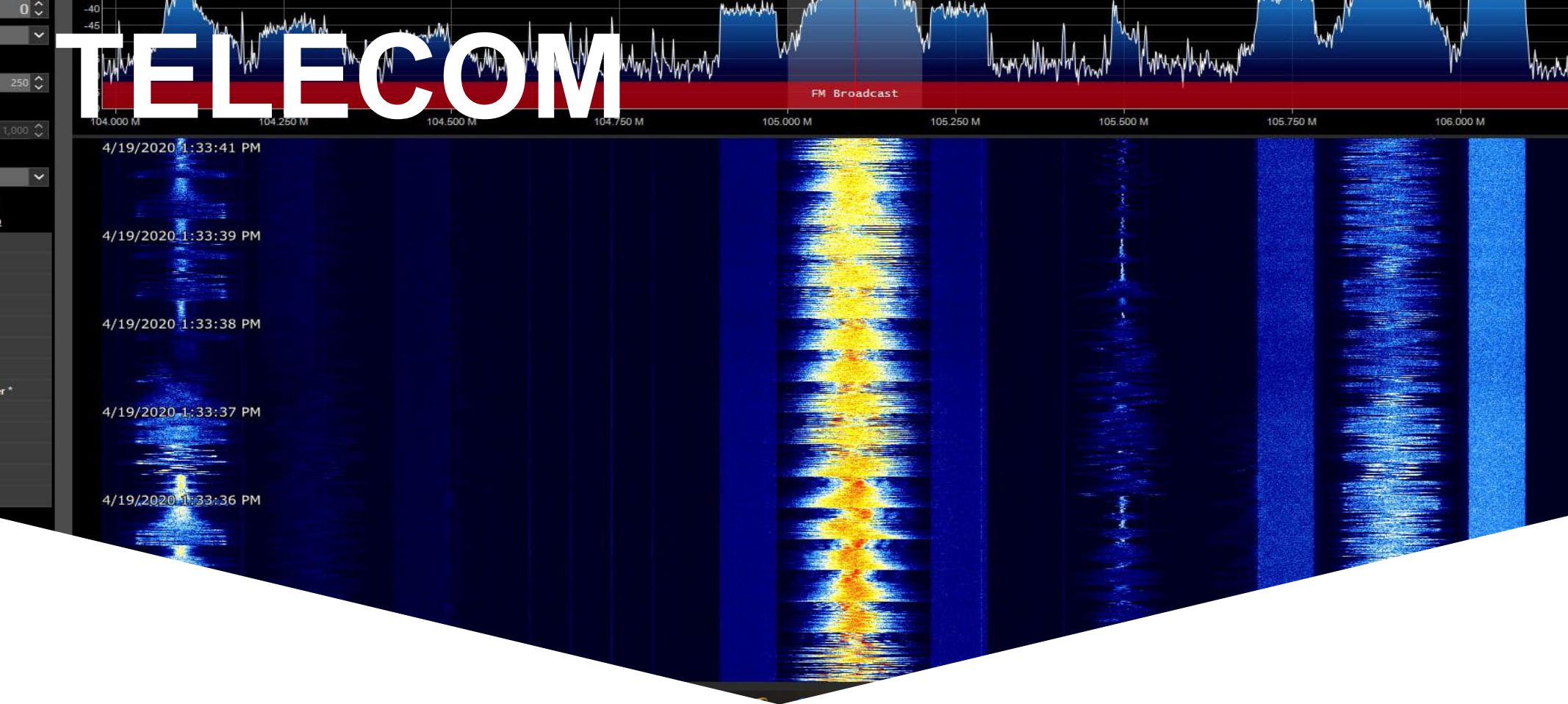


# TELECOM



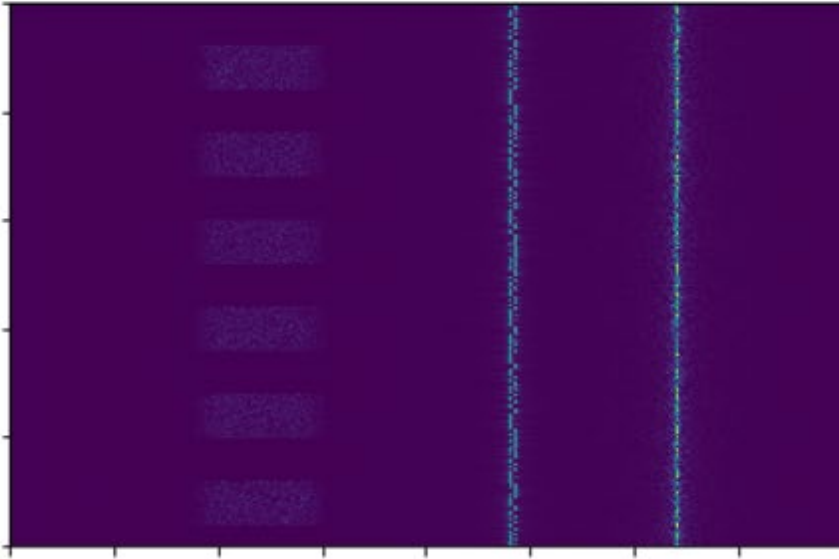
**TEL10 – Lab 2**

## Planning

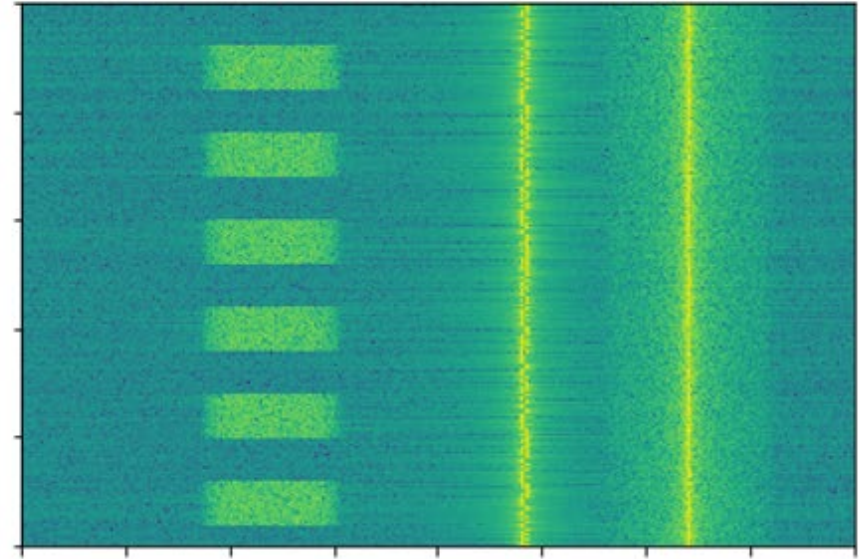
- Decibels
- Ruis
- SNR
- Uitleg FM

# Decibel

Linear Scale



Logarithmic Scale (Converted to dB)



