

# Mirovlnná technika EME s malou anténou



**Mirek Kasal**  
**OK2AQ**

[mirek@kasals.com](mailto:mirek@kasals.com)

<https://www.radio.feec.vutbr.cz/esl/files/EME/EME.htm>

# Úvodem

EME je nádherná disciplína. Dramatický technický pokrok ovlivňuje EME snad ještě více než jiné oblasti. Je to dáno tím, že špičkové parametry použitých aparatur se bezprostředně projeví v úspěšnosti navazování spojení.

Moderní radioelektronika se vyvíjí především ve třech směrech:

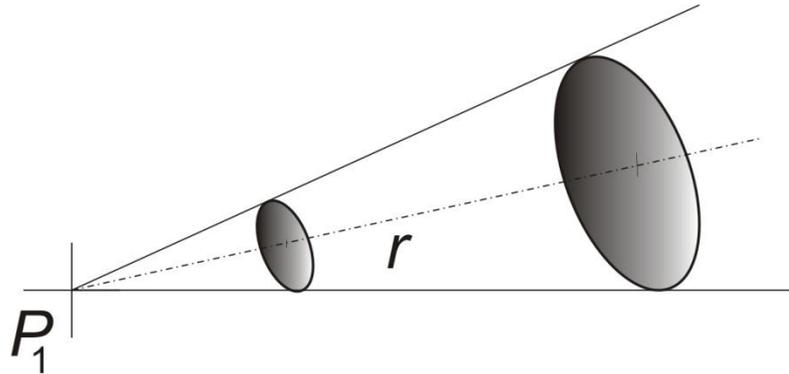
- a) mikrovlnné technologie – nové součástky a materiály (HEMT, GaN, MMIC....)
- b) generace a zpracování signálů (AD a DA převod, FPGA, vzorkování, kódování...)
- c) výpočetní a simulační techniky (MATLAB, CST Studio, ANSYS...)

Na EME se stále více prosazují digitální módy, umožňující EME s více než o 10 dB slabšími signály. To znamená, že antény a výkony mohou být podstatně menší ve srovnání s analogovými módy, a tím je tato technika přístupnější většímu počtu experimentátorů. Někteří operátoři, tvrdí, že jedině CW (SSB) jsou ty správné módy, ale nemají pravdu. Tak jako se dnes nedíváme na analogovou televizi, tak i EME využívá nejnovější poznatky z oblasti zpracování signálu. A máme štěstí, že se toho ujal K1JT a se svým týmem vytvořil jedinečný software WSJT-X, využívající nejnovější, velmi robustní techniky kódování a dekódování. Samozřejmě si všichni rádi uděláme CW nebo dokonce SSB EME QSO, když to jde. Těch spojení by ale bylo mnohem méně a jenom s většími protějšky. Většina těch zkušených větších CW stanic to pochopila, zdokonalila svá zařízení, hlavně z hlediska stability, přesnosti a řízení frekvence, nutné pro digi módy a užívají si EME tak i tak, bez báze a hany.

# Přehled

1. Trochu počítání
2. Výběr vhodného zrcadla a ozařovače
3. Zaostření antény
4. Šum Slunce, Měsíce a Země
5. 3 cm EME s malou parabolou
6. 23 cm EME s malou parabolou
7. 1,2 cm (...již nikoliv s malou parabolou)

# Můžeme použít anténu s malou aperturou pro MW EME ?



$$\Pi_2 = \frac{P_1}{4\pi \cdot r^2} \quad P_2 = \Pi_2 \cdot S_2 \quad S_{2(i)} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

$$L_0 = \left( \frac{4\pi \cdot r}{\lambda} \right)^2$$

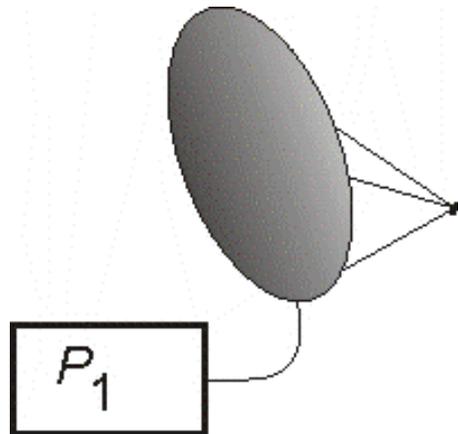
Ztráty šířením přímé vlny ve volném prostoru jsou úměrné čtverci vzdálenosti a **nepřímo úměrné čtverci vlnové délky**. To znamená, že na 10 GHz máme o 20 dB větší útlum než na 1 GHz.

**Jsou proto mikrovlny diskvalifikovány pro spojení na velké vzdálenosti?**

Víme, že NE!

$$G_{\max} = \frac{S_{ef}}{S_i} = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_{ef}$$

$$G_{\max} = \eta \left( \frac{\pi \cdot D}{\lambda} \right)^2$$



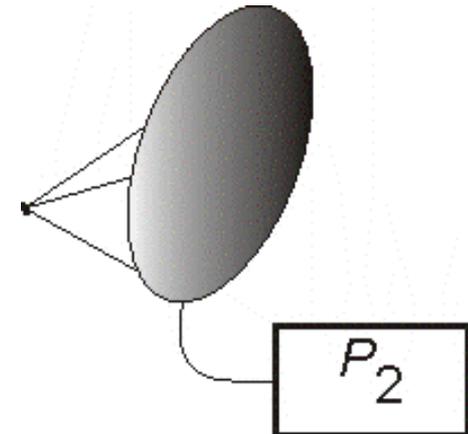
Ale proč?



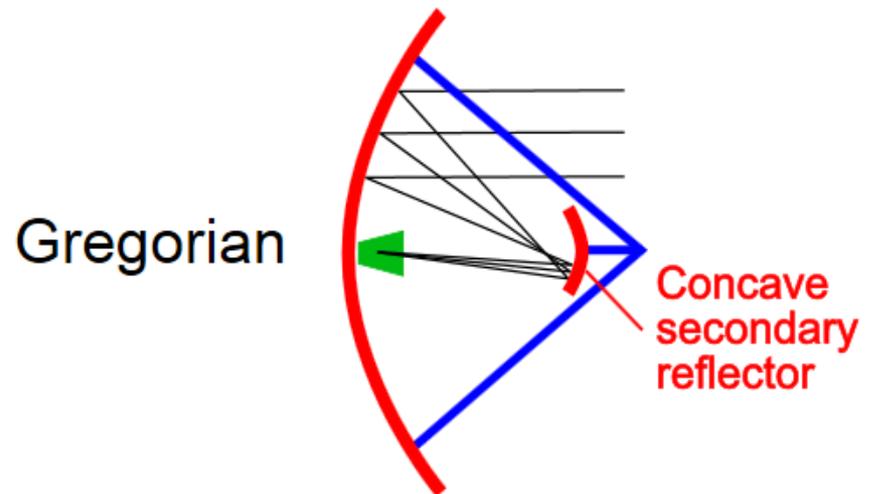
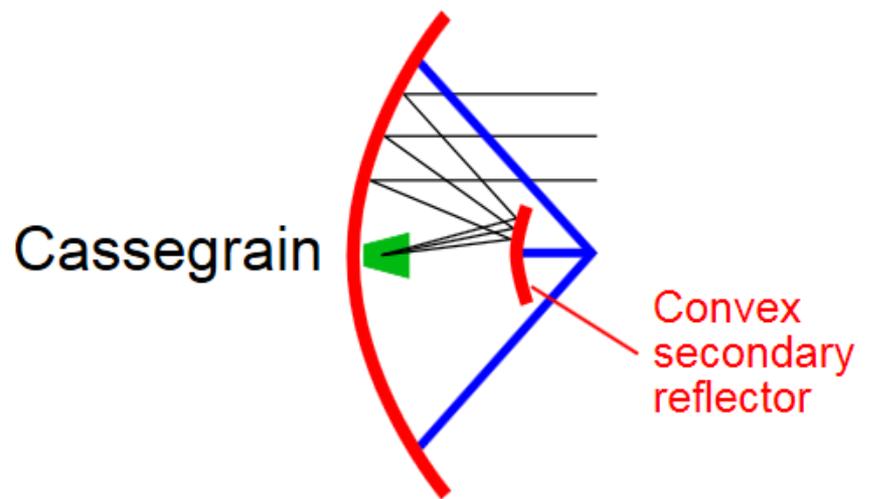
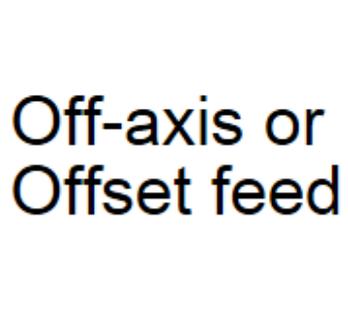
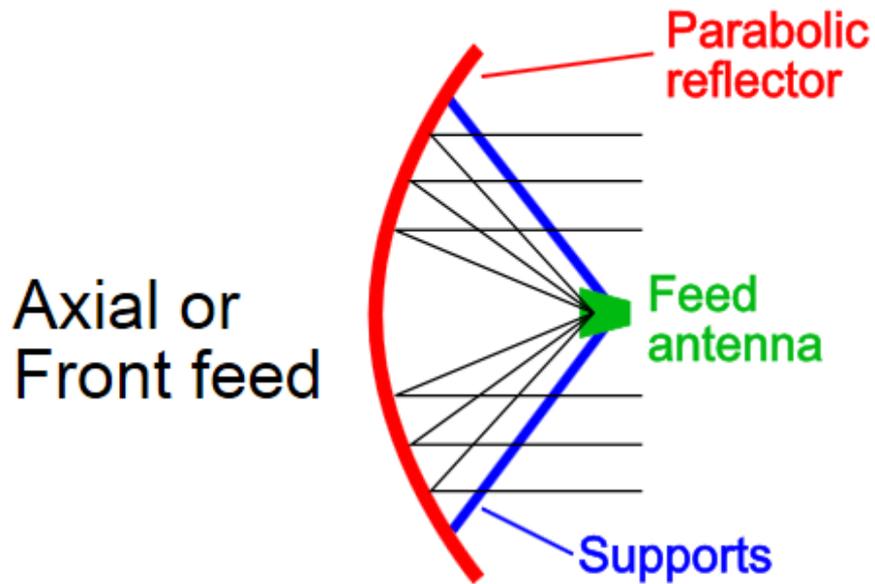
2 x

Energetická bilance na 10 GHz je tedy o 20 dB lepší, než na 1 GHz.

A to je důvod proč lze pracovat EME na mikrovlnách s menšími anténami.



Anténa se stejnou aperturou má při stejné účinnosti o 20 dB větší zisk na 10 GHz, než na 1 GHz. Samozřejmě při větší směrovosti.



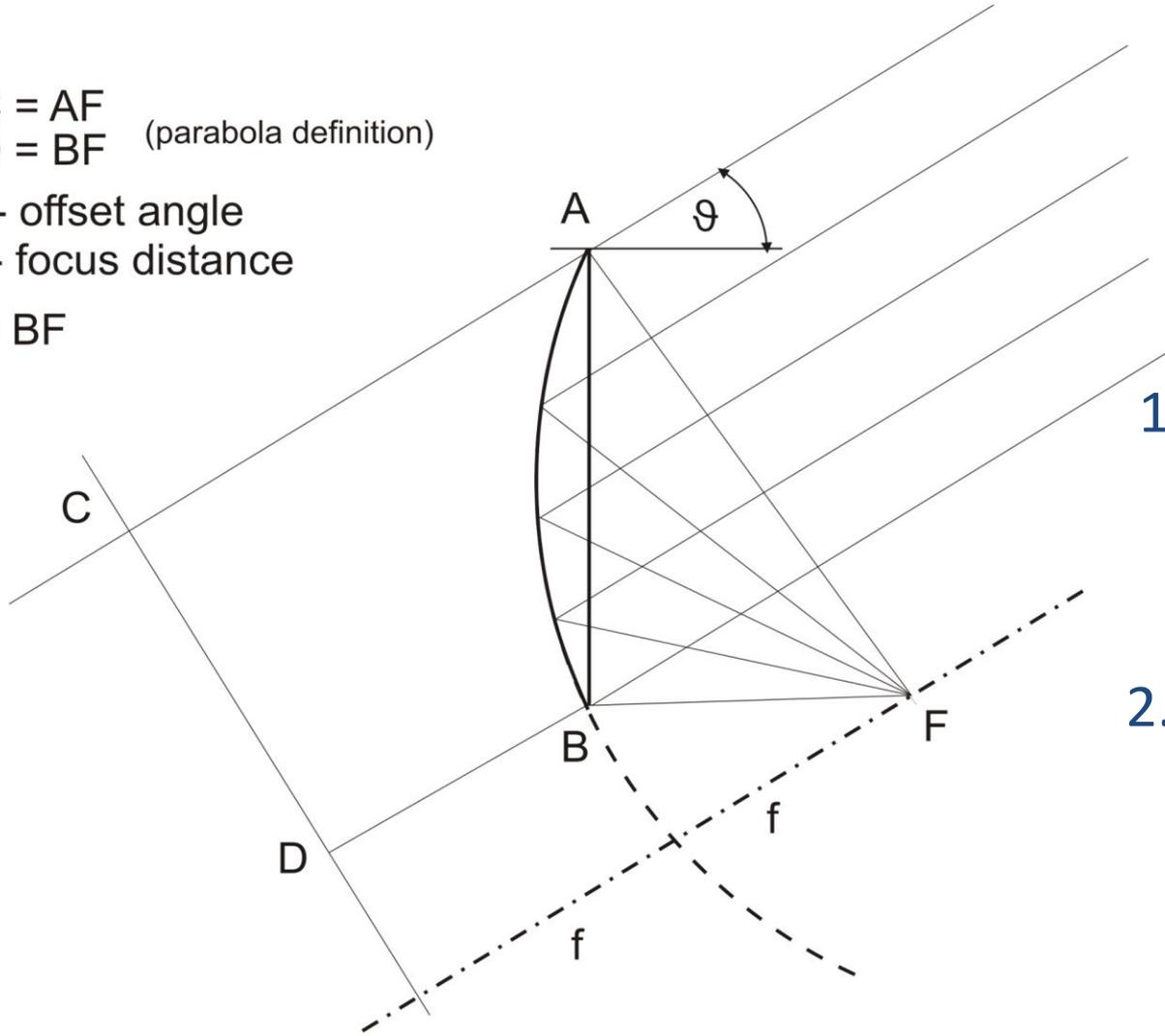
# Proč offsetové zrcadlo ?

$AC = AF$   
 $BD = BF$  (parabola definition)

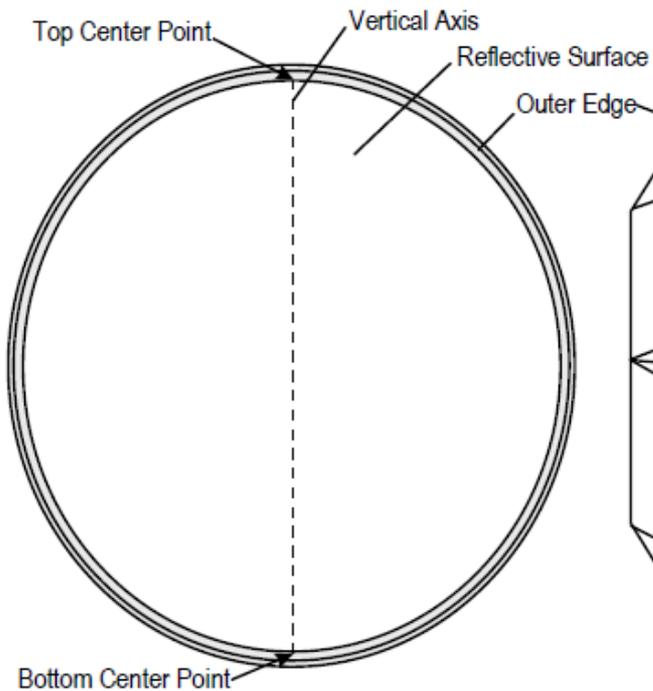
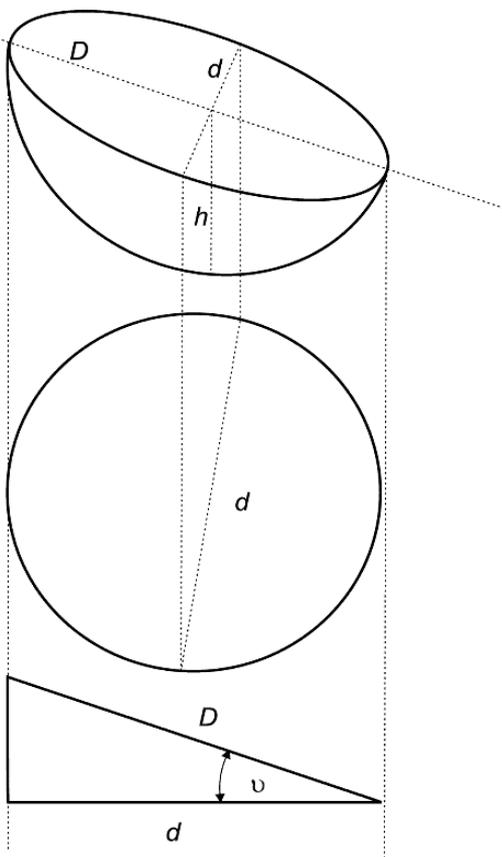
$\vartheta$  - offset angle

$f$  - focus distance

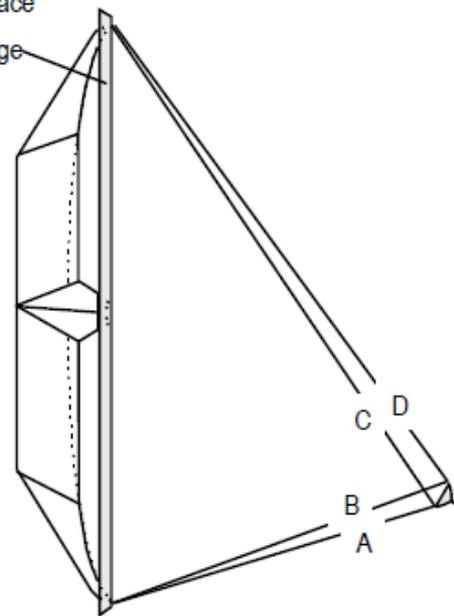
$f < BF$



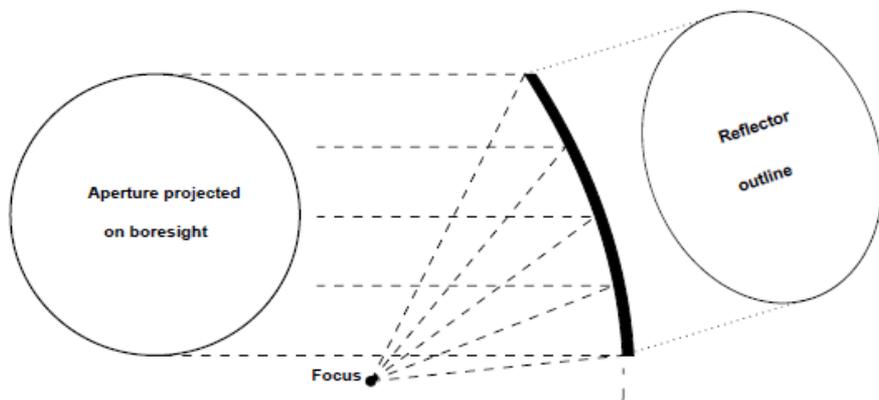
1. Apertura není stíněná ozařovačem a podporami
2. Při nízkých elevačních úhlech je lépe eliminováno přezáření a v důsledku je větší poměr  $G/T$



Front View



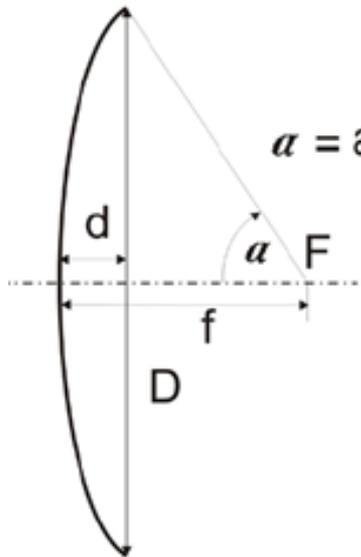
Side View



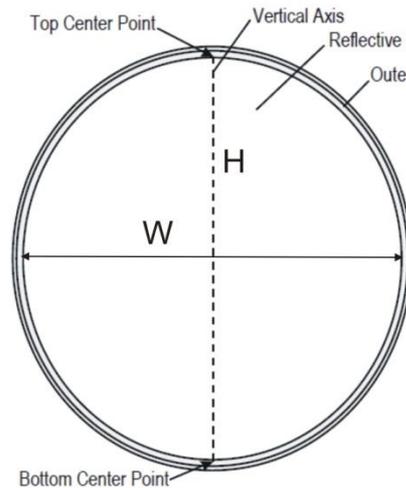
# Ozařovač

$$f = \frac{D^2}{16 \cdot d}$$

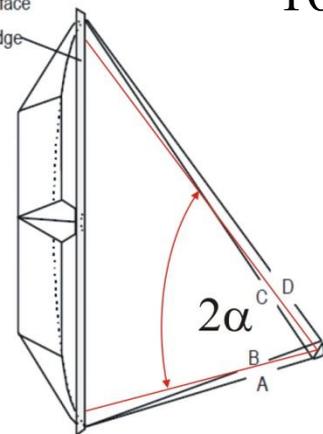
$$f = \frac{W^3}{16 \cdot d \cdot H}$$



$$\alpha = \arctg \frac{8(f/D)}{16(f/D)^2 - 1}$$



Front View



Side View

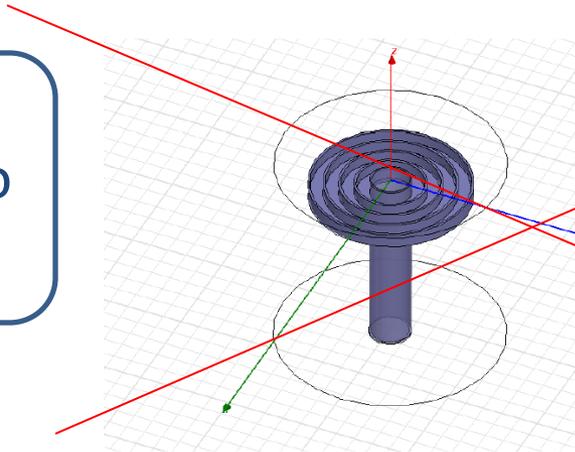
Pro malé offsetové úhly:  $W \sim D$  a potom

$$\alpha = \arctan \frac{8(f / W)}{16(f / W)^2 - 1}$$

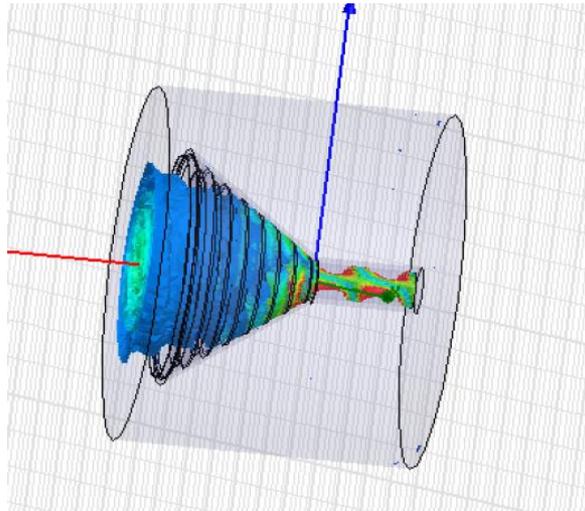
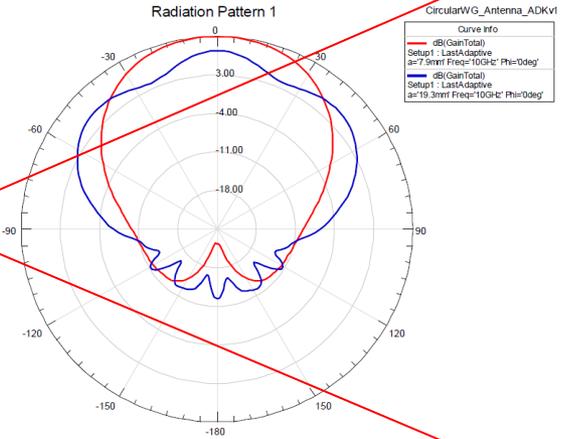
f/D	alpha	2*alpha
0,4	64,01077	128,0215
0,6	45,23973	90,47946
0,8	34,70805	69,4161

# Ozařovač pro offsetové zrcadlo $f/D = 0.8$

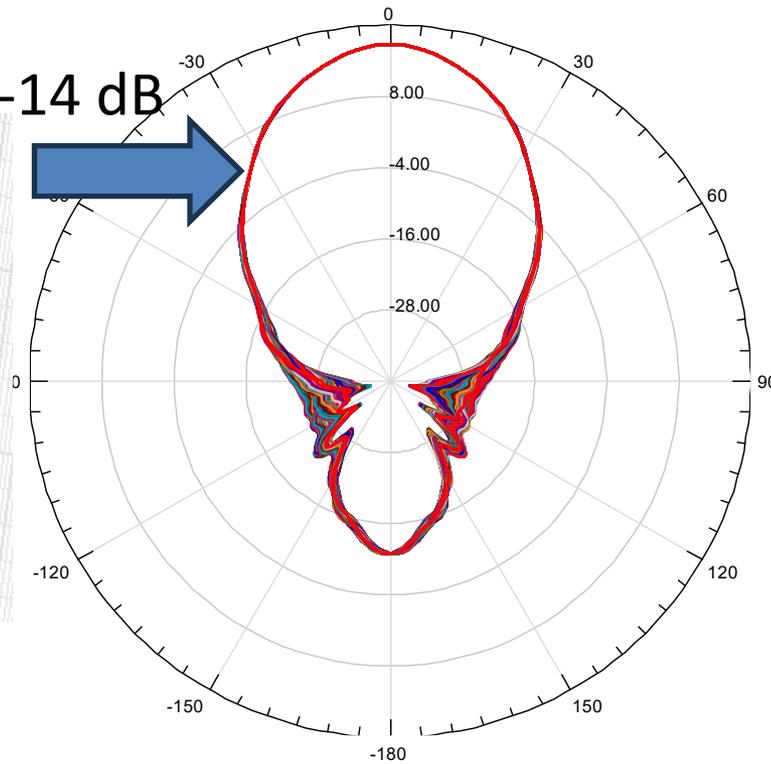
Ansoft LLC



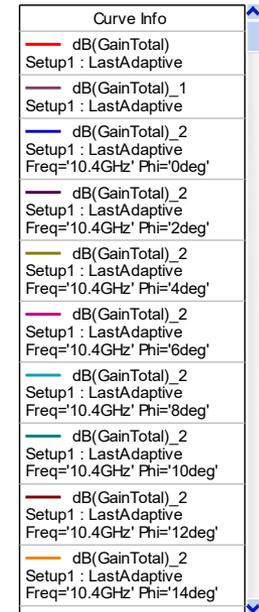
Radiation Pattern 1



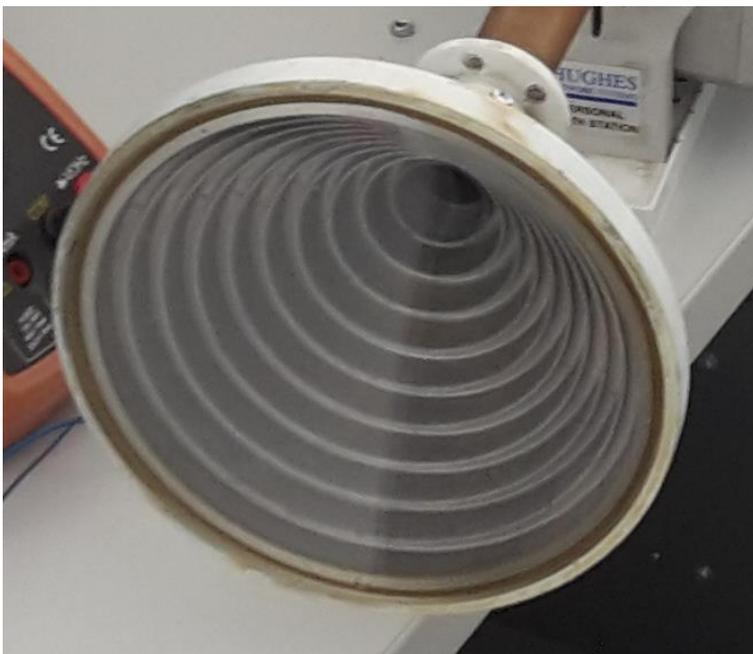
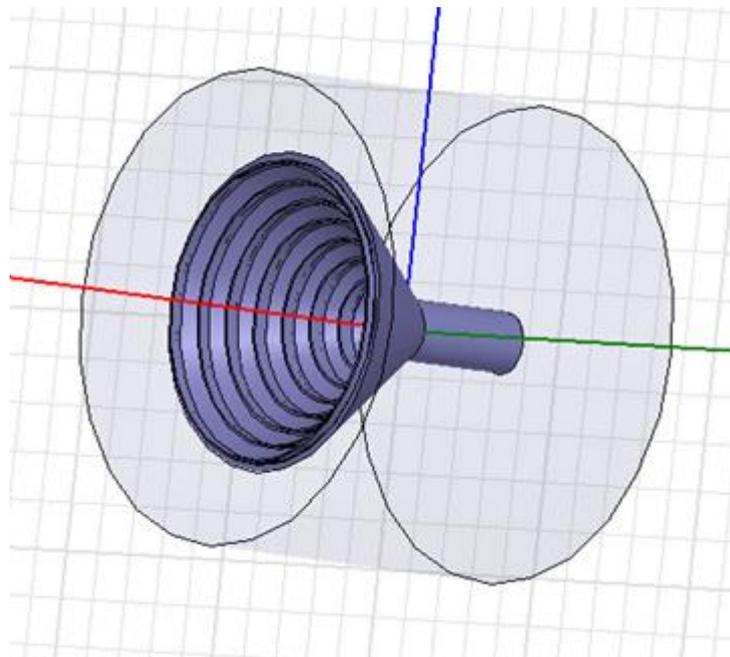
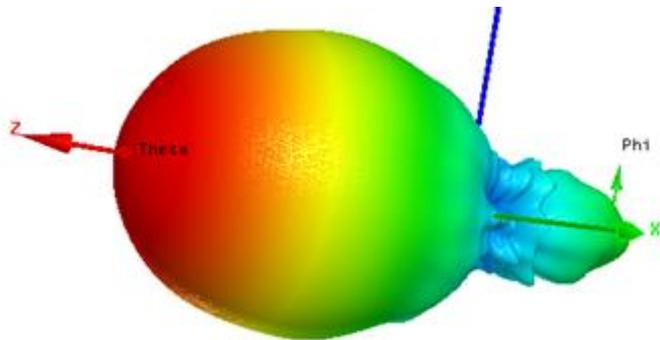
-14 dB



