

HAM RADIO 2012

HAM RADIO



FRIEDRICHSHAFEN

DG8SAQ ベクトルネットワーク アナライザーの進化:

新型VNWA3の機能&用途

THOMAS BAIER教授

DG8SAQ

Hochschule Ulm

Prittwitzstrasse 10

89075 Ulm

日本語翻訳監修:

ICAS Enterprises

HAM RADIO 2012

Technik
Informatik & Medien

Hochschule Ulm



University of
Applied Sciences

VNWA プレゼンテーション – 概要

- S-パラメータとは何か?
- VNWAの機能と生い立ち
- 新機能
- 画期的な測定例

謝辞:

- Eric Hecker

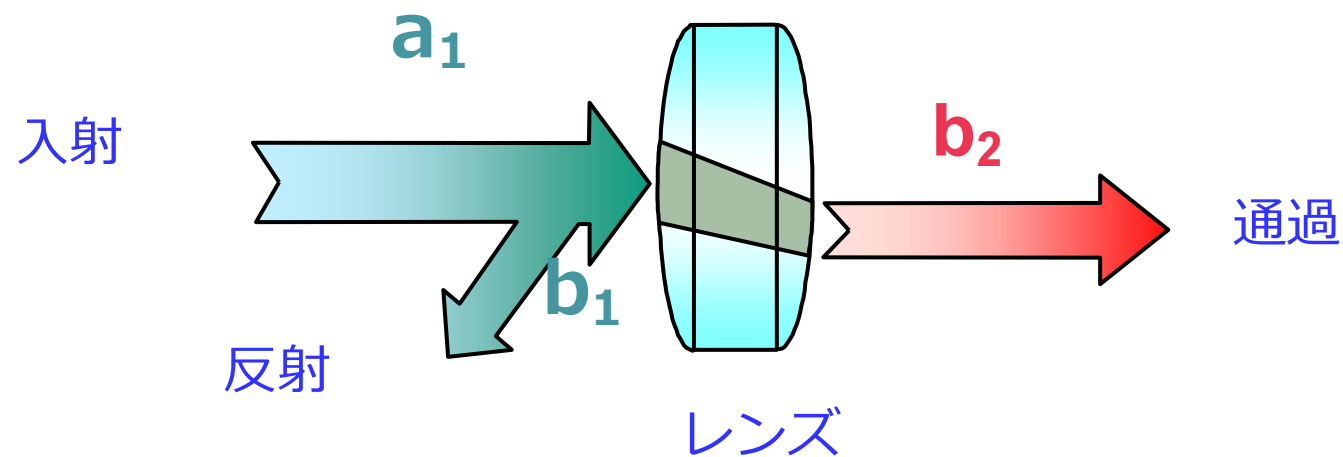
- Fred Schneider

- Giuseppe Gristina

- Mario Armando Natali

それは波の分散につきます

光学

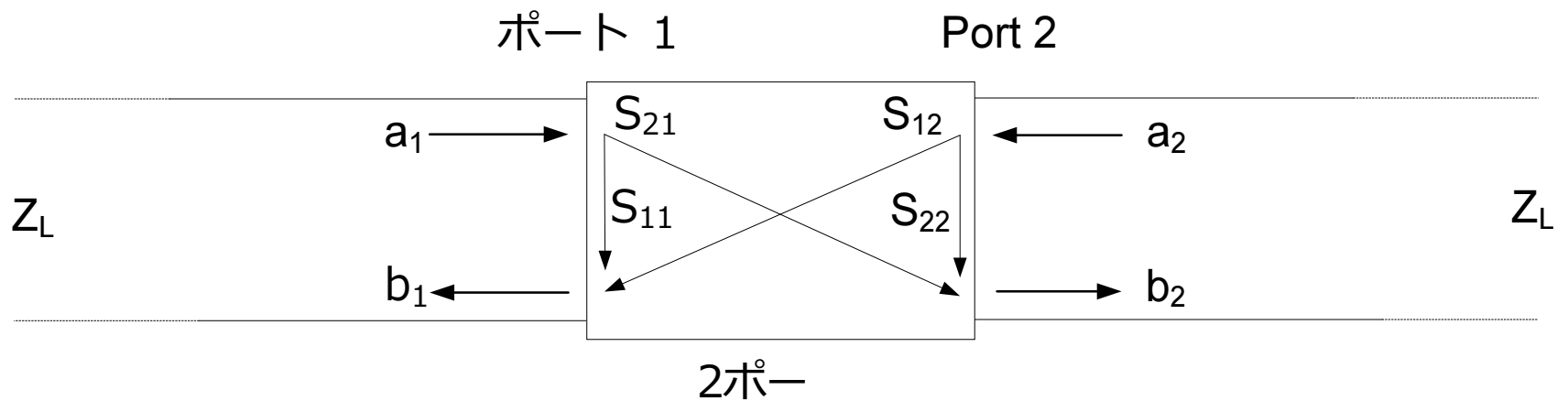


電気



DUT : 被測定デバイス

S-パラメータ = スキャタリングパラメータ S_{ik}

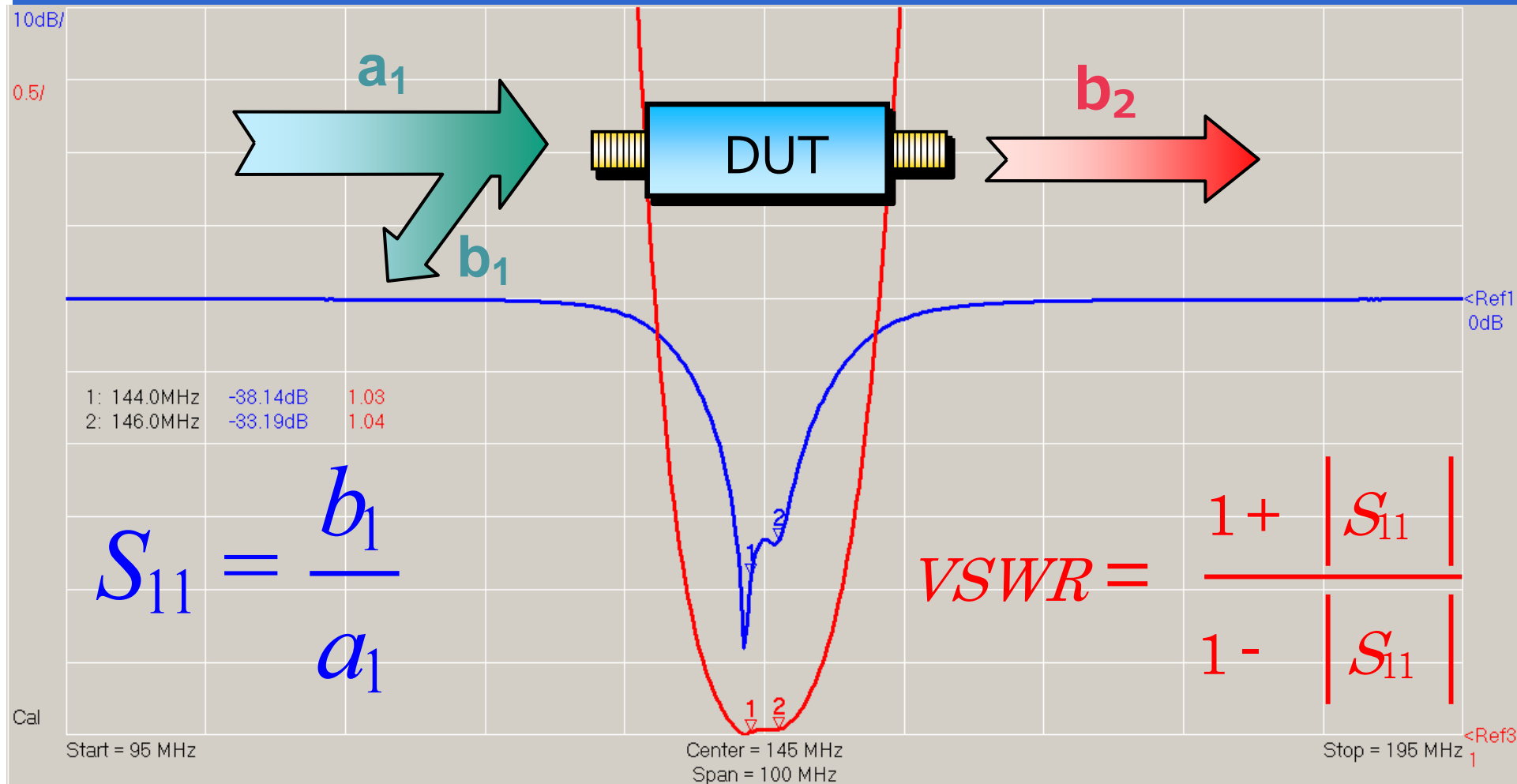


- コンプレックスS-パラメータ: $S_{ik} = b_i / a_k$
- S_{ik} は複素数であり、強度と位相から成り立っています!

S-パラメータ S_{11}



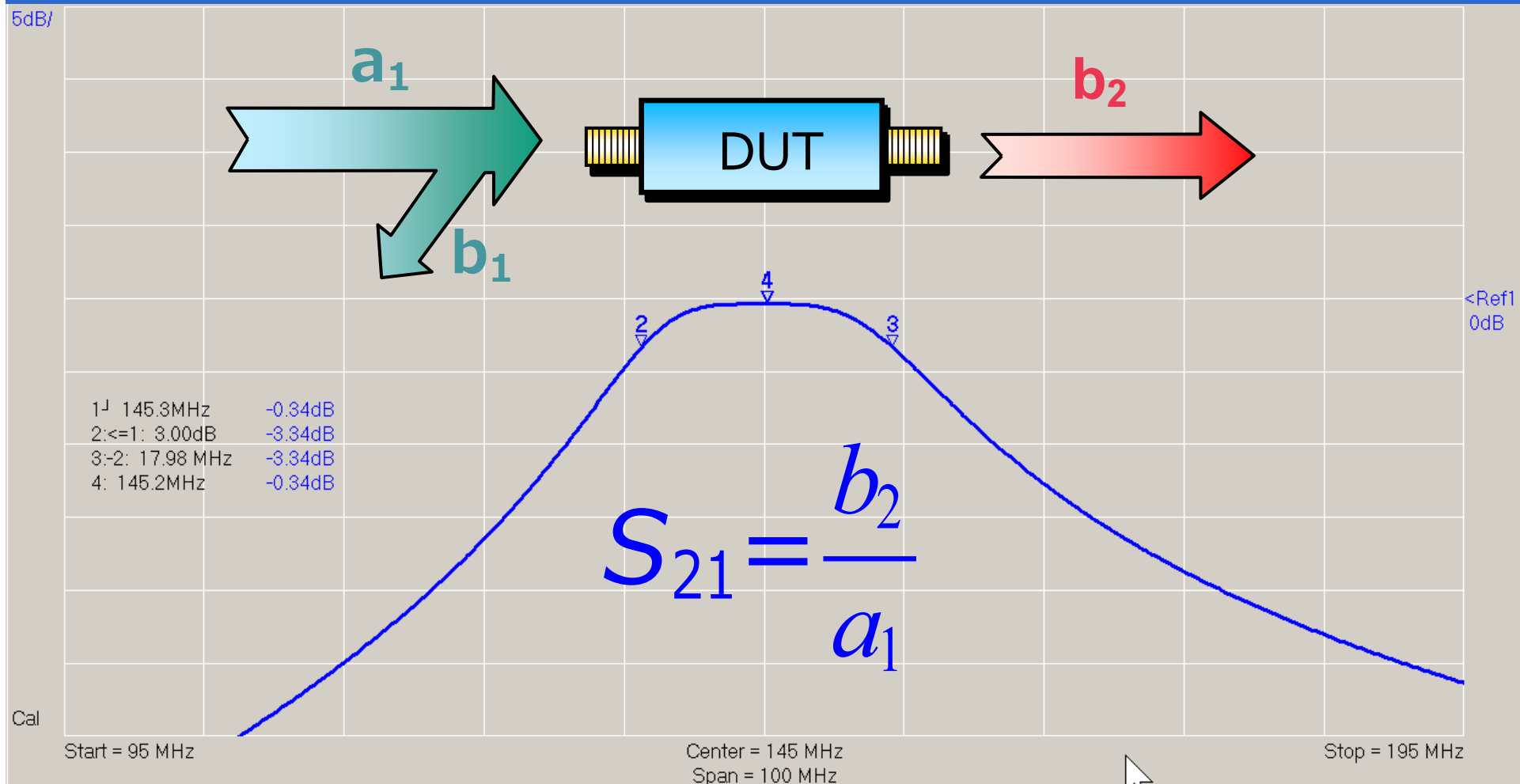
$|S_{11}|$ = 入力ターンロス



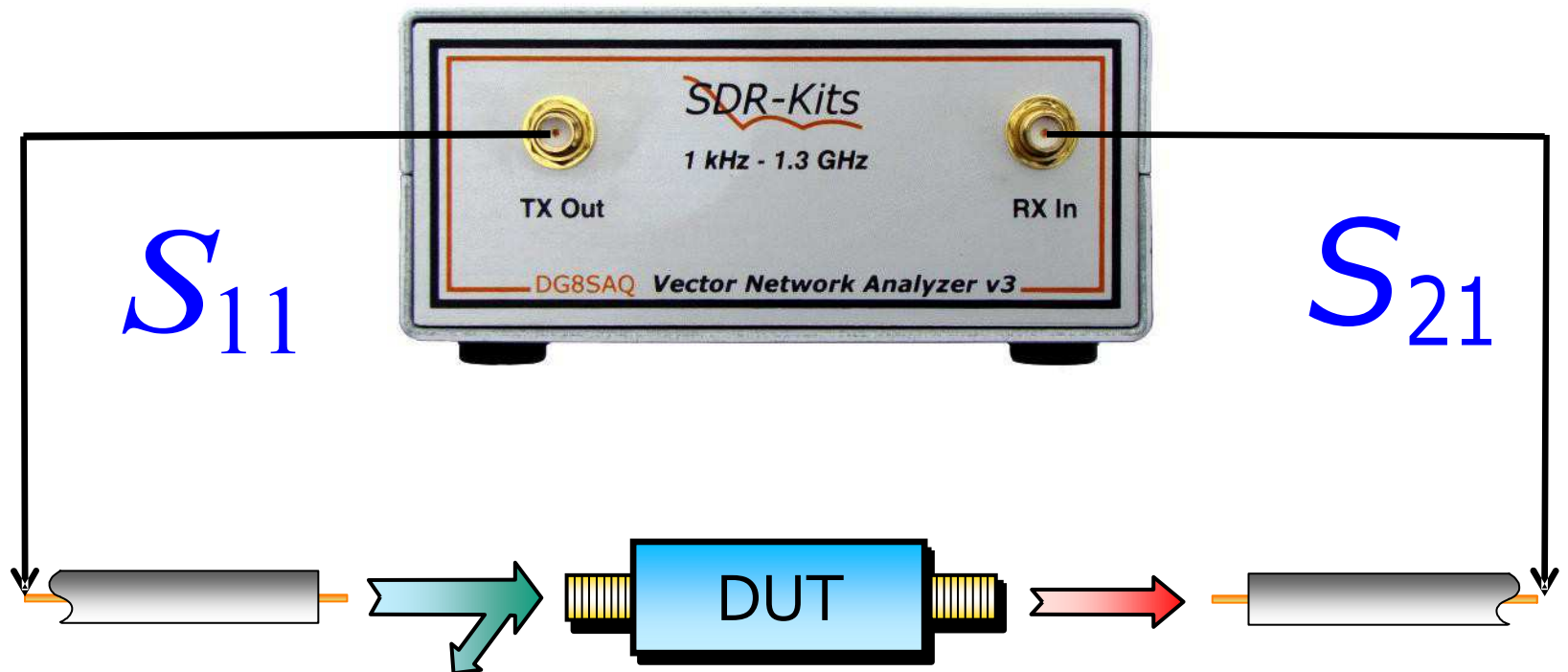
S-パラメータ S_{21}



$|S_{21}| = \text{通過ロス}$



VNWAでS-パラメータの測定ができます!