# Decibel

Gaat over een verhouding

$$10 \cdot \log^{10} \frac{P_{uit}}{P_{in}} = 10 \cdot \log^{10} \left( \frac{V_{uit}}{V_{in}} \right)^2 = 20 \cdot \log^{10} \frac{V_{uit}}{V_{in}}$$

Voorbeeld:

$$P_{uit} = 100W, P_{in} = 10mW$$

Lineair : 10000 , Logartimisch:  $10 \cdot \log^{10}(10000) = 40dB$

$$10^{\frac{40dB}{10}} = 10^4 = 10000$$

Lineair	dB
1x	0 dB
2x	3 dB
10x	10 dB
0.5x	-3 dB
0.1x	-10 dB
100x	20 dB
1000x	30 dB
10000x	40 dB

# dBm en dBW

dBW is relatief aan 1 Watt

$$dBW \rightarrow 10 \cdot \log^{10} \left( \frac{1W}{P_{sig}} \right)$$

$$W \rightarrow 10^{\frac{dBW}{10}}$$

Dus een signaal van

$$-10dBW = 10^{\frac{-10}{10}} = 0,1W$$

$$10dBW = 10^{\frac{10}{10}} = 10W$$

$$20dBW = 10^{\frac{20}{10}} = 100W$$

dBm is relatief aan 1 mW ->

$$dBm \rightarrow 10 \cdot \log^{10} \left( \frac{1mW}{P_{sig}} \right)$$

$$mW \rightarrow 10^{\frac{dBm}{10}}$$

Dus een signaal van

$$-10dBm = 10^{\frac{-10}{10}} = 0,1mW$$

$$10dBm = 10^{\frac{10}{10}} = 10mW$$

$$20dBm = 10^{\frac{20}{10}} = 100mW$$

Zet om:

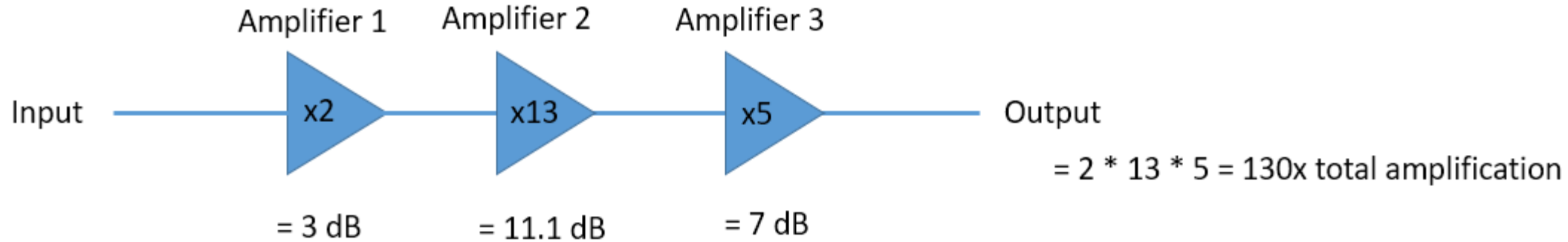
3 dB (antenne versterking)

20 dB (low noise amplifier)

-127 dBm (GPS ontvangst)

15 dBm (wifi zendvermogen)

## Optellen of vermenigvuldigen?



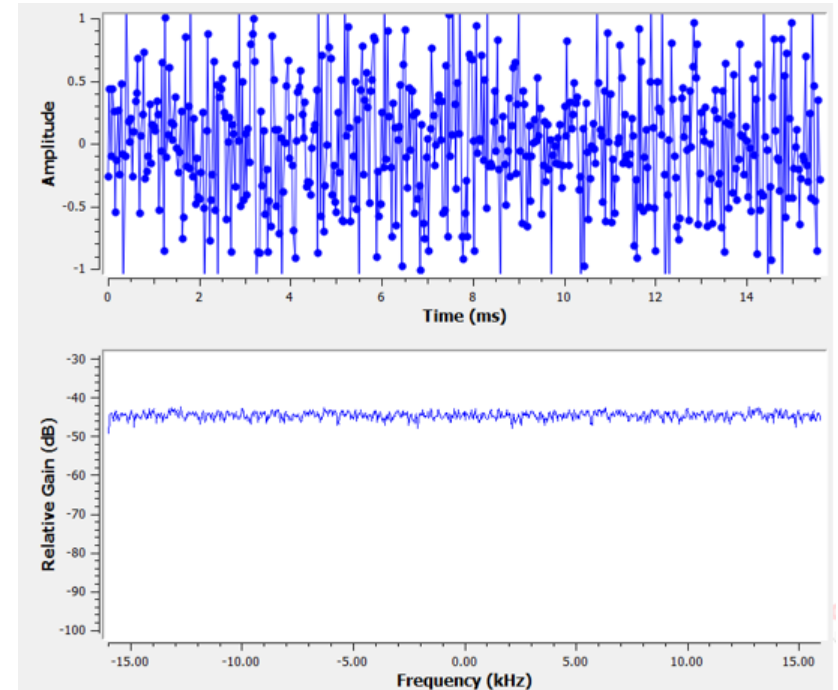
$$3 + 11.1 + 7 = 21.1 \text{ dB combined}$$

Ontstaat door de hardware,  
voornamelijk bij ontvanger (waarom?)

Correlatie

voetbalstadion v.s. kantine

Heeft een vermogen. Hoe groter het  
ruisvermogen (bij gelijk  
signaalvermogen) hoe slechter de  
kwaliteit.





Witte ruis -> gelijk vermogen op elke frequentie

Uitdrukken over 1Hz bandbreedte :  $\frac{V^2}{Hz}$  of  $\frac{V}{\sqrt{Hz}}$

Meer bij ANE21...

Verhouding tussen het signaalvermogen en ruisvermogen

$$SNR_{dB} = 10 \cdot \log^{10} \left( \frac{P_{sig}}{P_{ruis}} \right)$$

$$SINR_{dB} = 10 \cdot \log^{10} \left( \frac{P_{sig}}{P_{storing} + P_{ruis}} \right)$$

Hoger of lager beter?

