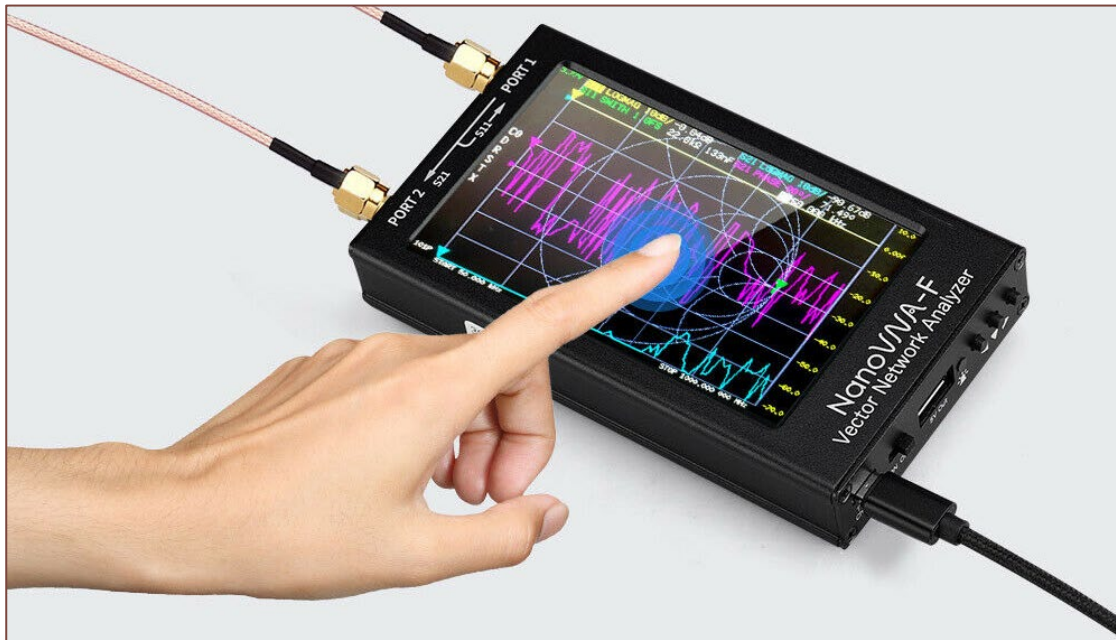


ASSOCIAZIONE RADIOAMATORI ITALIANI

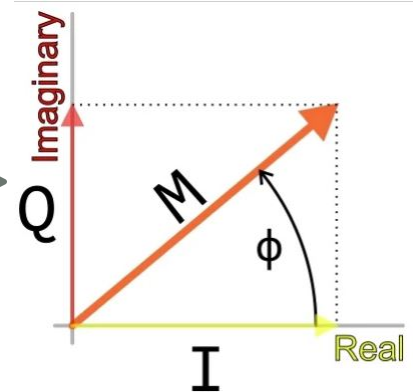
Il VNA



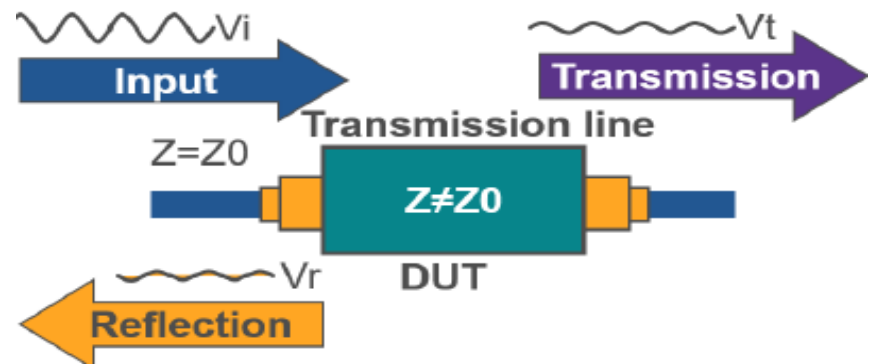
A cura di Giovanni Holzer in3hog

VNA Vector Network Analyzer

Ovvero Analizzatore di Reti Vettoriale

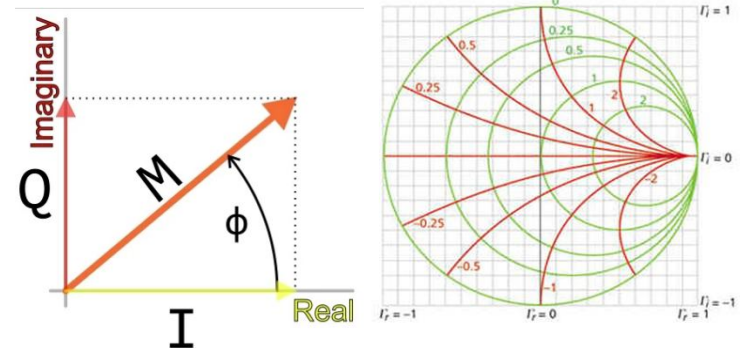
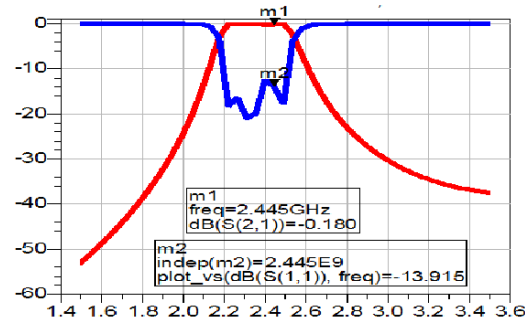


Filtri
Amplificatori
Antenne
Linee
Reti trasmissive

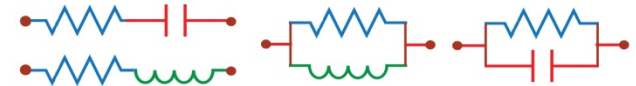


L'analizzatore di Reti Vettoriale è una evoluzione dell'Analizzatore di Reti Scalare

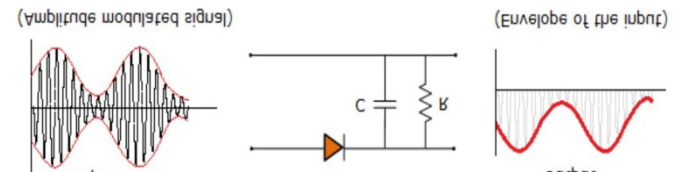
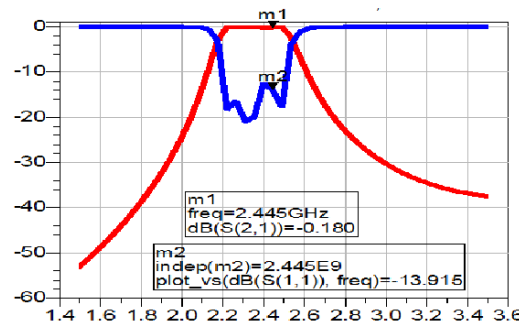
L'analizzatore di Reti Vettoriale