ConicalHorn\_Antenna\_ADKv1



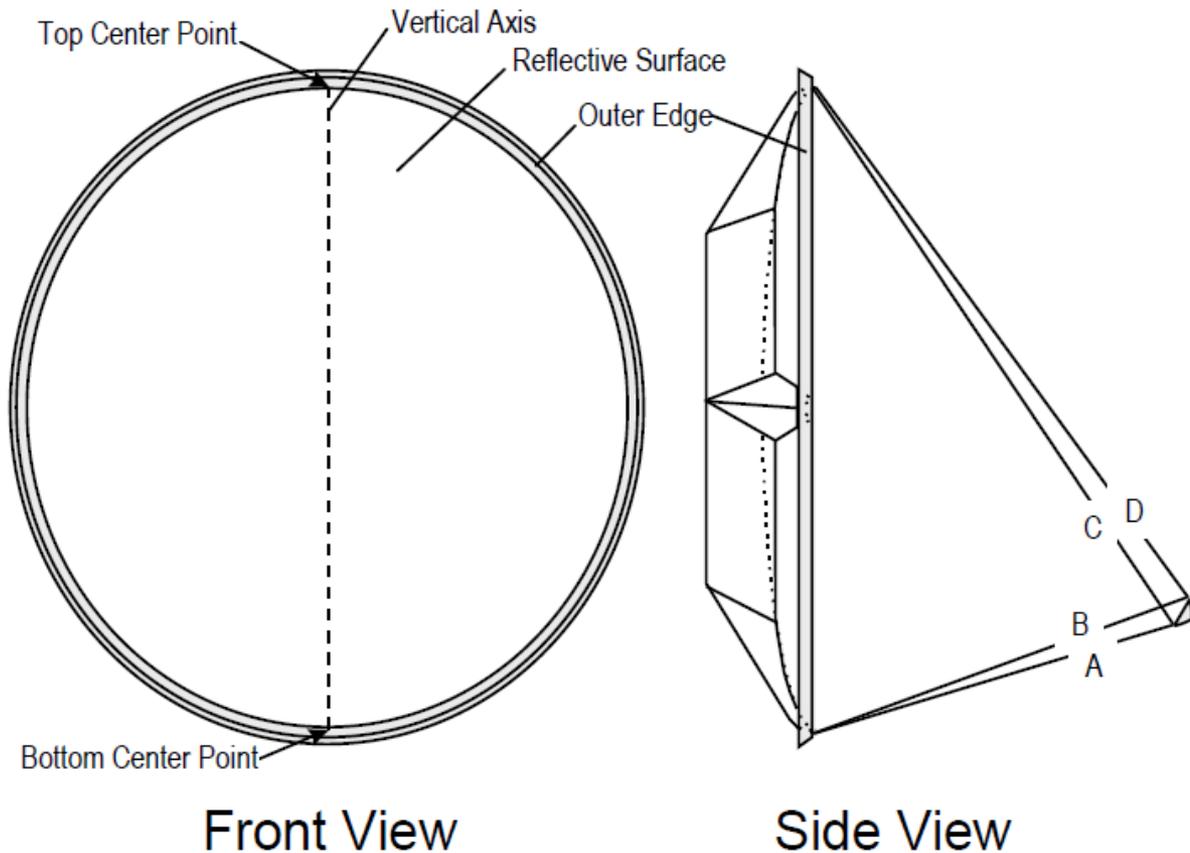
# 10 GHz EME



Ozařovač pro  $f/D = 0.8$

# Zaostření antény – Prodelin 1134 -1,2 m

$$34,25 \times 25,4 = 870 \text{ mm}$$



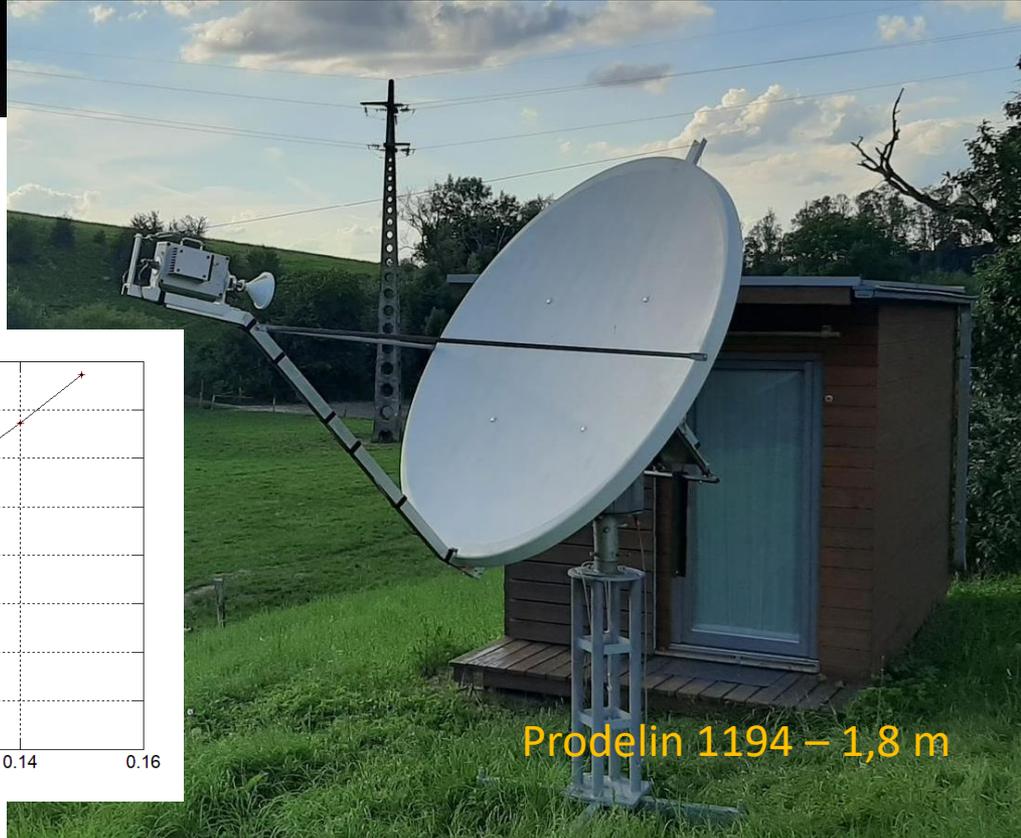
<b>A</b>	34.25 in. (34-1/4" or 820 mm)
<b>B</b>	37.08 in. (37-1/16" or 942 mm)
<b>C</b>	51.87 in. (51-7/8" or 1318 mm)
<b>D</b>	49.04 in. (49-1/16" or 1246 mm)

# Není zrcadlo jako zrcadlo

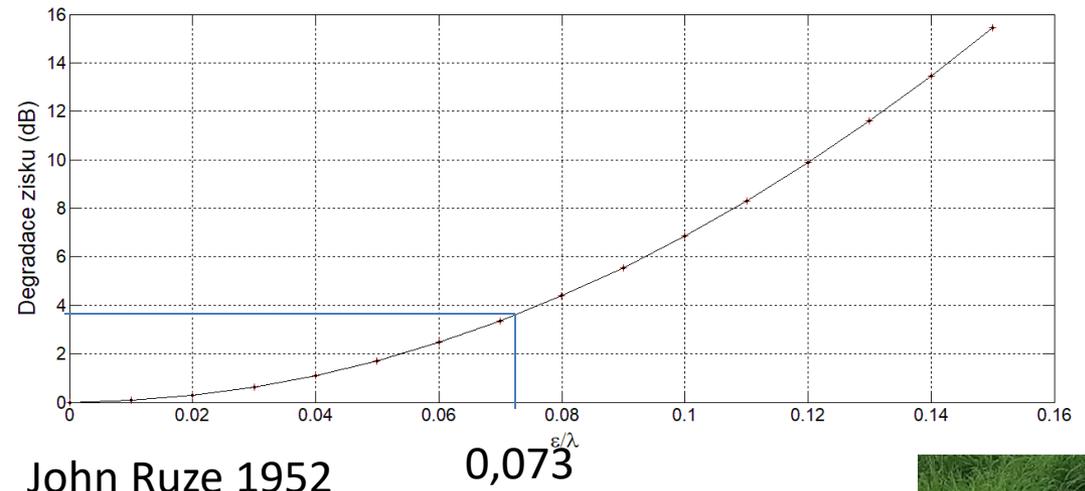


Prodelin 1134 – 1,2 m

3,5 dB



Prodelin 1194 – 1,8 m



John Ruze 1952

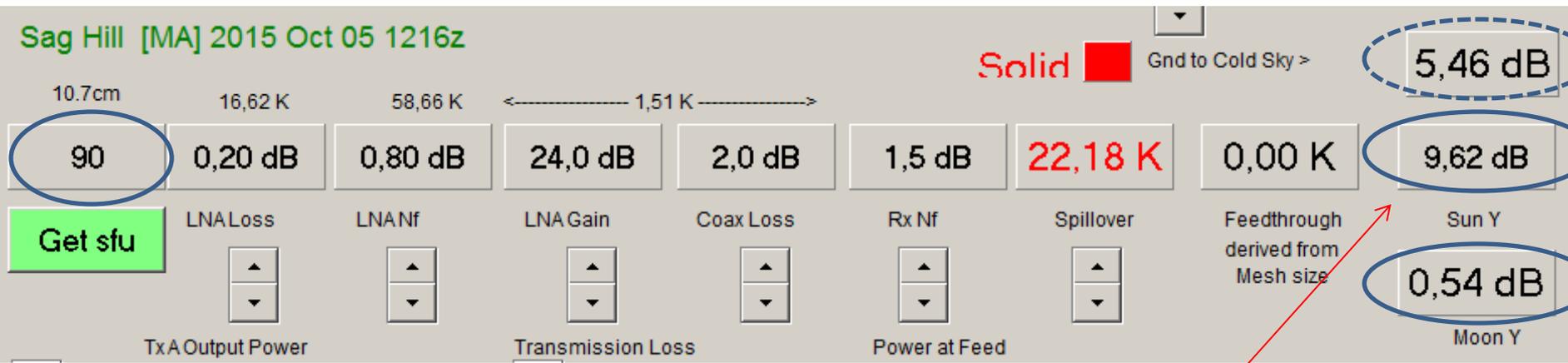
0,073

D	f	$\eta$	G	$\theta_{3dB}$	SN	MN
m	MHz		dBi	deg	dB	dB
0,6	10368	0,6	34,1	3,38	3,50	0,08
0,8	10368	0,6	36,6	2,53	5,06	0,14
1,2	10368	0,6	40,1	1,7	7,44	0,44
1,8	10368	0,6	43,6	1,13	10,85	0,64
2,4	10368	0,6	46,1	0,84	13,19	1,08
3	10368	0,6	48,0	0,68	15,05	1,59
4,2	10368	0,6	51,0	0,48	17,91	2,71
4,5	10368	0,6	51,6	0,45	18,50	3,00

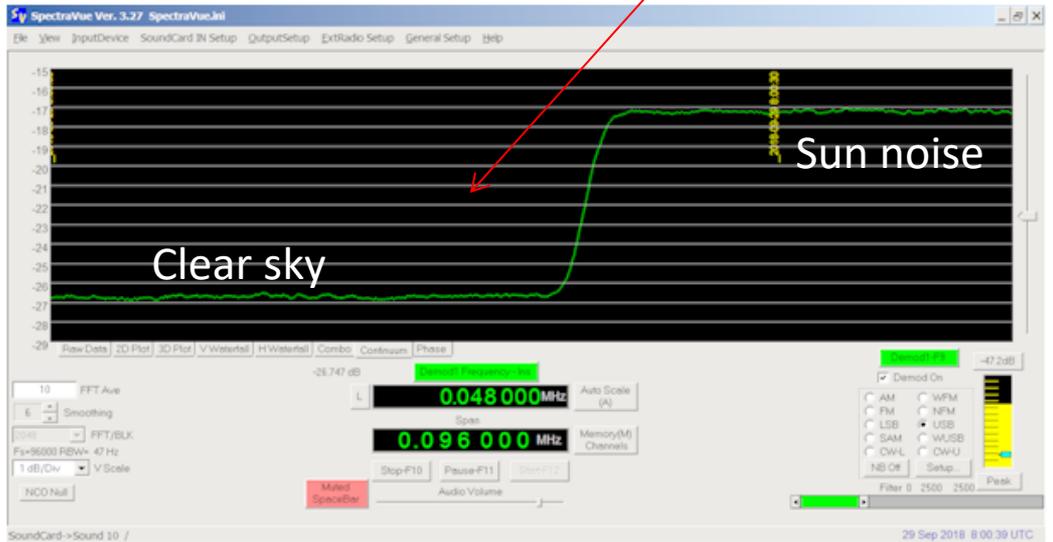
SFU = 68

# Sun Noise

# Prodelin 1134 – 1,2 m



Zaostřování antény provádíme tak, že posouváme ozařovač +/- několik cm kolem ohniska a vynášíme hodnoty SN/CS do grafu. Polohu ohniska pak stanovíme interpolací.



Spectra Vue by RF Space

# Sun & Moon Noise

# Prodelin 1194 – 1,8 m

GET IPS SFU DATA

Averaged sfu data from IPS.

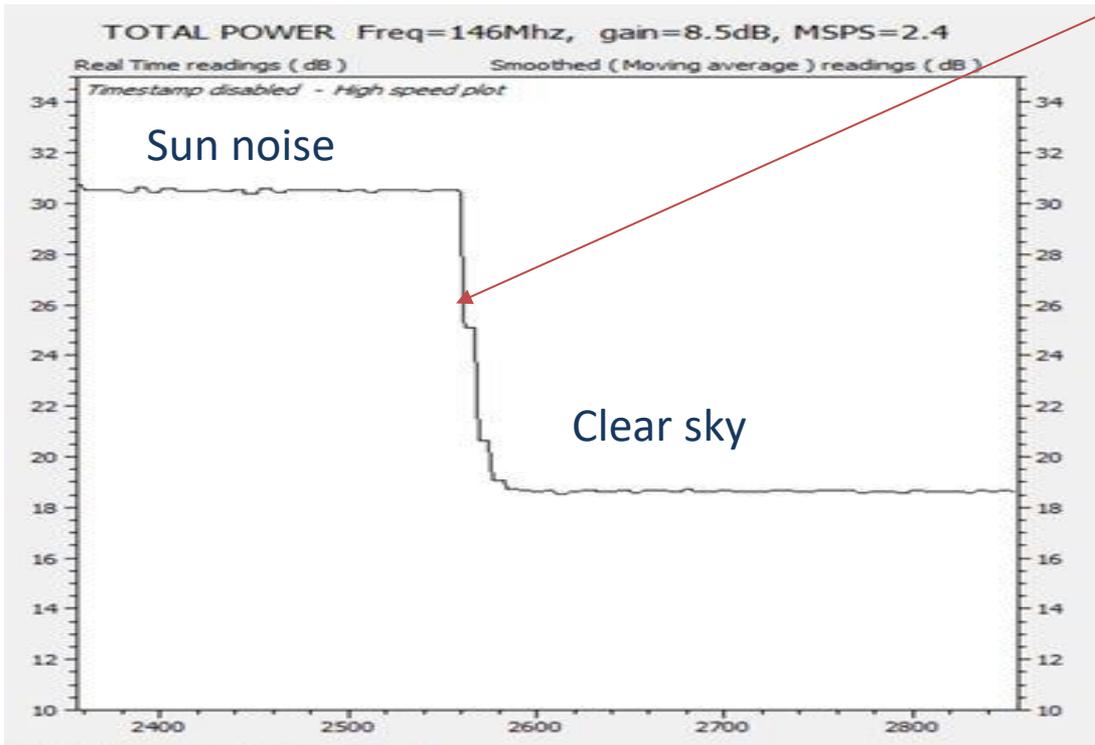
18,8 K 58,7 K <----- 1,5 K ----->

90 0,20 dB 0,80 dB 24,0 dB 2,0 dB 1,5 dB 22 K 0 K

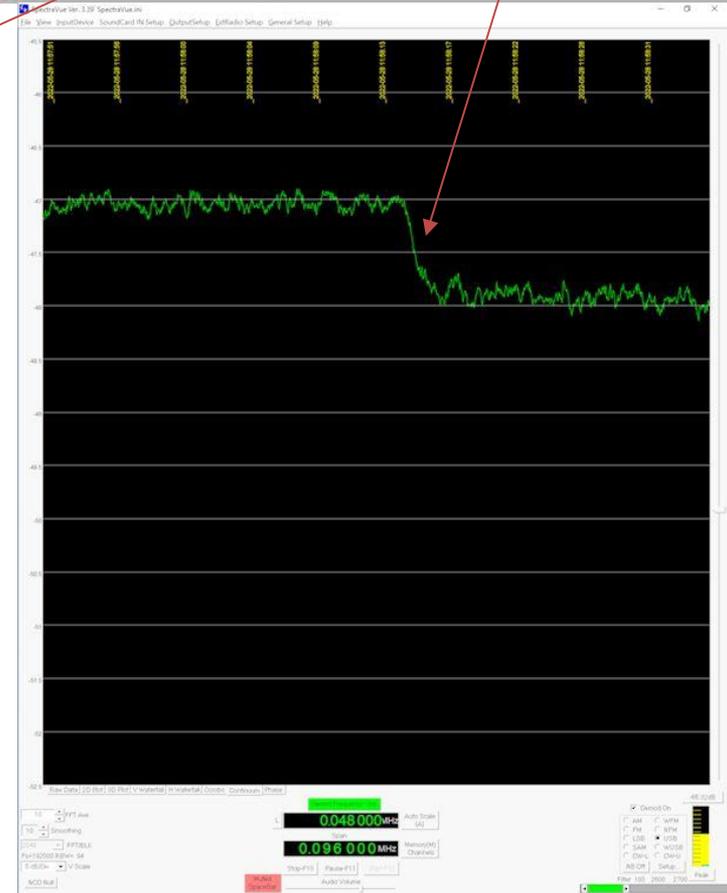
10.7cm LNA Loss LNA NF LNA Gain Coax Loss Rx NF Spillover Feedthrough

Tx A Output Power Transmission Loss Power at Feed

5,47 dB 11,96 dB Sun Y 0,86 dB Moon Y



Total Power by IONAA

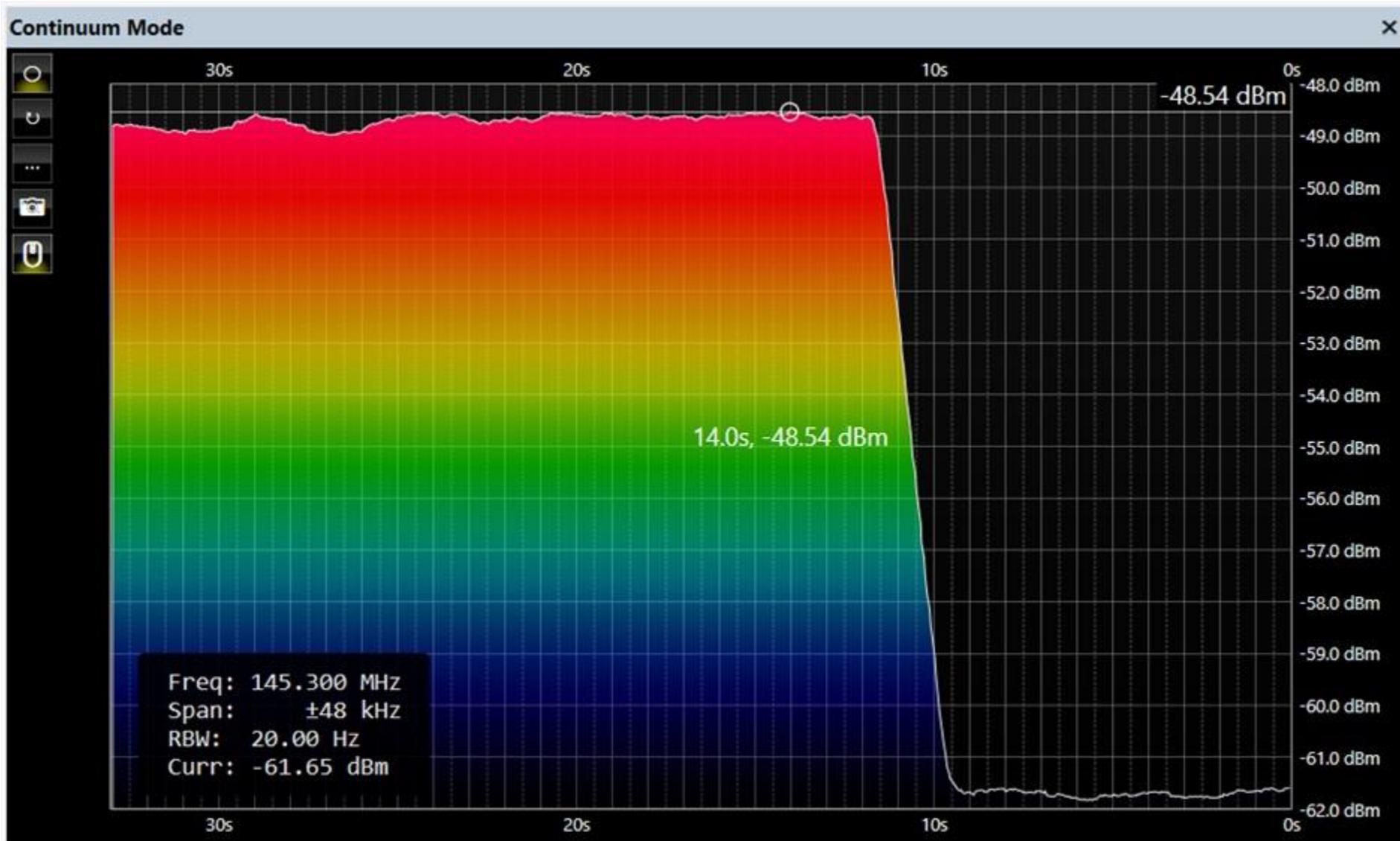


# Prodelin 1194 – 1,8 m

SFU = 196

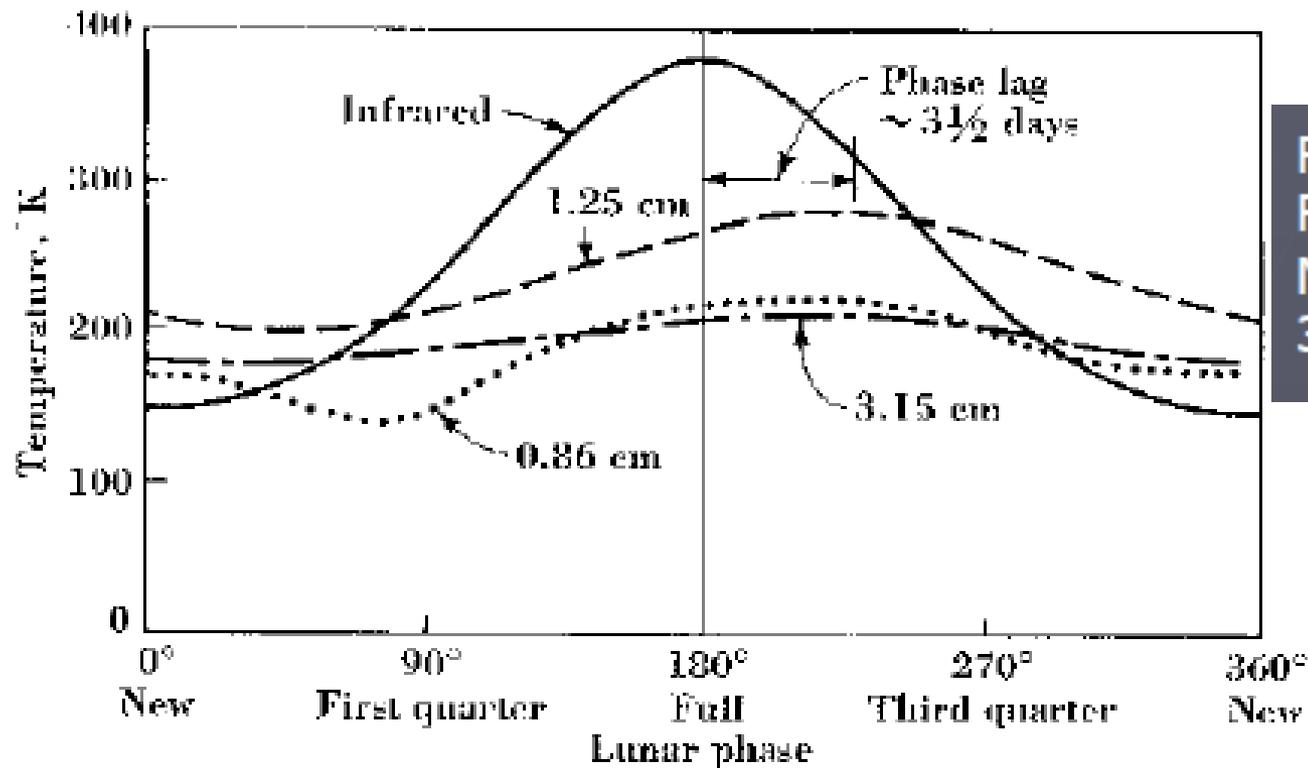
SN/CS = 13 dB

7. 6. 2024



# Šum Měsíce a Země

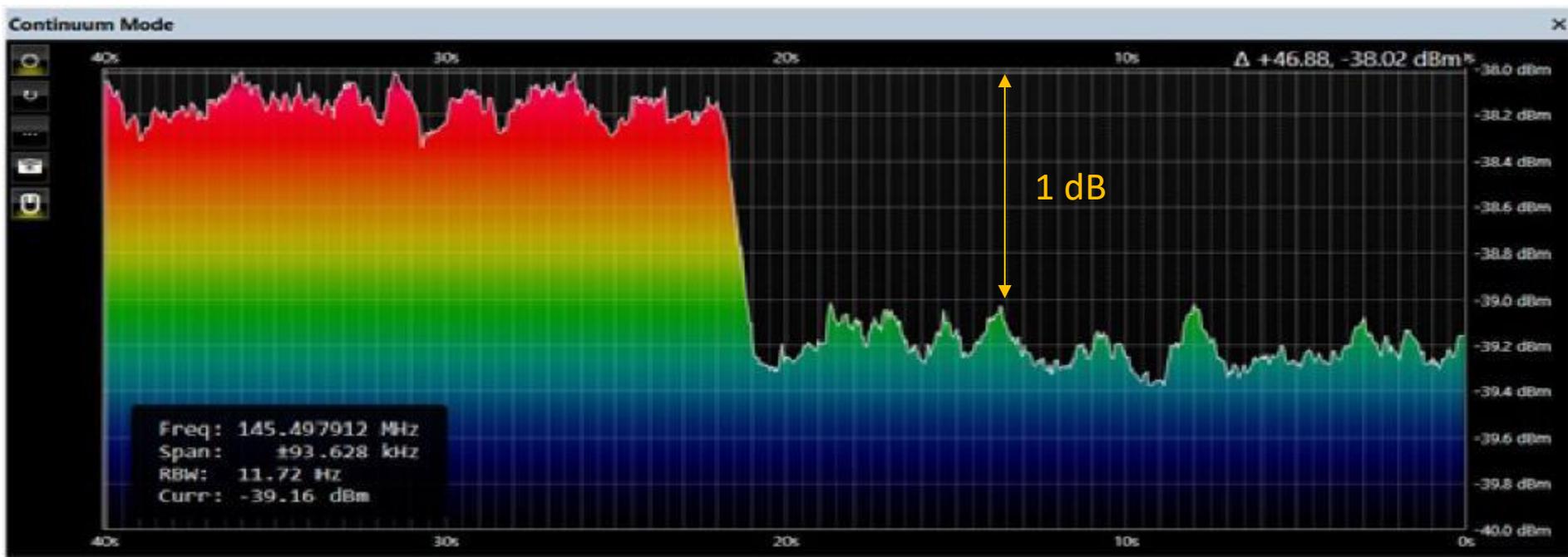
## Jasová teplota Měsíce



Ref: John D. Kraus,  
Radio Astronomy,  
McGraw-Hill, 1966, pp  
339

# ŠUM MĚSÍCE

# 10368 MHz



# ŠUM ZEMĚ (?)

Vzdálené pole ( $FF$ )

