

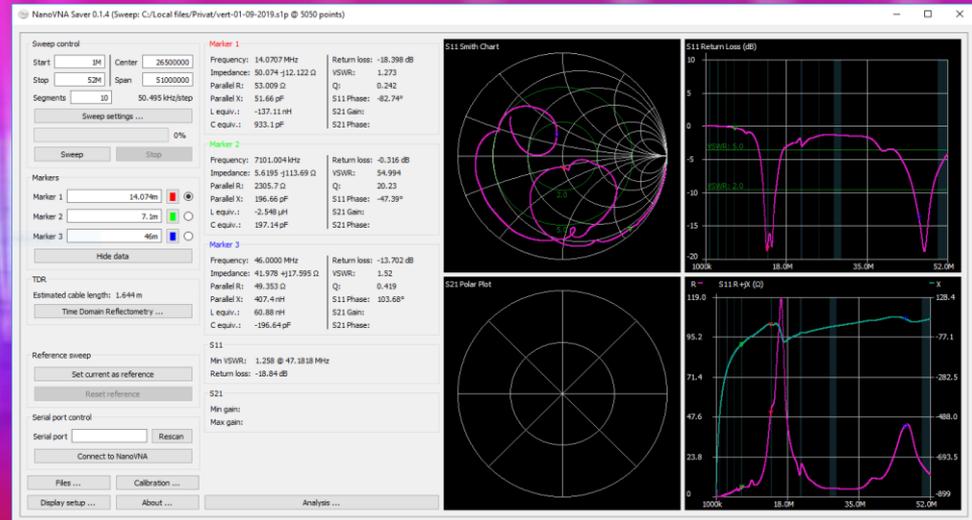


Associazione Radioamatori Italiani
Sezione di Cinisello Balsamo

IQ2CJ

IR2C

I12CJ



NanoVNA – Guida all'uso

Corrado IU2JFG

Cinisello Balsamo, 13/11/2024

ARGOMENTI

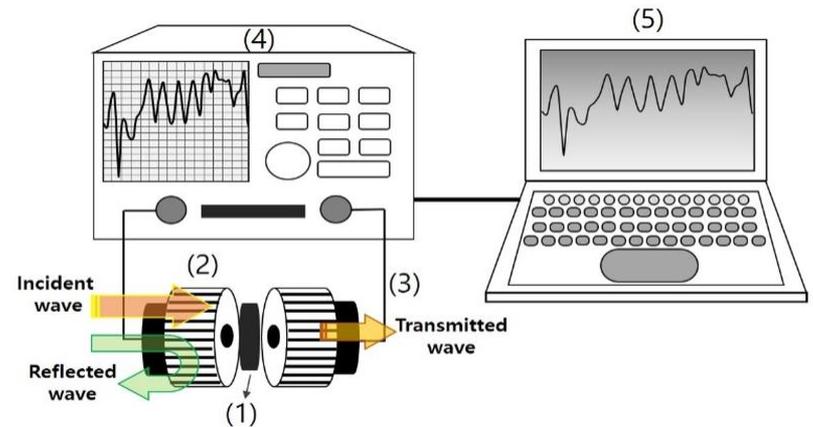
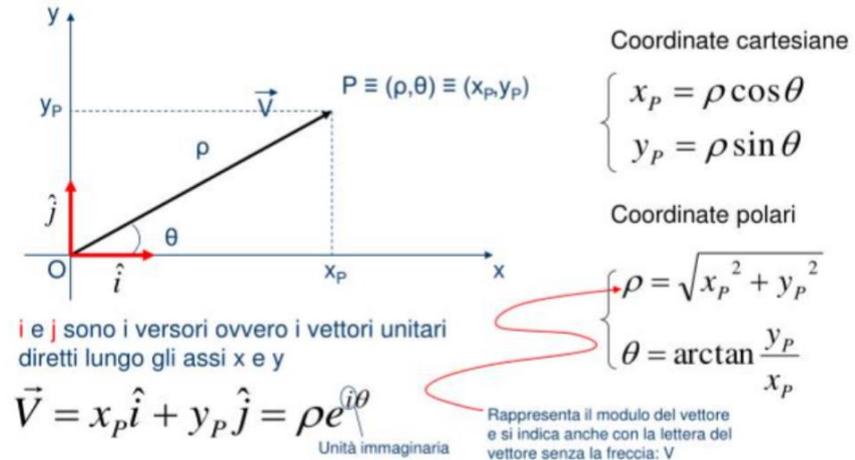
- Cosa è un VNA e cosa misura
- Modelli disponibili
- Informazioni sul Web
- Schema di utilizzo di un NanoVNA
- Schema del menù dei comandi
- Scelta frequenze – Calibrazione – Misure – Elaborazione dati
- USO
 - Esempi di misure
- Possibilità di utilizzo “on field”
- Conclusioni

Cosa è un VNA?

VECTOR → misura quantità vettoriali (ossia modulo e angolo del vettore, diversamente sono "quantità scalari" → numeri)

NETWORK → circuito, gruppo (rete, sistema) di elementi connessi

ANALYZER → strumento di misura (misuratore), associato ad un software di elaborazione



E' un dispositivo di misura che si usa su un intero circuito RF o parte di esso per misurare quantità riferite a vettori

Cosa misura un VNA?

Un VNA misura le caratteristiche in frequenza di potenza riflessa o passante su un circuito RF.

In particolare lo strumento consente di misurare i **parametri S**, che descrivono la propagazione dell'energia mediante la misura di tensione sulle porte di ingresso e di uscita.

Esistono VNA a 1, 2 e 4 porte. Il nanoVNA ha 2 porte.

Ogni porta è caratterizzata da una lettera S e un indice costituito da 2 numeri

$$S_{ij}$$

dove

il primo indice "i" è il numero della porta di misura

il secondo indice "j" è il numero della porta da cui proviene il segnale oggetto di misura

I 2 parametri misurabili in un nanoVNA sono

$$S_{11} \quad S_{21}$$

Cosa sono i parametri S? S11

I parametri S (S = scattering, diffusione) vengono utilizzati per descrivere il comportamento di circuiti lineari in alta frequenza richiusi su un carico con impedenza nota.

Siccome la quasi totalità della strumentazione RF è a 50Ω , questi parametri sono generalmente riferiti ad un generatore ed a un carico a 50Ω .

Il parametro S11 rappresenta l'adattamento di ingresso del circuito

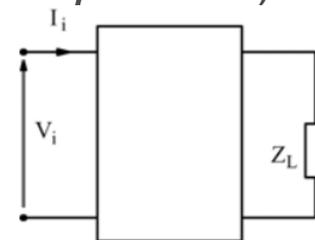
L'impedenza di un circuito (Z) è composta da una resistenza (R) ed una reattanza (X) in serie. La reattanza è la “resistenza” che il componente reattivo (induttanza L o condensatore C) presenta ad una data frequenza f

$$(reatt. induttiva) XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (reatt. capacitiva) XC = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

L'impedenza quindi può essere

induttiva $Z = R + j \cdot XL$

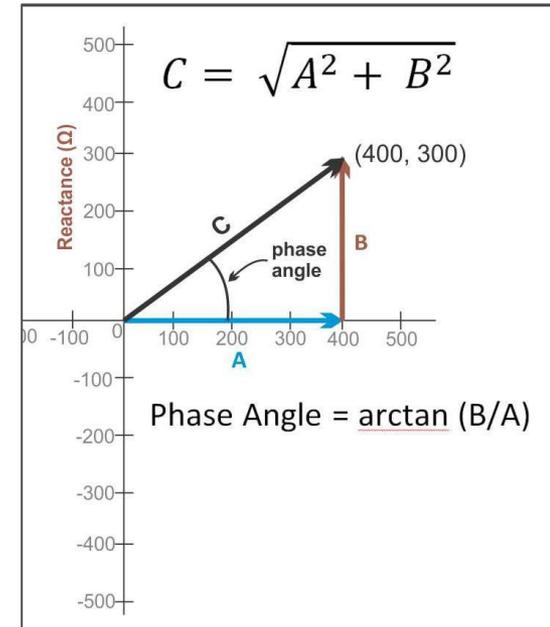
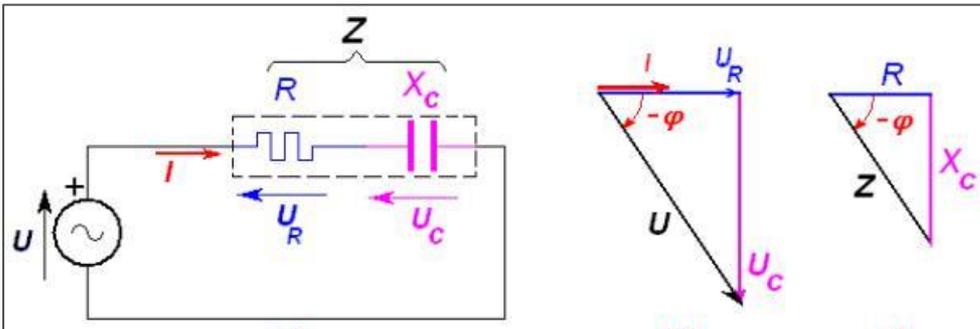
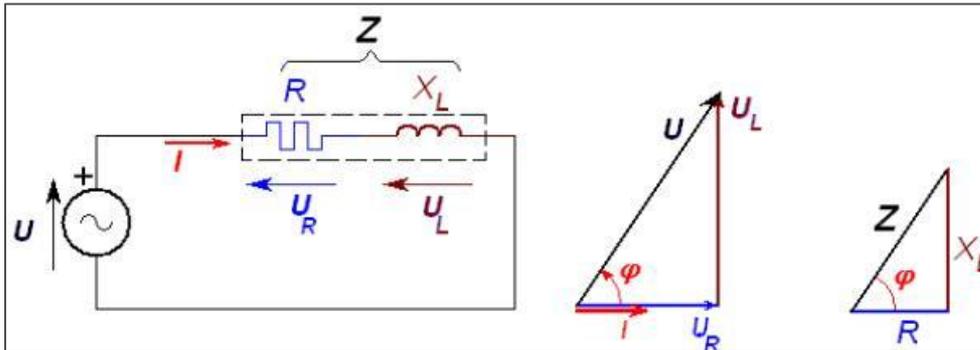
capacitiva $Z = R - j \cdot XC$



Parametro S11

Quindi l'impedenza Z è un numero complesso, dove la R rappresenta la parte reale, la X la parte immaginaria, la j indica la quantità immaginaria.

Questa sera non si discuterà di numeri complessi o della matematica sui parametri S. Si annota che la reattanza induttiva ha segno positivo, mentre quella capacitiva quello negativo (anticipo/ritardo sul piano di Gauss).



Parametro S11

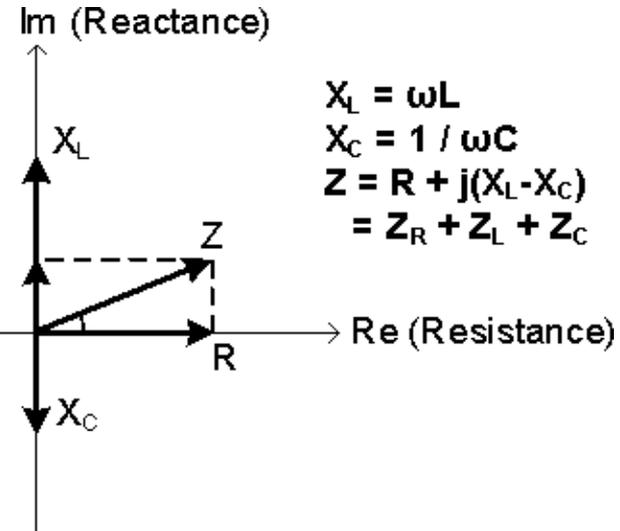
$Z \rightarrow$ numero complesso $Z = R + jX$

$R \rightarrow$ parte reale

$X \rightarrow$ parte immaginaria

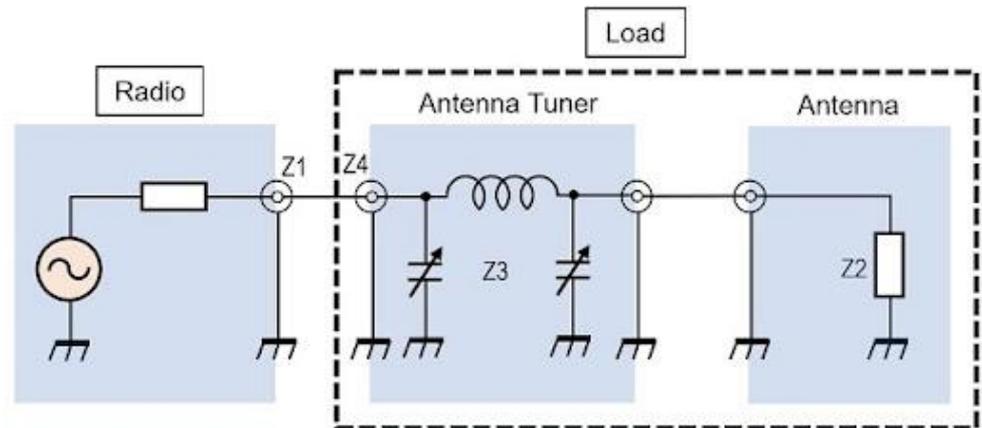
$j \rightarrow$ indentifica la quantità immaginaria

φ o $\theta \rightarrow$ fase



Un circuito si definisce “adattato” quando lavora nella condizione di “massimo trasferimento di energia” tra generatore e carico. Per un carico composto da una resistenza e da una reattanza è necessario che le resistenze

siano uguali, ma la reattanza del circuito deve essere uguale in modulo ma di segno opposto a quella del generatore.

