA ATF53189 OK2EZ**

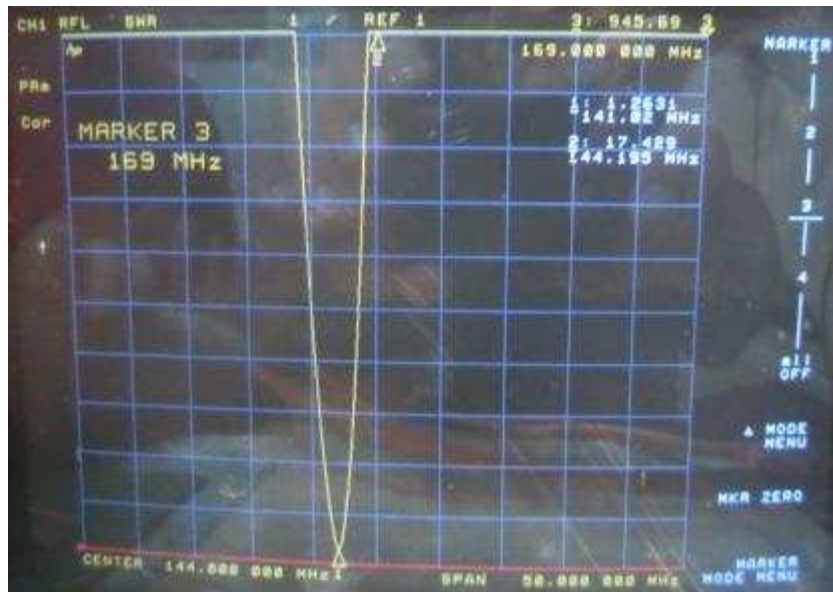
Přizpůsobení: PSV 1:1,05 na 150MHz

Zisk: na 150MHz 27dB, zatlumený útlumovým článkem 8dB uvnitř LNA.

Pozn.: obrázky nejsou k dispozici

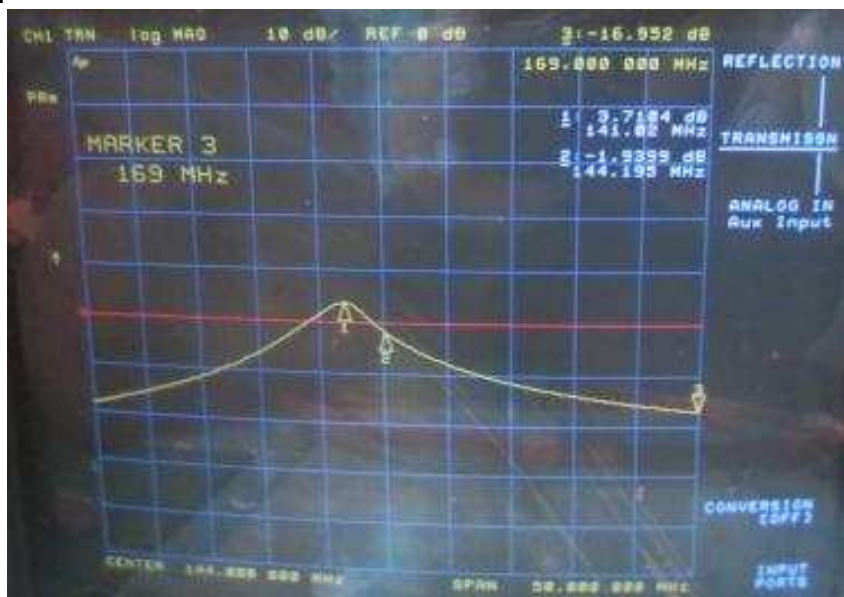
**B) LNA BF988**

Přizpůsobení:



obr.č.2 Přizpůsobení vstupu LNA s BF988

Zisk:



obr.č.3 Zisk LNA s BF988

## C) LNA ATF53189 HA8ET

Přizpůsobení:



obr.č.4 Přizpůsobení vstupu LNA s ATF53189 HA8ET



obr.č.5 Zisk LNA s ATF53189 HA8ET

Naměřené hodnoty:

	ATF53189 OK2EZ	BF988 OK2EZ	ATF53189 HA8ET
PSV 144MHz	1:1,5	1:17	1:4
Zisk 144MHz	18dB (26dB)*	18dB	20dB (cca 28dB)*

\* na výstupu LNA jsou zařazeny útlumové články

Poznámka: volací znak za typem použitého tranzistoru znamená kdo LNA vyrobil nikoli kdo je autorem verze.