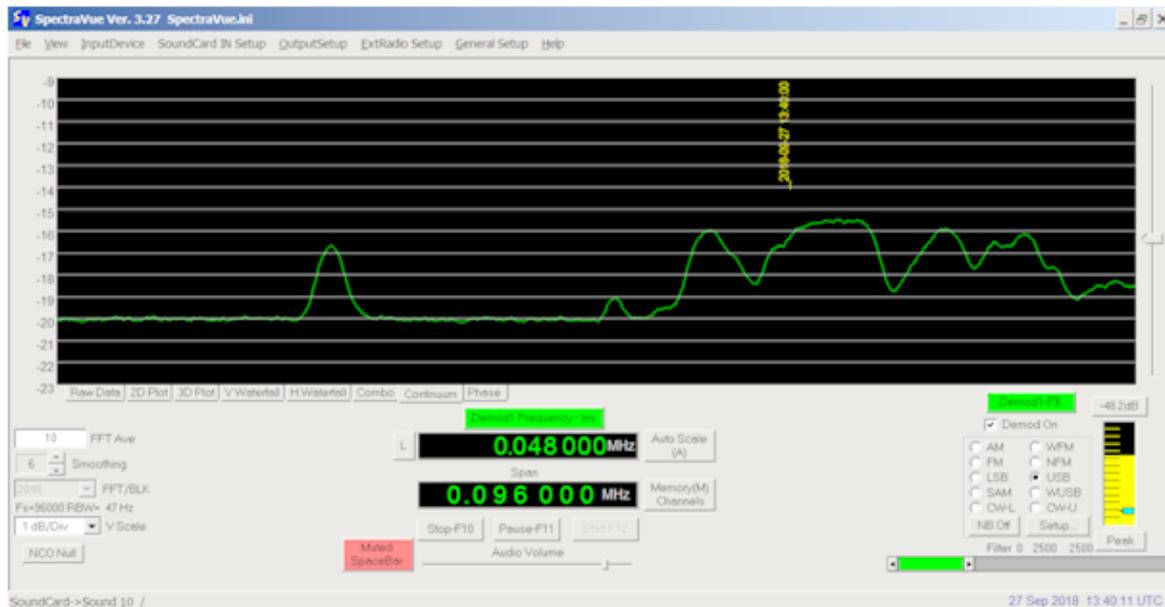
Pro 1,8 m aperturu a

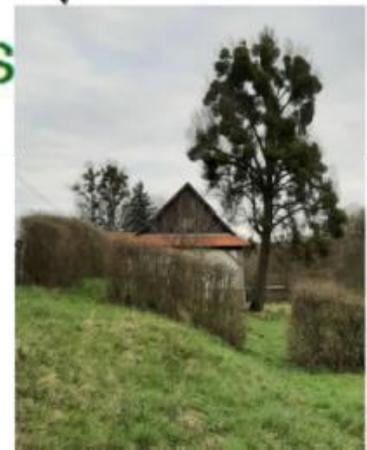
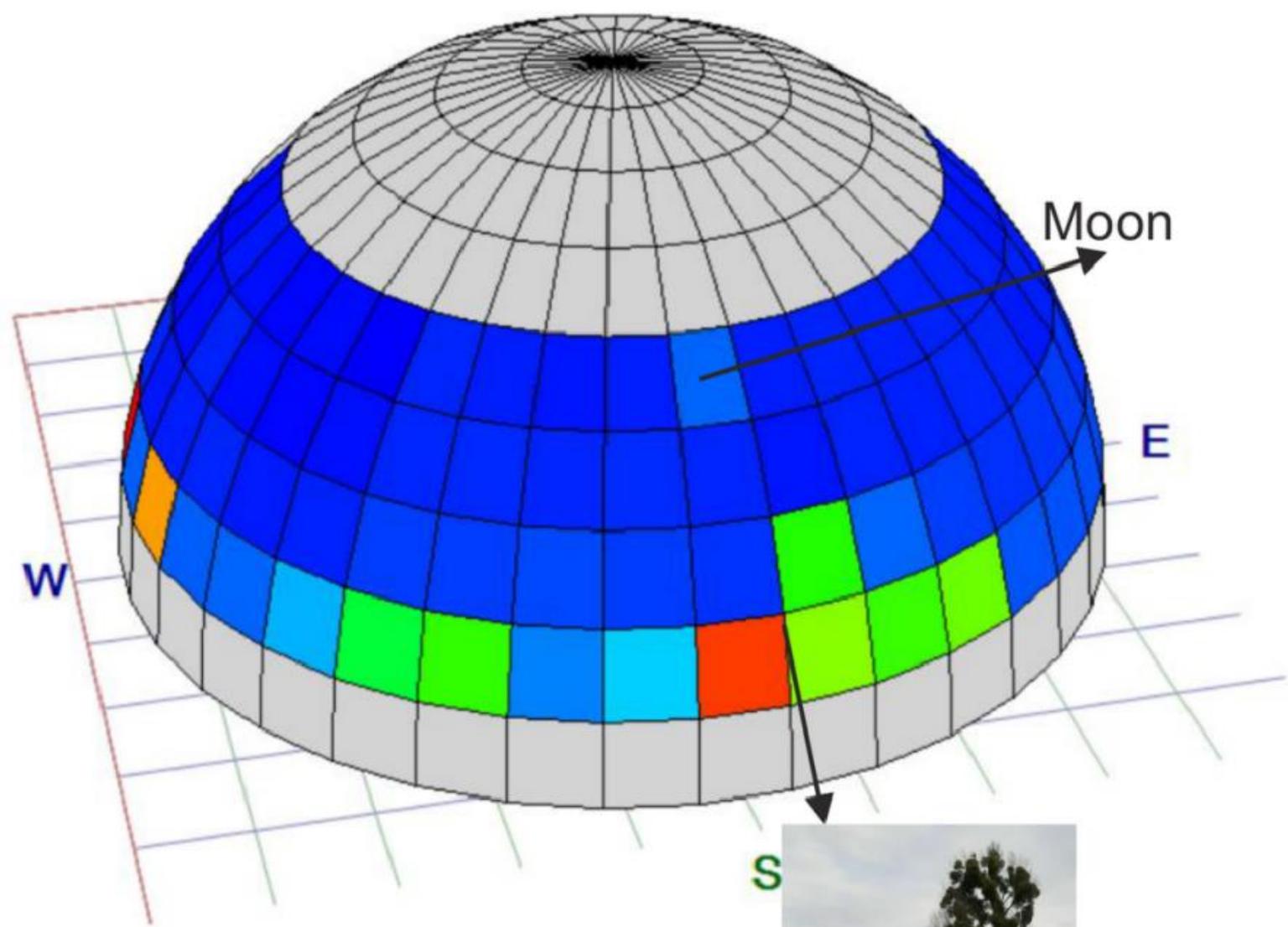
$\lambda = 0,03$  m

$FF = 216$  m



Optický a  
radiometrický snímek  
při elevaci  $10^\circ$ .





SkyScanner by OZ9AAR

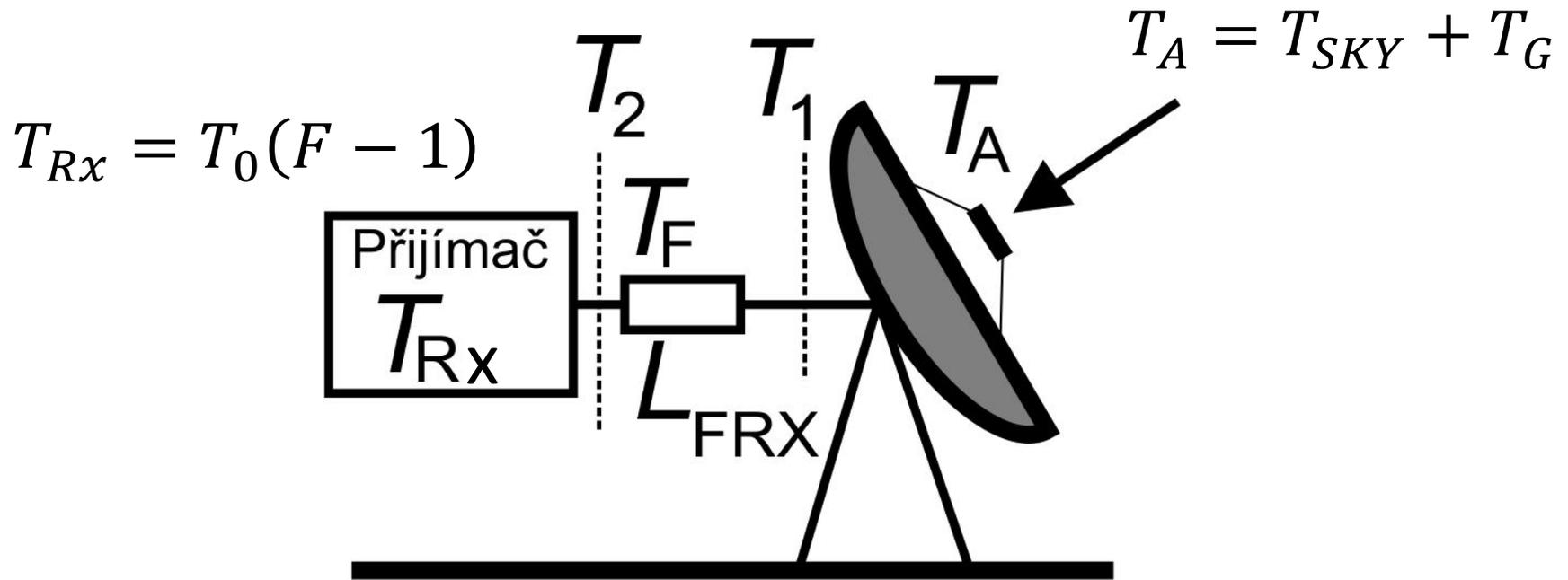
# 10 GHz EME s malou parabolou

To co ztrácíme s malou anténou, musíme kompenzovat jinak - **ale jak?**

1. G/T co nejvyšší
2. Dostatečný výkon
3. Přesnost a stabilita frekvence
4. Dokonalá kompenzace Dopplerova posuvu
5. Precisní automatické směřování antény, nejlépe s kontinuálním monitoringem šumu Měsíce
6. Možnost měnit rovinu polarizace při LP
7. Pokročilé metody zpracování signálu
8. Dobré plánování

Ad 1) G/T co nejvyšší

$$N = kT_s B_n \quad k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$



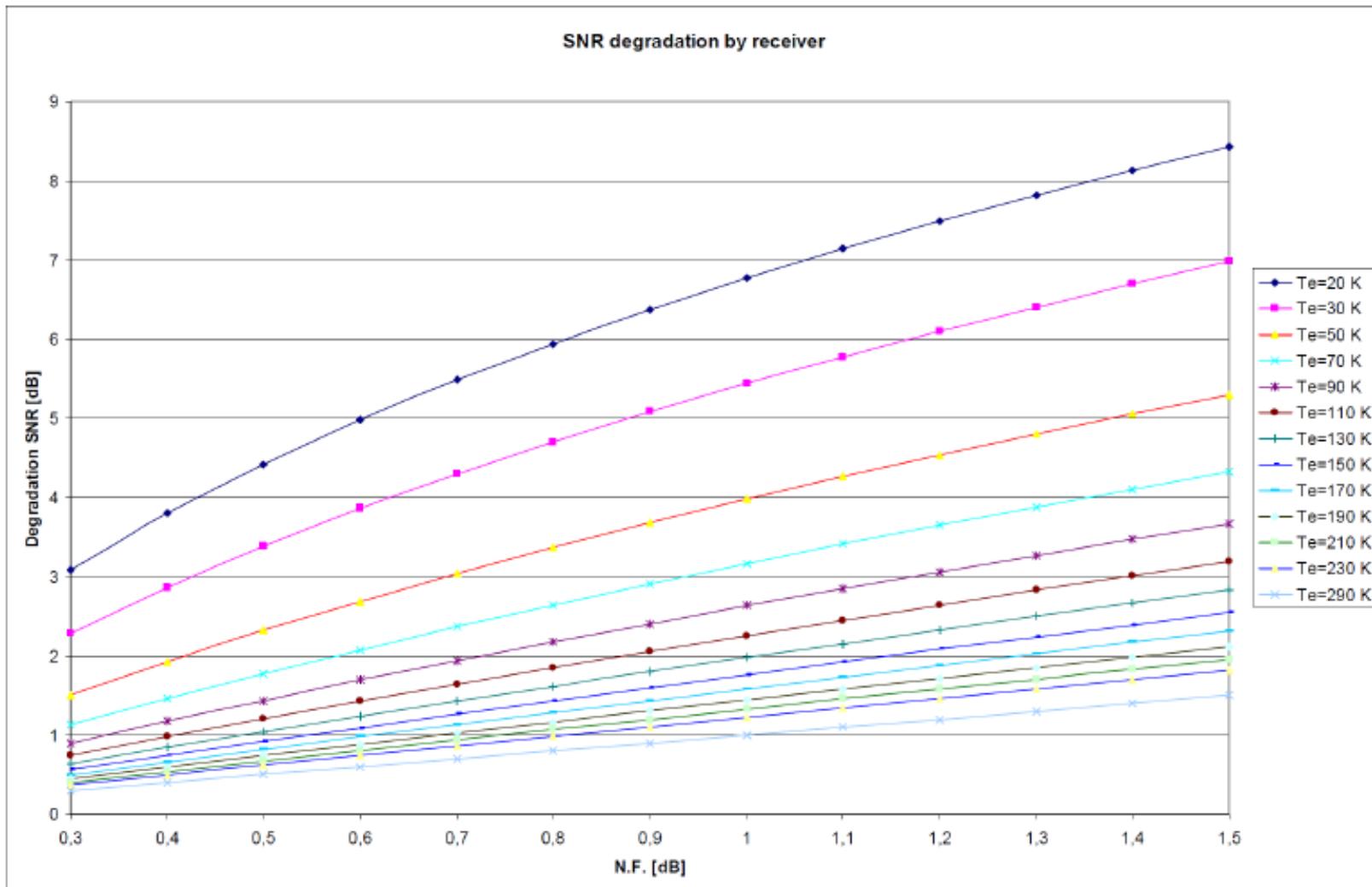
$$T_s = T_2 = \frac{T_A}{L_{FRX}} + T_F \left( 1 - \frac{1}{L_{FRX}} \right) + T_{Rx}$$

$$L_{FRX} \Rightarrow 1 \quad T_s = T_A + T_{Rx}$$

$$T_{Rx} = T_{Rx1} + \frac{T_{Rx2}}{A_1} + \frac{T_{Rx3}}{A_1 A_2} + \dots + \frac{T_{Rxn}}{A_1 A_2 \dots A_{n-1}}$$

Při použití malé antény, hraje LNA ( $T_{Rx}$ ) větší roli

$$T_S = T_{SKY} + T_G + T_{bM} + T_{Rx} = T_e + T_{Rx}$$



Eltasat.cz

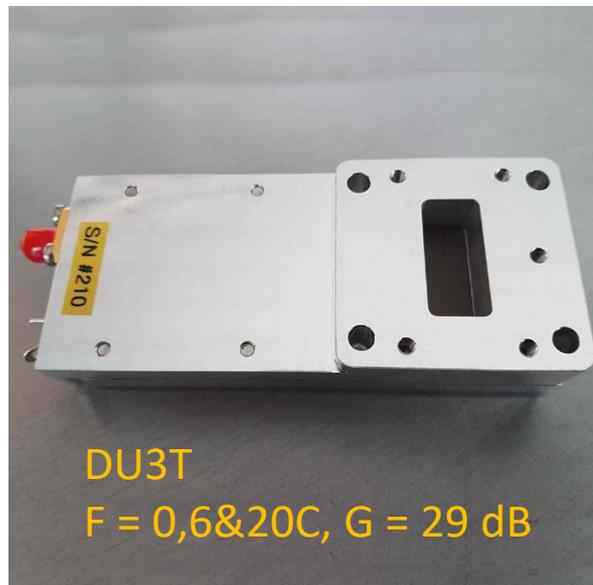
# LNA



F = 0.1 dB 459.- Kč



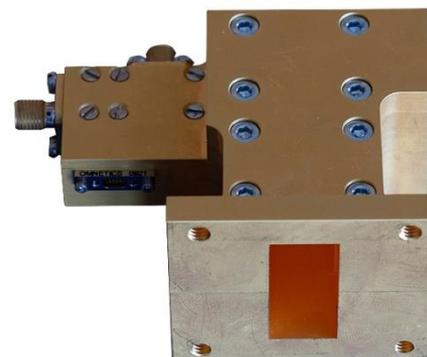
F = 0,3 dB 99.- Kč



DU3T  
F = 0,6&20C, G = 29 dB

lownoiseactory.com

F = 0,09 dB



DB6NT

F = 0,7 dB&18C

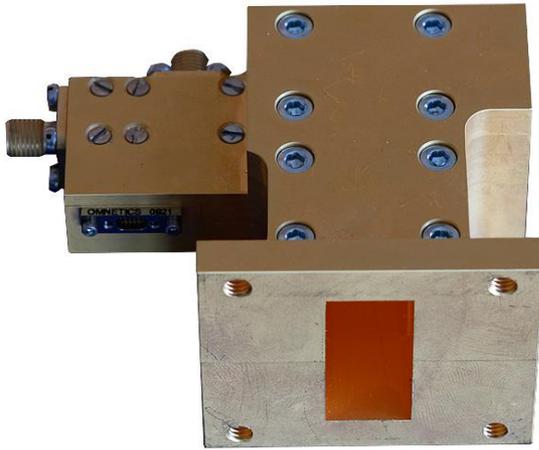
G = 22 dB

R100

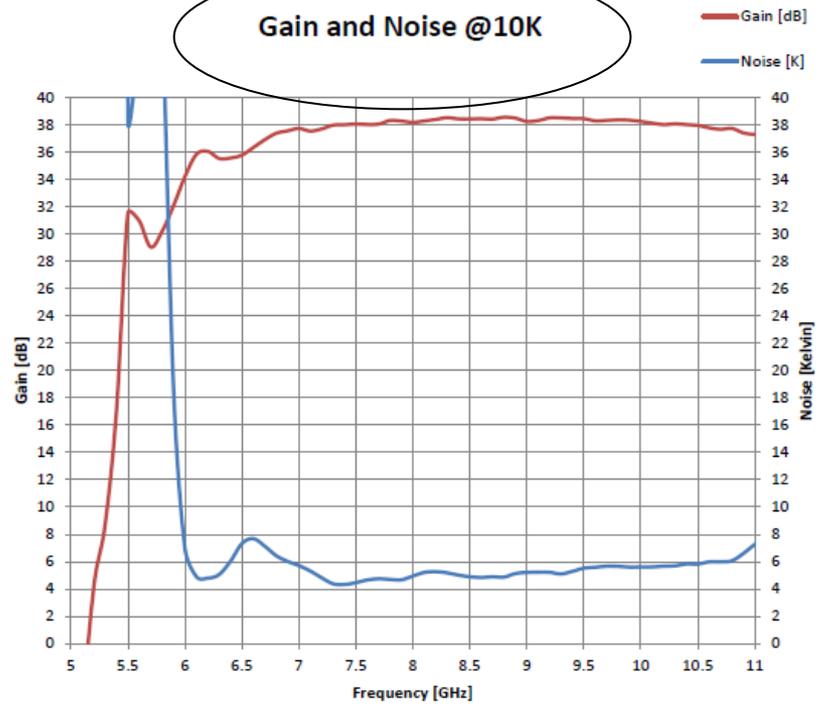
239 €



lownoisefactory.com

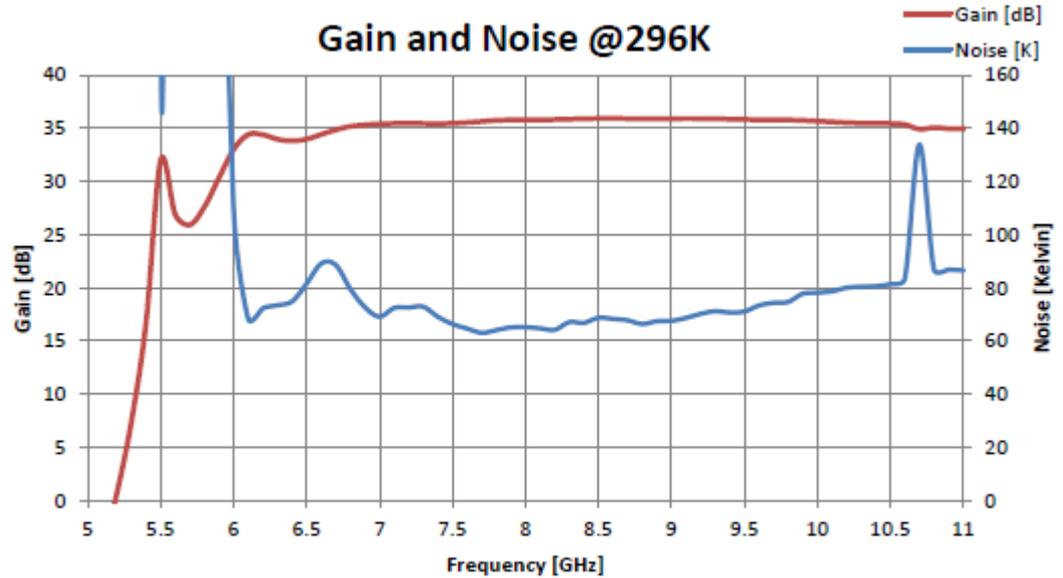


Gain and Noise @10K

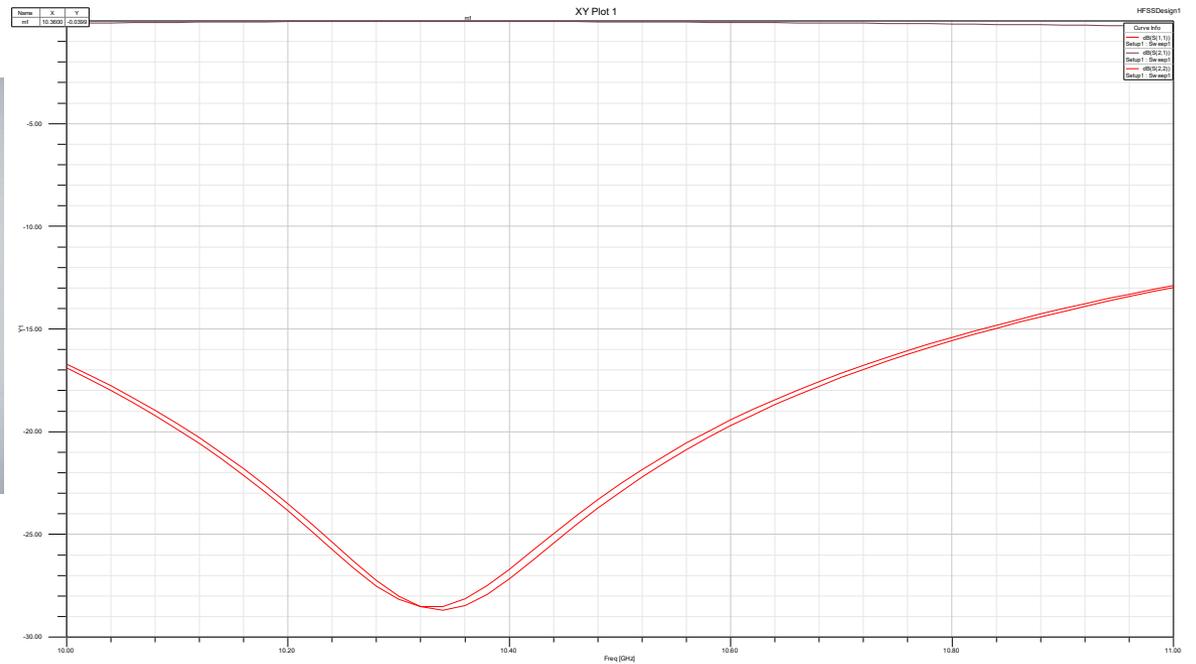
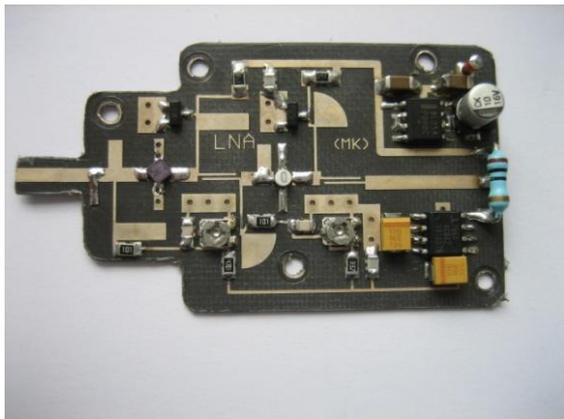
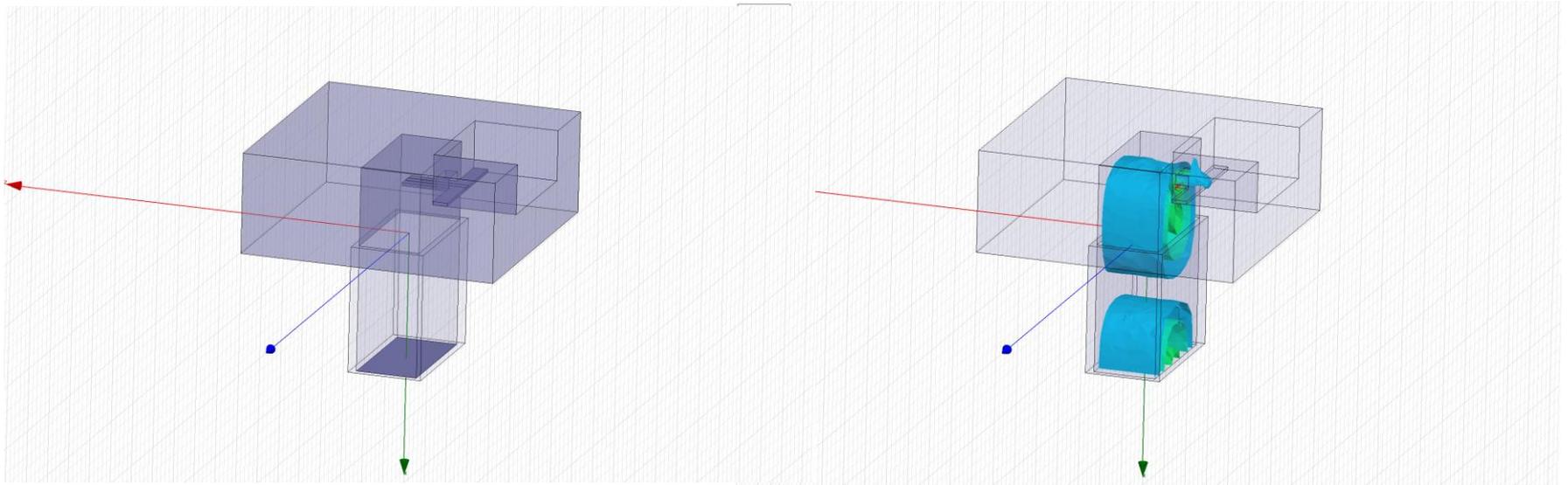