L'analizzatore di reti vettoriale permette di risalire alla natura del dispositivo analizzato



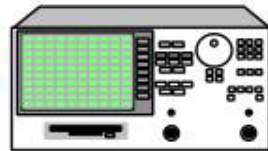
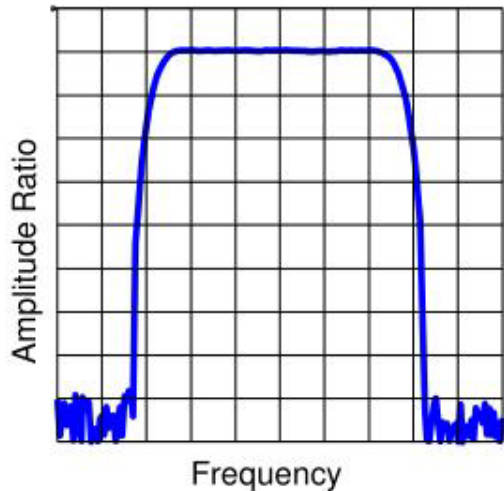
L'analizzatore di Reti Scalare



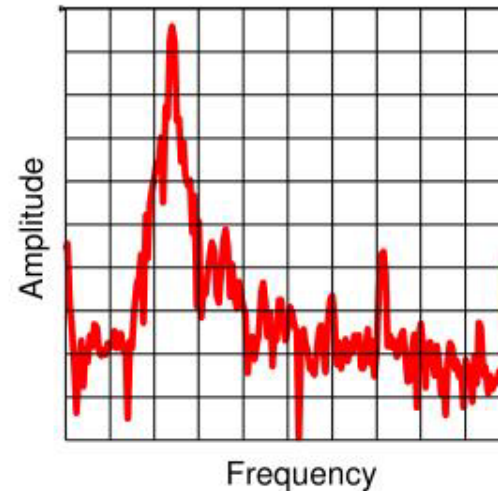
L'analizzatore di reti scalare mostra il valore intero della grandezza analizzata ma non la sua intima natura



L'analizzatore di Reti (o VNA) non è un analizzatore di spettro



Measures
known
signal



Measures
unknown
signals

Network analyzers:

- measure components, devices, circuits, sub-assemblies
- contain source and receiver
- display ratioed amplitude and phase

Spectrum analyzers:

- measure signal amplitude characteristics carrier level, sidebands, harmonics...
- can demodulate (& measure) complex signals

Vediamo come è fatto un VNA



Innanzitutto
contiene un
generatore di
segnali
alternati

Magari di altro tipo...e a frequenza più elevata

Vediamo come è fatto un VNA



Generatore
sintetizzato

Ecco questo va bene ma sarebbe bene che fosse più piccolo



Generatore sintetizzato



Poi c'è un ricevitore

Anche più di uno e fino a quattro
(Il nano VNA ne ha ben 3)

Questo non va bene! Serve un tipo vettoriale



Generatore sintetizzato



Ricevitori Vettoriali



Generatore sintetizzato



Ricevitori Vettoriali



Poi un buon
oscilloscopio

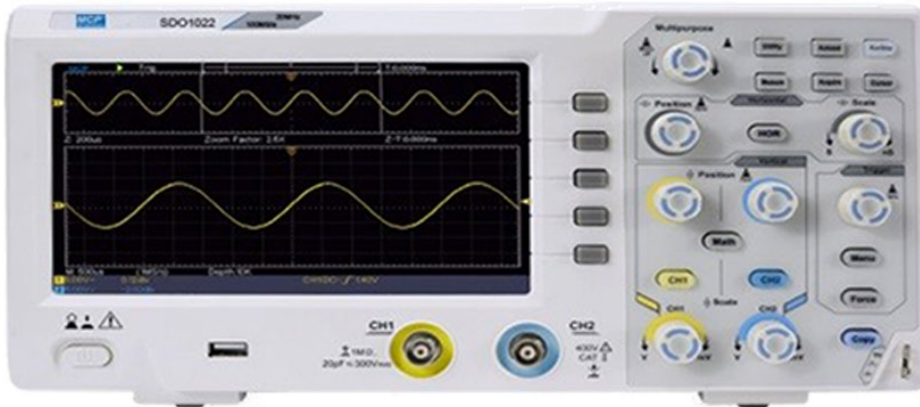
Un tipo digitale andrebbe meglio



Generatore sintetizzato



Ricevitori Vettoriali



Oscilloscopio digitale



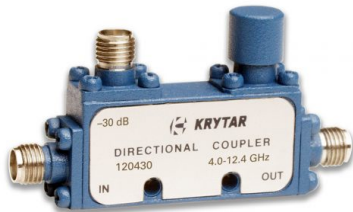
Generatore sintetizzato



Ricevitori Vettoriali



Oscilloscopio digitale



Poi qualche
accoppiatore
direzionale



Generatore sintetizzato



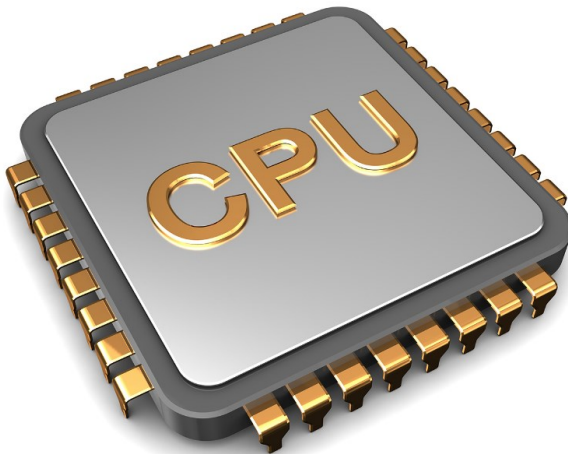
Ricevitori Vettoriali



Oscilloscopio digitale



Accoppiatori direzionali



Infine un
elaboratore di
processo



Generatore sintetizzato

+



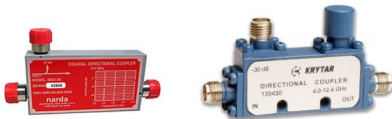
Ricevitori Vettoriali

+



Oscilloscopio digitale

+



