



HAM RADIO 2012

Den Historiske Udvikling for DG8SAQ Vektor Netværk Analysator: Nye muligheder for VNWA3

PROF. DR. THOMAS BAIER

E-mail: baier@hs-ulm.de

DG8SAQ

Oversat til Dansk af OZ7OU kurt@hamcom.dk

Hochschule Ulm

Prittwitzstrasse 10

89075 Ulm

Technik

Informatik & Medien

Hochschule Ulm



University of
Applied Sciences

Foredragsprogram

- **Hvad er Spredningsparametre?**
- **Hvordan fungerer VNWA'en og hvordan er den blevet til?**
- **Nyheder med anvendelses-
eksempler**

Tak til:

- *Eric Hecker*

- *Giuseppe Gristina*

- *Fred Schneider*

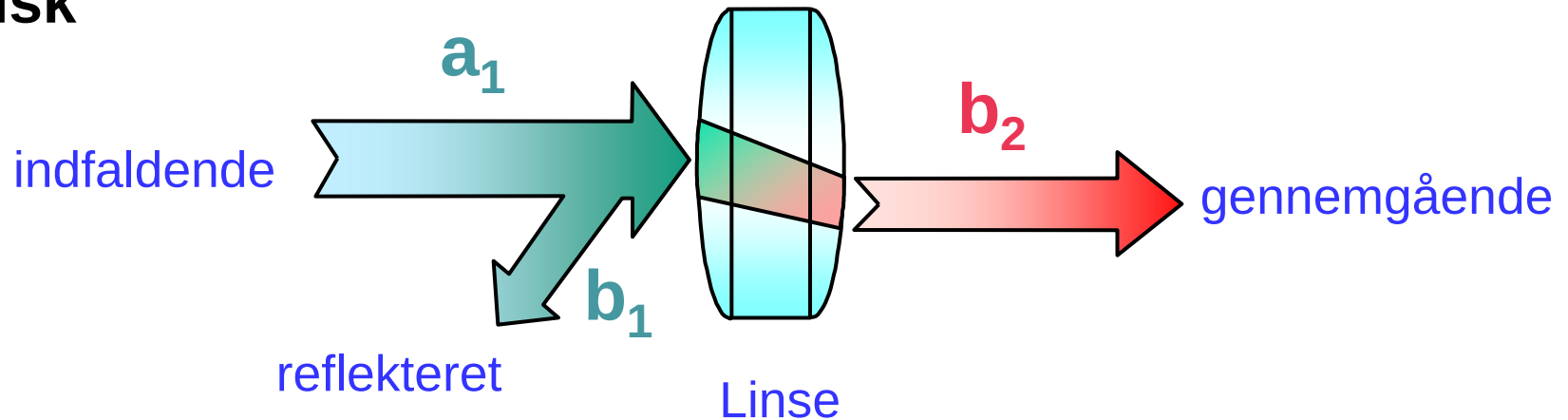
- *Mario Armando Natali*

Hochschule Ulm

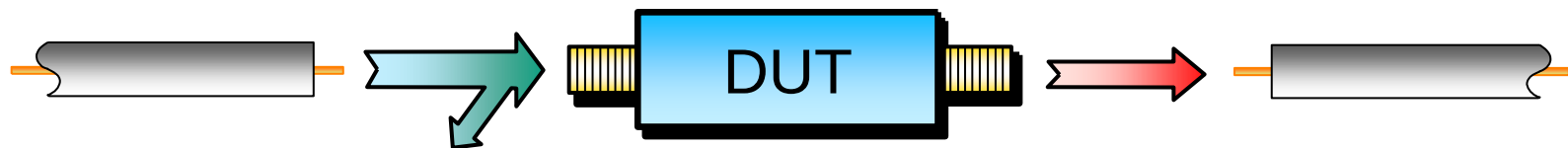


Det handler om Spredning af Bølger

Optisk



Elektrisk

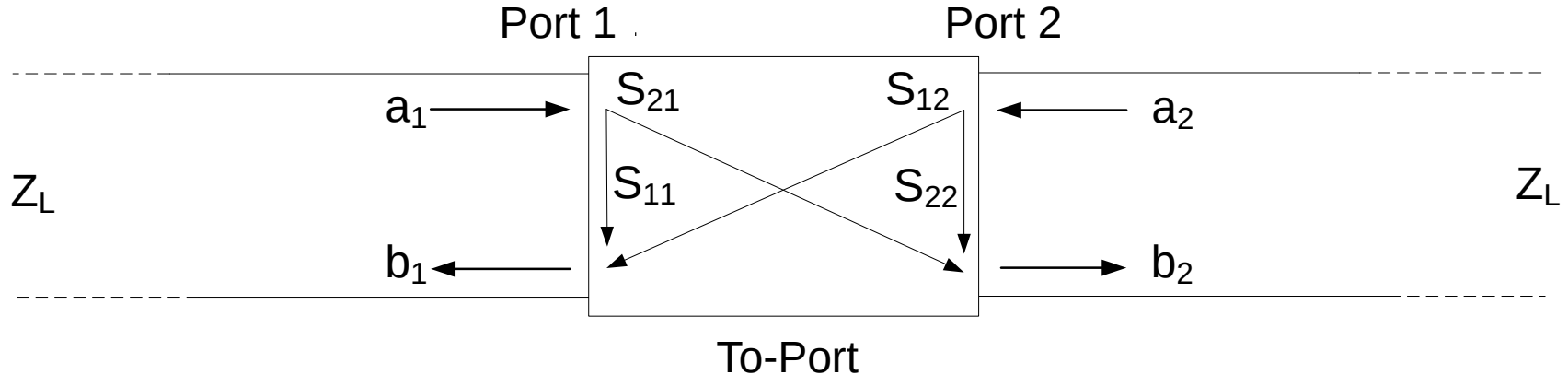


DUT : DEVICE UNDER TEST

Hochschule Ulm



S-Parametre = Spredningsparametre S_{ik}

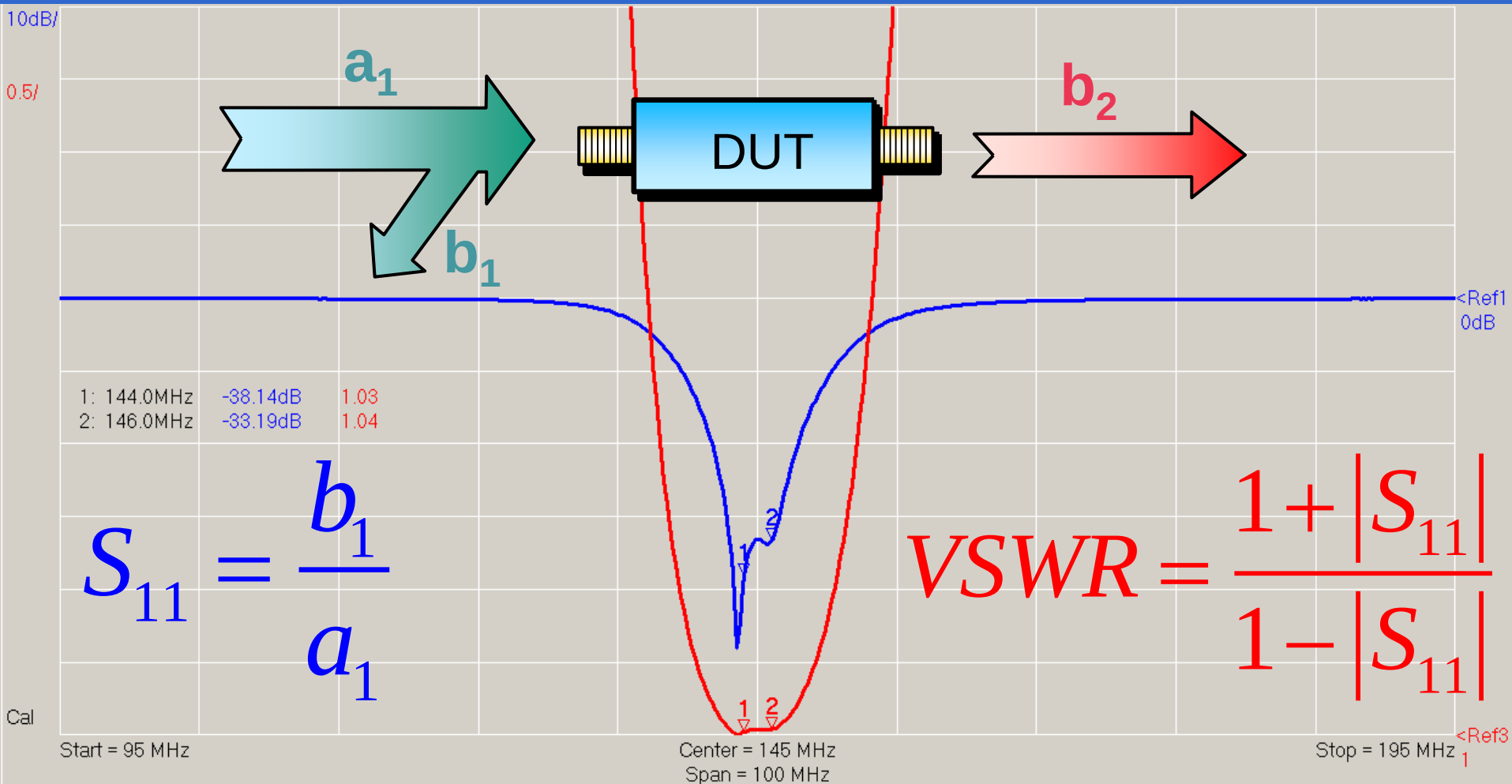


- Komplex S-Parameter: $S_{ik} = b_i / a_k$
- S_{ik} består af komplekse Tal med en **Værdi** og en **Fase**!

S-Parameter S_{11}

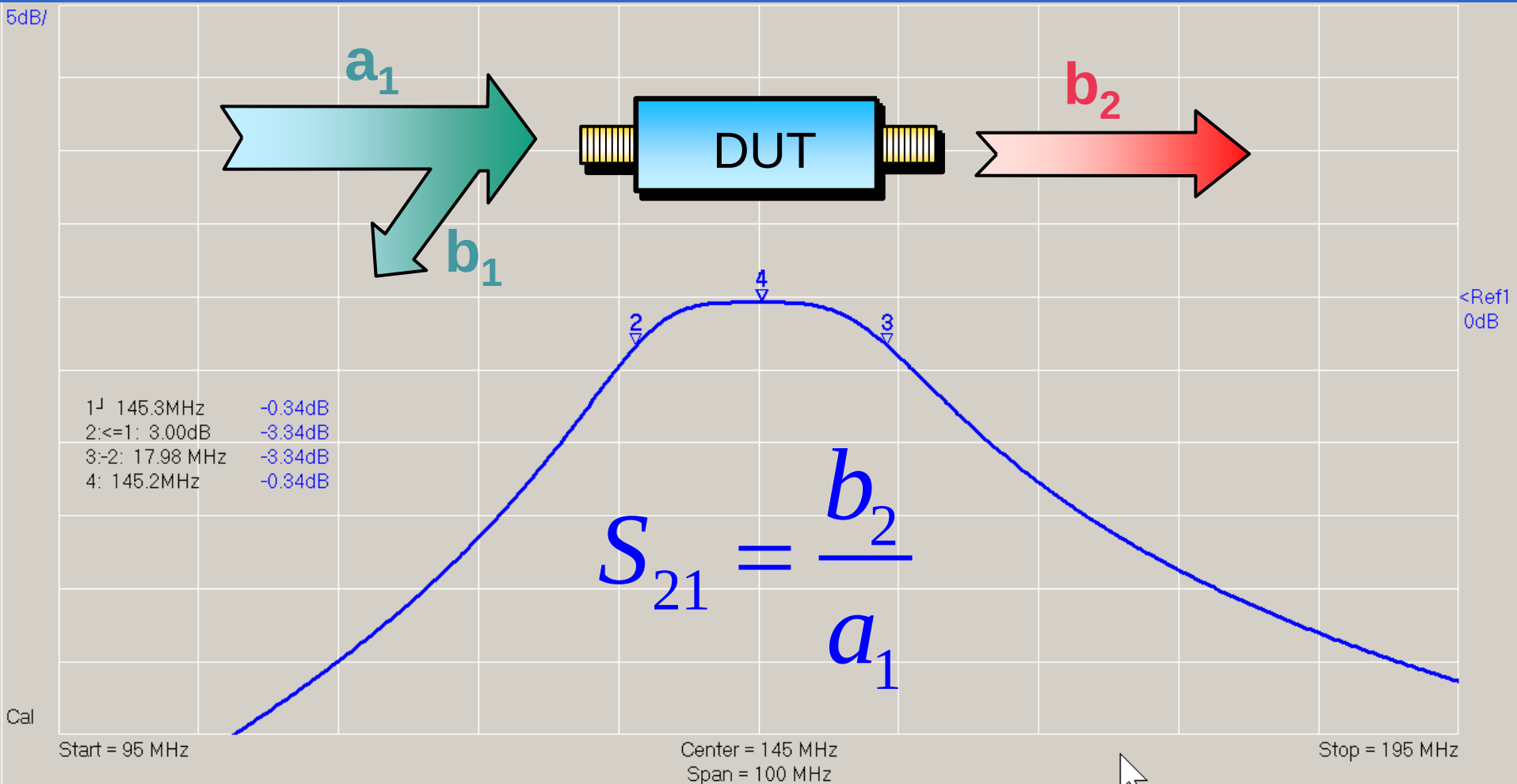


$|S_{11}|$ = Refleksionsdæmpning

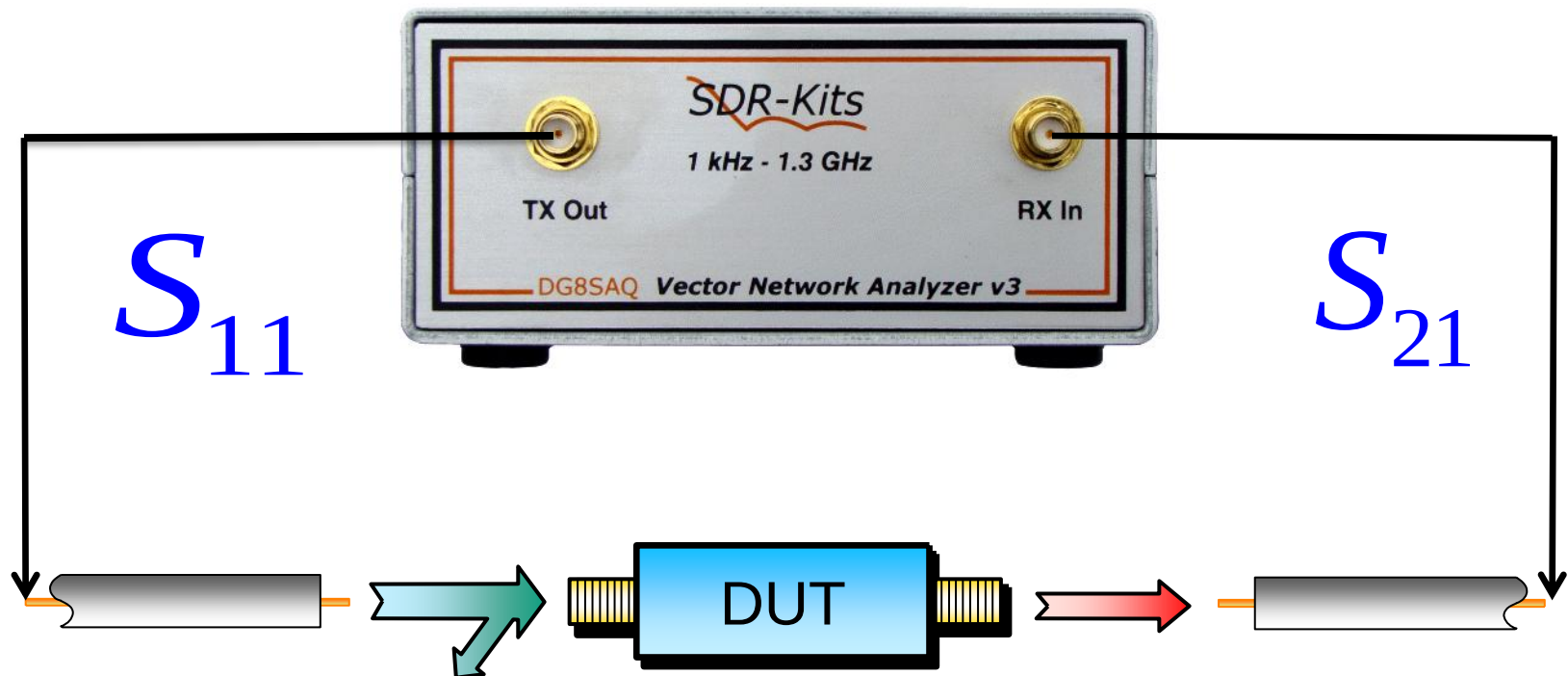


S-Parameter S_{21}

→ $|S_{21}|$ = Gennemgangsdæmpning



VNWA kan måle disse S-Parametre !