$T_e = 6 \text{ K} \Rightarrow F = 0,09 \text{ dB} \ \& \ 296 \text{ K}$

Gain and Noise @296K



$T_e = 80 \text{ K} \Rightarrow F = 1,04 \text{ dB} \ \& \ 296 \text{ K}$

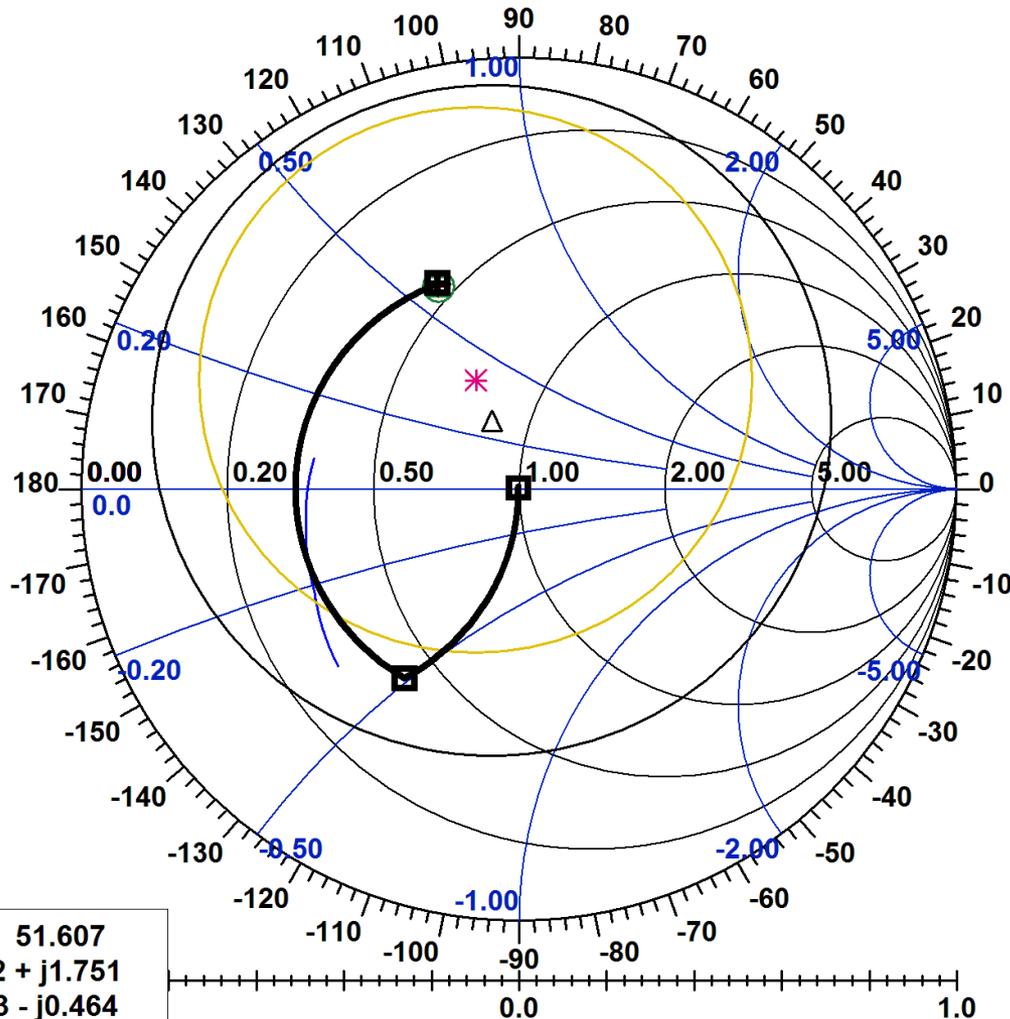


# Šumové přizůsobení

18 Oct 2013

Ansoft Corporation

10:36:57



MP: 1.445 51.607  
RX: -0.842 + j1.751  
GB: -0.223 - j0.464  
Q: 2.080  
VSWR: 5.490

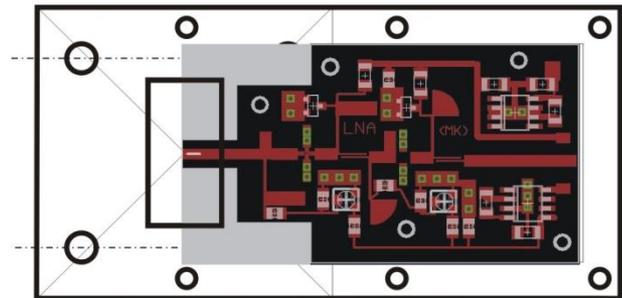
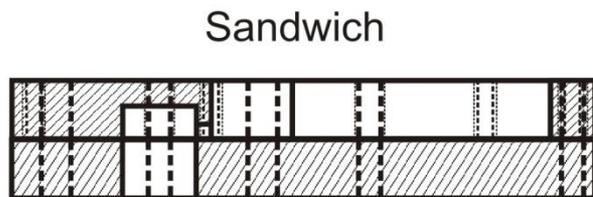
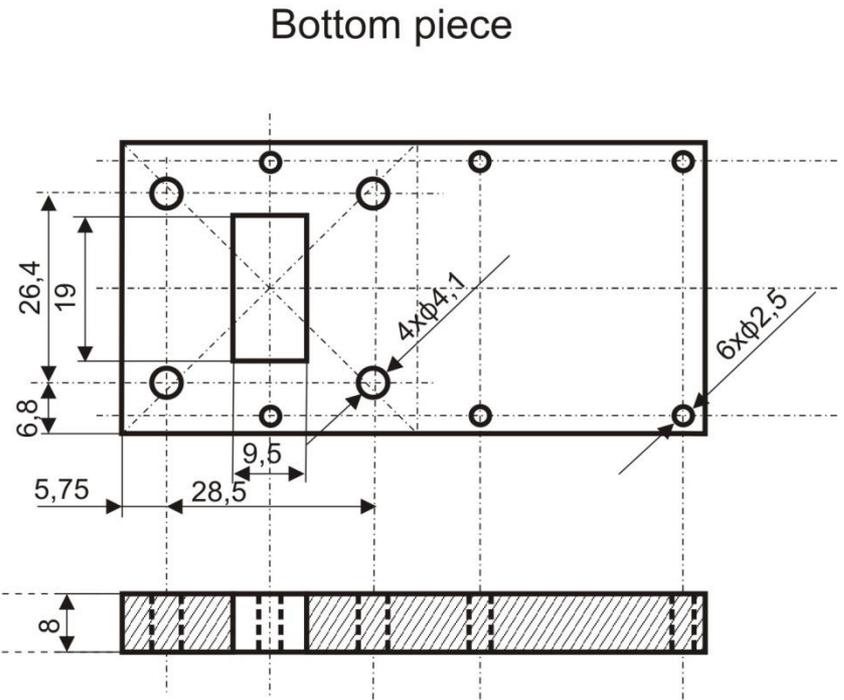
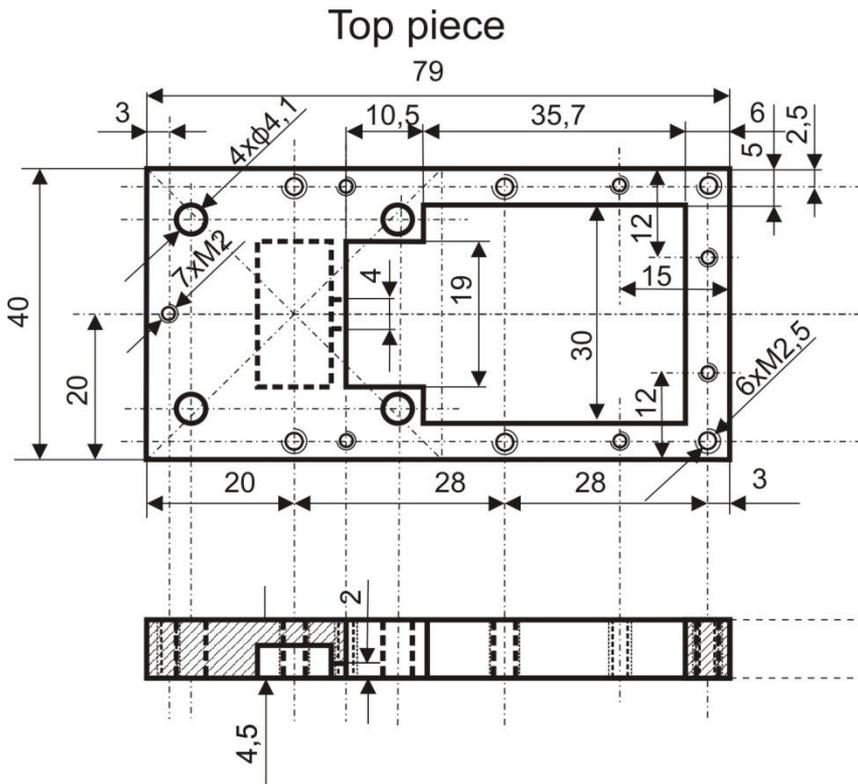
S11  
9.00GHz-12.00GHz  
NWA1

NC(ckt = Circuit1 value = 0.36dB)  
10.37GHz  
NWA1

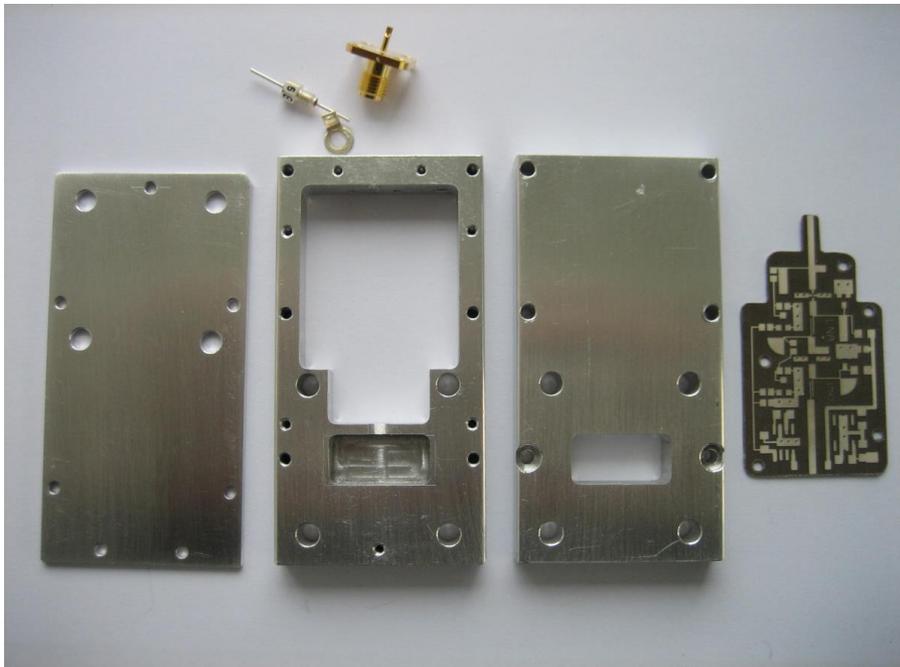
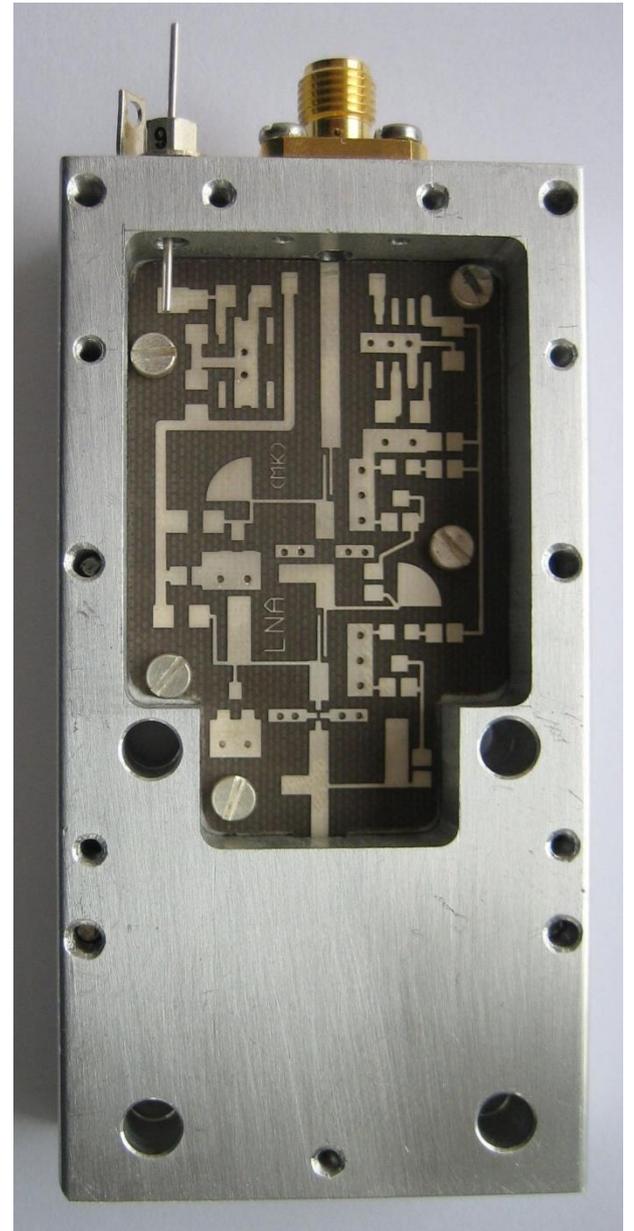
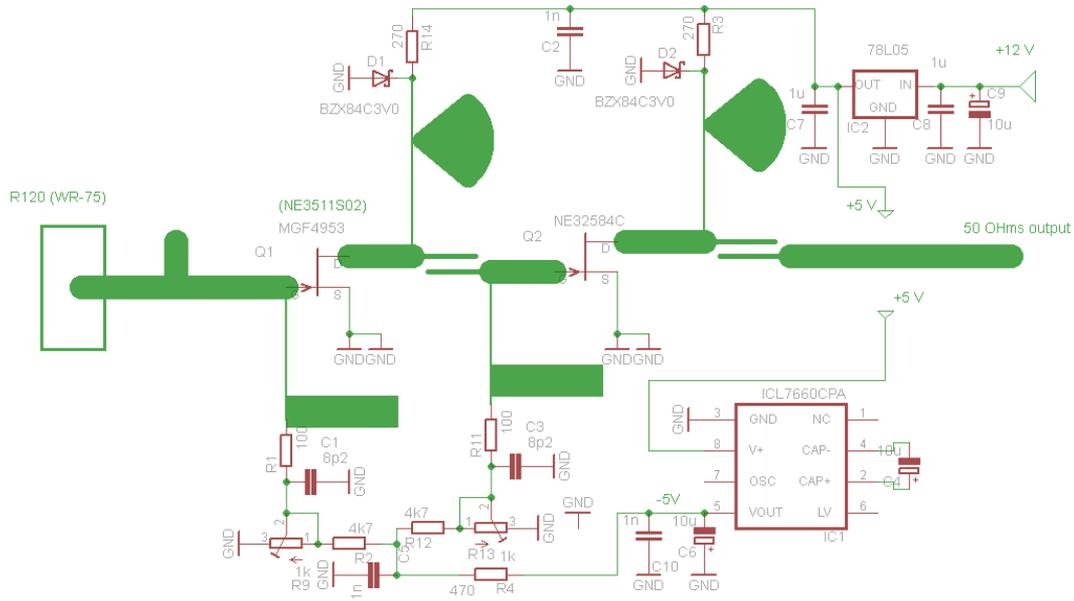
NC(ckt = Circuit1 value = 0.36dB)  
10.37GHz  
NWA1

NC(ckt = Circuit1 value = 1.36dB)  
10.37GHz  
NWA1

NC(ckt = Circuit1 value = 2.36dB)  
10.37GHz  
NWA1



X-Band LNA (MK)





$$F(\text{dB}) = 10 \log F$$

$$T_e = T_0(F - 1) \qquad F = \frac{T_0 + T_e}{T_0}$$

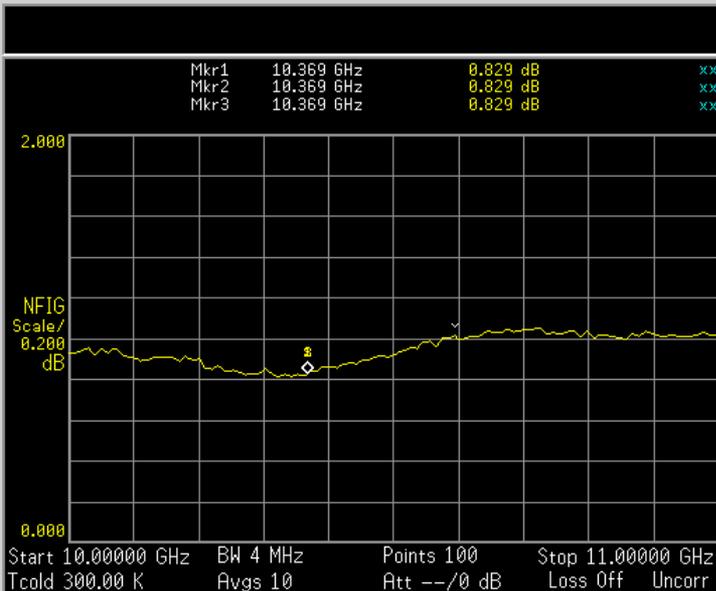
$$T_{Rx} = 290(10^{0,7/10} - 1) = 50,7 \text{ K}$$

$$F = \frac{ENR(T_c / T_0)}{Y - 1}$$

### N.F. Analyzer Agilent N8975A



Agilent 11:19:47 Feb 13, 2014



Frequency
Freq Mode Sweep
Start Freq 10.000000 GHz
Stop Freq 11.000000 GHz
Center Freq 10.500000 GHz
Freq Span 1.000000 GHz
Fixed Freq 10.368000 GHz
More 1 of 2

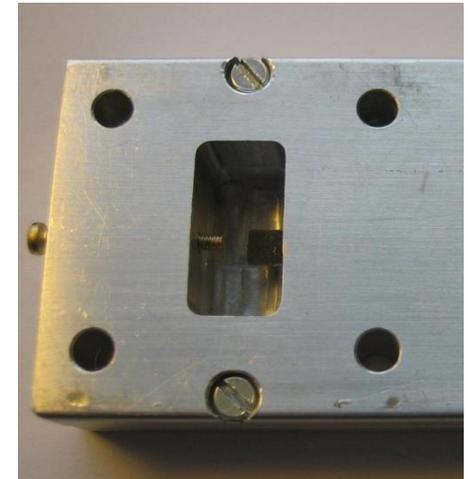
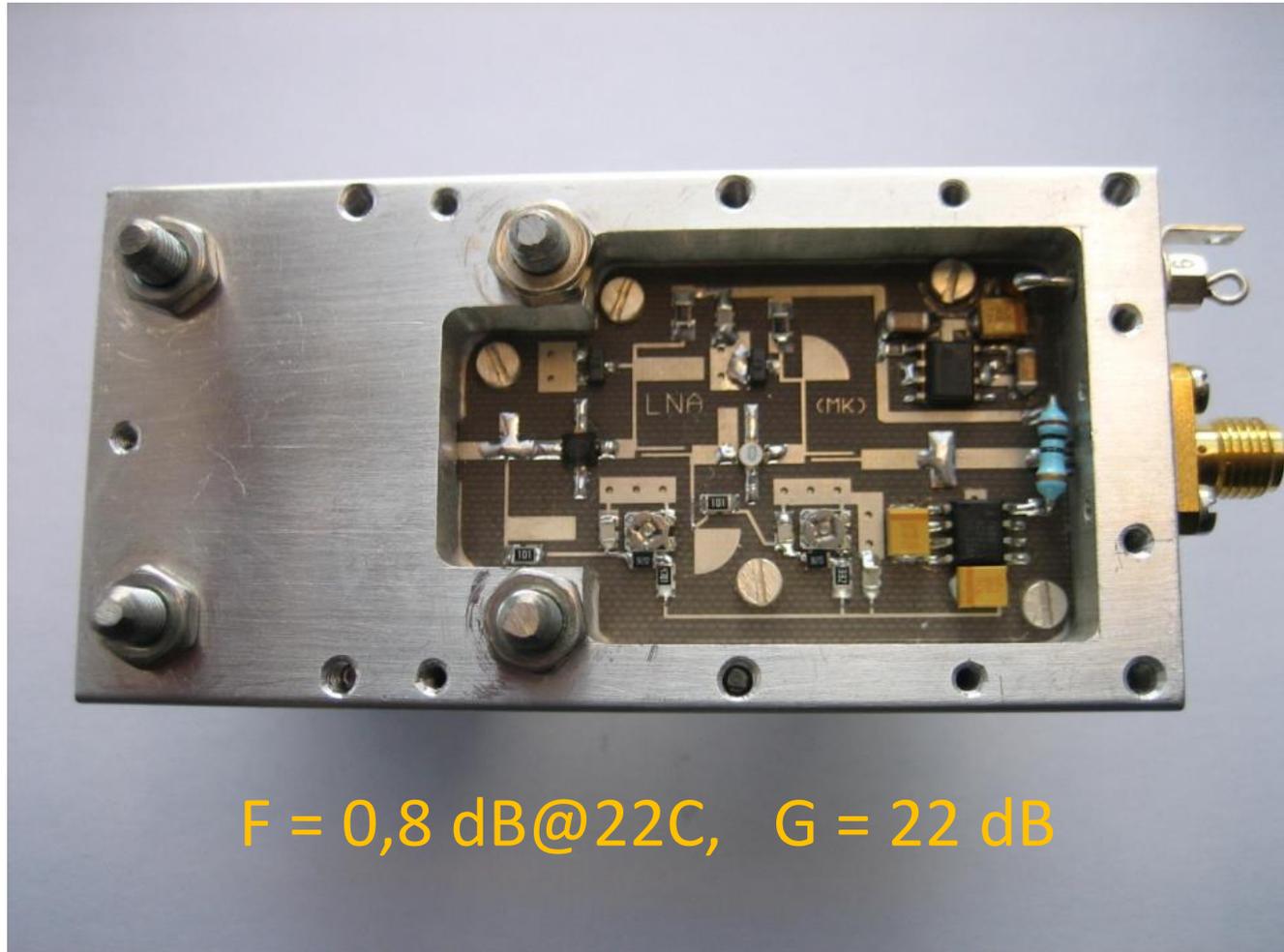


# LNA OK2AQ

NE3511S02  
DiClad 870

MGF4953A  
Duroid 5880

CE3512K2  
Duroid 5880 20 mil



## Ad 2) Dostatečný výkon

OK2AQ

$$d1 = 1,8 \text{ m}$$

$$A1 = 2,5 \text{ m}^2$$

$$G1 = 43,6 \text{ dBi}$$

$$\text{EiRP1} = 56,6 \text{ dBi(W)}$$

$$= 457 \text{ kW}$$



VK7MO

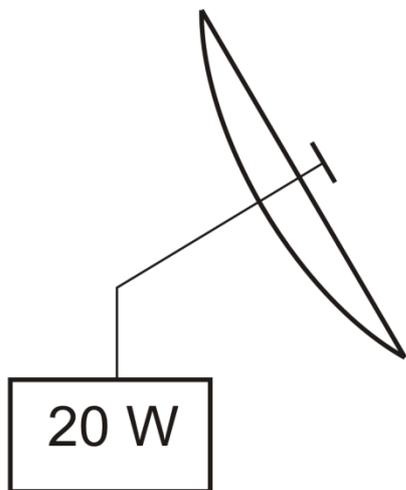
$$d2 = 0,77 \text{ m}$$

$$A2 = 0,5 \text{ m}^2$$

$$G2 = 36,2 \text{ dBi}$$

$$\text{EiRP2} = 53,2 \text{ dBi(W)}$$

$$= 209 \text{ kW}$$

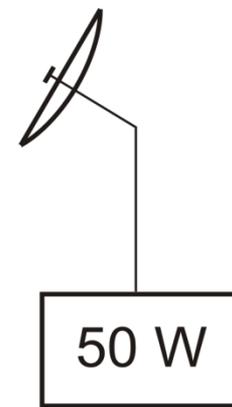


S2/N

$$S2/N = \frac{P_2 G_2 L_0 G_1}{k T_s B_n}$$

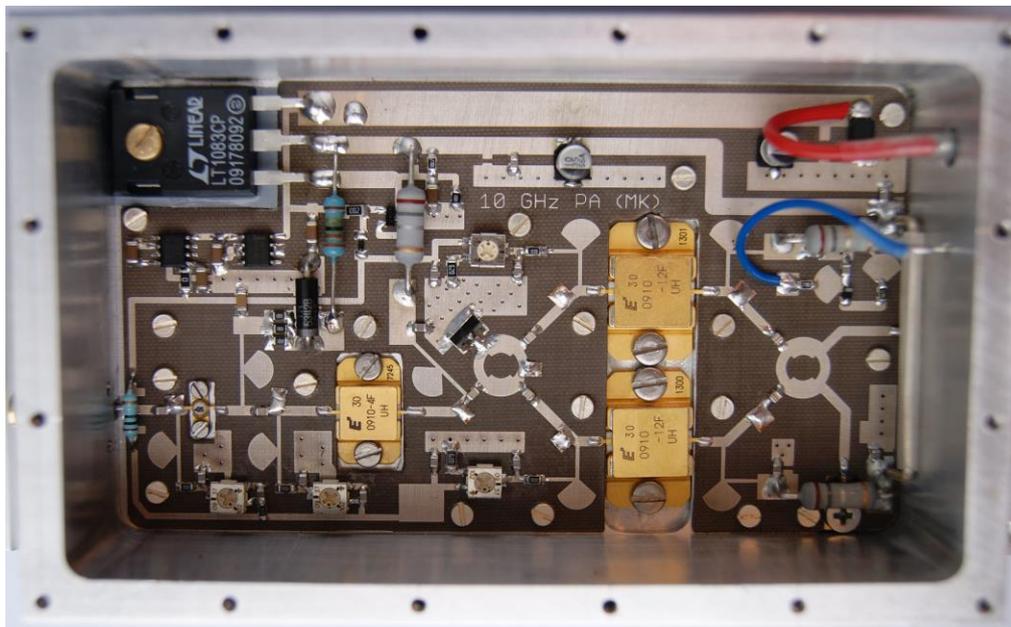
$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow 10 \log \frac{50}{20} = 4 \text{ dB}$$

$$S1/N = \frac{P_1 G_1 L_0 G_2}{k T_s B_n}$$

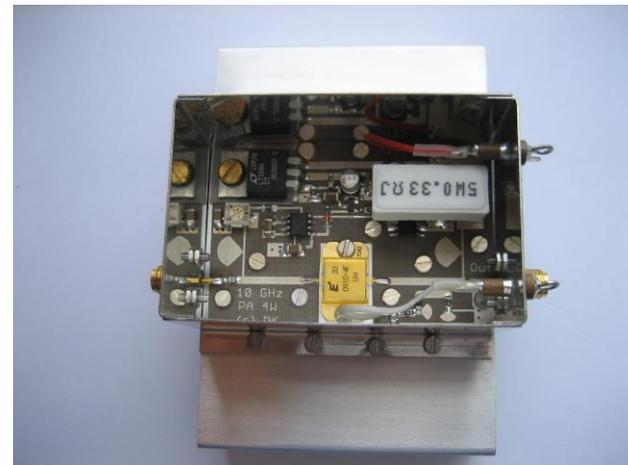


S1/N = S2/N - 4 dB

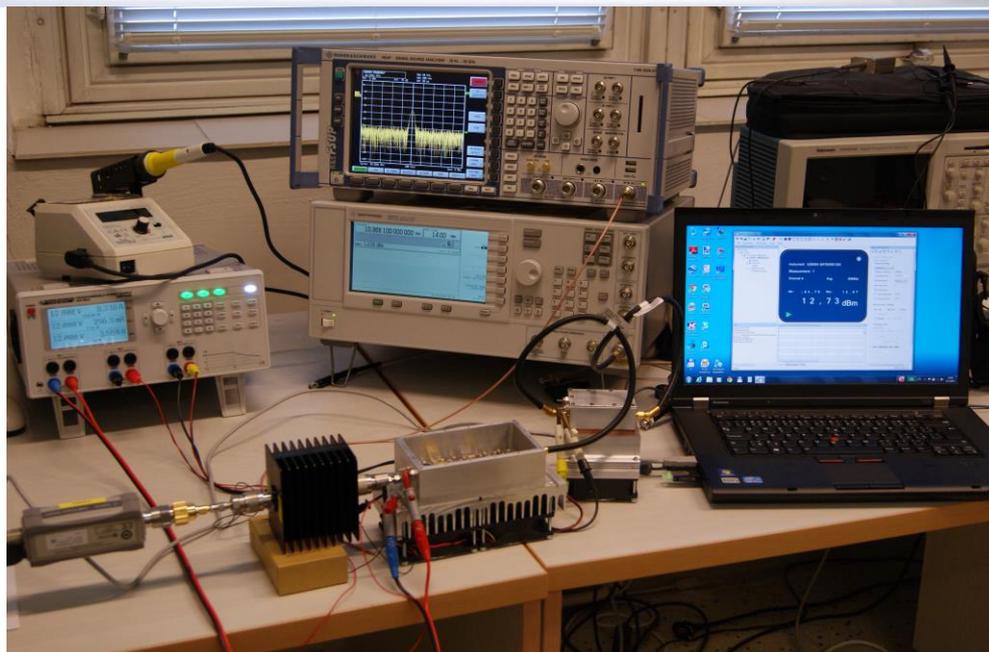
## Ad 2) Dostatečný výkon ~ 20 W (?)



