

Ruis in amateur ontvangers

PA0EHG

Wat wil ik vertellen

- Soorten ruis waarvan we last hebben
- Relatie met wat we willen ontvangen
- Noise figure, cascade en meten
- Ruis en SDR

Ruis in ontvangers

Verschillende soorten ruis

- Thermisch
- Man made

Ander soort

- Intermodulatie
- LO phase noise
- Image frequentie noise
- Atmosferische ruis
- Galactische ruis

Thermische ruis

- Witte ruis
- Altijd aanwezig
- Recht evenredig met temperatuur
- Ruisvermogen $P = k * T * B$
- $k = 1.38 * 10_{\text{exp}-23}$
- T is temperatuur in Kelvin
- B is bandbreedte in Hz

Thermische ruis

- Bepaald de ondervloer van wat te ontvangen is
- Bij bandbreedte 100 Hz
- $P = 290 * 1.38 * 10_{\text{exp-23}} * 100$
- Omzetten in dB
- $P = 10 * \log(290 * 1.38 * 10_{\text{exp-23}} * 100)$
- $P = -184 \text{ dBW}$ ofwel -154 dBm

Verskil bandbreedte

- In 100 Hz dus $P = -154$ dBm
- In 1000 Hz $P = -144$ dBm
- In 3000 Hz $P = -139$ dBm
- Zwakkere signalen dan thermische ruis ontvangen lukt niet, tenzij we de temperatuur flink verlagen, ook mogelijk om antenne temp te verlagen

Man made noise

- Helaas weinig aan te doen anders dan elimineren bv door gebruik richt antenne of bv magnetische loop
- Moderne tijd, steeds meer man made noise, ook op steeds hogere frequenties