**Komentář:**

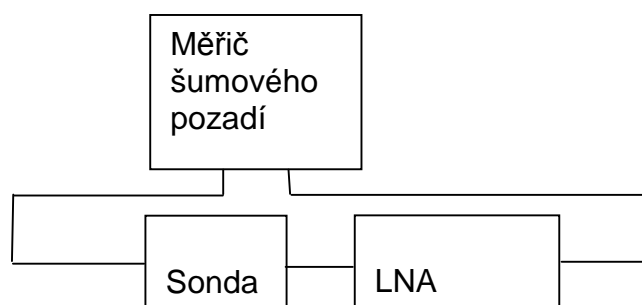
LNA s ATF53189 OK2EZ jsem měřil před I.subregionálem a obrázky z měření nemám k dispozici, protože jsem tehdy nefotil. Nejlepší PSV a zisk byly úmyslně nastaveny na 150MHz. Rozdíl na 144MHz není velký, PSV 1:2 a zisk 18dB.

Zbývající dva LNA jsem měřil 5.3. Zisk na displeji je vždy o 20dB nižší díky vřazenému ATT 20dB. LNA s ATF53189 verze HA8ET, má uvnitř nastavitelný útlumový člen, který byl nastaven výrobcem odhadem na 10dB.

## 2) Měření šumového čísla

**Postup měření:**

Nejprve byl zkalibrován měřič šumového pozadí. Následně byly měřeny jednotlivé LNA. Pro měření bylo použito zapojení dle obr.č.6.



obr.č.6 Blokové schéma zapojení

<b>Naměřené hodnoty:</b>	<b>ATF53189 OK2EZ</b>	<b>1,0dB</b>
	<b>BF988 OK2EZ</b>	<b>3,5dB</b>
	<b>ATF53189 HA8ET</b>	<b>0,35dB</b>



obr.č.7 Změřená hodnota šumového čísla a zisku na LNA z produkce HA8ET

### Komentář:

Znova opakuji, že LNA s ATF53189 OK2EZ jsem měřil před I.subregionálem. Jak jsem postupně vylepšoval tuto verzi, tak největší vliv na snížení šumového čísla mělo širokopásmové přizpůsobení výstupu tranzistoru, tedy umístění útlumového článku do cesty výstupnímu signálu a to co nejbližší k samotnému tranzistoru. Na vstupu nebyly použity žádné vysokojakostní součástky, je zde tedy odhadem rezerva 0,1-0,3dB.

U LNA s BF988 jsem při jeho výrobě a nastavení v roce 2007, neměl k dispozici měřič šumového pozadí. Byl jsem šokován naměřenou hodnotou 3,5dB. Říkám si, jak jsem mohl tak dlouho na tento LNA pracovat, pokud se vůbec dá použít zkratka LNA. Na druhou stranu se potvrzuje tvrzení, že na šumové číslo se v závodech nehraje. Faktem je, že po výměně za ATF53189 OK2EZ jsem rozdíl poznal již při prvních testech na majácích a druhý rozdíl pak v 1.subregionálu. Nebylo to o tom, že bych neslyšel a najednou slyšel, ale o tom, že se mi lépe poslouchaly a detekovaly slabé signály.

Naopak u LNA s ATF53189 HA8ET jsem byl šokován naměřenou nízkou hodnotou 0,35dB (viz. také obrázek 7). Tato hodnota se na displeji pohybovala v rozmezí 0,3-0,35dB. S odstupem času přemýšlím zda se nejednalo o nějakou chybu měření, protože tranzistor dle katalogového listu má udávané šumové číslo 0,8dB na 900MHz. Zatím jsem jej nevyzkoušel v praxi, jestli tam bude znatelný rozdíl proti LNA s naměřeným šumovým číslem 1dB.