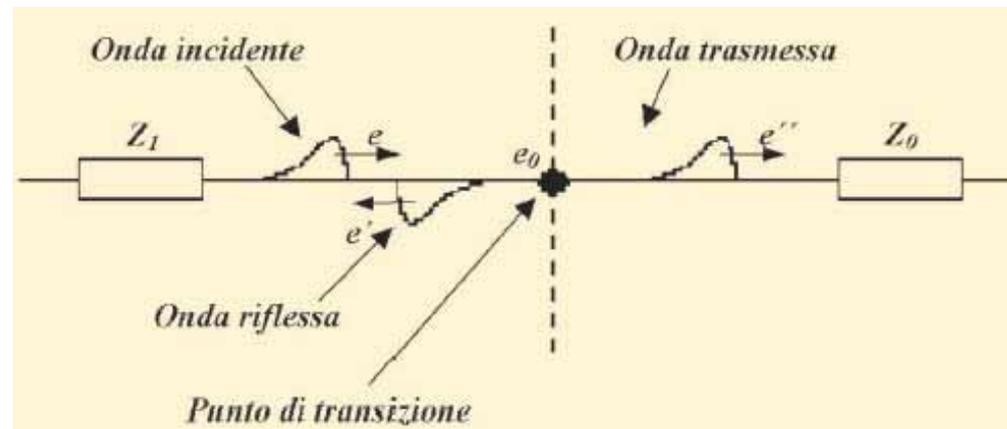


Parametro S11

Generalmente però il generatore ha una impedenza puramente resistiva (reattanza 0) che è pari a 50Ω , quindi anche il circuito deve presentare una resistenza da 50Ω e reattanza 0.

Se il carico non è adattato a 50Ω , parte della potenza generata viene riflessa e torna verso il generatore.

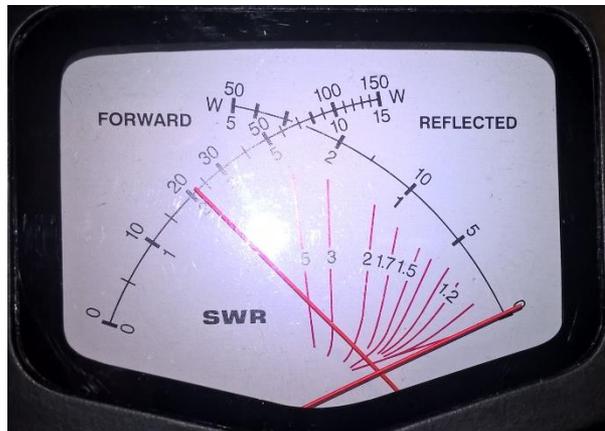
Il rapporto tra la **tensione** incidente (che entra nel circuito) e quella riflessa viene chiamato “coefficiente di riflessione” ed è misurato dal parametro **S11**. Il suo “modulo” varia tra un minimo di 0 (adattamento perfetto, la tensione riflessa è 0) ad un massimo di 1 (torna tutto indietro, la tensione riflessa è uguale a quella incidente).



Parametro S11

Ma non basta misurare l'adattamento di impedenza con un Rosmetro?

Con un Rosmetro misuro **VSWR** (Voltage Standing Wave Ratio) o **ROS** (Rapporto di Onda Stazionaria), ossia una misura del disadattamento di impedenza tra la linea di trasmissione e il suo carico [maggiore ROS, maggiore disadattamento; valore 1 condizione di adattamento], ma non ho informazioni su Z. **ROS QUANTITA' SCALARE**



Con S11 si possono avere anche i valori di resistenza R e reattanza X e impostare la rete di adattamento. Oppure si procede per tentativi.

ATTENZIONE ALLE POTENZE!

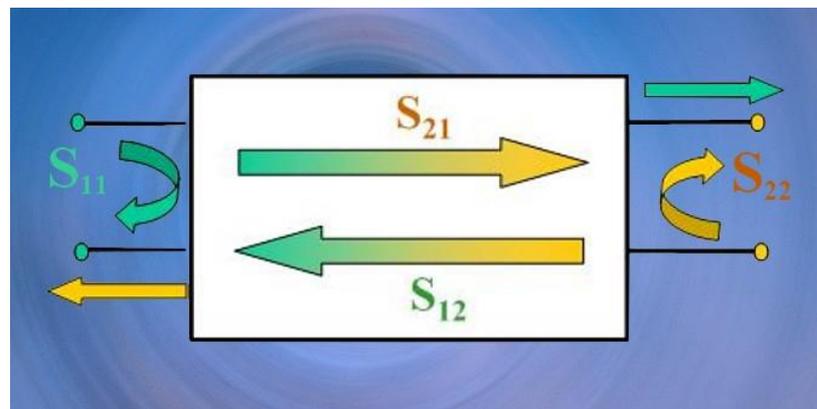
Parametro S21 e riepilogo

Il parametro S21 rappresenta il guadagno/perdita tra ingresso e uscita

S21 è il rapporto tra la tensione di uscita e quella di ingresso. Anche questo è un numero complesso, ma di solito si tiene in considerazione il solo valore del modulo, meglio se espresso in dB, che prende il nome di **guadagno** se è positivo, **perdita** se è negativo.

Quindi

- S11 rappresenta l'adattamento di ingresso del circuito
- S21 rappresenta il guadagno/perdita tra ingresso e uscita

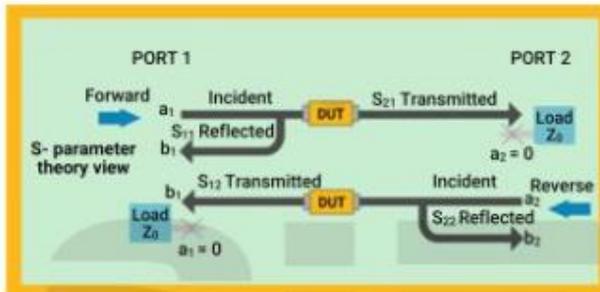


Schema generale di misura

Su sistemi professionali a 2 porte si ha

**SIERRA
CIRCUITS**

Fundamentals of 2-Port S-parameters



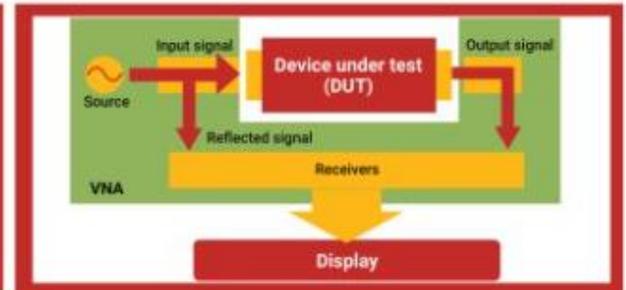
What are S-parameters?

S-parameters [scattering parameters] analyze how energy propagates in an electrical network based on incident and reflected waves

S-parameters [2-port network]	Measuring factors
S_{11} : Reflection coefficient at the input	Input impedance, voltage standing wave ratio [VSWR], and return loss
S_{12} : Transmission coefficient in reverse direction	Reverse gain, phase, delay, and attenuation
S_{21} : Transmission coefficient in forward direction	Forward gain, insertion loss, and crosstalk
S_{22} : Reflection coefficient at the output	Output impedance, VSWR, and return loss

S-parameter analysis using a VNA

- VNA includes a source and a set of receivers
- Source generates a known stimulus signal
- Receivers detect the changes in stimulus signal caused by the DUT
- The analyzer displays the signal amplitude and phase at different frequencies



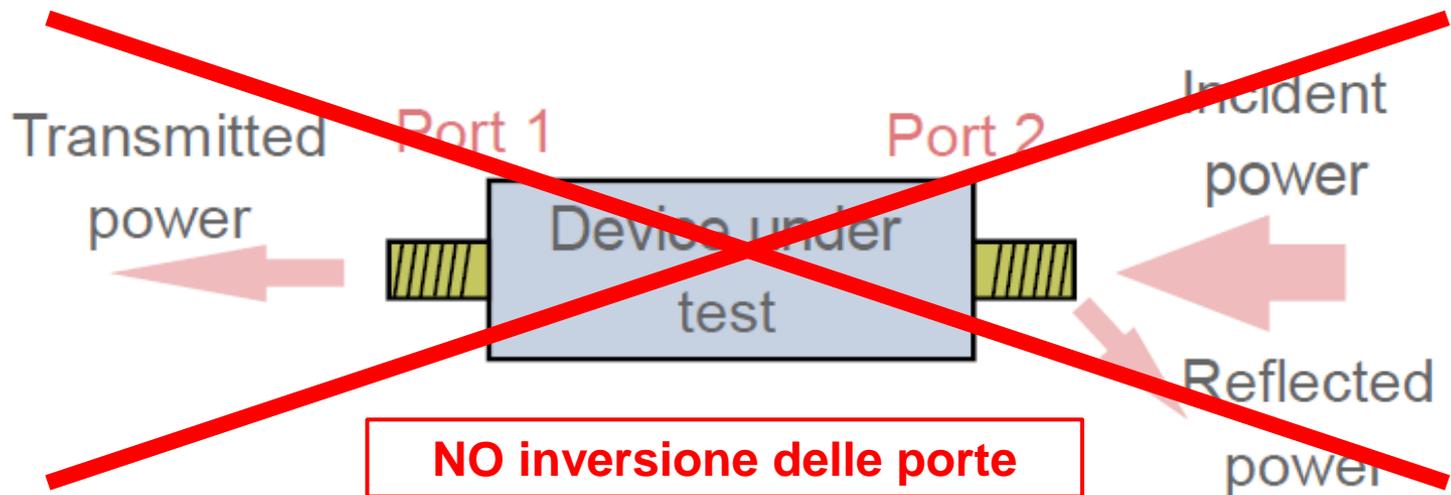
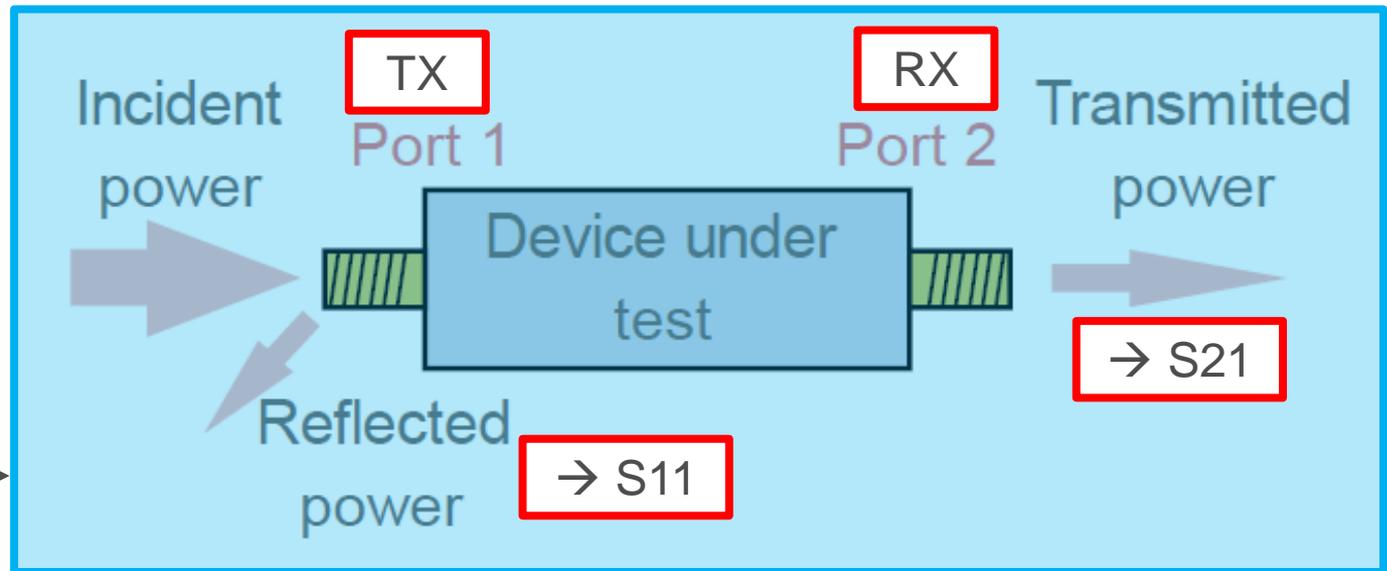
NanoVNA

