

“VNA voor een prikkie”



- Nano VNA : VNA voor een prikkie ofwel: waar voor je geld.
- Inleiding
- Verschil tussen sweeper, spectrumanalyser + tracking gen. en VNA
- Wat is een NanoVNA?
- Functionele eigenschappen
- PC Software voor Nano VNA
- NanoVNA in de praktijk, toepassingen en elektrische eigenschappen.
- Conclusies
- Vragen
- Nuttige links

Inleiding

Nano VNA is Japans van oorsprong en is na een kleine hardware upgrade in China in productie genomen door diverse fabrikanten.

De geestelijk vader is een innovatieve denker die al meer meetinstrumenten ontworpen heeft.



TT
edy555

Crude code farmer

📍 Hokkaido, JAPAN

Verschil tussen sweeper, spectrum analyser + TG en VNA.

De eerste 2 zijn gebaseerd op een zuiver analoog meetprincipe, een VNA rekent meetpunt voor meetpunt het resultaat uit o.b.v. de per meetpunt gemeten waarden en de bij dat meetpunt opgeslagen correctiefactoren. De sweeper en de spectrumanalyser meten uitsluitend power, de VNA meet de vectoriële spanning waaruit vele eigenschappen afgeleid kunnen worden, waarvan power er slechts één is.

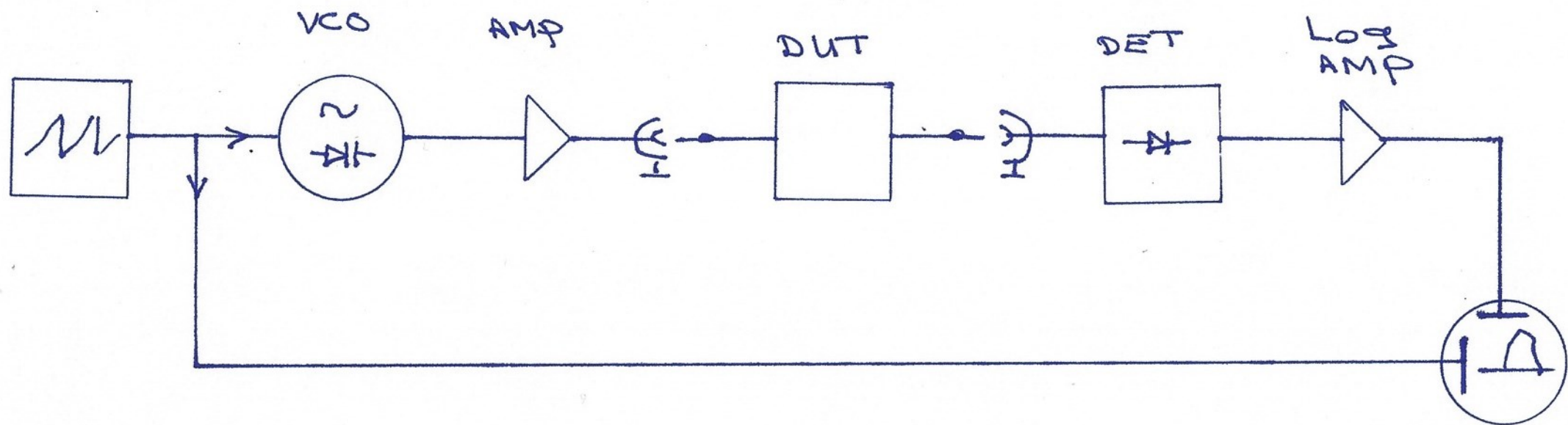
Definitie DUT

In de volgende blokschema's wordt met DUT Device Under Test bedoeld, het te meten object.

Dat kan een object met slechts één aansluiting zijn (1-poort) zoals een antenne, dummy load, spoel, ontvanger ingang, enz.

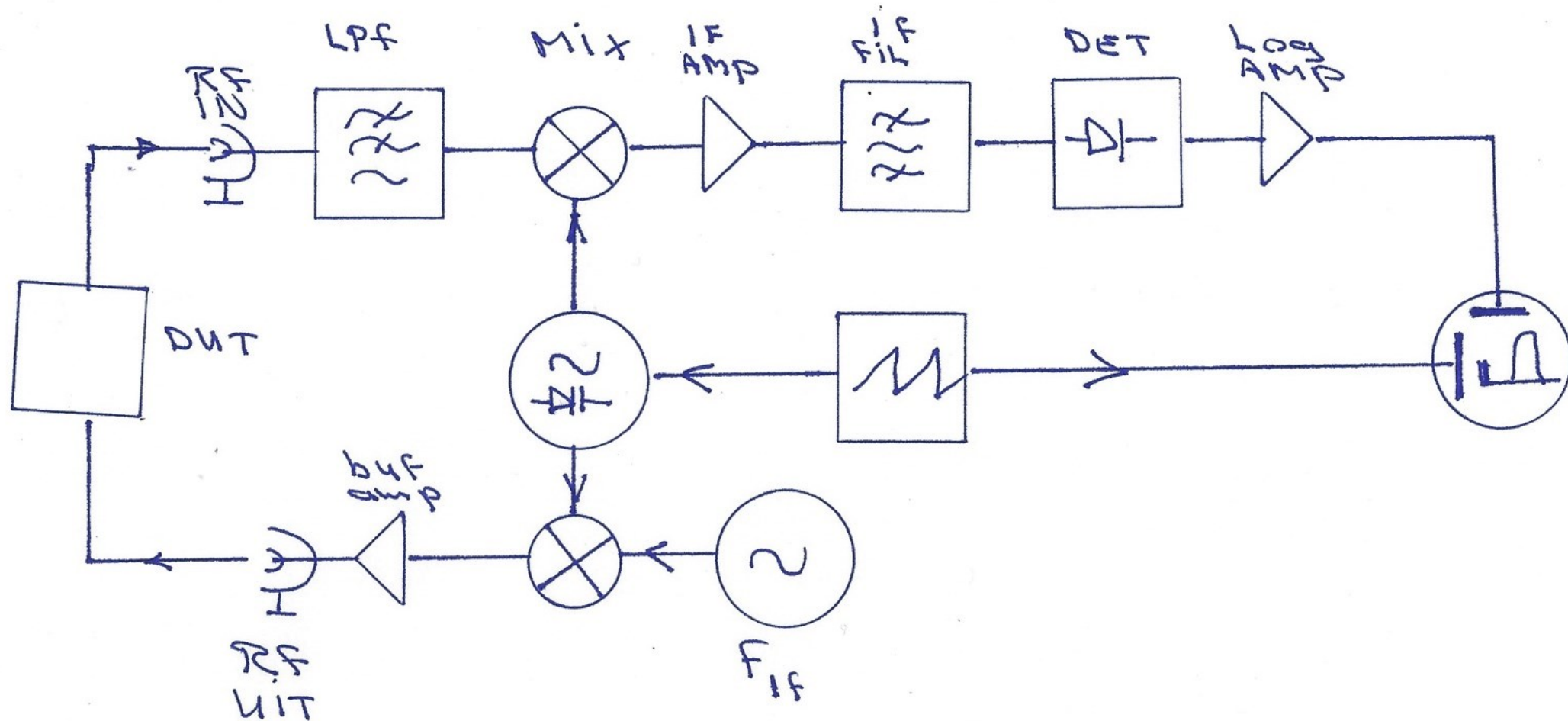
Of met 2 aansluitingen (2-poort) zoals b.v. een filter of ander passief netwerk, een komponent, b.v. Kristal tussen CH0 en CH1 aangesloten of een versterker.

Basis structuur Sweeper
frequentie omzetting in DUT toegestaan
Beperkt dynamisch bereik



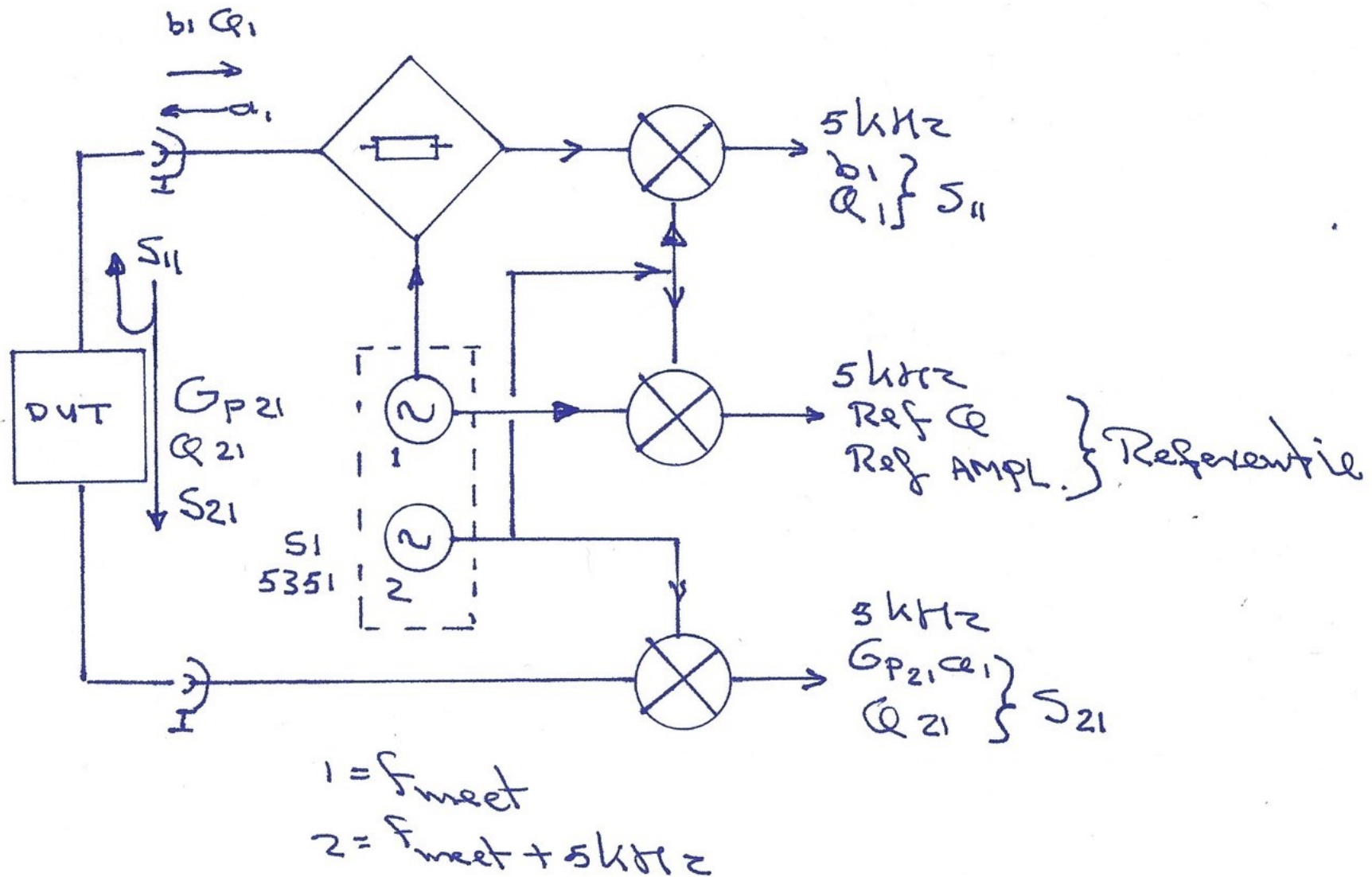
Basis structuur spectrum analyser met tracking generator

Frequentie omzetting in DUT soms toegestaan (afh.van Spectr. Analyser)