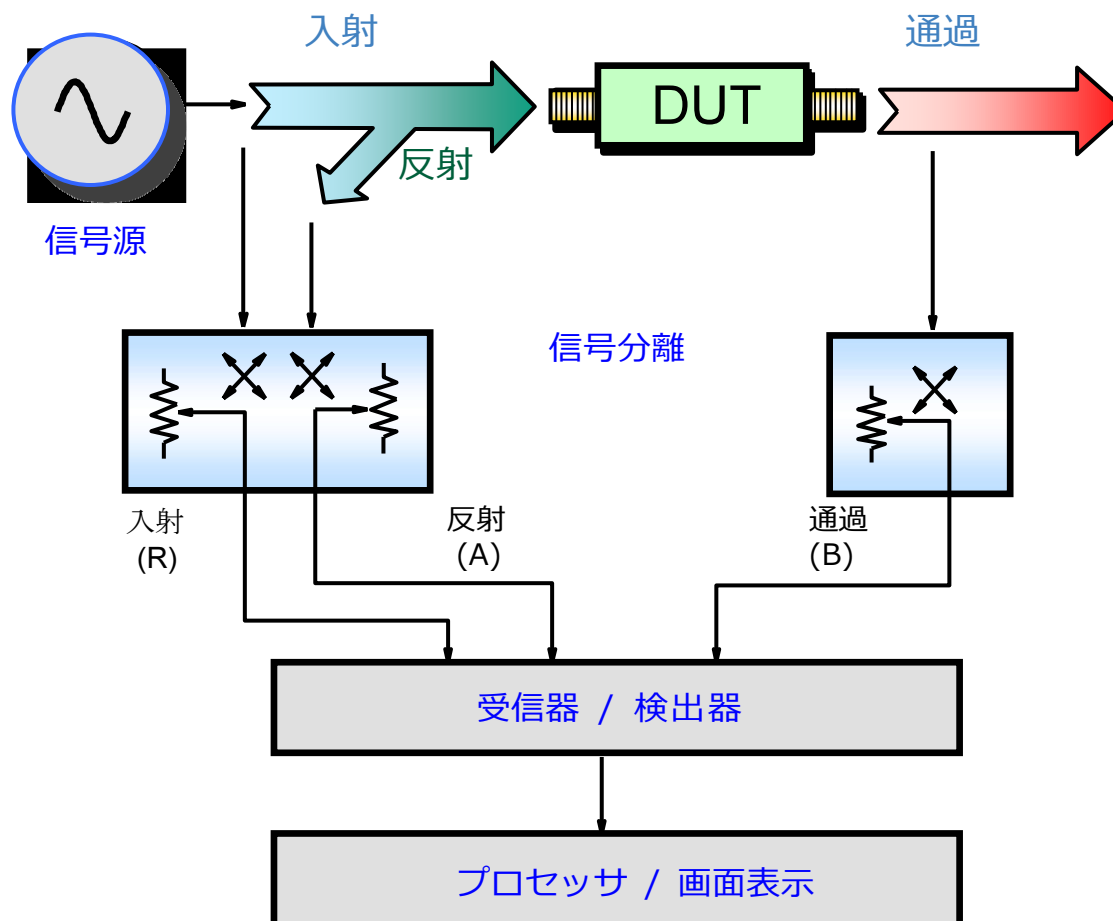
DUT : 被測定デバイス

Hochschule Ulm



進化と動作原理(1)

VNWAの基礎



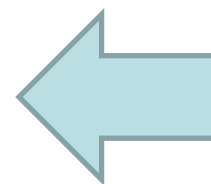
- 可変信号源
- 3つのコヒーレント受信器
- デバイス制御
- データ処理、画像表示

進化と動作原理(2)

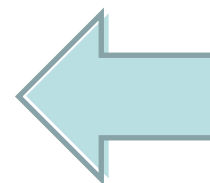
機能ダイアグラム

DDS

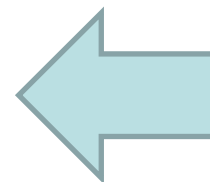
3 x ギルバートセルミキサー
+ DDS + PCサウンドカード
(IF)



- 可変信号源



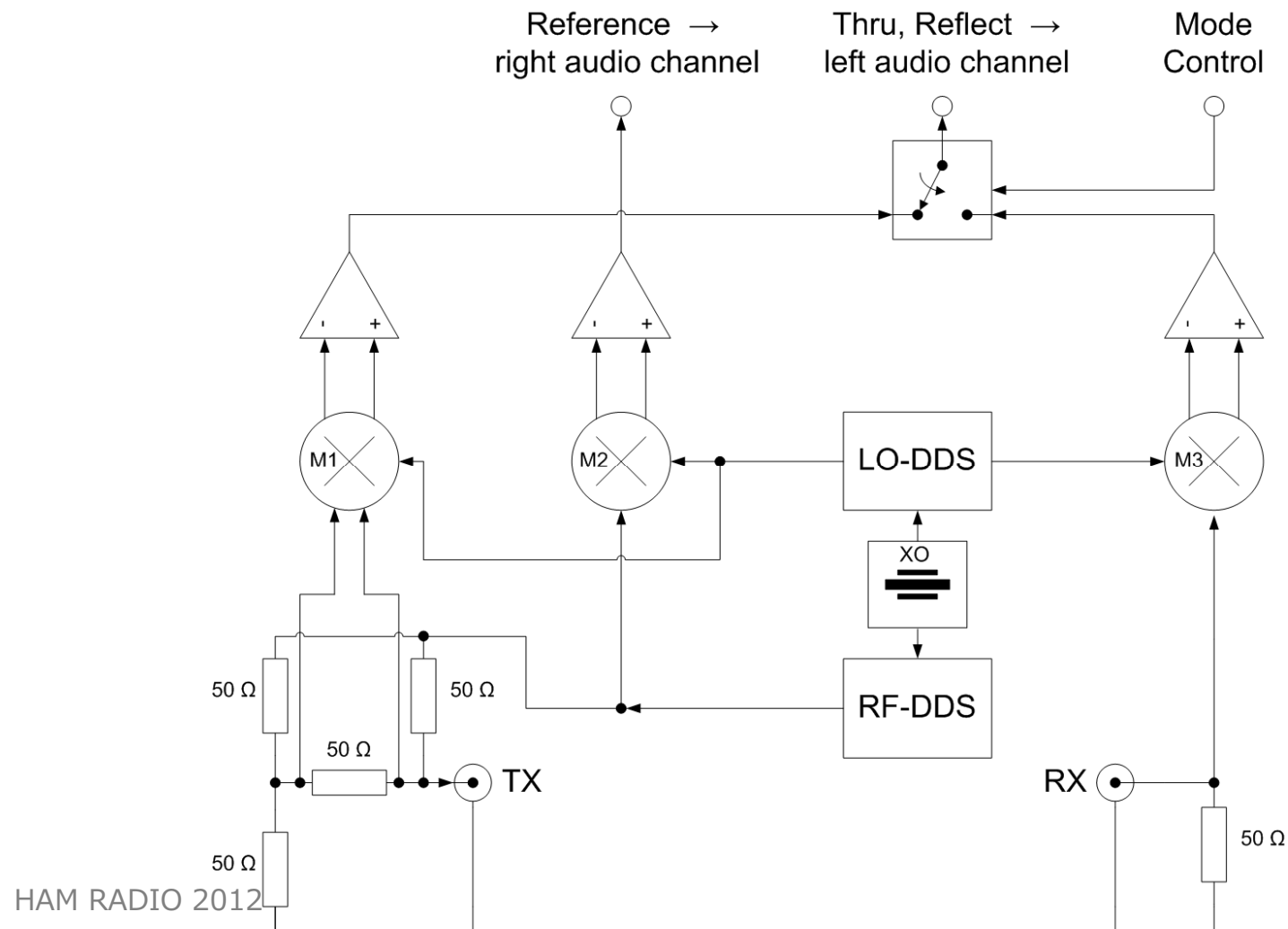
- 3つのコヒーレント受信器



- デバイス制御
- データ処理、
画像表示

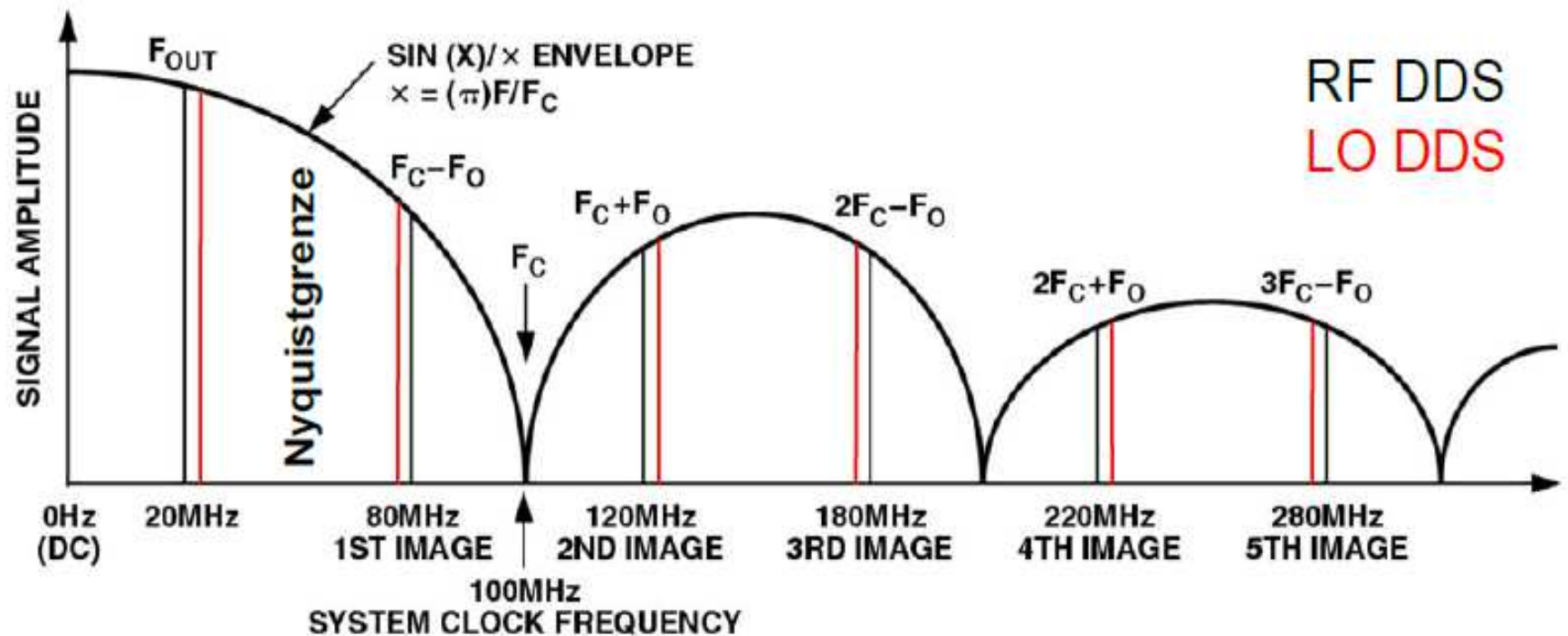
進化と動作原理(3)

機能ブロックダイアグラム



進化と動作原理(4)

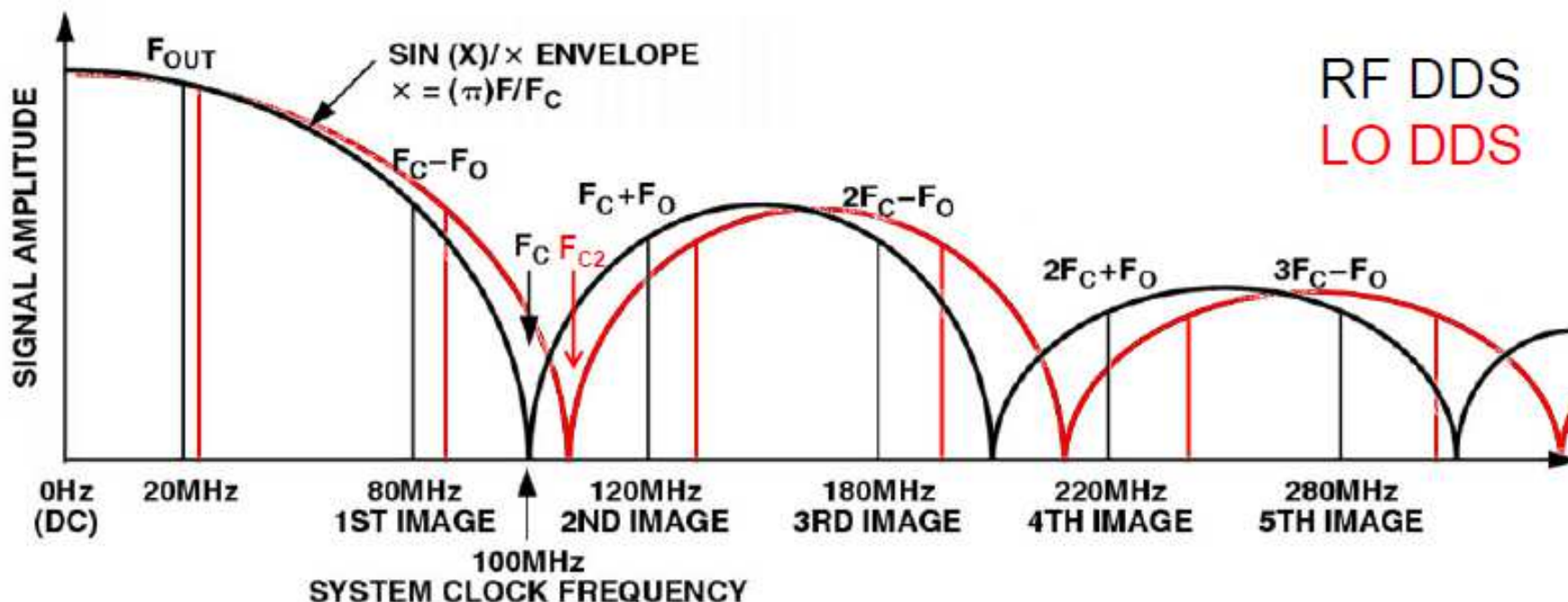
課題: DDS エイリアス周波数



全エイリアス周波数を同一中間周波数にミックスダウンします。 → LPFもしくはは他の方法の使用...