DUT
Device
Under
Test

dispositivo
oggetto di
misura

Schema di misura

Quindi sempre su sistemi completi a 2 porte



Correlazioni con parametri S

S₁₁ → in pratica è il coefficiente di riflessione, ossia il rapporto tra potenza dell'onda riflessa e quella incidente (1 → riflessione totale, valore molto piccolo → carico adattato)

SWR → $SWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|}$ rapporto di onda stazionaria

RL (Return Loss: riduzione dell'onda riflessa rispetto quella incidente)

$$RL = 10 \log \frac{1}{|\Gamma|^2} = 10 \log \frac{1}{|S_{11}|^2} = -20 \log |S_{11}| = -20 \log \rho \quad \text{dB}$$

RL = 0dB completo disadattamento

RL ~ ∞ Perfetto adattamento (RL > 50dB)

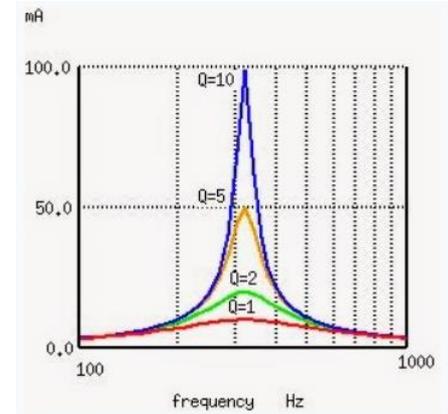
Z impedenza → $Z = Z_0 \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}} \quad \Omega \quad Z = R + jX \quad \Omega$

dB	Fattore approssimato
1	1,25
2	1,6
3	2
4	2,5
5	3
6	4
7	5
8	6,3
9	8
10	10

Correlazioni con parametri S

Q → fattore di merito o di qualità

$$Q_U = \left| \frac{X}{R} \right| = \frac{2\pi f L}{R} = \frac{1}{2\pi f C R} = \frac{\sqrt{(L/C)}}{R}$$



noto il segno della reattanza X e la frequenza si hanno

$$L = \frac{X}{2\pi f} \quad \text{e} \quad C = -\frac{1}{2\pi f X}$$



S21 → **T** coefficiente di trasmissione

Gv → Guadagno $G_V = -20 \log|T|$ dB

Un pò di storia

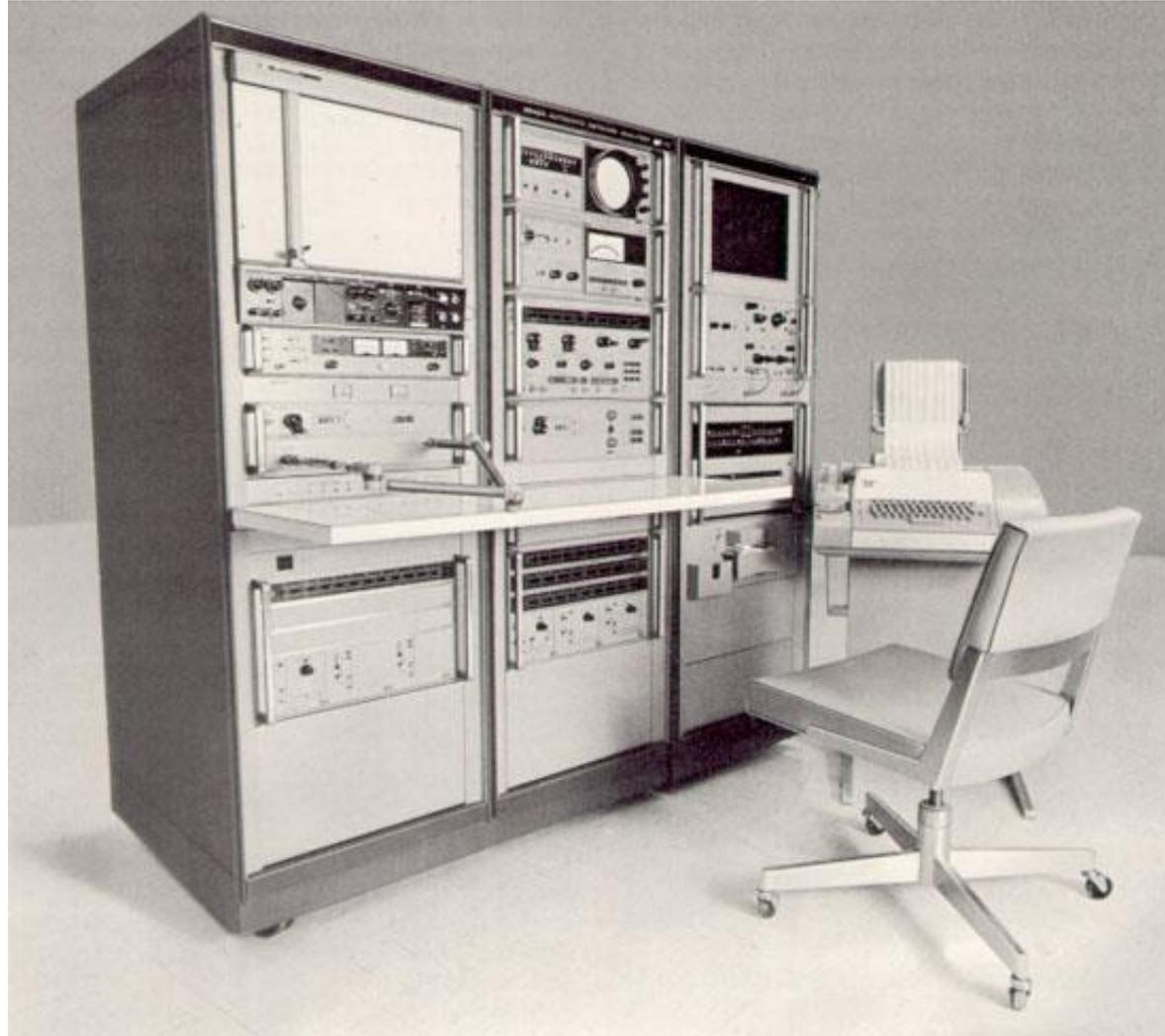
L'analizzatore vettoriale HP 8410 è l'antenato dei VNA



Lo scopo era quello di visualizzare in tempo reale sulla **Carta di Smith** i risultati delle misure [1967]
(al variare della frequenza del segnale si campiona)

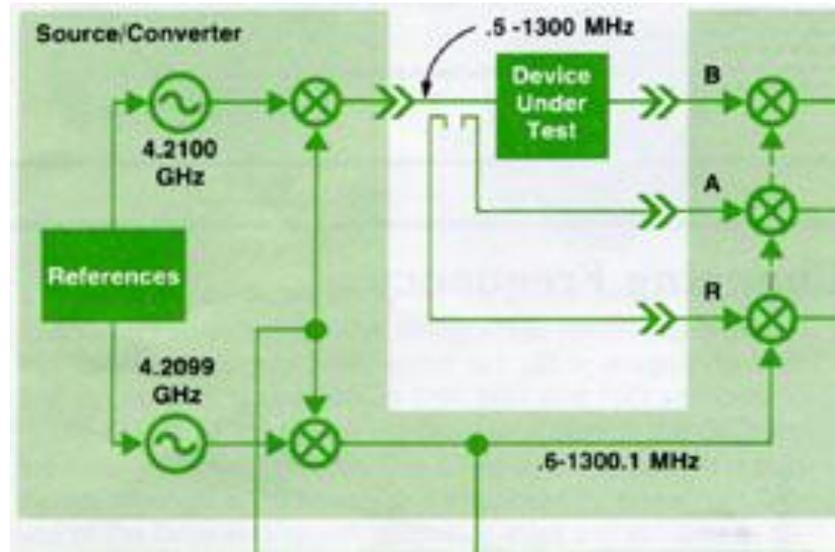
Un pò di storia

Il passo successivo è quello di uno strumento totalmente computerizzato HP 8542 [1970]



Un pò di storia

Quindi si passa ai primi sistemi dedicati e programmabili HP 8505 [1976]



Un pò di storia

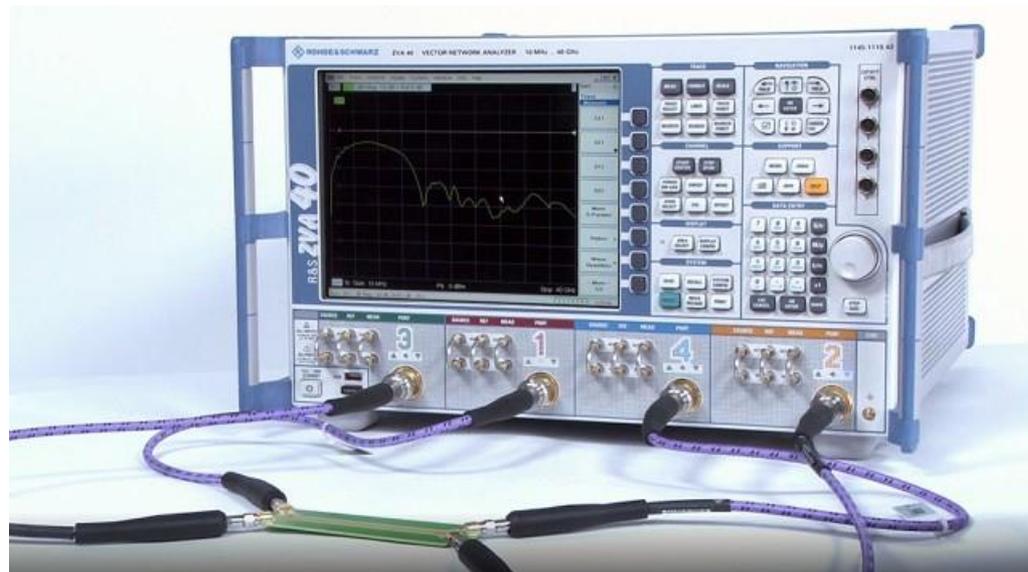
Fino ai nostri giorni



Sintesi dell'evoluzione

Un VNA misura le caratteristiche in frequenza di potenza riflessa o passante su un circuito RF.

In generale un moderno VNA si caratterizza per la presenza di 4 porte di misura:



Un **nanoVNA** ha 2 porte e misura:

- la tensione del segnale in uscita
- la tensione del segnale riflesso sul canale d'uscita
- la tensione sul canale passante

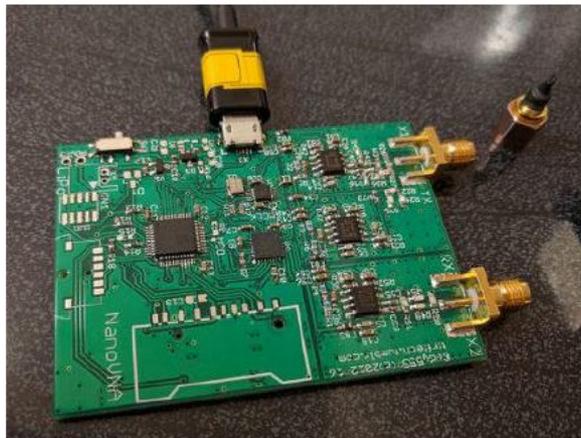
Come nasce un nanoVNA?

Nel 2016 **edy555** comincia la sperimentazione per realizzare un “**piccolo e portatile**” network analyzer.

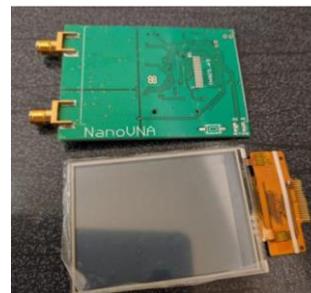
I've been a while, but I'm trying out the small prototype palm-sized network analyzer NanoVNA.

L'articolo di riferimento è datato 03/09/2016 e per la prima volta si presenta il “nanoVNA”.

<https://ttrftech.netlify.app/kit/nanovna/>



NO SCHERMATURE!



Sviluppo del nanoVNA

Sempre nel 2016 **edy555** sviluppa la sperimentazione sul generatore d'onda interno al nanoVNA, che è un generatore di onda quadra Si5351A.