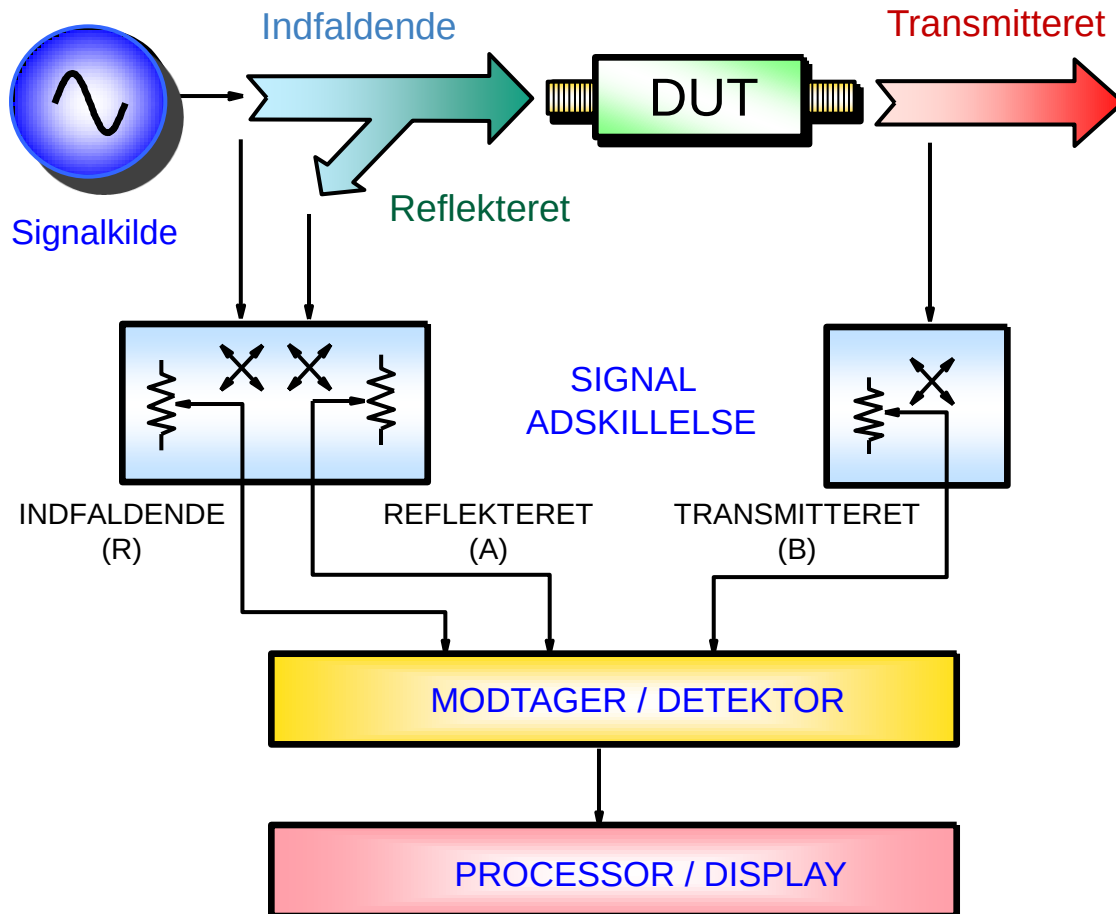
DUT : DEVICE UNDER TEST

Hochschule Ulm



Udviklingen og Virkemåden (1)

Princip for en VNWA



- Programmerbar Signalkilde
- 3 koherante Modtagere
- Program Styring
- Data behandling og Grafik

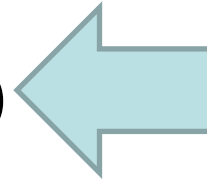
Hochschule Ulm



Udviklingen og Virkemåden (2)

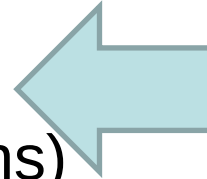
Funktionsblokke

Direkte Digital Synthesizer (DDS)

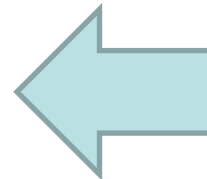


- Programmerbar Signalkilde

3 Gilbert-Celle Blandere + DDS
+ PC Lydkort (ZF = mellemfrekvens)



- 3 koherante Modtagere



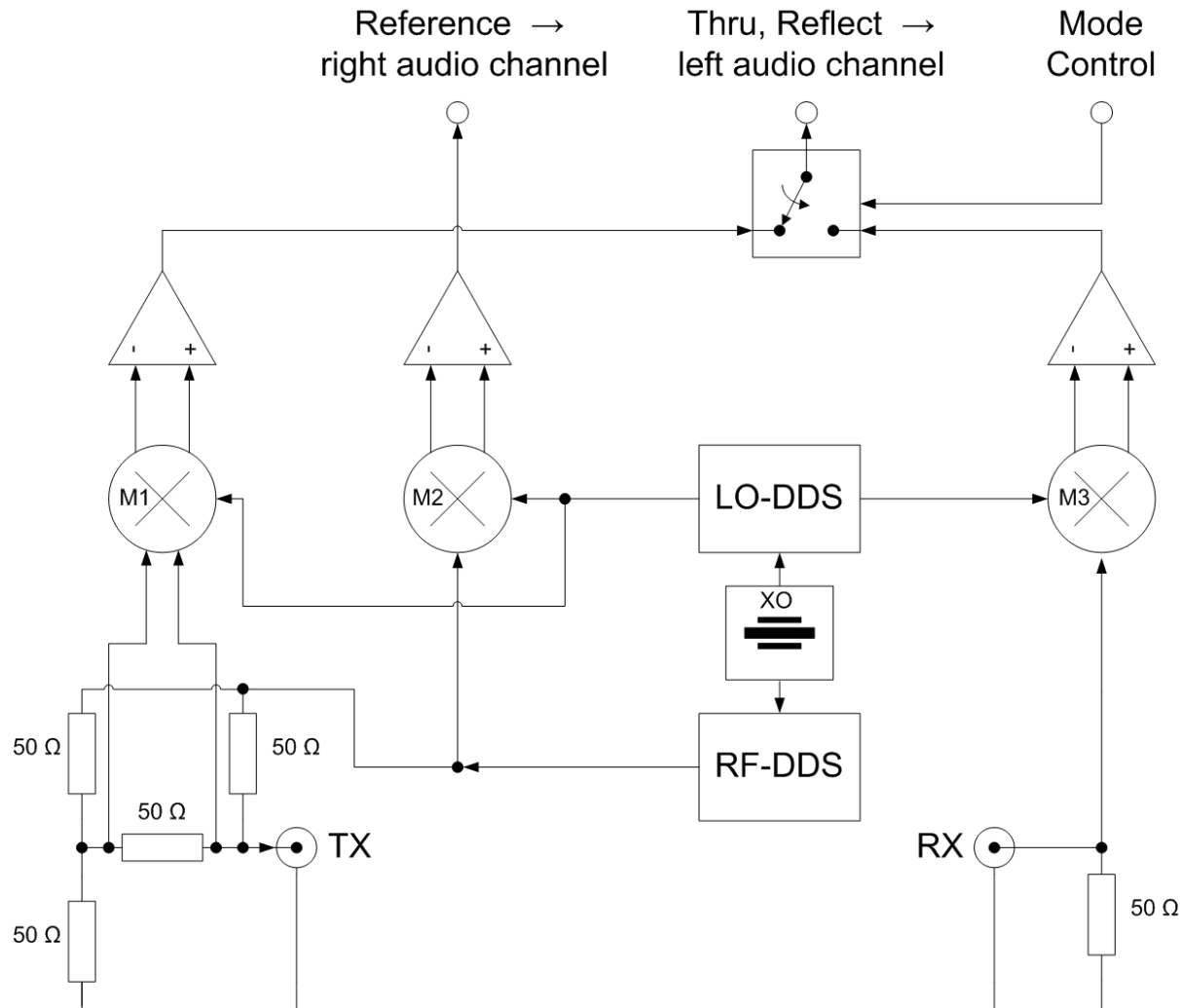
- Programafvikling
- Data behandling og Grafik

Hochschule Ulm



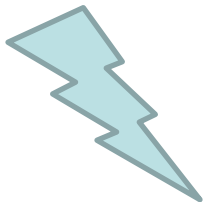
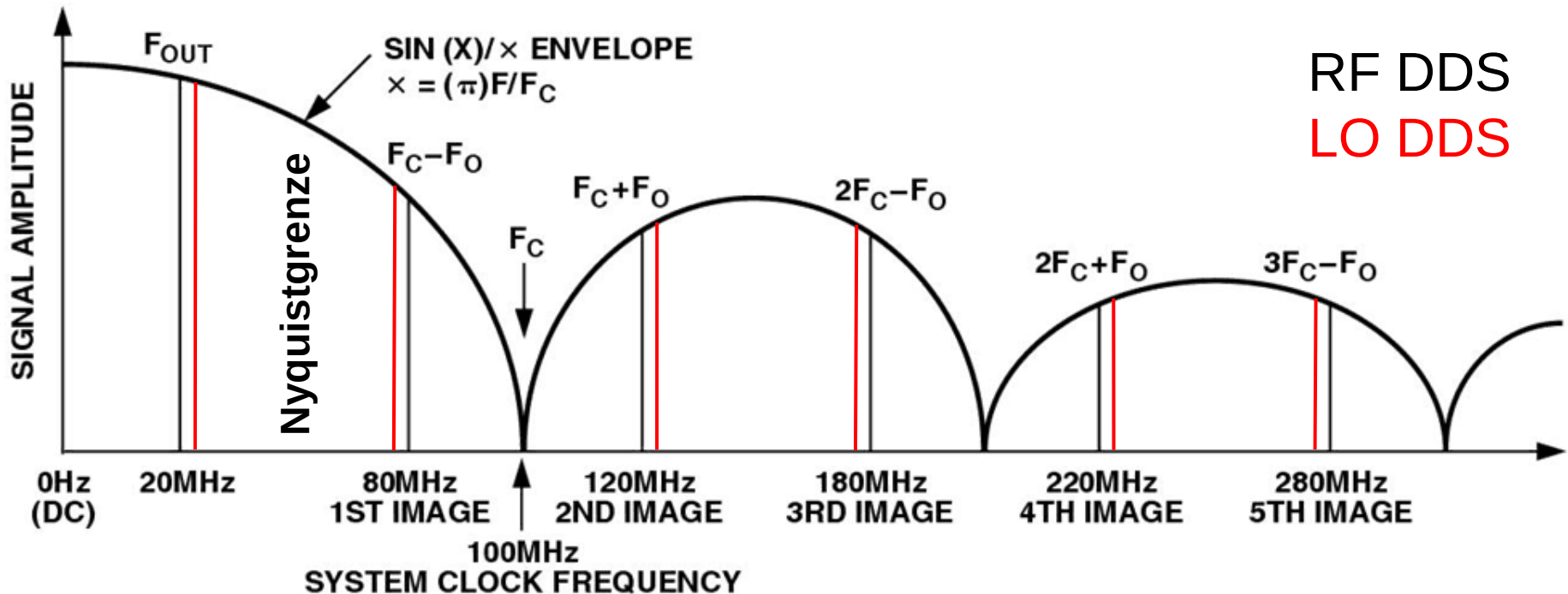
Udviklingen og Virkemåden (3)

Den Principielle Opbygning



Udviklingen og Virkemåden (4)

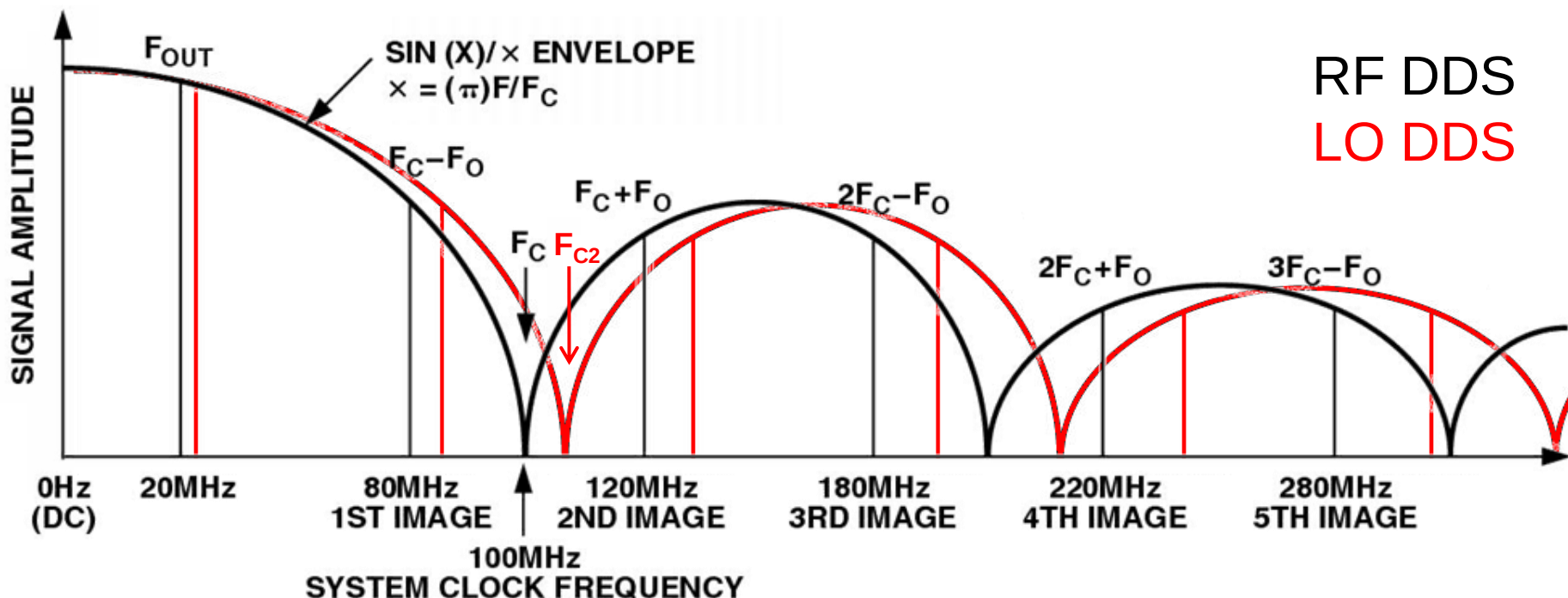
Problem: DDS Alias frekvenser



**Alle Alias-frekvenser blandes
til samme mellemfrekvens
→ enten Lavpasfilter, eller...**

Udviklingen og Virkemåden (5)