Ruis over spectrum

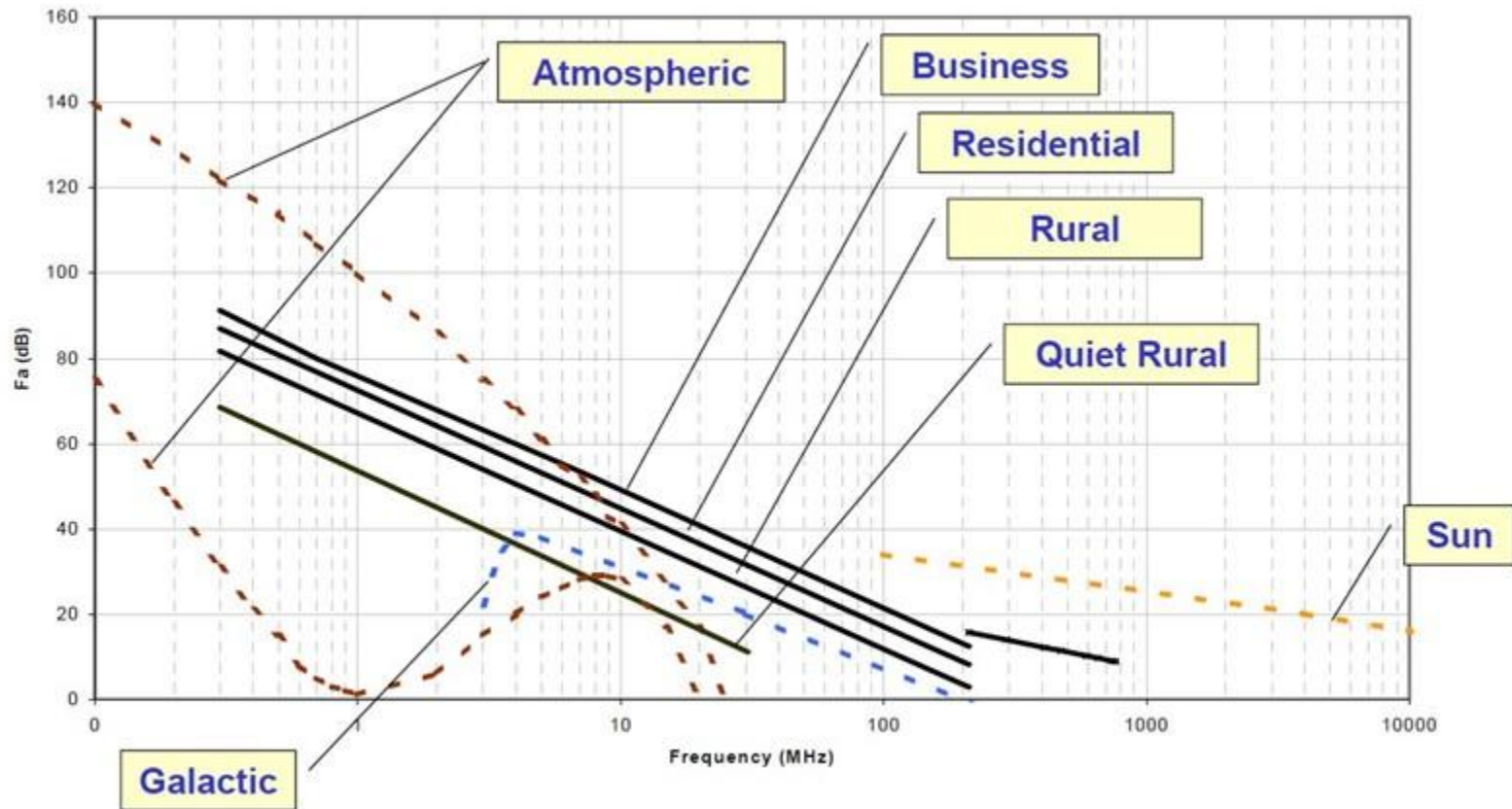


Figure 2 Noise distribution with Frequency

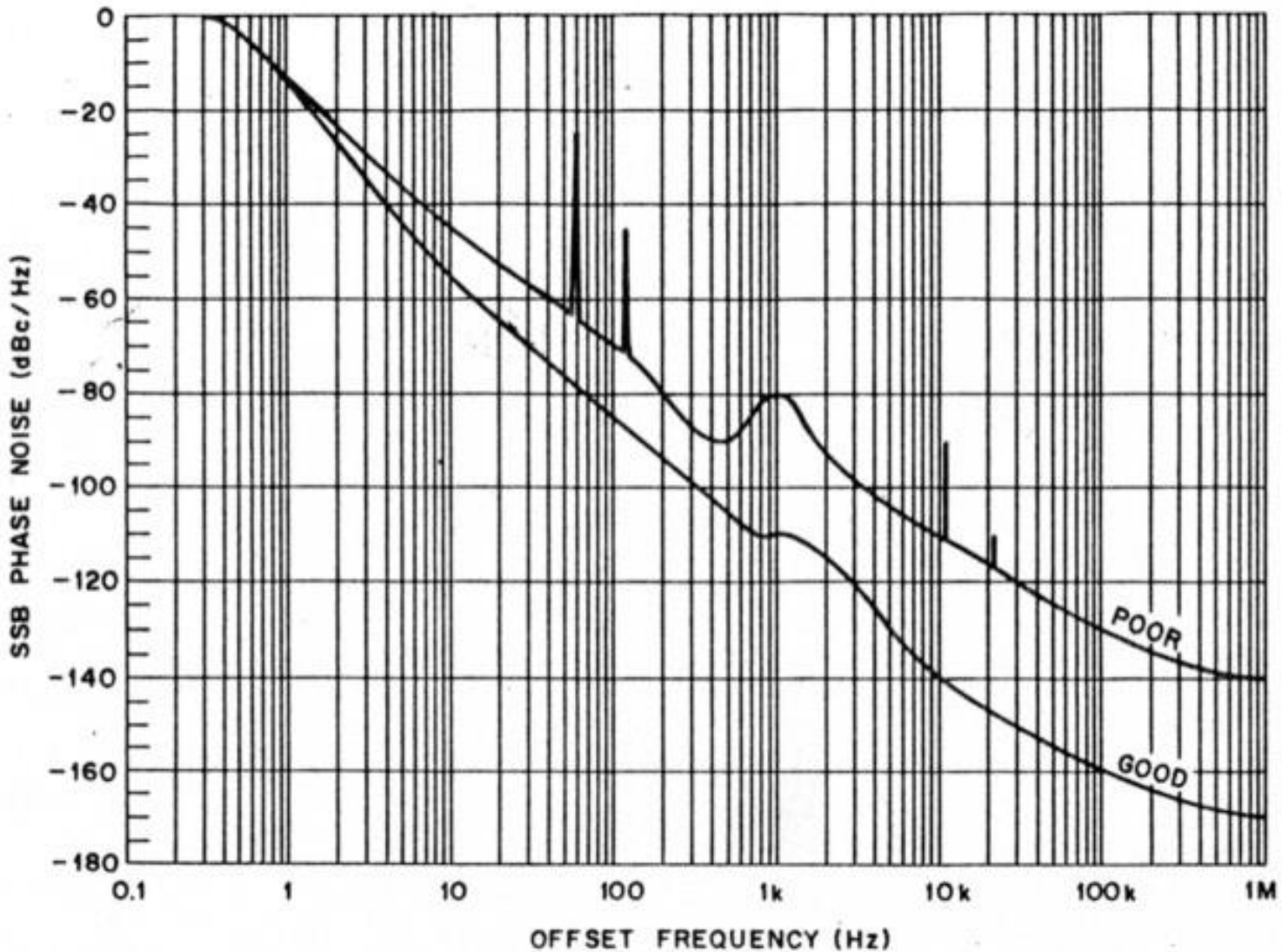
Image frequentie

- Bij gebruik freq omzetting goed opletten voor voldoende > 20 dB spiegelonderdrukking
- Bij geen spiegelonderdrukking krijg je de ruis van de spiegelfreq ook geconverteerd in het IF
- Met name probleem als er een voorversterker gebruikt wordt zonder filter voor de mixer