Utilizzando Si5351A come sorgente del segnale è possibile ridurre significativamente il numero di componenti. La differenza è che con DDS l'uscita è un'onda sinusoidale, ma poiché l'Si5351A è un generatore di clock, è un'onda quadra. VNWA utilizza un DDS per coprire la banda superiore intorno ai GHz. Questa è stata la cosa bella del VNWA, e spero che sia possibile fare la stessa cosa con le onde quadre utilizzando le componenti armoniche. **Qui tocca alla sperimentazione.**

Table 7. Output Clock Characteristics

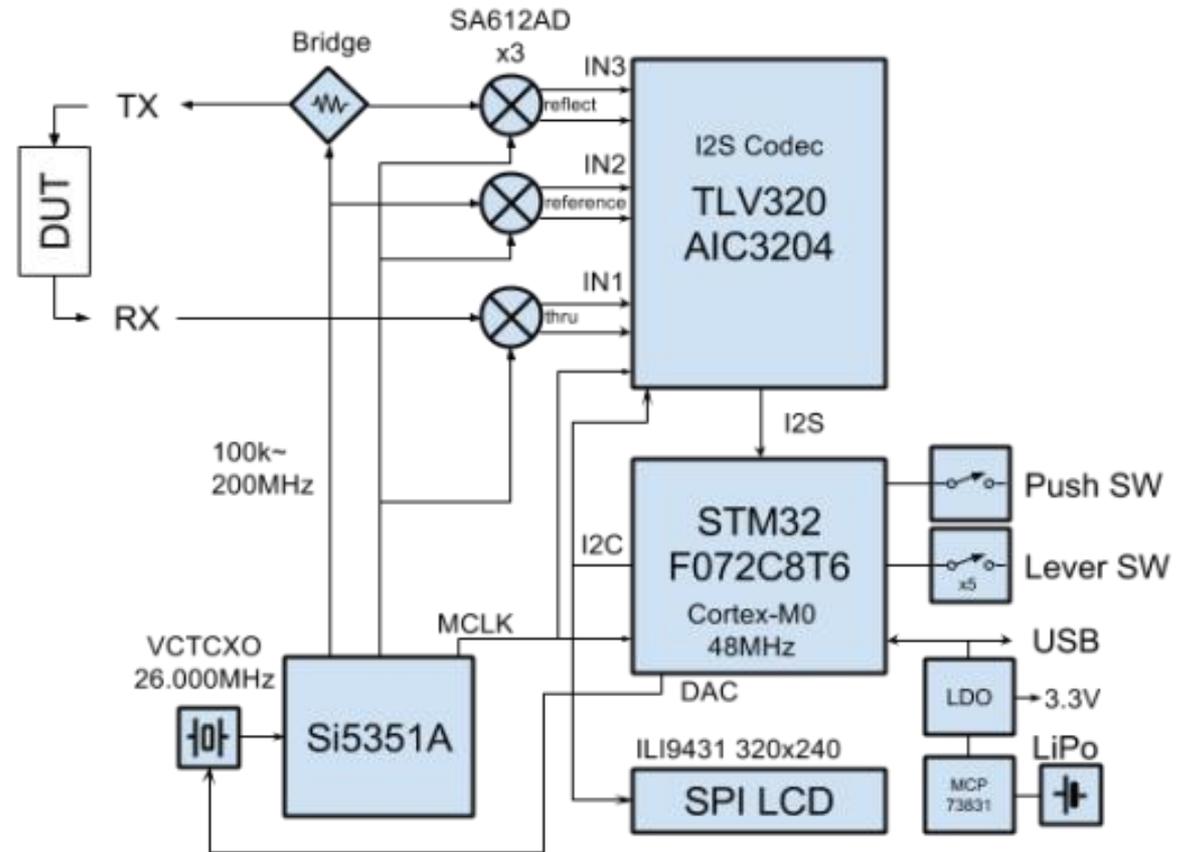
($V_{DD} = 2.5\text{ V} \pm 10\%$, or $3.3\text{ V} \pm 10\%$, $T_A = -40\text{ to }85\text{ }^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Frequency Range ¹	F _{CLK}		0.0025	—	200	MHz

Studio per utilizzo fino a 300Mhz e oltre con armoniche superiori

Sviluppo del nanoVNA

Lo schema a blocchi originario è quello in figura e si mantiene inalterato fino ai modelli recenti di nanoVNA



Sviluppo del nanoVNA

Il progetto di **edy555** viene ripreso da **Hugen 79** con la versione NanoVNA-H con schermo da 2.8 pollici e NanoVNA-H4 con schermo da 4 pollici.

Esiste documentazione anche sul contributo di **DiSlord** con il NanoVNA-D.

Le attuali versioni sono

- NanoVNA-F con involucro metallico
- NanoVNA-v2 o NanoVNA-SAAS (*"The hardware architecture is different and based on 2 ADF4350 synthesizers and one SI5351 synthesizer to cover low frequencies"*)

e altri con possibilità di utilizzo fino a 6 GHz (NanoVNA V3).



nanoVNA contro VNA? NO!



INFORMAZIONI SULLA RETE

- primi articoli di edy555

<https://ttrftech.netlify.app/posts/2016-06-10-nanovna-with-si5351a-and-stm32-in-design/>

- gruppo Yahoo

<https://groups.io/g/nanovna-users>

nanovna users nanovna-users@groups.io

Users of nanovna small VNA

Files: <https://groups.io/g/nanovna-users/files>

Wiki: <https://groups.io/g/nanovna-users/wiki>

FIRMWARE?

<https://github.com/nanovna>



- buoni punti di partenza di ordine generale

<https://nanovna.com/>

<https://nanorfe.com/nanovna-v2.html>

NanoVNA reperibili

Esempi di modelli disponibili sul mercato

- nanoVNA-H e NanoVNA-H4



- NanoVNA V2



- DeepVNA 101



Materiale a disposizione

Nella confezione di un nanoVNA devono esserci:

- nanoVNA
- 2 cavetti SMA maschio – SMA maschio
- kit di calibrazione (SOLT, almeno nr. 4 elementi)
- cavetto USB per collegamento a PC

Nelle confezioni recenti ci sono anche:

- schema del menù dei comandi
- pennino in plastica per lo schermo “touch screen”
- protezione per schermo “touch screen”

N.B.: NON C'E' UN MANUALE D'USO

nanoVNA - USO

MODO DI UTILIZZO

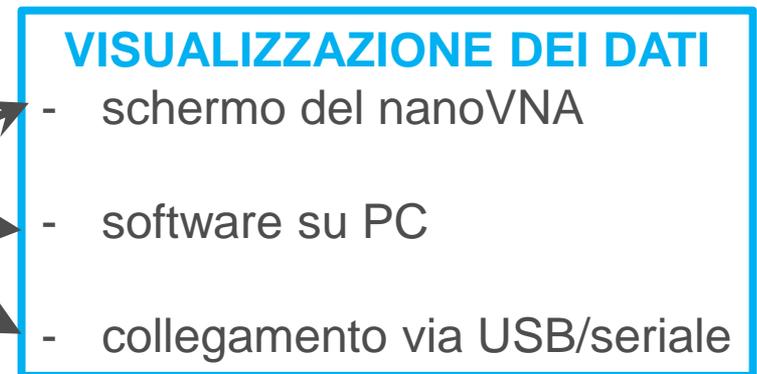
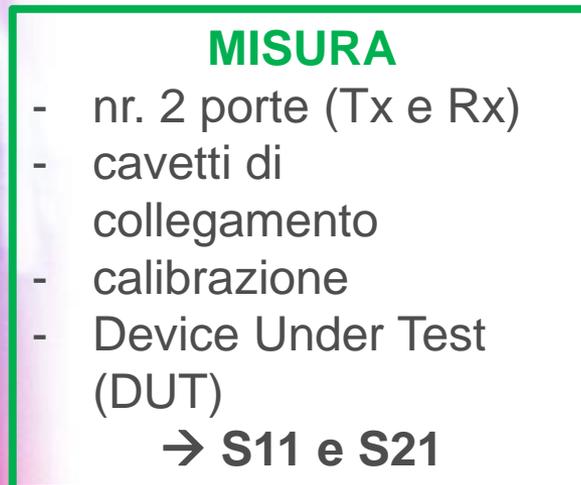
1. DEFINIRE l'intervallo di frequenze in cui effettuare le misure di S_{11} - S_{21}
2. CALIBRAZIONE del nanoVNA
3. MISURE sul DUT
4. ELABORAZIONE DATI