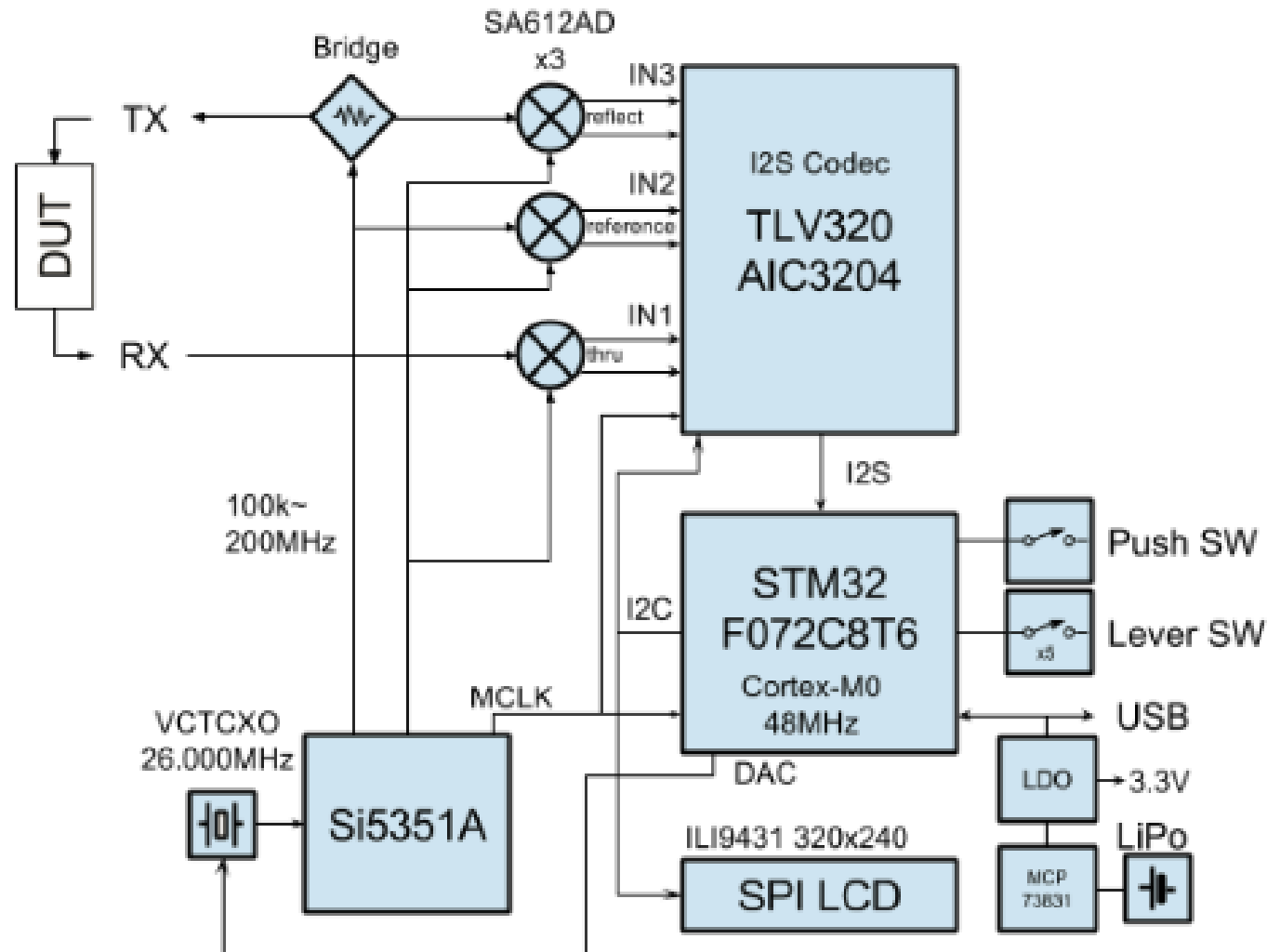
Basis structuur (nano) VNA

Geen analoge sweep maar 101 discrete meetpunten



Structuur NanoVNA

Frequentie omzetting in DUT niet toegestaan



S parameters en gebruik Smithkaart

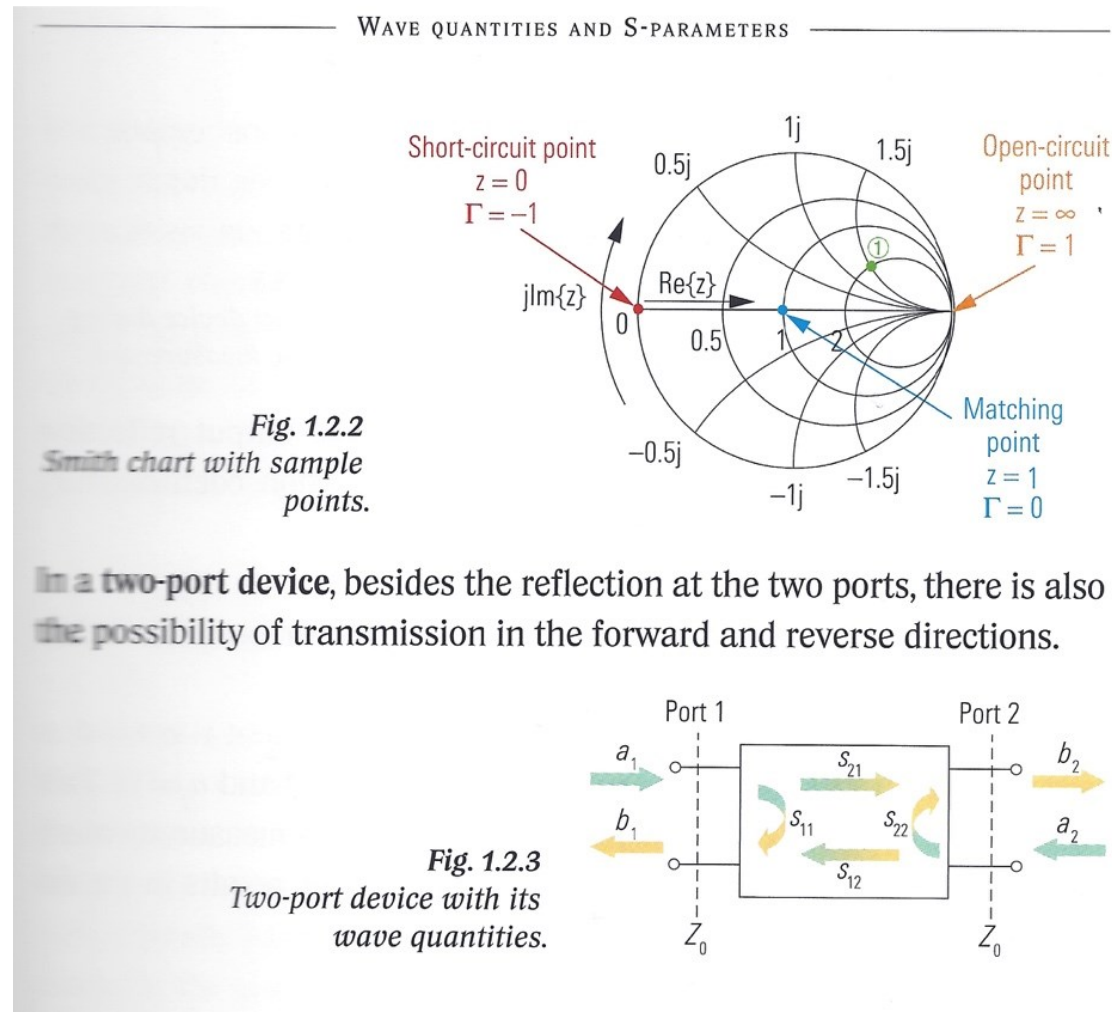
$$\Gamma = \text{reflectie coefficient}$$

$$= \frac{Z-1}{Z+1} \rightarrow \text{voor } 50\Omega \quad \frac{Z-50}{Z+50}$$

$$\Gamma = -1 \text{ als } Z = 0\Omega$$

$$= 0 \text{ als } Z = 50\Omega$$

$$= +1 \text{ als } Z = \infty$$



- Wat is een NanoVNA ?

- Een vector network analyser in creditcard formaat.
- Goedkoop, slechts 50 euro.
- Inclusief SMA calibratie setje, een SMA thru en 2 SMA kabeltjes.
- De structuur is in de basis gelijk aan die van een commerciële VNA.
- 2 metingen , S11 en S21 kunnen gelijktijdig worden weergegeven.
- Portabel, batterijgevoed, autonomie ca. 2 uur.
- Kleuren touch screen en lever switch .
- Voorzien van USB poort waardoor opladen batterij en besturing vanaf een PC, MAC of Android device mogelijk is. (SW hiervoor: NanoVNA-Saver)

Frontbediende VNA's door de tijd heen



1985 HP8753C



2015 R&S ZNC



2019 N-VNA

Functionele eigenschappen nano VNA stand alone

- Meetbereik van 50kHz t/m 900MHz of een deelgebied in 101 discrete synthesized meetpunten.
- Menu gestuurd via touchscreen, zie menustructuur volgende pagina.
- 1 t/m 4 traces zichtbaar naar keuze.
- Markers, instelbaar door drag and drop of lever switch op vna
- meet gelijktijdig S11 en S21 van een 2-poort.
- Verwissel je in en uitgang van de 2-poort dan meet je S12 en S22 .
- S parameters weergeven in te kiezen formaat (smith, log mag, fase, swr enz. Wat van toepassing is) .
- En meer.

HOME MENU

- DISPLAY
- MARKER
- STIMULUS
- CAL
- RECALL
- CONFIG

Close menu if next item is sentinel

Calibration Flow:

- CONFIG → TOUCH CAL
- TOUCH CAL → TOUCH TEST
- TOUCH TEST → SAVE
- SAVE → VERSION
- VERSION → >DFU
- >DFU → <BACK

Recall Flow:

- RECALL → RECALL 0
- RECALL 0 → RECALL 1
- RECALL 1 → RECALL 2
- RECALL 2 → RECALL 3
- RECALL 3 → RECALL 4
- RECALL 4 → <BACK
- <BACK → RESET AND ENTER DFU
- RESET AND ENTER DFU → CANCEL

Measurement Flow:

- TRACE → FORMAT
- FORMAT → SCALE
- SCALE → CHANNEL
- CHANNEL → TRANSFORM
- TRANSFORM → <BACK
- TRACE → LOGMAG
- LOGMAG → PHASE
- PHASE → DELAY
- DELAY → SMITH
- SMITH → SWR
- SWR → >MORE
- >MORE → POLAR
- POLAR → LINEAR
- LINEAR → REAL
- REAL → IMAG
- IMAG → RESISTANCE
- RESISTANCE → REACTANCE
- REACTANCE → <BACK

Marker Flow:

- MARKER → SELECT MARKER
- SELECT MARKER → >START
- >START → >STOP
- >STOP → >CENTER
- >CENTER → >SPAN
- >SPAN → <BACK
- <BACK → MARKER 1
- MARKER 1 → MARKER 2
- MARKER 2 → MARKER 3
- MARKER 3 → MARKER 4
- MARKER 4 → ALL OFF
- ALL OFF → <BACK

Frequency Settings:

- START
- STOP
- CENTER
- SPAN
- CW FREQ
- PAUSE SWEEP
- <BACK

Calibration and Saving:

- CALIBRATE
- SAVE
- RESET
- CORRECTION
- <BACK
- SAVE 0
- SAVE 1
- SAVE 2
- SAVE 3
- SAVE 4
- <BACK

Final Menu:

- OPEN
- SHORT
- LOAD
- ISOLN
- THRU
- DONE
- <BACK

QR Code: nanovna.com

Graphical Display:

010 LOGMAG 1.0dB -0.00dB CH1 LOGMAG 1.0dB -68.14dB
 CH0 SMITH 1.0FS 149KΩ 37.6pF CH1 PHASE 90° -47.89°
 1: 50.000 kHz

START 50.000 kHz STOP 300.000 000 MHz

Legend:

- C: Calibration
- D: Directivity
- R: Reflection Tracking
- S: Source Match
- T: Transmission Tracking
- X: Isolation

If calibration is available, the CAL status will be displayed. Otherwise, it is hidden. C* is in the state where an unsaved calibration is applied (it disappears from memory when the power is turned off). C0 to C4 Indicates that the saved calibration values are applied to one of the save locations. Saved or Unsaved will change when calibration data is properly saved. The letters below C indicate that the following error terms have been applied. D: Directivity, R: Reflection Tracking, S: Source Match, T: Transmission Tracking and X: Isolation.

Beschikbare software voor nanoVNA

Rune B. Broberg 5Q5R heeft nanovna-saver geschreven en enkele amateurs uit Frankrijk en Duitsland hebben functionele uitbreidingen hieraan toegevoegd. Zo is een professionele gebruikers interface met dito functionaliteit ontstaan welke open source en dus vrij beschikbaar is. Op github is een rijke bron aan informatie beschikbaar, zie

<https://github.com/mihtjel/nanovna-saver>

- Ook is er het programma nanovna.exe Dat is eenvoudiger van opzet en mogelijkheden.
- Een versie voor op de smartphone (android) bestaat.
- De keuze is aan u

Functionele eigenschappen nano VNA i.c.m. nanoVNA –Saver

- Veel meer mogelijkheden qua metingen, markerfuncties, export s2P Touchstone formaat, groeplooptijd meten, TDR metingen en meer.
- Meer dan 101 meetpunten mogelijk met de instelling “segments”
- Weergave op PC scherm waarbij veel weergave formaten en instellingen te kiezen zijn.
- Markerfuncties en ruime mogelijkheid van weergave markerwaarden en grootheden.
- Component analyser, zie voorbeeld met spoelen.

NanoVNA in de praktijk, elektrische eigenschappen.

Impedantie matching m.b.v. De Smithkaart

- Het is raadzaam om na ontvangst een calibratie uit te voeren met een start en stopfrequentie van resp. 50kHz en 900MHz en het resultaat op te slaan in geheugenlocatie 0 van de nanovna.
- Als daarna een kleinere span gekozen wordt komen de 101 meetpunten dichter qua frequentie bij elkaar te liggen.
- door interpolatie tussen de opgeslagen meetpunten uit de de zojuist uitgevoerde kalibratie zijn de nieuwe meetpunten bruikbaar, zo blijkt.
- Nog beter is het bij een gekozen frequentiegebied opnieuw te kalibreren en deze waarden in een nieuwe geheugen locatie op te slaan, b.v. 1 . (sterk aan te raden, good practice) of onder –saver in een te benoemen file op de PC

Hierna volgen een aantal metingen die de elektrische grenzen en de (onbegrensde) mogelijkheden van de nanovna laten zien.

Ook verkennen we het grootsignaalgedrag van CH1 (RF ingang)

Maar eerst nog even kort het verband tussen return loss en SWR

In de volgende tabel is in kolom 3 de returnloss gegeven in relatie tot de afsluitweerstand, de reflectie coëfficiënt en de SWR.

Returnloss is de verhouding tussen inkomend en gereflecteerd signaal aan de ingang van het DUT.

