# ASSOCIAZIONE RADIOAMATORI ITALIANI





### Giovanni Holzer in3hog – seconda parte



### L'analizzatore di Reti Vettoriale è una evoluzione dell'Analizzatore di Reti Scalare

L'analizzatore di Reti Vettoriale





L'analizzatore di reti <u>vettoriale</u> permette di risalire alla natura del dispositivo analizzato

L'analizzatore di Reti Scalare







L'analizzatore di reti <u>scalare</u> mostra il valore intero della grandezza analizzata ma non la sua intima natura

### Schema semplificato di un nano VNA

Non esegue tutte le misure su entrambe le porte



### In che modo il VNA ci può essere utile



### Due modi possibili d'uso del nano VNA

### Con <u>una porta</u> (quella del generatore) Con <u>due porte</u> (generatore $\rightarrow$ ricevitore)



Si può misurare il RL le componenti Z e out generatore



Si può misurare RL, Z, Loss & Gain ma solo da un lato del DUT(Device Under Test)

### Uso di una sola <u>porta del VNA</u>

Per testare dispositivi con un solo connettore di accesso

ovvero anche due, quando non interessa misurare anche l'eventuale uscita



#### Uso di entrambe le porte del VNA

Per testare dispositivi <u>che hanno i connettori IN e OUT</u>

Per misurare anche cosa transita nel DUT



### Esempi d'uso. Una sola Porta o due Porte



<u>Si visualizza il RL, la frequenza del filtro,</u> la banda passante e la perdita di passaggio

### NanoVNA a confronto con un VNA da banco



#### Il VNA, essendo un apparecchio semplificato, permette di misurare solo i parametri 511 e 521





## Altra Informazione importante

# La Carta di Phillip Smith







Info di base utili per la rapida e approssimata interpretazione dei dati visualizzabili sulla carta di Smith mostrata dal VNA.









### Esempio di un controllo di una antenna. Sweep impostato tra 140 e 155 MHz



**S**<sub>11</sub> Verifica del RL alle varie frequenze

> Marker a 152.0 MHz Impedenza misurata 58.1-j3.1 ohm capacitivi

#### Si può valutare rapidamente se un dispositivo ha un buon adattamento sweeppando il DUT <u>nella frequenza operativa</u>



Se il ricciolo compare compatto raggruppato al centro, significa che l'adattamento è buono

In questo caso il ricciolo si allontana troppo dalla zona centrale!

Questo è sintomo di un eccessivo RL.

# Ulteriore importante informazione

Assieme al VNA è fornito un Kit di connettori <u>molto importanti</u>

### Essi sono dei riferimenti indispensabili per la calibrazione





Un OPEN connettore aperto

Un SHORT connettore in corto

Un LOAD connettore 50 ohm

Un paio di giunti passanti

# Come sono fatti i connettori di riferimento? Tali oggetti sono all'incirca così !



### Per avere dei <u>dati attendibili</u> dal VNA è <u>necessario</u> calibrare lo strumento.

E' <u>mandatorio</u> e <u>indispensabile</u> farlo quando si usa la carta di Smith necessaria per conoscere la natura dei carichi cioè R&jX



E' altresì importante considerare che <u>i cavi coassiali</u> influiscono sui dati raccolti e pertanto essi <u>vanno compresi nella taratura</u>.



I connettori del KIT permettono di fare due tipi di calibrazioni: <u>SOL</u> e <u>SOLT</u>

ShortOpenLoad

SOL

SOLT

ShortOpenLoadTrough

La SOL è la calibrazione ridotta e si usa per misurare solo il RL (S11)

La SOLT è la calibrazione completa si usa quando si vuole misurare oltre al RL anche <u>la curva</u> di un filtro o <u>il guadagno</u> di un amplificatore (S21)



#### SOL si usa per la misura 1° e SOLT su usa per la misura 2°



<u>Test del RL, frequenza del filtro, banda</u> <u>passante e perdita di passaggio</u>





Confronto tra calibrato /non calibrato





VNA e cavo <u>calibrati</u>

Sulla carta di Smith l'assenza della calibrazione è drammatica!

Nei due casi la curva appare molto diversa.



### Quando il VNA+Cavo è calibrato non sono ammesse modifiche!



Allungare o accorciare il cavo, (anche solo delle transizioni coassiali) può influire sui dati raccolti



#### RL VNA+cavo calibrato



RL VNA+cavo calibrato + una transizione di raccordo







E dopo premesse andiamo a fare delle prove pratiche.