LO phase noise

- Bij het opwekken van een LO signaal hebben we componenten die ruis toevoegen
- Dat resulteert in een ruis signaal naast het LO signaal
- Freq vermenigvuldigen geeft $20 \log N$ verslechterde phase noise

Phase noise plot; 100 MHz



Voorbeeld

- Stel 20 kHz afstand is een sterk signaal aanwezig
- Uit plot blijkt LO Phase noise is -115 dBc/Hz
- LO freq vermenigvuldiging X 18
- $20 \log N$ is 25 dB verslechtering
- Dus Phase noise wordt -90 dBc/Hz op 20 kHz afstand
- In 3 kHz filter wordt het 35 dB slechter dus 55 dBc/3kHz

Phase noise

- Vaak gedacht dat slechte phase noise een probleem is voor very weak signal ontvangst, dat is niet zo
- Alleen als er ook sterke signalen in de buurt zijn die kunnen mengen met de phase noise en zo een signaal geven op de middenfreq of te ontvangen freq

Phase Noise

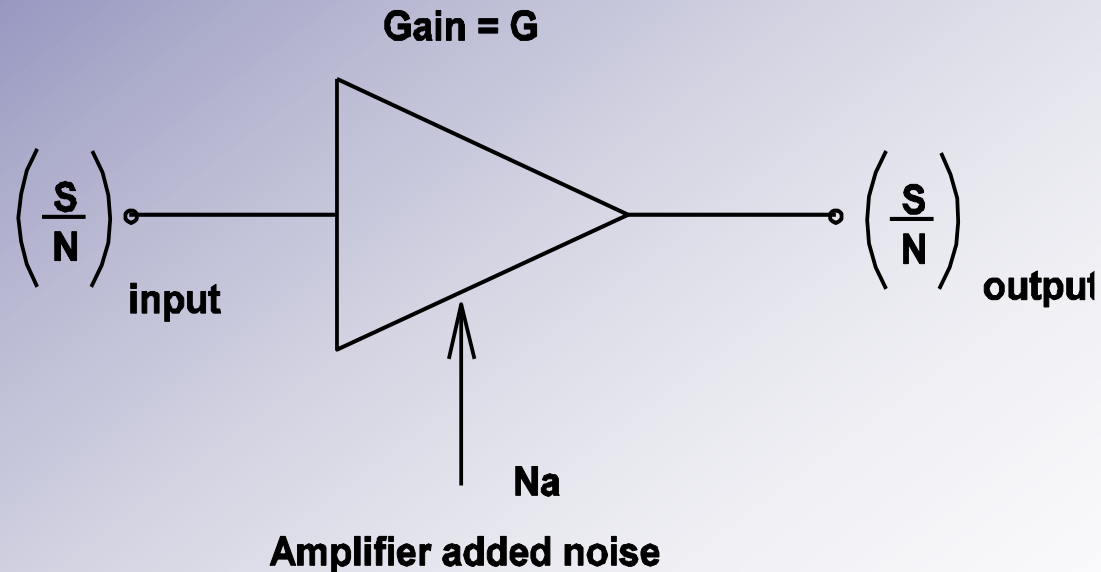
- Ruis mengt ook met eigen LO dus stel een microgolf ontvanger zonder pre-amp en een IF 144 MHz dan kan de phase noise op 144 MHz afstand van de LO mengen met de LO en zo in de ontvanger freq terecht komen en een verhoogde ruisvloer geven
- Oplossing: pre- amp ervoor die de ruis duidelijk overstijgt

Phase noise

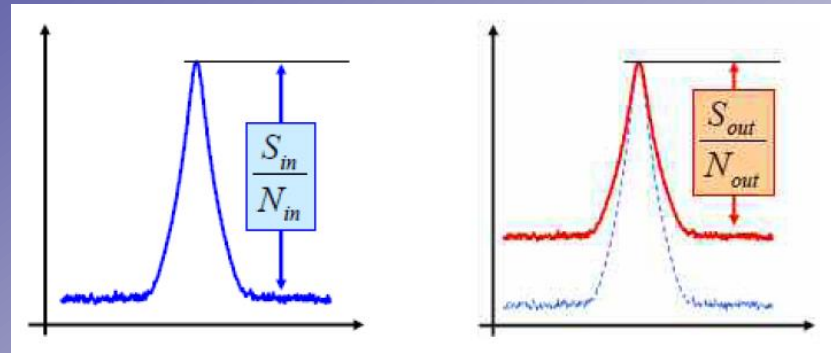
- Freq Jitter is ook een vorm van Phase noise maar dan heel dicht bij LO freq
- Bij alleen hele zwakke signalen is Phase noise eigenlijk niet zo belangrijk
- De Tone moet wel T9 blijven en dus niet hoorbaar jitteren