Accoppiatori direzionali

+



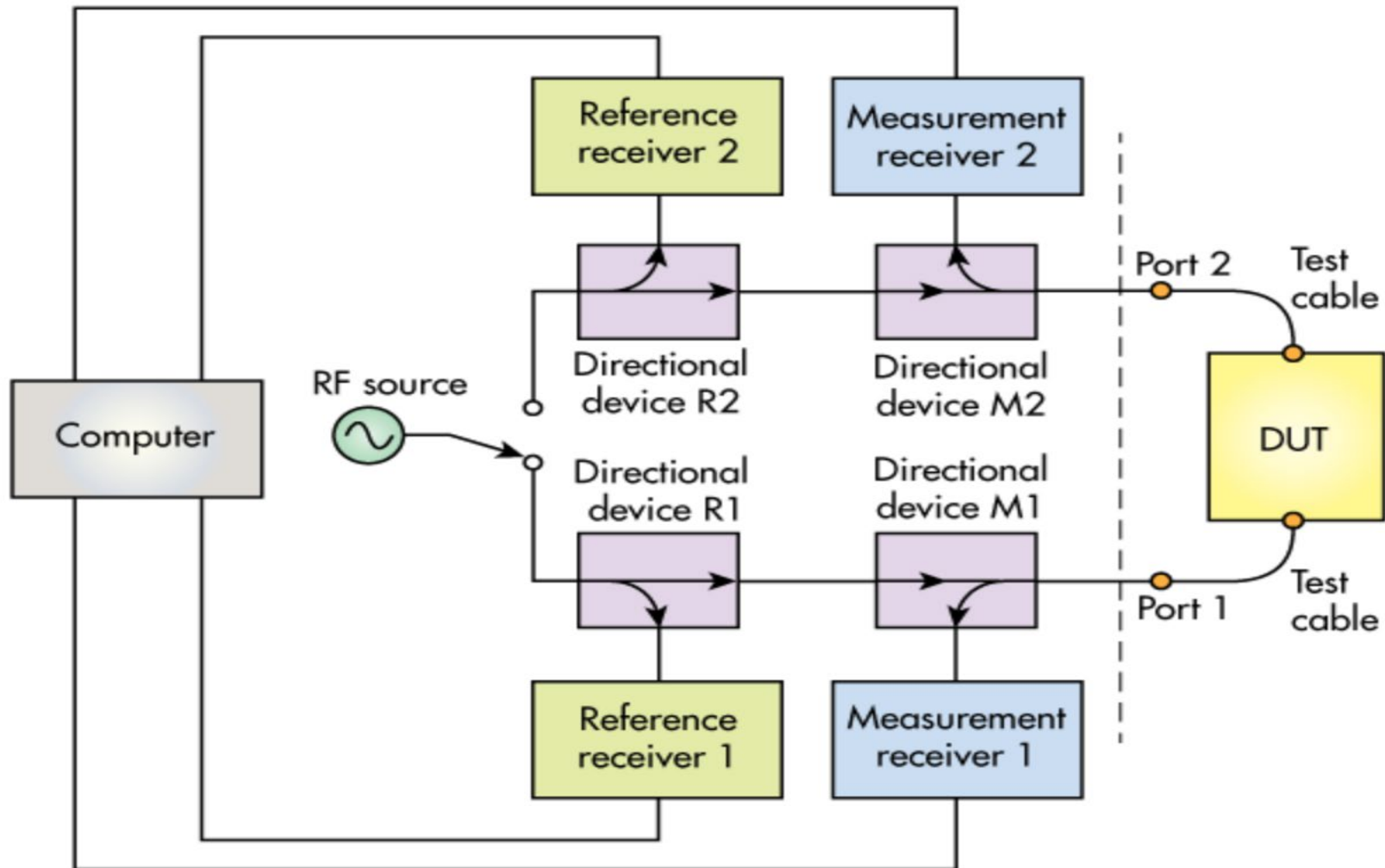
Elaboratore di processo

=



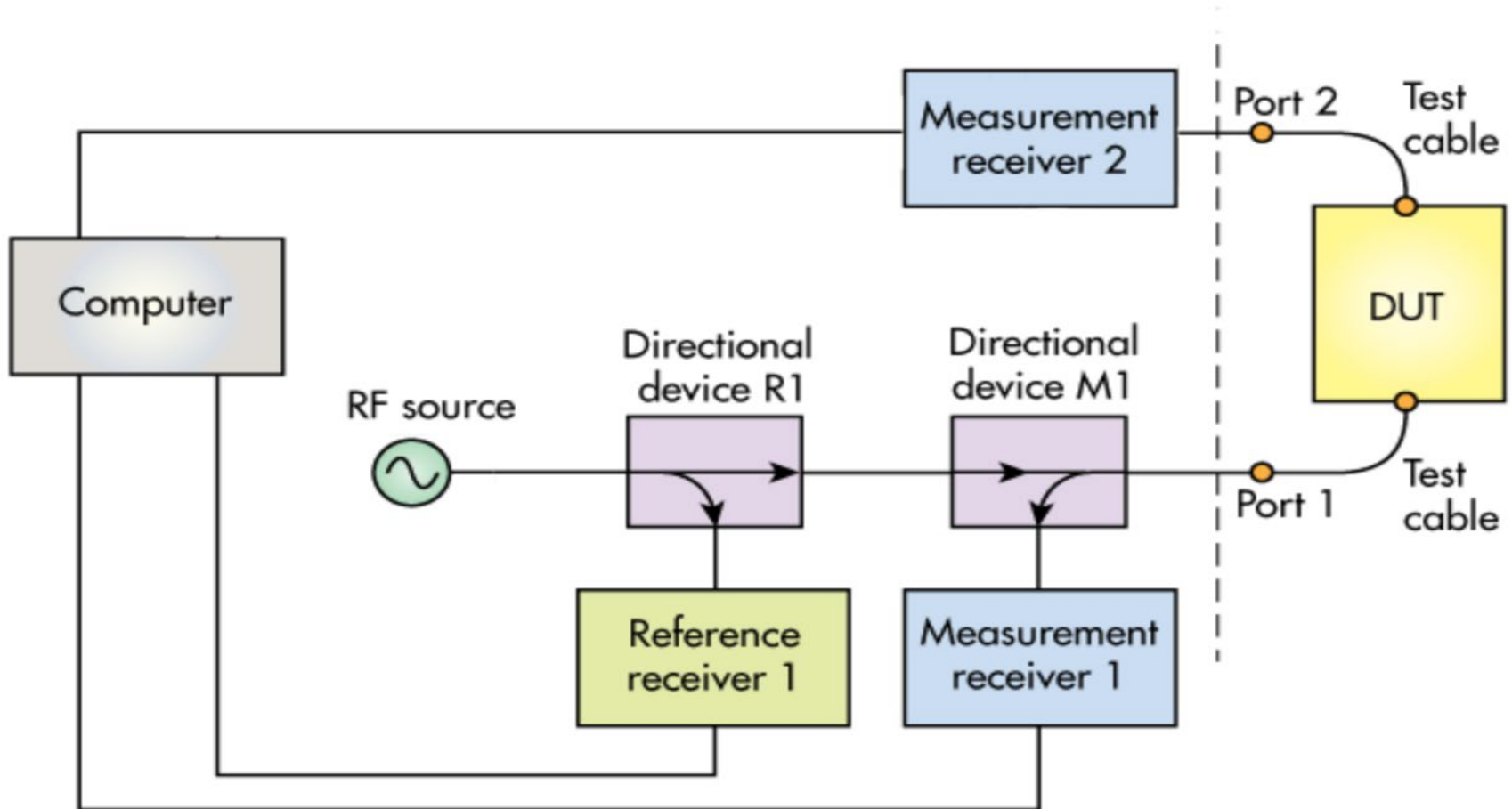
VNA

Schema a blocchi di un VNA completo



Schema semplificato di un nano VNA

Non esegue tutte le misure su entrambe le porte



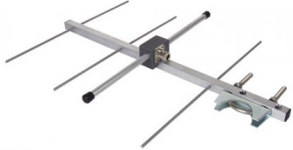
In che modo il VNA ci può essere utile



Misurare **Filtri** (RL-BW-Loss)



Misurare **Amplificatori** (RL-BW-Gain)



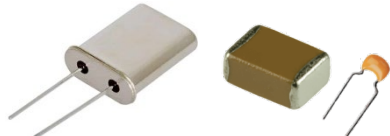
Misurare **Antenne** (RL)



Misurare **Cavi** (RL-Loss-Z)



Generare **Segnali** (CW & Sweep)

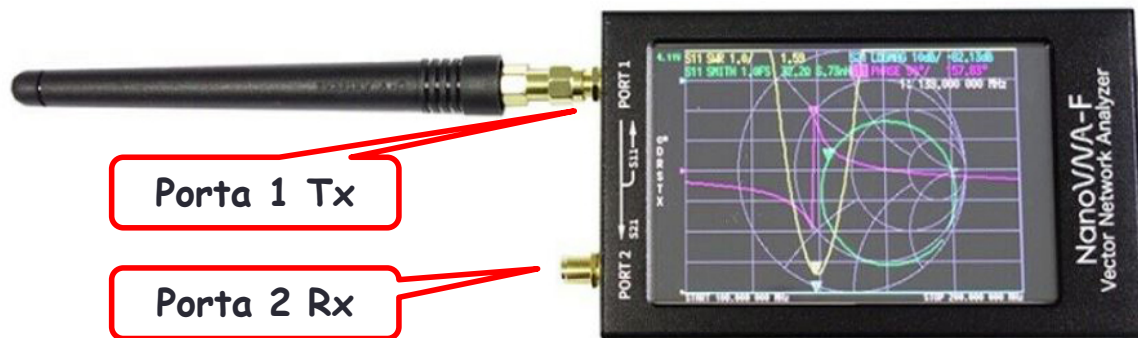


Caratterizzare **Componenti** (R-C-L-Xtal)