nanoVNA – USO – nota bene

IMPORTANTE

➤ MISURA

➤ VISUALIZZAZIONE DEI DATI

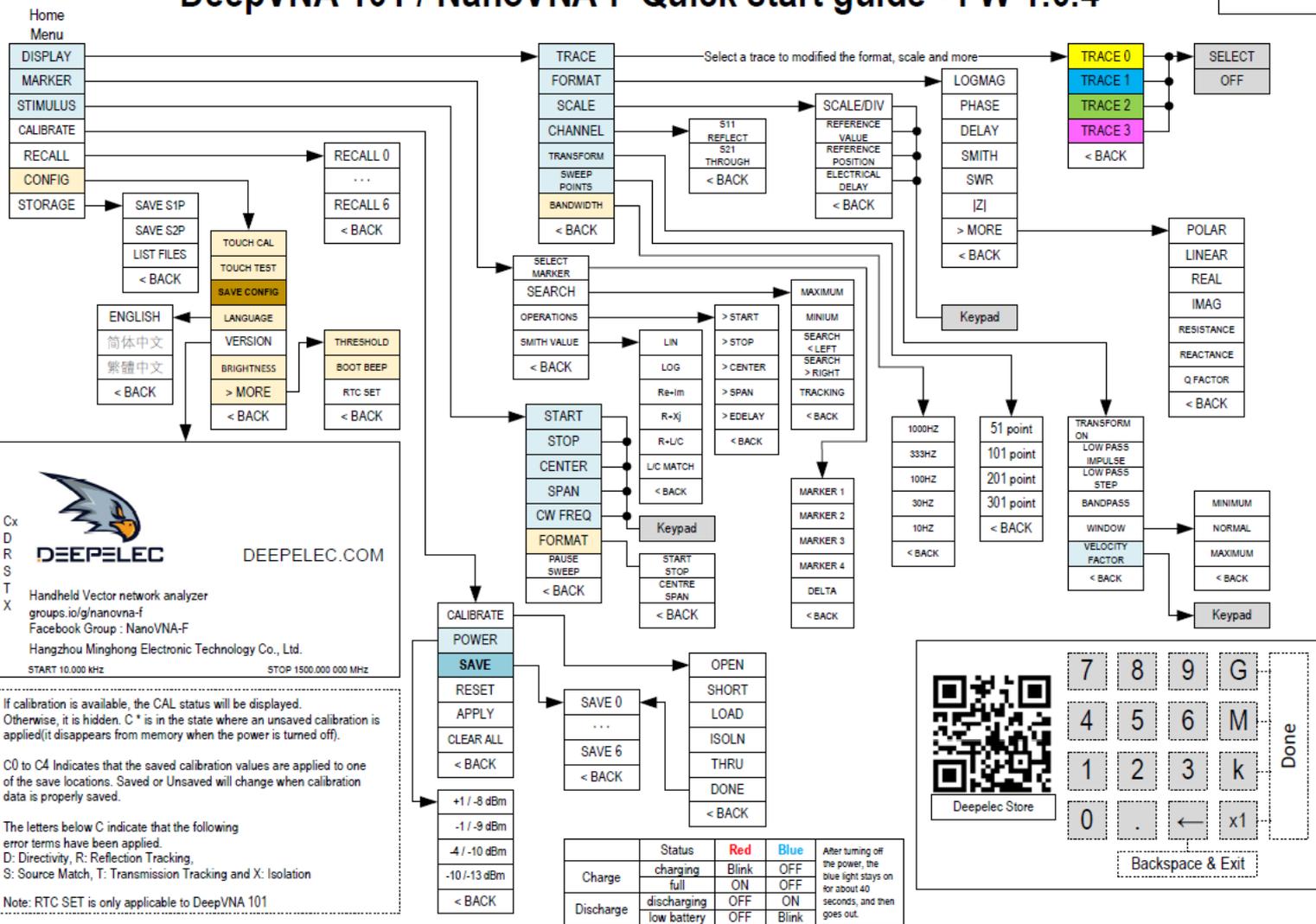


UPDATE FIRMWARE? FORSE

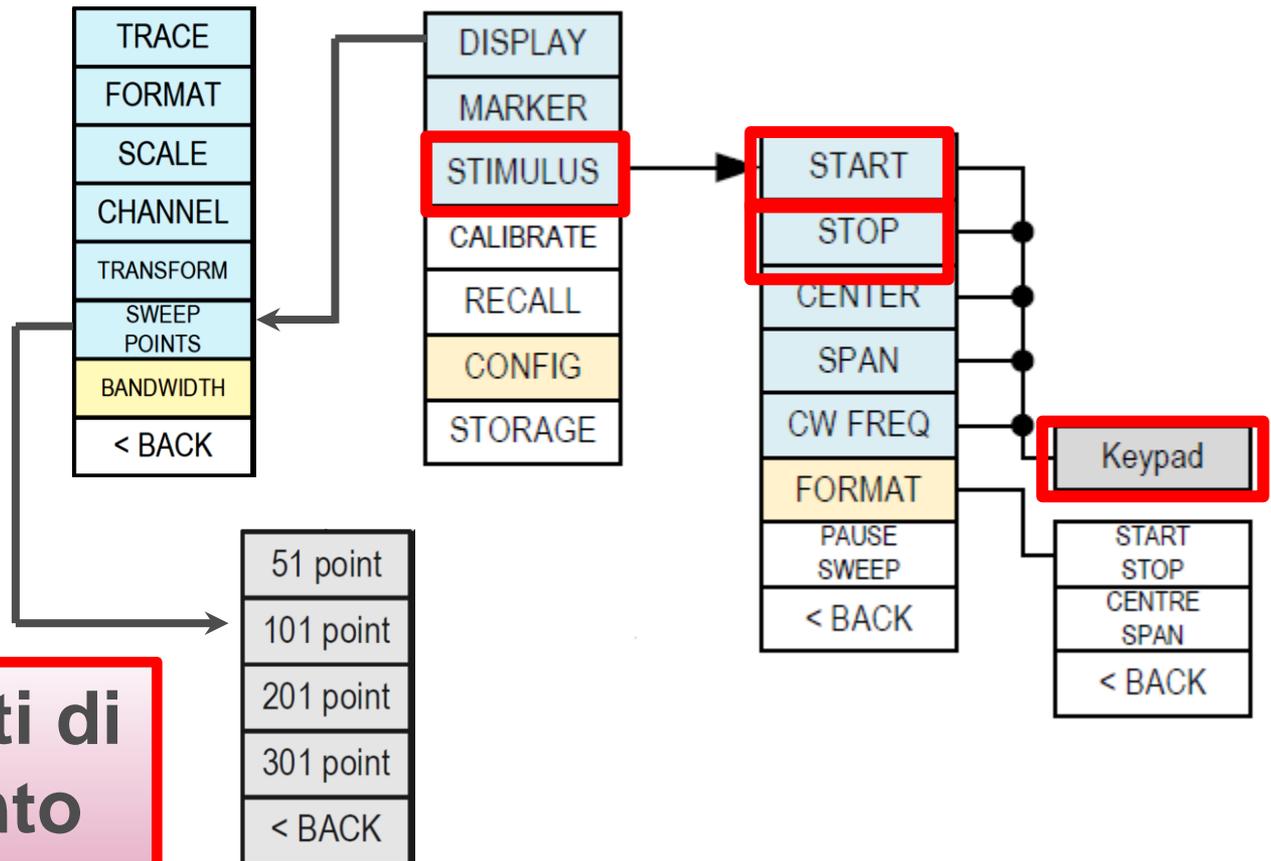
Schema del menù - DeepVNA

DeepVNA 101 / NanoVNA-F Quick start guide - FW 1.0.4

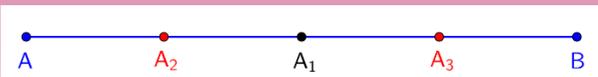
By: BH5HNU
Date: 20220321



Intervallo di frequenze



numero di punti di campionamento (standard 101)



collegamento

nanoVNA → Radio SDR
nanoVNA → USB seriale

Calibrazione del nanoVNA

- La calibrazione del nanoVNA è un passo fondamentale per garantire misurazioni accurate e affidabili dei parametri S11 e S21.
- La calibrazione corregge errori sistematici dovuti a fattori come la lunghezza dei cavi, le connessioni, l'adattamento di impedenza, ecc..
- La procedura di calibrazione tipica per il nanoVNA include alcuni passaggi principali
 - **OSL (Open, Short, Load)** per S11 [3 pass.]
 - **OSLT (Open, Short, Load, Through)** per S11 e S21 [3+2 passaggi]

mediante il collegamento di un particolare elemento alla porta da calibrare

(denominazione alternativa **SOL** e **SOLT**)

Procedura di calibrazione

OCCORRONO

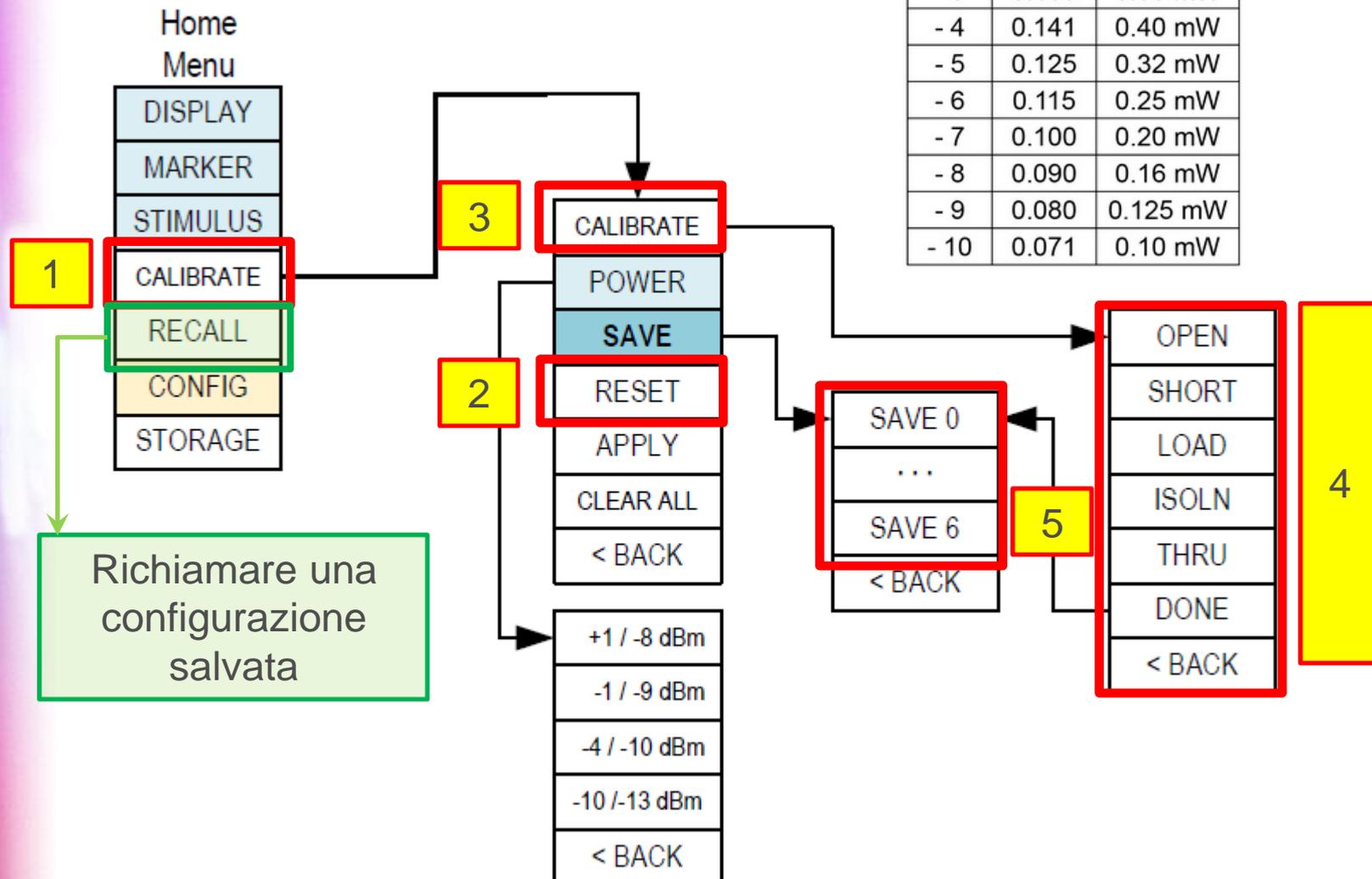
- **NanoVNA:** lo strumento da calibrare
- **Set di Calibrazione** con elementi di precisione:
 - **Open:** elemento che **NON** mette in connessione il polo centrale con l'esterno del punto di misura
 - **Short:** elemento che li mette in connessione
 - **Load:** elemento con carico resistivo noto a 50 ohm
 - **Through:** collegamento tra i punti di misura per S11 e S21

Forniti con la confezione, altrimenti è necessario acquistarli separatamente

CALIBRAZIONE

Fondamentale!

dBm	V	Po
+ 1	0.252	1.25 mW
0	0.225	1.0 mW
- 1	0.200	0.80 mW
- 2	0.180	0.64 mW
- 3	0.160	0.50 mW
- 4	0.141	0.40 mW
- 5	0.125	0.32 mW
- 6	0.115	0.25 mW
- 7	0.100	0.20 mW
- 8	0.090	0.16 mW
- 9	0.080	0.125 mW
- 10	0.071	0.10 mW



Sequenza di calibrazione

1. **Accendere il nanoVNA**
2. **Definire l'intervallo di frequenze (nr. punti) e il livello di potenza del segnale**
3. **Accedere al Menu di Calibrazione [OSL]**
 - 3.1 **Connettere l'elemento Open**
 - 3.2 **Connettere l'elemento Short**
 - 3.3 **Connettere l'elemento Load**
4. **Salvare i dati**
5. **Verificare la Calibrazione**

PROVIAMO A USARE IL nanoVNA

DATI da misure e calibrazione

Esiste una “terza via di accesso” ad un nanoVNA: collegamento diretto via USB/seriale, che è la stessa via che utilizzano i software e le web applications.

Come fare:

1- individuare la porta COM e prendere nota dei parametri di comunicazione

2 – avviare il programma PuTTY con i parametri di (1)

3 – nella finestra di testo digitare i comandi riferimento:

`Console_Command_document_for_NanoVNA-F_v1.0.pdf`

DATI da misure e calibrazione

Quindi: una lista di frequenze di 101 punti, nr. 7 liste di dati (parte reale e parte immaginaria) per S11, S21 e i parametri di calibrazione.

I dati S11 e S21 non sono “grezzi” ma corretti con i dati derivanti dalla calibrazione, che restano immutati (→ cambio frequenze).

data↵	<p>Usage: data [array] example: data 0 1 produces output of 101 points: 0.999902069 -0.003914059 0.999517679 -0.003805434 0.999603867 -0.003855689 0.999514162 -0.004347831 ...up to... 0.998815953 -0.006629021 0.997710704 -0.006602317 0.998088240 -0.006423361 0.998069703 -0.006385779 0.998046994 -0.006417039 NOTE: Left & right columns above - the Real part and the Imaginary part, respectively, of the reflection coefficient. Where: 0: S11 1: S21 and 2: /* error term directivity */ 3: /* error term source match */ 4: /* error term reflection tracking */ 5: /* error term transmission tracking */ 6: /* error term isolation */</p>
-------	--

COSA SUCCEDE SE ... ?