進化と動作原理(5)

CLK周波数オフセットで局発にDDSを使用

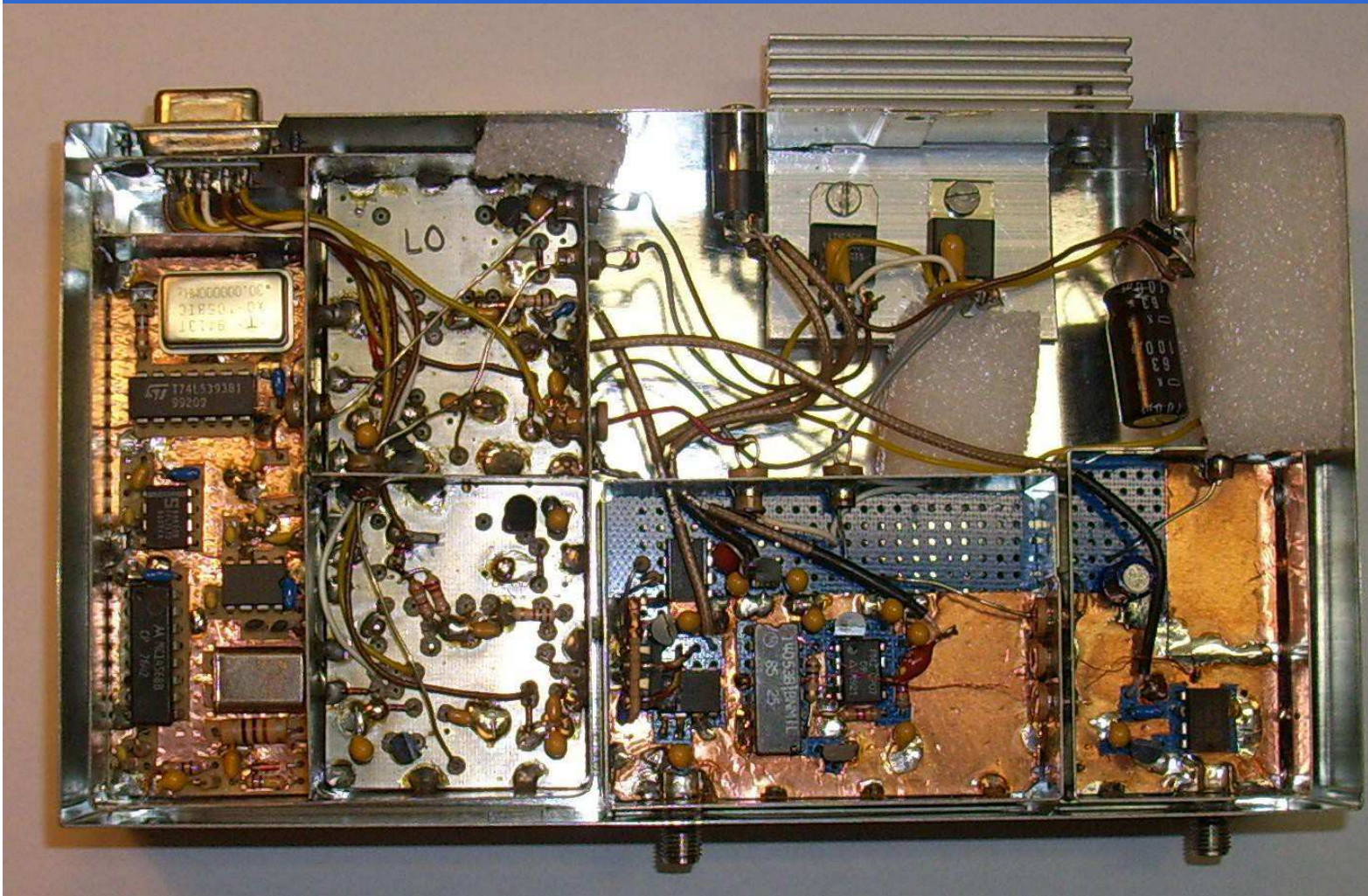


全エイリアス周波数域を用いたVNWA周波数帯域の拡張が可能になります。



進化と動作原理(6)

結果: VNWA1



HAM RADIO 2012

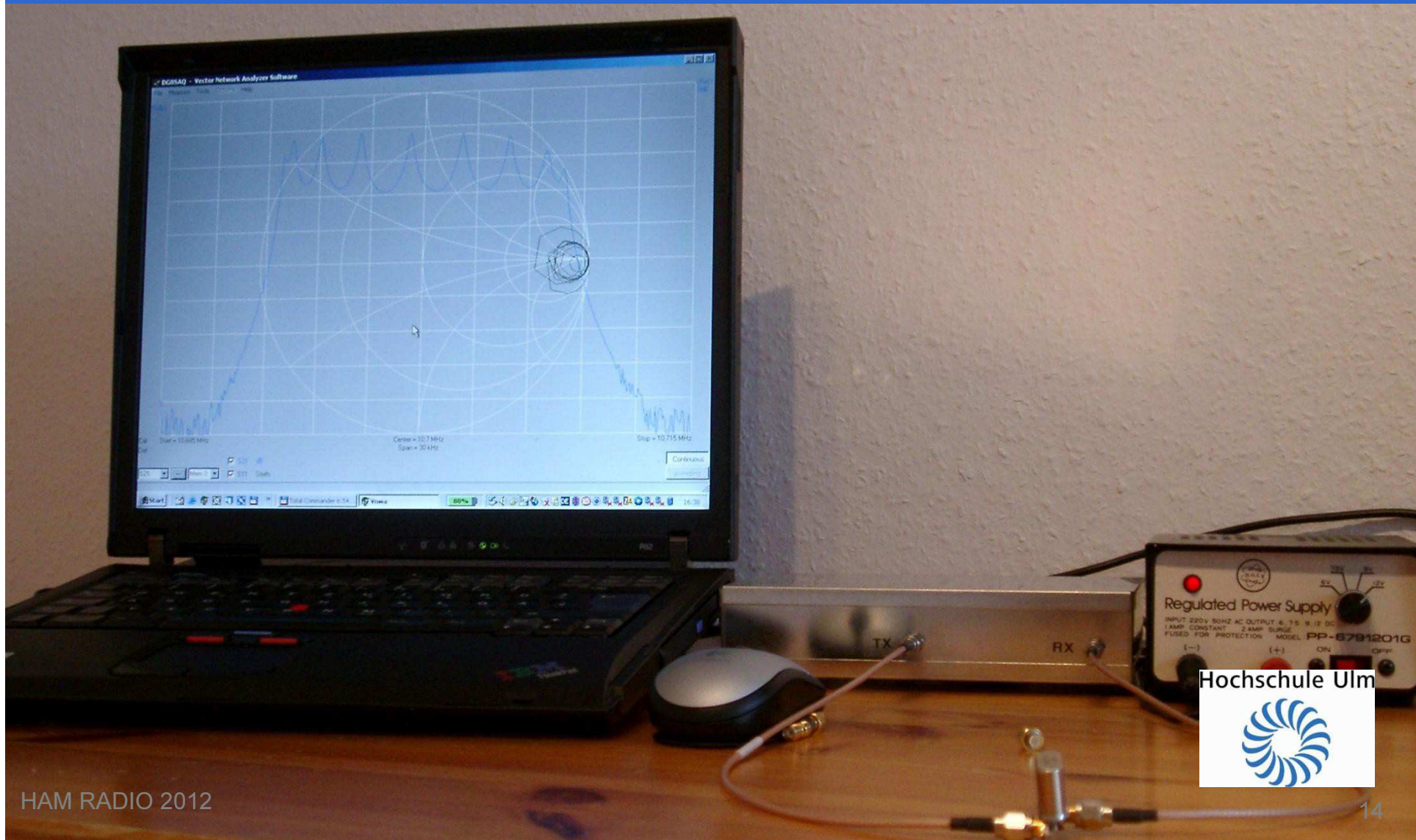
Hochschule Ulm



13

進化と動作原理(7)

VNWA1 最初の実用化



進化と動作原理(8)

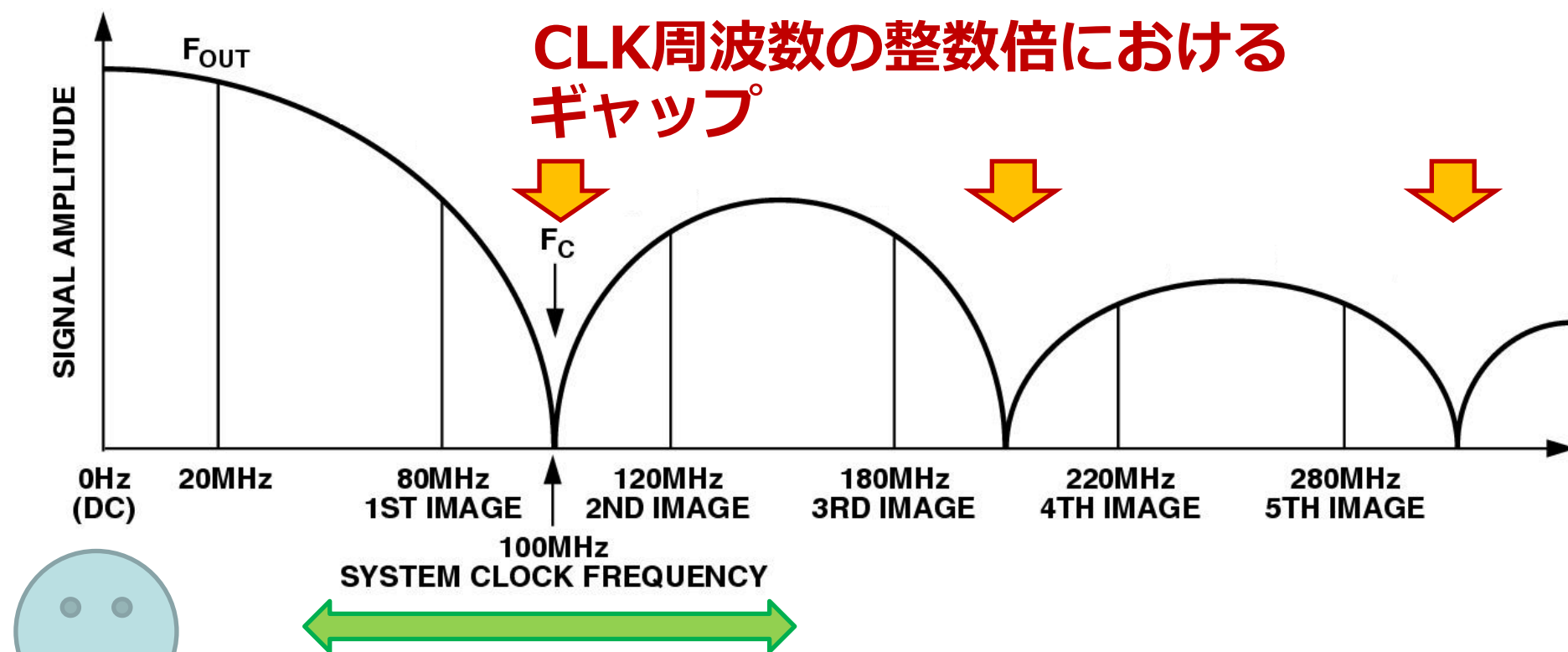
開発ターゲット

主目的: 教育用ツール

- 周波数レンジ > 500 MHz
- 連続周波数レンジ – ギャップが無いこと
- PCBでの組立 / 再現性があるデザイン
- できるだけ低いコスト

進化と動作原理(9)

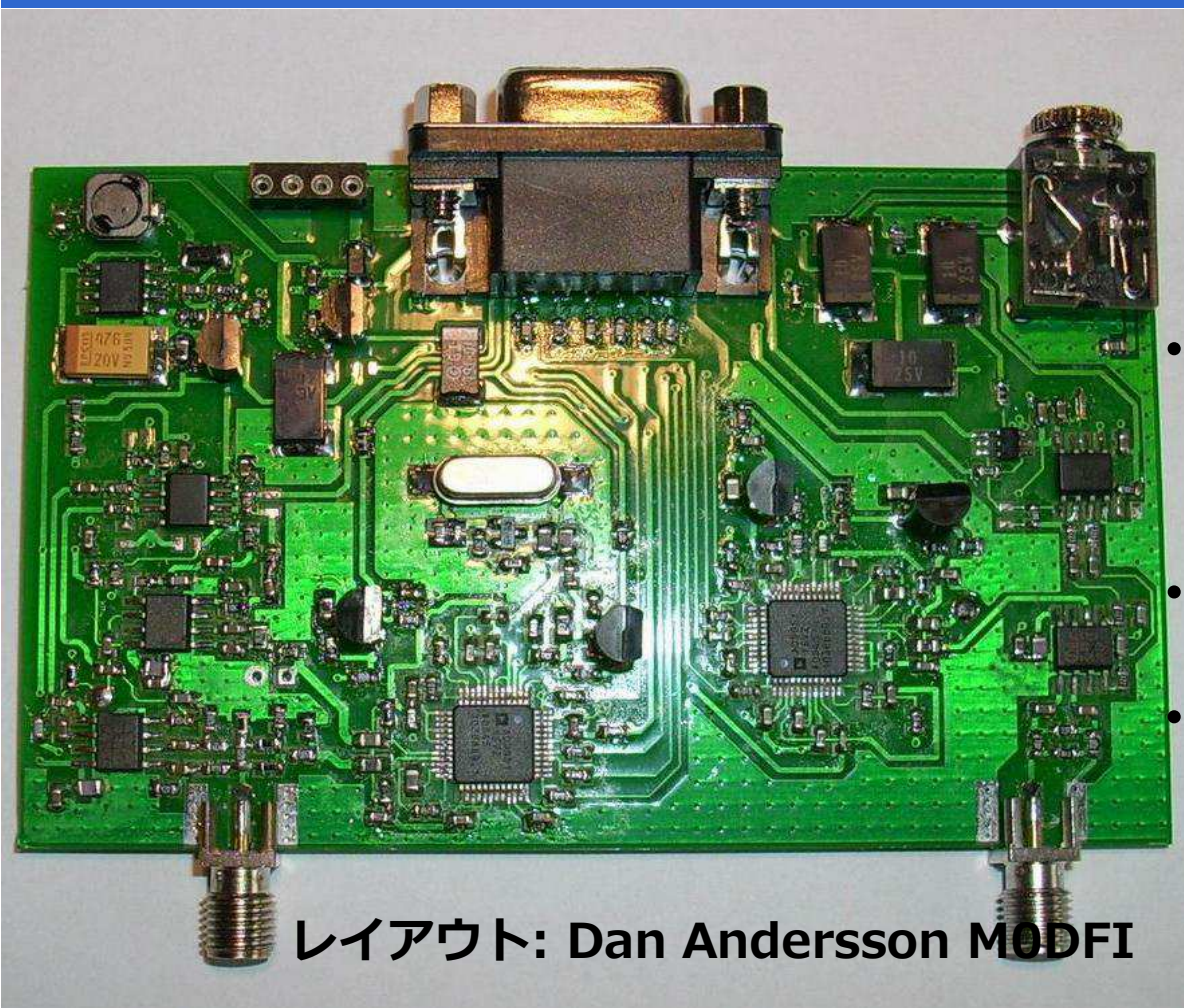
連続周波数レンジ



解決策: PLLクロックマルチプライア (DDS内蔵)
によるCLK周波数の可変

進化と動作原理(10)

結果: VNWA2



レイアウト: Dan Andersson MODFI

- 周波数レンジ:
1 kHz...>1,3 GHz
- ダイナミックレンジ:
>90 dB ($f \leq 500$ MHz)
>60dB ($f > 500$ MHz)
S11, S21 測定
- パラレルポート経由の制御
- 外部 (PC) サウンドカードでの信号処理

進化と動作原理(10)

2009年: SDR-Kits社からVNWA発売

SDR-Kits社

=

Jan Verduyn氏 G0BBL

- 元商船士官
- 元モトローラ社エンジニア
- 退社後、SDR-Kits社設立
- アマチュア無線家



Halle A1 Stand E812

進化と動作原理(11)