4 W



10 W





Zvětšit obrázek

Č. části Mouser: 772-TGA2312-FL  
Číslo části výrobce: TGA2312-FL  
Výrobce: TriQuint Semiconductor  
Popis: VF zesilovač 9-10GHz Gain 13dB PAE  
38% GaN 60W

[Další informace o TriQuint Semiconductor TGA2312-FL](#)

[Technické informace](#)

Obrázky jsou pouze pro referenční účely  
Viz specifikace produktu

[Přidat do seznamu pro srovnání](#)

Share |



**Specifikace**

**Dokumenty (1)**

**Mé poznámky**

Výrobce:

TriQuint

#### Dostupnost v reálném čase

Na skladě:	0
Na objednávce:	0
Dodací lhůta výrobce	16 týdnů/týdnů

#### Zadejte množství:

Koupit

Minimum: 1  
Vícenásobné: 1

#### Stanovení ceny (EUR)

1: 871,50 €  
25: Nabídka

Pro vývoz ze Spojených států může být u tohoto zboží vyžadována další dokumentace.

#### Stanovení ceny (CZK)

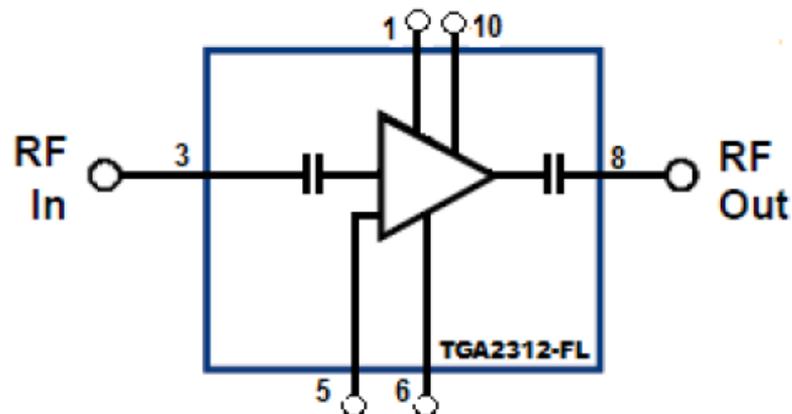
1: 30 674,70 Kč

Chcete-li doplnit projekt, prosím [Přihlásit se](#).

## Product Features

- Frequency Range: 9 – 10 GHz
- $P_{SAT}$ : 48 dBm
- PAE: 38%
- Small Signal Gain: 13 dB
- Bias:  $V_D = 24$  V,  $I_{DQ} = 2.4$  A,  $V_G = -2.6$  V Typical
- Pulsed: PW = 100us, DC = 10%
- Integrated Thermistor Temperature Monitor
- Package Dimensions: 17.4 x 24.0 x 3.9 mm

## Functional Block Diagram

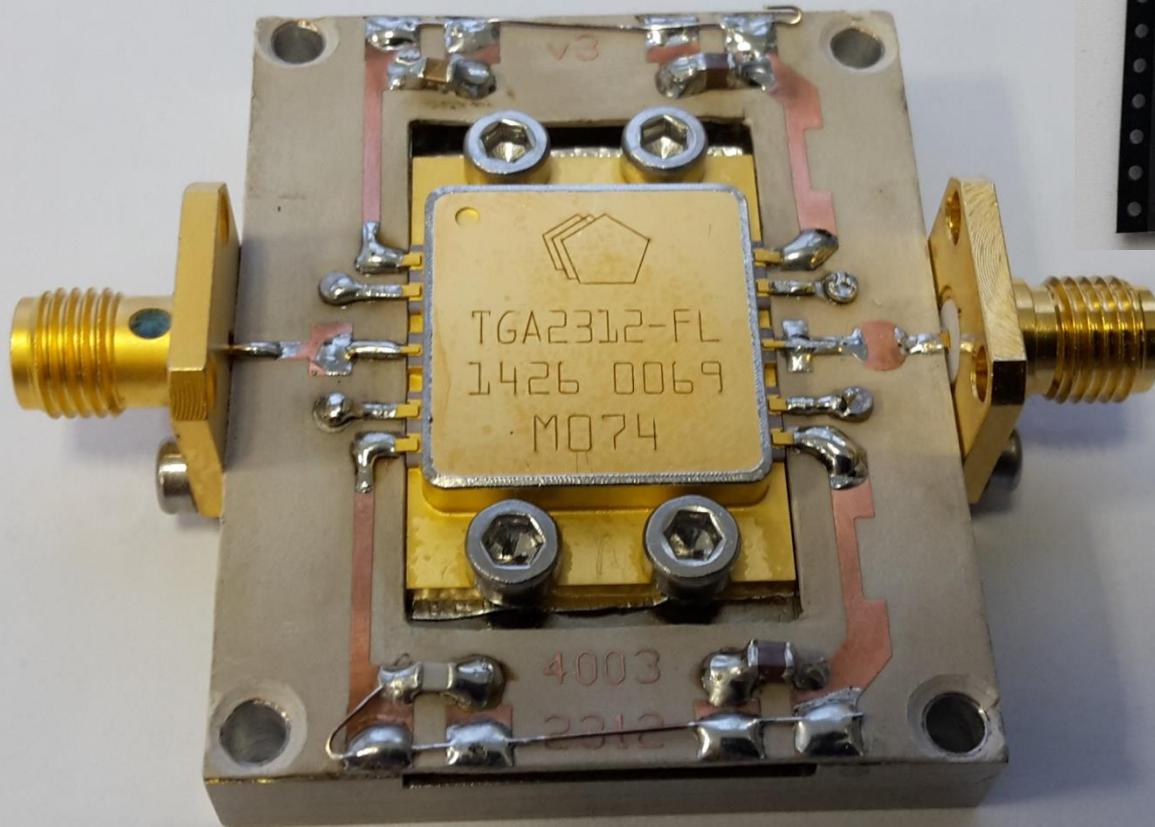


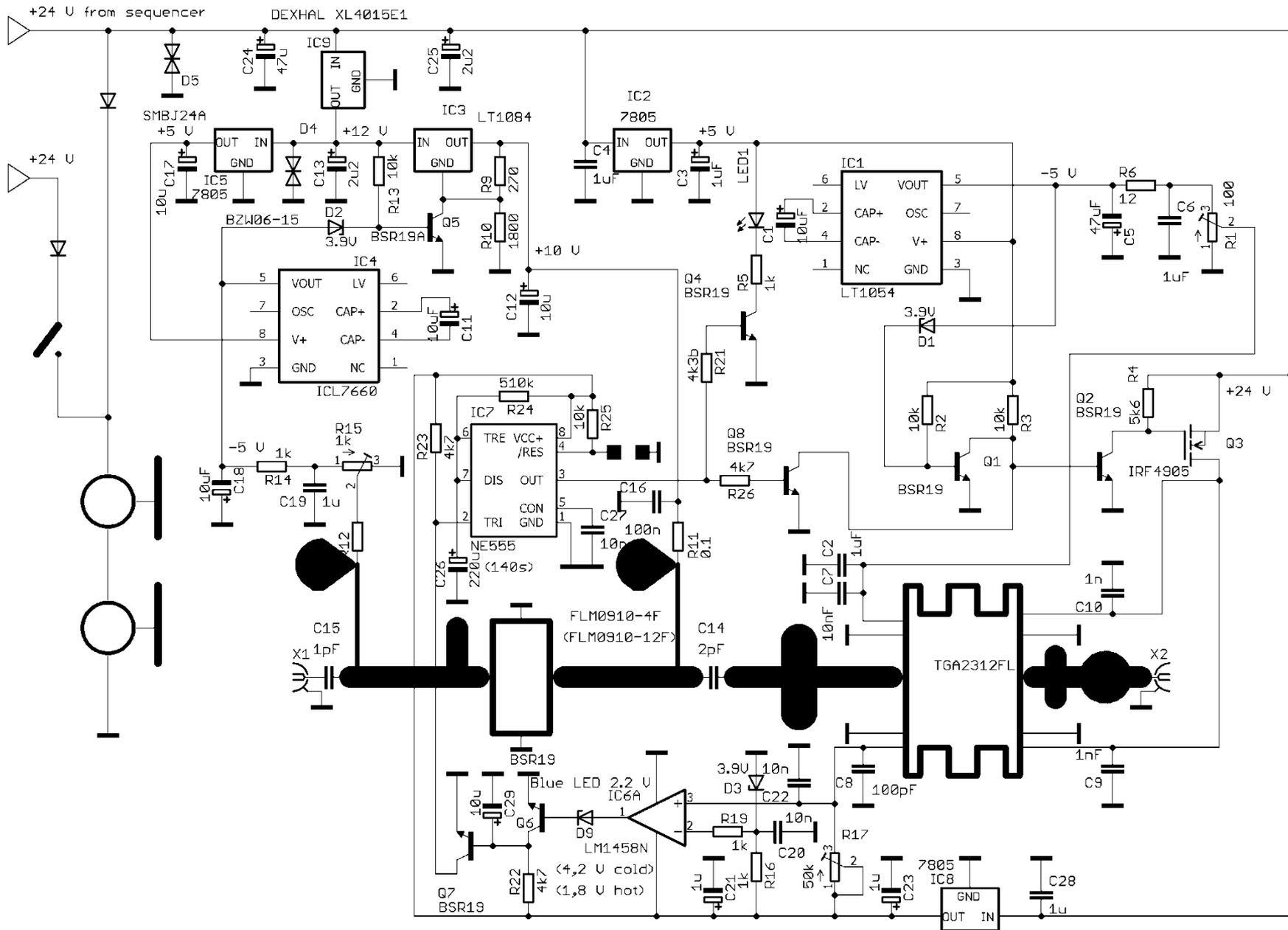
## Electrical Specifications

Test conditions unless otherwise noted: 25 °C,  $V_D = 24$  V,  $I_{DQ} = 2400$  mA, Pulsed: PW = 100us, DC = 10%,  $V_G = -2.6$  V

Parameter	Min	Typical	Max	Units
Operational Frequency Range	9		10	GHz
Small Signal Gain		13		dB
Input Return Loss		15		dB
Output Return Loss		14		dB
Output Power at Saturation ( $P_{in} = 38$ dBm)		48		dBm
Power-Added Efficiency ( $P_{in} = 38$ dBm)		38		%
Output TOI		49		dBm
Gain Temperature Coefficient		-0.02		dB/°C
Power Temperature Coefficient		-0.001		dBm/°C
TOI Temperature Coefficient		-0.001		dBm/°C

# Indium Foil





# PA cooling design

## Thermal and Reliability Information

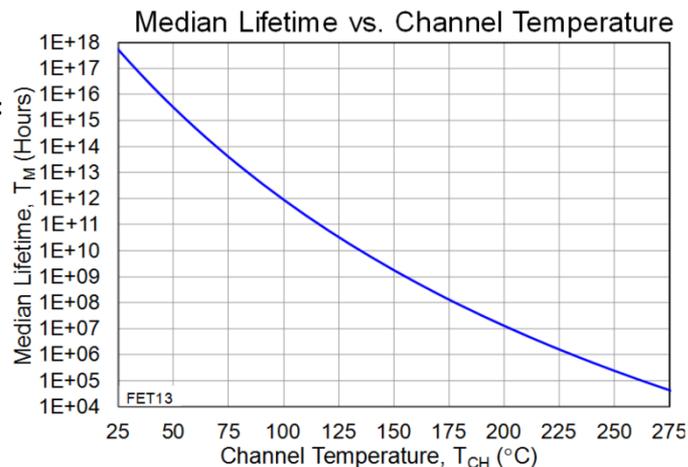
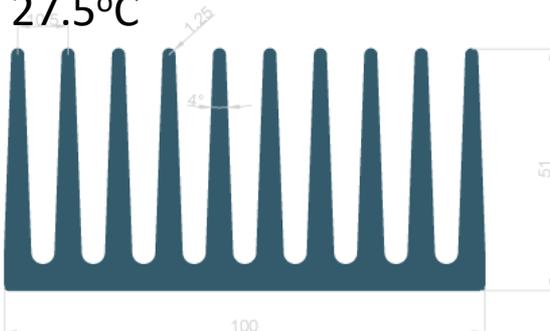
Parameter	Test Conditions	Value	Units
Thermal Resistance, $\theta_{JC}$ (Note 1)	Tbaseplate = 85 °C	0.85	°C/W
Channel Temperature, $T_{CH}$ (Without RF Drive)	Tbaseplate = 85 °C, $V_D = 24$ V,	135	°C
Median Lifetime, $T_M$ (Without RF Drive)	$I_{DQ} = 2400$ mA, $P_{DISS} = 58$ W, Pulsed: PW = 100us, DC = 10%	$9.75 \times 10^{10}$	Hrs
Channel Temperature, $T_{CH}$ (Under RF Drive)	Tbaseplate = 85 °C, $V_D = 24$ V, $I_{D Drive} =$	158	°C
Median Lifetime, $T_M$ (Under RF Drive)	6360 mA, $P_{OUT} = 48$ dBm, $P_{DISS} = 87$ W, Pulsed: PW = 100us, DC = 10%	$7.38 \times 10^9$	Hrs
Channel Temperature, $T_{CH}$ (Under RF Drive)	Tbaseplate = 85 °C, $V_D = 30$ V, $I_{D Drive} =$	190	°C
Median Lifetime, $T_M$ (Under RF Drive)	6670 mA, $P_{OUT} = 48.8$ dBm, $P_{DISS} = 124$ W, Pulsed: PW = 100us, DC = 10%	$3.12 \times 10^8$	Hrs

Notes: (1) Thermal resistance measured at back of the package.

For **DC = 100%** is  $\Theta_{JC}$  is 2 times higher – it is **1.7°C/W**. Dissipated heat is  $5A * 24V + 8W - 52W = 76W$ .  $T_{CH} = 50°C + 27.5°C + 76W * 1.7°C/W = 207°C \rightarrow$  **lifetime** >  $5E+06$  hours

$$\Theta_H = 1.4°C/W \Rightarrow 0.24°C/W (V)$$

$$\Delta TH = (1.6A * 24V + 76W) * 0.24 = 27.5°C$$



# 50 W GaN 10 GHz SSPA



CHANN  
- LEVEL -  
PRESET  
00B  
1135

POS2  
POS1  
**CUT COMMAND SIGNALS  
IN MANUAL OPERATION**

OUT  
+47 dBm

INP  
+33 dBm

**X-BAND GaN**  
POWER AMPLIFIER  
**50 W**

+ 24 V  
6 A

© MK



## Ad 3) Přesnost a stabilita frekvence

- musí odpovídat přesnosti atomového normálu
- naprosto zásadní parametry pro malou MW EME stanici
- většinou je nutné synchronizovat i základní transceiver

### a) Rubidium

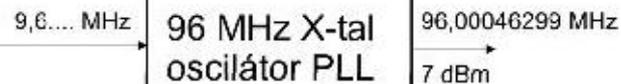


Přesný oscilátor pro mikrovlnná zařízení  
(maják nebo lokální oscilátor)

Mirek Kasal



$$96,00046299 \times 108 = 10368,05000292 \text{ MHz}$$



Rubidiový  
oscilátor

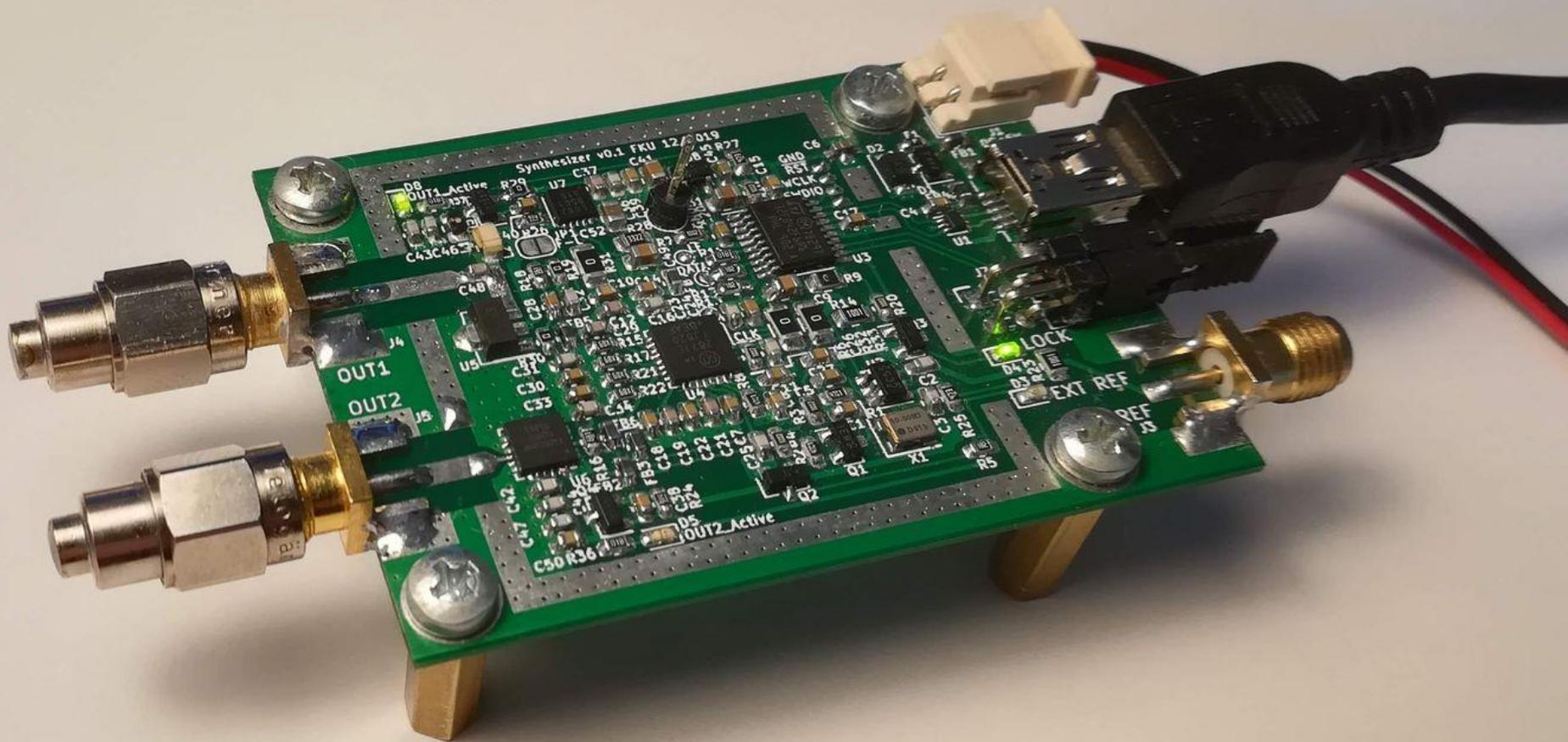
DDS

FE5680A

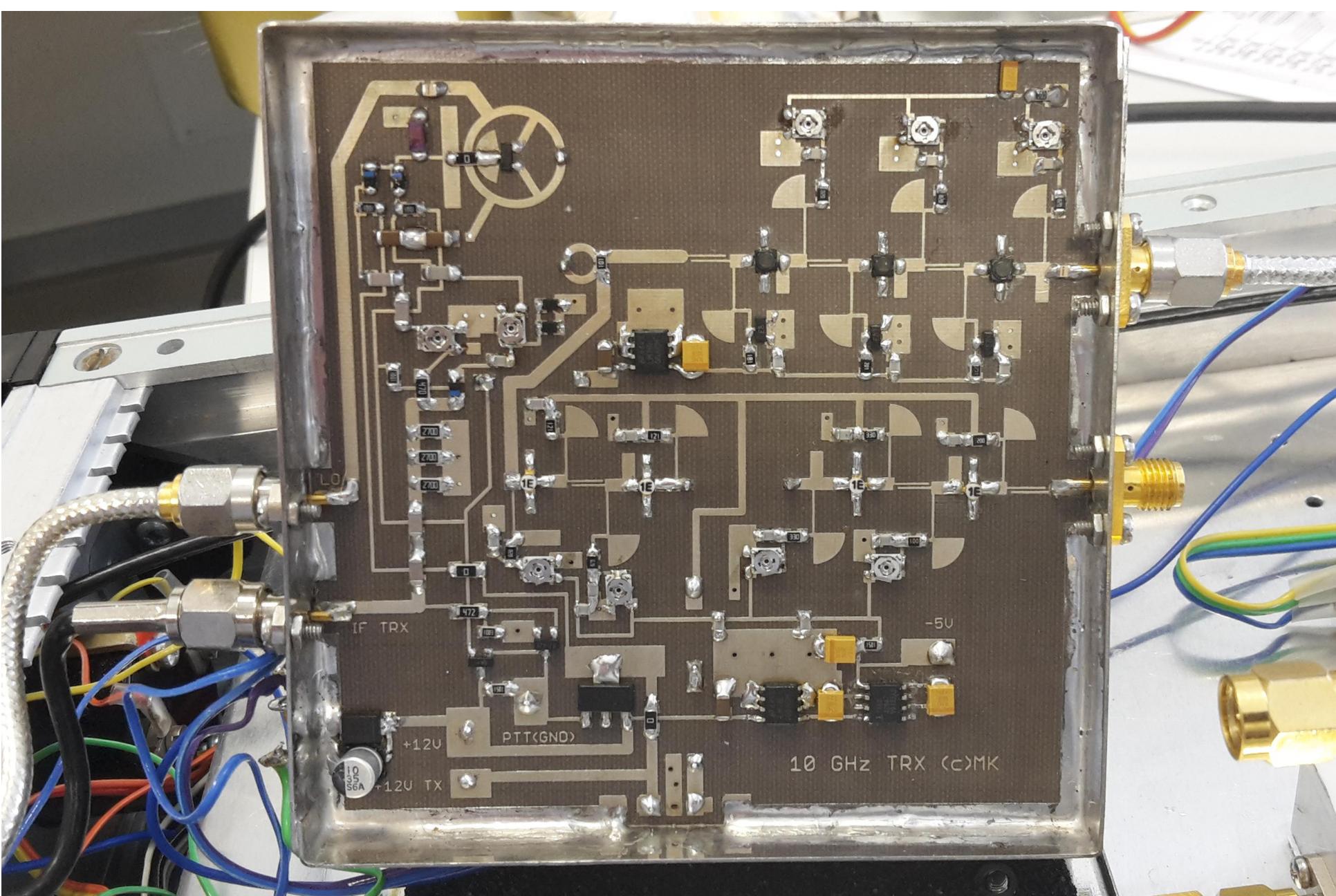
96 MHz X-tal  
oscilátor PLL

### b) GPSDO





OK2FKU – Filip Klapil & OK2AQ



10 GHz Transvertor OK2AQ

# Ad 4) Dokonalá kompenzace Dopplerova posuvu

## CFOM

WSJT-X - Astronomical Data

2025 lis 29  
UTC: 15:58:24  
Az: 143.5  
El: 32.5  
SelfDop: 15366  
Width: 187  
Delay: 2.48  
DxAz: 131.5  
DxEl: 25.9  
DxDop: 16859  
DxWid: 173  
Dec: -2.0  
SunAz: 247.8  
SunEl: -9.4  
Freq: 10368.2  
Tsky: 3  
Dpol: 5.2  
MNR: 0.1  
Dist: 371485  
Dgrd: -0.8

Doppler tracking

Doppler tracking

Full Doppler to DX Grid  
 Own Echo  
 Constant frequency on Moon  
 On DX Echo  
 Call DX  
 None

Sked frequency

Rx: 10 368,200 000  
Tx: 10 368,200 000

Press and hold the CTRL key to adjust the sked frequency manually with the rig's VFO dial or enter frequency directly into the band entry field on the main window.

Echo Mode

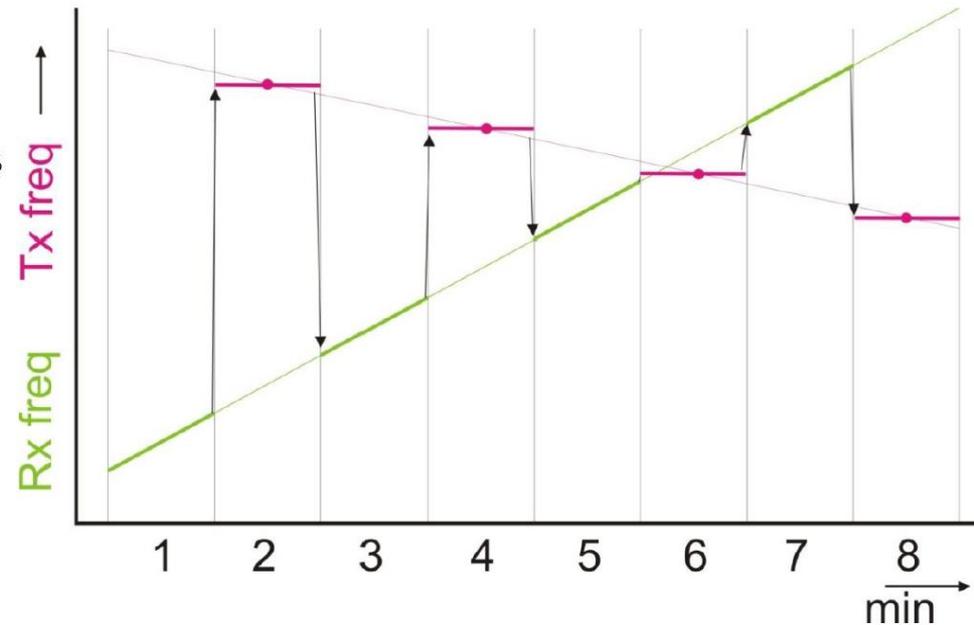
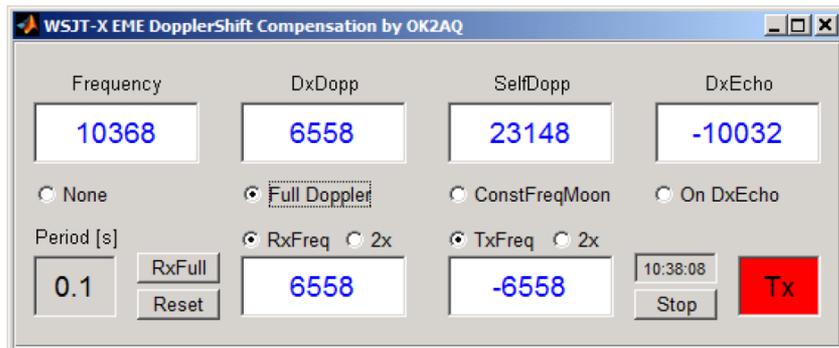
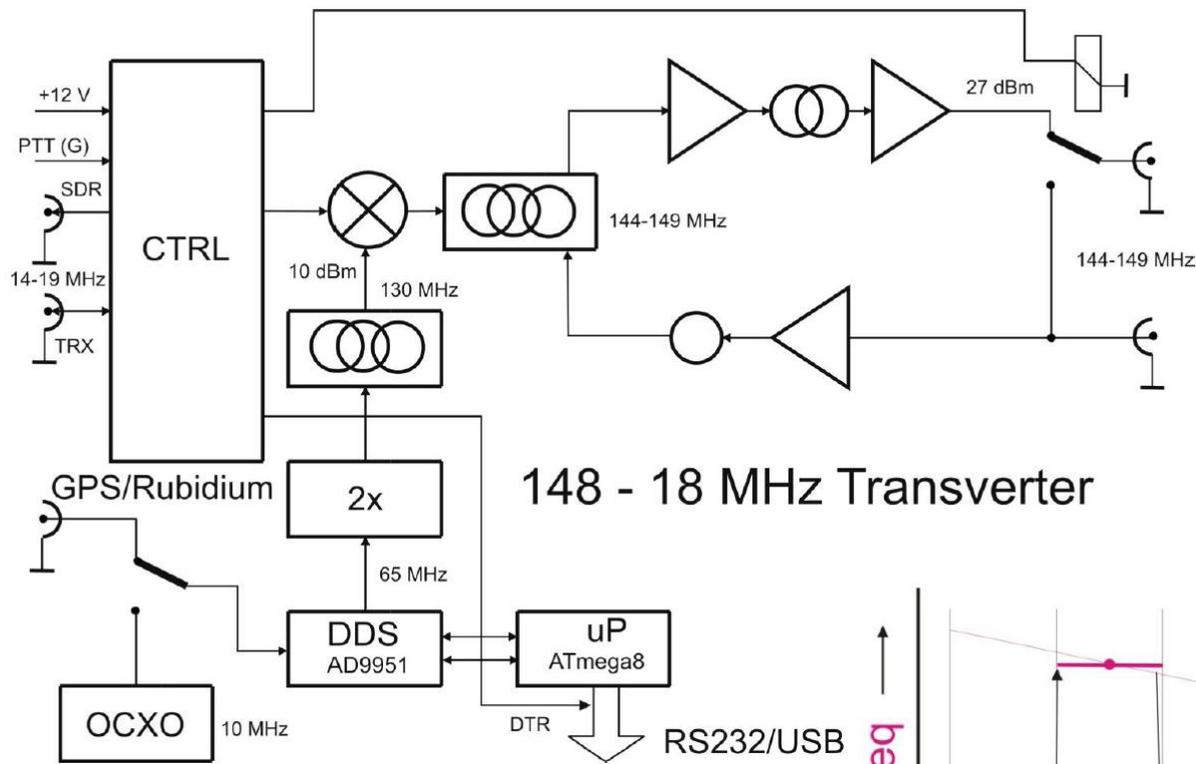
RIT 0 Hz  Dither

Tx Shift relative to Rx Sked Freq

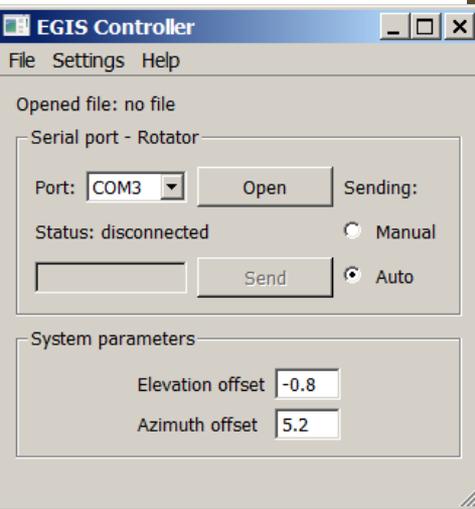
Shift -2 MHz  Enable

- v pásmu 10 GHz je to zcela zásadní záležitost
- Dopplerův posuv je až +/- 25 kHz
- největší DP je při MR a MS,  $\Delta DP$  je nejmenší
- nejmenší DP je když Měsíc vrcholí,  $\Delta DP$  je největší
- přesný výpočet DP provádí WSJT-X a po sběrnici CAT provádí změnu frekvence při Rx i Tx, nejlépe s krokem 1 Hz.