- Struttura dei dati memorizzati nel nanoVNA

		CALIBRAZIONE													
		data 0 - S11		data 1 - S21		data 2 - OPEN		data 3 - SHORT		data 4 - load		data 5 - THROUGH		data 6 - ISLN	
	Frequenze	Reale	Imm.	Reale	Imm.	Reale	Imm.	Reale	Imm.	Reale	Imm.	Reale	Imm.	Reale	Imm.
1	XXX Hz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[99 punti]	...														
101	YYY Hz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Cambio di frequenze
 - 1) variano i dati nella colonna frequenze
 - 2) i dati nelle colonne relative alla calibrazione cambiano (!)
 - 3) si possono acquisire i dati per S11 e S21, ma essi sono correlati ai dati di calibrazione (!)

prima

```
ch> data 2
0.000841249 -0.002351734
0.000832137 -0.002354347
0.000837332 -0.002360135
0.000832854 -0.002361457
0.000839768 -0.002365534
0.000835827 -0.002369546
0.000836591 -0.002377078
```

dopo

```
ch> data 2
0.000841249 -0.002351734
0.000841249 -0.002351734
0.000841249 -0.002351734
0.000841249 -0.002351734
0.000841249 -0.002351734
0.000841249 -0.002351734
0.000841249 -0.002351734
```

LEGAME TRA DATI E CALIBRAZIONE

Si possono acquisire i dati per S11 e S21, ma essi sono correlati ai dati di calibrazione

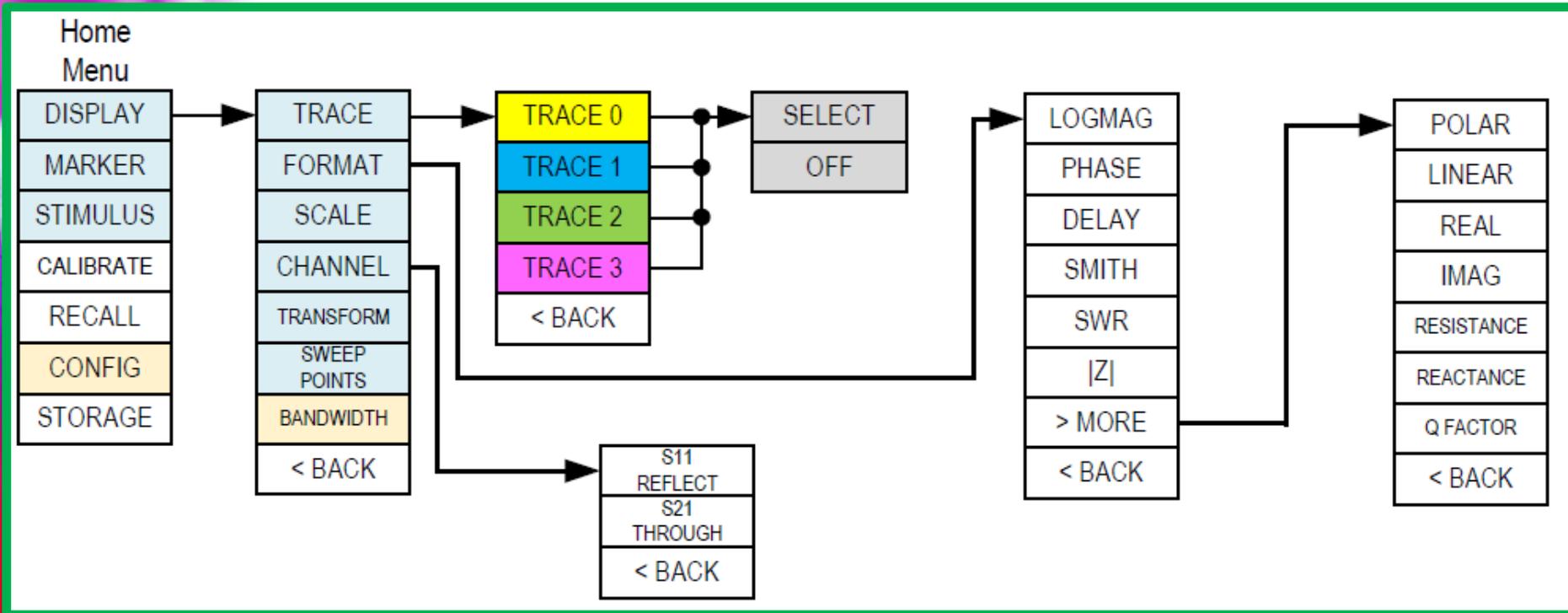
```
def correct11(self, dp: Datapoint):
    i = self.interp
    s11 = (dp.z - i["e00"](dp.freq)) / (
        (dp.z * i["e11"](dp.freq)) - i["delta_e"](dp.freq)
    )
    return Datapoint(dp.freq, s11.real, s11.imag)

def correct21(self, dp: Datapoint, dp11: Datapoint):
    i = self.interp
    s21 = (dp.z - i["e30"](dp.freq)) / i["e10e32"](dp.freq)
    s21 = s21 * (
        i["e10e01"](dp.freq)
        / (i["e11"](dp.freq) * dp11.z - i["delta_e"](dp.freq))
    )
    return Datapoint(dp.freq, s21.real, s21.imag)
```

I dati acquisiti per S11 e S21 vengono corretti al momento della misura

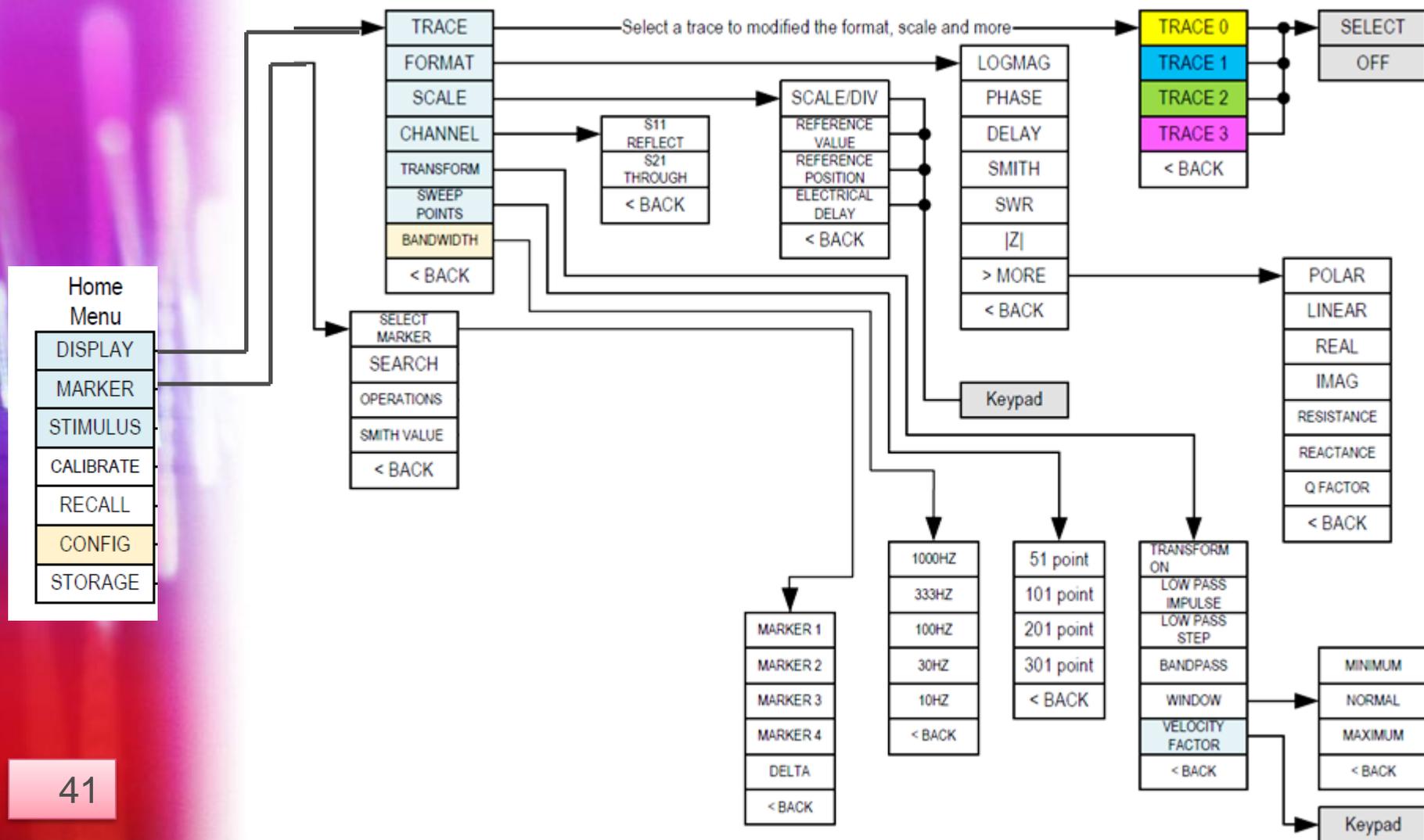
MISURE → S11 e S21

Cambiare i parametri usati per la calibrazione → ATTENZIONE A VARIARE L'INTERVALLO DI FREQUENZE «on the road»



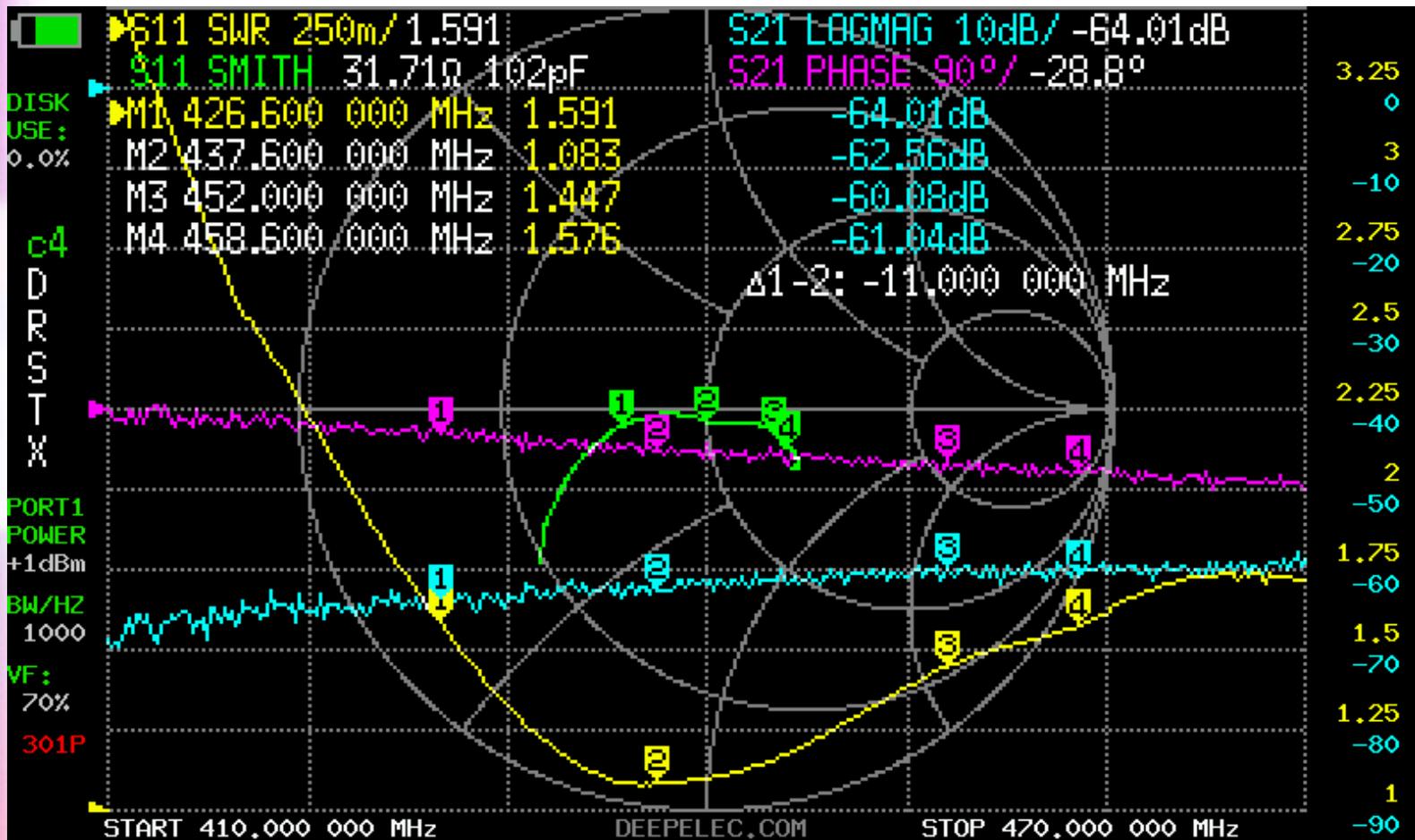
GRAFICI

Menù dei comandi



GRAFICI

Esempio di schermata sul nanoVNA



ELABORAZIONE DATI

ELABORAZIONE GRAFICA

- **schermo nanoVNA** → **grafici sovrapposti** sia pari al numero di punti di campionamento (101) sia al numero di tracce attive (4)