Hoe groter de returnloss in -dB hoe beter de afsluitweerstand de karakteristieke waarde benadert

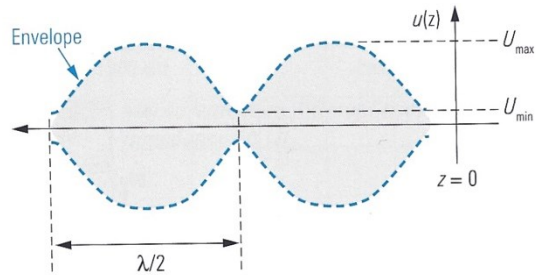


Fig. 4.3.4
Superposition of the
incident and reflected
waves.

$$a_{s11} = 20 \lg |s_{11}| \text{ dB}$$

(4.3-1)

$$SWR = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{1 + |s_{11}|}{1 - |s_{11}|}$$

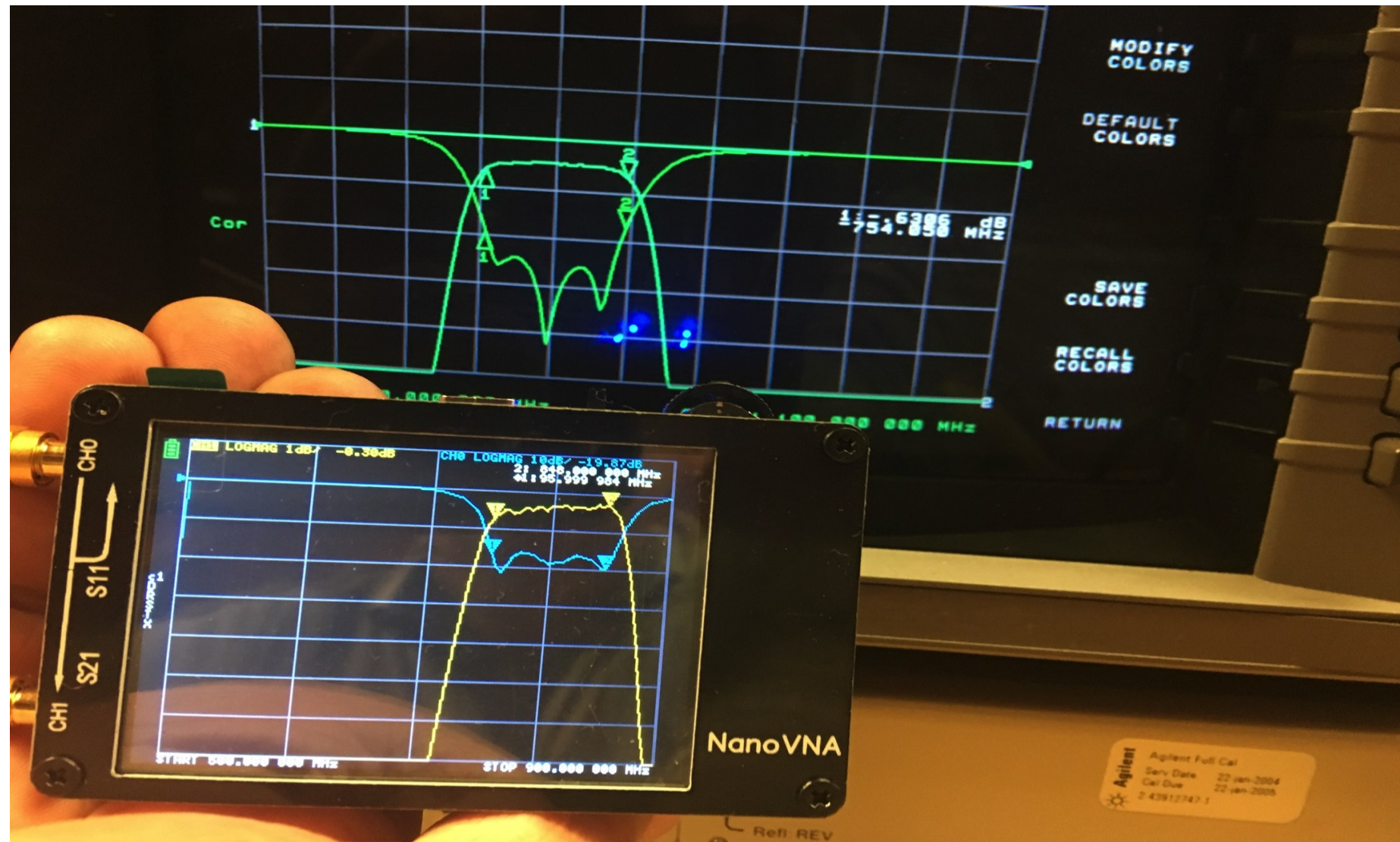
(4.3-2)

1]

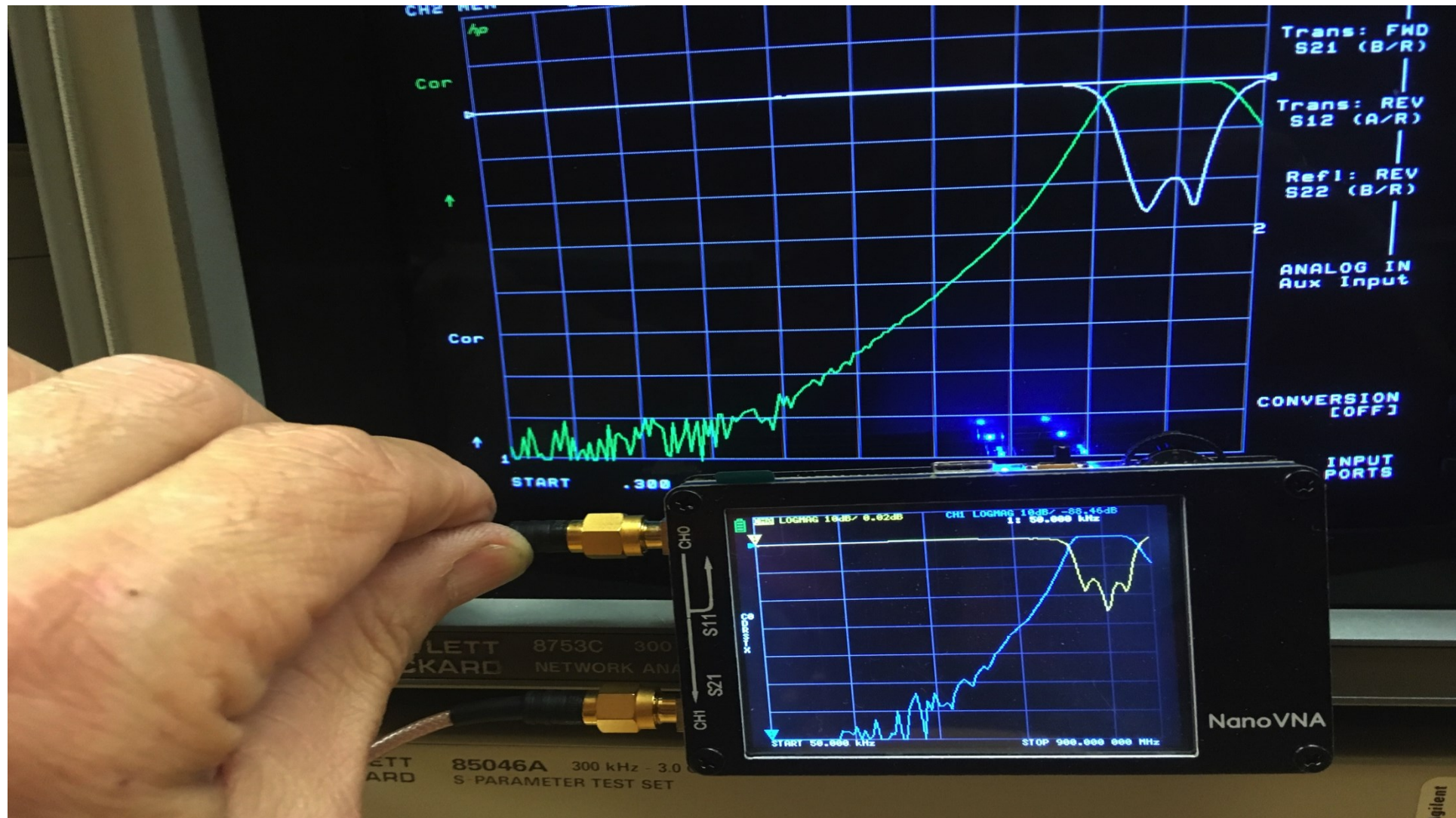
Resistance Z in case Z is real and a reference imped- ance $Z_0 = 50 \, \Omega$ is used	Magnitude of the reflection coefficient $ s_{11} $	Reflection according to formula (4.3-1)	Standing wave ratio SWR according to formula (4.3-2)
$0.0 \, \Omega$ or ∞	100.000 %	0 dB	∞
$8.5 \, \Omega$ or $292.4 \, \Omega$	70.795 %	-3 dB	5.848
$16.6 \, \Omega$ or $150.5 \, \Omega$	50.119 %	-6 dB	3.010
$19.1 \, \Omega$ or $130.7 \, \Omega$	44.668 %	-7 dB	2.615
$21.5 \, \Omega$ or $116.1 \, \Omega$	39.811 %	-8 dB	2.323
$23.8 \, \Omega$ or $105.0 \, \Omega$	35.481 %	-9 dB	2.100
$26.0 \, \Omega$ or $96.2 \, \Omega$	31.623 %	-10 dB	1.925
$28.0 \, \Omega$ or $89.2 \, \Omega$	28.184 %	-11 dB	1.785
$29.9 \, \Omega$ or $83.5 \, \Omega$	25.119 %	-12 dB	1.671
$31.7 \, \Omega$ or $78.8 \, \Omega$	22.387 %	-13 dB	1.577
$33.4 \, \Omega$ or $74.9 \, \Omega$	19.953 %	-14 dB	1.499
$34.9 \, \Omega$ or $71.6 \, \Omega$	17.783 %	-15 dB	1.433
$36.3 \, \Omega$ or $68.8 \, \Omega$	15.849 %	-16 dB	1.377
$37.6 \, \Omega$ or $66.4 \, \Omega$	14.125 %	-17 dB	1.329
$38.8 \, \Omega$ or $64.4 \, \Omega$	12.589 %	-18 dB	1.288
$39.9 \, \Omega$ or $62.6 \, \Omega$	11.220 %	-19 dB	1.253
$40.9 \, \Omega$ or $61.1 \, \Omega$	10.000 %	-20 dB	1.222
$41.8 \, \Omega$ or $59.8 \, \Omega$	8.913 %	-21 dB	1.196
$42.6 \, \Omega$ or $58.6 \, \Omega$	7.943 %	-22 dB	1.173
$43.4 \, \Omega$ or $57.6 \, \Omega$	7.079 %	-23 dB	1.152
$44.1 \, \Omega$ or $56.7 \, \Omega$	6.310 %	-24 dB	1.135
$44.7 \, \Omega$ or $56.0 \, \Omega$	5.623 %	-25 dB	1.119
$46.9 \, \Omega$ or $53.3 \, \Omega$	3.162 %	-30 dB	1.065
$48.3 \, \Omega$ or $51.8 \, \Omega$	1.778 %	-35 dB	1.036
$49.0 \, \Omega$ or $51.0 \, \Omega$	1.000 %	-40 dB	1.020
$50.0 \, \Omega$	0.000 %	$-\infty$	1.000

Table 2.1.1 Conversion of characteristic one-port quantities.