Chance: LO DDS med forskudt Clock



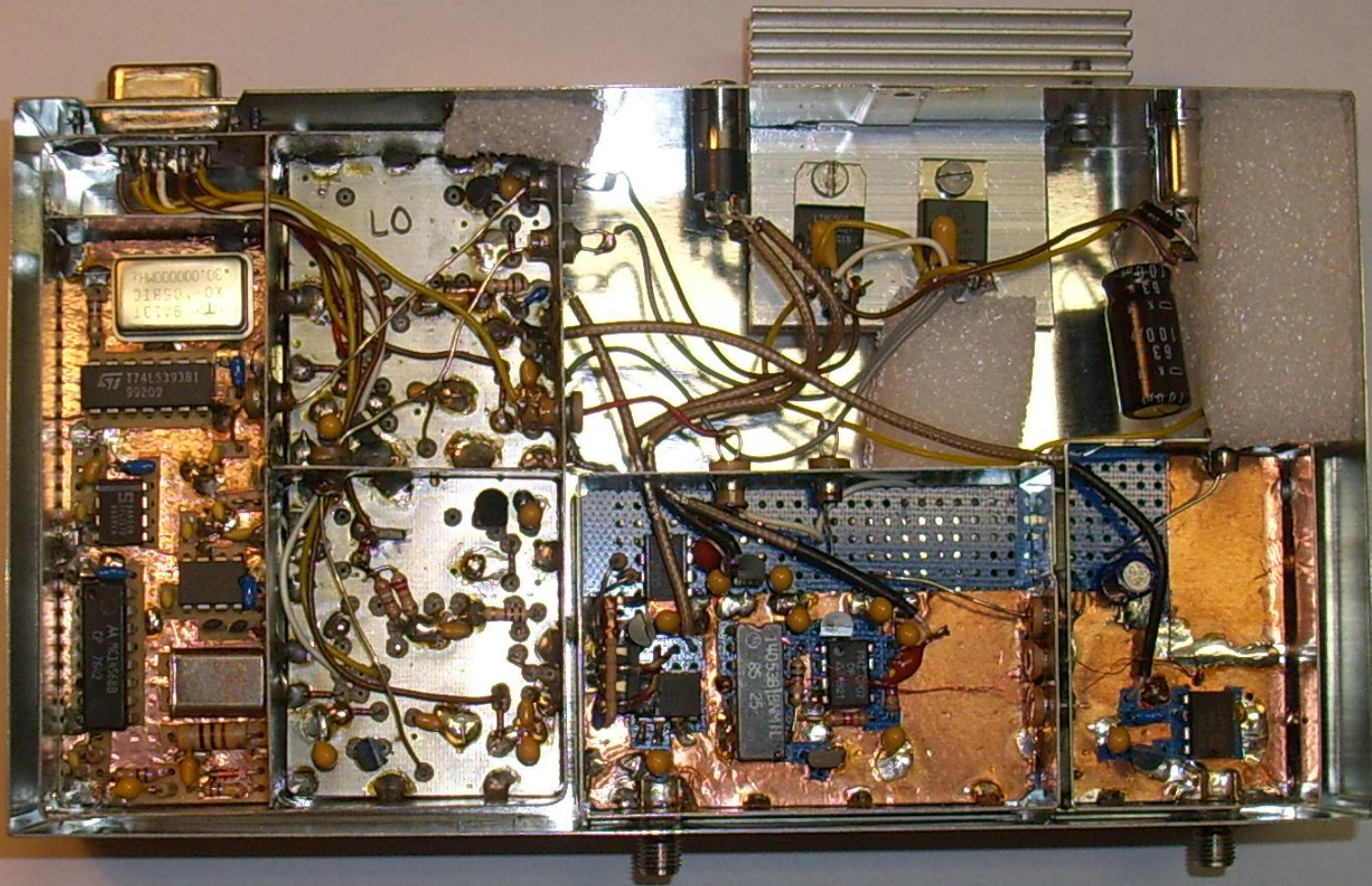
Alle Alias-frekvenser kan, med henblik på udvidelse af frekvensområdet, benyttes individuelt

Hochschule Ulm



Udviklingen og Virkemåden (6)

Resultat: VNWA1



Hochschule Ulm



Udviklingen og Virkemåden (7)

VNWA1 Måleplads



Udviklingen og Virkemåden (8)

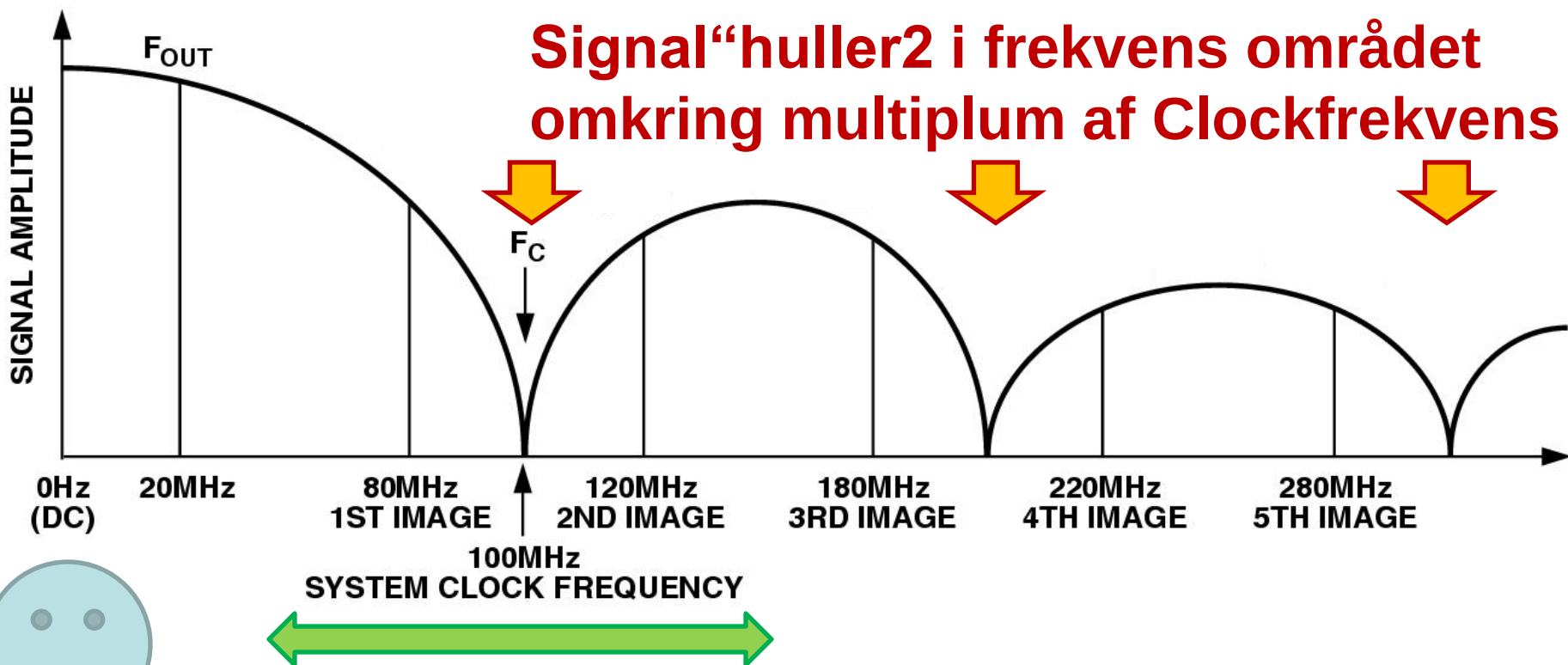
Nye Udviklingsmålsætninger

Motivering: Til brug i undervisningen

- **Frekvensområde > 500 MHz**
- **Kontinuerligt frekvensområde (uden „huller“)**
- **Opbygning på et PCB kort / Reproducerbarhed**
- **Optimeret for lav kostpris**

Udviklingen og Virkemåden (9)

Kontinuerligt Frekvensområde



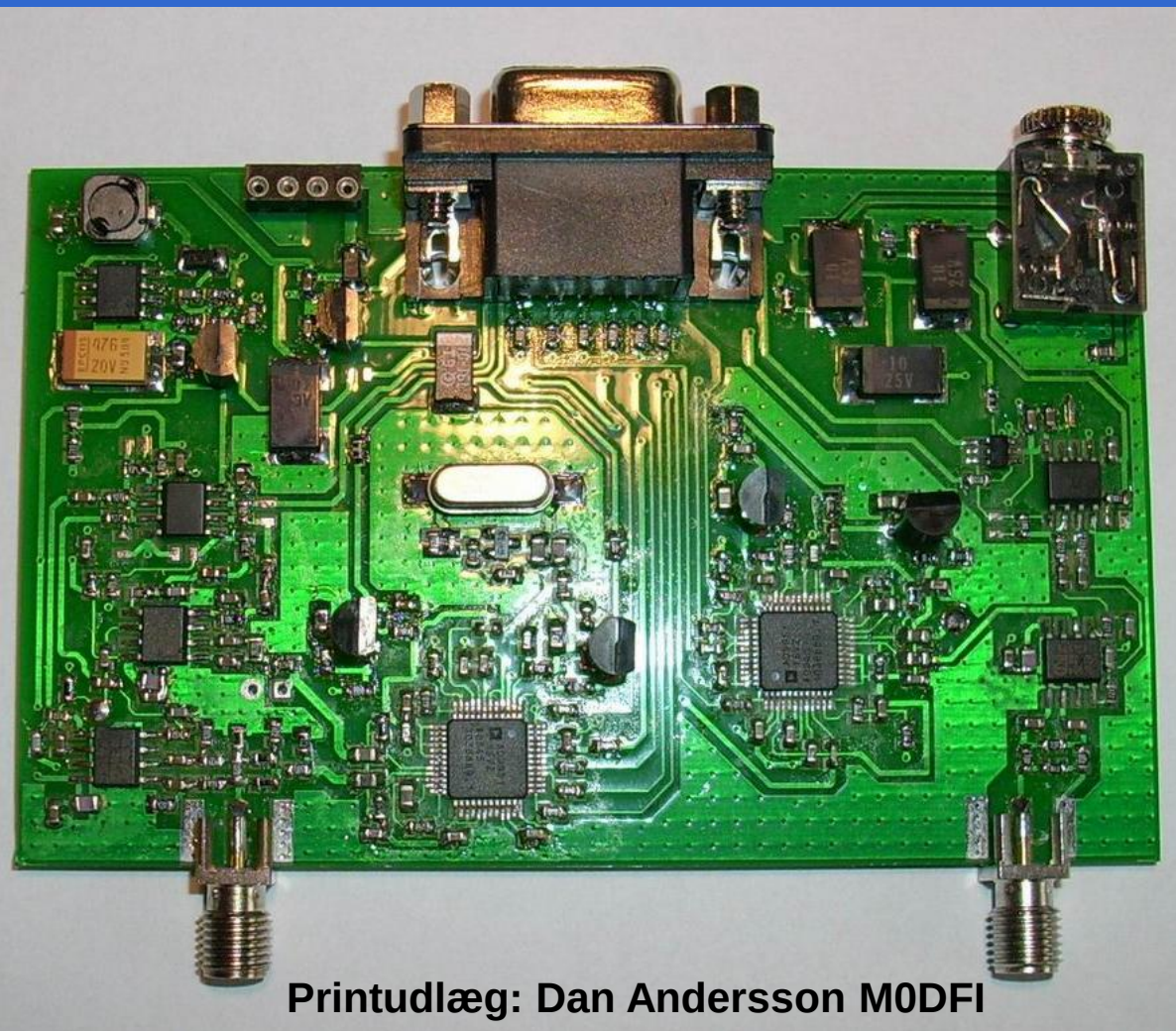
**Løsning: variabel Clockfrekvens gennem
Clock multiplikations-PLL (Integreret i DDS)**

Hochschule Ulm



Udviklingen og Virkemåden (10)

Resultat: VNWA2



Printudlæg: Dan Andersson M0DFI

- Frekvensområde:
1 kHz...>1,3 GHz
- Dynamik:
>90 dB ($f \leq 500$ MHz)
>60dB iøvrigt
- S11, S21 Måling
- Styling via en PC
parallel port (LPTx)
- Signal behandling med
eksternt PC Lydkort

Hochschule Ulm



Udviklingen og Virkemåden (10)

Milepæl i 2009: Byggesæt via SDRKits

SDRKits

=

Jan Verduyn G0BBL

- **Ex. Maritim Telegrafist**
- **Ex. Motorola Ingeniør**
- **Pensioneret**
- **Radioamatør**



Halle A1 Stand E812



Udviklingen og Virkemåden (11)

Nye Markedsstyret grænsefladebetingelser



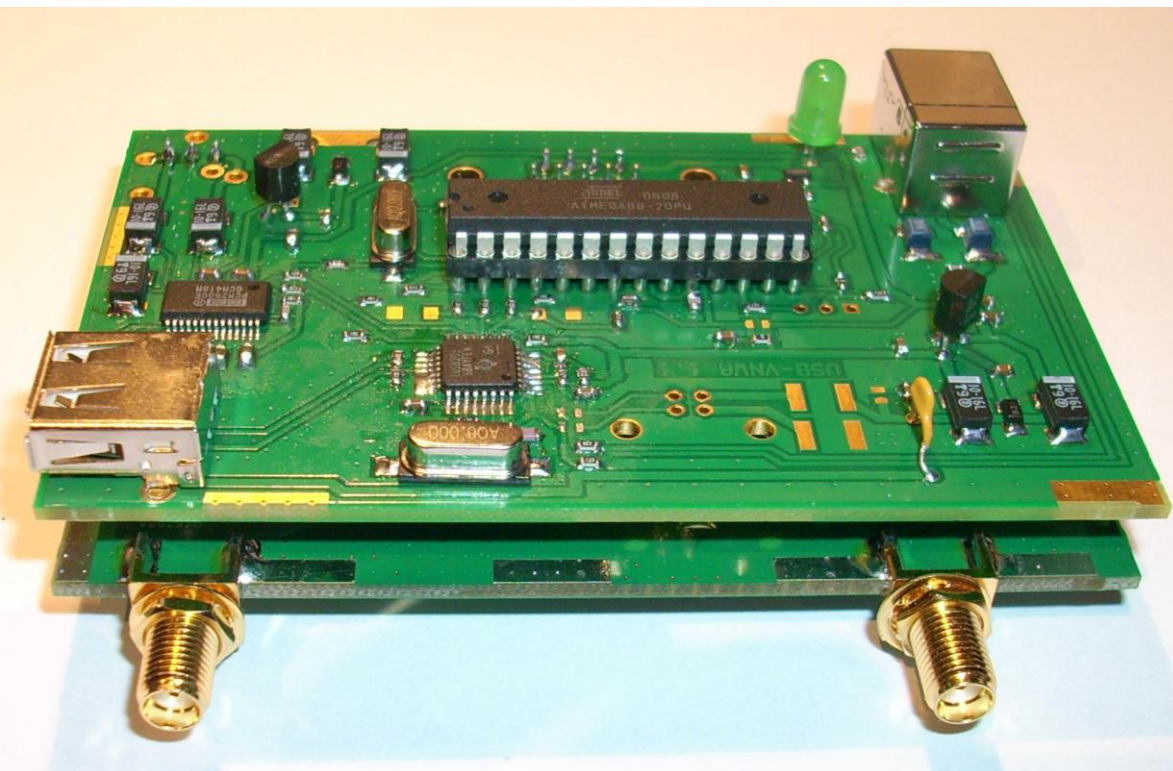
**Stadig færre PC'er med
*Parallel Port***



