

# Måleinstrumenter

En serie af miniforedrag med blandet teori og praksis.

Varighed 45 min.

# Formål

Lidt teori om måleinstrumenter

Lære at bruge klubbens instrumenter

Lære hvordan man bedst foretager målinger

Praktiske øvelser

## 14. September 2017: Oscilloscop 1

- opbygning og brug. De rigtige prøver

## Tidsplan

## 12. Oktober 2017: Oscilloscop 2

- tag dit eget oscilloscop med. Gennemgang af forskellige typer.
- måling på praktiske opstillinger

## 9. November 2017: Spectrum Analyzer

- opbygning og brug.
- hvordan undgår man at brænde instrumentet af!
- måling på praktiske opstillinger.

## 18. Januar 2018: Network Analyzer

- hvordan fungerer en Network Analyzer

# Network Analyzer



- det mest universelle HF- instrument til måling af forstærkere, filtre, antenner

En Network Analyzer består af 3 grundenheder:

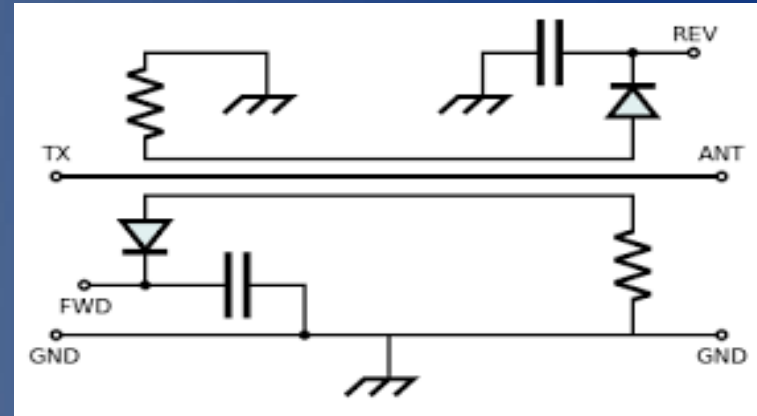
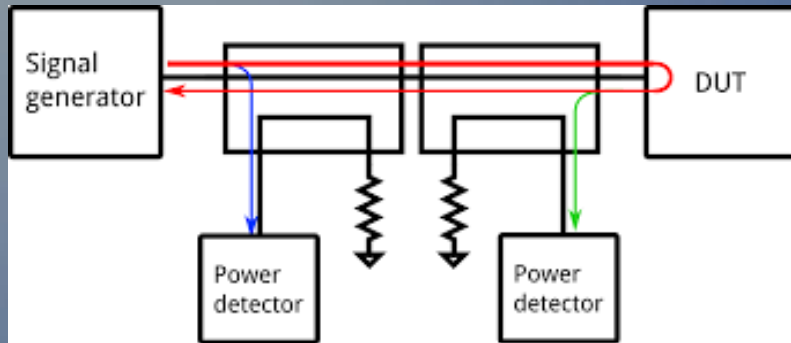
- 1) – en generator del (sender)
- 2) – en detektor del (modtager)
- 3) – en kobler del, der gør det muligt at adskille og måle både frem- og retursignaler

# Standbølgeometer – en slags VNA?



Et standbølgeometer måler signal frem til og signal retur fra en belastning (antenne). Samme teknik bruges til at måle tilpasning til en forstærker, filter og andet.

# VSWR målebro – retur måling



- et standbølgemeter viser normalt effekten frem og retur fra antennen.

Ud fra forholdet imellem de respektive frem- og tilbage signaler, kan man også beskrive impedans tilpasningen – RTL eller Return

# VSWR, Return Loss og Reflected Power

VSWR	Return Loss (dB)	Reflected Power (%)
<b>1:1</b>	<b>∞</b>	<b>0</b>
1.1:1	26.44	0.228
1.2:1	20.83	0.816
1.3:1	17.69	1.71
1.4:1	15.56	2.78
<b>1.5:1</b>	<b>13.98</b>	<b>4</b>
1.6:1	12.74	5.5
1.7:1	11.73	6.8
1.8:1	10.88	8.2
<b>1.9:1</b>	<b>10.16</b>	<b>9.6</b>
2.0:1	9.54	11
<b>3.0:1</b>	<b>6.02</b>	<b>24.9</b>
4.0:1	4.44	36
5.0:1	3.52	44.4
6.0:1	2.92	50.8
<b>∞:1</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

Som radioamatør er vi vant til at bruge standbølgeforholdet som udtryk for tilpasning.