Hebben een resonantiefrequentie en impedantie

1. Impedantie moet kloppen om reflecties tegen te gaan
  - Een impedantie “stap” levert reflecties (slecht)
  - Pluto uitgang is  $50\Omega$ , dus antenne moet ook  $50\Omega$  zijn
  - De “vorm” van de antenne beïnvloedt de impedantie
  - Een eventueel matching network kan het fijn afstellen
2. Bij de resonantiefrequentie is maximale uitzending
  - Resonantiefrequentie wordt voornamelijk bepaald door de lengte van de antenne.

# Impedantie Matching

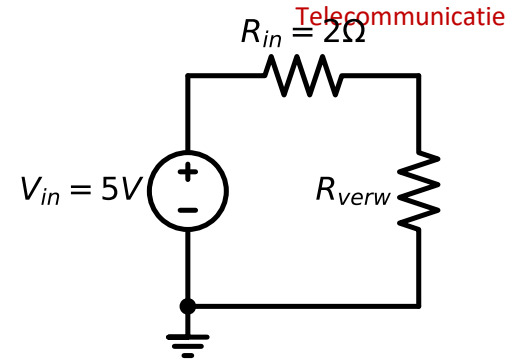
Stel we maken een handwarmer  
Hoe krijgen we het maximale vermogen in  
 $R_{verwarmer}$ ?

$$V_{R_{verw}} = \frac{V_{bron} R_{verw}}{R_{in} + R_{verw}}$$

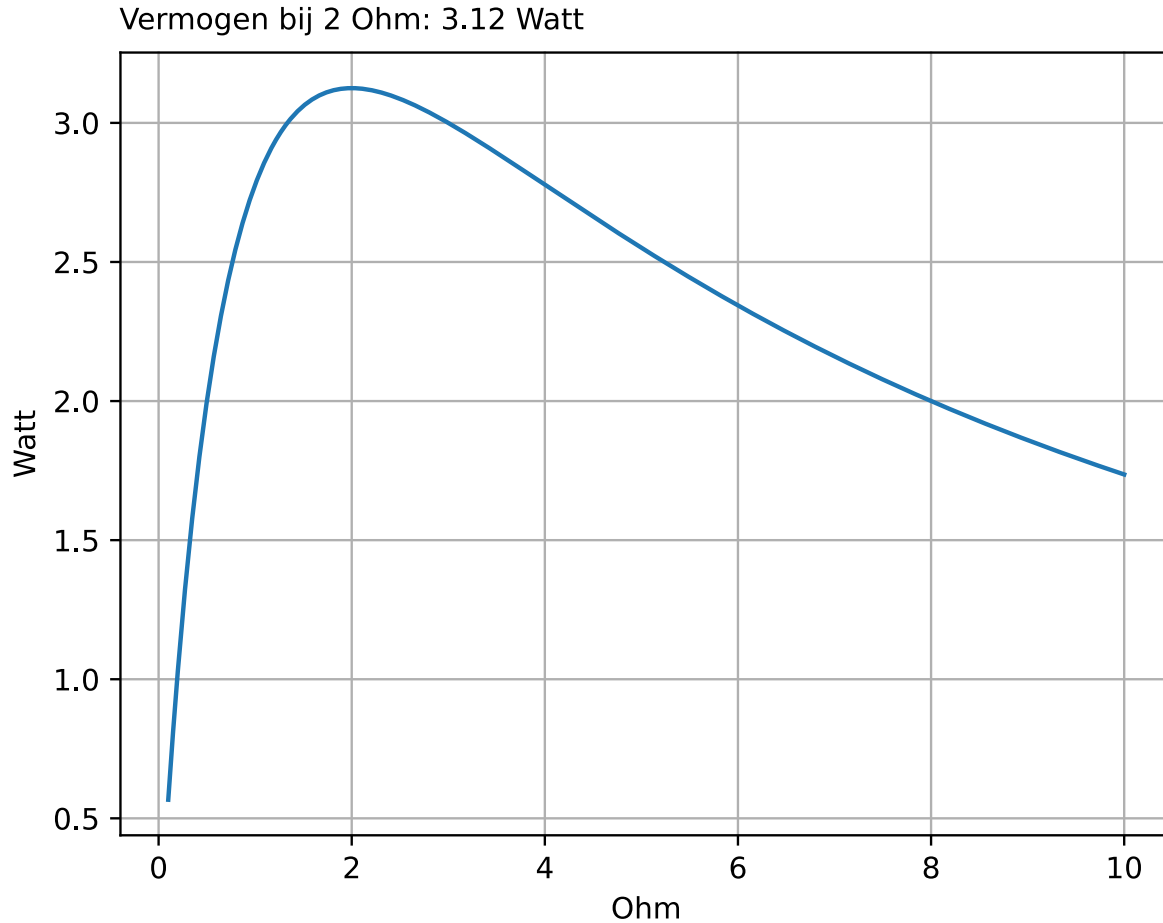
$$P_{R_{verw}} = \frac{V_{R_{verw}}^2}{R_{verw}} = \frac{R_{verw}}{(R_{in} + R_{verw})^2} V_{bron}^2$$

$$\frac{dP_R}{dR_{verw}} = \frac{[V_{bron}^2 (R_{in} + R_{verw})^2 - V_{bron}^2 R_{verw} 2(R_{in} + R_{verw})]}{(R_{in} + R_{verw})^2} = 0$$

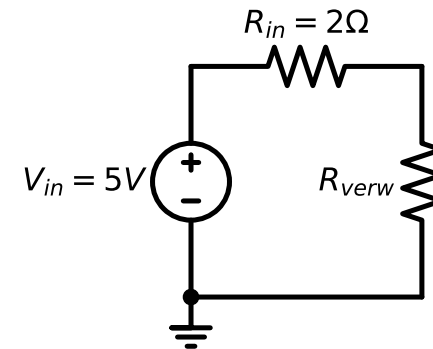
$$R_{verw}^2 = R_{in}^2 \Rightarrow R_{verw} = R_{in}$$



# Impedantie Matching



$$\frac{R_{verw}}{(R_{in} + R_{verw})^2} V_{bron}^2$$



# Impedantie Matching

Voor DC is de maximale vermogensoverdracht wanneer de weerstanden (impedanties) gelijk zijn.