Noise figure definitie

$$F = \frac{\left(\frac{\text{signal}}{\text{noise}}\right)_{\text{input}}}{\left(\frac{\text{signal}}{\text{noise}}\right)_{\text{output}}}$$

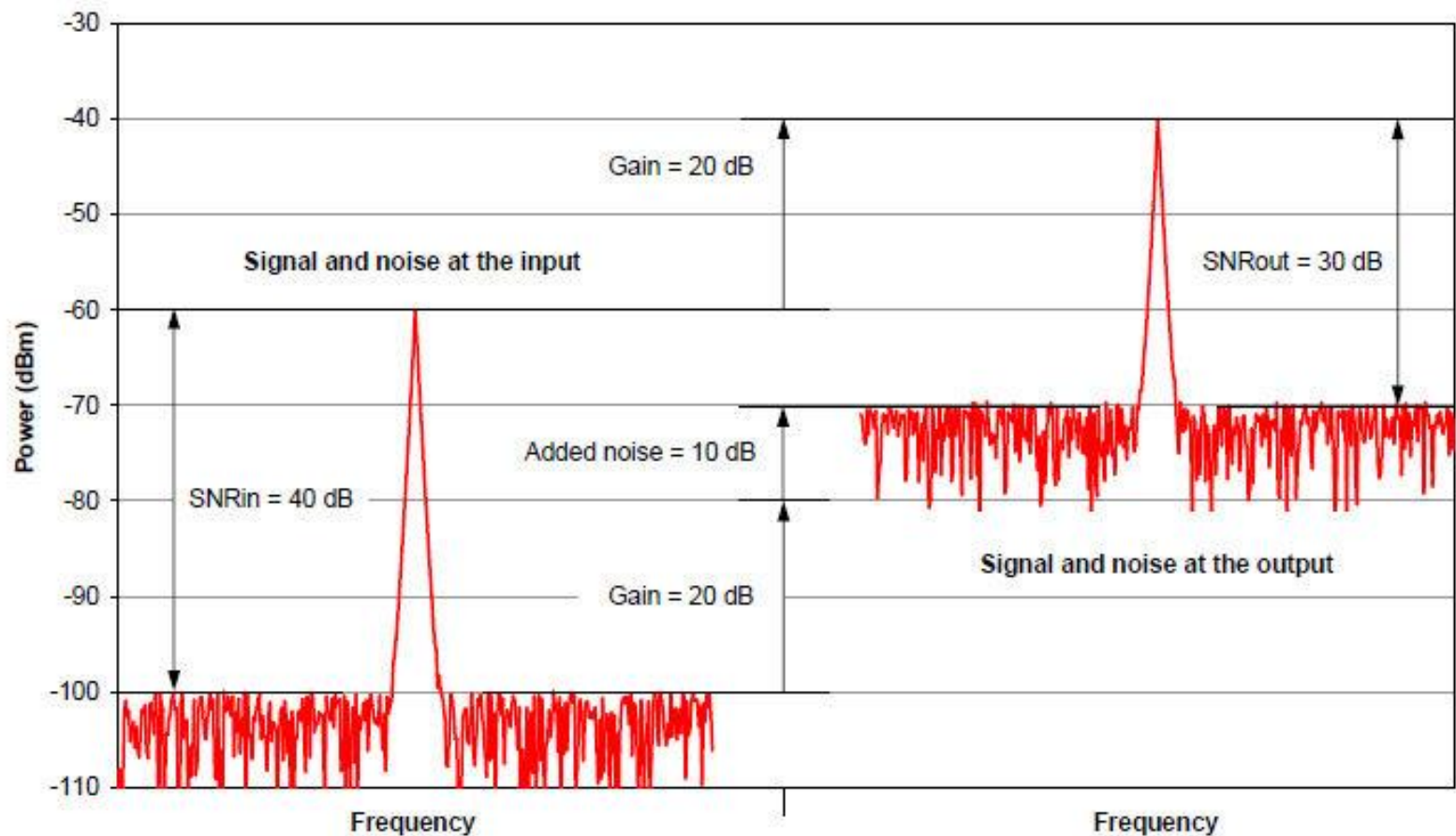


Noise figure



- Wat is ruisgetal
- S/N input tov S/N output
- $F = \text{SNR}_{in} / \text{SNR}_{out}$
- $\text{NF} = 10 \log(F) = 10 \log(\text{SNR}_{in} / \text{SNR}_{out})$
- Ruisgetal in dB
- Stel voorversterker heeft 6 dB ruisgetal dan is ruisvloer in 3kHz $-139 + 6 = -133$ dBm