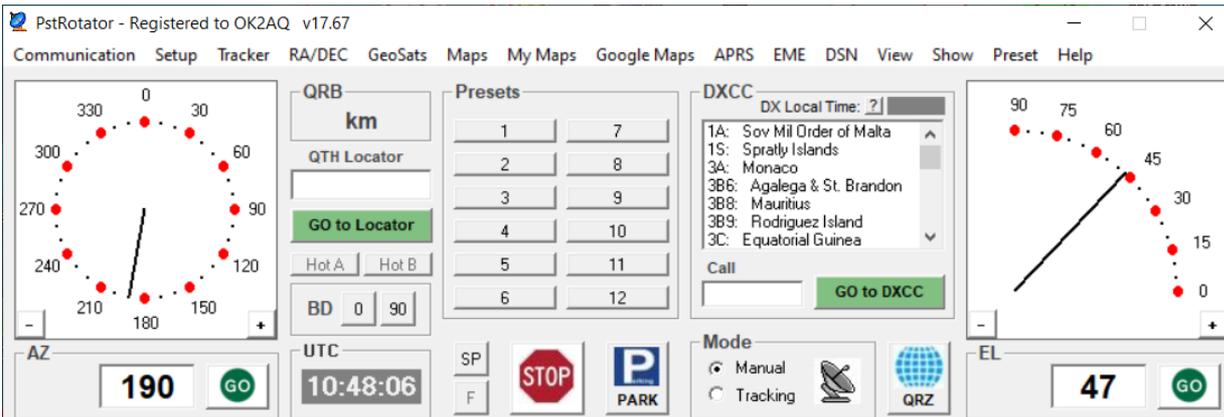
Starší transceivery většinou neumožňují měnit frekvenci při vysílání při řízení CAT.



# Ad 5) Precisní automatické směřování antény - kontinuální měření šumu Měsíce



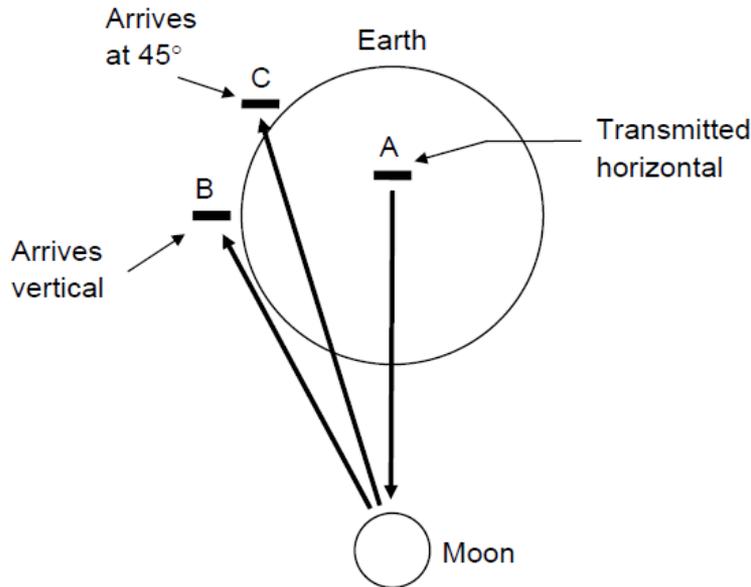
PST Rotator



< 0,1 HPBW

# Ad 6) Možnost měnit rovinu polarizace při LP

- LP je asi o 1,6 dB lepší než CP



WSJT-X - Astrono... X

2025 lis 30

UTC: 11:16:09

Az: 72.4

El: -10.4

SelfDop: 1001

Width: 5

Delay: 2.48

DxAz: 332.1

DxEl: 38.7

DxDop: 412

DxWid: 4

Dec: 3.3

SunAz: 188.3

SunEl: 18.6

Freq: 432.1

Tsky: 17

Dpol: -18.4

MNR: 1.9

Dist: 371409

Dgrd: -1.0

Doppler tracking

# Ad 7) Pokročilé zpracování signálu

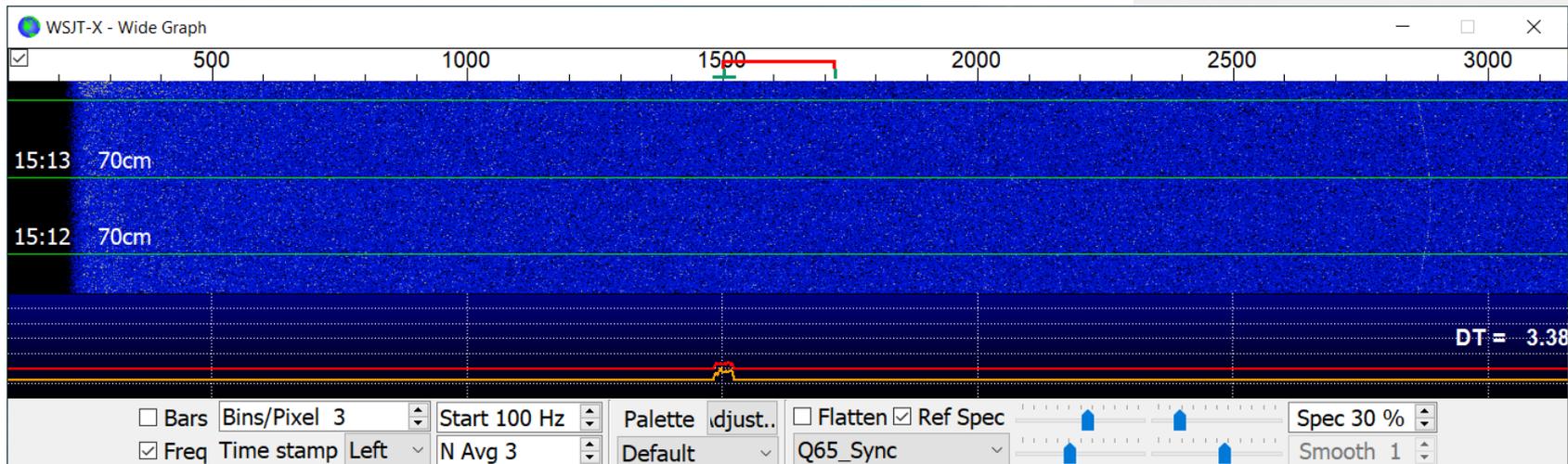
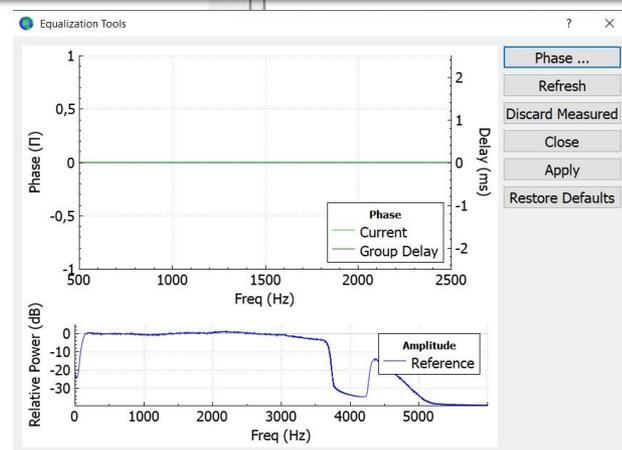
- WSJT-X – Q65 (pracuje za nás)
- vyrovnání audio spektra
- apriori informace AP - (q3)



- průměrování (averaging)  
předem Clear Avg
- minimální F Tol a Max Drift
- delší perioda 120, 300 s
- dobře nastavený waterfall

Tools Help

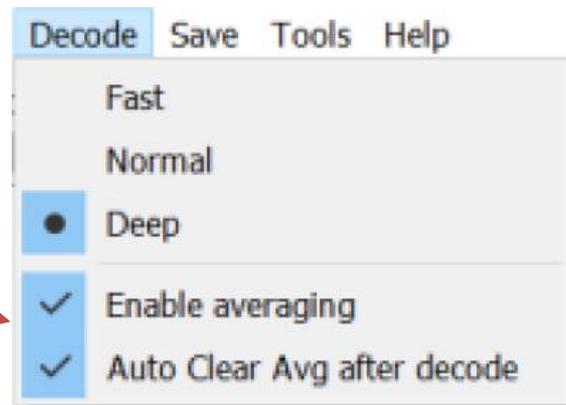
- Erase reference spectrum
- Measure reference spectrum
- Measure phase response
- Equalization tools ...
- Execute frequency calibration cycle
- Solve for calibration parameters



# Q65

T/R Period (s)	B Spacing Width (Hz)		C Spacing Width (Hz)		D Spacing Width (Hz)		E Spacing Width (Hz)	
15	13.33	867	26.67	1733				
30	6.67	433	13.33	867	26.67	1733		
60	3.33	217	6.67	433	13.33	867	26.67	1733
120	1.50	98	3.00	195	6.00	390	12.00	780
300	0.58	38	1.16	75	2.31	150	4.63	301

- delší perioda T/R při nízkém SNR
- apriori informace - AP
- průměrování



UTC	N	Level	SNR	dBerr	DF	Width	Q
09:26:02	1	56.1	-21.7	5.7	75.1	190.2	0
09:26:05	2	56.0	-25.9	99.0	75.1	190.2	0
09:26:08	1	56.0	-99.0	99.0	33.7	190.1	0
09:26:11	2	56.1	-99.0	99.0	-25.3	190.1	0
09:26:17	3	56.2	-23.6	4.4	-6.2	190.1	0
09:26:23	4	56.1	-20.7	1.4	4.4	190.1	1
09:26:29	5	56.2	-19.2	0.9	-5.5	190.0	3
09:26:35	6	56.1	-18.6	0.7	4.4	190.0	4
09:26:41	7	56.1	-18.6	0.6	4.0	189.9	5
09:26:47	8	56.3	-18.0	0.5	4.0	189.9	7
09:26:53	9	56.2	-17.5	0.5	4.4	189.8	9
09:26:59	10	56.1	-17.2	0.5	4.4	189.8	10
09:27:05	11	56.1	-16.8	0.5	4.4	189.8	10
09:27:11	12	56.2	-16.8	0.5	4.4	189.7	10
09:27:17	13	56.2	-16.6	0.5	4.4	189.7	10
09:27:23	14	56.2	-16.6	0.5	4.4	189.7	10
09:27:29	15	56.0	-16.6	0.5	4.4	189.6	10
09:27:35	16	56.1	-16.5	0.5	4.4	189.6	10
09:27:41	17	56.3	-16.5	0.5	4.4	189.5	10
09:27:47	18	56.4	-16.6	0.5	-1.1	189.5	10
09:27:53	19	56.1	-16.6	0.5	-1.1	189.4	10
09:27:59	20	56.2	-16.8	0.5	-1.1	189.4	10

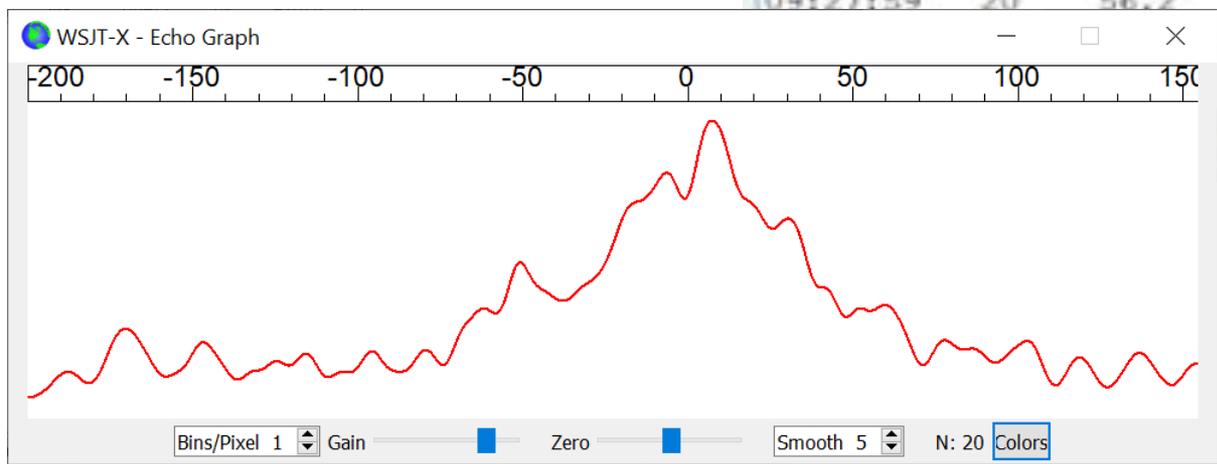
858

Width = 190 Hz

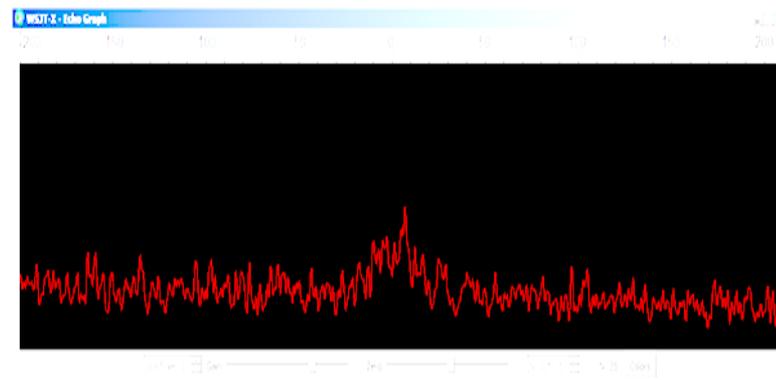
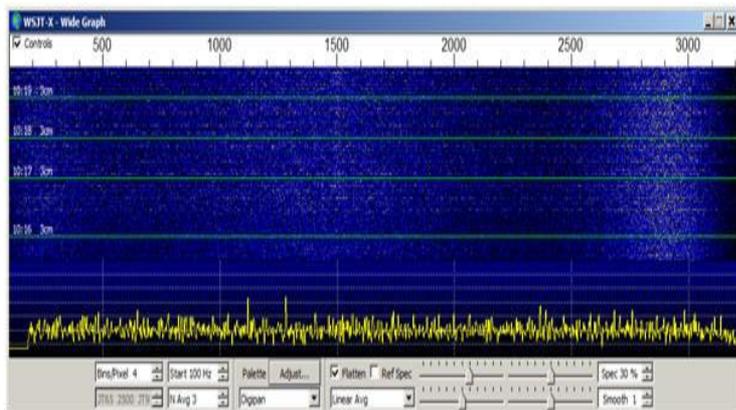
# ECHO

Při vzdálenosti Měsíce 360 – 410 tis. km se vrátí odraz za 2,4 – 2,7 s.

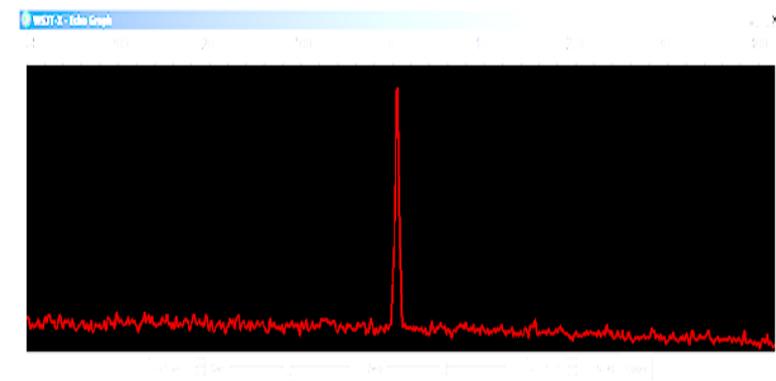
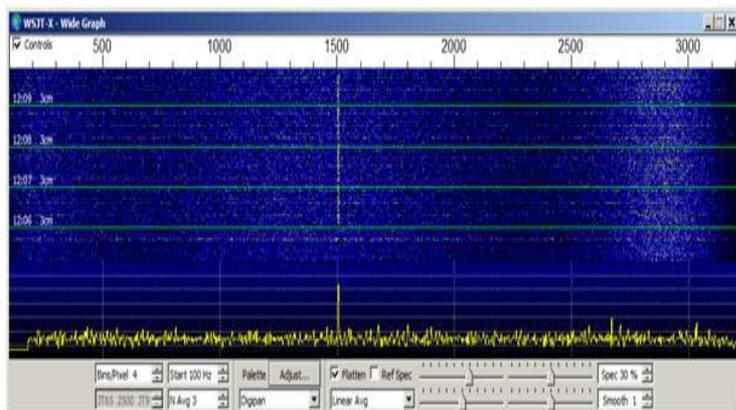
WSJT-X umožňuje měřit reálné parametry Echa i při velmi vysokém spreadu.



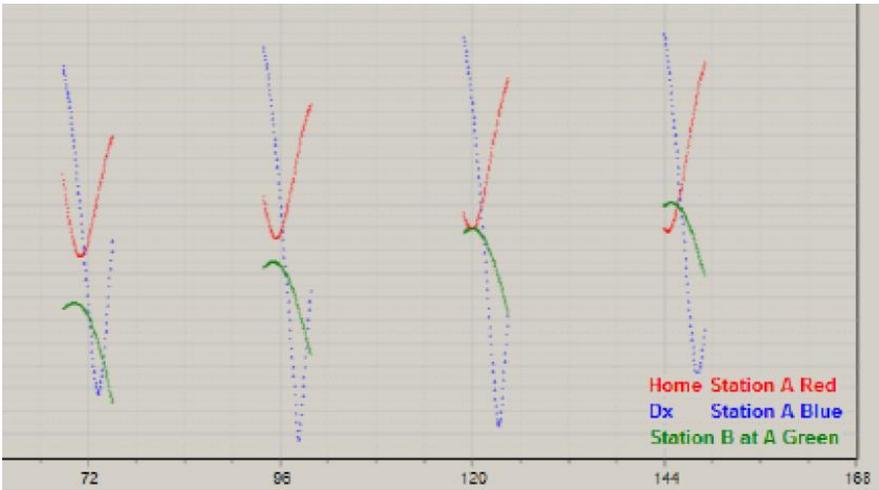
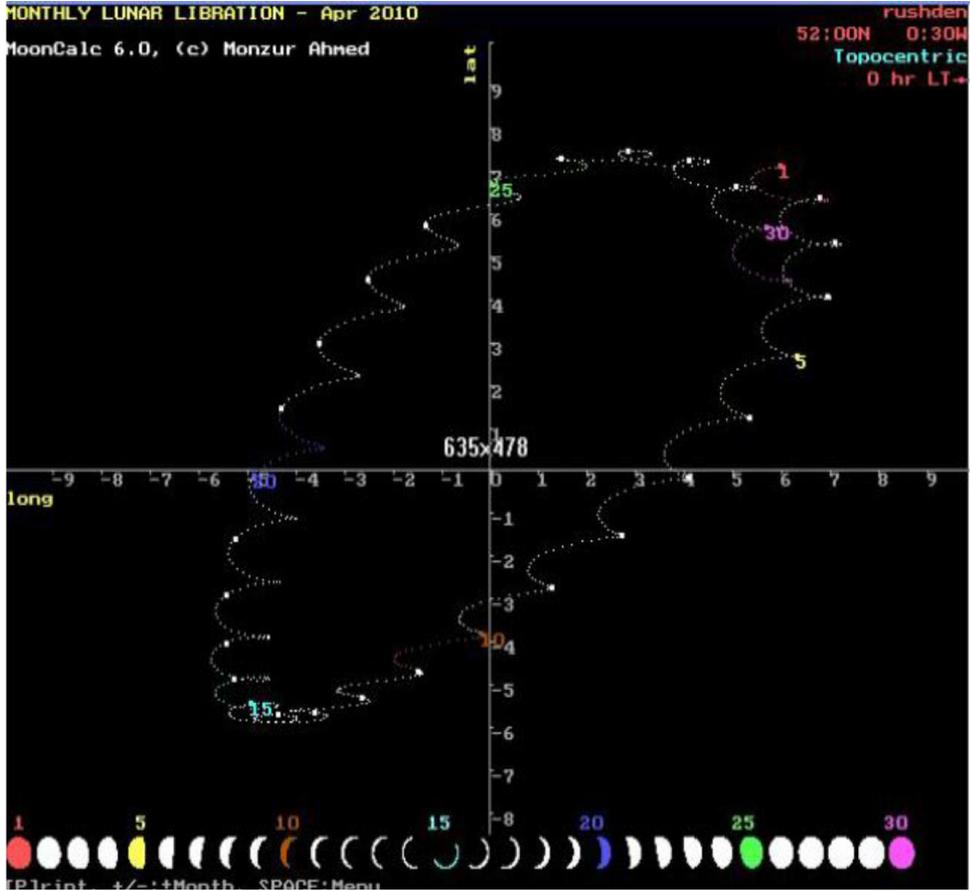
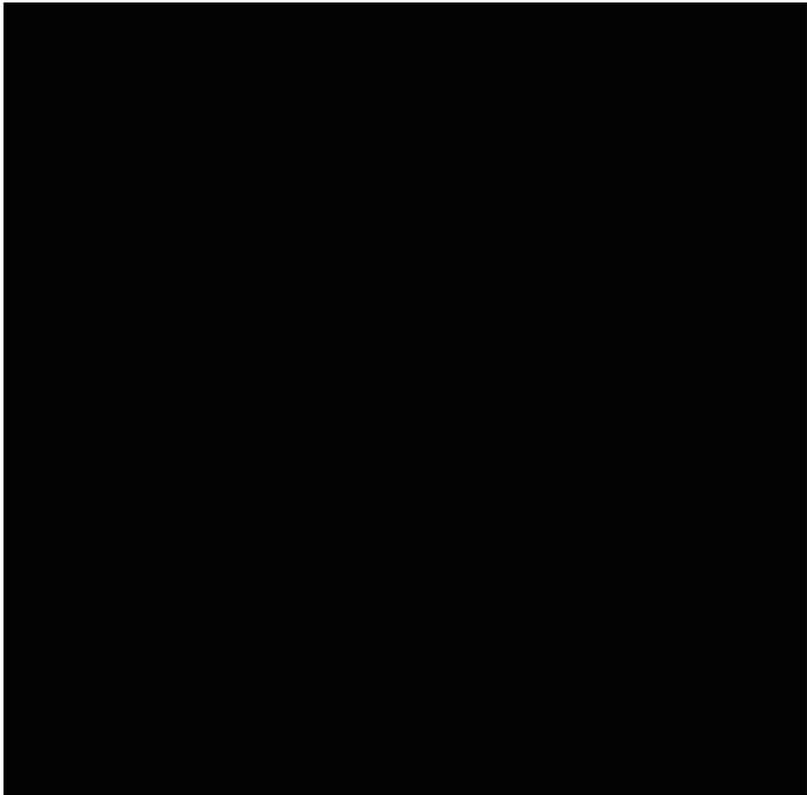
Po většinu měsíčního okna je spread 100 Hz i více



Před západem či při východu Měsíce se spread sníží, někdy i na 10 Hz



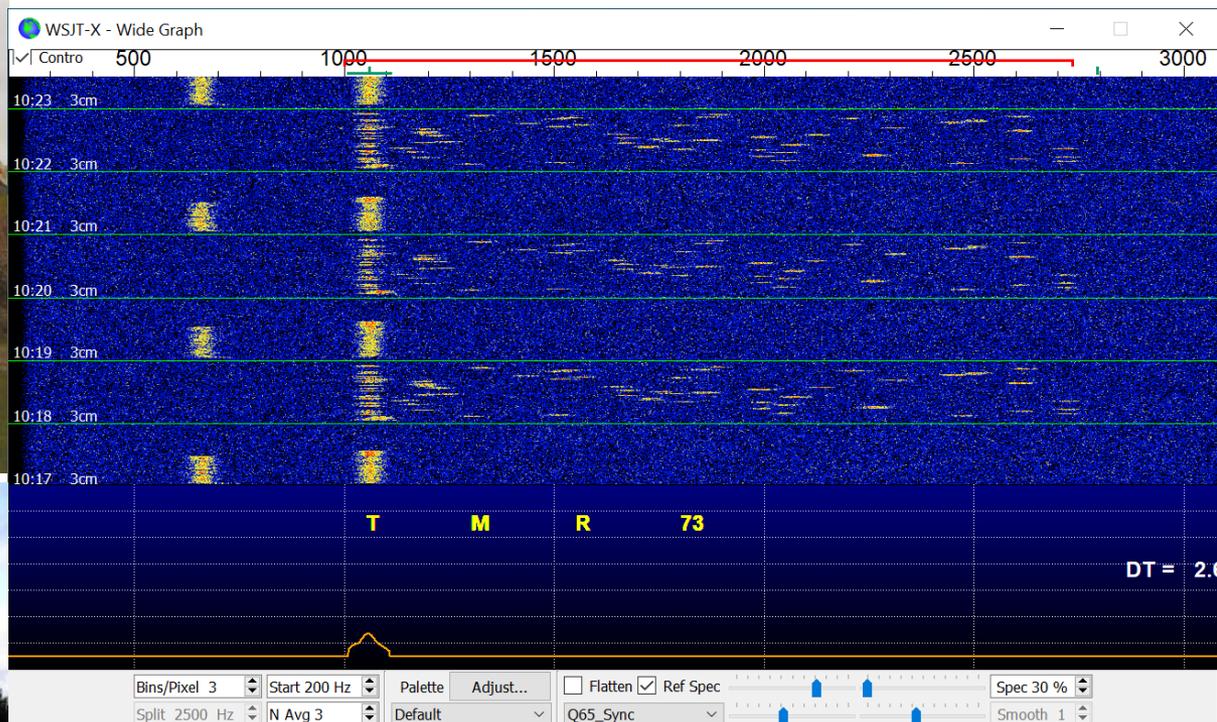
# Librace Měsíce – spread spektrum



# Maják DL0SHF na 10 a 24 GHz

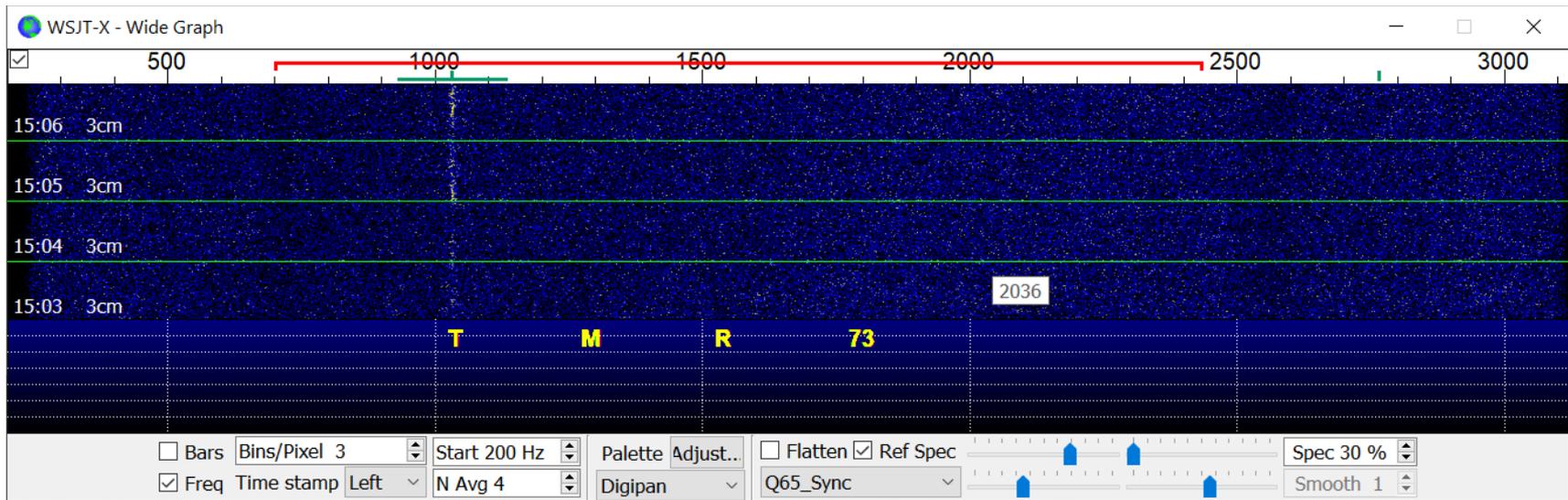
JO54CG  
Per DK7LJ

10368,024, Full Dopp, Q65-60E, GPS stab.  
7,2 m Dish  
50 W vodou chlazený SSPA



24048,025, Full Dopp, Q65-60E, GPS stab.  
3,7 m Dish  
10 W SSPA (120 W TWT na požádání)

# OK0EA



Přijímač se stabilizací GPS je naladěn na 10368,049 MHz a tedy zázněj 1000 Hz odpovídá přesně kmitočtu 10368,050. Rozdíl mezi mnou a OK0EA je tedy 33 Hz. Signál je přijímán v azimutu 160° v JN89eu, tedy totální odraz.