**Stadig færre PC'er med
*Stereo-Line-In***

Udviklingen og Virkemåden (12)

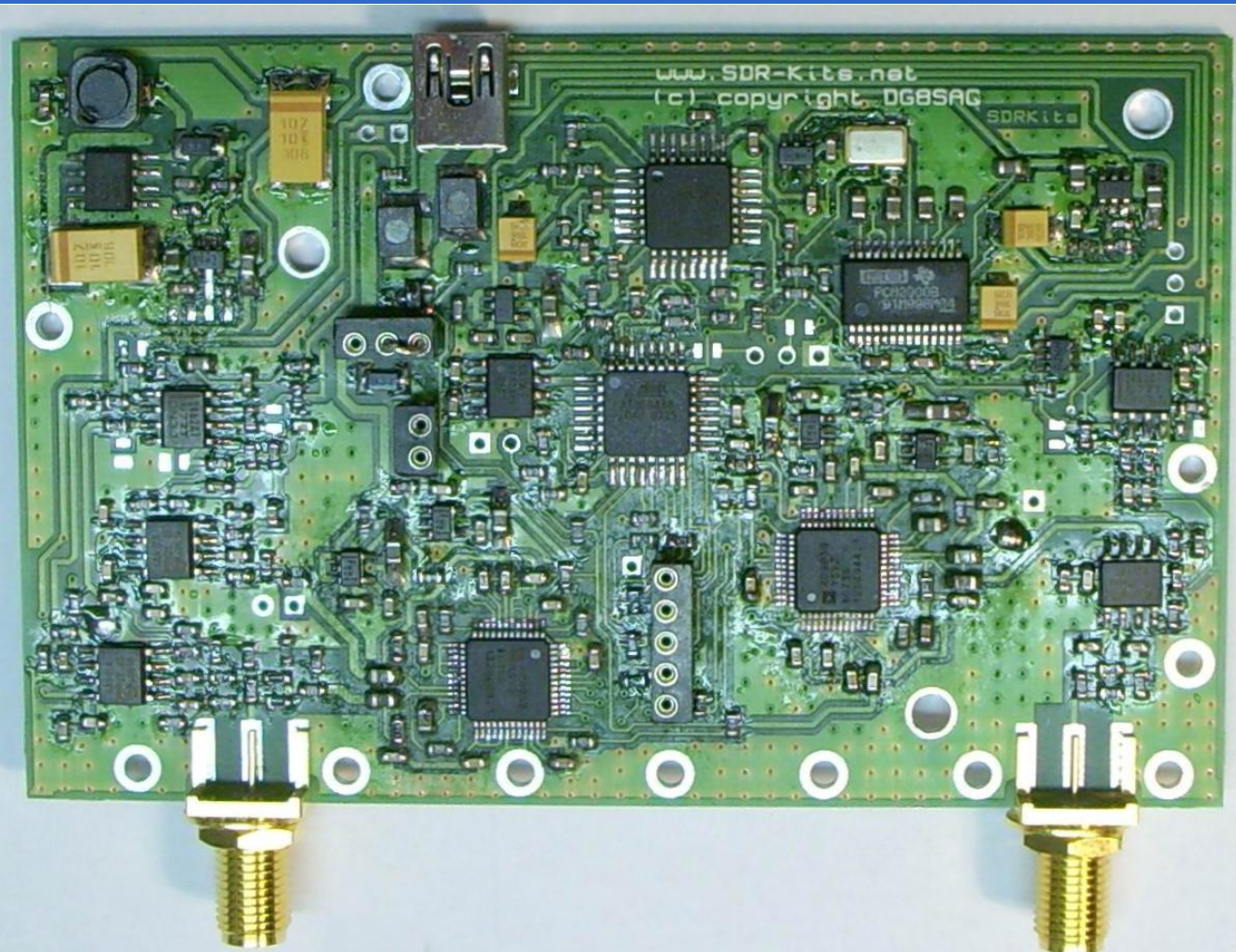
VNWA2-USB



- USB Interface
- Controller
- USB Audio Codec
- Strømforsyning via USB, kun et kabel til PC'en

Udviklingen og Virkemåden (13)

VNWA3: monteret på SMD/PCB robot



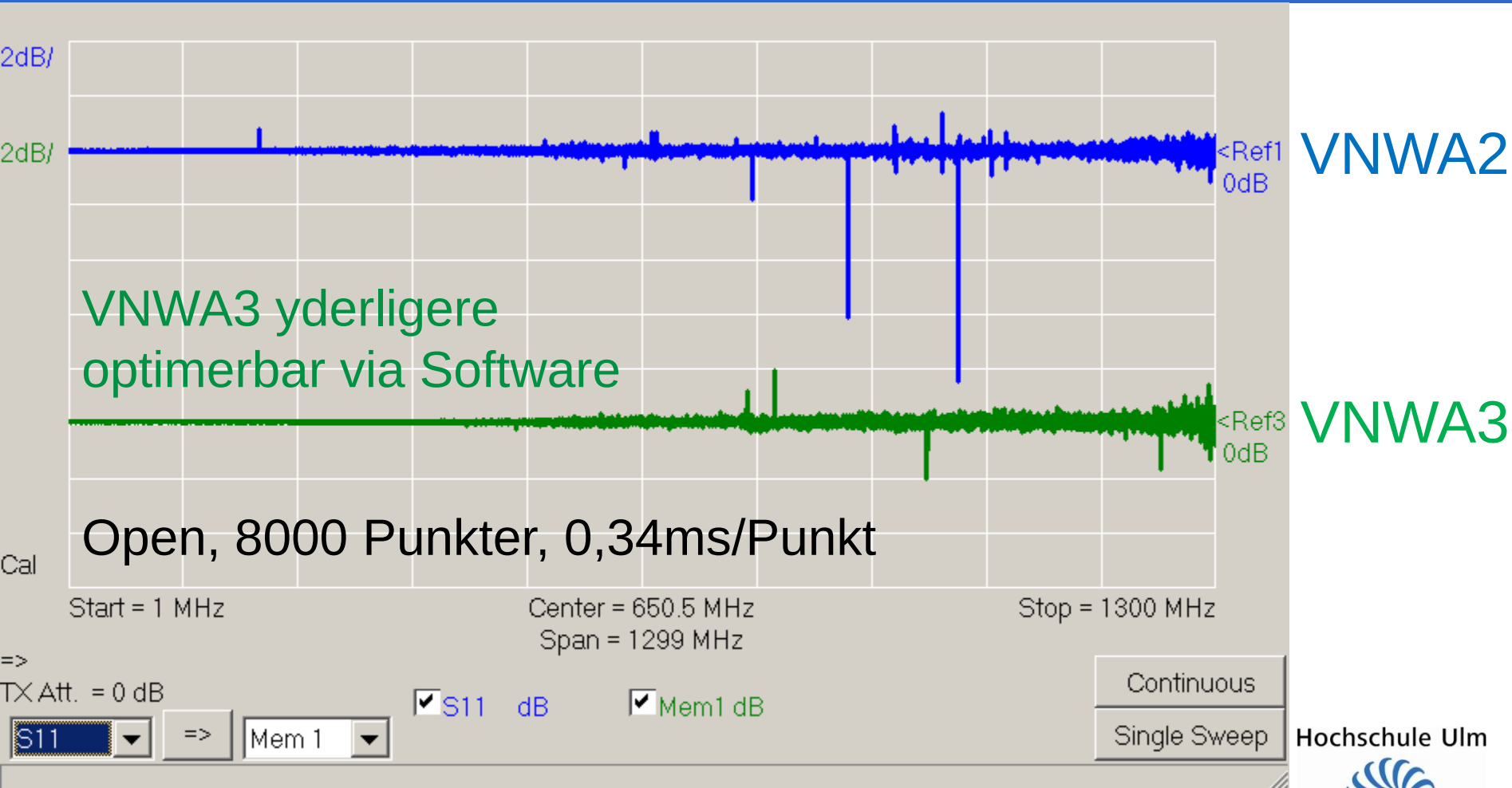
- TCXO
- +Tilføjet en Clock-PLL!!

Hochschule Ulm



Udviklingen og Virkemåden (14)

Færre støjpulser p.g.a. fleksibel Clock-PLL



Udviklingen og Virkemåden (15)

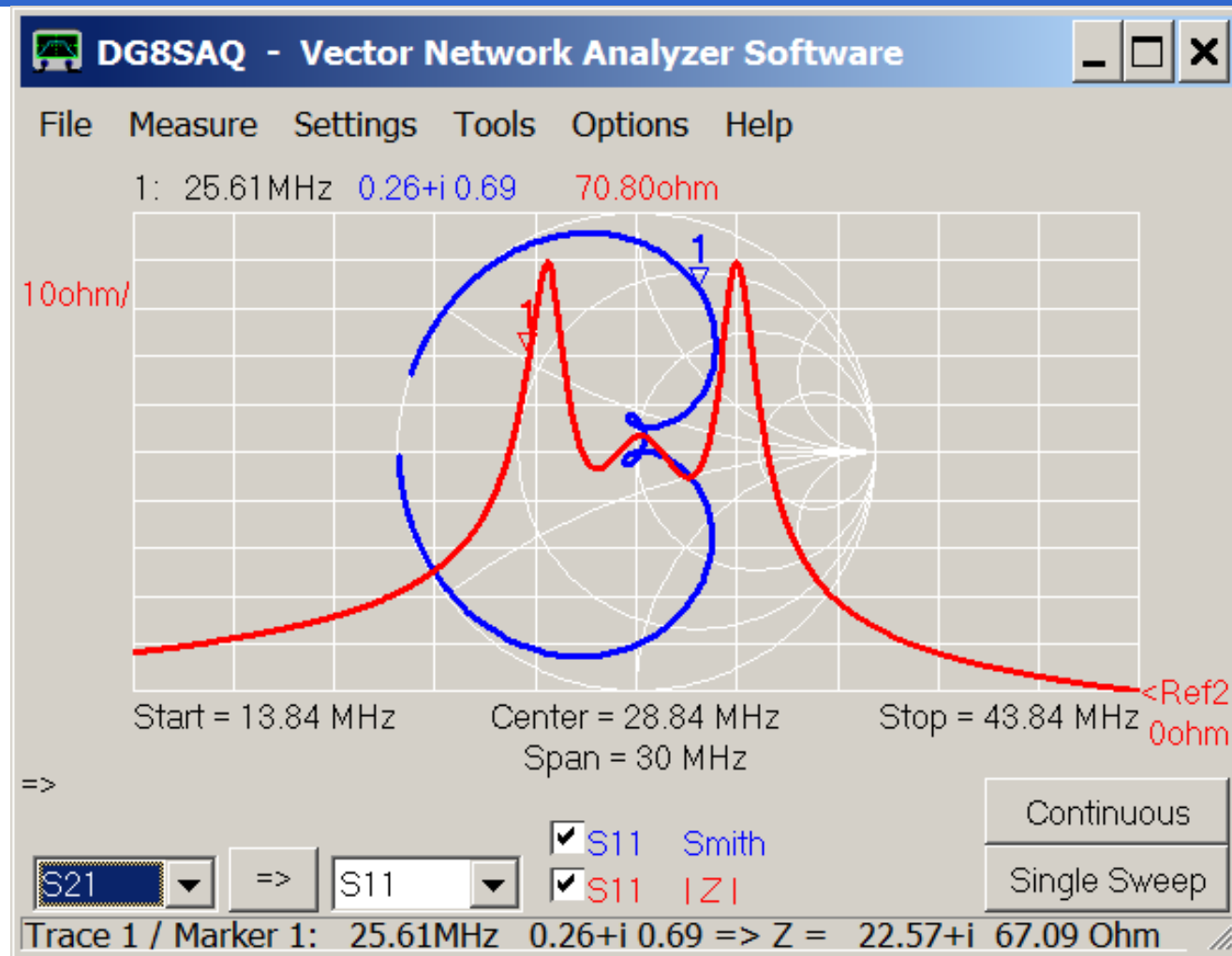
Optionelle VNWA3 Udvidelser



- Ekstra Audio-Codec for samtidig måling af S_{11} und S_{21}
- Ekstern Clock indgang
- Udvidelse for fuldautomatisk to-port analyse, ved brug af eksternt Transfer relæ



Anvendelser: Impedansmåling

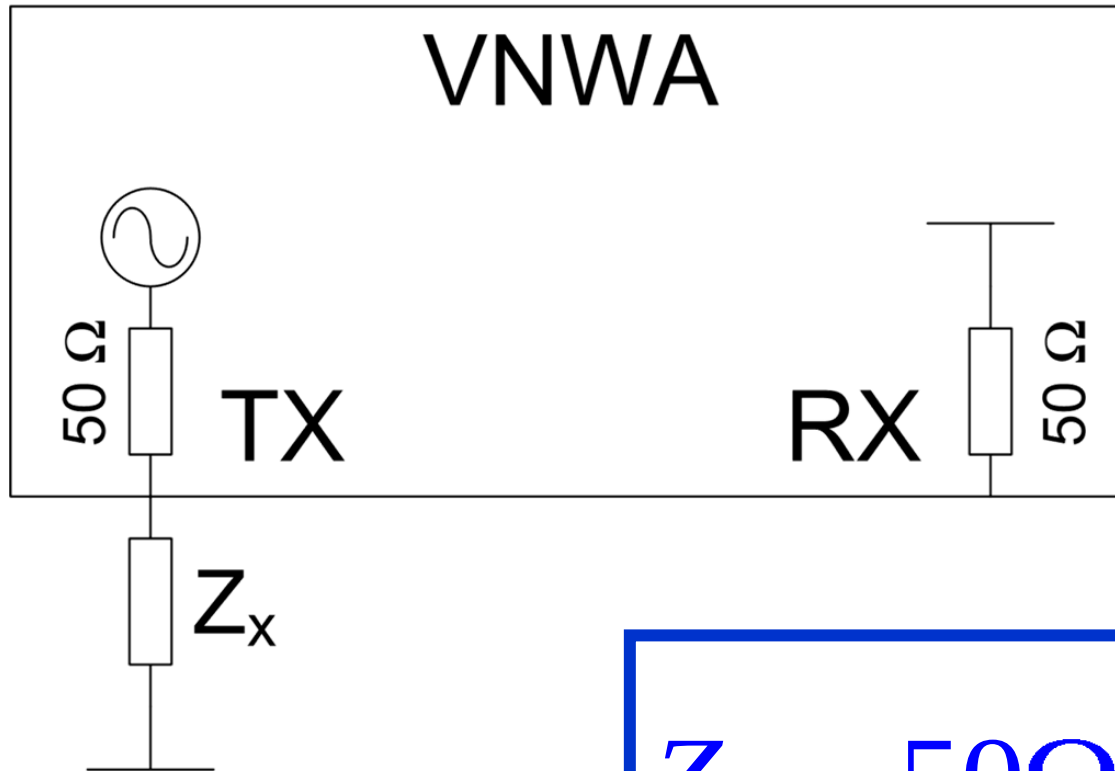


Hochschule Ulm



Impedansmåling (2)

Variant 1: Refleksionsfaktor måling



Optimal for
 Z_x nær 50 Ω

$$Z_x = 50\Omega \cdot \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}}$$