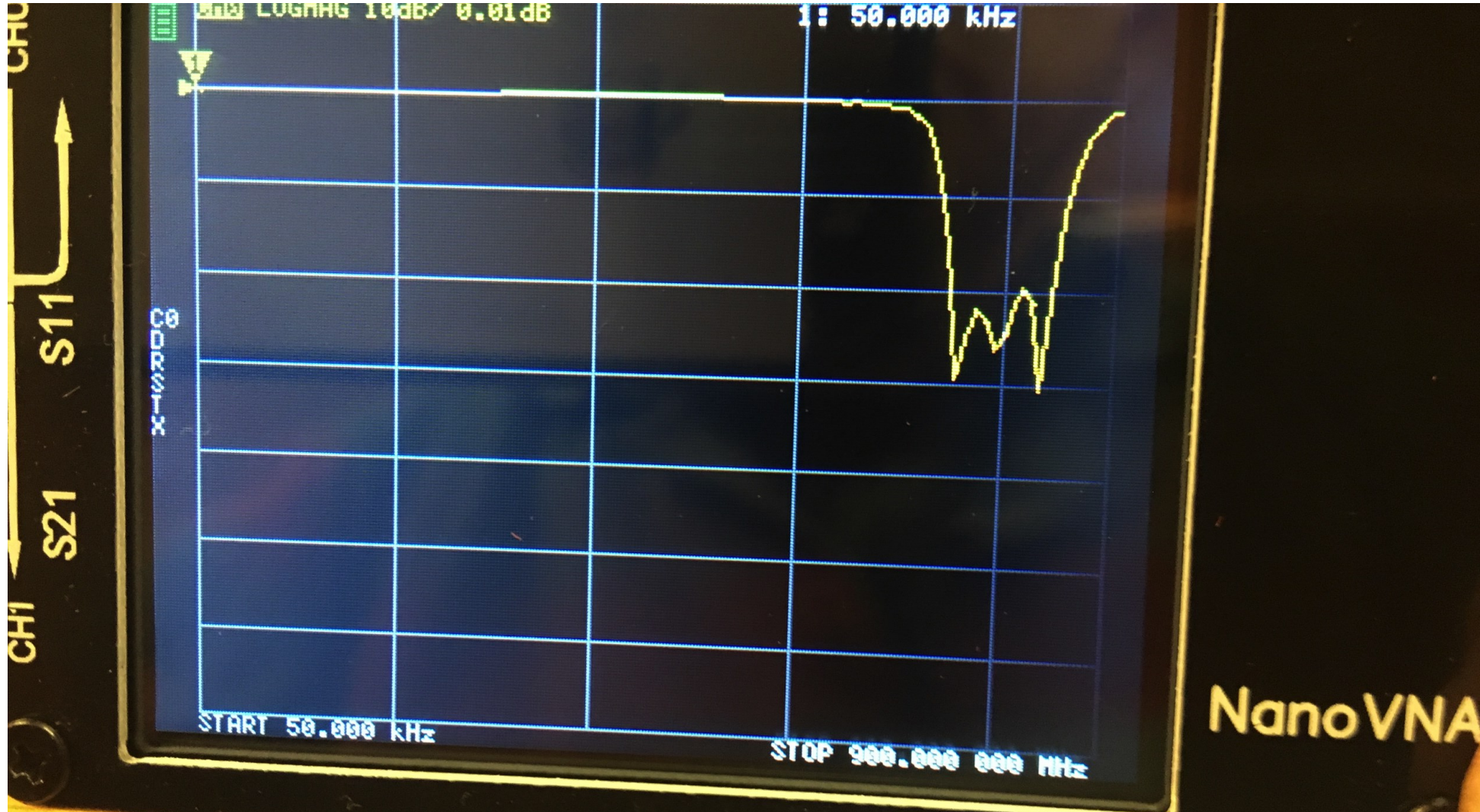
Vergelijking met 1dB/div meting



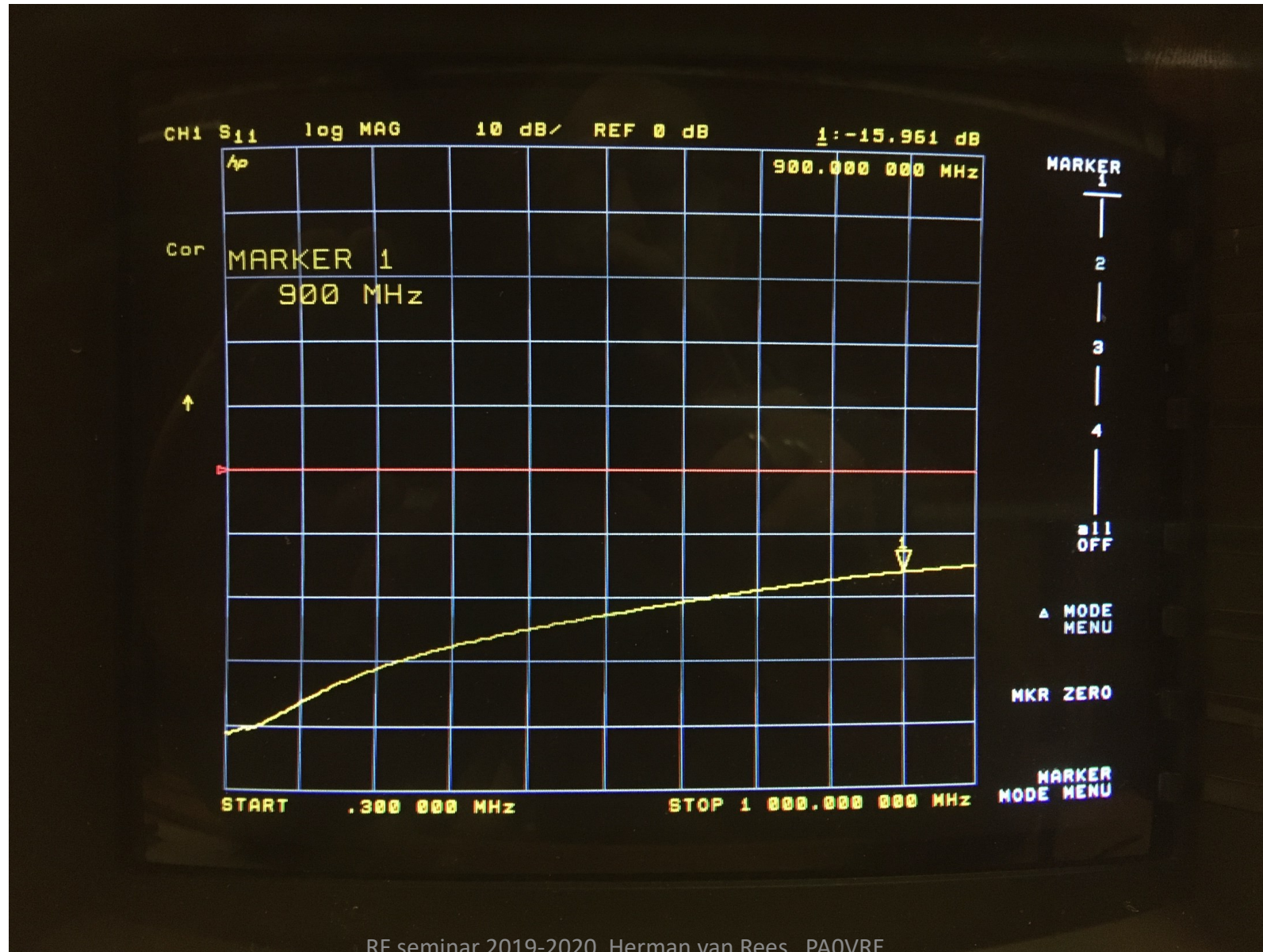
Meting van S11 en S21 van een BPF, merk het verschil in returnloss op.



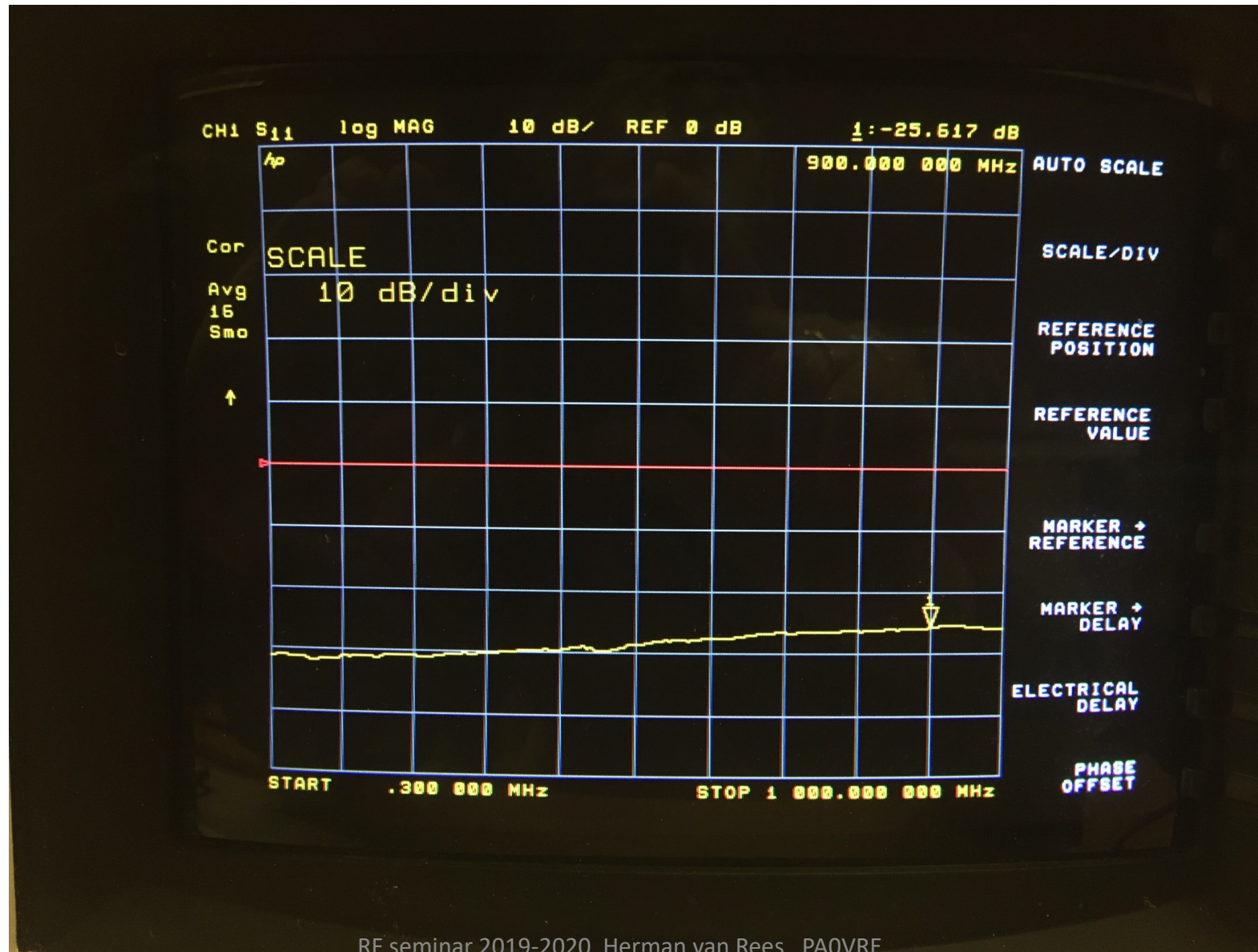
Filter afgesloten met 50 Ohm SMA load i.p.v. CH1 van nano VNA, nu vrijwel zelfde resultaat als HP



Returnloss CH1



Returnloss CH0



- Conclusie: t.g.v. de wat matige returnloss boven 600MHz van CH1 oppassen bij het meten van 2 poorten waarbij een accurate meting van S11 van belang is.
- Oplossing: plaats tussen uitgang DUT en CH1 een 6 dB verzwakker, dat geeft een verbetering van 12dB returnloss van CH1.
- Verreken deze 6 dB met de gemeten S21 of kalibreer S21 met de verzwakker opgenomen in de loop thru tijdens kalibratie.

De volgende screenshots zijn van een kristal, gemeten met 101 punten en 303 punten (segments=3 in nanovna-saver).

Hier is het frequentie interval tussen de meetpunten met 101punten te groot om het scherpe verloop van de kristal response goed in beeld te brengen.

Met de nano VNA stand alone met 101 meetpunten is dat niet op te lossen.

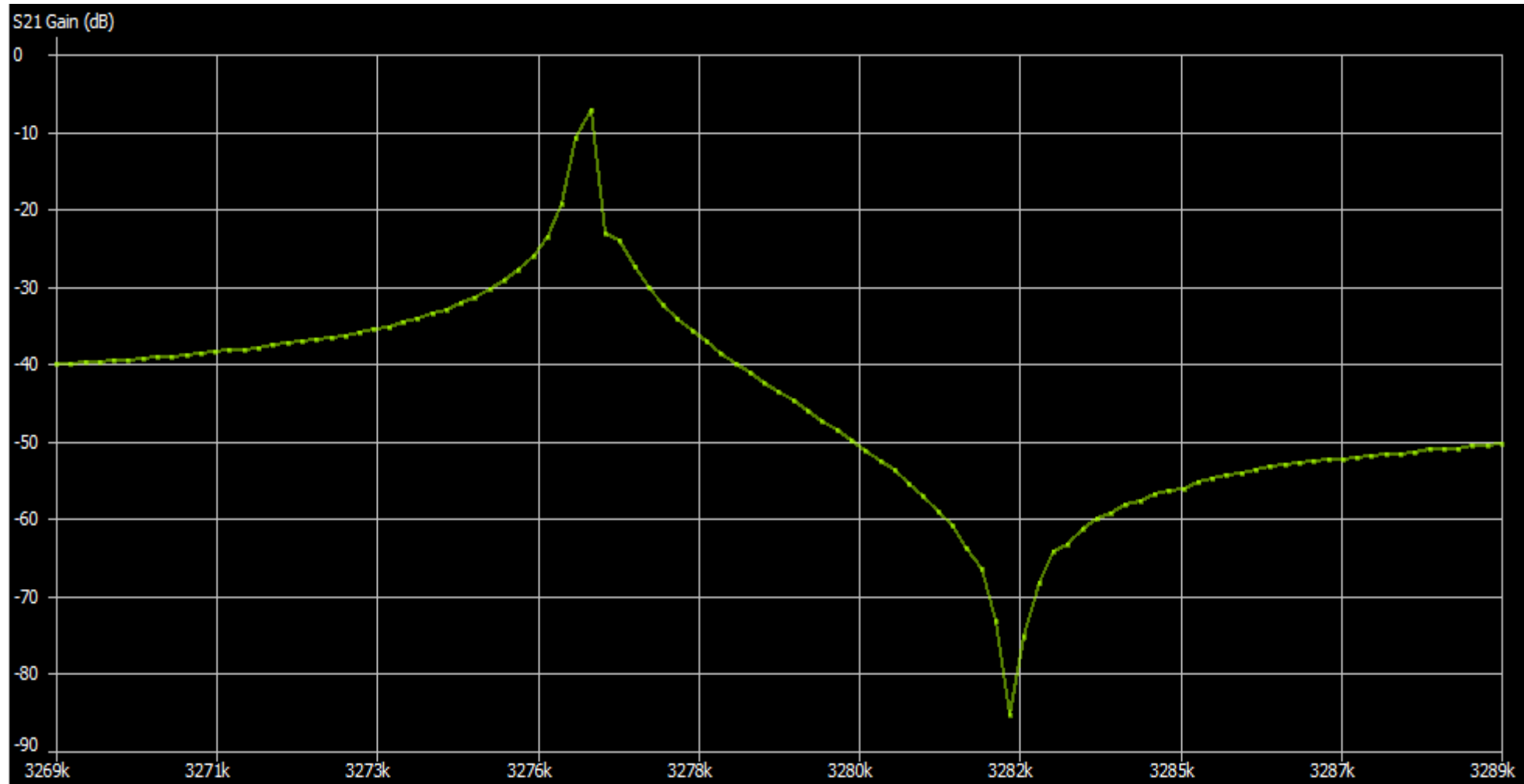
Slimme oplossing m.b.v. Nanovna-saver:

Met de sweepinstelling segments=3 zorgt nanovna-saver ervoor dat de ingestelde span in 3 sub spans wordt verdeeld met elk 101 punten,

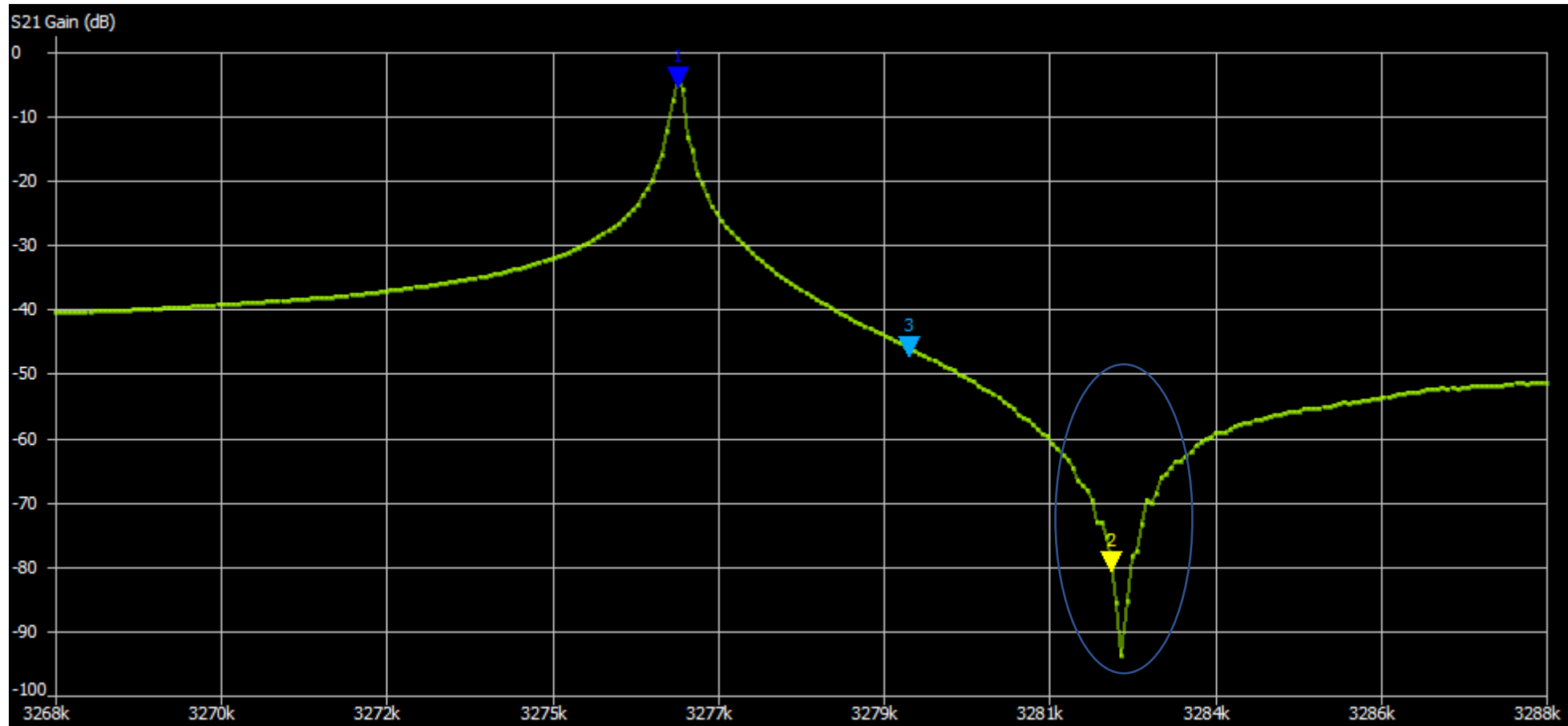
Zo worden 303 meetpunten in dezelfde span als die van de nanovna gerealiseerd.

Consequentie: de totale sweeptijd wordt wel 3 maal zo lang, de resolutie in het frequentiedomein echter $3 \times$ zo hoog.

101 meetpunten



303 meetpunten

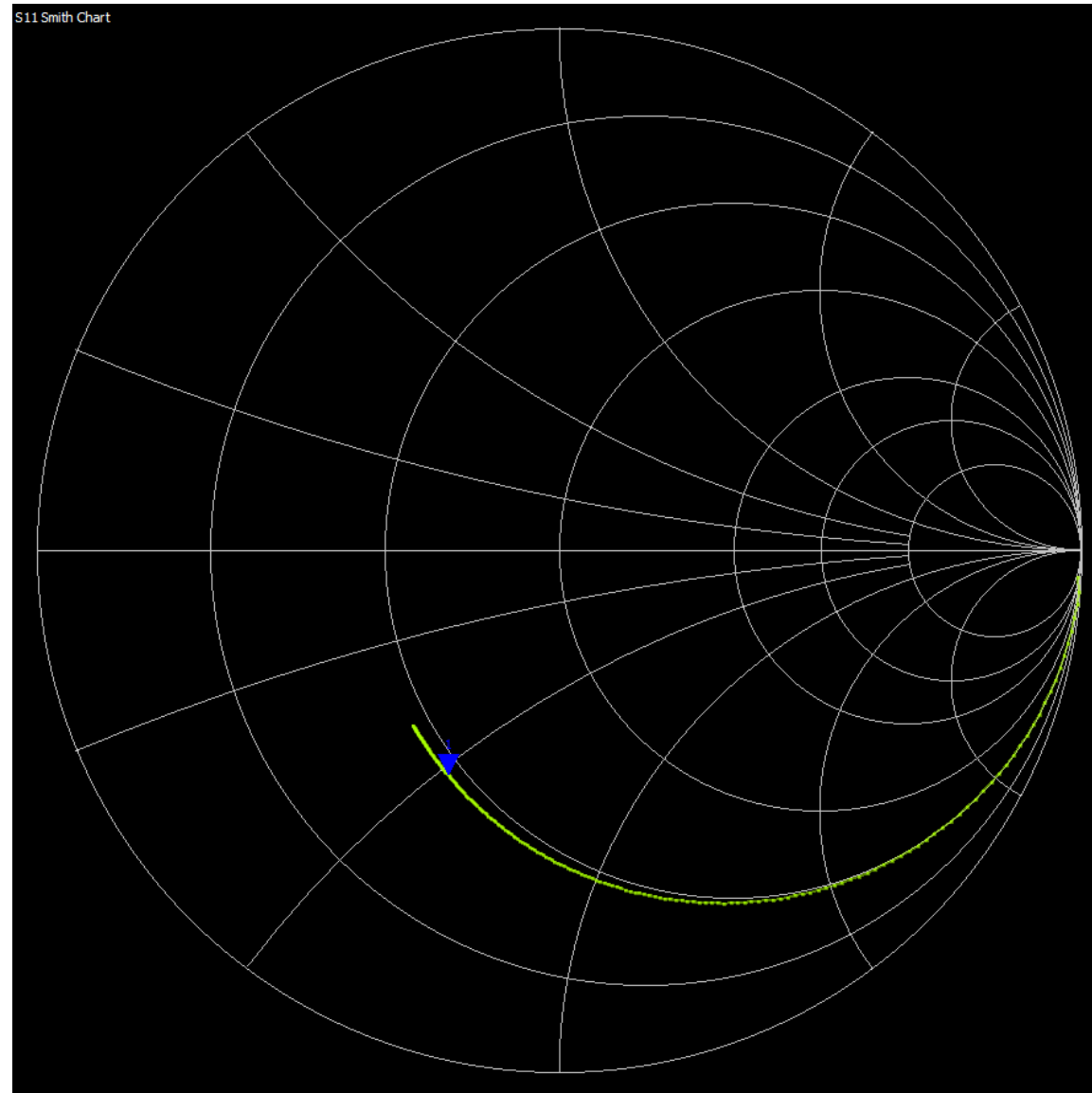


Uitleg volgende 3 slides

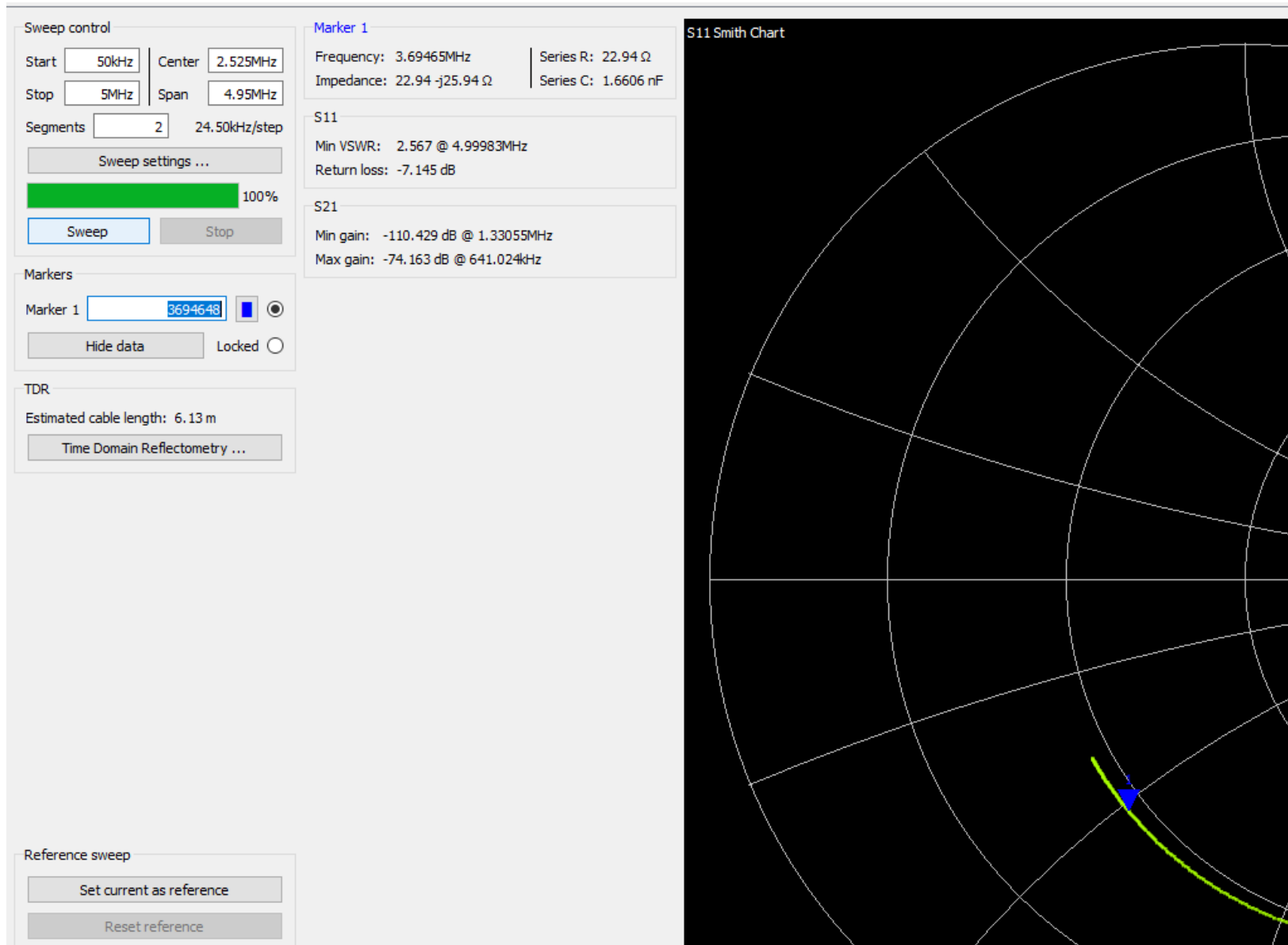
De volgende 3 slides laten het impedantie verloop zien van een RC netwerkje over een frequentiegebied van 50kHz t/m 5MHz.(Gesweept)

De gemeten impedantie bij 3,7MHz vormt het startpunt in het daarna volgende voorbeeld waarin de impedantie transformatie (aanpassing) getoond wordt naar 50 ohm. Dat speelt zich in tegenstelling tot de eerste 3 slides af op één vaste frequentie, hier 3,7MHz.