Man kan også bruge begrebet Return Loss, der er størrelsen i dB af det (svagere) signal, der reflekteres fra belastningen.

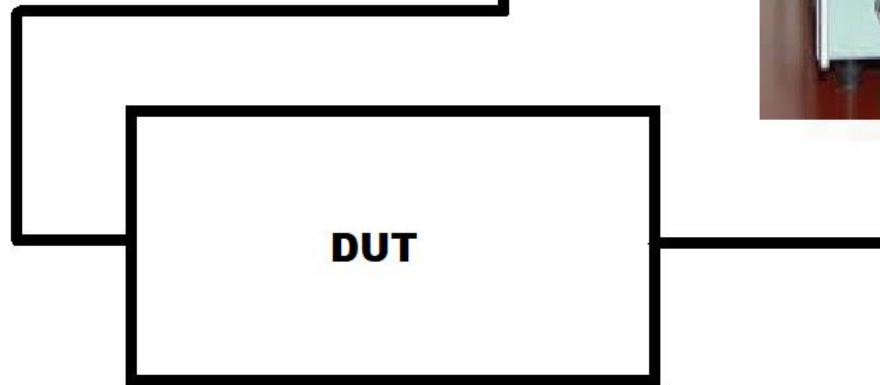
Ud fra Return Loss er det nemt at beregne hvormange procent af effekten, der reflekteres.