# Ad 8) Dobré plánování

podmínky pro spojení jsou značně proměnné

- librace Měsíce – spread
- deklinace Měsíce
- konjukce se Sluncem
- teplota oblohy (+ atmosférické podmínky)
- polarizace signálu
- Měsíc v apogeu a perigeu - 2,26 dB

WSJT-X - Astronom...

2025 pro 02  
UTC: 10:25:41  
Az: 33.9  
El: -18.6  
SelfDop: 14080  
Width: 252  
Delay: 2.42  
DxAz: 30.8  
DxEl: -18.4  
DxDop: 13503  
DxWid: 251  
Dec: 15.8  
SunAz: 175.8  
SunEl: 18.6  
Freq: 10368.2  
Tsky: 3  
Dpol: -2.6  
MNR: 0.0  
Dist: 362862  
Dgrd: -0.4

Doppler tracking



wsjtx



EMECalc



LibCalc



EMEPlanner



NoiseSources



MoonSked



EME System



OK2AQ – 1.2 m offset dish



OK2AQ – 1.8 m offset dish



VK7MO – 0.77 m dish



HB9Q as 3DA0MB, EA6, G8RWG 1,2 m dish, 10 W  
HB0, SV9, SV5, TK, ISO  
– 1.5 m dish, 60 W

SA5IKN  
0,9 m dish, 27 W  
bateriové napájení

SO5AZ  
0,6 m dish, 10 W



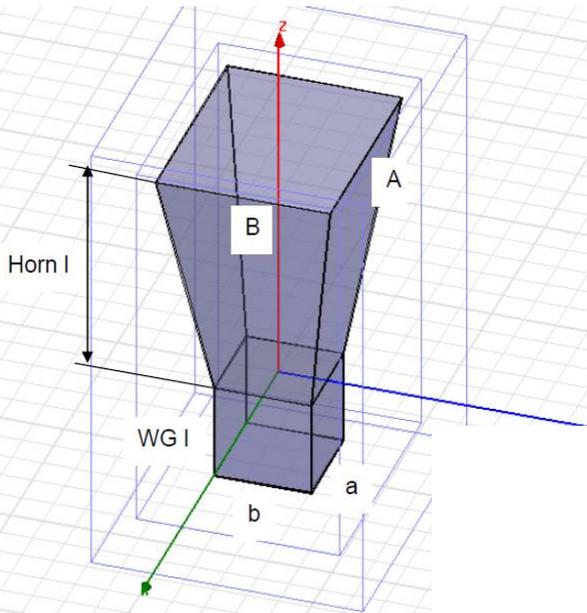
1186 QSO, 177 CW + Digi inicálů, 49 DXCC

# 23 cm & 1.8 m offset dish

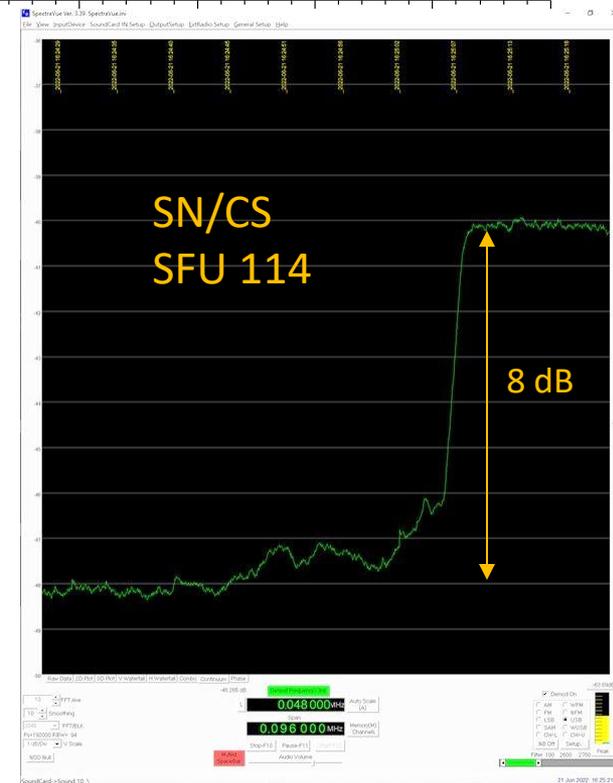
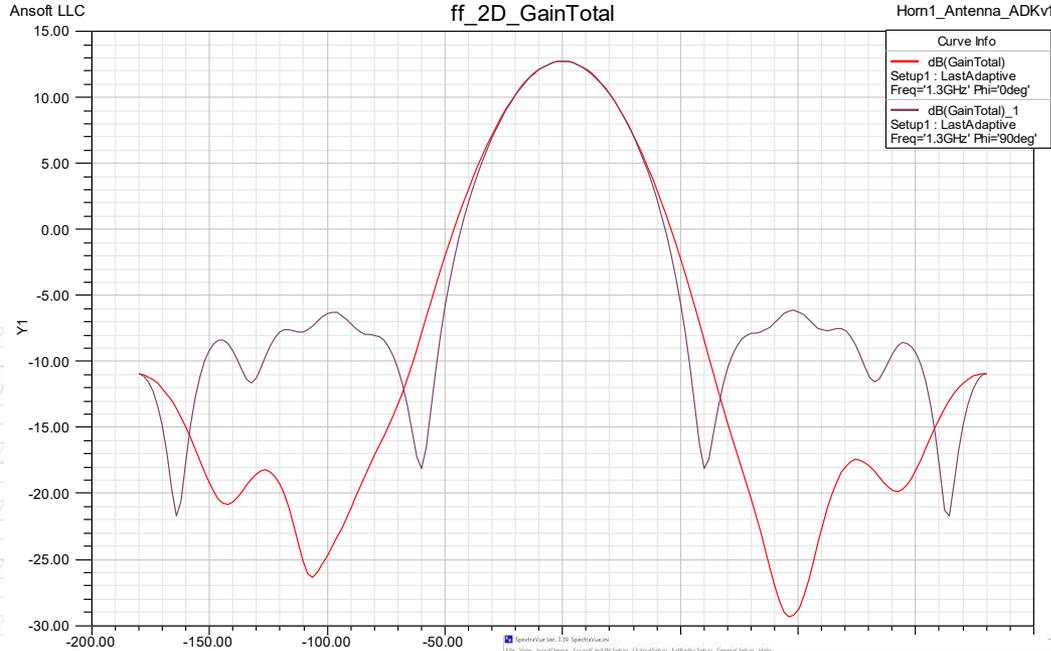
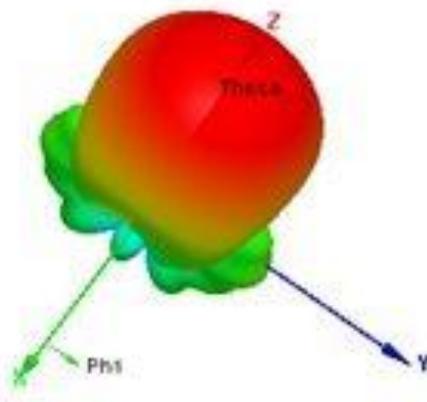


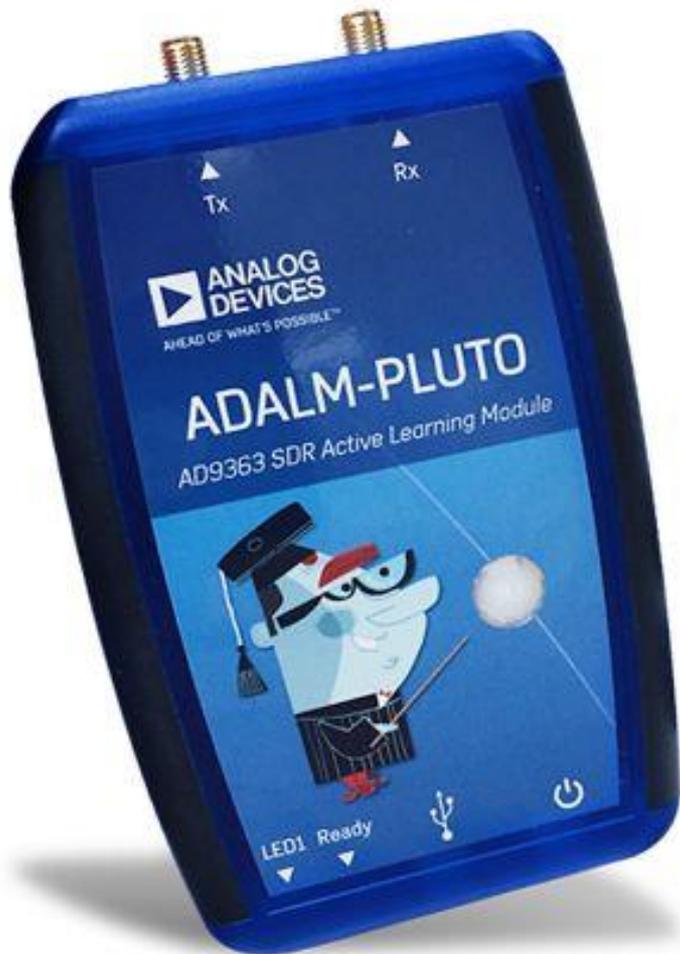
# SEPTUM + HORN

-8 dB pro  $35^\circ$   $f/D = 0,8$   
 -13 dB pro  $45^\circ$   $f/D = 0,6$



**a = b = 150 mm**  
**WG I = 150 mm**  
**A = 335 mm**  
**B = 270 mm**  
**Horn I = 400 mm**





Specifications	Typical
<i>Power</i>	
DC Input (USB)	4.5 V to 5.5 V
<i>Conversion Performance and Clocks</i>	
ADC and DAC Sample Rate	65.2 kSPS to 61.44 MSPS
ADC and DAC Resolution	12 bits
Frequency Accuracy	±25 ppm
<i>RF Performance</i>	
Tuning Range	70 MHz – 6 GHz
Tx Power Output	7 dBm
Rx Noise Figure	<3.5 dB
Rx and Tx Modulation Accuracy (EVM)	-34 dB (2%)
RF Shielding	None
<i>Digital</i>	
USB	2.0 On-the-Go
Core	Single ARM Cortex®-A9 @ 667 MHz
FPGA Logic Cells	28k
DSP Slices	80
DDR3L	4 Gb (512 MB)
QSPI Flash	256 Mb (32 MB)
<i>Physical</i>	
Dimensions	117 mm × 79 mm × 24 mm 4.62" × 3.11" × 0.95"
Weight	114 g
Temperature	10°C to 40°C

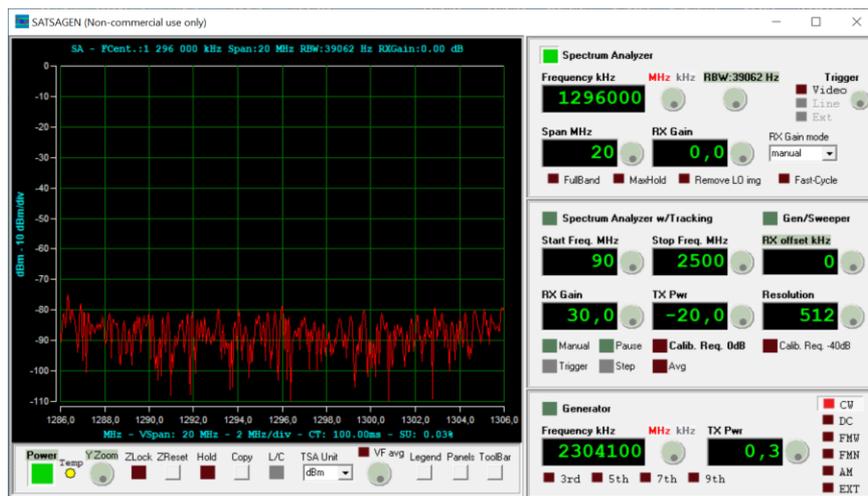
## Výhody:

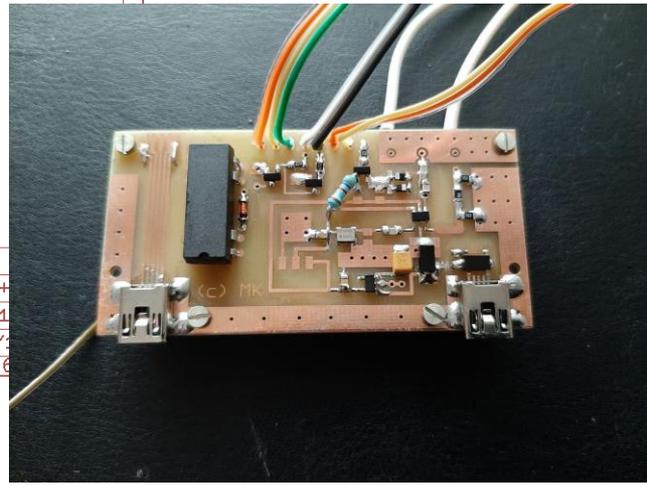
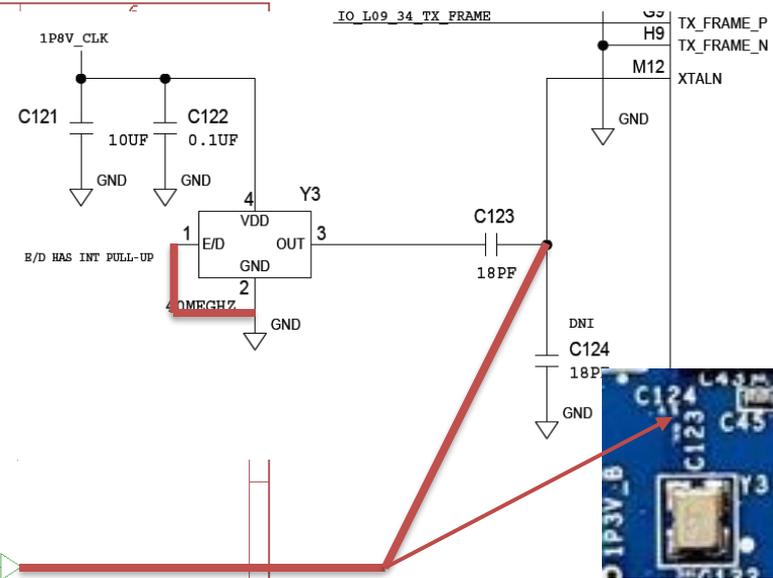
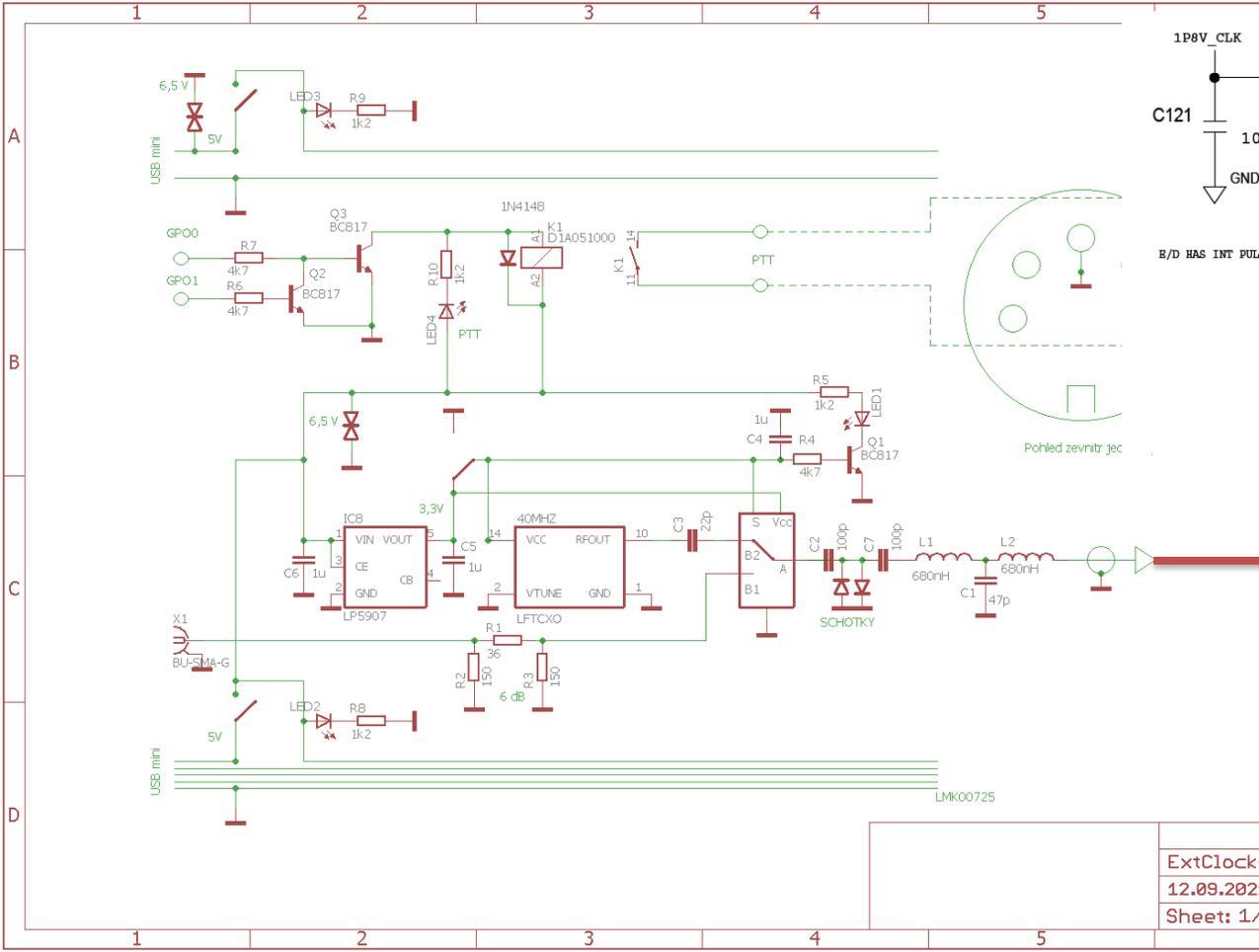
- nízká cena
- frekvenční rozsah 70 MHz - 6 GHz
- vysoká rychlost vzorkování – BW 20 MHz
- malé rozměry
- podpora Matlab
- mnoho uživatelů – mnoho aplikací
- perfektní design - 10 vrstvý PCB
- IIO Oscilloscope
- SATSAGEN

## Nevýhody:

- nemá RF stínění
- nízká frek. stabilita
- nemá PTT
- latence

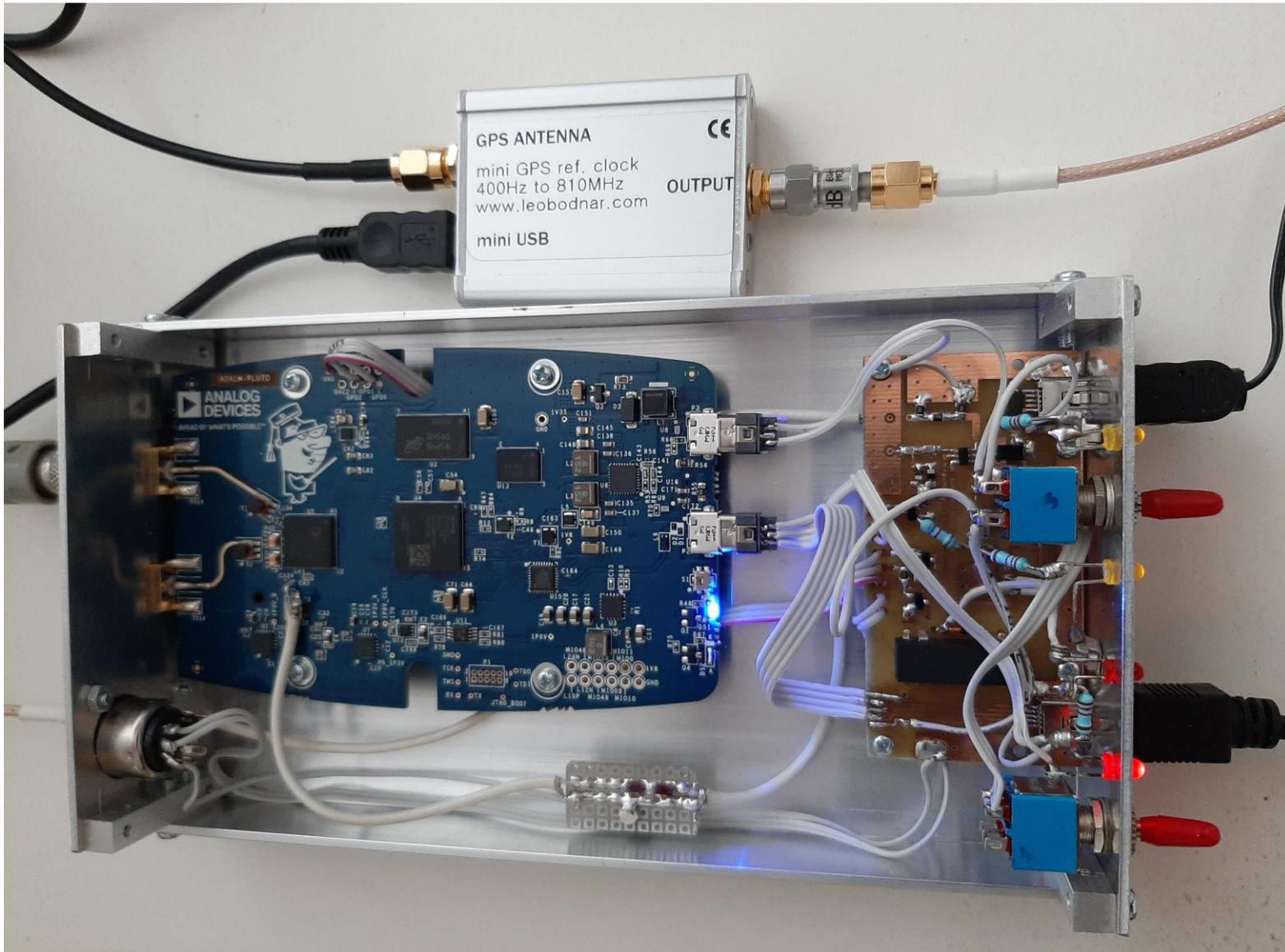
ADC/DAC 12 bit



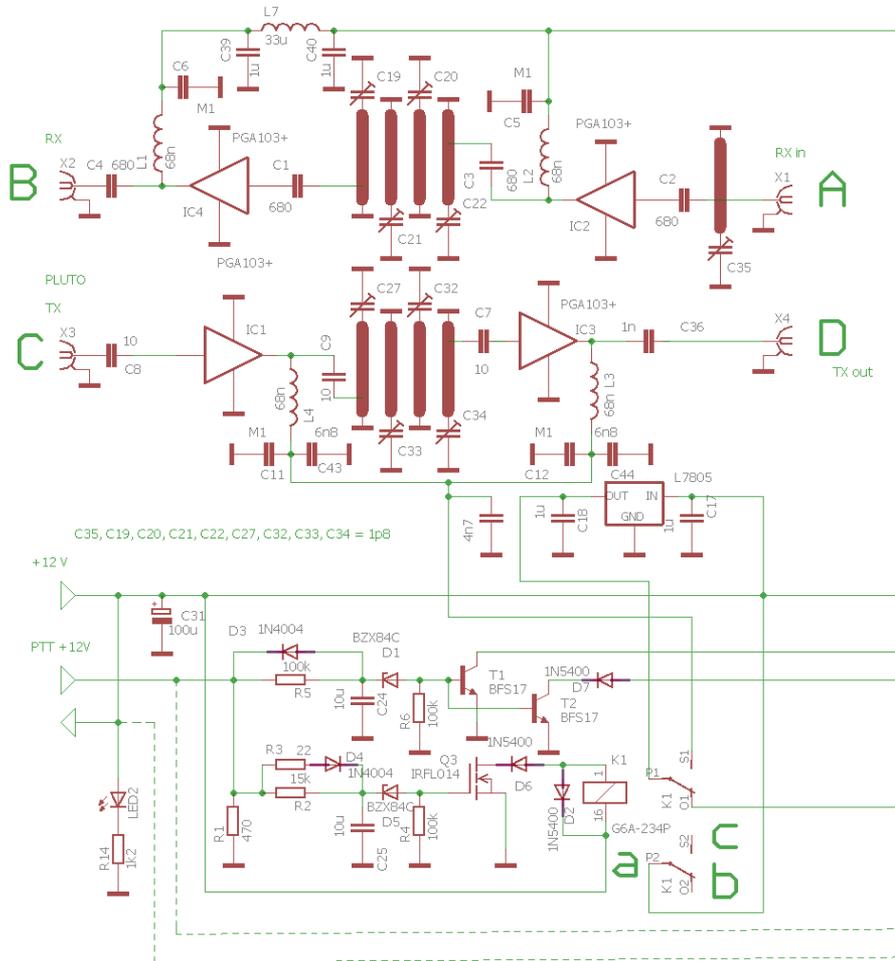


ExtClock+  
12.09.2021  
Sheet: 1/2

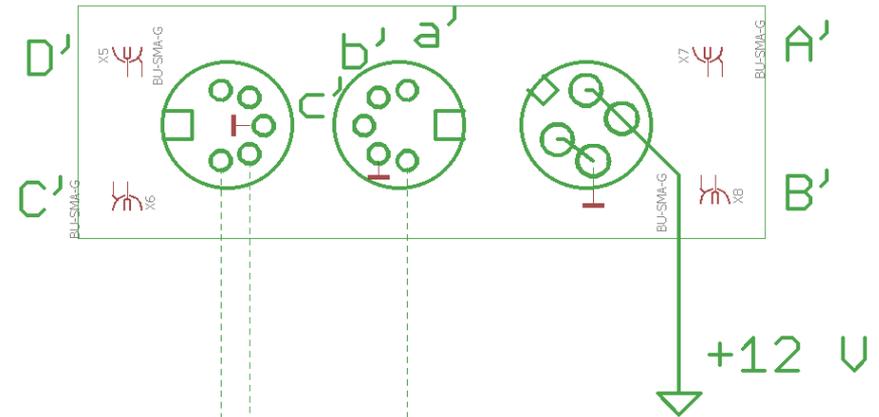
# Adalm PLUTO + nový TCXO & externí GPSDO