Useremo un VNA SAA-2N (Quello con i connettori N)

## Sommario dei lavori

- Settaggio iniziale, calibrazioni con la loro verifica
- Misure su un'antenna 432 MHz
- Misure su un filtro 1296 MHz
- Misure su resistori, condensatori e induttanze
- Misure varie sui cavi coassiali



Quando si accende per la prima volta il VNA, appaiono un sacco di righe colorate che confondono la visione. Conviene eliminare tutto quanto non è strettamente necessario



Prima di tutto è opportuno resettare completamente il VNA per togliere ogni residuo di lavori precedenti. Cliccando qualsiasi parte dello schermo comparirà un menù laterale. Selezioniamo quindi la voce "CALIBRATE"

PCH8 LOGN	IAG 10dB/0.25dB []	M	: 340.000 000 M	DISPLAY	3
				MARKER	
				STIMULUS	
				CALIBRATE	
				RECALL	
				CONFIG	
START 100	.000 000 MHz	181 P 1x AVG	STOP 900.000	0 000 MHz	

Accertiamoci che non sia spuntato "PAUSE SWEEP" altrimenti il VNA resterà bloccato. Ora il VNA è settato e pronto per essere usato



Antenna J-Pole Tipo coassiale

Banda operativa 430-440 MHz Gain 2,5 dBi

anno 2011 Home Made By IN3HOG



La prima cosa che dobbiamo fare è impostare la banda di analisi. Conviene ovviamente analizzare una fetta di frequenza un po' maggiore della frequenza operativa. Scegliamo quindi di vedere cosa succede tra i 400 e i 480 MHz.

Andiamo quindi a impostare queste due frequenze



Dal menù principale selezioniamo "STIMULUS"



Clicchiamo su "START" per impostare la frequenza di partenza







#### Sulla tabella digitiamo 400 e poi M (M sta per Mega Hertz)




Ricompare il menù. Clicchiamo su "STOP" per fissare la frequenza di arrivo



9



## Sulla tabella digitiamo 480 M





Ora compaiono le due frequenze di Start e Stop del generatore interno del VNA Fra le due frequenze c'è anche la scritta <u>101 P</u>. Questa cifra avvisa che tra i 400 e i 480 MHz il VNA dividerà la banda in 101 parti a salti di circa 800 kHz !





E chiaro che il VNA non riuscirà a fare un'analisi particolarmente fine, infatti, non sapremo nulla di casa succede fra un salto e l'altro dei 800 KHz. Aumentare la finezza di analisi con questo strumento non è comunque possibile! Questo è il limite del VNA <u>quando lavora da solo</u> a meno di non connetterlo a un PC esterno. Se vogliamo che il VNA faccia un esame più accurato, bisogna restringere la banda di analisi. Ad esempio impostandola tra i 430 e 440 MHz con Span di 10 MHz. In questo modo lavorerà a passi di 100 kHz



L'antenna è ovviamente un dispositivo che mette a nostra disposizione un solo connettore di accesso.

Pertanto su un solo connettore si possono fare misure del Return Loss o SWR.

Per farlo useremo la Porta Numero Uno del VNA, cioè quella del generatore



Colleghiamo a tale Porta uno spezzone di cavo coassiale di buona qualità connettorizzato ai due lati. Qualsiasi lunghezza va bene, meglio non sia troppo lungo



## Ora è necessario calibrare il VNA e il cavo di prolunga ad esso associato





Clicchiamo la voce "RESET", in questo modo si cancella ogni possibile residuo di vecchie calibrazioni in atto. Attenzione a non cliccare per sbaglio su "RESET ALL"

## CHO LOGMAG 10dB/-31.92dB M1: 424.000 000 M CALIBRATE SAVE RESET RESET ALL 1 APPLY ENHANCED RESPONSE + BACK START 400.000 000 MHz STOP 480.000 000 MHz 101 P 1x AVG

CLICK

Clicchiamo ancora su "CALIBRATE"



Inseriamo alla fine del cavo di prolunga, il connettore con la scritta "OPEN"

CHO LOGMAG 10dB/	-0.24dB	▶1: 424.000 000 h	OPEN
			SHORT
			LOAD
			THRU
			DONE
			← васк
TART 400.000 000	MHz 101 P	1× AVG STOP 480.8	00 000 MHz



Clicchiamo ora la voce "OPEN" e attendiamo qualche secondo



Comparirà un segno di spunta vicino alla scritta "OPEN". Questo indica che il VNA ha preso atto dell'operazione





Ora sostituiamo il connettore "OPEN" con quello con la scritta "SHORT"





Clicchiamo la voce "SHORT" e attendiamo qualche secondo





22

Compare un segno di spunta vicino alla scritta "SHORT"





Ora sostituiamo il connettore "SHORT" con quello riportante la scritta "LOAD"



Clicchiamo la voce "LOAD" e attendiamo gualche secondo.