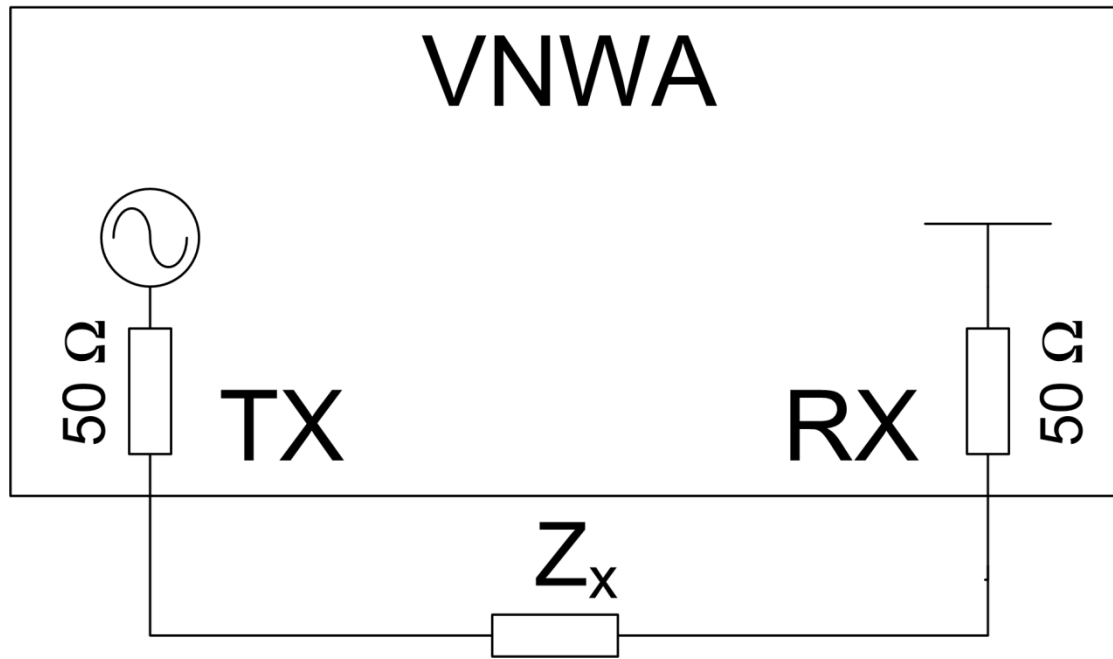
Cal: SOL

Hochschule Ulm



Impedansmåling (3)

Variant 2: I -Måling



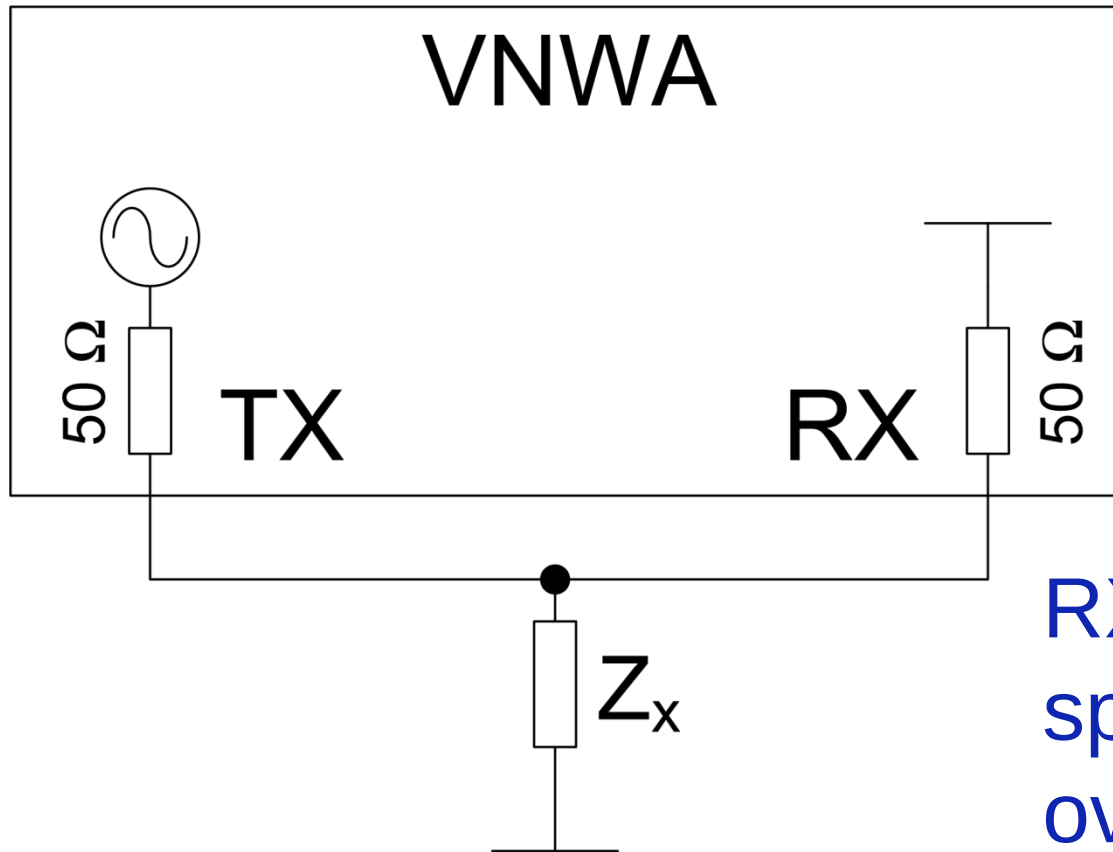
Optimal for
 Z_x stor

Cal: Thru

RX mister Strøm gennem Z_x

Impedansmåling (4)

Variant 3: V-Måling



**Optimal for
 Z_x lille**

**RX mister
spænding
over Z_x**

Cal: SOL

Hochschule Ulm



Impedanzmåling (5)

Variant 4: RF-IV-Måling

$$Z_x = \frac{V}{I}$$

Cal: SOL Z_x

Optimal for
alle Z_x

Kombination af
I- og V-måling

Impedansmåling (6)

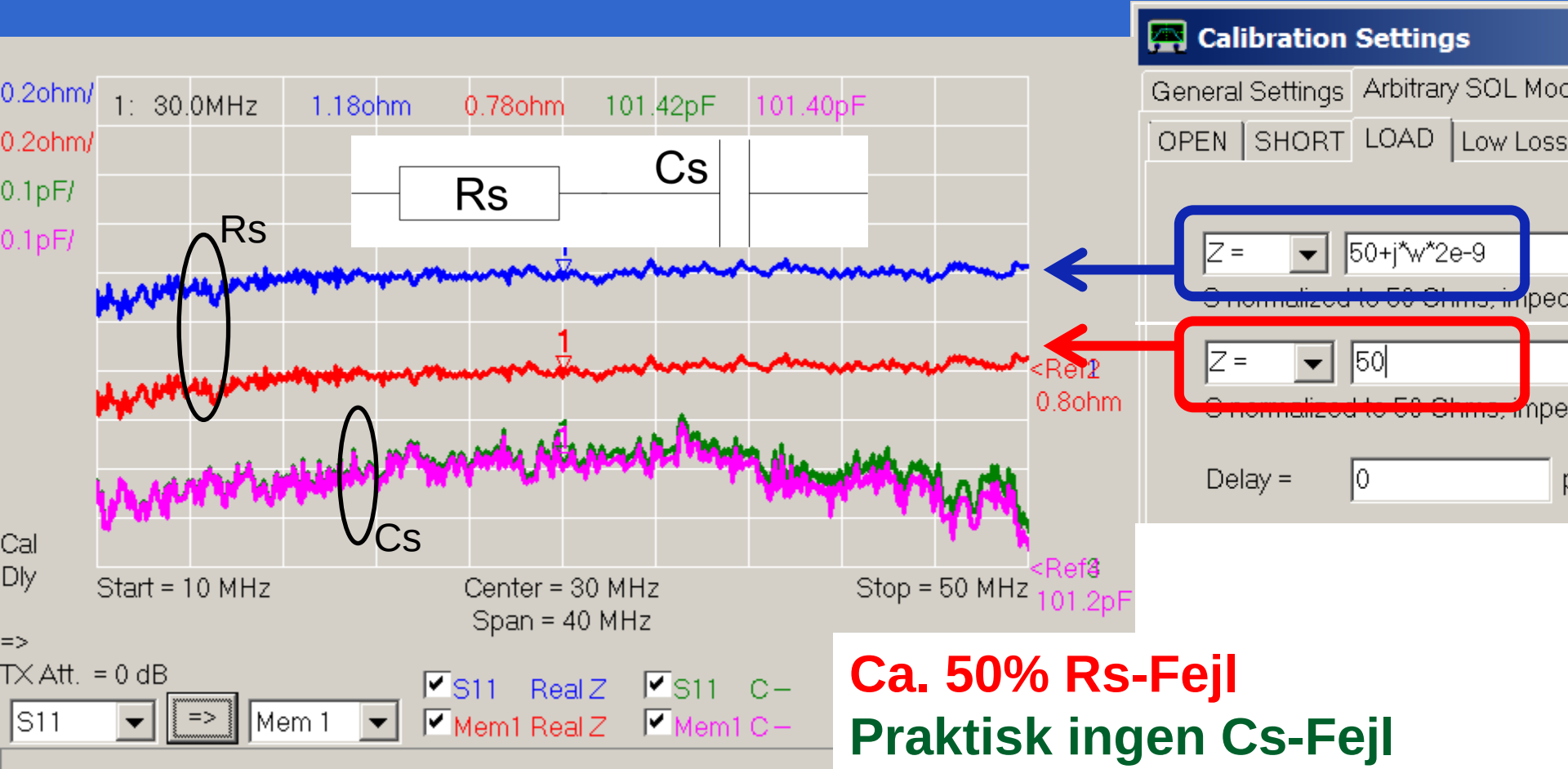
Sensitivitet af Varianterne 1 - 4

Effekten af forøgelse af Z_x
med 10% af dens måleværdi:

Z_x	S_{11}	I	V	V / I
0,1 Ω	-0,04%	0,01%	-9,96%	9,97%
51 Ω	480,68%	3,27%	-3,08%	6,56%
100 k Ω	0,01%	9,08%	0,00%	9,99%

➡ RF-IV måling er altid lige følsom!

Impedans for en 100 pF SMD Kondensator: Effekten af 2 nH i Load Standard

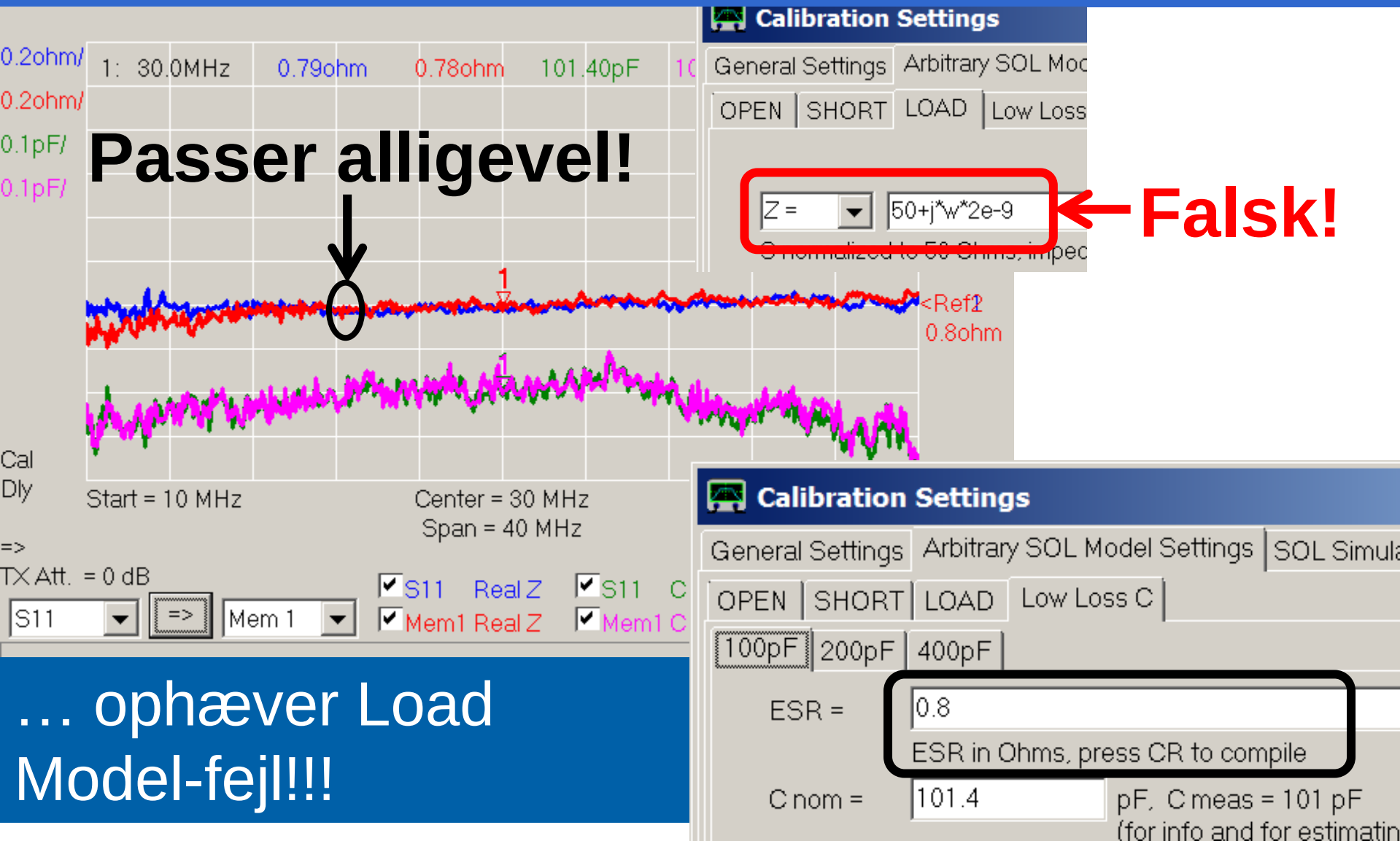


Load-Modellen især kritisk ved Q målinger!