市場変化からのVNWA 2 開発



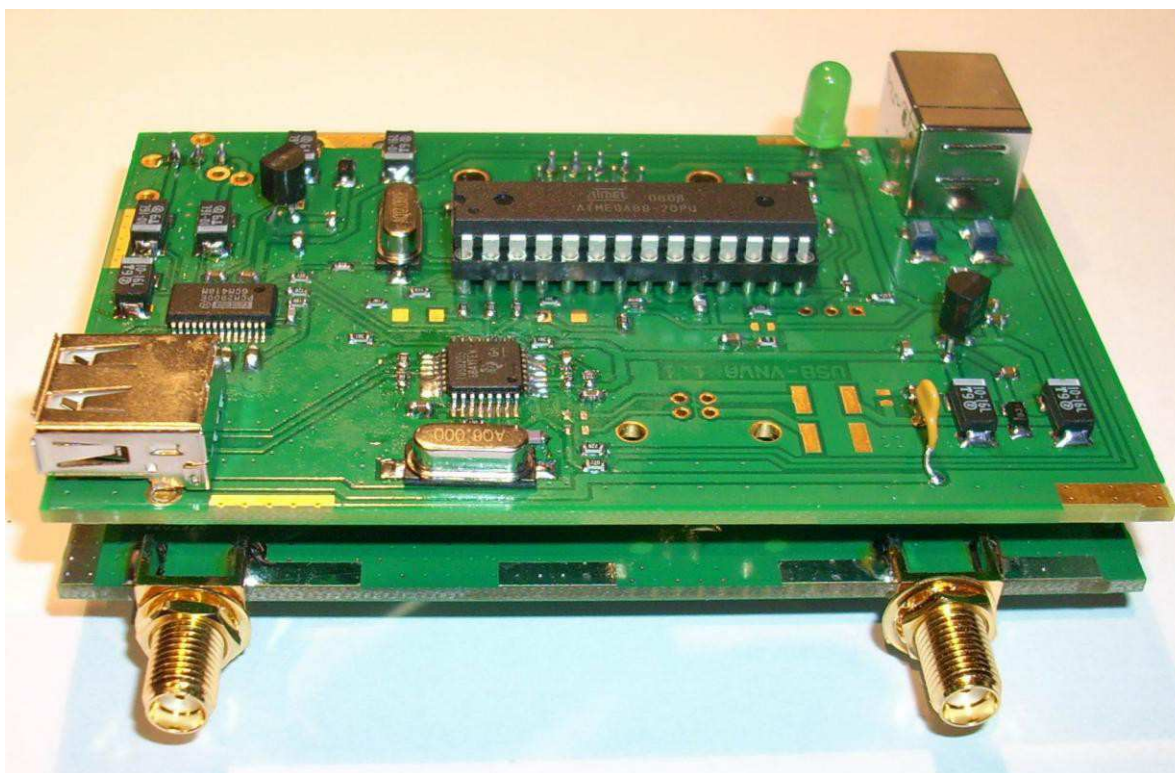
殆どのPCがパラレルポートを持っていない



殆どの（ノート）PCのLine-Inがステレオ入力に対応していない

進化と動作原理(12)

VNWA2-USB

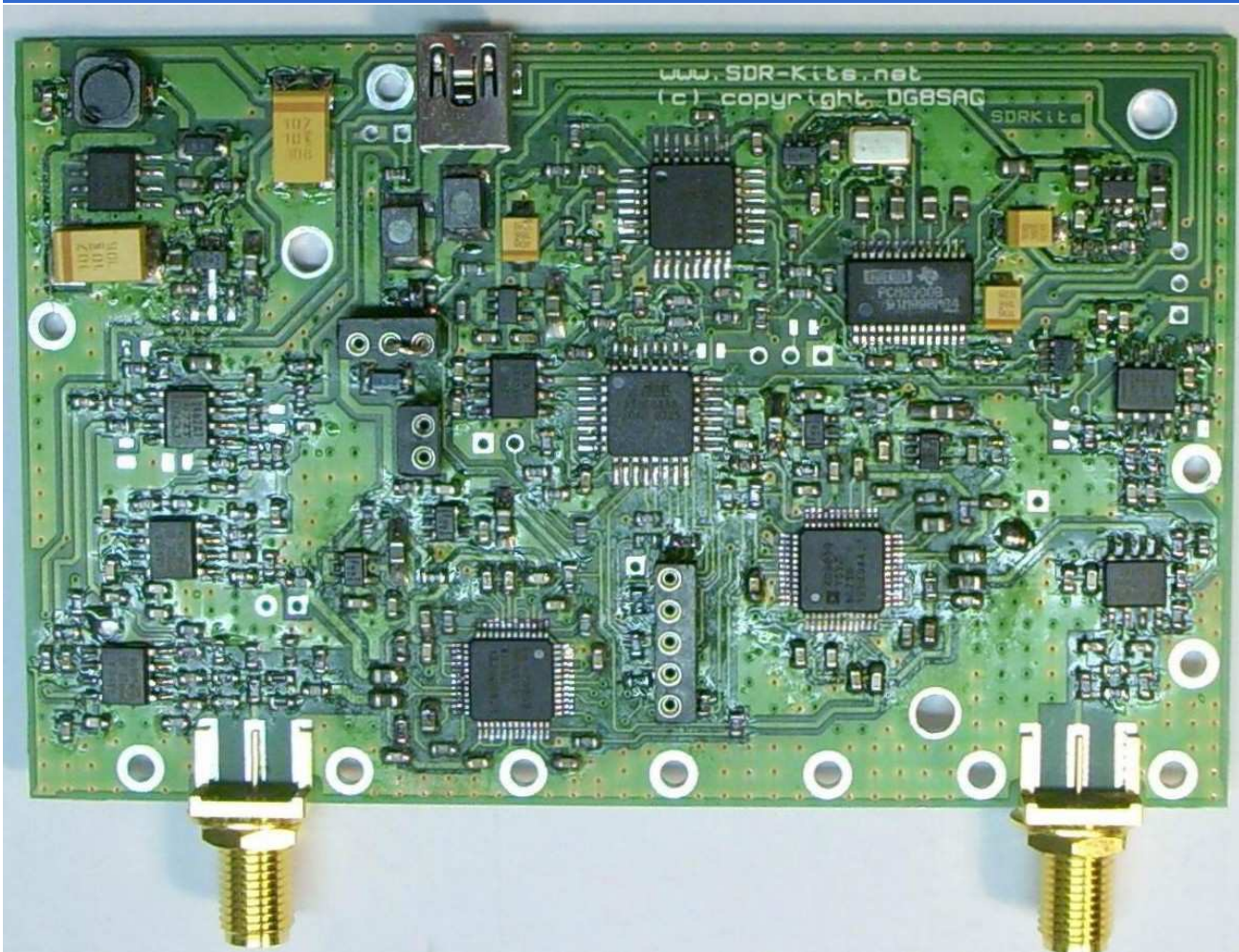


- USBインターフェース
- コントローラ
- USBオーディオコーデック
- USBバスパワー駆動

**PCに接続するのは
USBにケーブルのみ**

進化と動作原理(13)

VNWA3: 工場組立

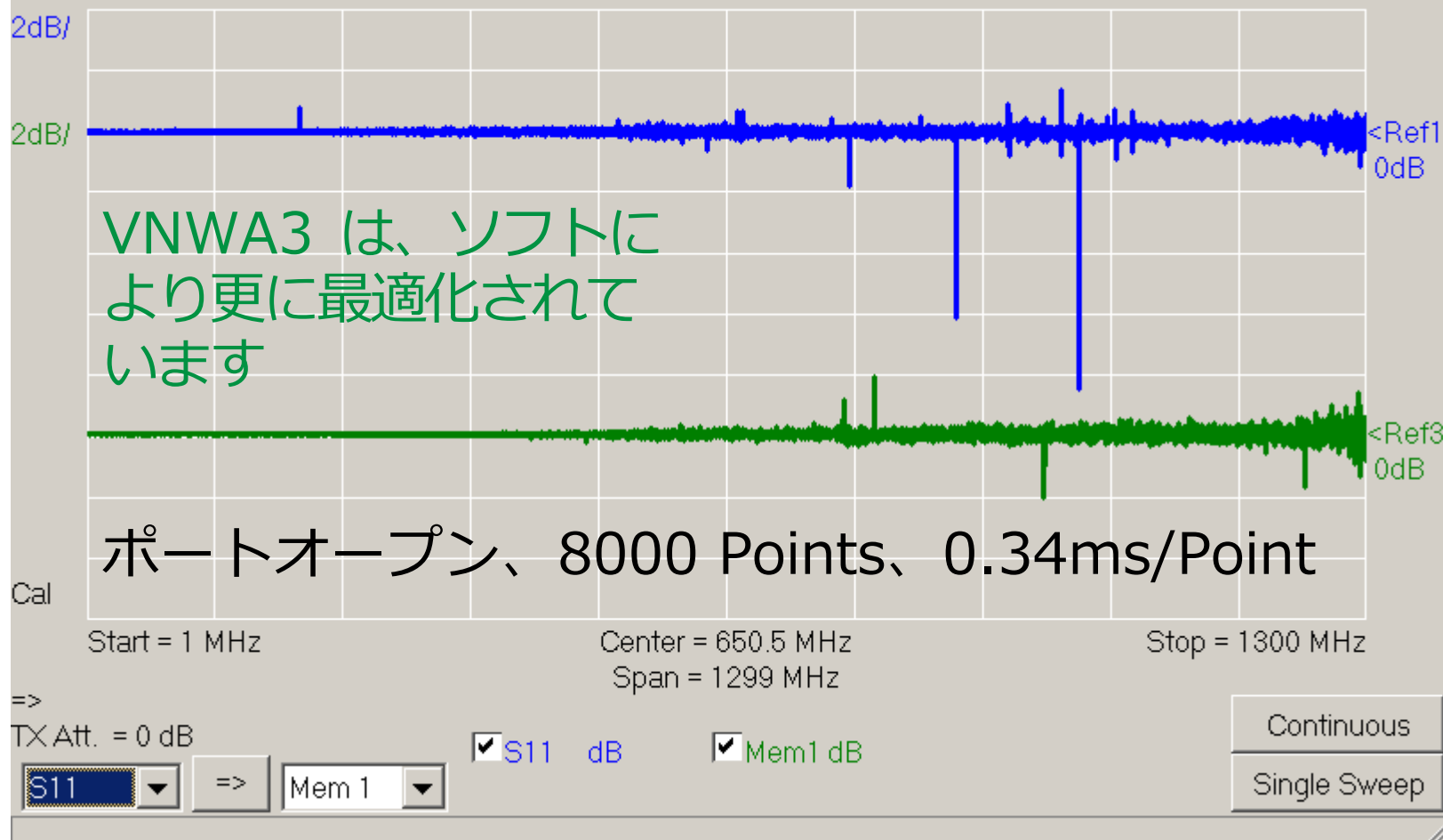


HAM RADIO 2012

- TCXO
- クロック-PLL
の追加!!

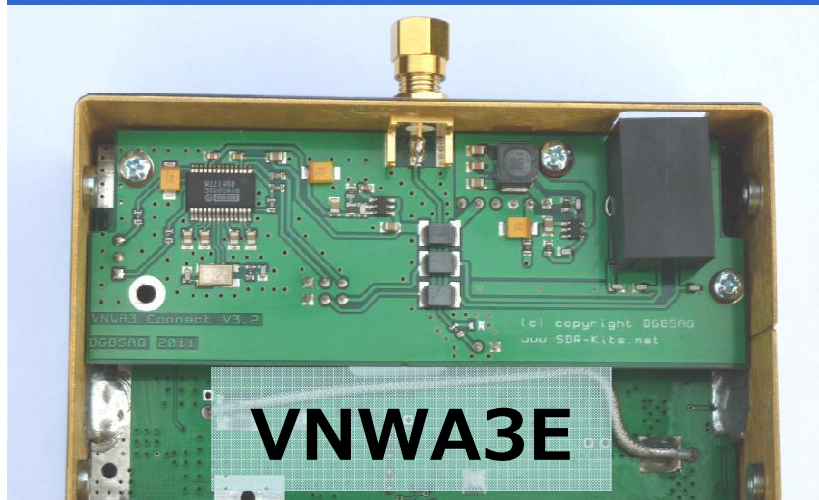
進化と動作原理(14)

柔軟性があるCLK-PLLによるインターフェアの低減



進化と動作原理(15)

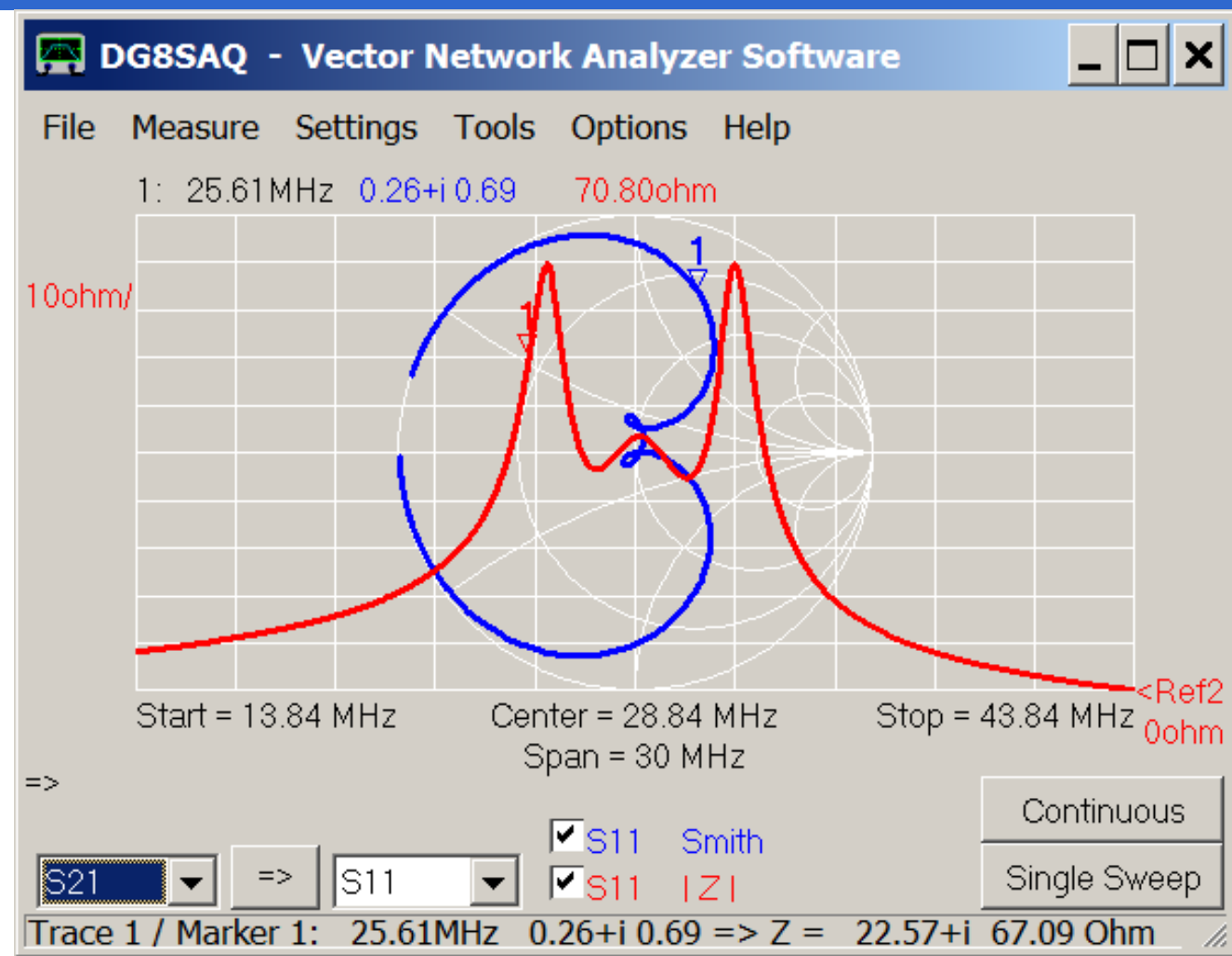
VNWA3のオプション



- 新拡張ボード: 2 番目のオーディオコーデック追加により、 S_{11} と S_{21} を同時測定可能
- 外部クロック入力対応
- 外部リレーを用いることにより、VNWA3を完全自動型 2 ポートアナライザーに拡張可能