Deve comparire un segno di spunta vicino alla scritta "LOAD".



## Clicchiamo infine "DONE". (Fatto)

26



Appare la lista delle memorie interne del VNA. Memorizziamo la calibrazione nella memoria nº1 cliccando sopra la scritta "SAVE 1".



Il VNA ha la possibilità di memorizzare le calibrazioni e i settaggi in sette memorie (6 + la Zero). Le calibrazioni non si cancellano né spegnendo lo strumento né con i comandi di "RESET" o "RESET ALL". Ogni calibrazione memorizzata può essere richiamata e resa attiva in qualsiasi momento.



Se desideriamo che all'accensione il VNA parta con la calibrazione appena fatta, allora conviene memorizzare nella memoria Zero. La memoria Zero è l'unica che permette di far partire il VNA con i settaggi in essa memorizzati.



Ora sul lato sinistro dello schermo compare una scritta "C1 SOL". Questo indica che la calibrazione in uso è quella memorizzata nella Memoria 1 ed è del tipo "SOL". La scritta "SOL" significa SHORT-OPEN-LOAD, cioè una calibrazione valida solo per verificare dispositivi a un solo connettore. (ad esempio come le antenne).



Quest'operazione non è strettamente necessaria, tuttavia è bene eseguirla sempre o almeno le prime volte che si usa il VNA. La verifica ci permette di avere la certezza che la calibrazione è valida.



Partiamo dal menù iniziale.

Clicchiamo su "DISPLAY", poi su "FORMAT", infine su "SMITH".



Compare la carta di SMITH





Inseriamo ora, in testa al cavo di prolunga, il connettore di calibrazione con la scritta "SHORT"



Il punto sulla carta di SMITH deve spostarsi completamente a sinistra sulla riga centrale. Questo ci dice che il VNA vede un perfetto cortocircuito in fondo al cavo.







Sostituiamo il connettore di calibrazione con quello riportante la scritta "LOAD".



Il punto sulla carta di SMITH deve posizionarsi esattamente in centro. Questa posizione ci dice che il VNA vede un puro 50 ohm in fondo al cavo.



38



Sostituiamo infine il connettore di calibrazione con quello riportante la scritta "OPEN".



Il punto sulla carta di SMITH deve spostarsi completamente a destra sulla riga centrale. Questa posizione del punto ci dice che il VNA vede una resistenza infinita in fondo al cavo.





La perfetta corrispondenza di guesti tre punti ci confermerà la bontà della calibrazione in atto. Attenzione pero! Se si cambiano i limiti delle frequenze, oppure si sostituisce o si cambia tipo o lunghezza del cavo di connessione, la calibrazione non sarà più valida, tuttavia la scritta rimarrà sempre invariata. Questo potrebbe trarre in inganno portando a misure errate.

E' importante considerare il <u>'VNA e il cavo' calibrati'</u> come un tutt'uno inscindibile e non modificabile.



Dal menù principale clicchiamo su "DISPLAY" e poi su "FORMAT", infine su "LOGMAG" (compare la spunta).



Colleghiamo il <u>VNA + cavo di connessione</u> al connettore dell'antenna sotto prova.



Compare ora una schermata che rappresenta il Return Loss in funzione della frequenza.


L'avvallamento è centrato sulla frequenza di risonanza mentre la profondità dell'incavo è proporzionale all'entità dell'adattamento.

Più la curva è profonda e migliore è la situazione.



Sulla curva possiamo notare la presenza di un MARKER.



Il marker si può far scorrere lungo la curva agendo su due pulsanti presenti nella parte superiore del VNA. Prima è necessario far scomparire il menù premendo il pulsante centrale o cliccando su un punto qualsiasi dello schermo ma non sopra la tendina del Menù.



Il Marker mostra il Rerturn Loss alla sua posizione.
Tali valori li possiamo leggere sulla riga superiore.
Lo Span Verticale è di 10 dB a divisione.
Il Marker è posizionato alla frequenza di 432 MHz
Il RL associato è di circa 30 dB.





48

Volendo possiamo posizionare altri marker sulla curva fino a un massimo di 4



Per muovere i Marker bisogna sempre ricordarsi di spegnere il menù col pulsante centrale oppure cliccando in un punto qualsiasi dello schermo ma non sopra il Menù

## Visualizzazione dell'SWR







Per chi non è abituato a ragionare con il Return Loss è possibile visualizzare alternativamente il ROS o l'SWR.