10 dB ruisgetal 20 dB gain



Friis Formule

- Berekend cascade van versterkers en verzwakkers om uiteindelijk het totaal ruisgetal te bepalen
(gain en ruisgetal als absolute waarde dus niet dB)



$$nf = nf_1 + \frac{nf_2 - 1}{g_1} + \frac{nf_3 - 1}{g_1 g_2} + \dots + \frac{nf_N - 1}{g_1 g_2 g_3 \dots g_{N-1}}$$

Cascade

	NF (db)	Gain (db)	
Stage 1	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="10"/>	Results Total NF : 0.6969 dB Total Gain : 20.0000 dB Noise Temp : 50.4734 K
Stage 2	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="10"/>	
<input type="button" value="Calculate"/>			

	NF (db)	Gain (db)	
Stage 1	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="10"/>	Results Total NF : 1.2141 dB Total Gain : 20.0000 dB Noise Temp : 93.5353 K
Stage 2	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="10"/>	
Stage 3	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0"/>	
<input type="button" value="Calculate"/>			

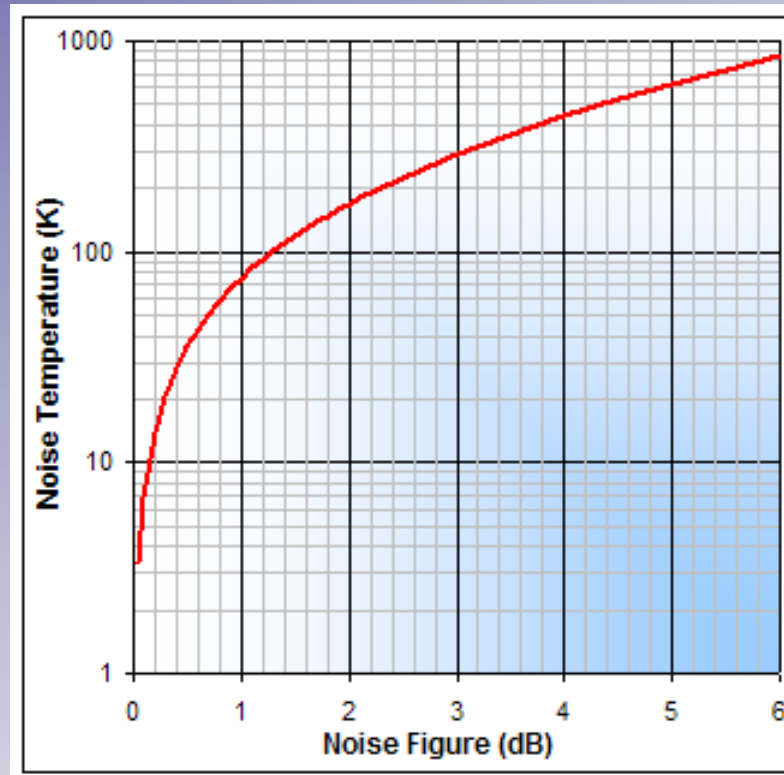
Rekenen met ruistemp

- Noise figure kunnen we uitdrukken als ruistemp
- Ook andere elementen uitdrukken als ruistemp
- Als alle elementen in ruistemp uitgedrukt zijn kunnen we de temp optellen en weer omrekenen naar ruisvermogen van de ruisvloer
- Daarna kan S/N ratio van een signaal bepaald worden

Ruis temperatuur

- $T = 290 * (10^{(FdB/10)}) - 1$
- Stel $F = 10dB$
- $T = 290 * (10^{(10/10)}) - 1$
- $T = 2610 K$

Ruis temperatuur



Ruistemp verzwakker

- $T_{att} = 290 * ((10^{L_{att}/10}) - 1)$
- Stel $L_{att} = 0.3$ dB
- $T_{att} = 290 * ((10^{0,3/10}) - 1)$
- $T_{att} = 290 * 0,07152$
- $T_{att} = 21$ K
- Bij koelen van de verzwakker gaat ook de T_{att} omlaag

Ruistemp antenne

- Ruistemp antenne is afhankelijk van opgepikte omgevingsruis
- Bijvoorbeeld zijlobben die de grond raken
- Of overspil van feed bij parabool
- Voor HF VHF bepaald door opgepikte man made noise en galactische noise

Rekenvoorbeeld

- Stel een antenne op 10 GHz
- ontvangen signaal -130 dBm
- antenne ruistemperatuur ca 30 K
- Bandbreedte 3000 Hz
- Een verzwakking van 0.1 dB tussen antenne en pre-amp
- Een ontvangketen met NF van 1 dB of een keten met NF van 0.6 dB