Hochschule Ulm



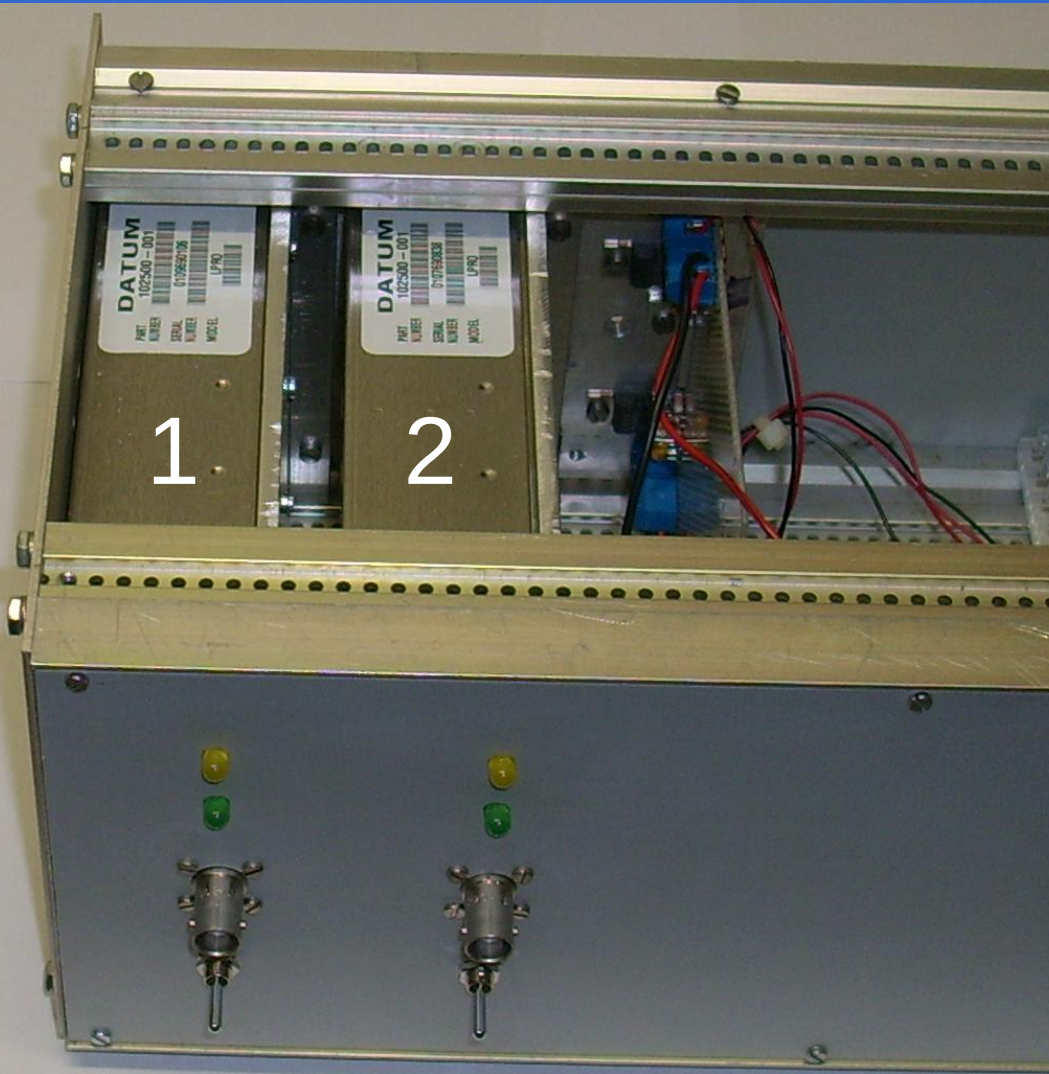
Nyt: Low Loss Capacitor (LLC) som yderligere Kalibrations Standard...



Den som har et ur, ved altid hvad klokken er...

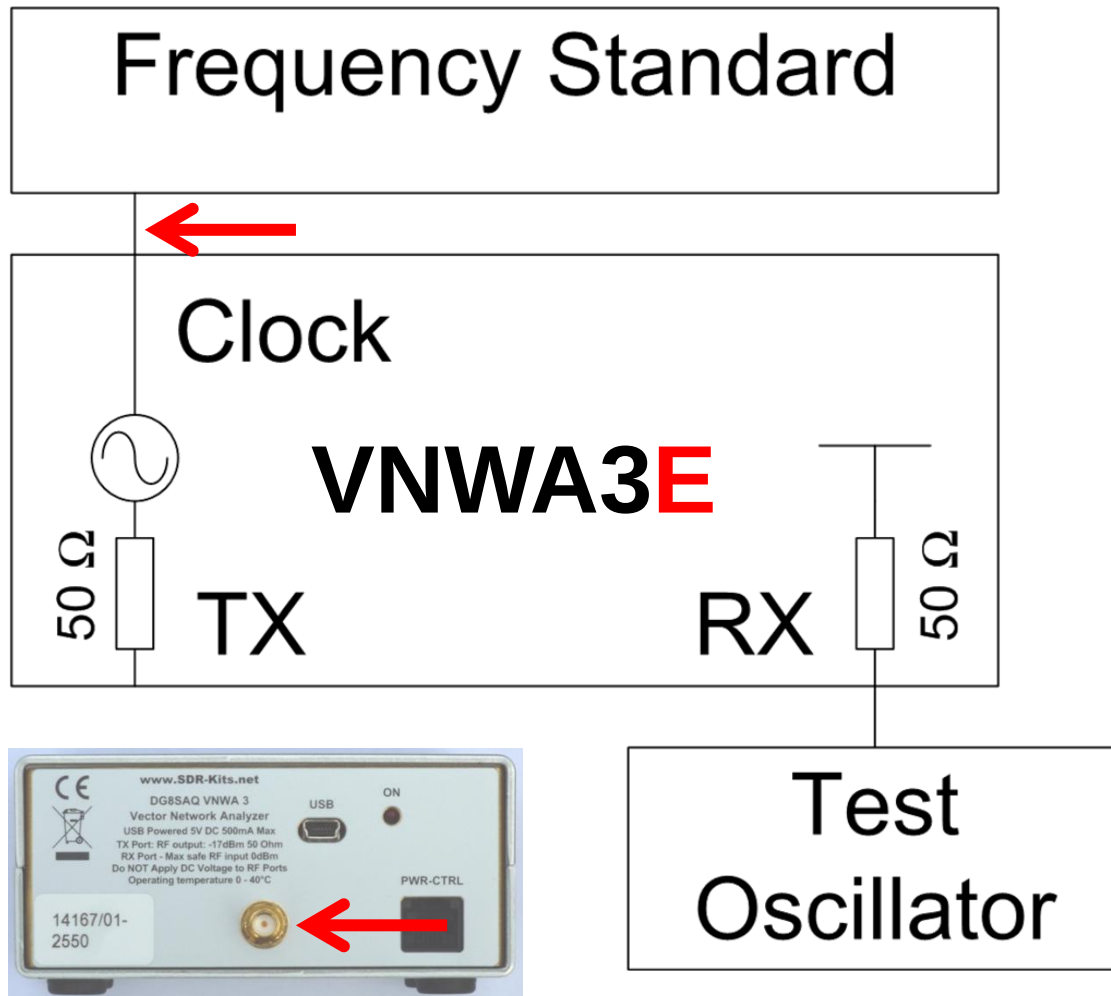


Den som har TO ure, er ikke helt sikker!



- Mine to Rubidium Frequenz-normaler
- Hvor præcist løber de synkront?

Anvendelse Frekvens sammenligning: VNWA3 som Fase detektor:



- Præcis Fase-måling med VNWA3
- Frekvens-afvigelse kalkuleres ud fra faseforskel

Frekvens sammenligning (2)

Målenøjagtighed



- TCXO sammenlignet med sig selv
- 1s Måletid
- ca ± 10 μHz Spredning!!!

Hochschule Ulm



Frekvens sammenligning (3)

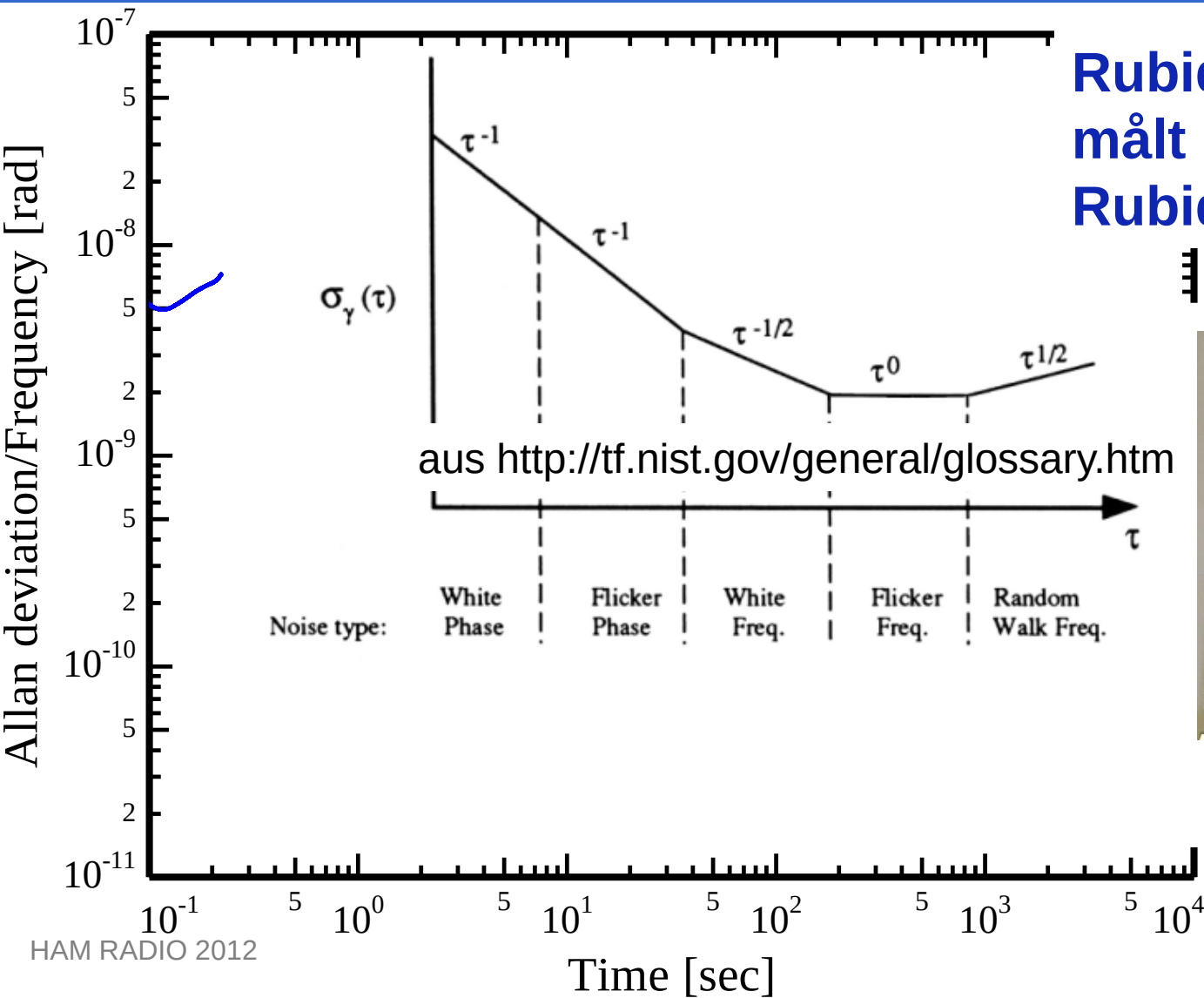
Rubidium 1 vs. Rubidium 2 over 260s



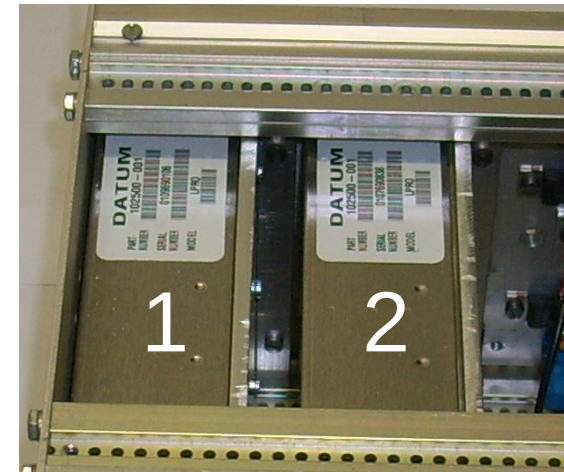
Afvigelse = $-0,0025 \text{ Hz} \pm 0,0003 \text{ Hz}$ ved 10 MHz
 $\equiv 2,5 \cdot 10^{-10}$

Frekvens sammenligning (4)

Allan afvigelse ud fra VNWA-Måling



**Rubidium Standard 1
målt i forhold til
Rubidium Standard 2**

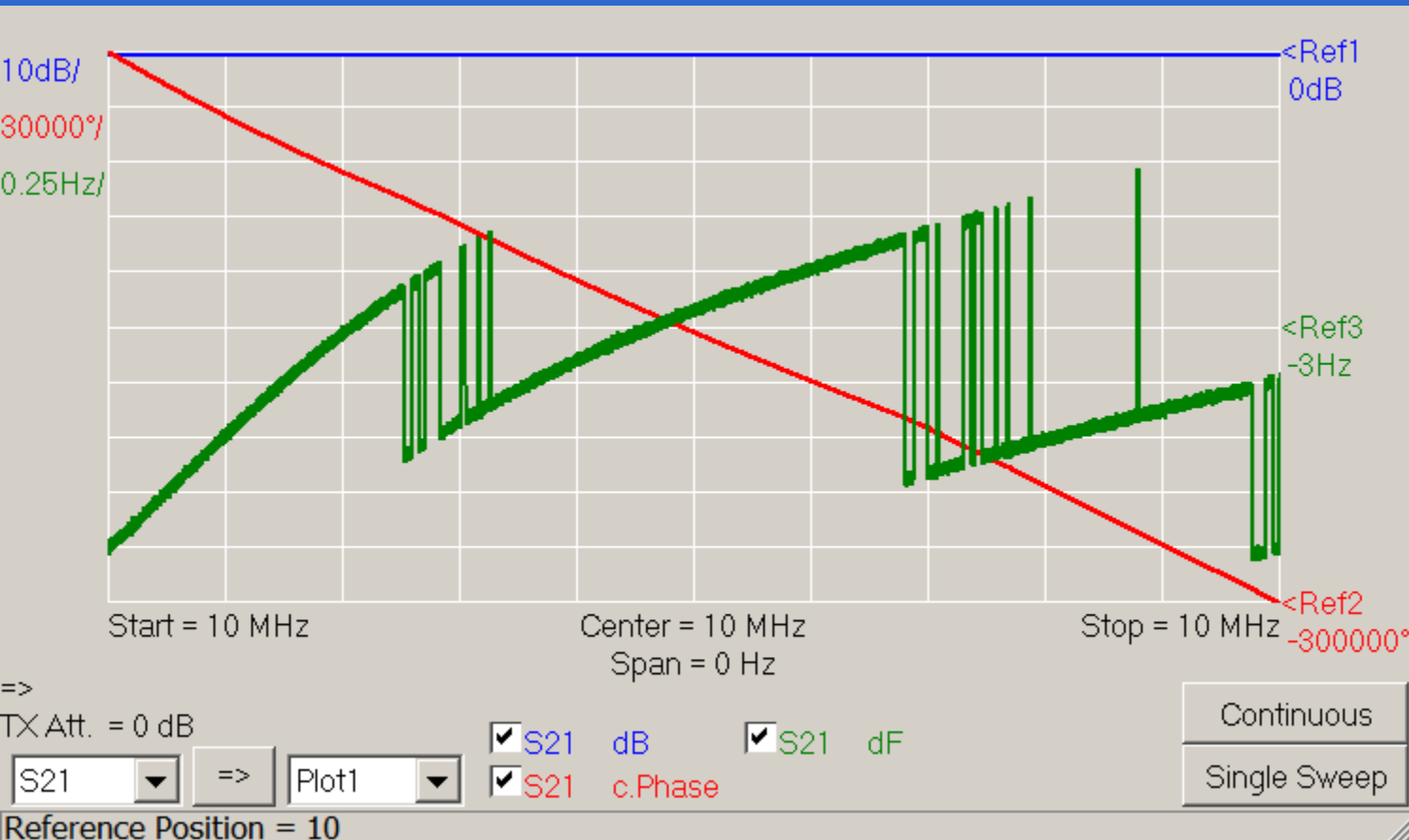


Hochschule Ulm



Frekvens sammenligning (5)