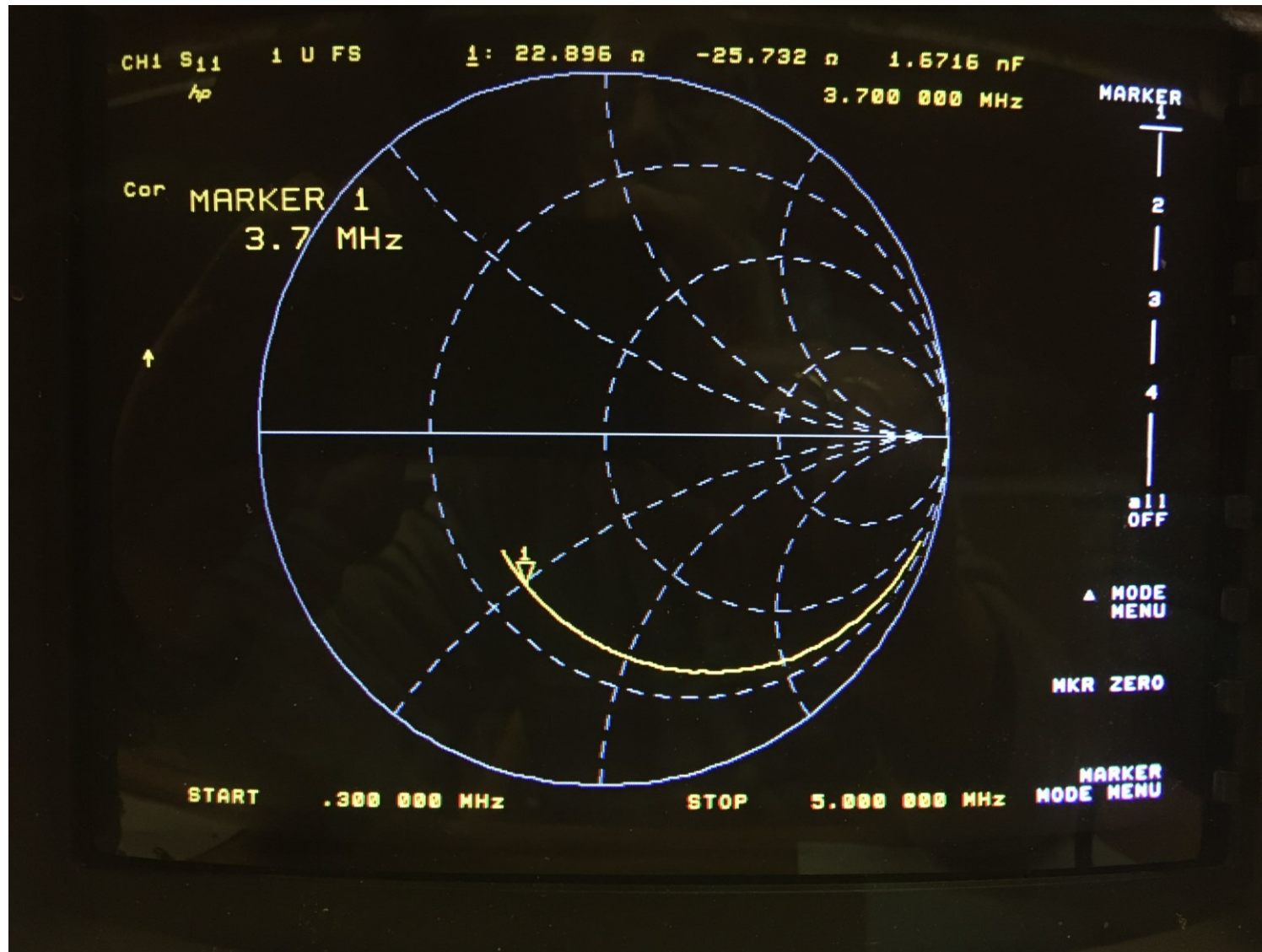
Meting met nanovna van een complexe impedantie en matching naar 50 Ohm



Markerwaarde en frequentie 23 –J26 @ 3.7MHz



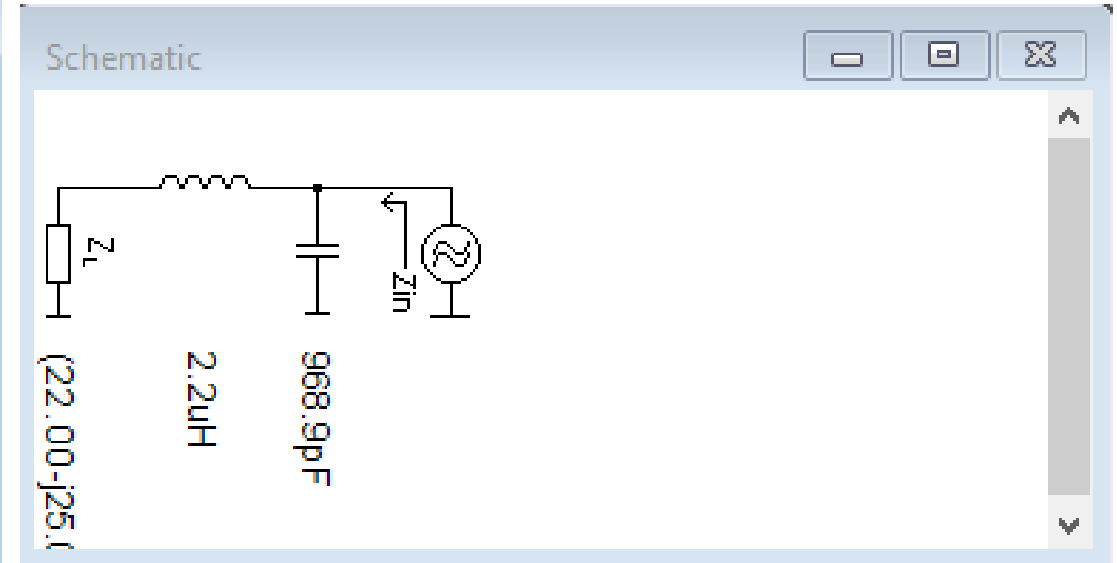
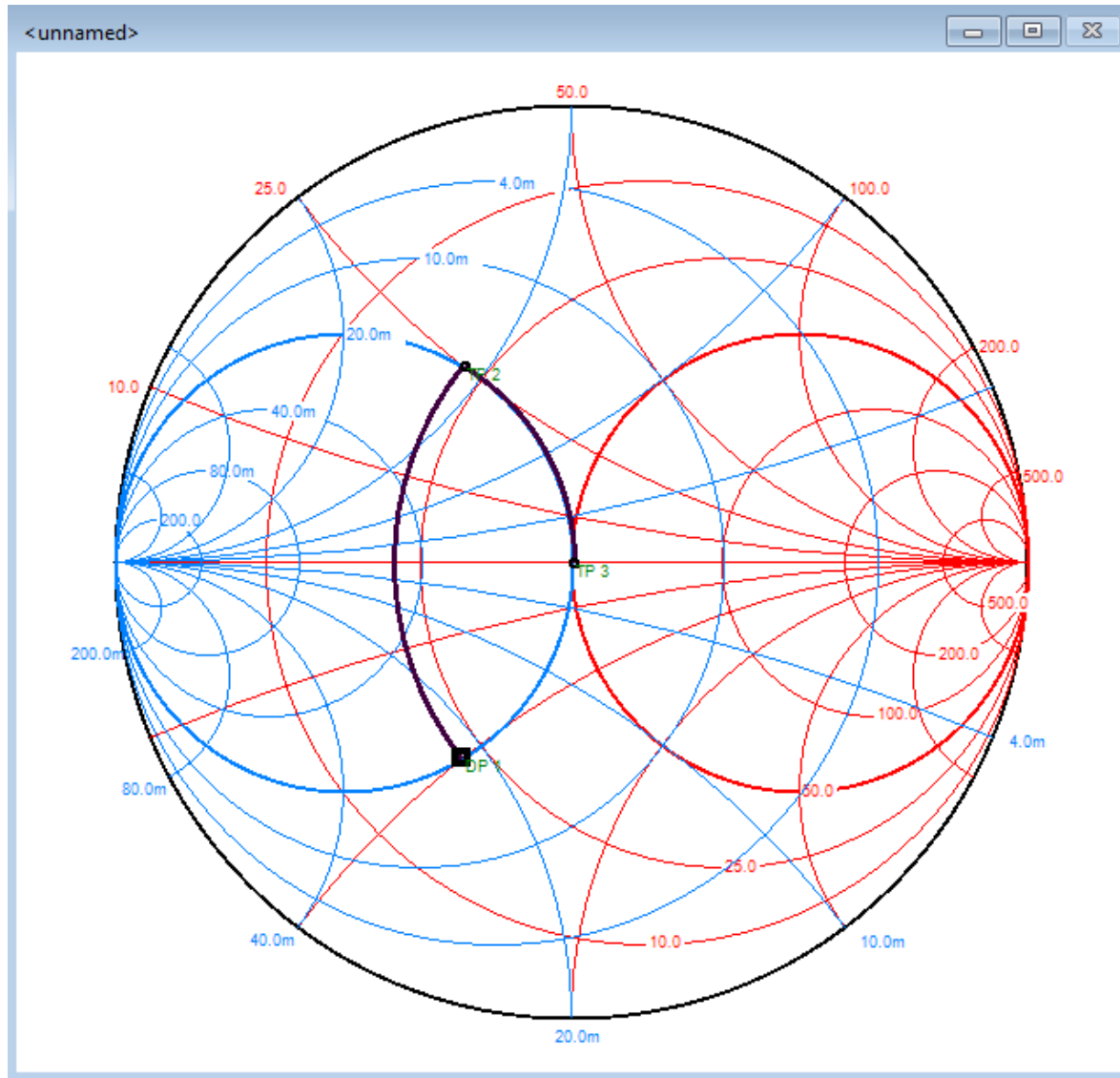
Verificatiemeting met HP8753C



Smith V4.0



Transformatieweg in smithkaart

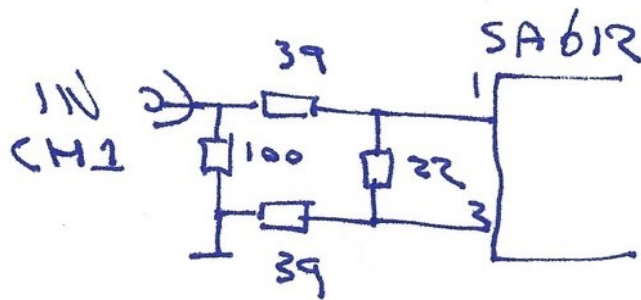


Electrische eigenschappen ingang CH1

LET OP!! Ingangen zijn DC gekoppeld, **DC in=0V max.**

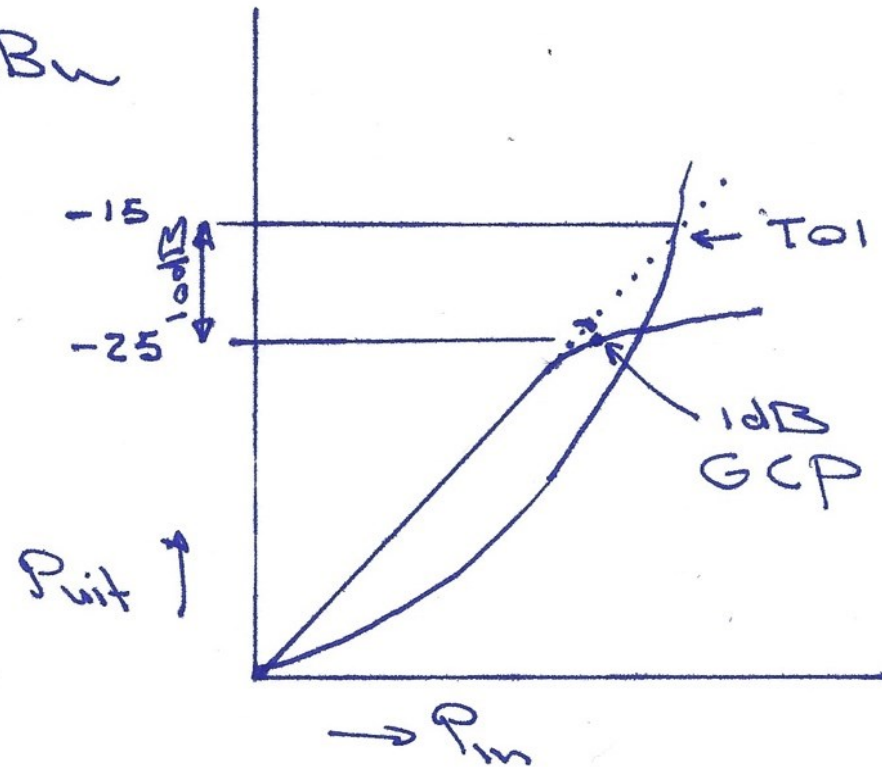
SA612

$T_{01in} = -15 \text{ dBm}$
(NXP Doc)