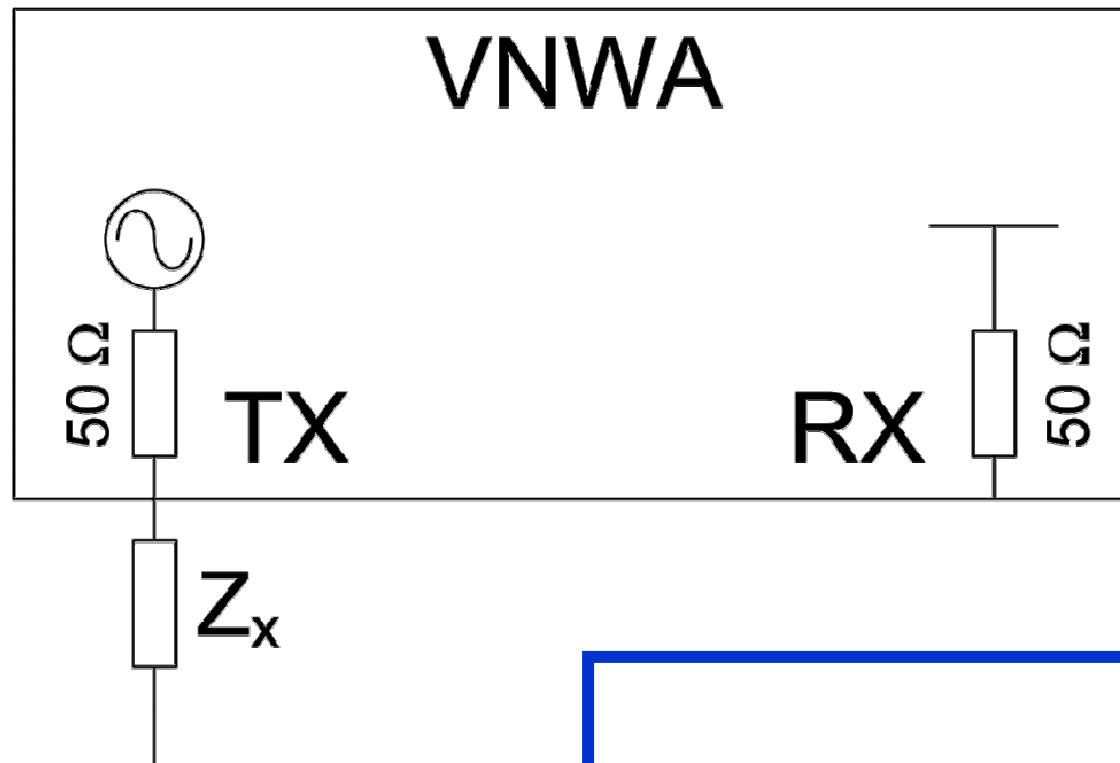


応用例: インピーダンス測定 (1)



インピーダンス測定 (2)

形態 1: リターンロス測定



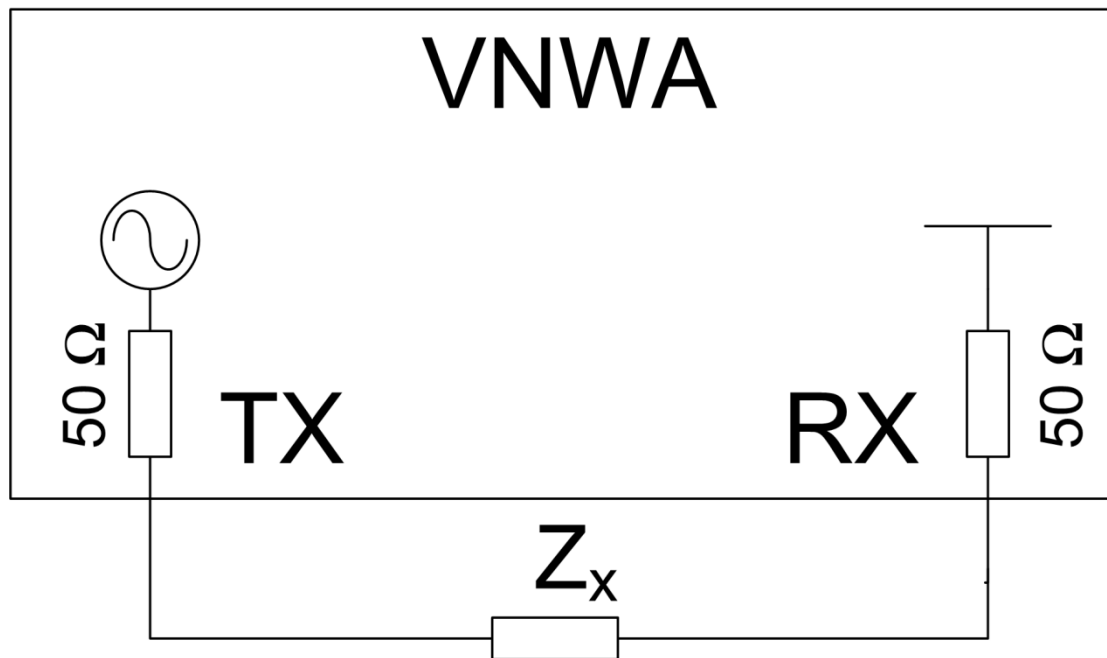
Z_x が50 Ωに近い
ほど精度が高い

Cal: SOL

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

インピーダンス測定(3)

形態 2: I 測定



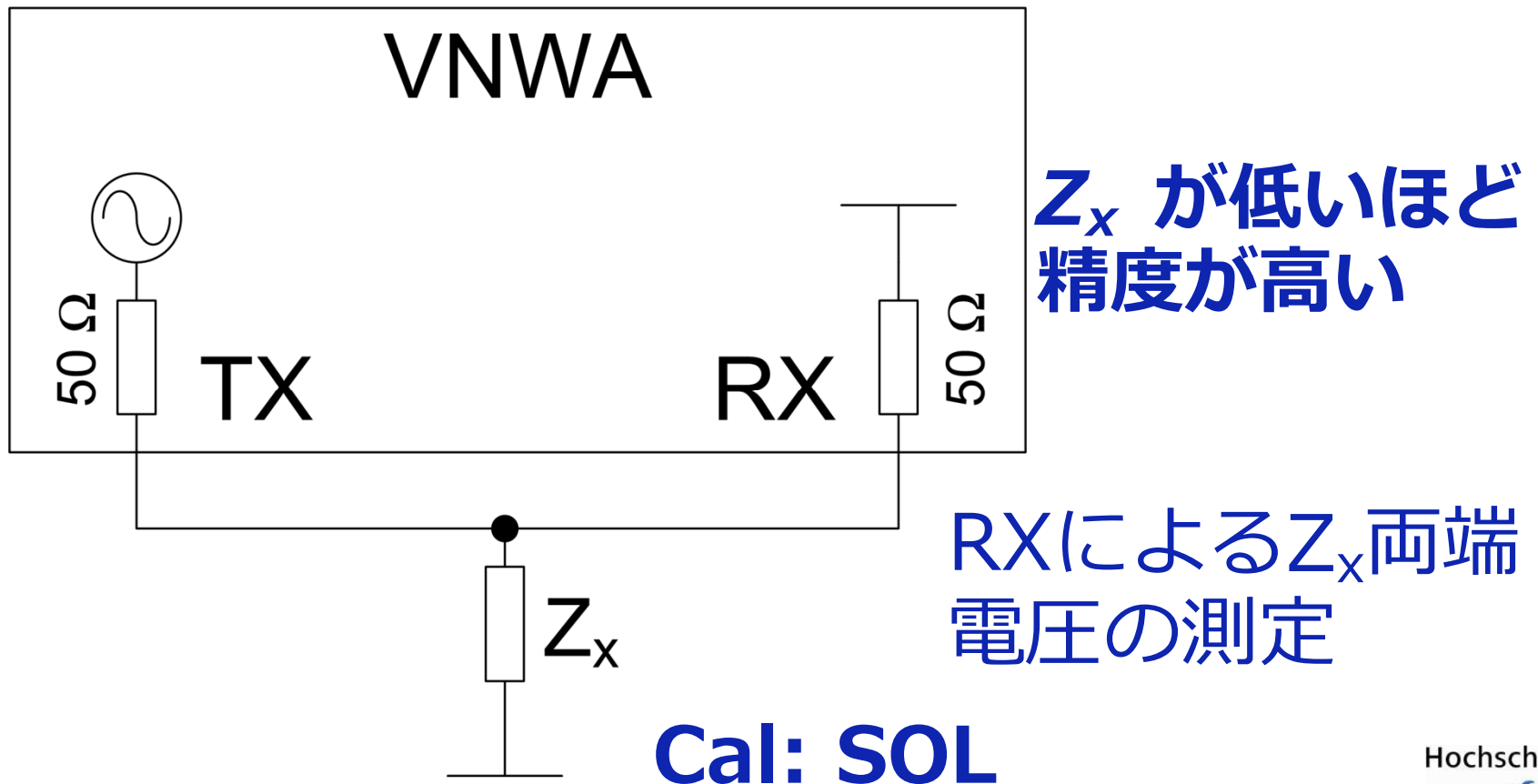
Z_x が高いほど
精度が高い

Cal: Thru

RXによる Z_x 通過電流の測定

インピーダンス測定 (4)

形態 3: V 測定



インピーダンス測定 (5)

形態 4: RF-IV 測定



インピーダンス測定(6)

測定偏差 - 形態 1 - 4

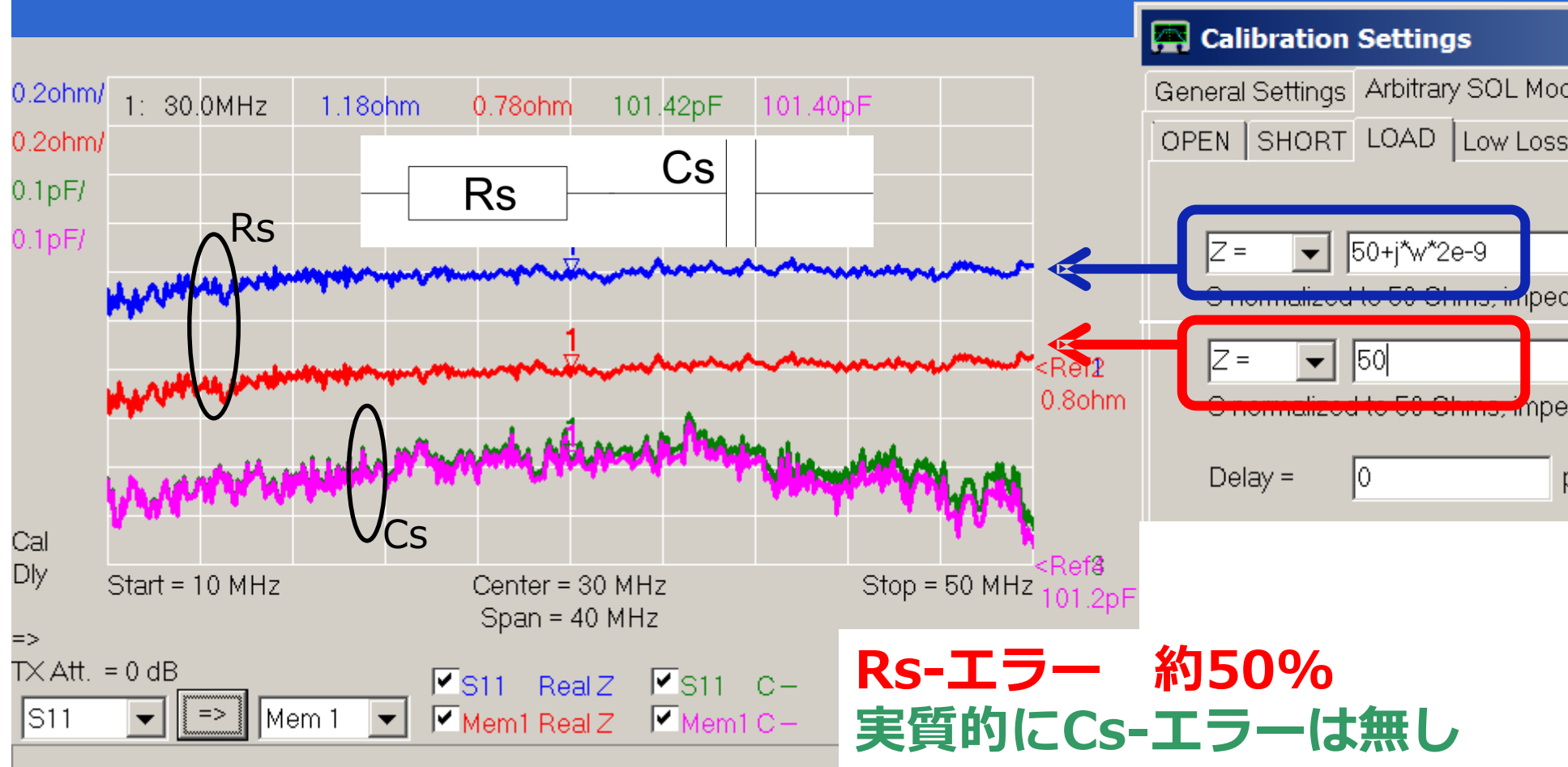
Z_x 値が10%増えた場合の測定結果への影響:

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%
100k Ω	0.01%	9.08%	0.00%	9.99%