# Gennemgangs måling

**Måiesender Boonton 102D**



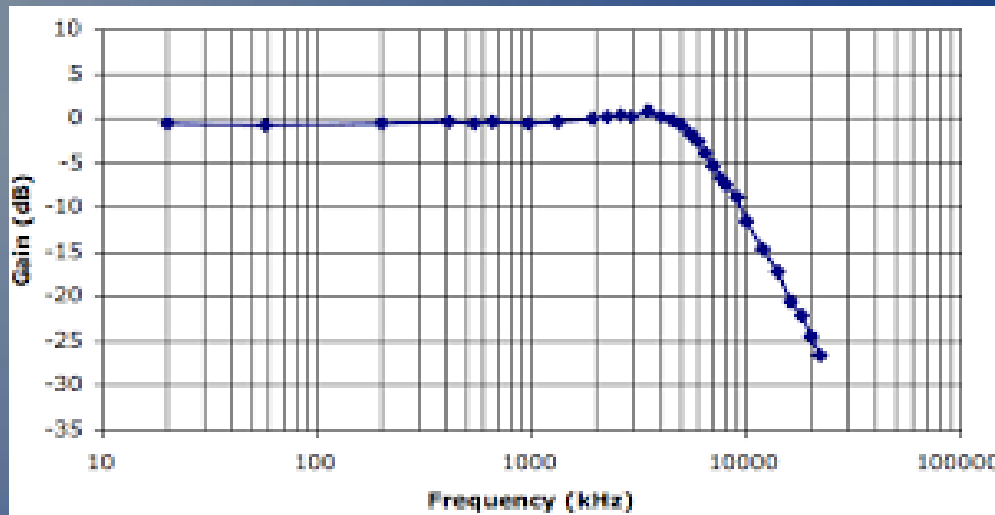
**RF millivoltmeter**



- manuel måling af "DUT". Filter, forstærker, kabel etc



# Gennemgangs måling



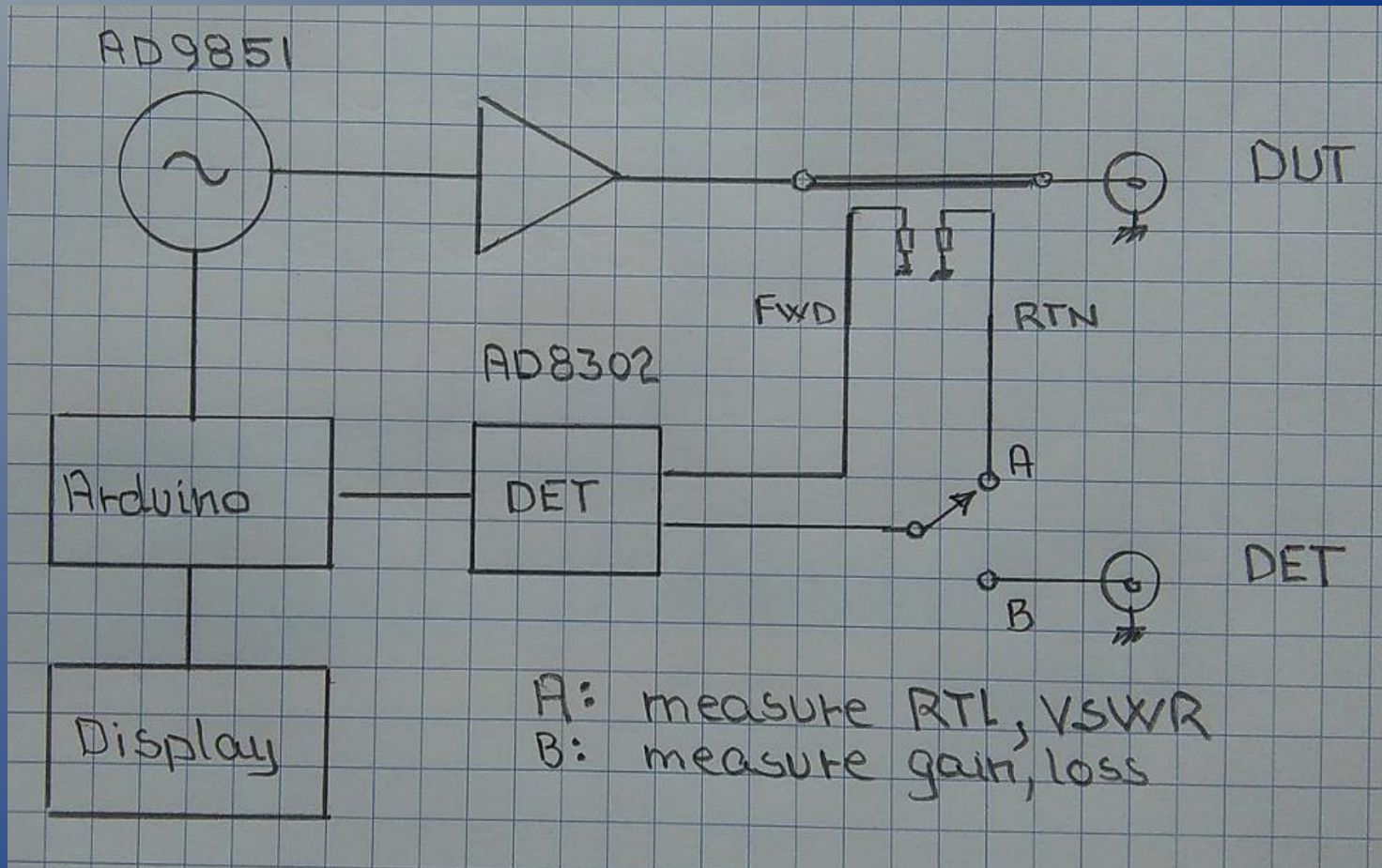
- eksempel et lavpas filter
- manuel plotning for at tegne kurven
- det tager tid!

# VNArduino



- ikke en "rigtig" VNA, men tilstrækkelig til langt de fleste amatørmålinger
- som stand-alone kan den måle standbølgeforhold, men koblet til PC bliver det til en simpel VNA.