Ruistemp verzwakker

- $T_{att} = 290 * ((10^{0,1/10}) - 1)$
- $T_{att} = 6,76K$

Ruistemp antenne 30K

Ruistemp ontvanger 1 dB

$$T = 290 * (10^{(1/10)}) - 1 = 75.1 K$$

Ruistemp ontvanger 0.6dB

$$T = 290 * (10^{(0.6/10)}) - 1 = 43.0 K$$

Totaal bij NF 1 dB

- $T = T_{ant} + T_{att} + T$
- $T = 30 + 6.76 + 75.1 = 111.86$
- Omzetten naar ruisvermogen
- $P = 111.86 * 1.38 * 10^{\exp(-23)} * 3000$
- $P = -143.3 \text{ dBm}$
- $S/N = -130 - (-143.3) = 13.3 \text{ dB}$

Totaal bij NF 0.6 dB

- $T = T_{ant} + T_{att} + T$
- $T = 30 + 6.76 + 43 = 79.76$
- Omzetten naar ruisvermogen
- $P = 79.76 * 1.38 * 10^{\exp-23} * 3000$
- $P = -144.8 \text{ dBm}$
- $S/N = -130 - (-144.8) = 14.8 \text{ dB}$
- **Dus 0.4 dB verschil in NF geeft 1.5 dB verbetering in S/N**

Vergelijk met 144 Mhz tropo antenne

- $T_a = 345 \text{ K}$
- Verschil NF van 0.6 dB en 1 dB
- $345 + 6.76 + 75.1 = 426.86$
- $345 + 6.76 + 43 = 394.76$
- -137.5 dBm of -137.86
- S/N = 7.5 dB of 7.86 dB
- **Dus 0.4 dB verschil in NF geeft 0.46 dB verbetering in S/N**

Noise figure meten

- Meerdere manieren van meten
- Gain methode
- Y-factor methode
- Noise figure meter met Y-factor methode
- Hot earth/cold sky meting

Noise figure meter

- The HP8970B noise figure meter takes the mystery out of noise figure measurements



- Waarom, omdat noise en gain gemeten wordt en daarmee een real time correctie uitgevoerd wordt voor gain variaties

Noise figure meten

- Gebruikt een Noise source
- Source geeft bekend ruisvermogen
- Calibratie frequentie afhankelijk
- Aanpassing 50 Ohm belangrijk
- ENR waarde, voor lage ruisgetallen gebruik een bron met lage ENR, impedantie 50 ohm meer constant

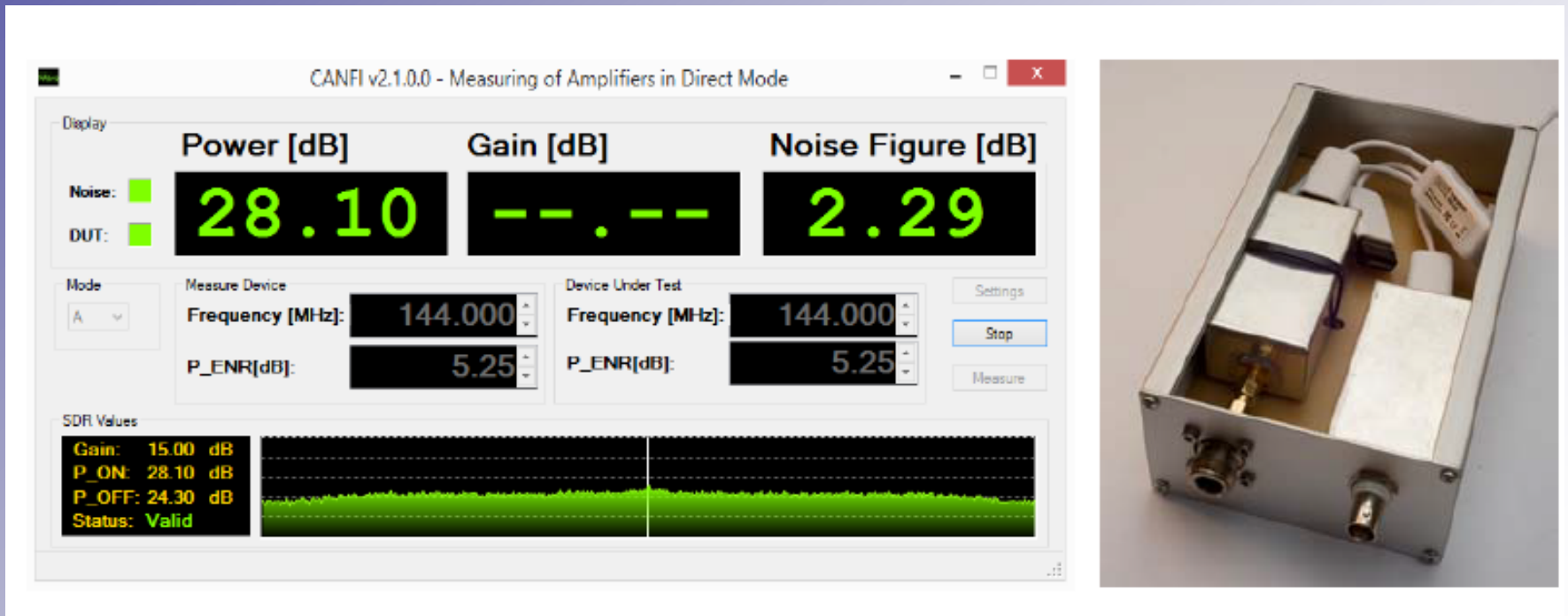
Meetfouten

- Meetfouten zijn niet te voorkomen
- Interactie met aanpassingen tussen pre-amp en noise source
- Ook een verloop connector enz introduceren foutjes
- Hou rekening met fouten in de orde van 0,5 dB