RF-IVが全般に渡り最良の感度を示しています！

100pF SMDコンデンサの測定: 負荷基準が2 nHの場合の影響



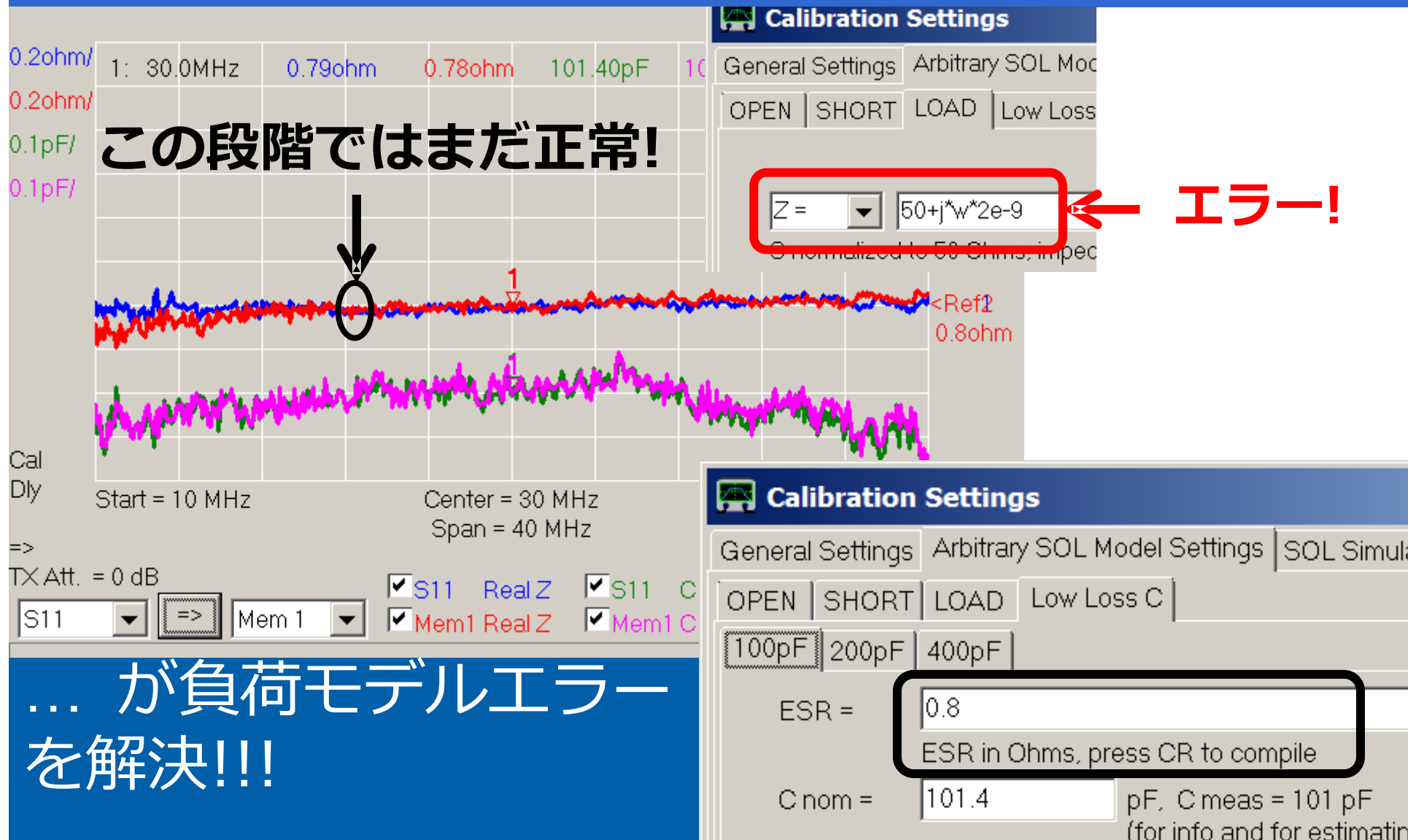
Rs-エラー 約50%
実質的にCs-エラーは無し



Q測定にクリティカルな負荷モデル!

HAM RADIO 2012

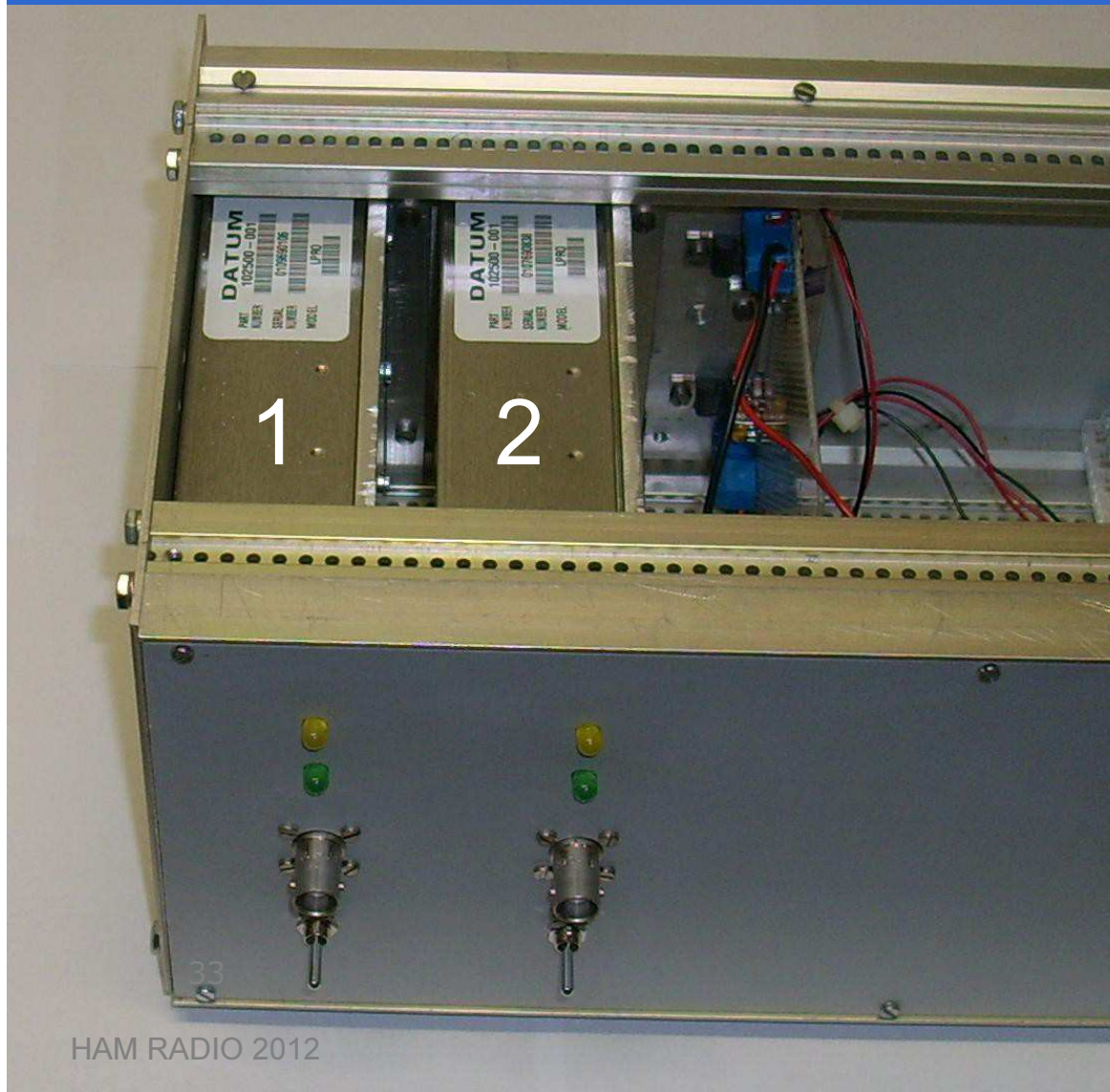
新規: 付加的キャリブレーション基準としての低損失キャパシタ (LLC)...



時計があれば、現在何時かは常にわかることです...



2台時計がある場合、どちらの時間が正しいのかわかりません!



HAM RADIO 2012

- 私が所有している2台のルビウム基準発振器
- 同期動作させた場合どれだけ正確なのでしょうか?

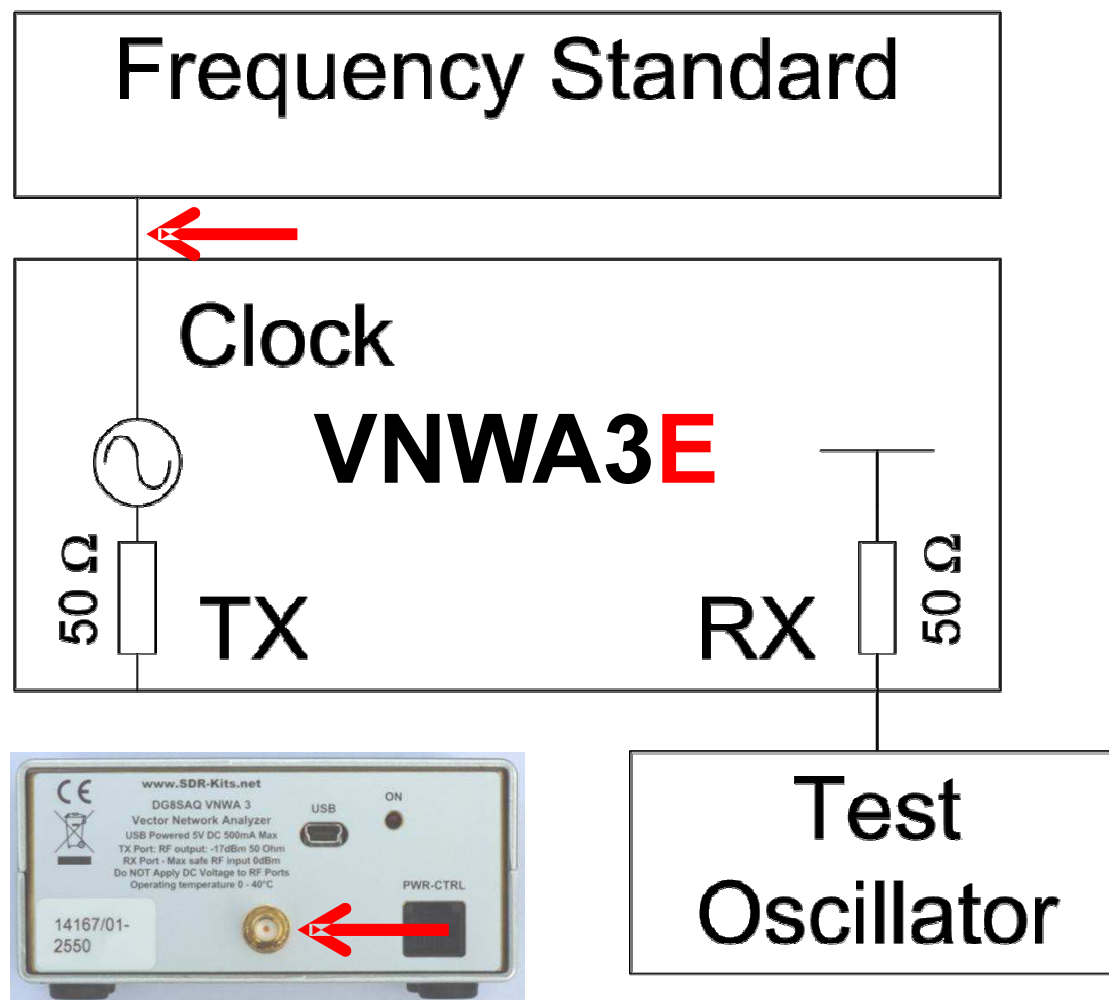
Hochschule Ulm



33

応用例：周波数比較 (1)

VNWA3 を位相コンパレータとして使用



- VNWA3による正確な位相測定
- 位相から周波数偏移を計算

周波数比較 (2)

測定精度



- TCXOを
それ自体
と比較
- 1s 測定
- 約 ± 10 μHz
の偏差!!!

3回スイープ、10 Points、0.1s / Point

周波数比較 (3)

ルビジウム1 vs. ルビジウム2、260s



偏差 = $-0.0025 \text{ Hz} \pm 0.0003 \text{ Hz at } 10 \text{ MHz}$
 $\equiv 2.5 \cdot 10^{-10}$