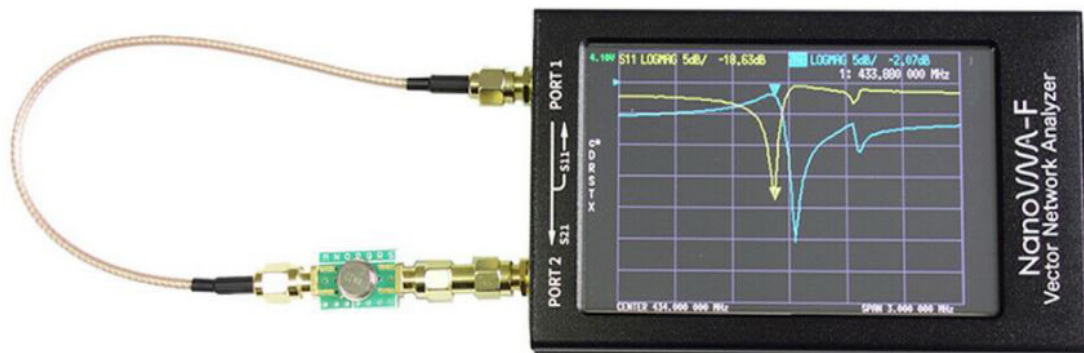
Due modi possibili d'uso del nano VNA

Con una porta (quella del generatore)

Con due porte (generatore → ricevitore)



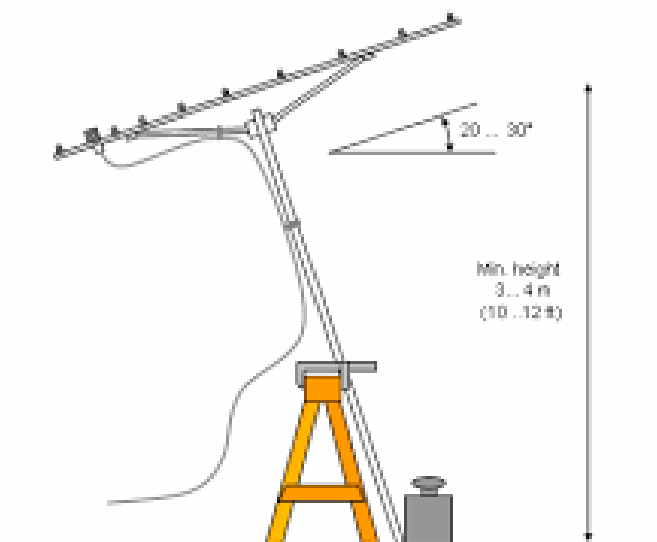
Si può misurare
il RL
le componenti Z
e out generatore



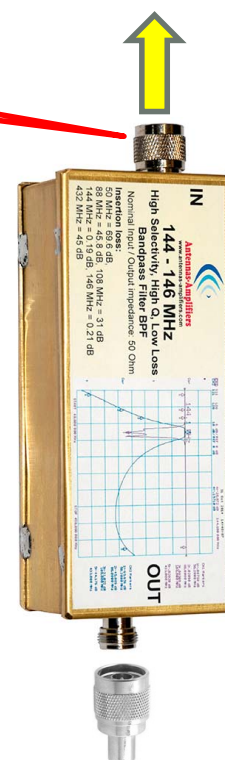
Si può misurare RL,
Z, Loss & Gain
ma solo da un lato
del DUT (Device Under Test)

Uso di una sola porta del VNA

Per testare dispositivi con un solo connettore di accesso ovvero anche due, quando non interessa misurare anche l'eventuale uscita