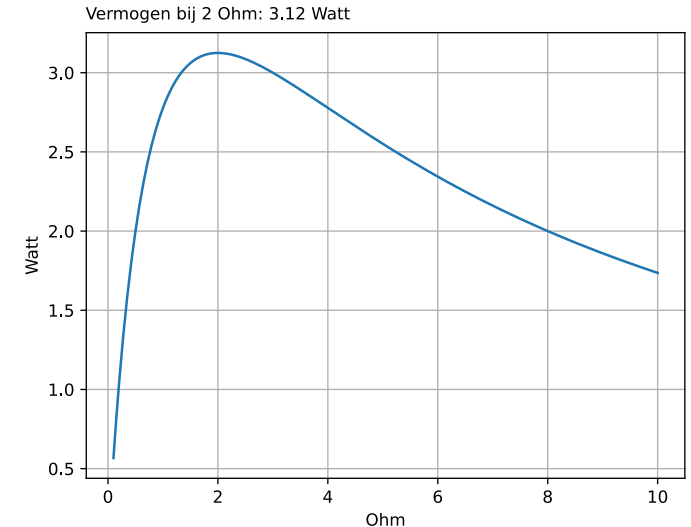
Bij AC hetzelfde... bijna.

$$Z_{bron} = \bar{Z}_{load} \text{ dus}$$

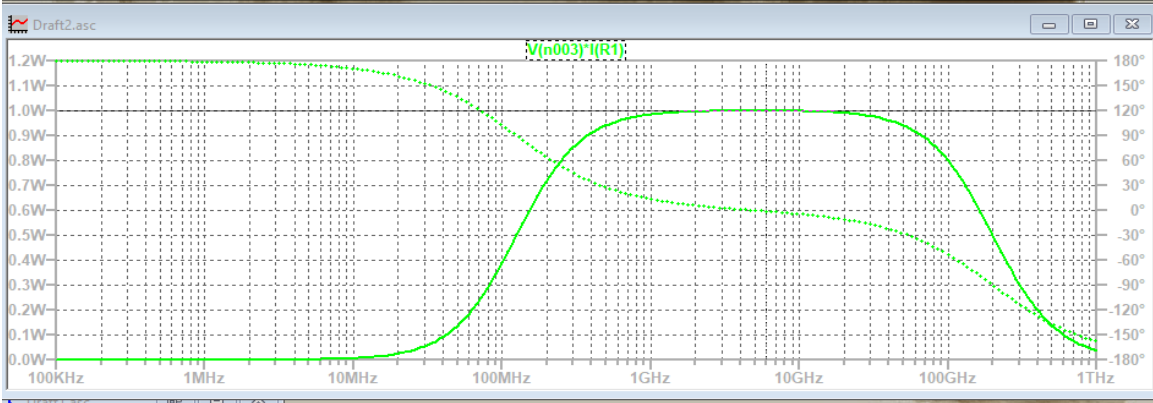
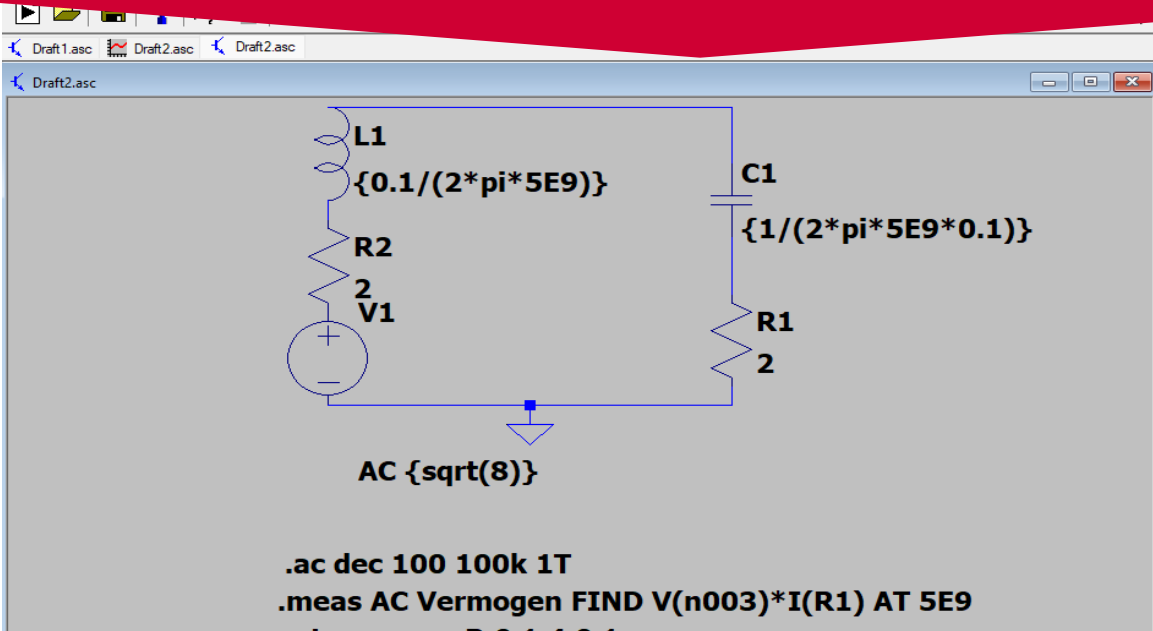
$$R_{bron} = R_{load} \text{ en } X_{bron} = -X_{load}$$

Stel bron heeft impedantie  $2 + 0.1j$  op  $5GHz$

Met welke  $Z_{load}$  krijg je de beste overdracht?



# Impedantie Matching



) AT 5E9

SPICE Error Log: C:\Users\VersD\Hogeschool Rotterdam\EAS-ELE-Docententeam - Documents\VAN