# VNArduino



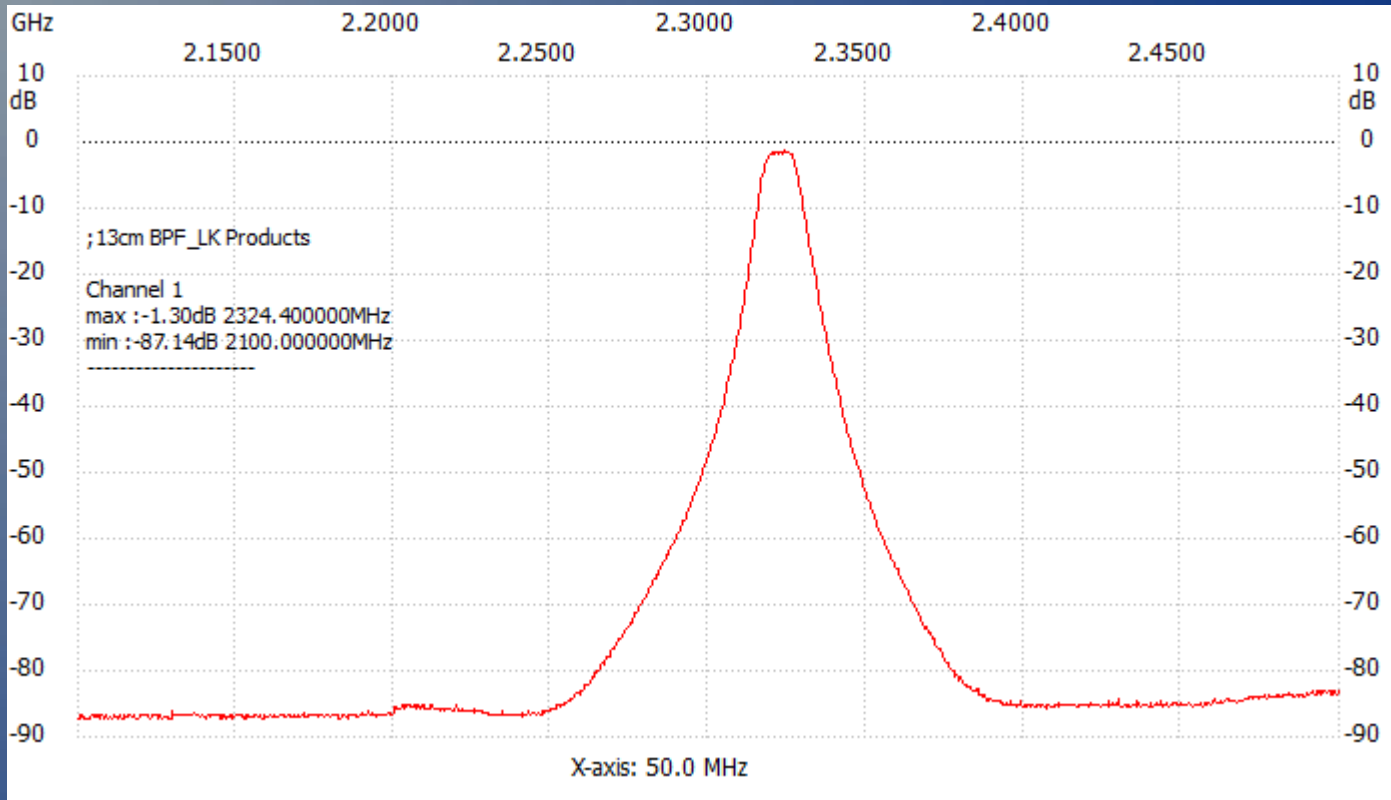
- måler retur signaler (standbølge, return loss)
- måles signal gennemgang (filtre, forstærkere)
- men ikke begge på samme tid!

# NWT4000



- NetzWerkTest'er fra Funkamateurlig
- skal tilsluttes PC. Dækker fra 35 MHz til 4400 MHz
- måler filtre og forstærkere direkte
- måler tilpasning og RTL med ekstern målebro