Ruisgetal meten met SDR

Cheap Automatic Noise Figure Indicator

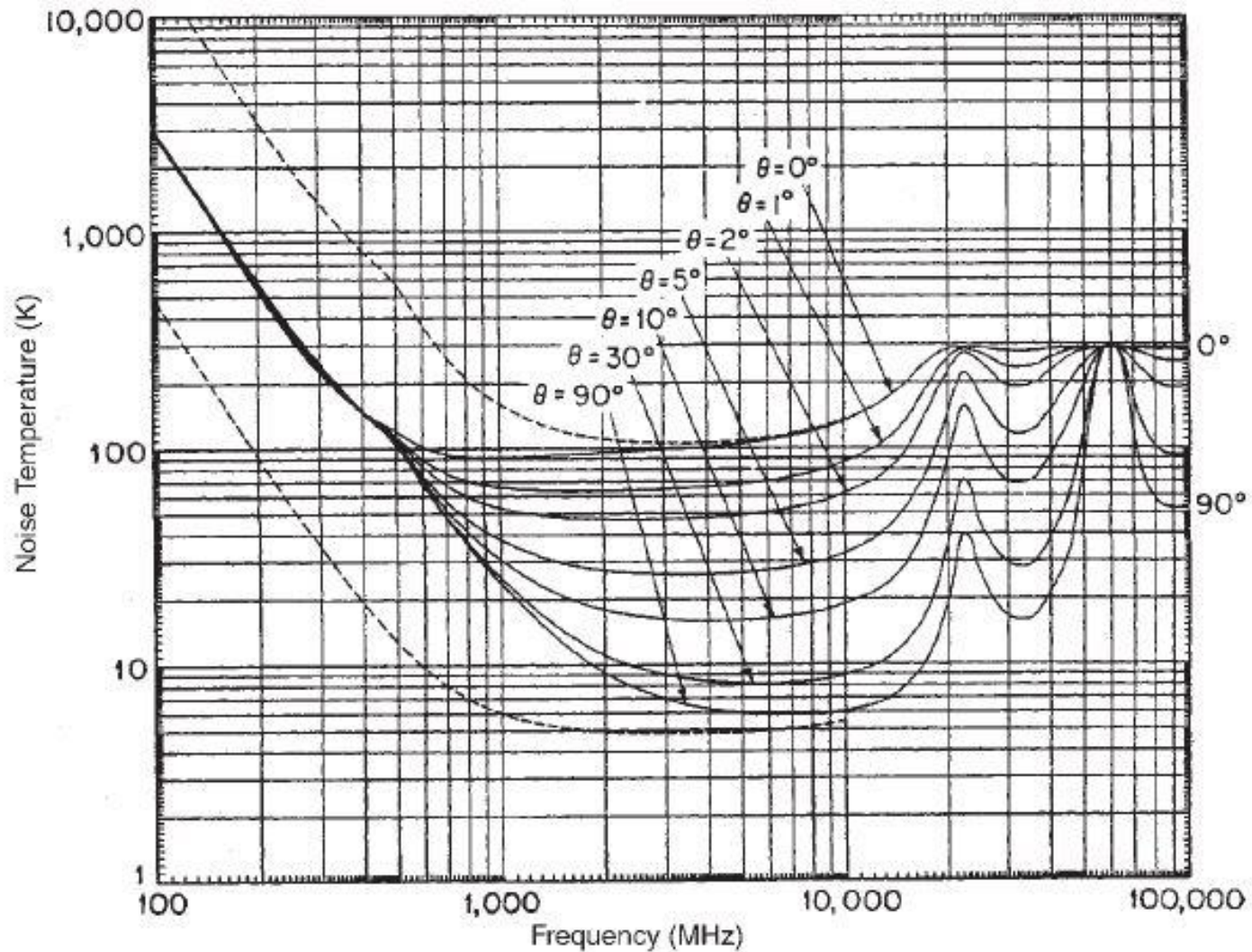
CANFI



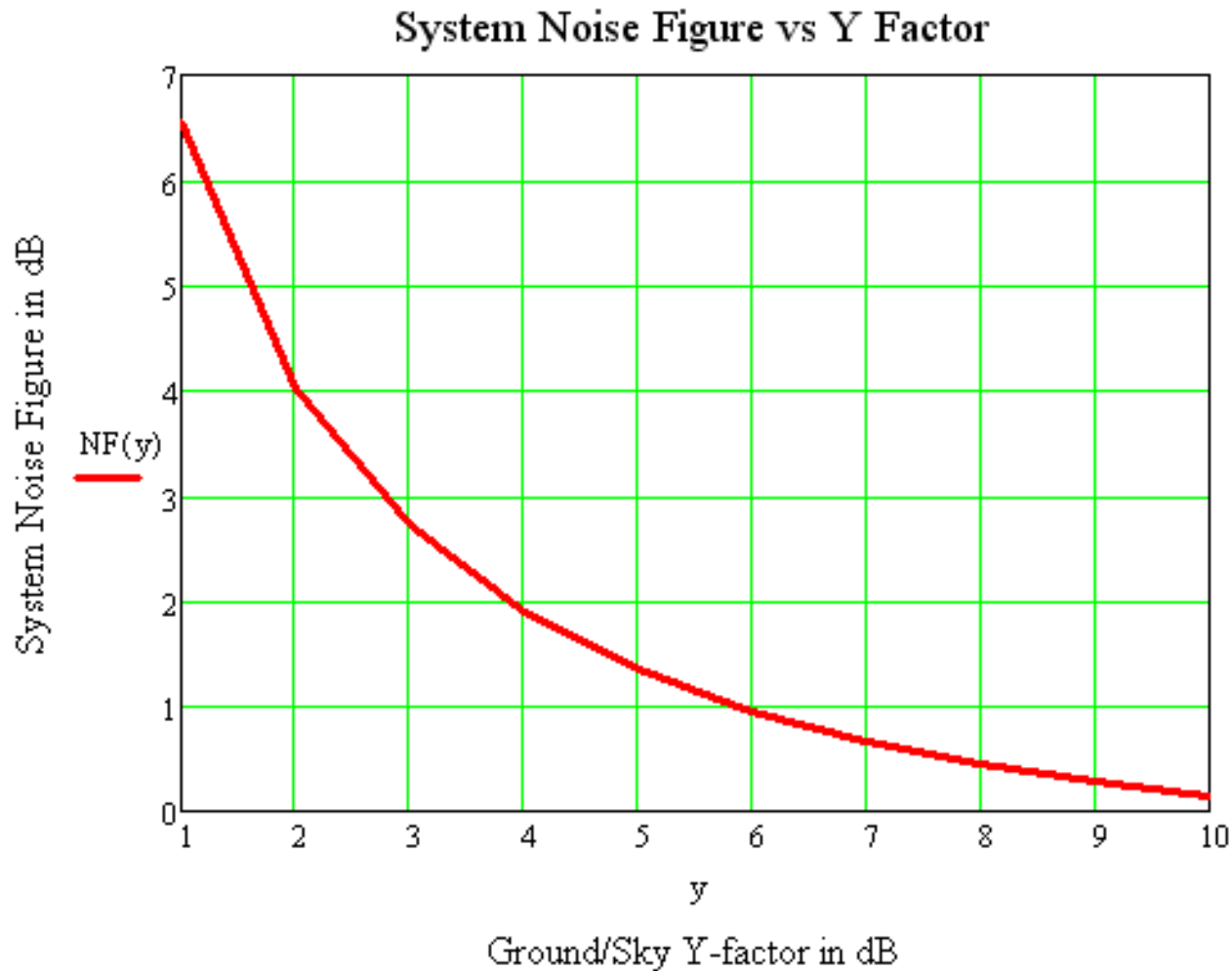
Hot Earth/Cold sky

- Om een goede indruk te krijgen van de noise figure van een pre-amp kan met name op de hogere frequenties heel goed een meting gedaan worden tussen hot earth en cold sky
- Liefst geen antenne gebruiken maar bv alleen een richtstraler of golfpijp
- Meet Y-waarde aan uitgang gericht op hot-earth en naar de cold sky

Sky noise temp



Meetresultaat bij 20 K



Hulp van SDR

- Spectravue kan in continuüm mode heel erg goed ruisvermogen meten.

Amateur ontvangers

- Verschil in Eisen voor de diverse banden
- Waar kunnen en moeten we op letten
- Gevoeligheid, ruisgetal, lager dan het ruisniveau wat uit de antenne komt
- Intermodulatie en harmonische
- Dynamic range, groot signaal gedrag
- LO Phase noise en freq stabiliteit
- Gevoeligheid vergroten door kleinere bandbreedte
- SDR kan dat heel goed zichtbaar maken

Resume

- Zorg dat je ontvanger ingericht wordt voor het doel wat je ermee wil bereiken.
- Een SDR voor HF banden moet aan hele andere eisen voldoen dan een SDR welke voor 144 MHz tropo of voor 10 GHz EME gebruikt wordt

The End