## 3) Měření linearity

### Postup měření:

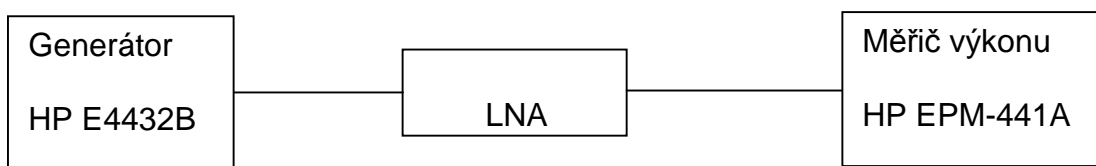
Toto měření by se také dalo nazvat jako měření vstupní hodnoty pro 1dB komprese na výstupu.

Jak jsem již uváděl výše, Ruda OM6BB pořídil nový generátor a měřič výkonu v rámci vylepšování měřicího pracoviště. Měřič výkonu jsem nejprve zkalibroval. Generátor jsem nastavil na frekvenci 144,2MHz a zapojil jsem jej přímo do měřiče výkonu. Proměřil jsem jednotlivé hodnoty úrovní v rozsahu  $-15\text{dBm}$  až  $+5\text{dBm}$  s krokem 1dB.



Byl jsem mile překvapen přesností změřených údajů, které se odchylovaly od nastavených do  $\pm 0,1\text{dB}$ . Ovládání těchto přístrojů bylo velmi příjemné, vzhledem k rozložení jednotlivých ovládacích prvků, jejich praktickým funkcím a také díky velkým zobrazovacím prvkům.

Následně jsem provedl zapojení dle obr.č.8. Na generátoru jsem nastavoval vstupní hodnoty v rozsahu  $-15\text{dBm}$  až  $+5\text{dBm}$  a na měřiči výkonu jsem odečítal výstupní hodnoty. Tímto způsobem jsem proměřil všechny tři LNA.



obr.č.8 Blokové schéma zapojení

### Naměřené hodnoty:

Vstupní hodnota dBm	LNA ATF53189 OK2EZ		LNA BF988 OK2EZ		LNA ATF53189 HA8ET	
	Výstup hod. dBm	Zisk dB	Výstup hod. dBm	Zisk dB	Výstup hod. dBm	Zisk dB
-15	+3,1	18,1	+2,8	17,8	+5,4	20,4
-14	+4,1	18,1	+3,8	17,8	+6,3	20,3
-13	+5,1	18,1	+4,8	17,8	+7,2	20,2
-12	+6,1	18,1	+5,8	17,8	+8,1	20,1
-11	+7,2	18,2	+6,8	17,8	+9,0	20,0
-10	+8,1	18,1	+7,8	17,8	+9,9	19,9
-9	+9,1	18,1	+8,8	17,8	+10,6	19,6
-8	+10,2	18,2	+9,8	17,8	+11,4	19,4
-7	+11,1	18,1	+10,7	17,7	+12,0	19,0
-6	+12,1	18,1	+11,8	17,8	+12,5	18,5
-5	+13,0	18,0	+12,8	17,8	+12,8	17,8
-4	+13,8	17,8	+13,8	17,8	+13,1	17,1
-3	+14,5	17,5	+14,8	17,8	+13,3	16,3
-2	+15,3	17,3	+15,8	17,8	+13,5	15,5
-1	+16	17,0	+16,7	17,7	+13,7	14,7
0	-	-	+17,4	17,4	+13,8	13,8
+1	-	-	+18,0	17,0	+13,9	12,9
+2	-	-	+18,4	16,4	+14,0	12,0
+3	-	-	+18,7	15,7	+14,1	11,1
+4	-	-	+18,9	14,9	+14,1	10,1
+5	-	-	+19,1	14,1	+14,2	9,2

### Komentář:

Barevně jsem rozlišil jednotlivé oblasti, kde je LNA **lineární**, kde **začíná být nelineární** a kde je již **komprese větší rovna 1dB**.

LNA s ATF53189 OK2EZ jsem neměřil ve stejném okamžiku jako zbývající dva LNA, proto chybí naměřené výstupní hodnoty a zisk při 0 až  $+5\text{dBm}$  vstupního signálu.

Prohlašuji, že výše uvedenými výsledky nechci jakkoli poškodit HA8ET jako výrobce LNA, ani zviditelnit mnou vyrobené kusy. Prezentuji tím pouze to, co jsem změřil na konkrétních kusech LNA, na přístrojích uvedených výše a metodou popsanou také výše. Měření může být zatíženo chybou, která mohla výsledky zkreslit do podoby v tabulce uvedené.