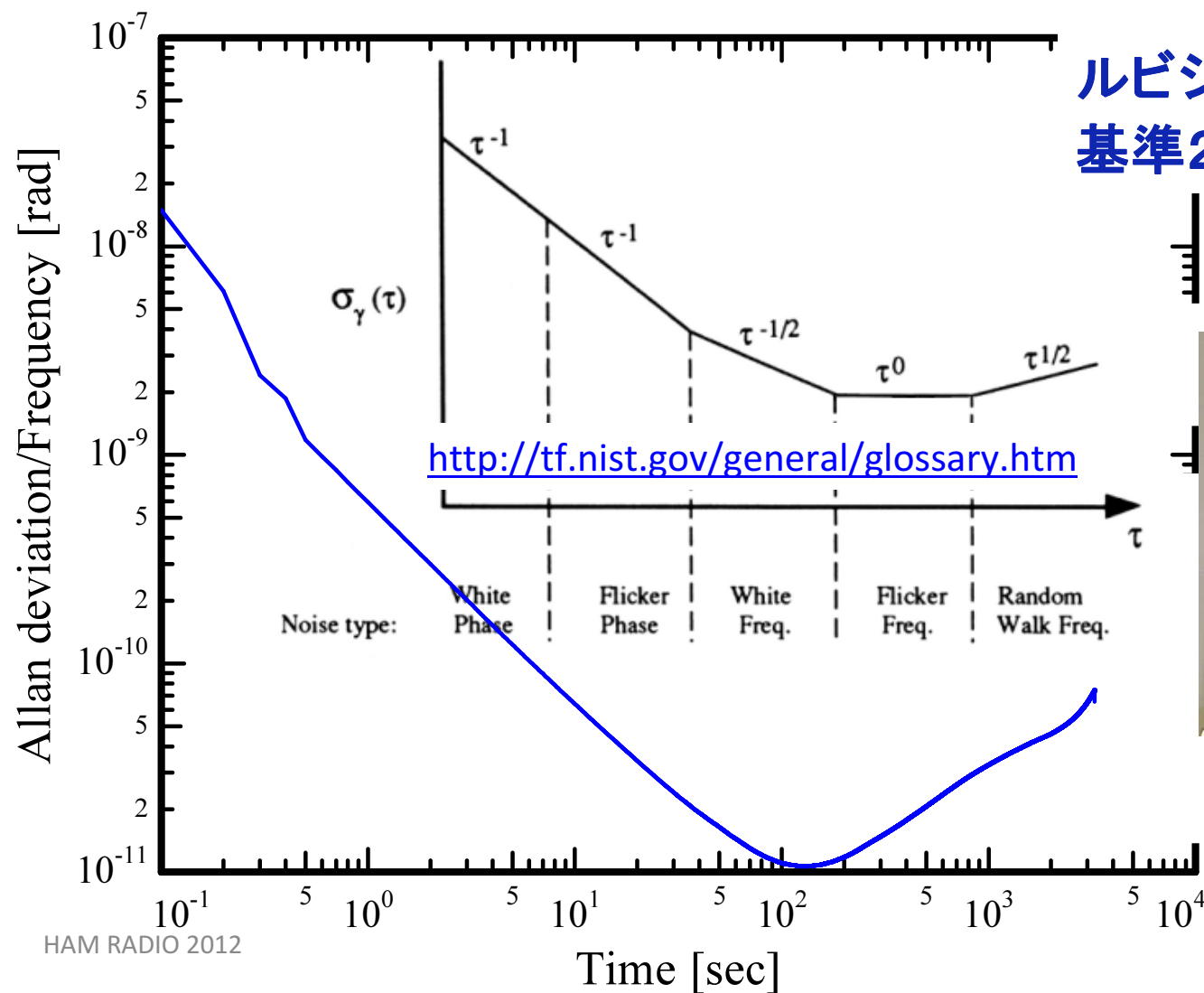
HAM RADIO 2012

Hochschule Ulm

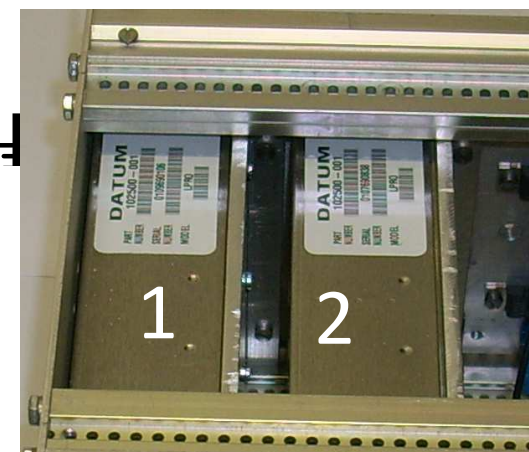


36

周波数比較 (4) VNWA測定によるAllan偏差



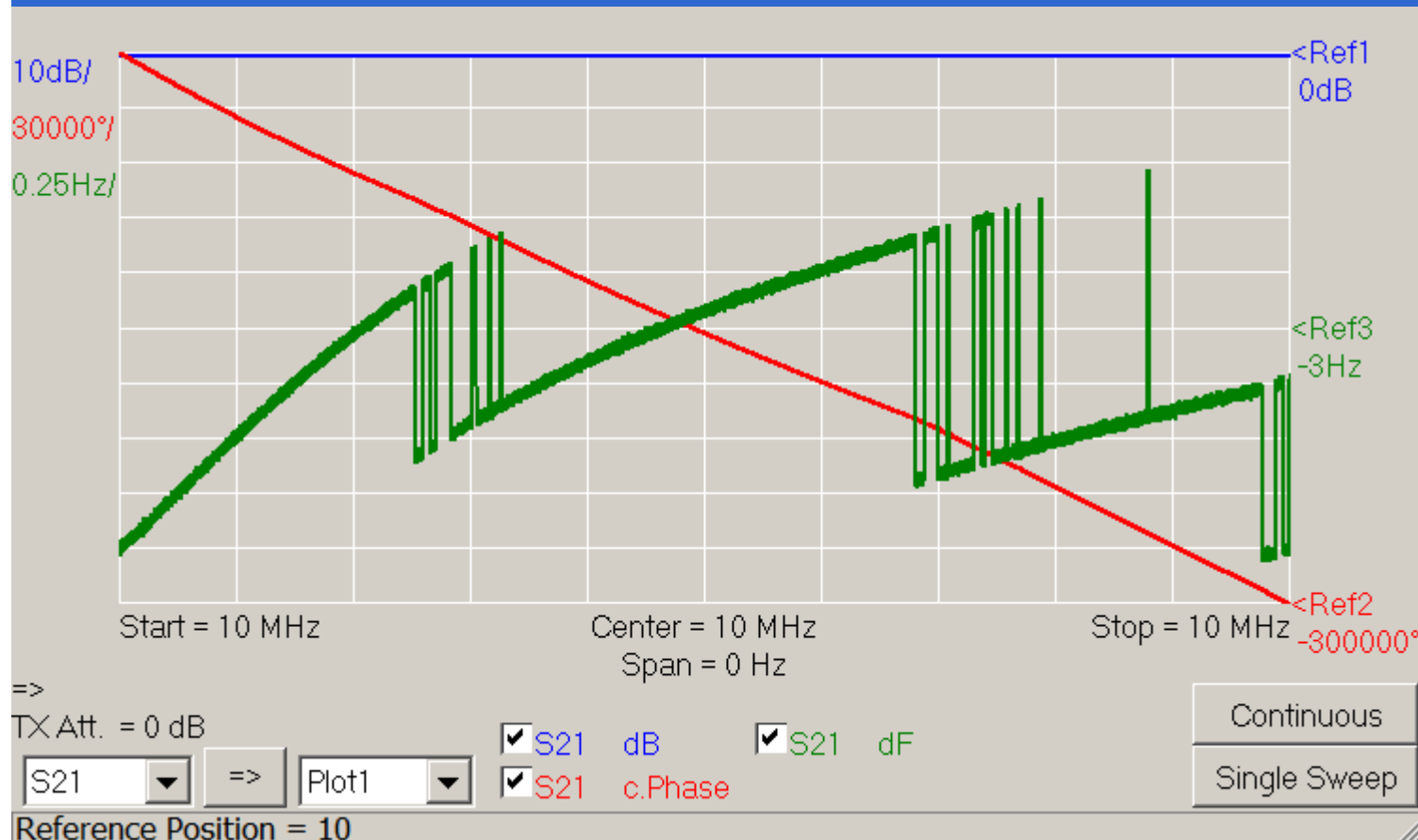
ルビジウム基準1と
基準2の比較測定



Hochschule Ulm



周波数比較 (5) ルビジウム基準 vs. VNWA3 TCXO



偏差 = -3 Hz $\pm$ 1 Hz at 10 MHz $\equiv$ -0.3 ppm

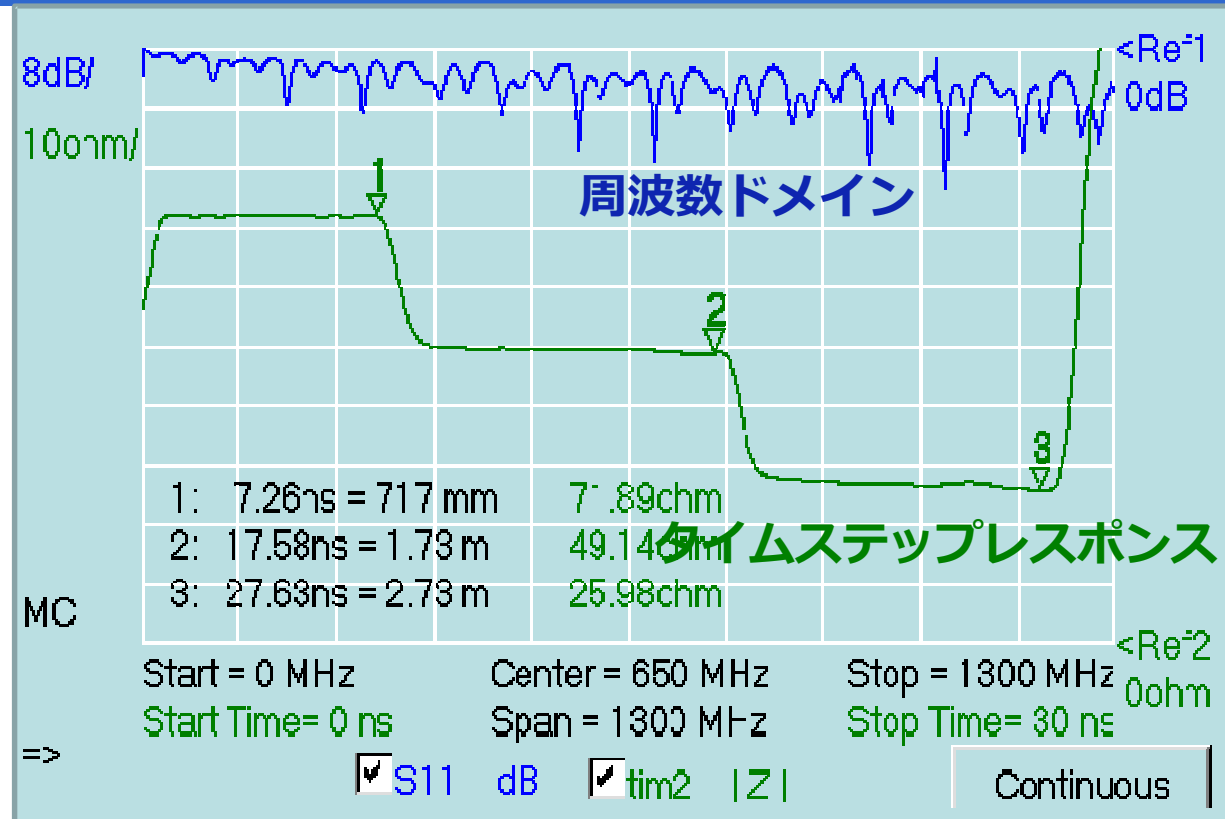
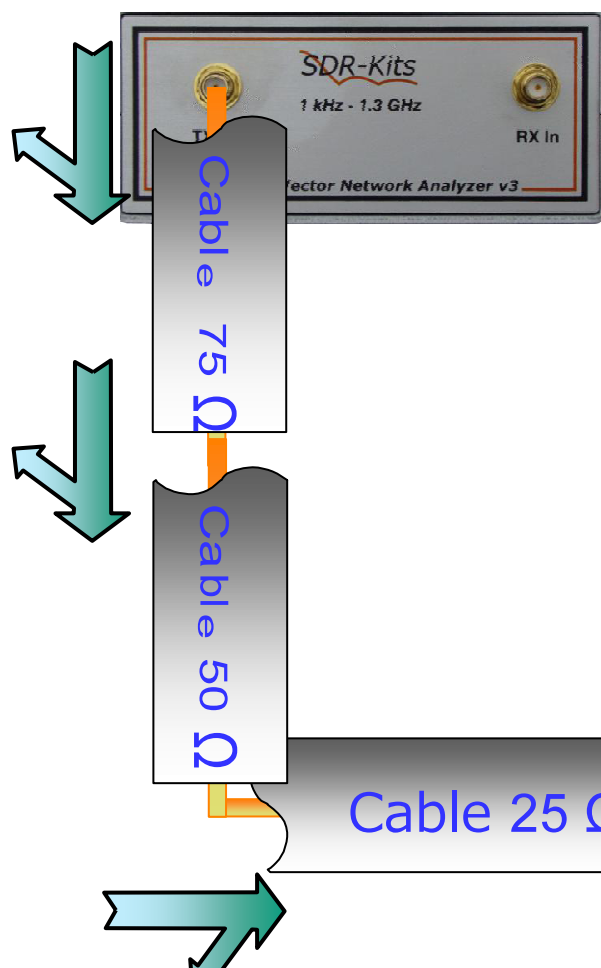
HAM RADIO 2012

Hochschule Ulm



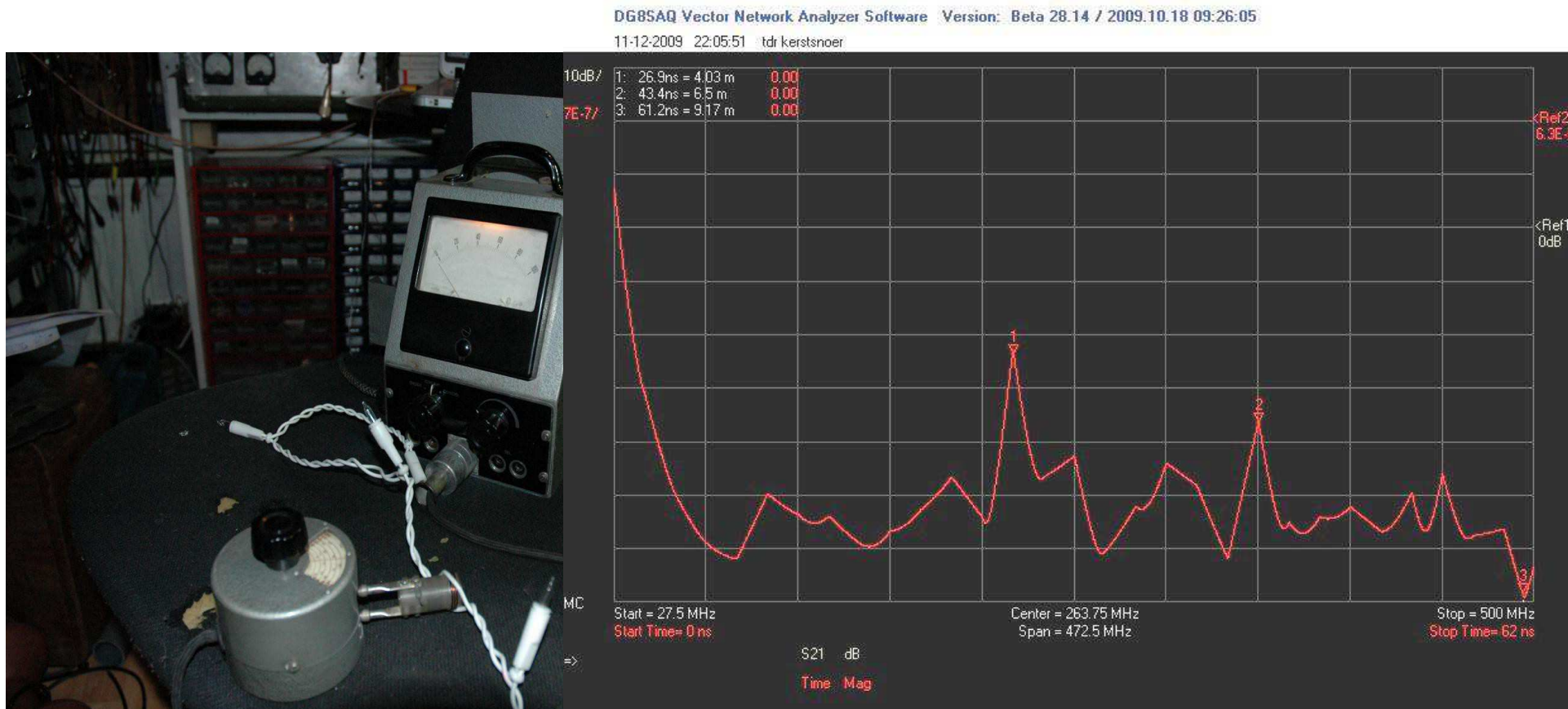
38

応用例: タイムドメイン分析 (1)



タイムドメイン分析 (2)

クリスマスツリー電球の欠陥箇所の特定!!



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

応用例：キャビティ共振 (1)



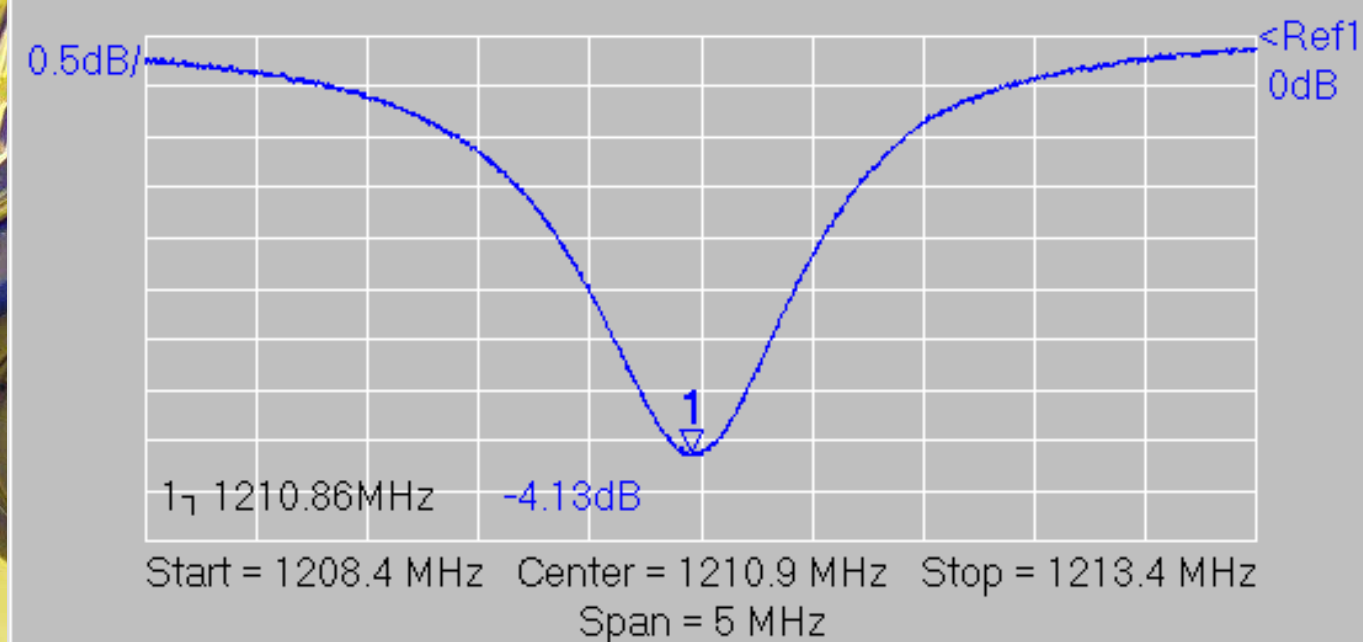
キャビティー共振 (2)