# NWT 4000 måling



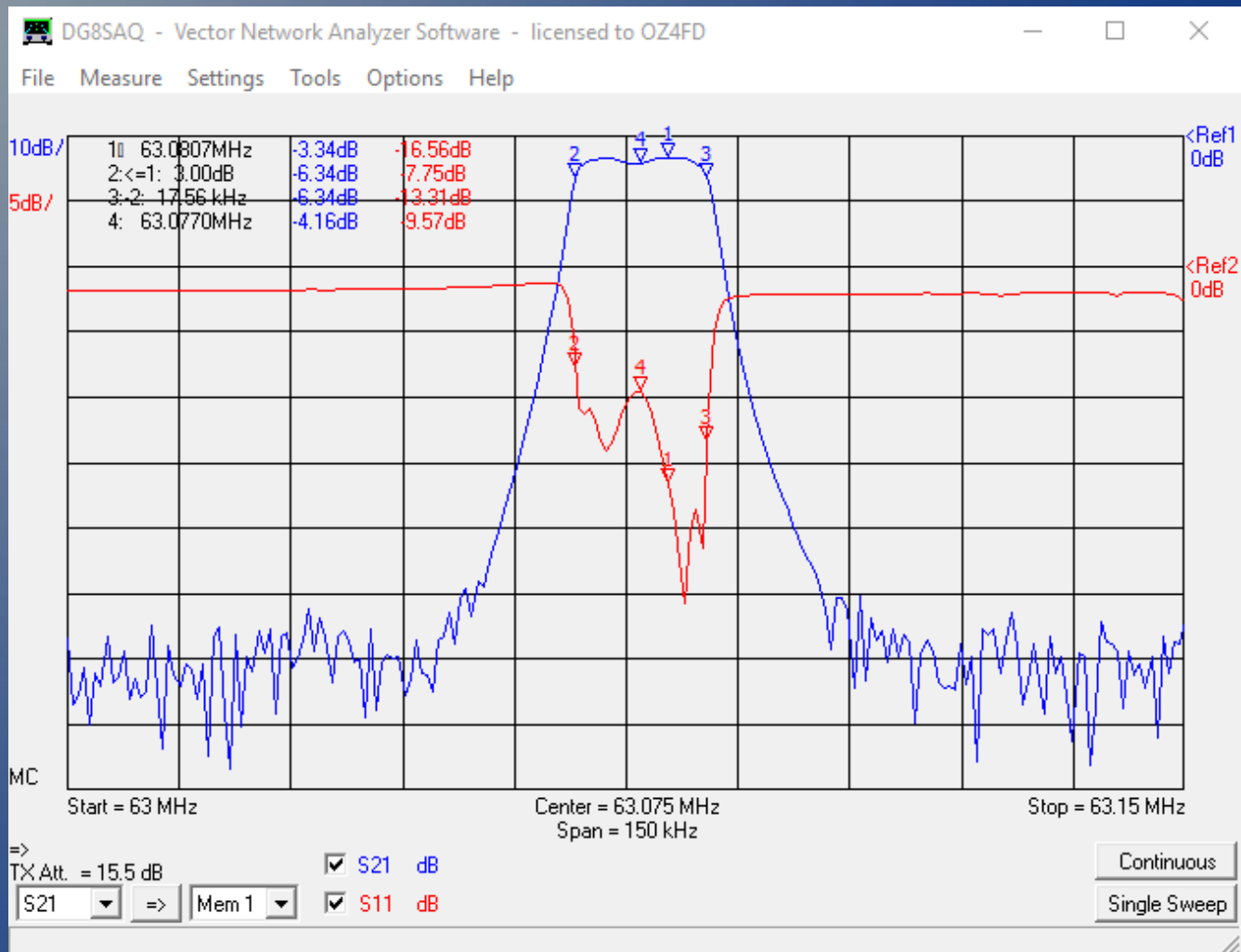
- 13 cm filter målt fra 2100 MHz til 2500 MHz.

# DG8SAQ Vector Network Analyzer

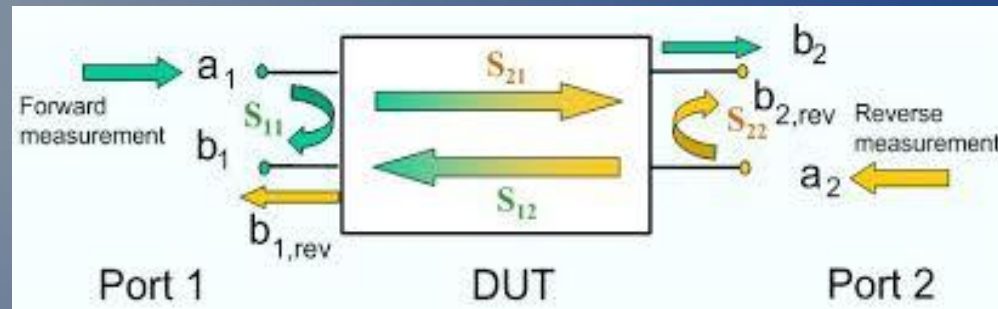


- "rigtig" vektor analysator (dog ikke stand-alone)
- måler fra 1 kHz til 1,3 GHz
- alle former for impedans og transmissions målinger
- kalibreres når måleopstilling ændres (ulempe?)

# DG8SAQ VNWA måling



## - lidt om S-parametre



Måleobjektet har en indgang og udgang. Det kalder man en 2-port  
Et lavpas filter eller en forstærker er eksempler på en 2-port  
 $S_{11}$  er return loss eller standbølgeforsvar på indgangen  
 $S_{21}$  er forstærkning/dæmpning fra port 1 til port 2

- og mindre brugt:

$S_{22}$  er return loss på udgangen

$S_{12}$  er tilbagevirkning fra udgang til indgang



# HP 8754A Network Analyzer



Transmission coefficient set

- ekstern målebro
- måleområde 5 – 1300 MHz

# Network Analyzer

-og nu til nogle praktiske målinger...