Measurement: vermogen

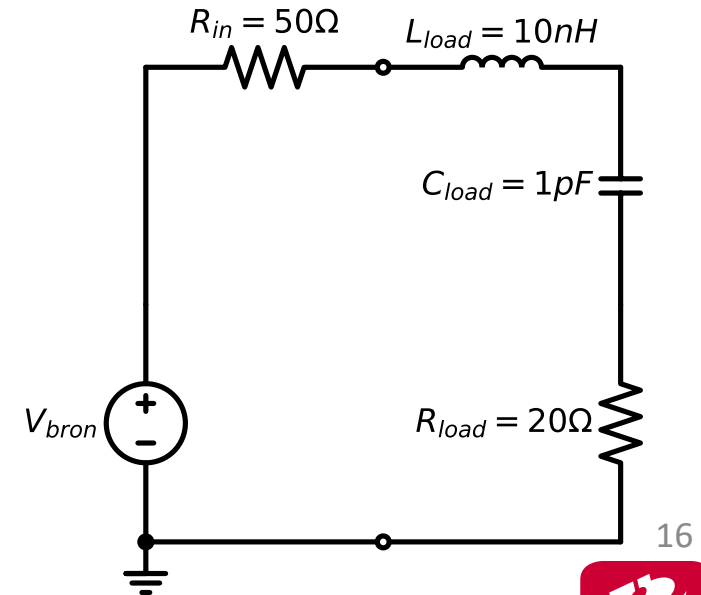
step	v(n003)*i(r1)	at	
1	(-14.8256dB, 0.000265548°)		5e+09
2	(-9.61276dB, 0.000253498°)		5e+09
3	(-6.86279dB, 0.000242494°)		5e+09
4	(-5.10304dB, 0.000232405°)		5e+09
5	(-3.8737dB, 0.000223122°)		5e+09
6	(-2.97114dB, 0.000214551°)		5e+09
7	(-2.28757dB, 0.000206614°)		5e+09
8	(-1.75927dB, 0.000199243°)		5e+09
9	(-1.34561dB, 0.00019238°)		5e+09
10	(-1.01919dB, 0.000185974°)		5e+09
11	(-0.760765dB, 0.000179981°)		5e+09
12	(-0.55635dB, 0.000174361°)		5e+09
13	(-0.395501dB, 0.000169082°)		5e+09
14	(-0.270252dB, 0.000164113°)		5e+09
15	(-0.174406dB, 0.000159428°)		5e+09
16	(-0.103072dB, 0.000155003°)		5e+09
17	(-0.0523313dB, 0.000150816°)		5e+09
18	(-0.0190108dB, 0.00014685°)		5e+09
19	(-0.000511959dB, 0.000143087°)		5e+09
20	(0.00531206dB, 0.000139512°)		5e+09
21	(0.00024948dB, 0.000136112°)		5e+09
22	(-0.0141991dB, 0.000132873°)		5e+09
23	(-0.0367663dB, 0.000129784°)		5e+09
24	(-0.0663751dB, 0.000126836°)		5e+09
25	(-0.102105dB, 0.000124019°)		5e+09
26	(-0.143167dB, 0.000121324°)		5e+09
27	(-0.18888dB, 0.000118744°)		5e+09
28	(-0.238652dB, 0.000116272°)		5e+09
29	(-0.291973dB, 0.0001139°)		5e+09
30	(-0.348394dB, 0.000111623°)		5e+09
31	(-0.407524dB, 0.000109435°)		5e+09
32	(-0.469019dB, 0.000107331°)		5e+09
33	(-0.532578dB, 0.000105307°)		5e+09
34	(-0.597933dB, 0.000103358°)		5e+09
35	(-0.664849dB, 0.000101479°)		5e+09
36	(-0.733117dB, 9.96678e-05°)		5e+09
37	(-0.802551dB, 9.79198e-05°)		5e+09
38	(-0.872987dB, 9.62322e-05°)		5e+09
39	(-0.944277dB, 9.46017e-05°)		5e+09
40	(-1.01629dB, 9.30255e-05°)		5e+09

Date: Mon Jan 29 10:11:59 2024

# Voorbeeld frequentiedomein

$$Z = R - j\frac{1}{\omega C} + j\omega L = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

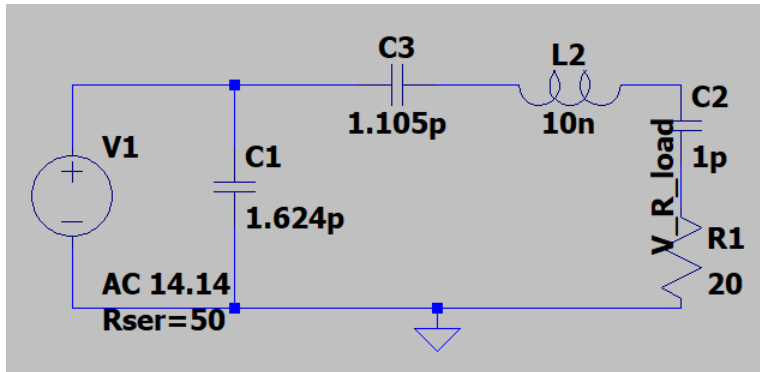
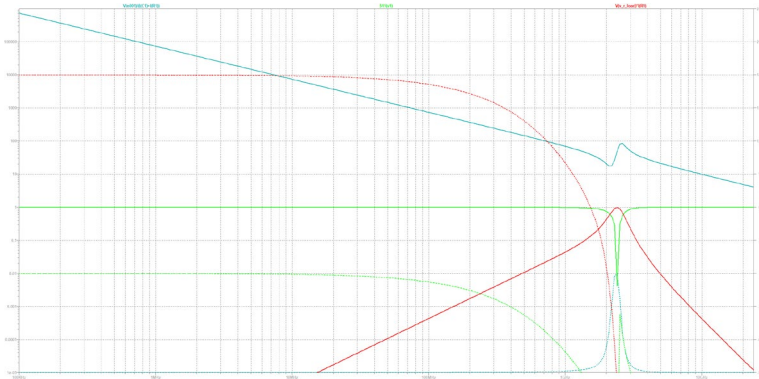
- Bij bijv.  $2.4GHz$  is  $Z_{Load} = 20 + j84.5\Omega$
- Compenseren met L en C (zonder verlies)
- [RF Impedance Matching Calculator | Design Center | Analog Devices](#)
- Resultaat...





# Voorbeeld frequentiedomein

- Resultaat...

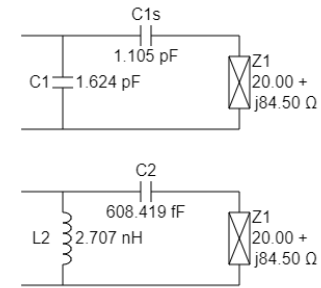
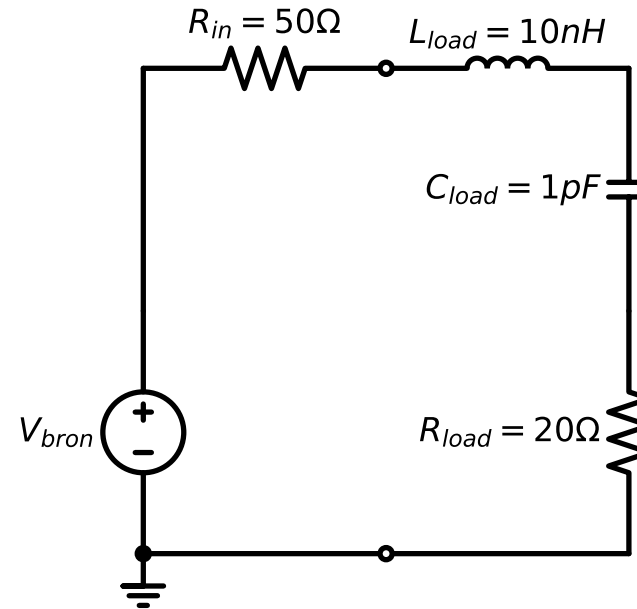