Per fare questo dobbiamo tornare al Menù principale, clicchiamo poi su "DISPLAY", poi su "FORMAT", infine su "SWR" spuntando la voce associata.

## Ora guardiamo l'antenna con il sig. Smith





52

E' il modo più efficace per capirne l'intimo funzionamento e un indispensabile ausilio per la messa a punto veloce.



Dal Menù principale, clicchiamo "MARKER", poi "SMITH VALUE" infine 'R+Xj' + 'BACK' + 'BACK'



Ritorniamo sul Menù principale, clicchiamo su "DISPLAY", poi su "FORMAT", infine su "SMITH"



Sullo schermo comparirà il ricciolo di una traccia gialla con sovrapposto un Marker.



Si può far scorrere la posizione del Marker con i due pulsanti situati nella parte superiore sinistra del VNA.



La scritta in alto mostra la frequenza dei Marker e la natura del carico Z (R+/-Xj ) in quegli esatti punti.



Se l'antenna è ben adattata la curva gialla deve passare vicina al centro della carta dove ci sono i 50 ohm puri.



Se la curva invade la parte superiore, l'antenna presenta componenti induttive (Xj). Se la curva invade la parte inferiore, l'antenna presenta componenti capacitive (-Xj).

## Controllo di un filtro





Filtro di banda ex ponti radio GTE 1500 MHz Risintonizzato per i 23 cm IN3HOG 1985

E' un dispositivo a due connettori ---IN e OUT---

Quindi bisogna usare entrambe le porte del VNA

## Che tipo di misure possiamo fare 61 su questo filtro?



Z - RL o SWR

Larghezza di banda

<u>In INGRESSO</u> = Con il VNA possiamo misurare la Z e gli associati ..... il RL (S11) o a scelta l'SWR

<u>In USCITA</u> = Con il VNA possiamo misurare la perdita di passaggio (loss) (S21), banda passante (curva selettività)

## Preparazione del VNA e del banco di misura





- 2° Attiviamo spuntandole le tracce 1 Gialla e 2 Azzurra
- 3° Calibriamo VNA con due cavi coassiali di buona qualità in modo completo SOLT (Short-Open-Load-Thrue)
- 4° Connettiamo il VNA con i due cavi al filtro da testare
- 5° Ottimizziamo i settaggi del VNA per l'analisi esaustiva

Le operazioni di settaggio Frequenze e Tracce le abbiamo già viste per l'analisi della antenna e non ritengo opportune ripeterle in quanto sono identiche.





La calibrazione SOLT prevede l'uso di entrambe le porte del VNA ed è quasi identica alla SOL a una porta.

Si inizia a calibrare il VNA con un cavo connesso alla Porta 1 del generatore.

Si continua poi con procedura identica riportata nella sequenza già vista nelle <u>schede da 14 fino alla 25</u>



Se si è fatta tutta la procedura SOL da <u>14 a 25,</u> le voci OPEN, SHORT e LOAD compaiono già spuntate.



Ora connettiamo all'ingresso Porta 2 Rx del VNA un nuovo cavo coassiale di ottima gualità come mostrato nella foto in basso.

Cavo già calibrato con procedura SOL

Il cavo deve essere corto, da 50 ohm, connettorizzato e di ottima qualità. Colleghiamo insieme i due cavi con un giuntino coassiale centrale che deve essere anch'esso di ottima qualità.





Cavo aggiunto





67

Notare che ora compare la scritta SOLT che io ho anche memorizzato nella memoria numero Zero *(CO)* 



Punto 3 eseguito! Calibrazione SOLT fatta. Possiamo ora inserire il filtro.



### Stacchiamo il giuntino e inseriamo il filtro da misurare

68

RL 10 dB a divisione

#### Loss 10 dB a divisione







Attiviamo un secondo Marker (vedere schede 58..63) e posizioniamo entrambe a -1dB traccia azzurra.



Per fare questa operazione si va su: **Display-Trace-Cliccare su traccia Azzurra- Back-Scale-Scale/Div-**Si clicca 1 e infine si chiude cliccando su x1

# Test componenti RCL





Per facilitare le inserzioni dei componenti e la calibrazione della porta è opportuno costruire un adattatore a pettine e i carichi SOL (Short-Open-Load)



La frequenza massima dello sweep non è mandatoria e va impostata in funzione del componente da provare. Tuttavia non è opportuno salire troppo per via delle capacità residue dell'adattatore N-spina a innesto.