Rubidium Standard vs. VNWA3 TCXO

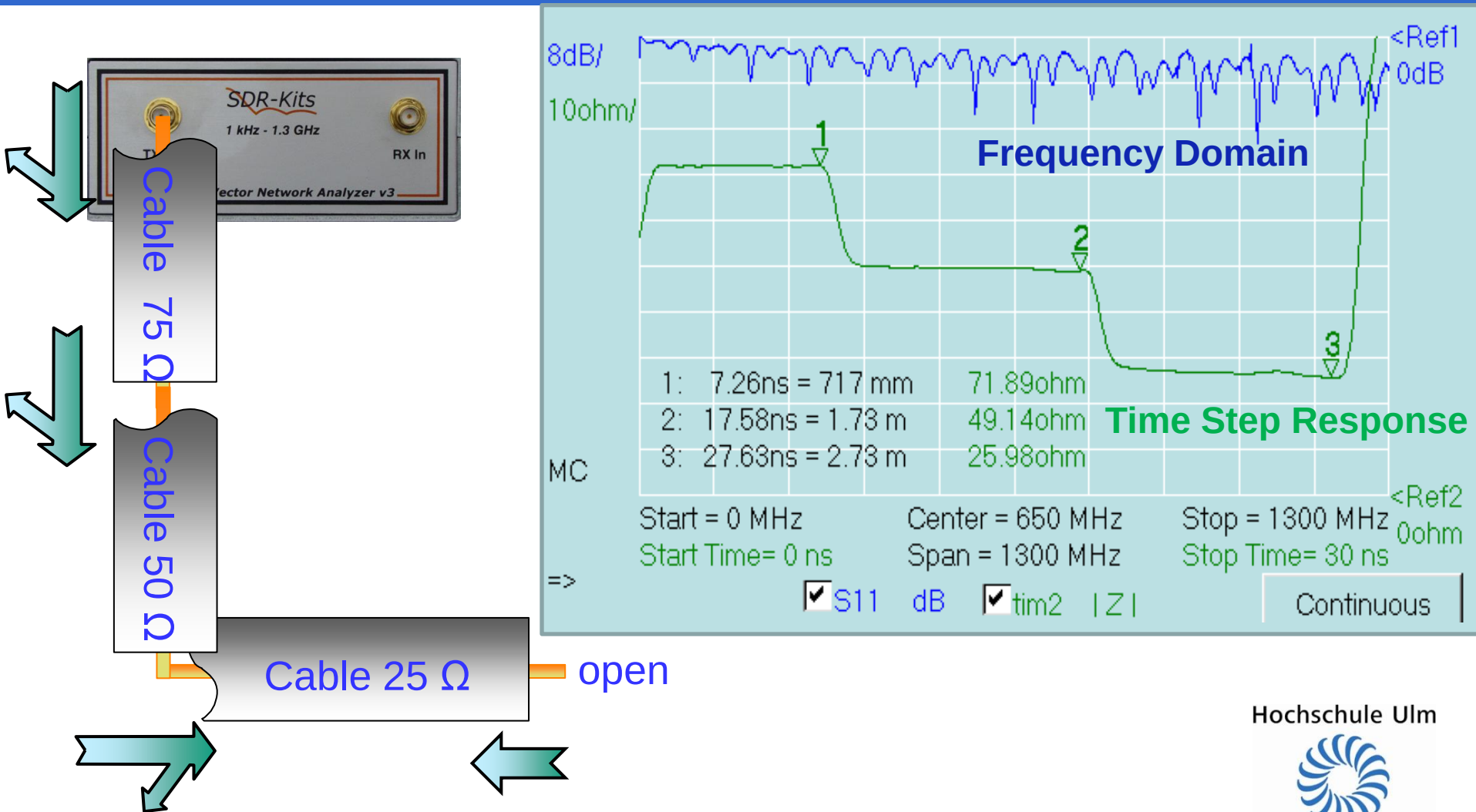


Afvigelse = -3 Hz $\pm$ 1 Hz ved 10 MHz $\equiv$ -0,3 ppm

Hochschule Ulm

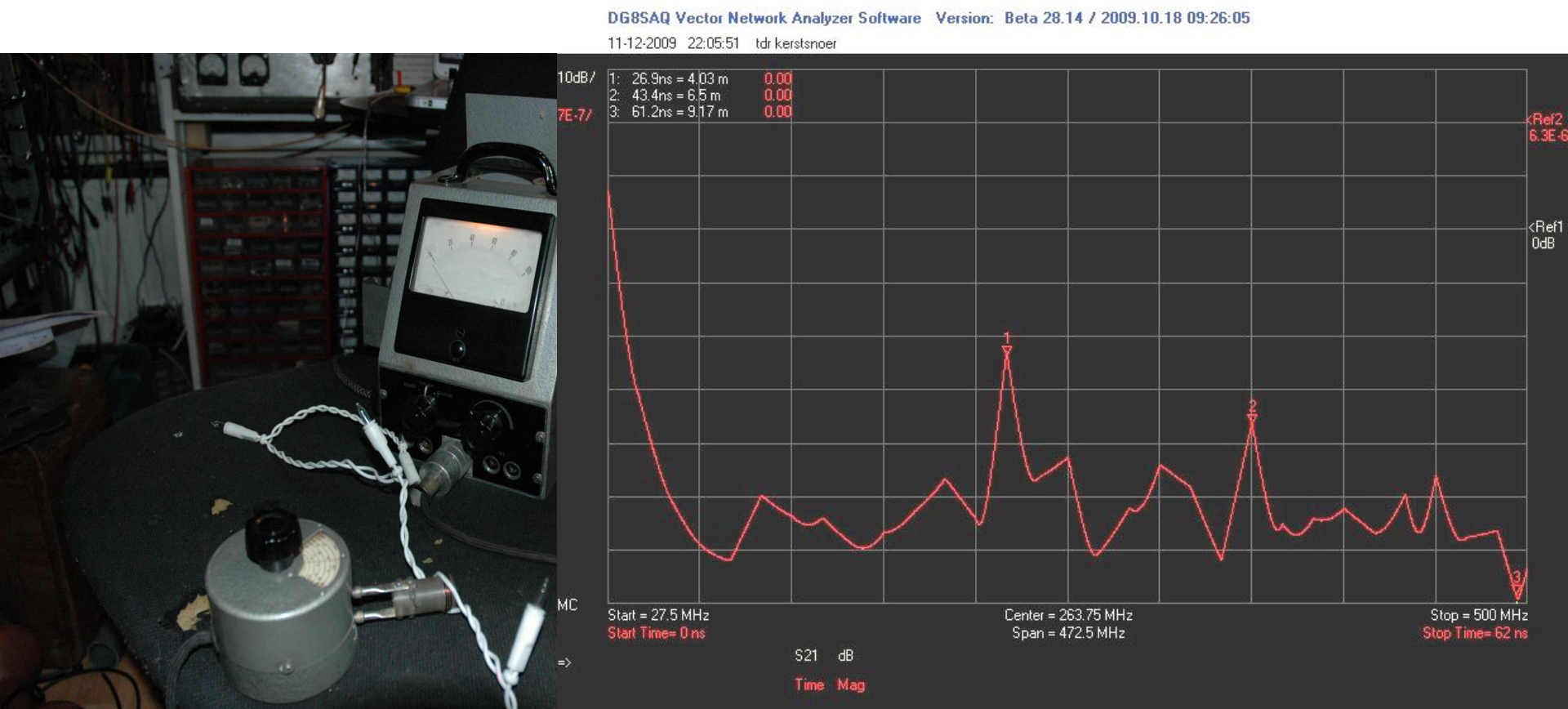


Anvendelse tids-domæne analyse



Tids-domæne analyse (2)

At finde den defekte pære i juletræ-lyskæden



<http://www.pa4tim.nl/?p=345>

Anvendelses eksempel Hulrumsresonator



Hochschule Ulm



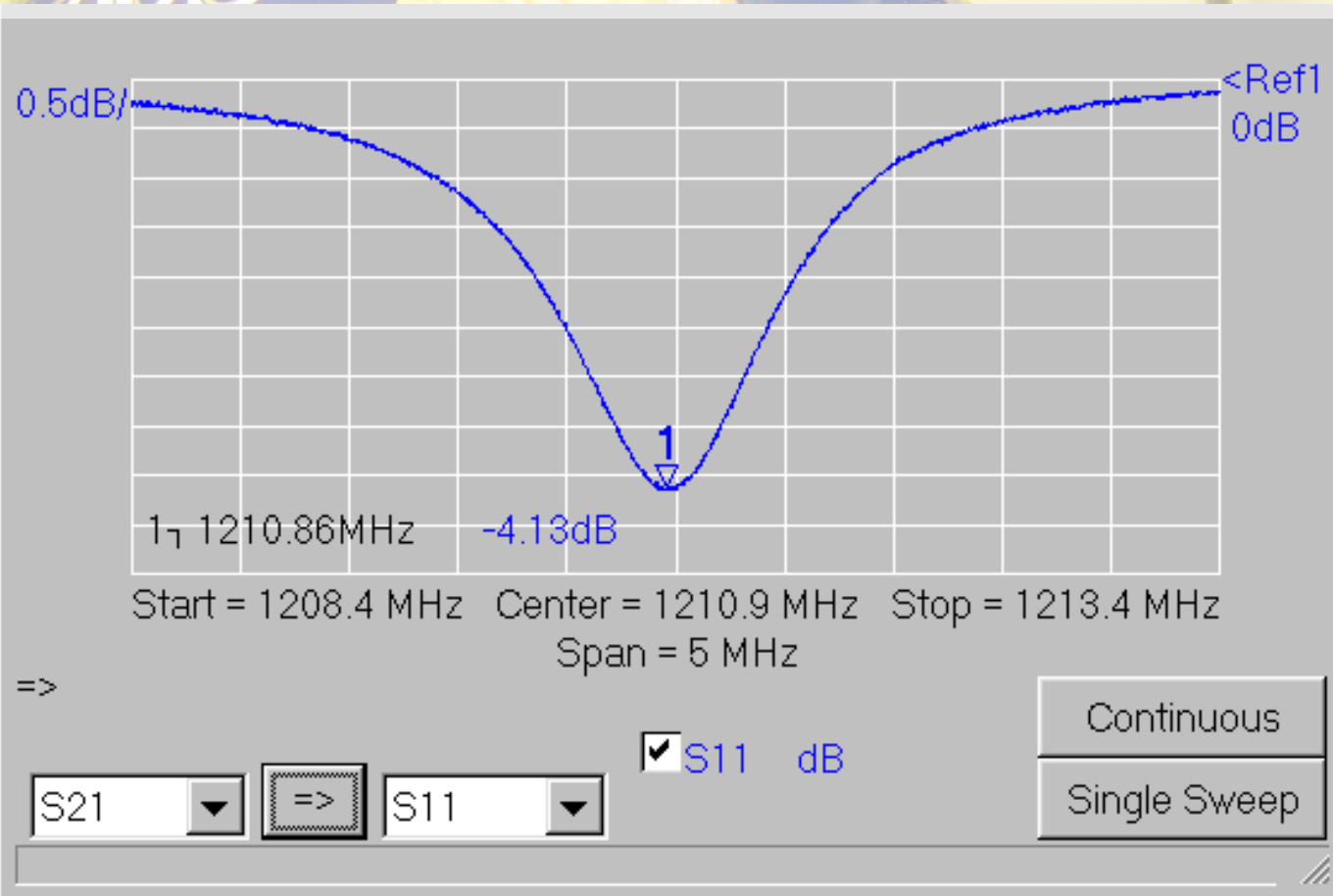
Hulrumsresonator (2)

Laveste Resonator tilstand:

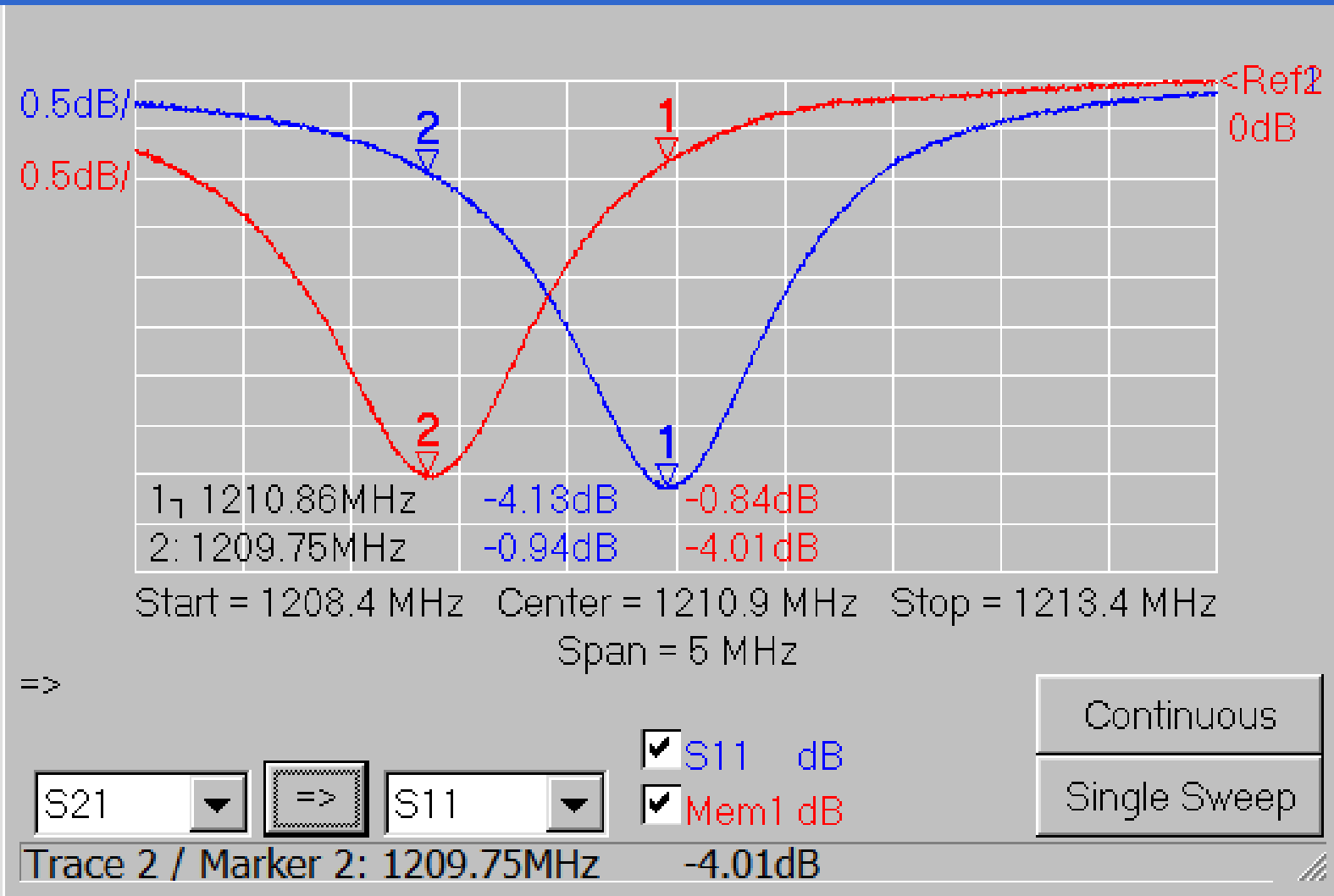
$$f = \frac{c_0}{2\pi r} J_{01} \approx \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6,28 \cdot 9,5 \text{ cm}} \cdot 2,405$$
$$\approx 1209 \text{ MHz}$$

Hulrumsresonator (3)

Laveste Resonator tilstand:



Hulrumsresonator (4)



tom
vs.
fyldt



Hulumsresonator (5)

NASA/TM—2007-214907

AIAA-2007-1198



Radio Frequency Mass Gauging of Propellants

*Gregory A. Zimmerli and Karl R. Vaden
Glenn Research Center, Cleveland, Ohio*

*Michael D. Herlacher
Analex Corporation, Brook Park, Ohio*

*David A. Buchanan and Neil T. Van Dresar
Glenn Research Center, Cleveland, Ohio*