Ingresso sotto test



Alla porta 1 del VNA

Filtro di banda

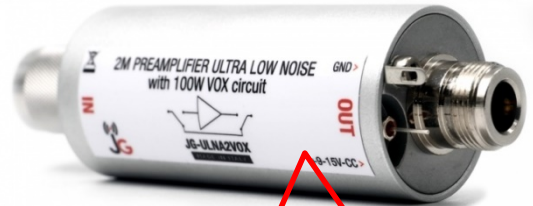
Carico 50 ohm

Uso di entrambe le porte del VNA

Per testare dispositivi che hanno i connettori IN e OUT

Per misurare anche cosa transita nel DUT

Ingresso
Alla
Porta 1
del VNA



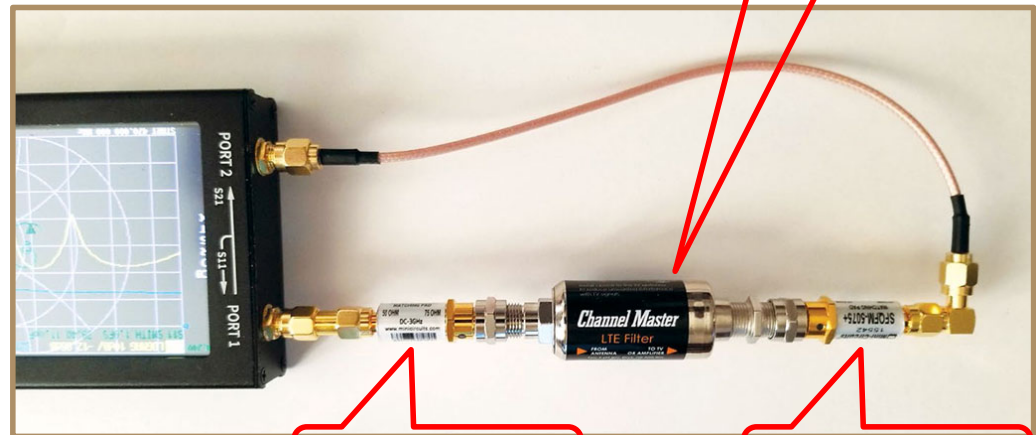
Uscita
alla
Porta 2
del VNA

Amplificatore sotto test

Amplificatore sotto test



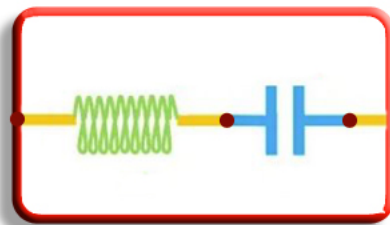
Cavo sotto test



Attenuatore

Attenuatore

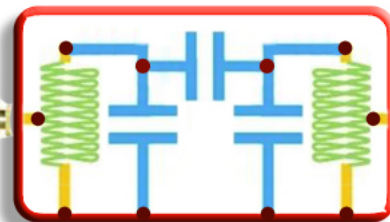
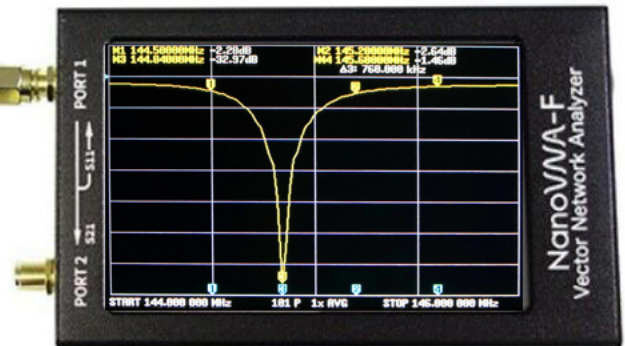
Esempi d'uso. Una sola Porta o due Porte