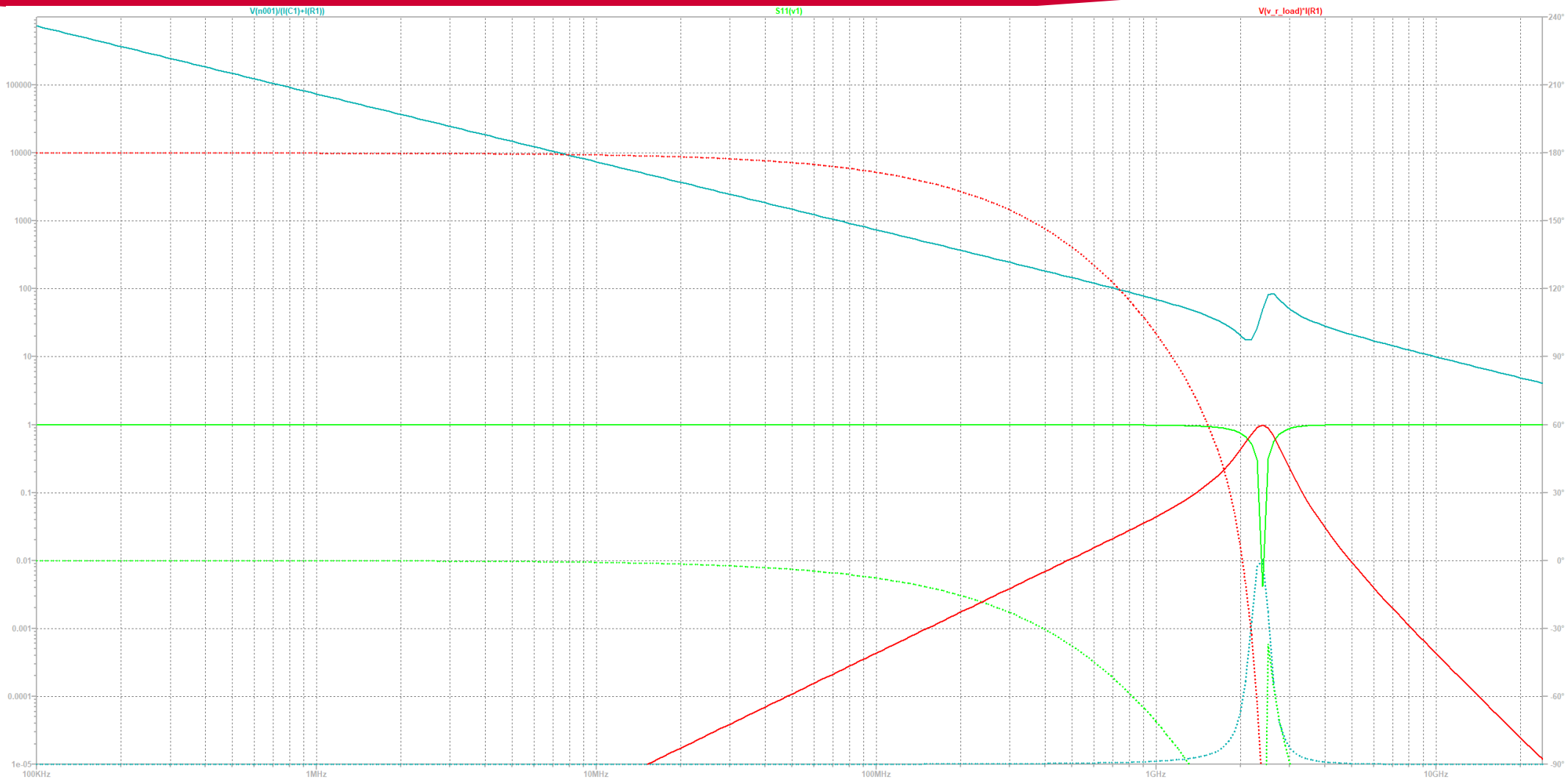
### Your Inputs

$Z_0$ : 50  $\Omega$   
 $F_0$ : 2400 MHz  
Output: Single-Ended  
Input: Series Complex Load  
 $R_L$ : 20  $\Omega$   
 $X_L$ : 84.5  $\Omega$

### Outputs

$C_{1s}$ : 1.105 pF  
 $C_1$ : 1.624 pF  
 $Z_1$ : 20.00 + j84.50  $\Omega$   
 $C_2$ : 608.419 fF  
 $L_2$ : 2.707 nH

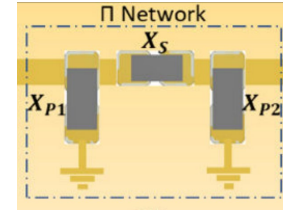




# Matching

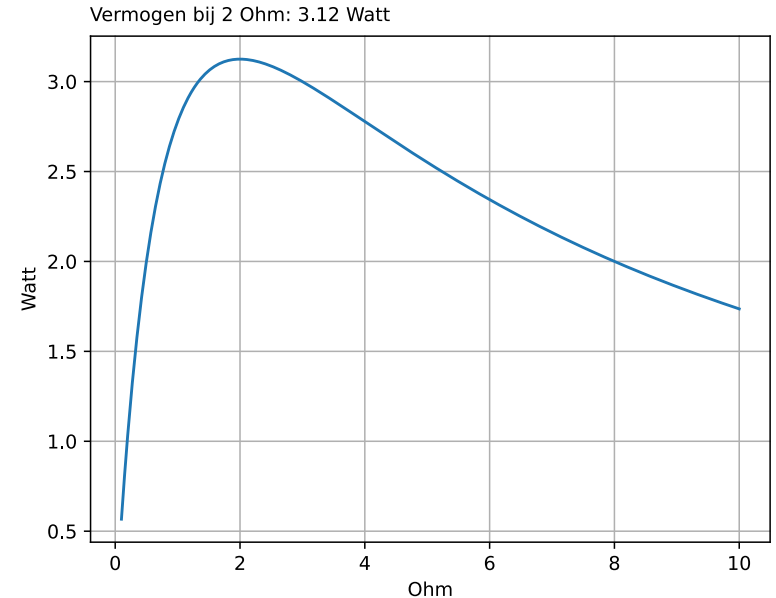
Op PCB mogelijkheid laten voor een L of PI matching network.