- **software** → **dove trovarli?**

❖ NanoVNASaver

riferimento: <https://github.com/NanoVNA-Saver>

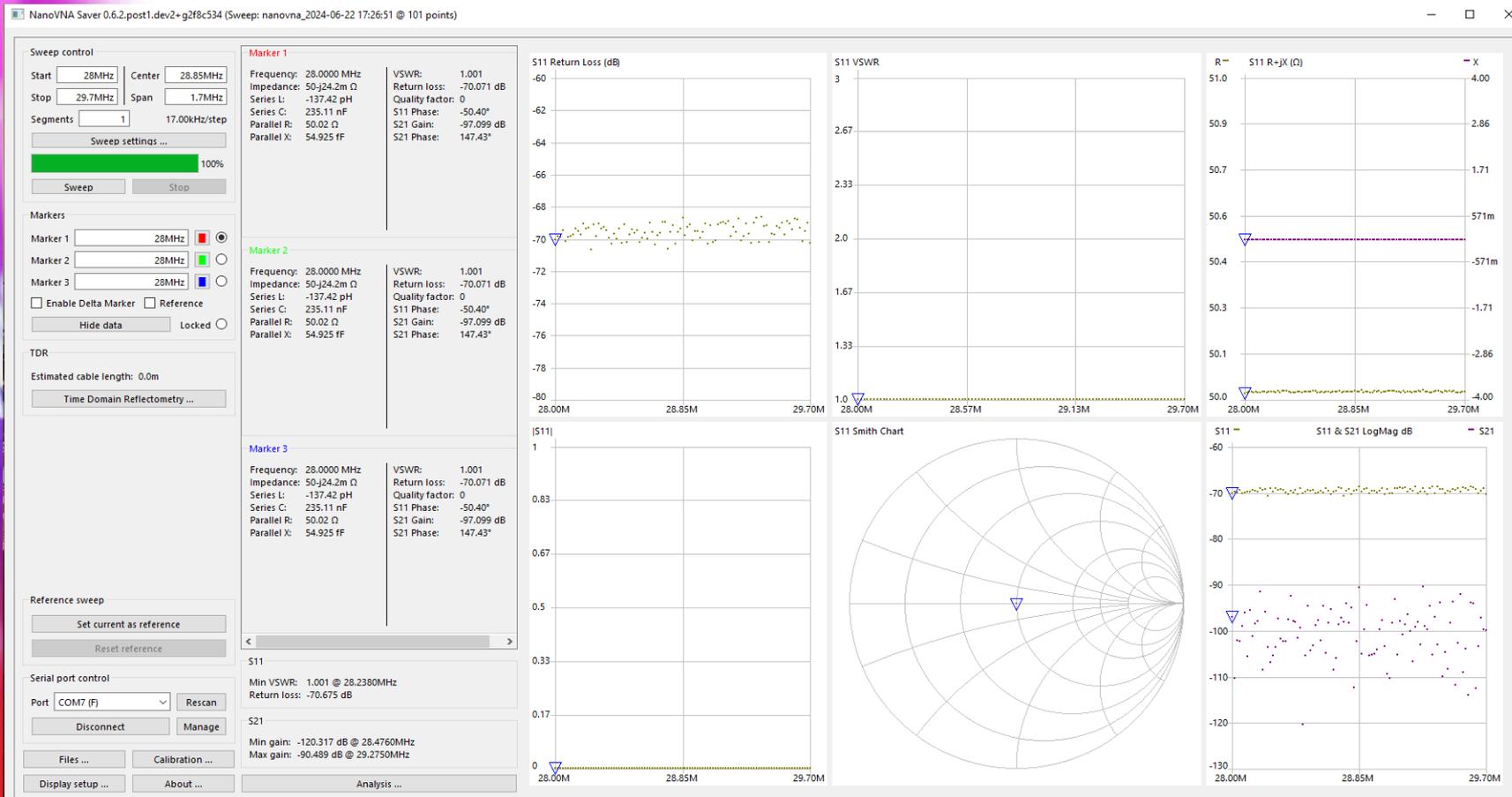
❖ NanoVNA-Web-Client

riferimento: https://nanovna.com/?page_id=26

ELABORAZIONE DATI

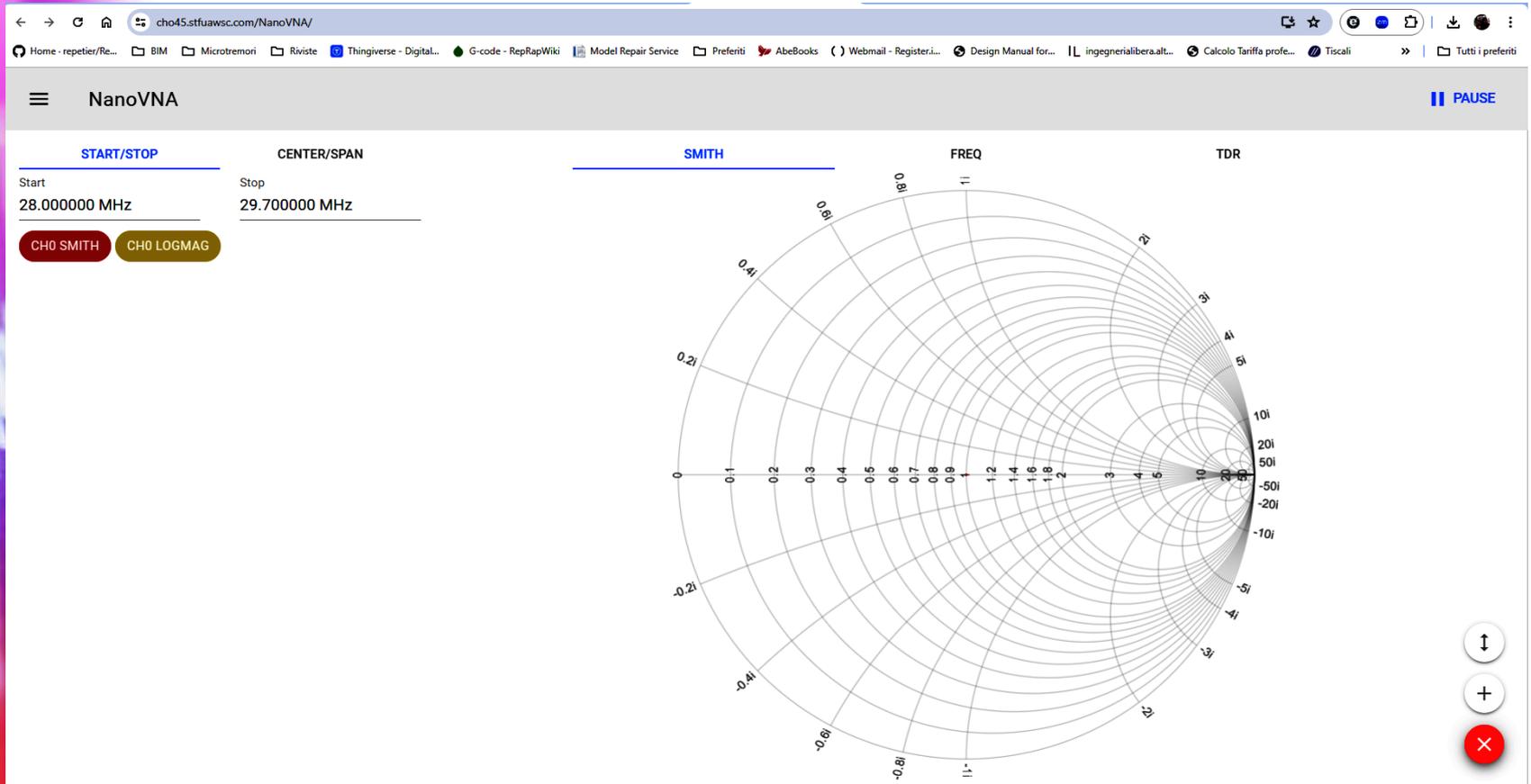
NanoVNASaver

versione 0.6.2 a 32 e 64 bit



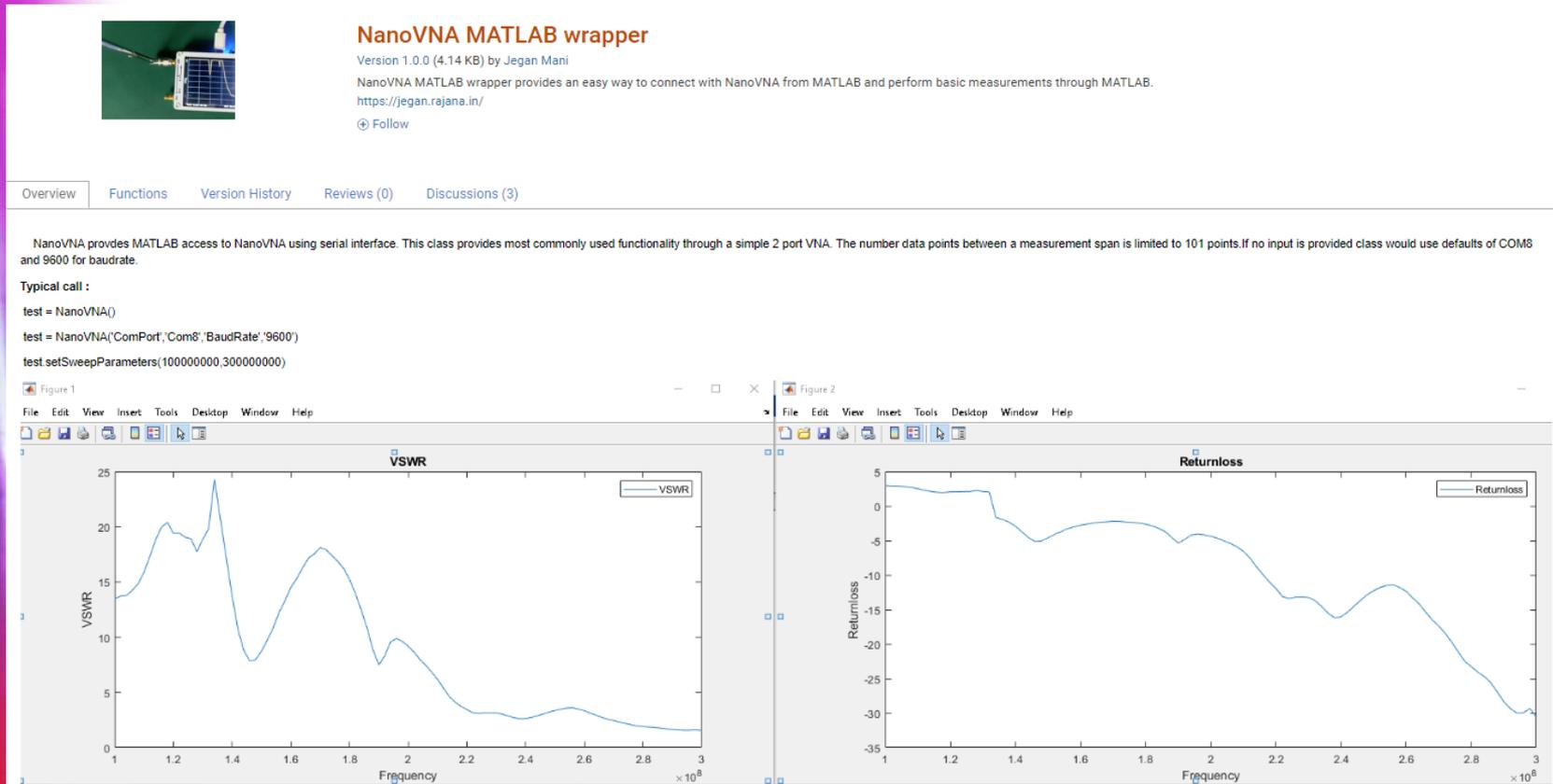
ELABORAZIONE DATI

NanoVNA-Web-Client



ELABORAZIONE DATI

“dialogo” con altri software



NanoVNA MATLAB wrapper
Version 1.0.0 (4.14 KB) by Jegan Mani
NanoVNA MATLAB wrapper provides an easy way to connect with NanoVNA from MATLAB and perform basic measurements through MATLAB.
<https://jegan.rajana.in/>
Follow

Overview Functions Version History Reviews (0) Discussions (3)

NanoVNA provides MATLAB access to NanoVNA using serial interface. This class provides most commonly used functionality through a simple 2 port VNA. The number data points between a measurement span is limited to 101 points. If no input is provided class would use defaults of COM8 and 9600 for baudrate.

Typical call :

```
test = NanoVNA()  
test = NanoVNA('ComPort','Com8','BaudRate',9600)  
test.setSweepParameters(100000000,300000000)
```

Figure 1: VSWR vs Frequency plot. The x-axis is Frequency (x10⁸) from 1 to 3. The y-axis is VSWR from 0 to 25. The plot shows a blue line with several peaks, notably around 1.2, 1.4, 1.8, and 2.0.

Figure 2: Returnloss vs Frequency plot. The x-axis is Frequency (x10⁸) from 1 to 3. The y-axis is Returnloss from -35 to 5. The plot shows a blue line that starts near 0 and generally decreases with some fluctuations, reaching approximately -30 at 3 x 10⁸ Hz.

SALVATAGGIO DATI

Il DeepVNA ha la possibilità di salvare i file relativi a S11 (→ S1P file) e S21 (→ S2P file).

Per accedere all'unità come disco USB occorre tenere premuto il selettore durante l'accensione. Quindi si opera come un normale disco USB. Al termine si spegne l'unità e ritorna il funzionamento normale.