Il resistore è indubbiamente anti-induttivo perché il suo valore appare sull'asse dei valori reali ed è concentrato in un unico piccolo punto da 10 KHz a 10 MHz.



Il condensatore appare come un buon componente perché la traccia sweep corre da 10 kHz a 10 MHz tutta sovrapposta sull'arco della circonferenza inferiore.



La bobina ha una elevata resistenza serie di 3,4 ohm compatibile con le piccole dimensioni. Lo sweep è comunque sovrapposto alla circonferenza superiore.



Il toroide mostra una elevata resistenza serie e una discreta dissipazione nel nucleo. La curva coricata dello sweep evidenzia il basso Q, ottimale per questo impiego.

# Operazioni e test dei cavi coassiali



## - Elenco delle prove e delle misure

- Misura dell'attenuazione e del Return Loss
- Taglio dei cavi a  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{1}{2}$  lambda
- Misura della impedenza caratteristica
- Misura del fattore di velocità
- Test su choke di blocco propagazione modo comune



La frequenza massima dello sweep non è mandatoria e va impostata in funzione della frequenza trasmessa.

Traccia Gialla (RL) = adattamento di impedenza Traccia Blu (Loss) = perdita di transito
# Schermata predisposta per la misura

80



Nota: la calibrazione SOLT va eseguita direttamente sui connettori del VNA. Il «Trough» va eseguito impiegando un cortissimo buon cavo coassiale connettorizzato N

### Connessione del cavo sotto test





Il cavo sotto test va connesso tra le due porte del VNA



# Modo alternativo per misurare la sola attenuazione del cavo

el cavo Metodo da usare quando non sono accessibili entrambe

83

Accessibilit entrand le teste del cavo

La testa terminale del cavo va cortocircuitata. Il segnale ritorna la VNA percorrendo due volte il cavo.





La perdita è pari a 9,4 dB

#### L'attenuazione è doppia poiché il segnale percorre due volte il cavo



L'attenuazione reale sarà quindi 9,4/2 = 4,7 dB

L'attenuazione risulta un po' più elevata rispetto alla prova precedente a causa della leggera ondulazione del segnale riflesso

# Altro modo per misurare il Return Loss del cavo





Il cavo va terminato con un carico da 50 ohm. Il metodo evidenzia solo i malfunzionamenti eclatanti.





La frequenza massima dello sweep non è mandatoria e va impostata in funzione della frequenza di impiego.







Verifica Choke di blocco per segnali di modo comune sui cavi coassiali Impostazioni VNA (Esempio per bande HF)	
Stimulus :3 MHz - 50 MHzFormat :Logmag	
Display Trace :	Traccia Blu (Loss)(perdita di transito)
Scale/Div :	Traccie Blu 10 dB/Div
Calibrazione :	SOLT porta 1 + porta 2
Note: La calibrazione SOLT va fatta solo «THRU»	

E' necessario costruire due adattatori N->Coccodrillo



# Schema del banco di lavoro cavi vari







93







## Promemoria linea lambda quarti





# Impostazione dell'escursione dello sweep di frequenza del VNA



**98** 

La Fmax dipende dalla lunghezza del cavo, più è lungo il cavo e minore sarà la frequenza massima da impostare

#### 99 Rilievo dei dati utili al calcolo **CHO SMITH 0.5FS** 94.6Ω-1.12-j ML: 24.403 900 MHz Qui ci Qui ci sono sono 94,6 ohm 25 ohm Si ricorda che ogni mezzo giro della linea gialla corrisponde a un percorso di $\frac{1}{4}$ lambda

Si devono rilevare nei due punti rossi 🛛 i valori resistenze intercettate dalla riga gialla sull'asse orizzontale.

START 10.000 kHz

101 P 1x AVG

STOP 40.000 000

# Calcolo dell'impedenza caratteristica del cavo





E' un cavo tipo RG 223 Z dichiarata 50 ohm +/- 2 ohm Misurata 48,6 ohm





Calcolo del fattore di velocità



24,4 MHz corrisponde a una lunghezza d'onda <u>in aria di (300:24,4)= 12,3 metri</u>

- 1/4 lambda a 24,4 MHz è quindi di 3,1 metri
- 1/4 lambda <u>sul nostro cavo è</u> invece 2,0 metri

Il fattore di velocità sarà pertanto :

2,0:3,1 = <u>0,645</u>

E' un cavo tipo RG 223 Fattore dichiarato 0,66



# Grazie per l'attenzione in3hog giovanni