Zie ook [AN1275: Impedance Matching Network Architectures \(silabs.com\)](https://www.silabs.com/technical-articles/AN1275-Impedance-Matching-Network-Architectures)



Waarom?

- Beste vermogensoverdracht
- Al het vermogen wordt geabsorbeerd
- Geen reflecties komen terug



Proportioneel aan de golflengte

$$\lambda = \frac{c}{f} \approx \frac{3e8}{f}$$

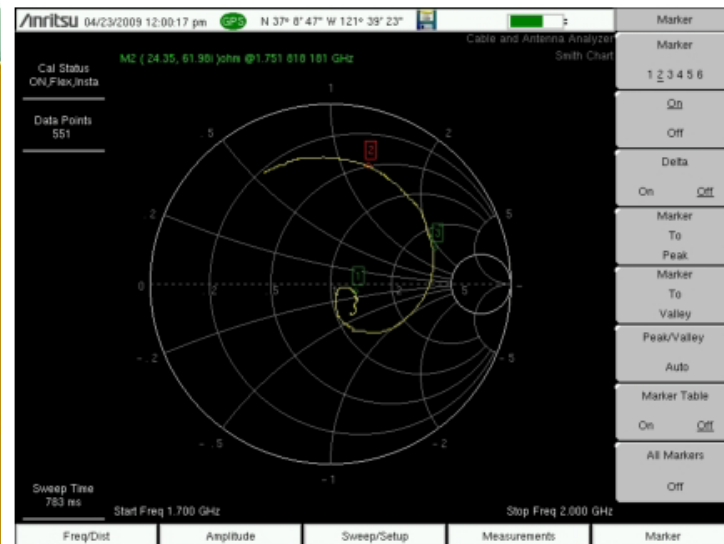
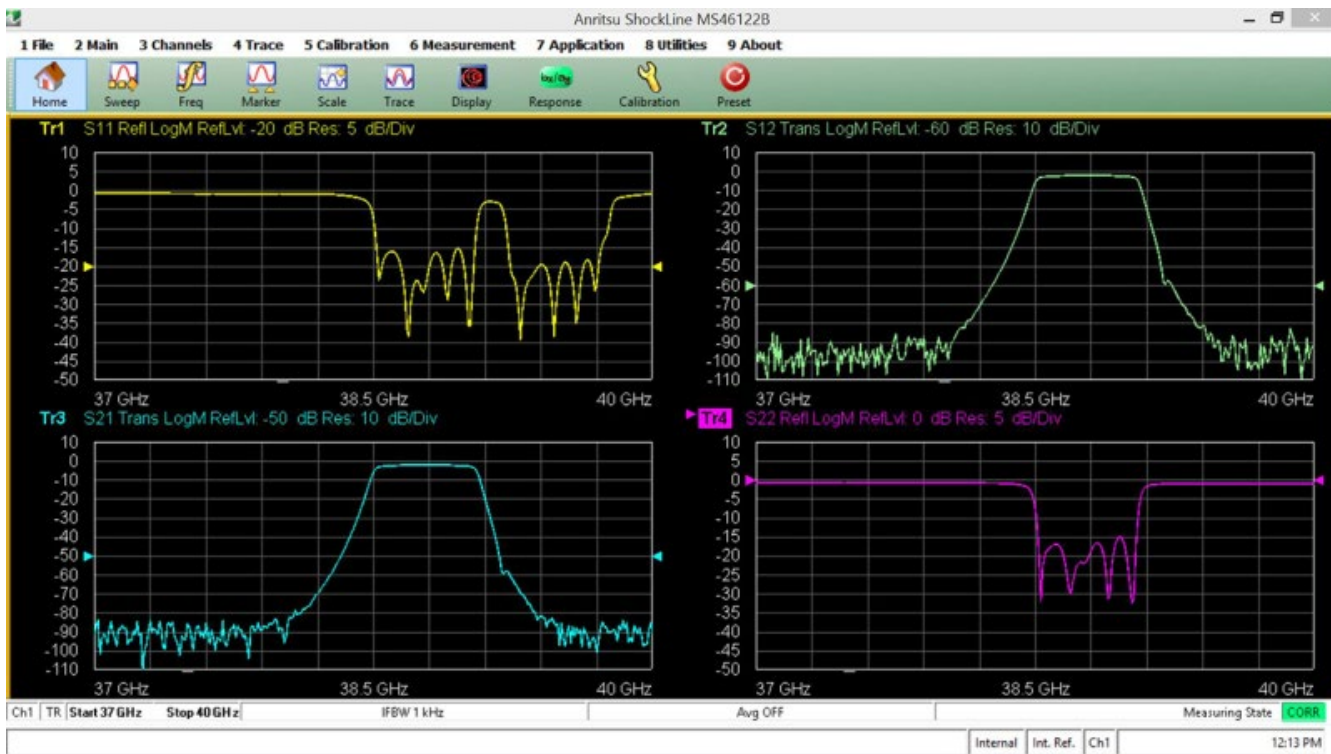
Lengte dipoolantenne, halve golflengte in totaal.

Hierbij maximale resonantie op gewenste frequentie.

# Vector Network Analyzer

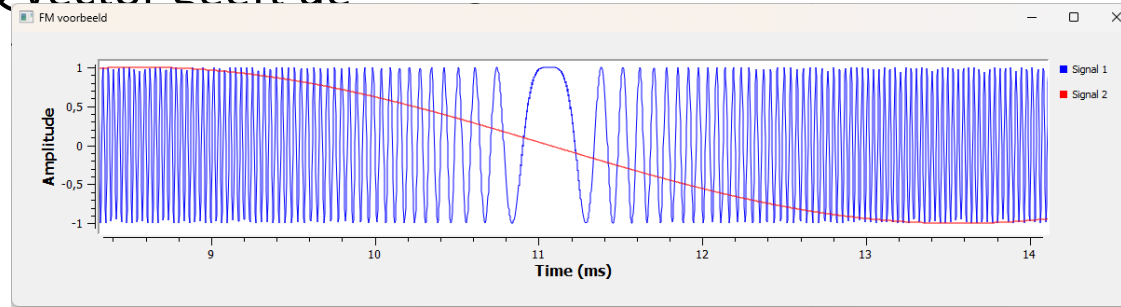
Telecommunicatie

Meet en visualiseert reflecties, overdrachtsfuncties en impedanties.