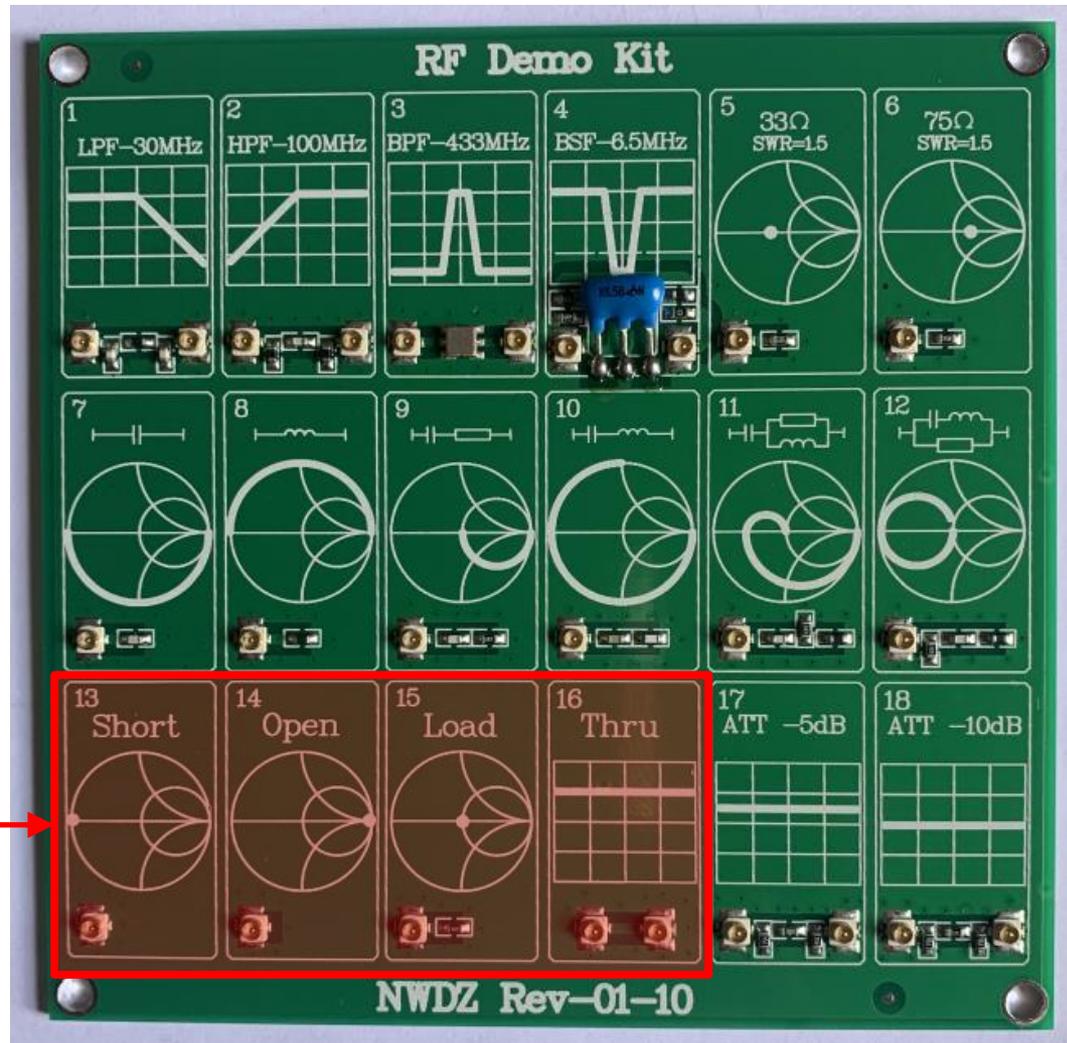


Tenere premuto
durante
l'accensione

Nel disco USB c'è un file `callsign.txt` in cui si può salvare il proprio nome, che apparirà in “**User Info**” con il comando “**VERSION**”.

nanoVNA - USO

- A) DEMO BOARD



CALIBRAZIONE

S11 Smith Chart
S11 LogMag

uso – DEMO BOARD

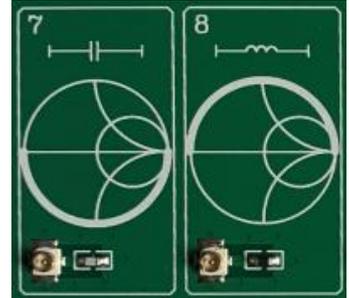
- misura su resistenza

(S11 SWR)



- misura su induttore e condensatore

(S11 Smith Chart)



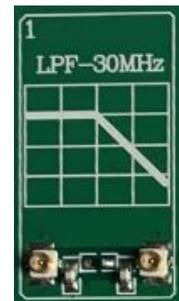
- misura di attenuatore

(S21 LogMag)



- filtro passa-basso

(S21 LogMag)

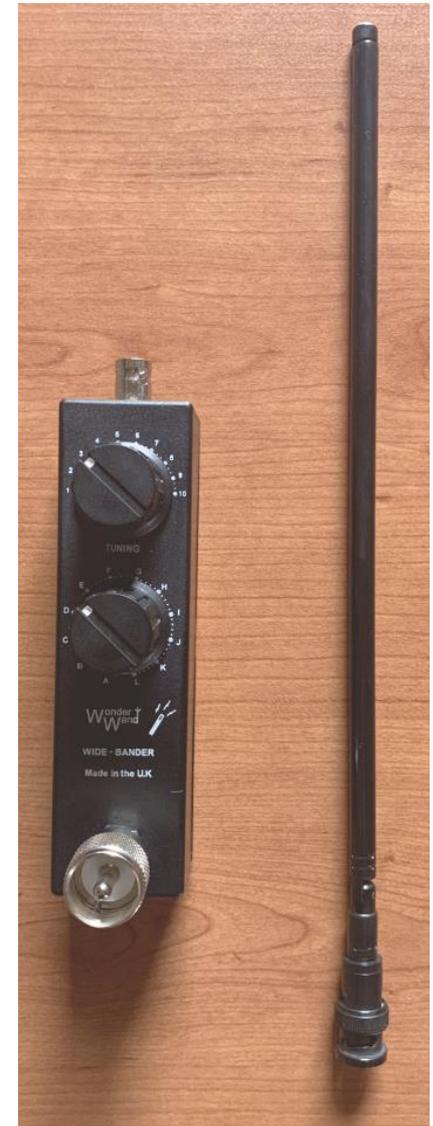


uso – Antenna

B) Antenna Wide Bander MKII

Caratteristiche

- 1,8 MHz ÷ 450 MHz QRP
- 10W P.E.P. max
- stilo telescopico (147cm) o adattatore BNC per filare random con collegamento a terra

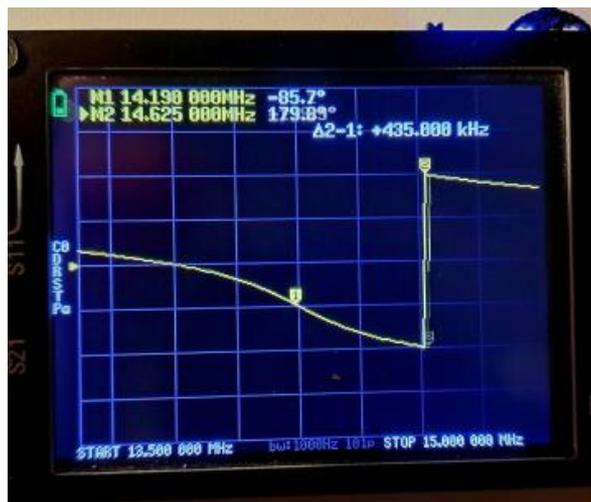
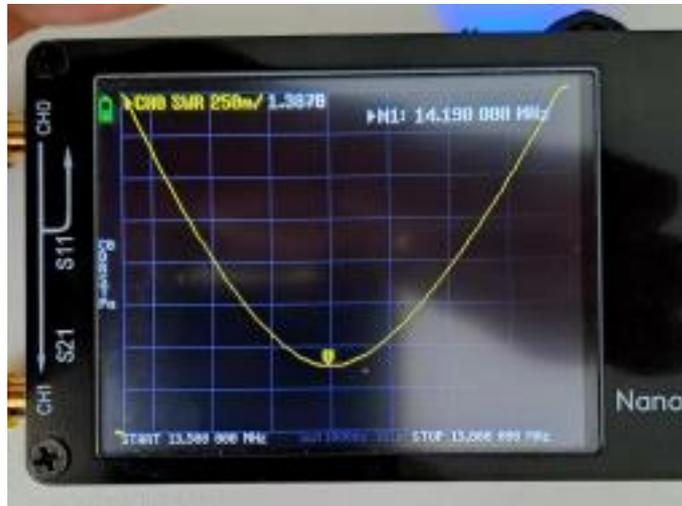


(S11 SWR su antenna, S21 LogMag su adattatore Z)

Esempio caso reale e possibile

Tratto da Facebook, gruppo "NanoVNA and TinySa", thanks to Piero IU2POZ

Dipolo banda 20m

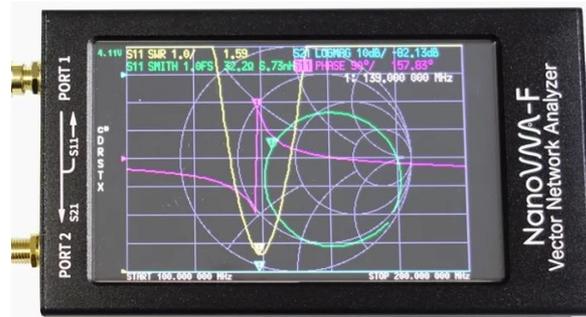


Punto di minimo SWR
diverso da
Punto di risonanza

Solo in laboratorio?

Possibilità di utilizzo "on field"

a) analizzatore di antenna – SWR



b) ricostruzione del comportamento correlato all'altezza dal suolo tramite misure in antenna

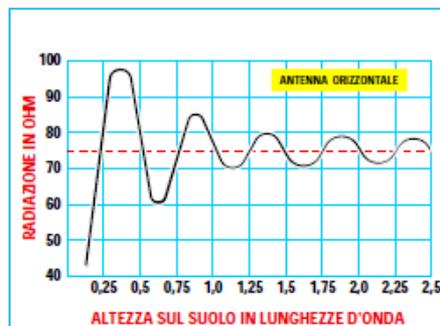


Fig.36 L'impedenza caratteristica di una antenna orizzontale varia notevolmente al variare dell'altezza dal suolo. Se l'antenna viene collocata ad un'altezza maggiore di 0,75 rispetto alla sua lunghezza d'onda, la sua impedenza può variare da un minimo di 70 ohm ad un massimo di 85 ohm.

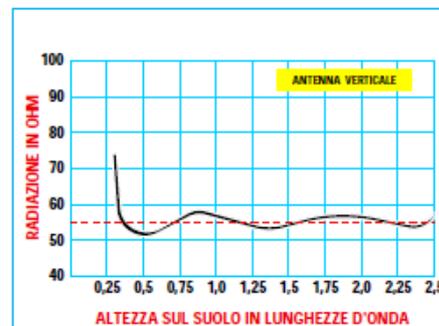


Fig.37 L'impedenza caratteristica di una antenna verticale rimane quasi costante al variare dell'altezza dal suolo. Se l'antenna viene collocata ad un'altezza maggiore di 0,5 rispetto alla sua lunghezza d'onda, la sua impedenza può variare da un minimo di 50 ohm ad un massimo di 60 ohm.

APPROFONDIMENTI

Dettagli significativi sul processo di calibrazione

- Video su Youtube di IW2FND Lucio

“CalibrazioneVNA”

<https://www.youtube.com/watch?v=Y9-hURaqD6M>

E se ... smontassimo il nanoVNA?

- proviamo a smontare un nanoVNA H4 e vediamo ...

Analizzatore d'antenna

- RigExpert AA-55 zoom

CONCLUSIONI

Cosa è un nanoVNA?

- è un VNA portatile e a basso costo, sviluppato nel mondo Open Source;
- è un dispositivo che consente di collegarsi ad un PC. Inoltre l'esportazione dei dati consente analisi separate con altri software;
- distinguendo (a) misura da (b) elaborazione lo strumento ha avuto per (a) una definizione significativa e stabile. Ad oggi è Work In Progress (WIP) lo sviluppo hardware per non utilizzare le armoniche superiori.

E' uno strumento di misura?

- si possono effettuare buone e corrette misure nel rispetto di: (1) campionamento [frequenze], (2) quantizzazione [decimali significativi], (3) procedura di calibrazione e kit utilizzato, (4) gestione della misura [dati acquisiti e grafica].



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