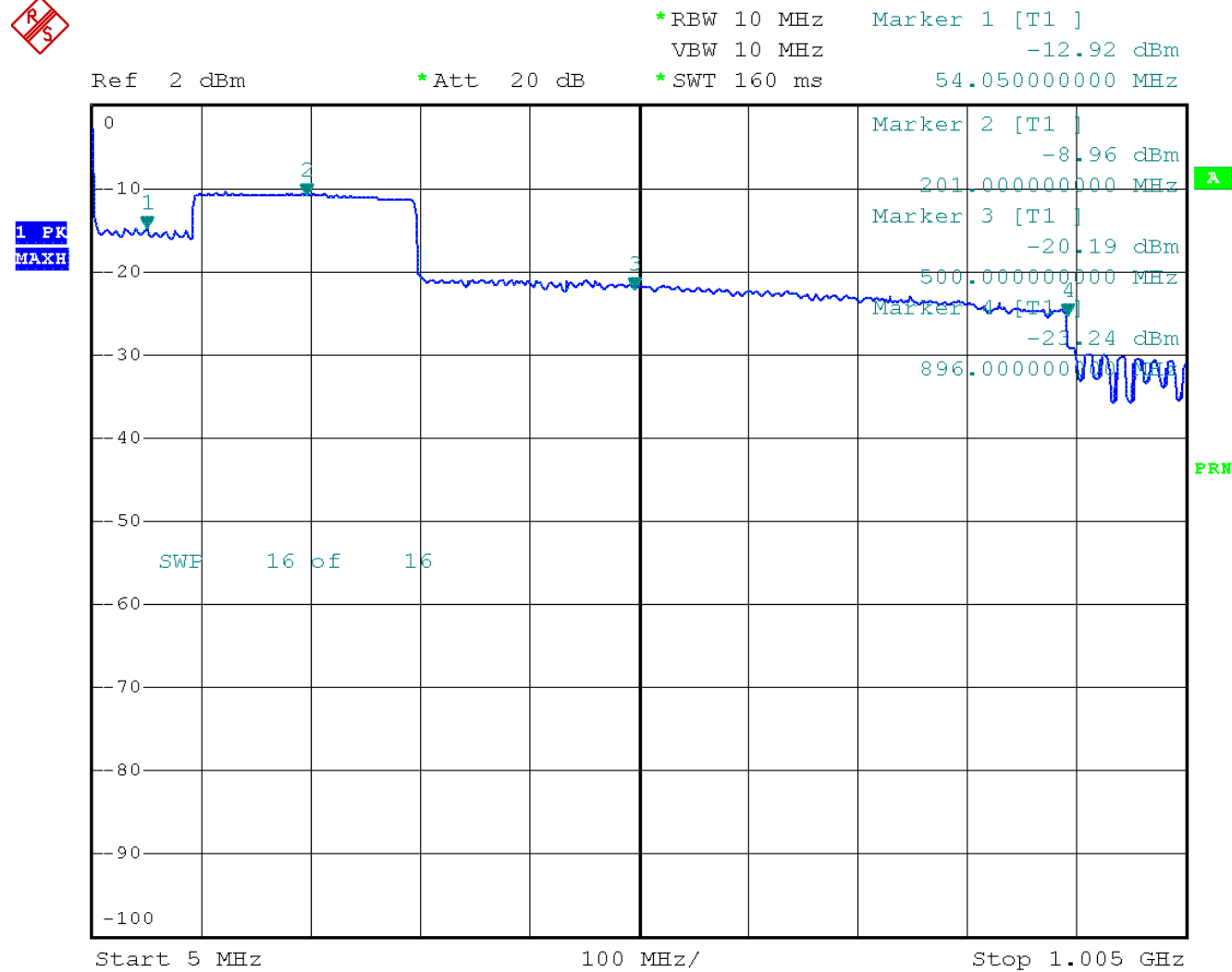


-14 dB

$1 \text{ dB GCP} \approx -10 \text{ dBm}$



RF niveau CH0



Date: 30.NOV.2019 15:14:35

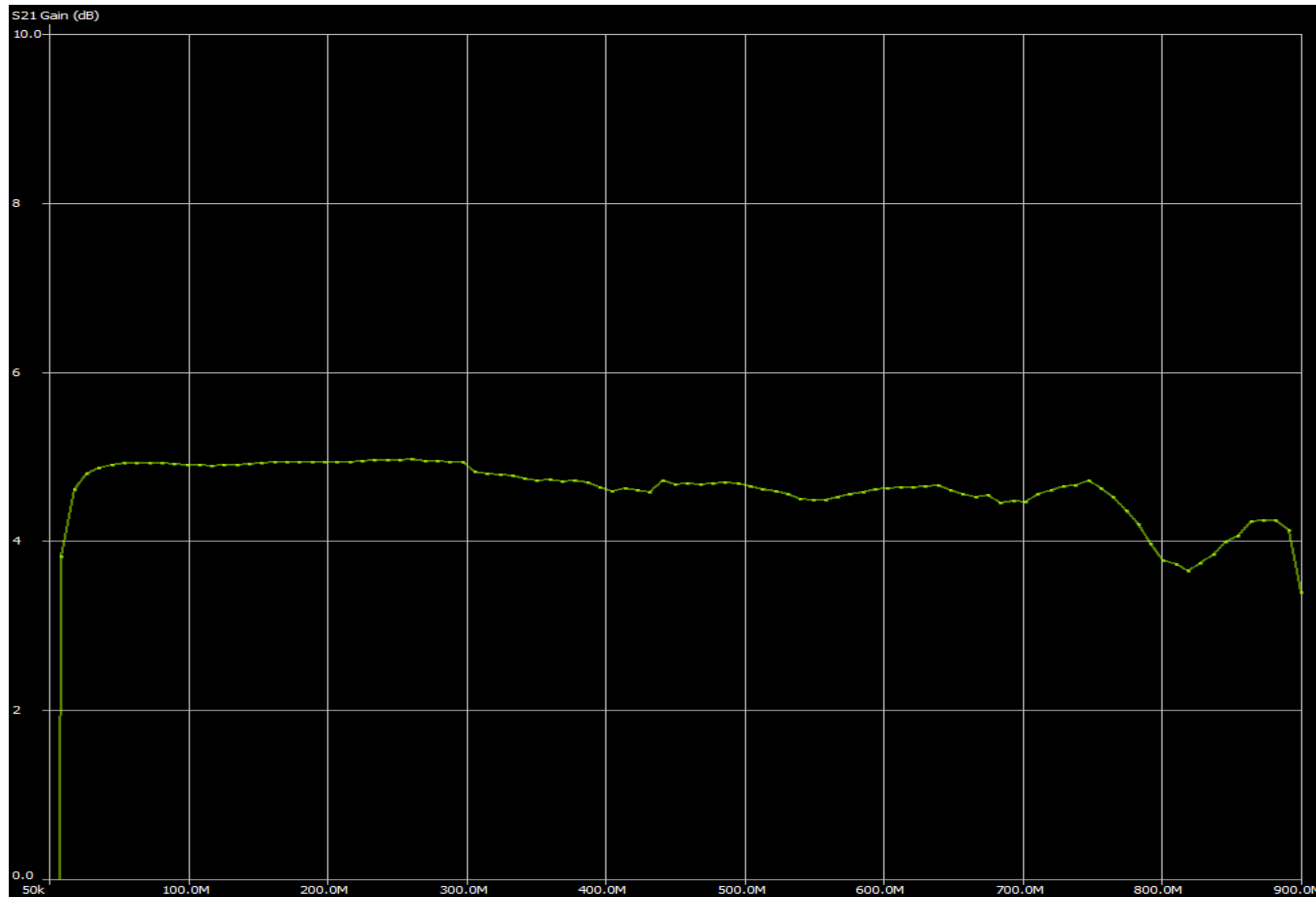
RF seminar 2019-2020 Herman van Rees PA0VRE

Meting actieve DUT met $G_p \Rightarrow 0\text{dB}$

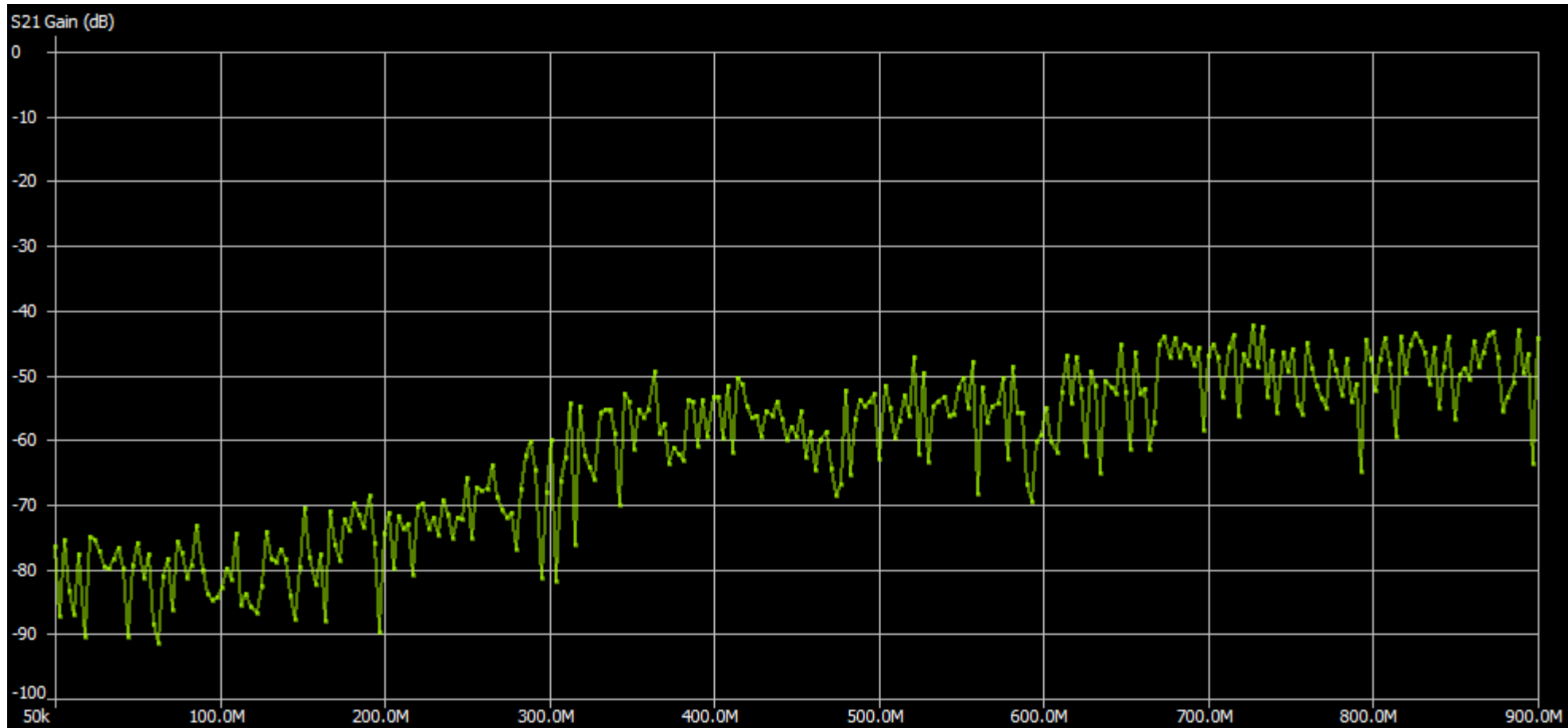
Het RF niveau uit CH0 zoals gemeten op voorgaande pagina en het 1dB GCP van CH1 noopt ons tot het nemen van maatregelen als een DUT met versterking gemeten moet worden.

1. Zorg ervoor dat $\text{versterking}_{\text{DUT}} * \text{stuurvermogen}_{\text{CH0}} \ll 1\text{dB GCP}_{\text{DUT}}$ blijft. (b.v. 5dB lager)
2. Proefondervindelijk heb ik vastgesteld dat er bij 5dB versterking tussen CH0 en CH1 waarneembare kompressie begint te ontstaan in de NanoVNA. Bij >5dB treedt kompressie boven 300MHz op.

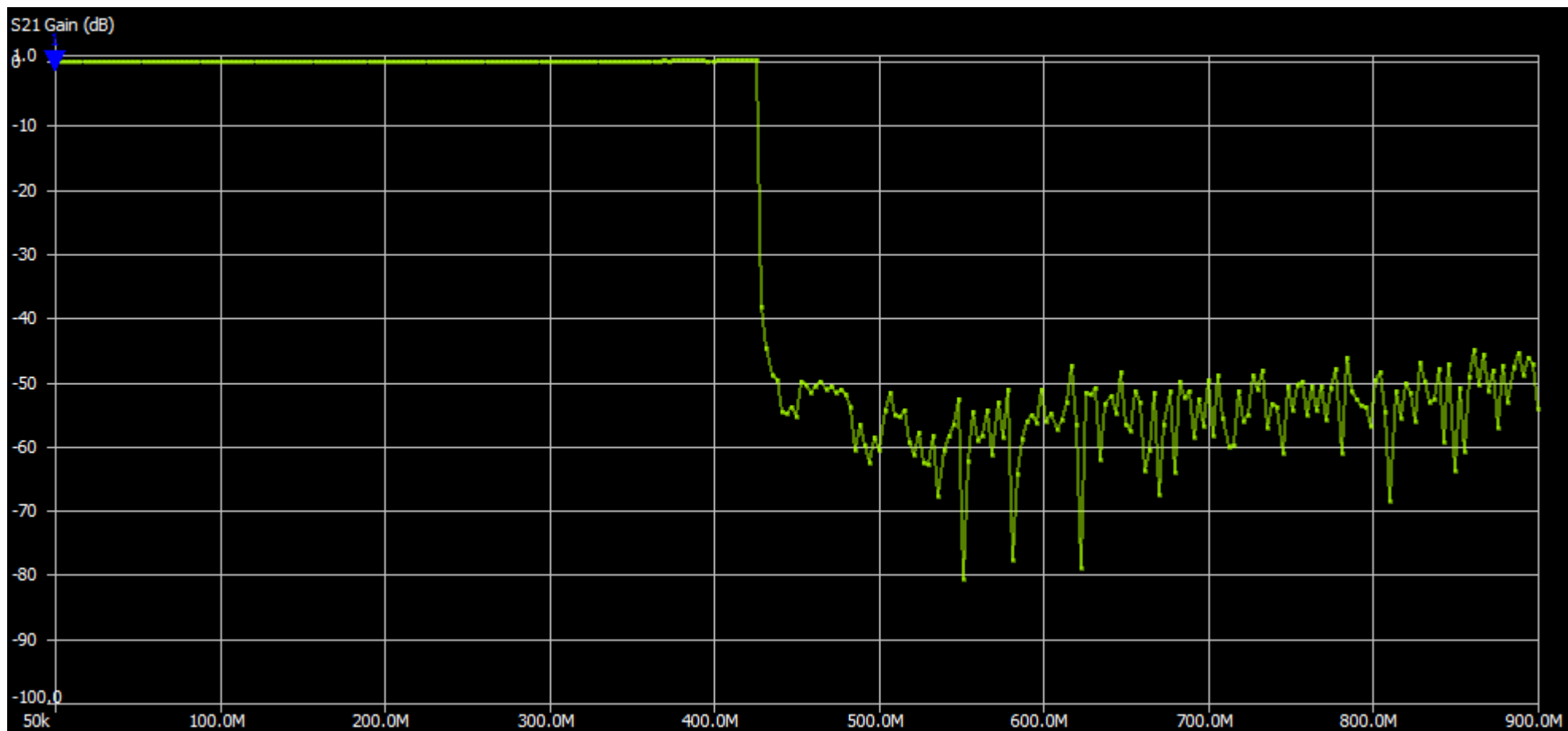
5dB gain, begin kompressie op 300MHz overgang