Hochschule Ulm



Hulrumsresonator (6)

NASA/TM-



Radio F

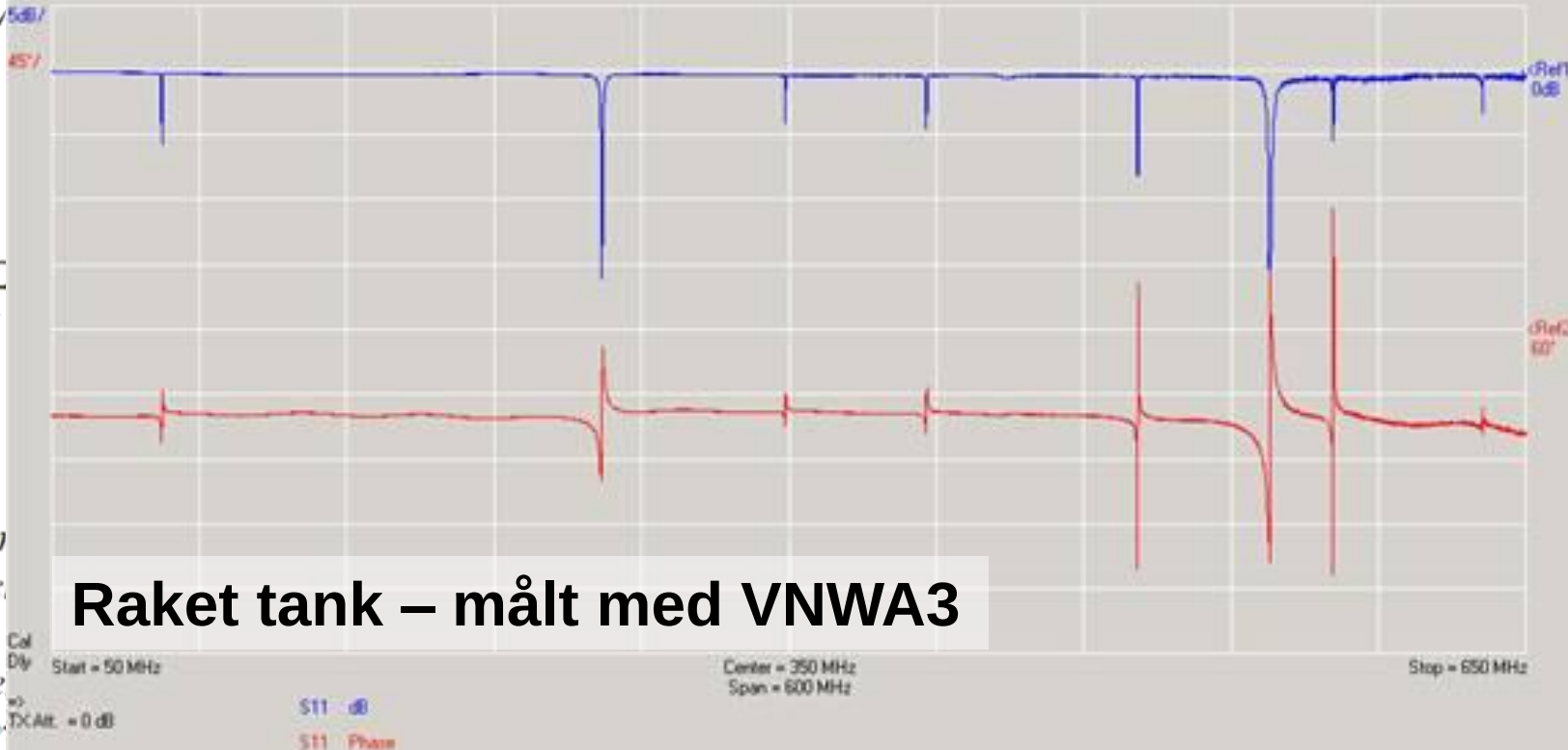
Gregory A. Zin
Glenn Research

Michael D. He
Analex Corpor

David A. Buchanan and Neil T. Van Dresar
Glenn Research Center, Cleveland, Ohio

HAM RADIO 2012

DG8SAQ Vector Network Analyzer Software
12/12/2011 3:44:04 PM 20111212 op-settings: 50-650MHz 5000pts



Raket tank – målt med VNWA3



Hochschule Ulm



Sammenfatning:

- **VNWA3 er et alsidigt anvendeligt måleinstrument.**
- **Den er endog fyldestgørende for mange professionelle anvendelser!**

➡ **Den er i brug på alle 5 Kontinenter**

VNWA3 er nu i brug over hele verden.

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netzwerkanalysator VNWA 2 (1)

Netzwerkanalyse und VNWA 2

Dr.-Ing. Bodo Scholz, DJ9CS

In [1] hat Thomas Baier, DG8SAQ, sein Konzept für einen Vektor-Netzwerkanalysator mit minimaler Hardware vorgestellt. Während die damals beschriebene Version noch größtenteils auf Lochrasterplatten aufgebaut und somit nur mit eingeschränkter Sicherheit reproduzierbar war, gibt es jetzt einen Bausatz.



Bild 1: Aufgebauter VNWA 2.3 mit Kugelschreiber zum Größenvergleich

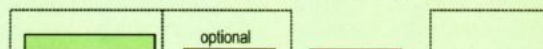
den Typen besser aufzuzeigen, folgt zunächst eine Beschreibung des grundsätzlichen Aufbaus eines skalaren Netzwerkanalysators (Bild 2). Kernelemente sind ein in der Frequenz gesteuerter Sinusgenerator mit konstantem Pegel und normalerweise 50 Ω Ausgangswiderstand. Gemessen werden die Signale mit einem im Allgemei-



Zur Person
Dr.-Ing. Bodo Scholz, DJ9CS
Jahrgang 1942, DARC-Mitglied seit 1959
Amateurfunkgenehmigung 1963
Studium der Elektro- und Nachrichtentechnik, Leitender Wissenschaftlicher Direktor a.D.
Besondere Interessengebiete: Selbstbau, Messtechnik, Software Defined Radio (SDR), QRP
Anschrift
dj9cs@darc.de
<http://dj9cs.raisdorf.org>

nen breitbandigen Pegeldetektor. So lassen sich die Übertragungsfunktion und am Netzwerkeingang das Stehwell-

Aufbau eines skalaren Netzwerkanalysators



Mange Tak
Til alle mine
understøttere!

Hochschule Ulm



VNWA3 er nu i brug over hele verden.

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netz

Netzwerkanalysator

Dr.-Ing. Bodo Scholz, DJ9CS

In [1] hat Thomas Baier, DG8SAQ, sein Ko-Netzwerkanalysator mit minimaler Hardware. Während die damals beschriebene Version Lochrasterplatinen aufgebaut und somit nicht sicher reproduzierbar war, gibt es jetzt



Bild 1: Aufgebaute VNWA 2.3 mit Kugelschreiber zum Größenvergleich

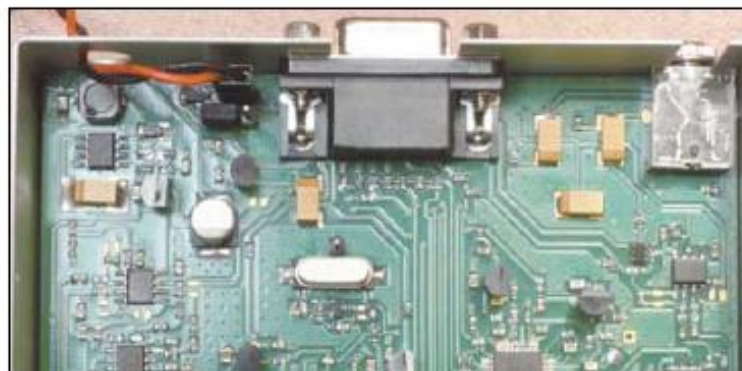
den Type- zunächst- grundsätz- Netzwerk- Kernen- gesteuert- tantem Po- Ausgangs- den die S-

LABORATORIO-STRUMENTAZIONE

di Vittorio Carboni I6DVX

Un accurato e prezioso strumento: VNWA2

Un analizzatore di reti per radioamatori



sostanza consente di misurare i parametri S: S11, S12, S21, S22 e VSWR. Dei singoli componenti può misurare: resistenza, ammettenza, capacità induttanza e fattore di qualità (Q). Le misure S12 e S22 sono effettuate scambiando manualmente l'ingresso e l'uscita del dispositivo in misura (DUT) oppure realizzando una commutazione esterna delle porte⁽⁵⁾. Le ultime versioni del software di gestione permettono di caratterizzare i quarzi ricavandone automaticamente tutti i parametri. È inoltre prevista la possibilità di usare il VNWA2 come analizzatore di spettro. Tutte queste informazioni vengono fornite dalle elaborazioni del software di gestione e sicuramente oggi, quando queste note sono lette, altre possibilità di misure si saranno aggiunte a quelle qui indicate.

Lo schema a blocchi è visibile in Figura 1. La generazione dei segnali RF è demandata all'ormai classico DDS, che in questo progetto è presente in numero di



VNWA3 er nu i brug over hele verden.

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netz

Netzwerkanalys

Dr.-Ing. Bodo

In [1] hat Th
Netzwerkanal
Während die
Lochrasterpla
Sicherheit reg

LABORATORIO-STRUMENTAZIONE

di Vittorio Carboni I6DVX

Un accurato e prezioso strumento: VNWA2

sostanza consente di misurare i parametri S: S11, S12, S21, S22 e VSWR. Dei singoli componenti può misurare: resistenza, ammettenza, capacità induttanza e fattore di qualità (Q). Le misure S12 e S22 sono effettuate scambiando periodicamente l'ingresso e l'uscita del dispositivo in misura. Le misure S11 e S22 sono effettuate realizzando una connessione esterna delle porte. Le ultime versioni del software di gestione permettono di utilizzare i quarzi ricambiando automaticamente tutti i parametri. Inoltre è prevista la possibilità di utilizzare il VNWA2 come generatore di spettro. Tutte le operazioni vengono fornite con le istruzioni del software di gestione e sicuramente oggi, dopo aver letto queste note, la possibilità di misure si è ampliata a quelle qui indicate.

Ankieta czytelników „Świata Radio” (str. 65)

świat radio 6/2010

Magazyn wszystkich użytkowników eteru
KRÓTKOFALARSTWO CB RADIOTECHNIKA

wewnątrz

KRÓTKOFALOWIEC
POLSKI

nr 6 (545)/2010

9,80 zł
W tym VAT 0%

nakład: 14 500 egz.



Bild 1: Aufgebauter VNWA 2.3 mit Kugelschleifstecker
gleich

in Metro



Analizator wektorowy
do 1,3 GHz



VNWA3 er nu i brug over hele verden.

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netzwerk

Netzwerkanalyse

LABORATORIO-STRUMENTAZIONE

di Vittorio Carboni I6DVX

Un accurato e prezioso

EQUIPMENT REVIEW

SAM JEWELL, G4DDK ♦ E-MAIL: SAM@G4DDK.COM

DECEMBER 2011 ♦ RADCOM

DG8SAQ VNWA3 Vector Network Analyser

A compact and versatile unit that measures S parameters, VSWR, reactance and Q up to 1.3GHz



Bild 1: Aufgebaute VNWA3
gleich



PHOTO 1: The front panel of the VNWA3 with

Packard 8753C vector network analyser and S parameter test set, but this combination is large and heavy – definitely not a portable setup. When RadCom asked me if I would like to review the new DG8SAQ VNWA3, I immediately accepted the offer as I had already been thinking about purchasing something similar for use in the field, having tried a number of other small analysers. I was particularly keen to see how well the VNWA3 results compared with my own analyser.

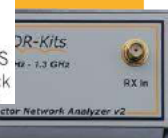
to the host computer. A red LED, visible through a hole on the rear panel, indicates that the unit is powered. Photo 2 shows the rear panel of the analyser.

The VNWA uses two Analog Devices AD9859 direct digital synthesisers (DDS). One is used to generate an RF test signal (stimulus) whilst the second generates the test receiver local oscillator signal. These DDS chips specify a maximum 400MHz core clock frequency. However in this application, both

sostanza consente di misurare i parametri S: S11, S12, S21, S22 e VSWR. Dei singoli componenti può misurare: resistenza, ammettenza, capacità induttanza e fattore di qualità (Q). Le misure S12 e S22 sono effettuate scambiando periodicamente l'ingresso e l'uscita del dispositivo in misura. Inoltre, è possibile realizzare una misura esterna delle portanti, utilizzando le ultime versioni del software. Le gestioni permettono di misurare i quarzi ricambiando automaticamente tutti i parametri. Inoltre è prevista la possibilità di usare il VNWA2 come generatore di spettro. Tutte le operazioni vengono fornite dal software di gestione. E sicuramente oggi, con queste note sono lette, la possibilità di misure si aggiunge a quelle qui in-



14 500 egz.



Analizator wektorowy
do 1,3 GHz



VNWA3 er nu i brug over hele verden.

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netzwerk

Netzwerk

EQUIPMENT REVIEW

DG8S
Vector

A compact
VSWR, re



Bild 1: Aufgebaute VNWA2 gleich



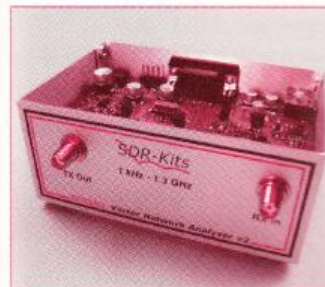
PHOTO 1: The front panel

LABORATORIO-STRUMENTAZIONE

di Vittorio Carboni I6DVX

In accurately e prezioso

製作&実験



USB 接続で使える 1k ~ 1.3 GHz までの
低価格ベクトル・ネットワーク・アナライザ

“VNWA2”キットの製作・試用記

西村 芳一

Yoshikazu Nishimura

VNWA2 とは？

■ ベクトル・ネットワーク・アナライザ(VNA)は高額の花

ちょっとした高周波回路を試作するとき、ネットワーク・アナライザが手元にあるのとないのとでは大違いです。とくにマイクロ波などのインピーダンス・マッチングでは、強力なツールとなります。

しかしながら、ネットワーク・アナライザはとて大変価を測定器で、しかもナシロフマップのような総動

トワーク・アナライザの製作記事でした。しかも、パソコンとUSBケーブル1本だけでつながり、電源もUSBから供給します。写真1にその外観、パソコンと組み合わせた全体のような写真を写真2にそれぞれ示します。

普通のネットワーク・アナライザはとて大きくて重い測定器で、例えば写真3は仕事で使っているアンリツのネットワーク・アナライザですが、気軽に持ち歩くことは不可能です。



Analizator wektorowy
do 1,3 GHz

sostanza consente di misurare i
parametri S: S11, S12, S21, S22

R. Dei singoli componenti
surare: resistenza, ammet-
capacità induttanza e fat-
qualità (Q). Le misure S12
no effettuate scambian-
ualmente l'ingresso e
del dispositivo in misura
ppure realizzando una
azione esterna delle por-
ultime versioni del sof-
gestionamento permettono di
zzare i quarzi ricavando-
namicamente tutti i para-
inoltre prevista la possi-
usare il VNWA2 come
tore di spettro. Tutte que-
mazioni vengono fornite
borazioni del software di
e sicuramente oggi,
queste note sono lette,
ssibilità di misure si sa-
ggiate a quelle qui in-

ema a blocchi è visibile
a 1. La generazione dei
RF è demandata all'or-
sico DDS, che in questo
è presente in numero di



Til slut en advarsel: VNWA'erne er vanedannende!