ディップ共振モード:

$$f = \frac{c_0}{2\pi r} J_{01} \approx \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6.28 \cdot 9.5 \text{ cm}} \cdot 2.405$$
$$\approx 1209 \text{ MHz}$$

キャビティー共振 (3)

ディップ共振モード:



=>

S21



S11

☒ S11 dB

Continuous

Single Sweep

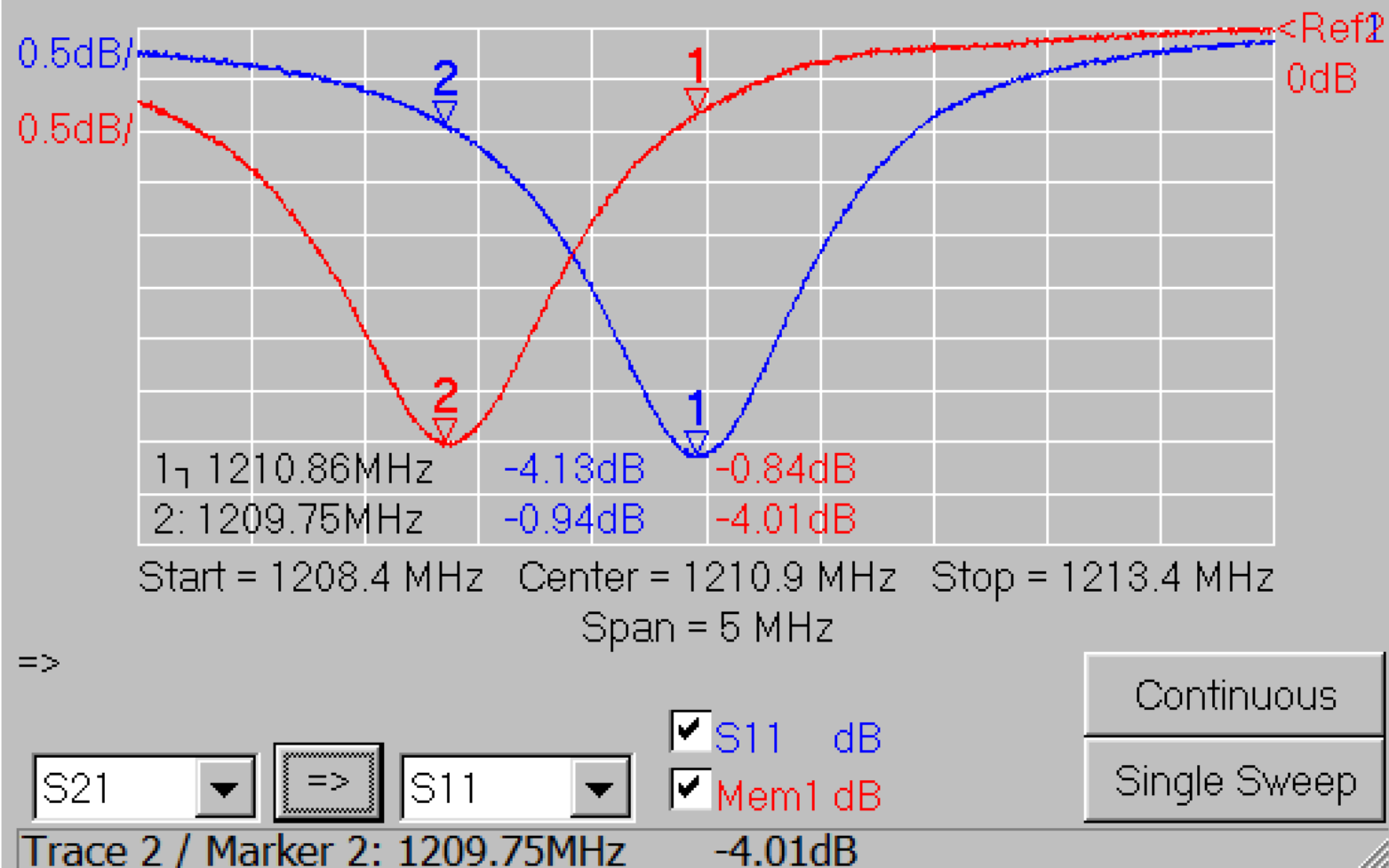
HAM RADIO 2012

Hochschule Ulm



43

キャビティー共振 (4)



**空 VS.
充填時**

キャビティ共振 (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*

HAM RADIO 2012



Hochschule Ulm



キャビティ共振 (6)

NASA/TM-

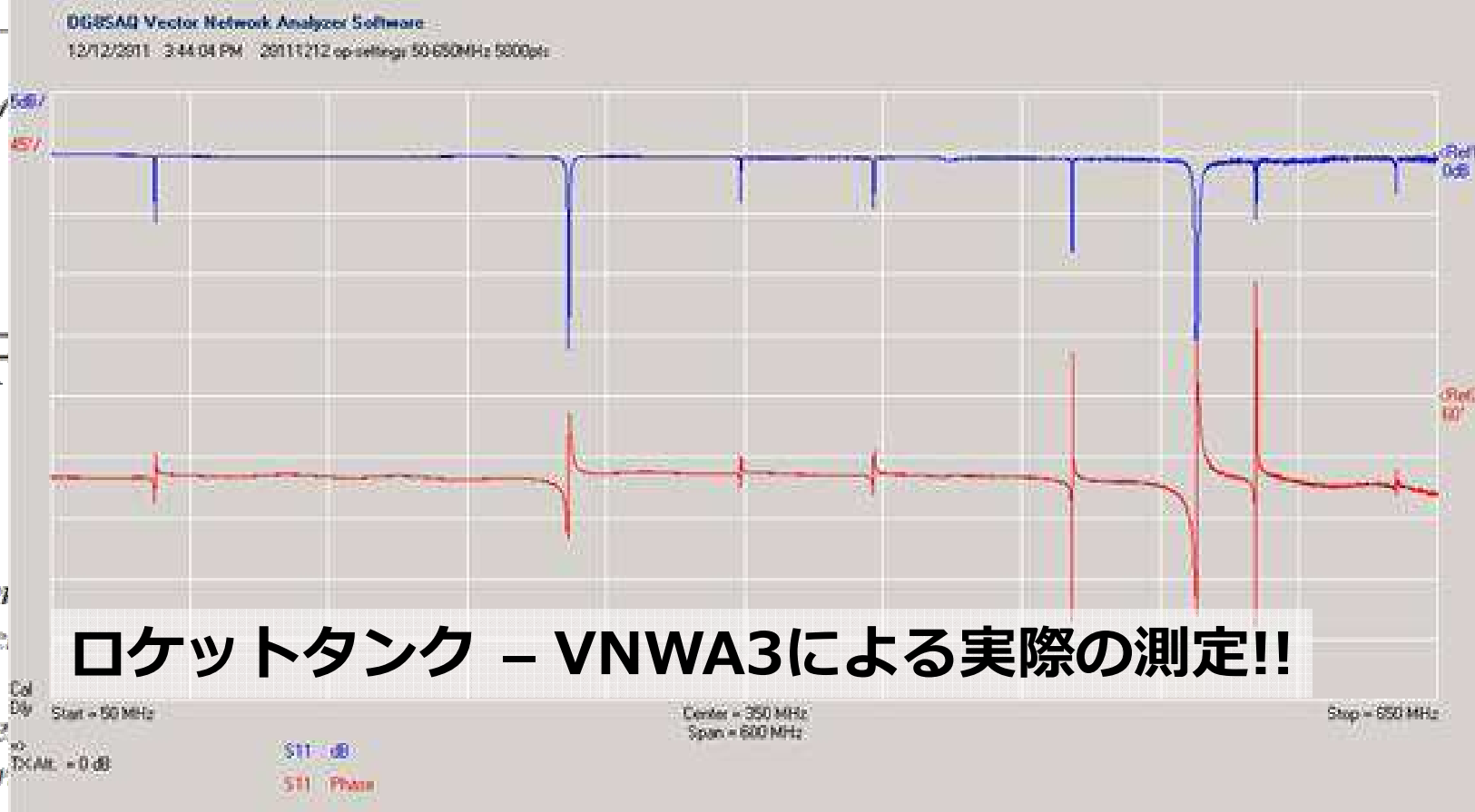


Radio F

Gregory A. Zim
Glenn Research

Michael D. He
Analex Corpor

David A. Buchanan and Neil T. Van Dresar
Glenn Research Center, Cleveland, Ohio
HAM RADIO 2012



ロケットタンク – VNWA3による実際の測定!!



Hochschule Ulm



要 約

- VNWA3は、多様性をもったテスト装置です
- プロ用アプリケーションも含む多様な用途に適しています!

➡ VNWAは、5大陸で使用されています

VNWA3 ist weltweit verwendet.

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 Lochrasterplatinen 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
Amateurfunkgenehmi-
gung 1963
Studium der Elektro- und Nachrichten-
technik, Leitender Wissenschaftlicher
Direktor a.D.
Besondere Interessengebiete: Selbst-
bau, Messtechnik, Software Defined
Radio (SDR), QRP
Anschrift
dj9cs@darf.de
<http://dj9cs.raisdorf.org>

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

Aufbau eines skalaren Netzwerkanalysators



Thanks to all
VNWA Users
and Supporters!



VNWA3は世界中で使用されています。

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netz

Netzwerkanalys

Dr.-Ing. Bodo Scholz, DJ9CS

In [1] hat Thomas Baier, DG8SAQ, sein Ko
Netzwerkanalysator mit minimaler Hardw
Während die damals beschriebene Versio
Lochrasterplatinen aufgebaut und somit r
Sicherheit reproduzierbar war, gibt es jet



Bild 1: Aufgebauter VNWA 2.3 mit Kugelschreiber zum Größenvergleich

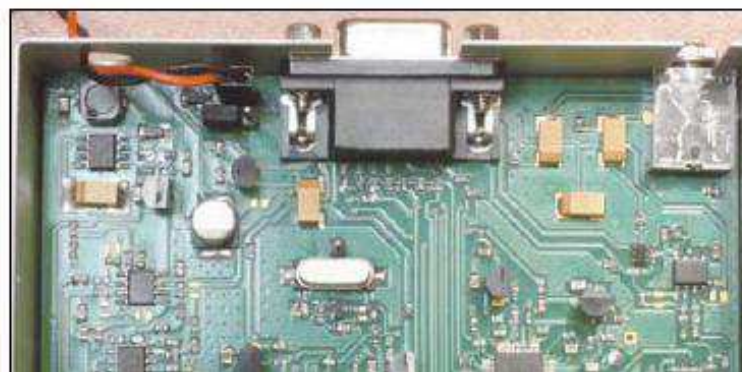
den Type
zunächst
grundsätz
Netzwerk
Kernelem
gesteuerte
tanten Pe
Ausgangs
den die S

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, ammet-
tenza, capacità induttanza e fat-
tore 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 soft-
ware di gestione permettono di
caratterizzare i quarzi ricavandone
automaticamente tutti i para-
metri. E inoltre prevista la possi-
bilità di usare il VNWA2 come
analizzatore di spettro. Tutte que-
ste informazioni vengono fornite
dalle elaborazioni del software di
gestione e sicuramente oggi,
quando queste note sono lette,
altre possibilità di misure si sa-
ranno aggiunte a quelle qui in-
dicate.

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



VNWA3は世界中で使用されています。

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netzwerk

Netzwerkanalyse

Dr.-Ing. Bodo
In [1] hat The
Netzwerkanal
Während die
Lochrasterpla
Sicherheit reg



Bild 1: Aufgebauter VNWA 2.3 mit Kugelsch
gleich

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, ammet-
tenza, capacità induttanza e fat-
tore di qualità (Q). Le misure S12
e S21 sono effettuate scambiando
l'ingresso e
del dispositivo in misura
ppure realizzando una
azione esterna delle por-
tante versioni del sof-
tware permettono di
zzerare i quarzi ricavando
automaticamente tutti i para-
metri inoltre prevista la possi-
bilità di usare il VNWA2 come
generatore di spettro. Tutte que-
stazioni vengono fornite
con le librerie del software di
e sicuramente oggi,
queste note sono lette,
la possibilità di misure si sa-
rà aggiunta a quelle qui in-

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.



Wouxun KG-IIVD1P

Analizator wektorowy do 1,3 GHz

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

VNWA3は世界中で使用されています。

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netzwerk

Netzwerkanalysator

EQUIPMENT REVIEW

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

LABORATORIO-STRUMENTAZIONE

di Vittorio Carboni I6DVX

Un accurato e prezioso

La 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 l'ingresso e l'uscita del dispositivo in misura, oppure realizzando una connessione esterna delle portate ultime versioni del software gestione permettono di calcolare i quarzi ricorrendo automaticamente tutti i parametri, inoltre prevista la possibilità di usare il VNWA2 come generatore di spettro. Tutte le operazioni vengono fornite dalle librerie del software di cui è sicuramente oggi, queste note sono lette, possibilità di misure si aggiungono a quelle qui indicate. Il tema a blocchi è visibile a 1. La generazione dei segnali RF è demandata all'oscillatore DDS, che in questo caso è presente in numero di



PHOTO 1: The front panel of the VNWA3 with SDR-Kits branding.

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



LOWIEC

14 500 agz.



DR-Kits

14 500 agz.

Analizator wektorowy do 1,3 GHz

VNWA3は世界中で使用されています。

GERÄTE

Messungen mit dem Vektor-Netzwerk

Netzwerk

EQUIPMENT REVIEW

DG8S Vector

A compact VSWR, re



Bild 1: Aufgebauter VNWA2 gleich

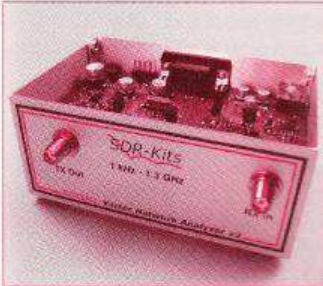
LABORATORIO-STRUMENTAZIONE

di Vittorio Carboni I6DVX

Il VNWA2 è accurato e prezioso

sostanza consente di misurare i parametri S: S11, S12, S21, S22. R. Dei singoli componenti si può misurare: resistenza, ammettenza, capacità induttanza e fattibilità (Q). Le misure S12 sono effettuate scambiando periodicamente l'ingresso e l'uscita del dispositivo in misura. Oppure realizzando una connessione esterna delle porte. Le ultime versioni del software permettono di visualizzare i grafici ricorrendo automaticamente tutti i parametri. Inoltre è prevista la possibilità di usare il VNWA2 come generatore di spettro. Tutte le informazioni vengono fornite nelle elaborazioni del software di cui è sicuramente oggi, queste note sono lette, la possibilità di misure si aggiunge a quelle qui in-

製作&実験



USB 接続で使える 1k ~ 1.3GHz 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

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。

普通



Analizator wektorowy do 1,3 GHz

プレゼンテーション 英語監修 : OZ7OU Kurt Poulsen (デンマーク)

<http://www.hamcom.dk/VNWA/>

日本語監修 : 有限会社アイキャスエンタープライズ

SDR-Kits社日本代理店

<http://icas.to/>