Ruisvloer CH1



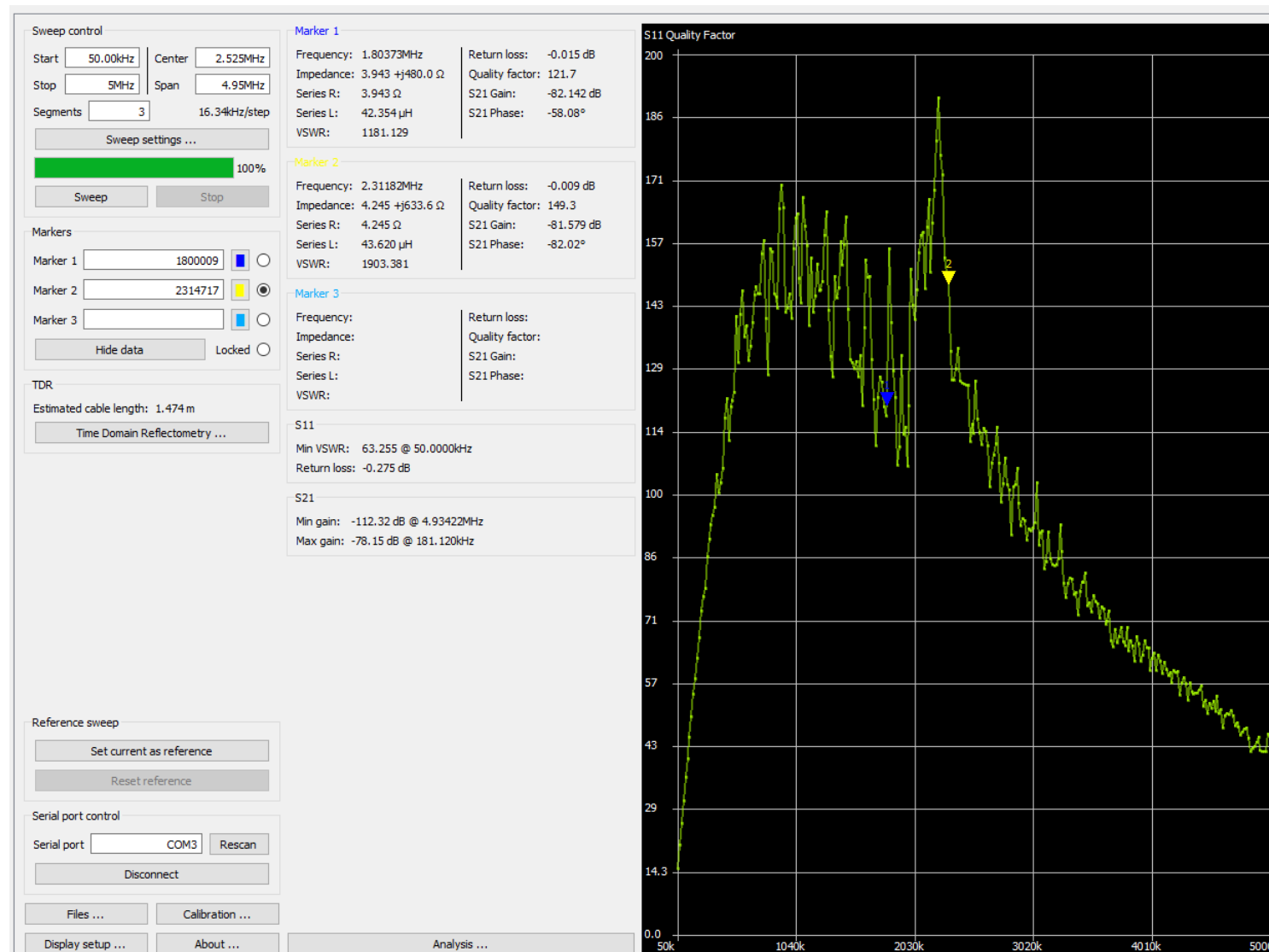
Afstand RF_Ch0 en ruisvloer



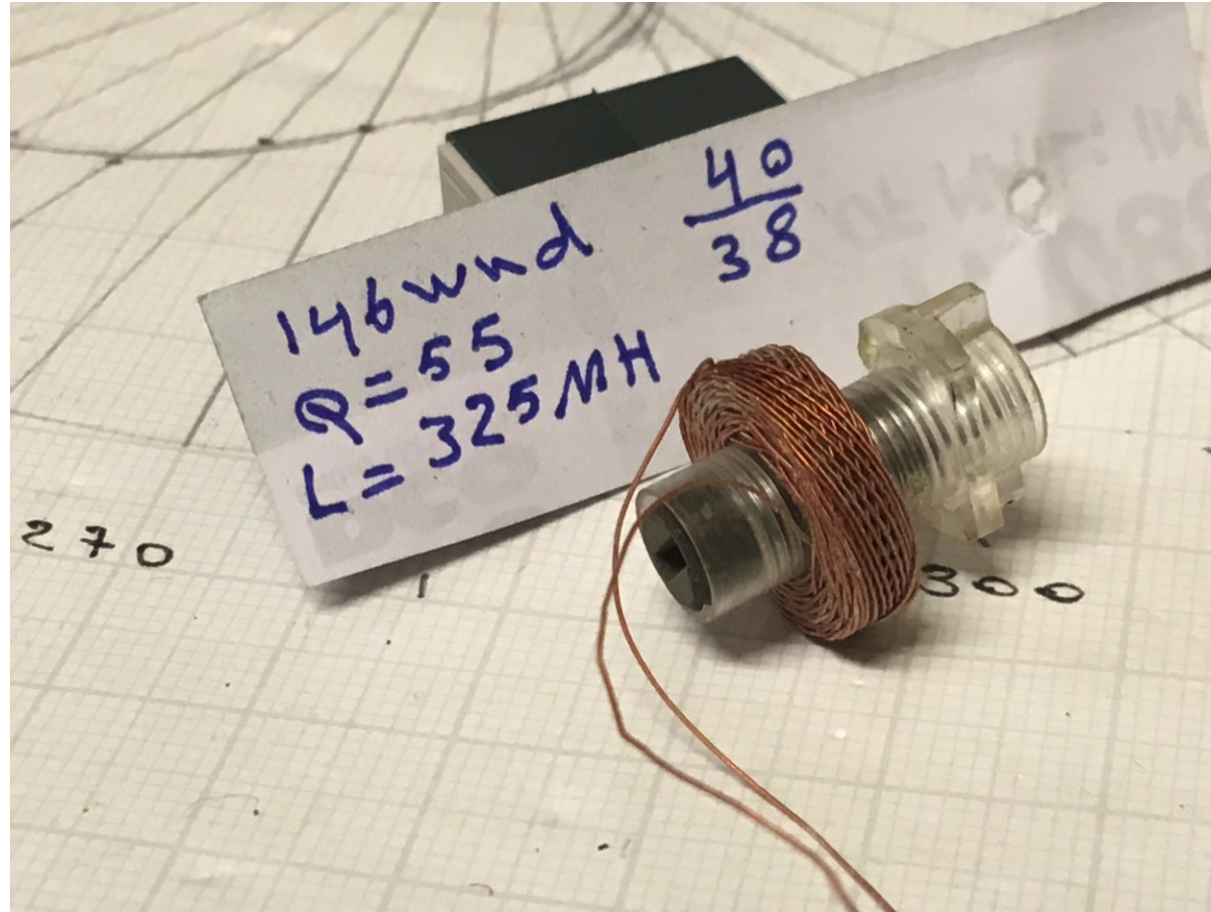
Spoel met litzedraad Q factor meten



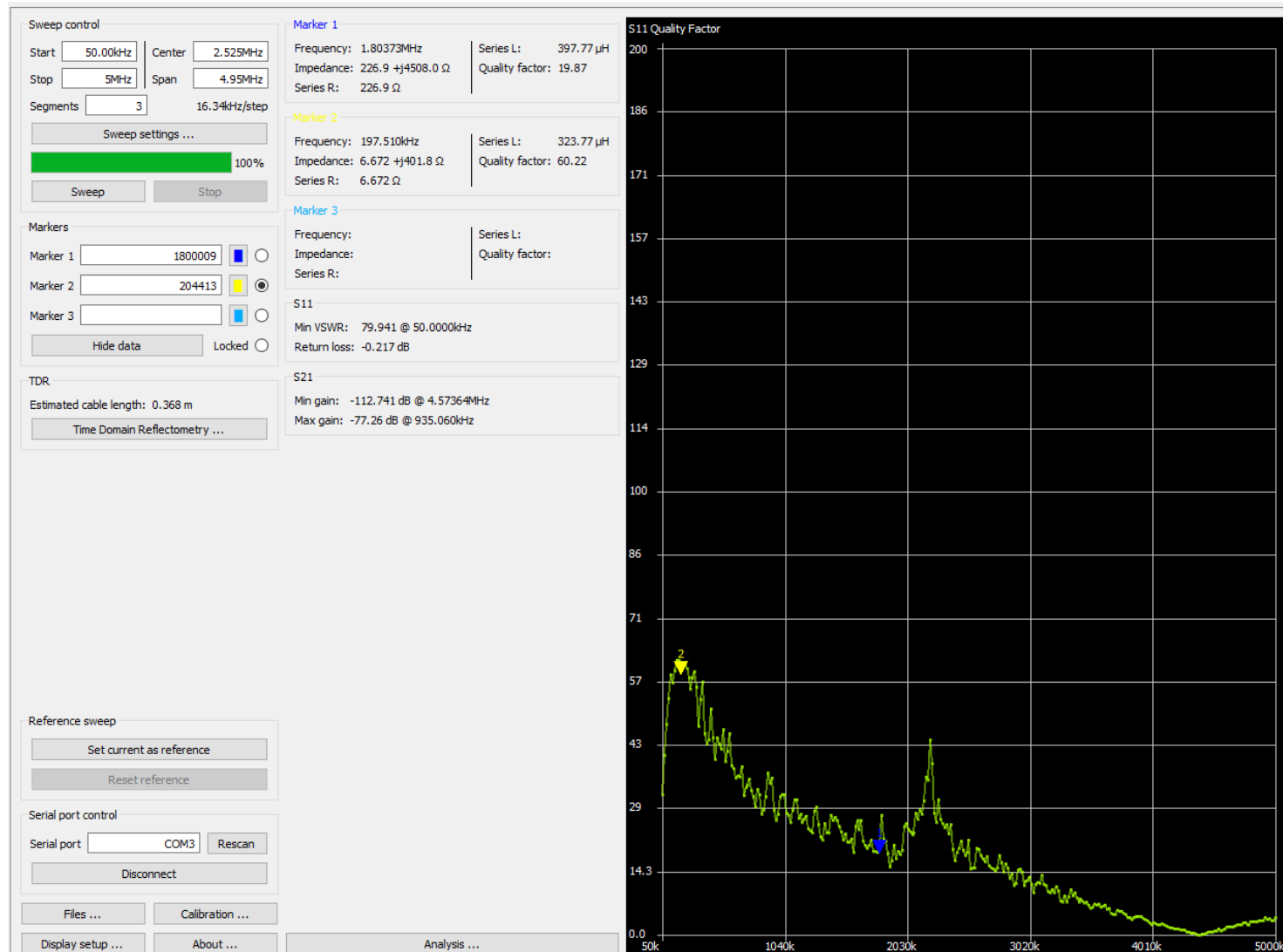
NanoVNA als Komponent analyser



Spoel met 0,2mmcuL Q factor meten



Komponent analyser



Conclusies

Met de NanoVNA haal je een waardevol in de shack, doch goedkoop in aanschaf en veelzijdig meetinstrument in huis waarmee een radio amateur tot RF designer wordt verheven als hij zich deze materie eigen maakt!

De precisie is vergeleken met professionele apparatuur en rekening houdend met de prijs zeer goed.

De veelzijdigheid krijgt een enorme boost onder gebruikmaking van de Besproken software.

Vragen?

Nuttige informatie

WAARSCHUWING: DE 2 KANALEN CH0 EN 1 VAN DE NANO-VNA ZIJN DC GEKOPPELD!!

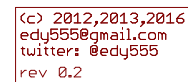
Nano VNA uitgebreide informatie http://nanovna.com/?page_id=21

Android applicatie: <https://cho45.stfuawsc.com/NanoVNA/>

Manual door Gunthard Kraus:

http://gunthard-kraus.de/fertig_NanoVNA/English_NanoVNA_V1.4.2_final.pdf

RF seminar 2019-2020 Herman van Rees PA0VRE



1]

De afbeeldingen op sheet 10 en 19 zijn overgenomen met toestemming van Rohde & Schwarz uit de R&S uitgave

Fundamentals of Vector Network analysis door Michael Hiebel