## Závěr:

Každý řetězec je tak silný jak silný je jeho nejslabší článek. Aby LNA na 144MHz pro závodní provoz nebyl nejslabším článkem, měl by dle mého názoru (se kterým čtenář nemusí souhlasit) splňovat tyto parametry:

- šumové číslo do 1dB
- vstupní hodnota při níž končí linearita na výstupu, případně bod 1dB komprese (pokud slevím ze svých požadavků) lepší jak 0dBm.
- pokud se LNA nepoužívá (při TX nebo ve vypnutém stavu) měl by být vstup ale také výstup uzeměn spínacími kontakty relé.
- LNA by měl být umístěn do nekorozivní a hermetické krabičky, aby nedopadnul jako ten můj na obrázku na první straně tohoto dokumentu.

Co se týče elektrických parametrů, bude se řešit kompromis mezi šumovým číslem a linearitou. Je menší zlo mít šumové číslo trochu vyšší na úkor linearity sahající k vysokým vstupním hodnotám. Je totiž k ničemu když na prázdném pásmu slyším v S5 trávu růst a v závodě budu z tohoto směru rušen silnou stanicí kvůli intermodulačním produktům vznikajícím na LNA a z S5 budu slyšet polovinu stanic než kdyby pásmo bylo prázdné.

Nesmím opomenout uvést, že celkový zisk od vstupního konektoru LNA po vstupní konektor transvertoru mám nastaven na 0 až +1dB (zisk LNA mínus útlum koaxiálního kabelu mínus útlum antenního přepínače a mínus antenní výhybka).

LNA s BF988 je naladěna na 142MHz, kde má zisk 23,5dB. Na 144MHz má zisk 17,8dB. Jeho linearita (nikoli 1dB komprese) na 144MHz končí při 0dBm vstupního signálu, což odpovídá 17,4dBm (50mW) na výstupu. Myslím, že je to dobrá hodnota na tranzistor, který má uváděn  $P_{tot}$  200mW. Pokud by byl naladěna vrchol se ziskem 23,5dB na 144MHz, tak by linearita končila na -6dBm. To byl důvod proč jsem jej naladil na 142MHz. Je otázkou jaké by bylo šumové číslo u tohoto konkrétního kusu kdyby byl naladěna na 144MHz, ale troufám si tvrdit, že by bylo vyšší jak 2dB, protože příčinou tam bude něco jiného než naladění mimo pásmo.

Tranzistor ATF53189 má v katalogovém listu uvedenu výstupní hodnotu pro 1dB kompresi na frekvenci 2GHz +23dBm. Ve svém kuse se mi podařilo zisk snížit odladěním vstupního obvodu a RC článkem na 144MHz na hodnotu 26dB. To znamená, že výstupní hodnotě +23dBm by odpovídala vstupní hodnota -3dBm, což při kompresi 1dB je -2dBm. Já jsem měřením dospěl k hodnotě -1dBm. Domnívám se, že tato hodnota je zatížena chybou měření a také tím, že katalogový list udává hodnotu na frekvenci 2GHz.

Tranzistor ATF53189 má silnějšího bráchu označeného ATF50189. Tento má výstupní hodnotu pro 1dB kompresi na frekvenci 2GHz +29dBm. Zisk je udáván nižší a šumové číslo je udáváno vyšší o 0,2dB než u slabšího bráchy. Pro mne je to výzva, tedy vyrobit další kus LNA s ATF50189 a proměřit jej. Abych ho měl s čím srovnávat připravím si další kus s ATF53189, kde se pokusím o vylepšení vstupního obvodu za účelem snížení šumového čísla.

Jak jsem uvedl v textu výše, v 1.subregionálu jsem pozitivně vnímal „apgrejd“ LNA co se týče šumu. Protože v tomto závodě nebyla v mém okolí v provozu žádná stanice s větším výkonem, neměl jsem jakýkoliv problém s rušením a tudíž nejsem schopen posoudit vliv „apgrejdu“ LNA.

Na závěr bych chtěl poděkovat Rudovi OM6BB za pořízení nové techniky a přístup k ní.

73! Martin OK2EZ, OM6EE

Kontaktní údaje:  
Martin Karasz  
Hlavní trida 1027/47  
708 00 Ostrava-Poruba  
Tel: +420 732 854 851  
E-mail: ok2ez@atlas.cz  
www.ok2ez.com