$$A_{dg} \cdot \cos(\omega_{dg}t + \phi_{dg})$$

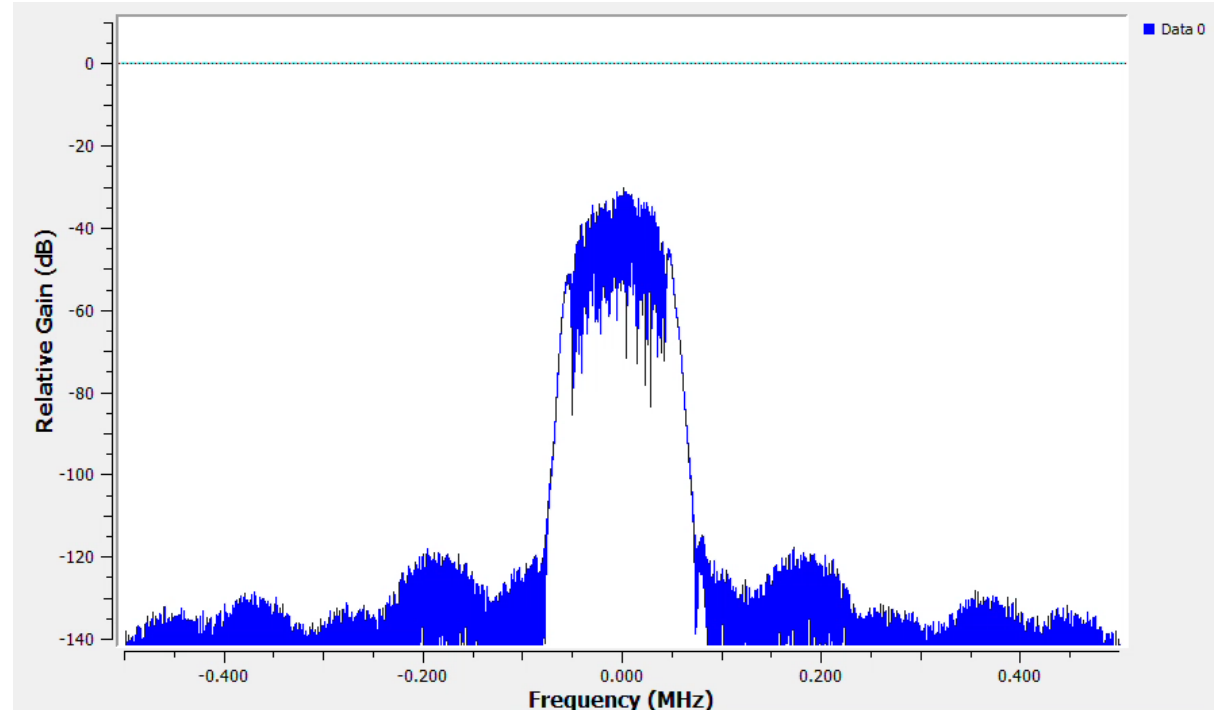
- De momentele frequentie van de draaggolf bevat de informatie
  - Gezien  $\frac{d\phi(t)}{dt} = \omega_m(t)$ ,  
dan  $\phi(t) = \int_{-\infty}^t \omega_m(\tau) d\tau = 2\pi \int_{-\infty}^t f_m(\tau) d\tau$   
Dus  $FM(t) = A_{dg} \cdot \cos(2\pi f_{dg}t + 2\pi f_{\Delta} \int_{-\infty}^t f_m(\tau) d\tau)$
  - NIET  $\cos((2\pi f_{dg} + 2\pi f_{\Delta}(t))t)$  wat verwarrend is
- De hoeksnelheid van de complexe I/Q vector geeft de momentele frequentie



# FM in het frequentiedomein

Belangrijke parameters:

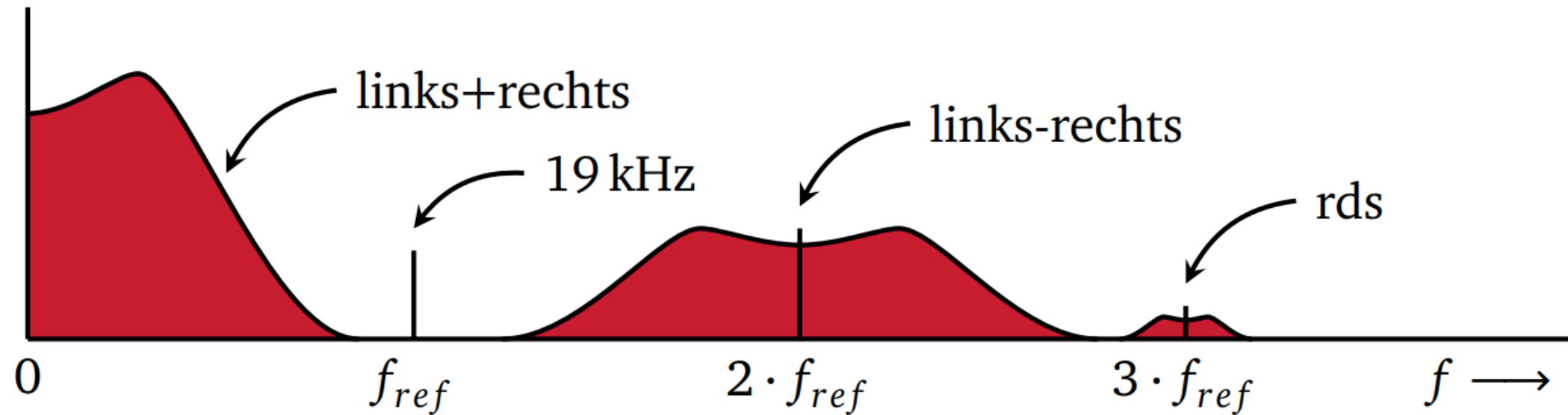
- Zwaai
- Bandbreedte
$$B = 2 * (f_{zwaai} + f_{max})$$
- Bijv. ->
$$f_{max} = 7kHz$$
$$f_{zwaai} = 100kHz$$
$$B \approx 214kHz;$$
- Zwaai FM Radio is  $\pm 75MHz$



# Uitleg FM

Breedbandige FM kanalen hebben:

- Een mono audioband
- Een stereo audioband
- Een databand (songtitle, verkeersinformatie etc.)





# Radio 538