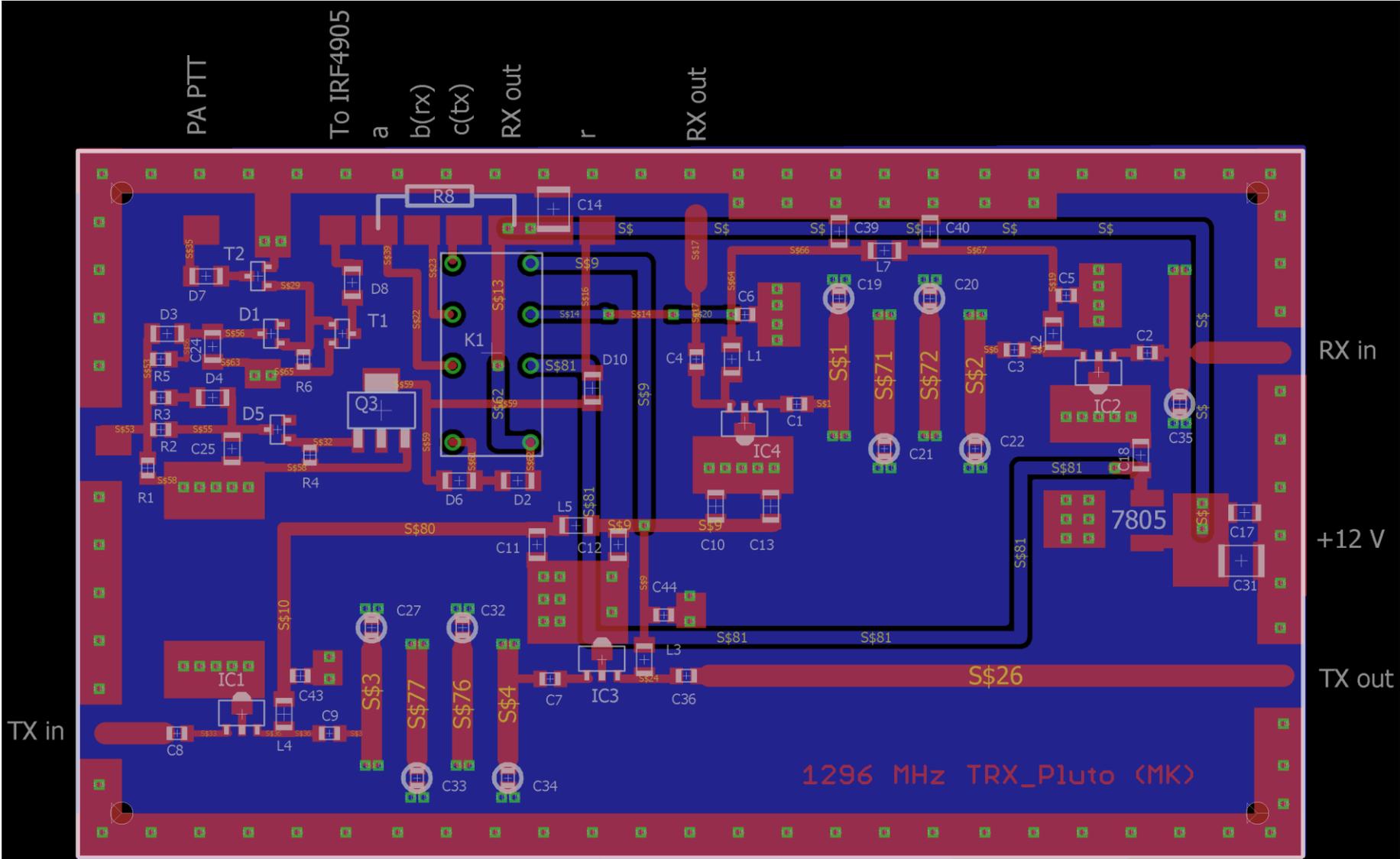


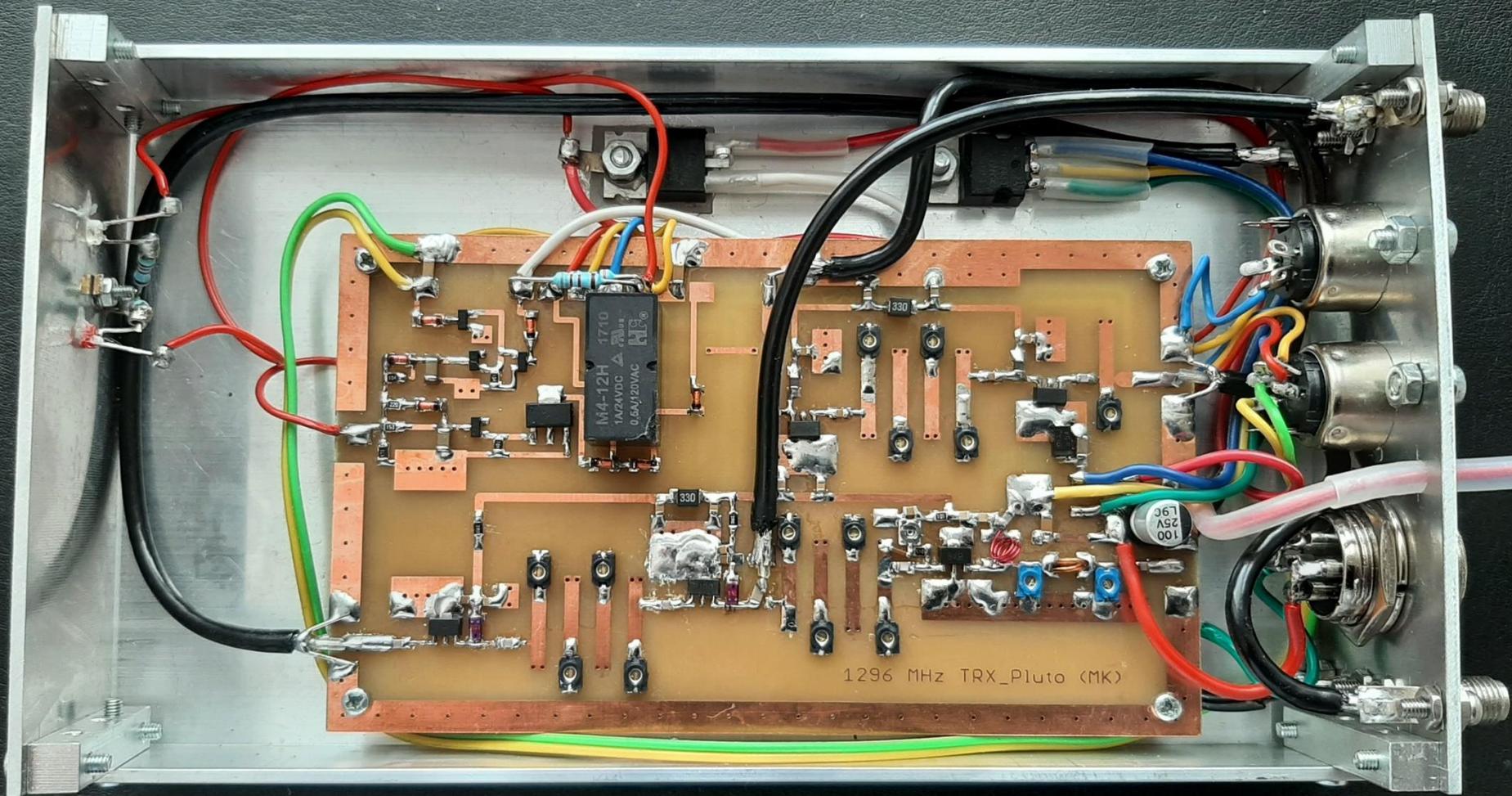
# 23 CM Front End



## Pohled zevnitř jednotky







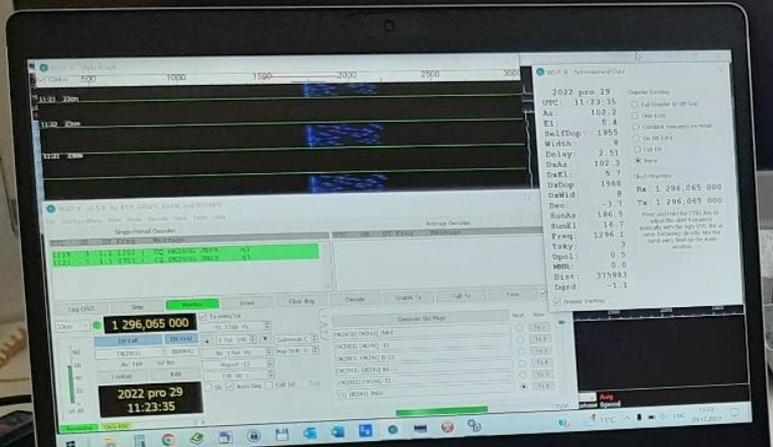
1296 MHz TRX\_Pluto (MK)

M4-12H 1710  
1A24VDC  
0.6A/20VAC  
HP

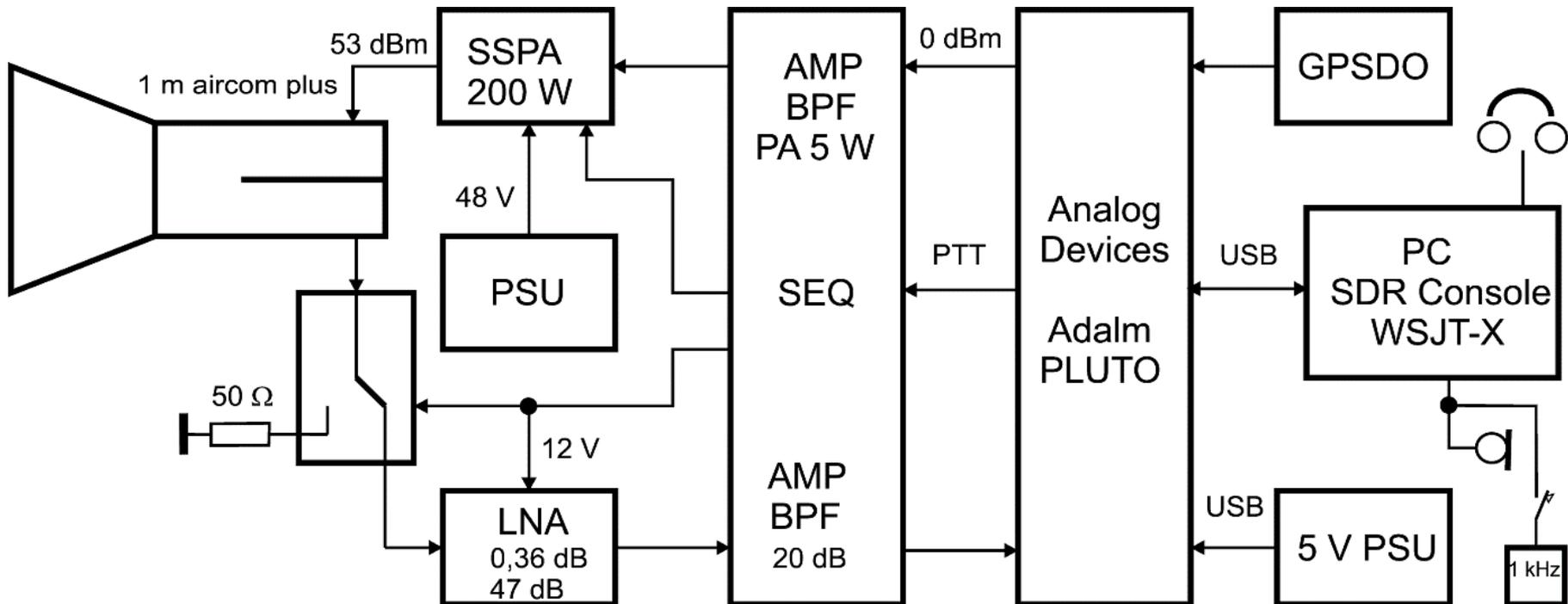
100  
25C  
36

330

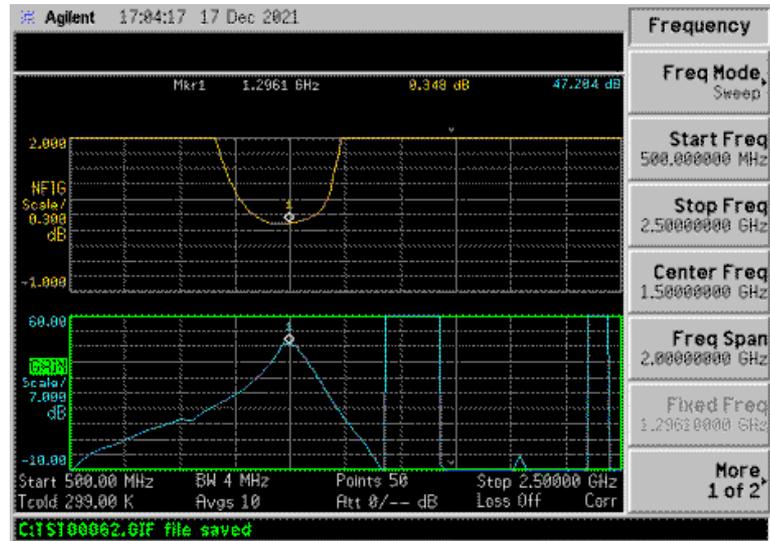
330



# 23 cm SETUP

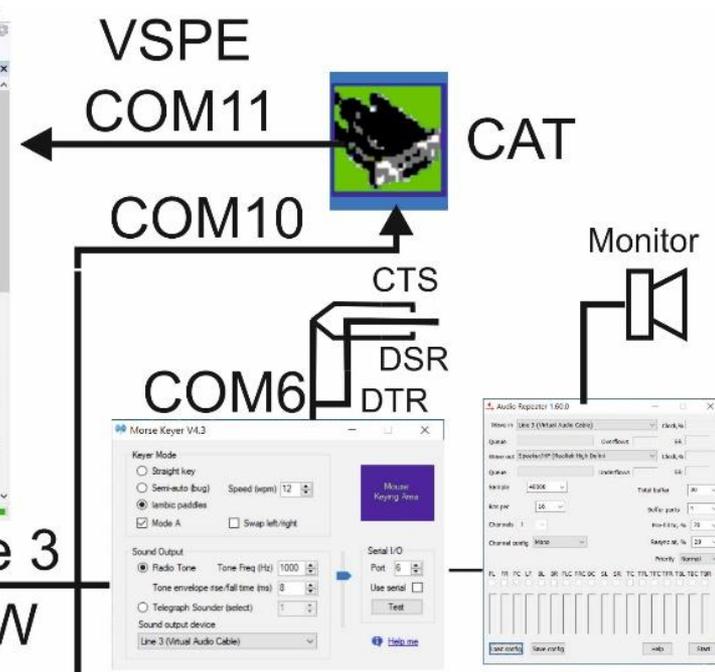
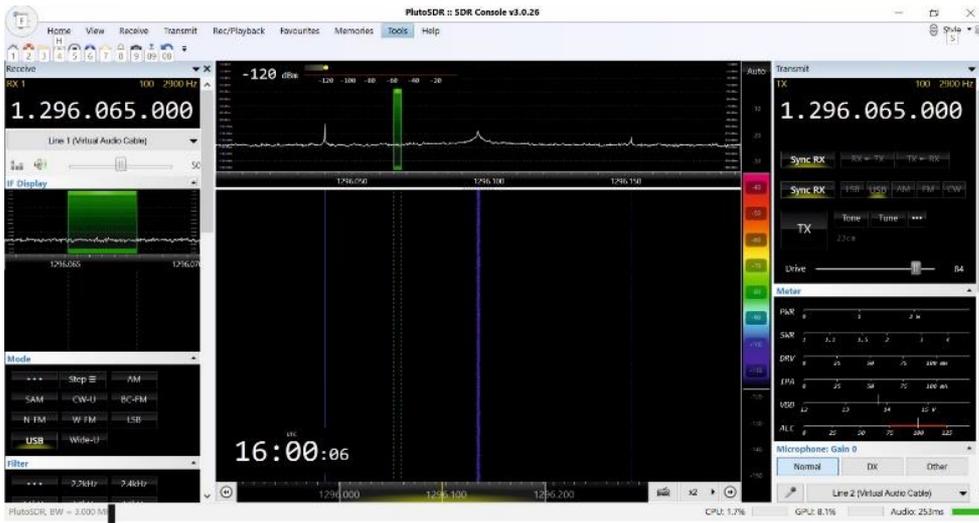


# 23 cm LNA



# 23 cm 200 W SSPA





Morse Keyer V4.3

Keyer Mode:  
 Straight key  
 Semi-auto (bug)  
 Lemo pads

Speed (wpm): 12

Mode A  Swap left/right

Sound Output:  
 Radio Tone Tone Freq (Hz): 1000  
 Telegraph Sounder (selected)

Sound output device: Line 3 (Virtual Audio Cable)

Serial I/O:  
 Port: 6  
 Use serial  
 Test

Audio Repeater V1.0.0

Source: Line 3 (Virtual Audio Cable)

Destination: Line 3 (Virtual Audio Cable)

Sample rate: 48000

Channels: 1

Channel width: 3000

WSJT-X v2.7.0-rc2 by K1JT et al.

File Configurations View Mode Decode Save Tools Help

Single-Period Decodes					Average Decodes				
UTC	DB	DT	Freq	Message	UTC	DB	DT	Freq	Message
1557	-22	2.9	1478	OK2AQ DF2VJ JN39	1554	Tx	1500	129	OK2AQ JN89
1559	-22	2.9	1478	OK2AQ DF2VJ R-19	1558	Tx	1500	129	DF2VJ OK2AQ -22
					1600	Tx	1500	129	LOTHAR 73

Log QSO Stop Monitor Erase Clear Avg Decode Enable Tx Halt Tx Tune  Menu

23cm 1 296,074 119 Tx even/1st Tx 1500 Hz Rx 1478 Hz Report -22 T/R 60 s

DX Call: DX Grid: JN39LI

Az: 269 682 km

Look up Add

2023 čvc 27 16:02:39

Tx: TU LOTHAR 73 Q65-60C Last Tx: DF2VJ OK2AQ RR73 0 1

WSJT-X - Astronomical Data

2021 lis 07  
 UTC: 16:11:08  
 Az: 217.7  
 El: 4.9  
 SelfDop: -1821  
 Width: 8  
 Delay: 2.41  
 DxAz: 121.5  
 DxEl: -0.1  
 DxDop: 311  
 DxWid: 13  
 Dec: -26.3  
 SunAz: 254.2  
 SunEl: -8.3  
 Freq: 1296.1  
 Tsky: 12  
 Dpol: 78.7  
 MNR: 0.7  
 Dist: 360876  
 Dgrd: -0.8

Doppler tracking:  
 Full Doppler to DX Grid  
 Own Echo  
 Constant frequency on Moon  
 On DX Echo  
 Call DX  
 None

Sked frequency  
 Rx: 1 296,065 000  
 Tx: 1 296,065 000

Press and hold the CTRL key to adjust the sked frequency manually with the rig's VFO dial or enter frequency directly into the band entry field in the main window.

Doppler tracking



KB7Q, 1,5 m dish, 300 W



EA8DBM 2,4 m dish  
200 – 500 W  
E7, 4O, MD, MJ, MU,  
OH0, YL, TA1, HL2



KB2SA 1 m dish, 900 W

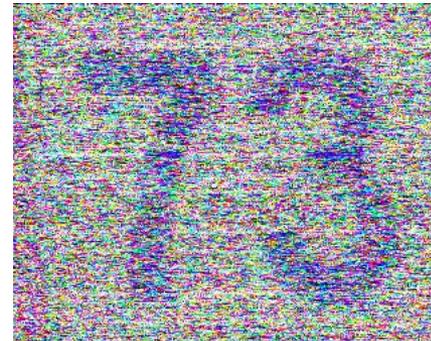
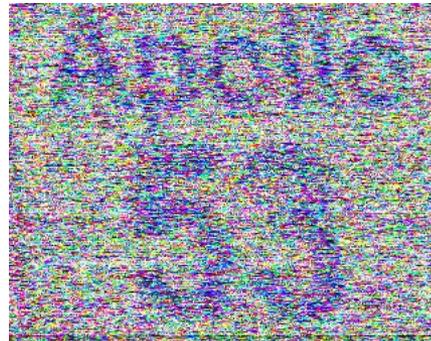
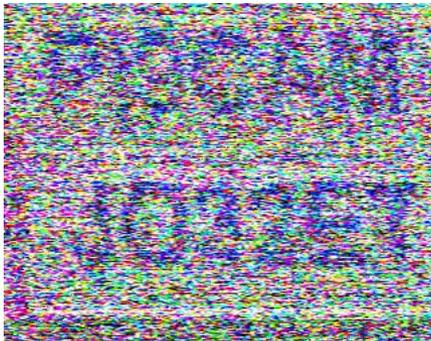


IS0/HB9COG  
1,5 m dish, 100 W



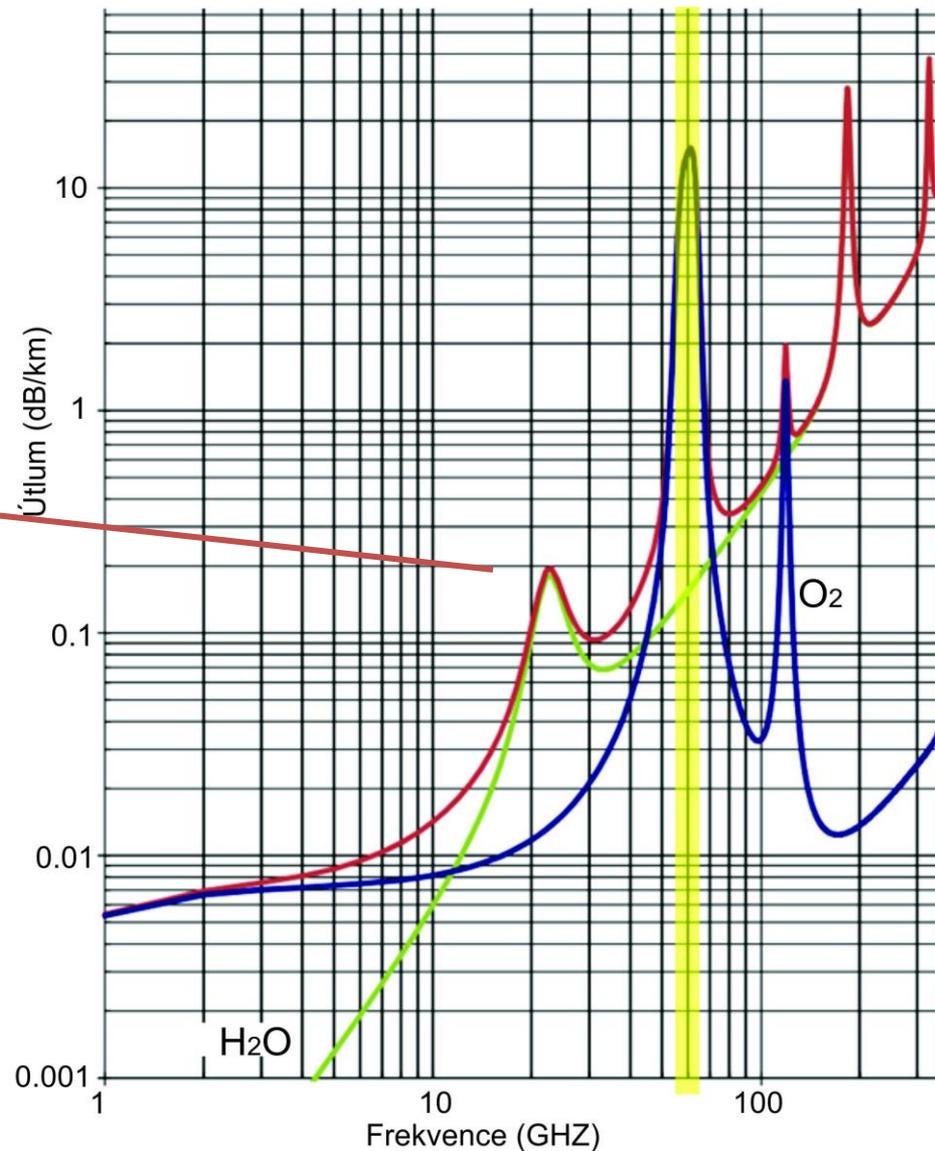
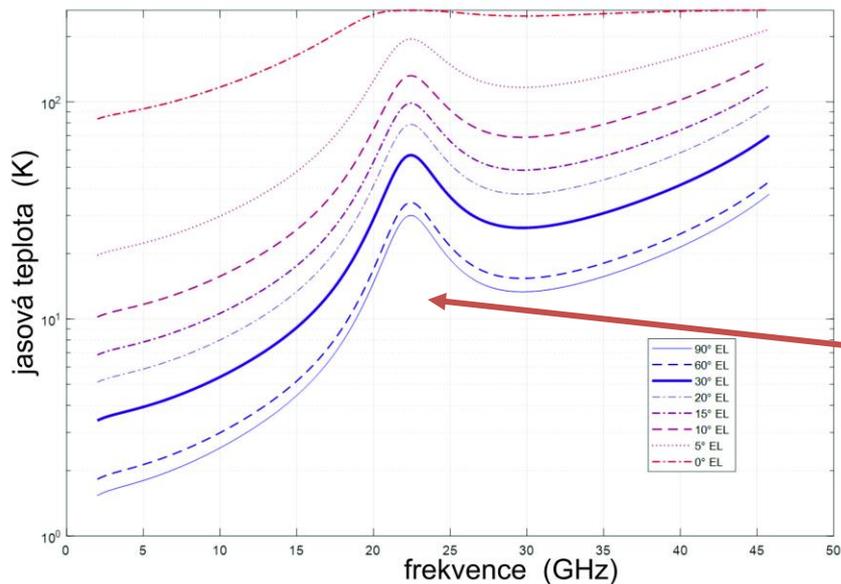
PY0FBS  
2,4 m dish, 200 W

PI9CAM



715 QSO  
250 CW+Digi  
inicialũ  
58 DXCC

# 24 GHz



Prodlin 1194 (už není malá)  
 Síťová oka ~ 1 mm  $\lambda = 12$  mm

1,8

24048

0,6

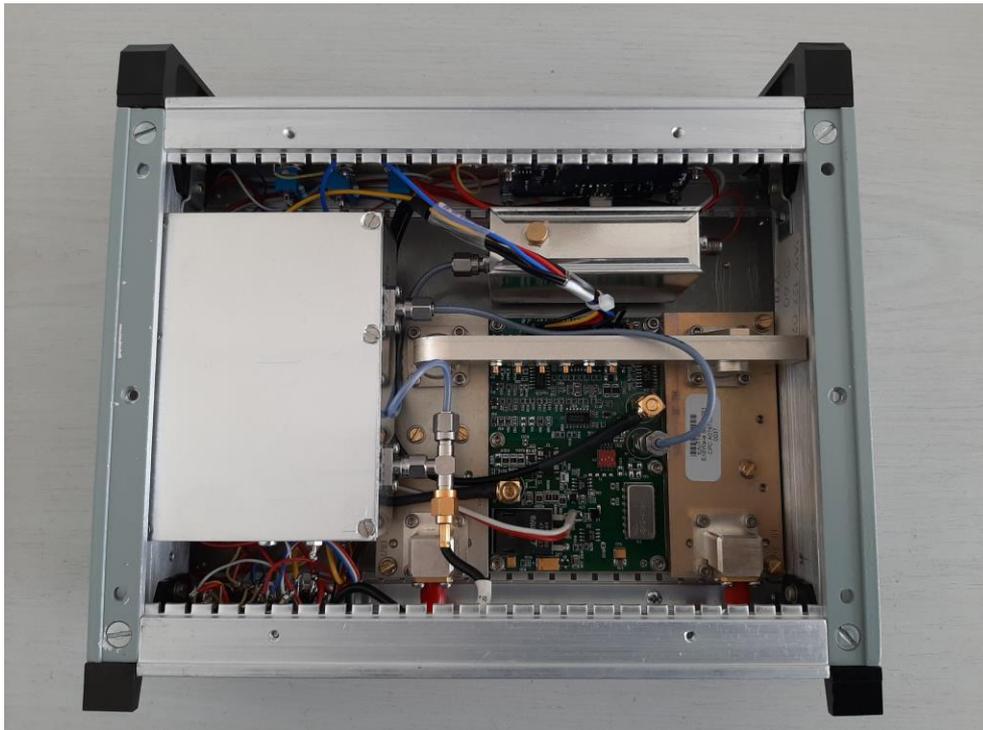
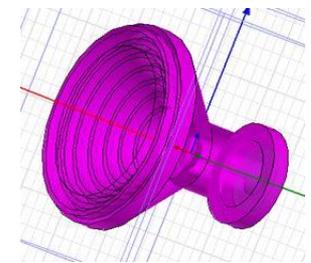
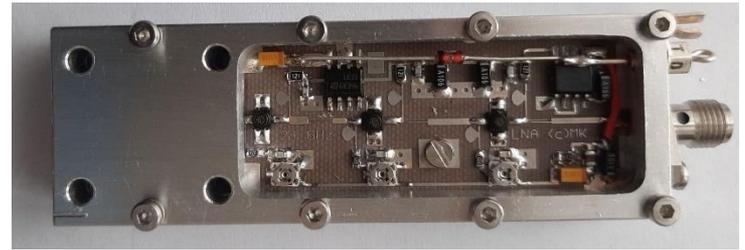
50,9

0,48

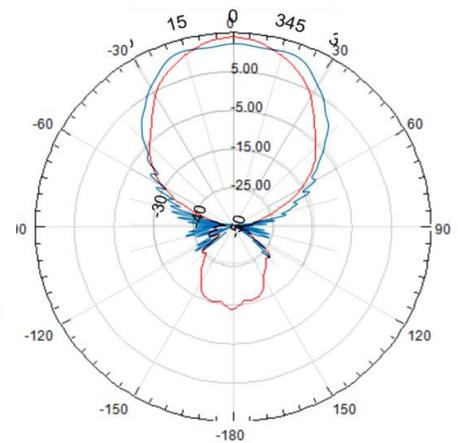
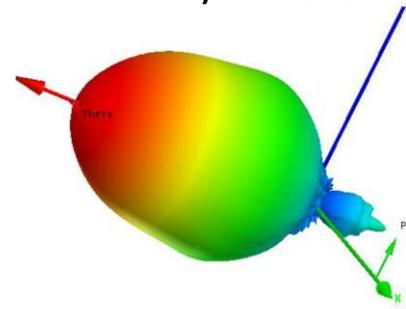
12,2

1,6

# 24 GHz



$f/D = 0.8$



# Děkuji Vám za pozornost

<http://www.urel.feec.vutbr.cz/esl/files/EME/EME.htm>