Filtro Notch

Porta 1 Tx

Si visualizza il RL e la
frequenza attenuata



Filtro di banda

Porta 1 Tx

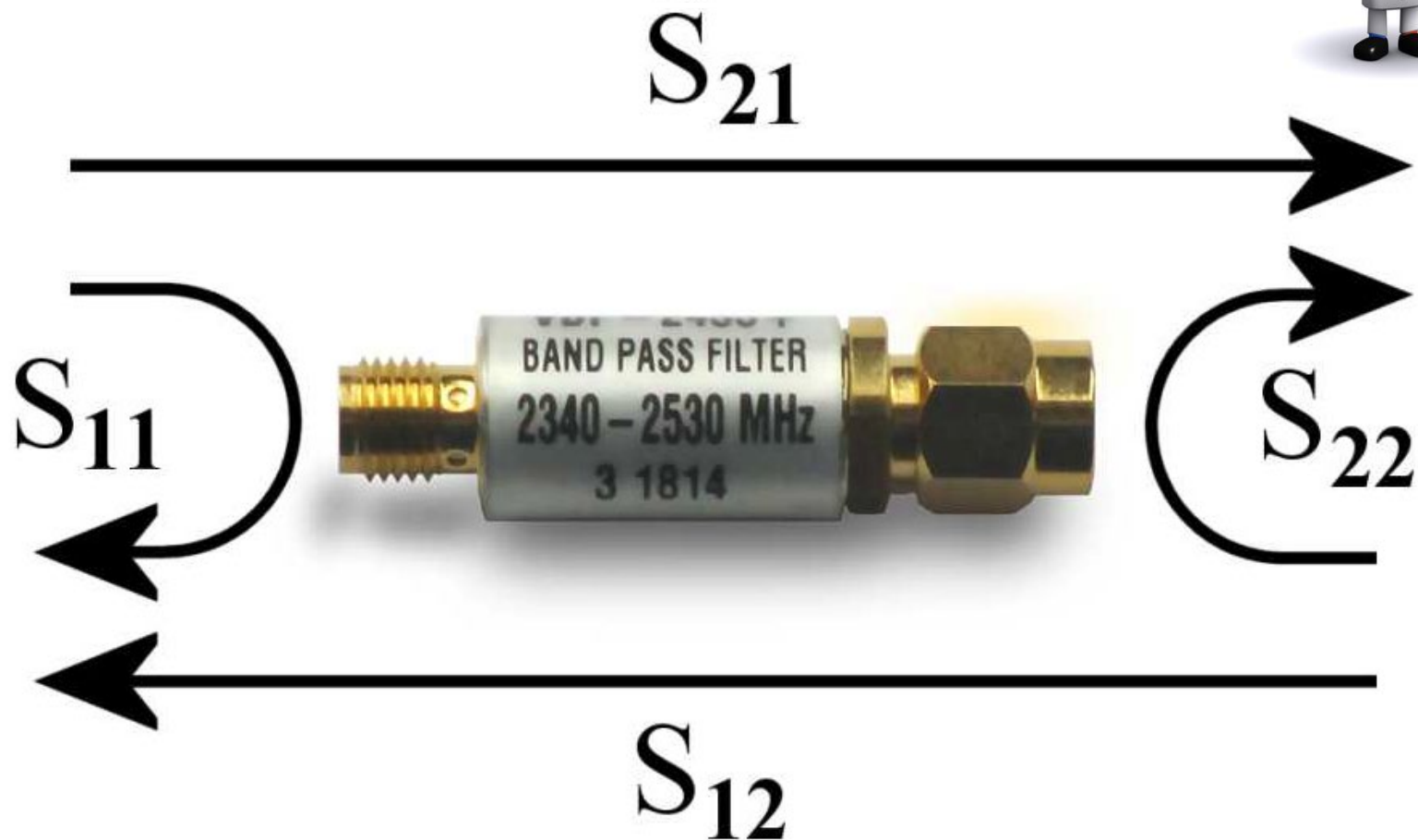
Porta 2 Rx



Si visualizza il RL, la frequenza del filtro,
la banda passante e la perdita di passaggio

Informazione importante

I Parametri 'S' (Scattering)



I parametri **S** usano sovente per indicare il comportamento di un oggetto sotto test.

S₁₁

Questa indicazione ad esempio indica il RL all'ingresso 1 del filtro sotto esame



- Il primo numero indica la porta dove il segnale esce
- Il secondo numero indica la porta dove il segnale entra

I parametri **S** vanno pronunciati staccando i due numeri ...esempio.....**S**₁₁...si dice.. **S/uno/uno**. (mai dire **S undici**).

I parametri **S** sono normalmente espressi in dB
(possono essere indicati anche in altre forme che non andiamo a illustrare)

S_{11}

Indica il Return Loss misurato sulla porta 1 di accesso al DUT

S_{22}

Indica il Return Loss misurato sulla porta 2 di uscita del DUT

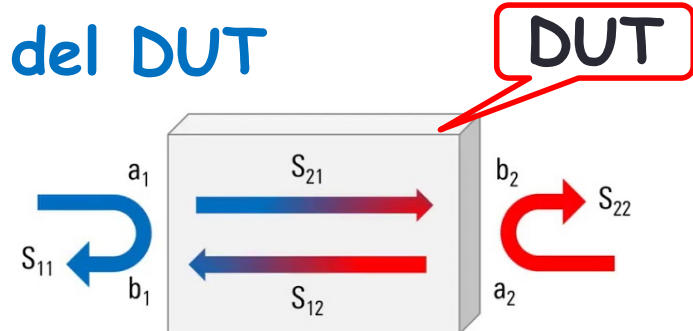
S_{21}

Indica il guadagno o la perdita di transito nel tratto uscita 2 $\rightarrow$ ingresso 1 del DUT

S_{12}

Indica il guadagno o la perdita di transito nel tratto uscita 1 $\rightarrow$ ingresso 2 del DUT

Il parametro S_{12} (negli amplificatori)
indica l'isolamento inverso tra OUT e IN



Il VNA, essendo un apparecchio semplificato, permette di misurare solo i parametri S_{11} e S_{21}

Tuttavia invertendo manualmente i cavi di misura che vanno al DUT si possono misurare anche S_{22} e S_{12}

S_{11}

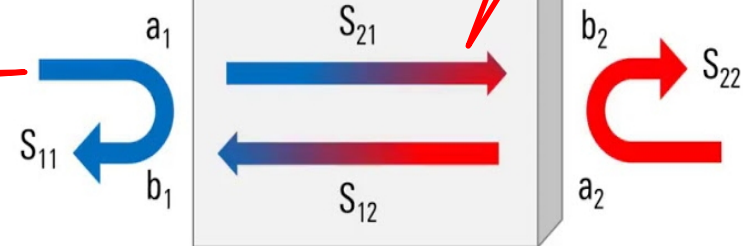
S_{21}

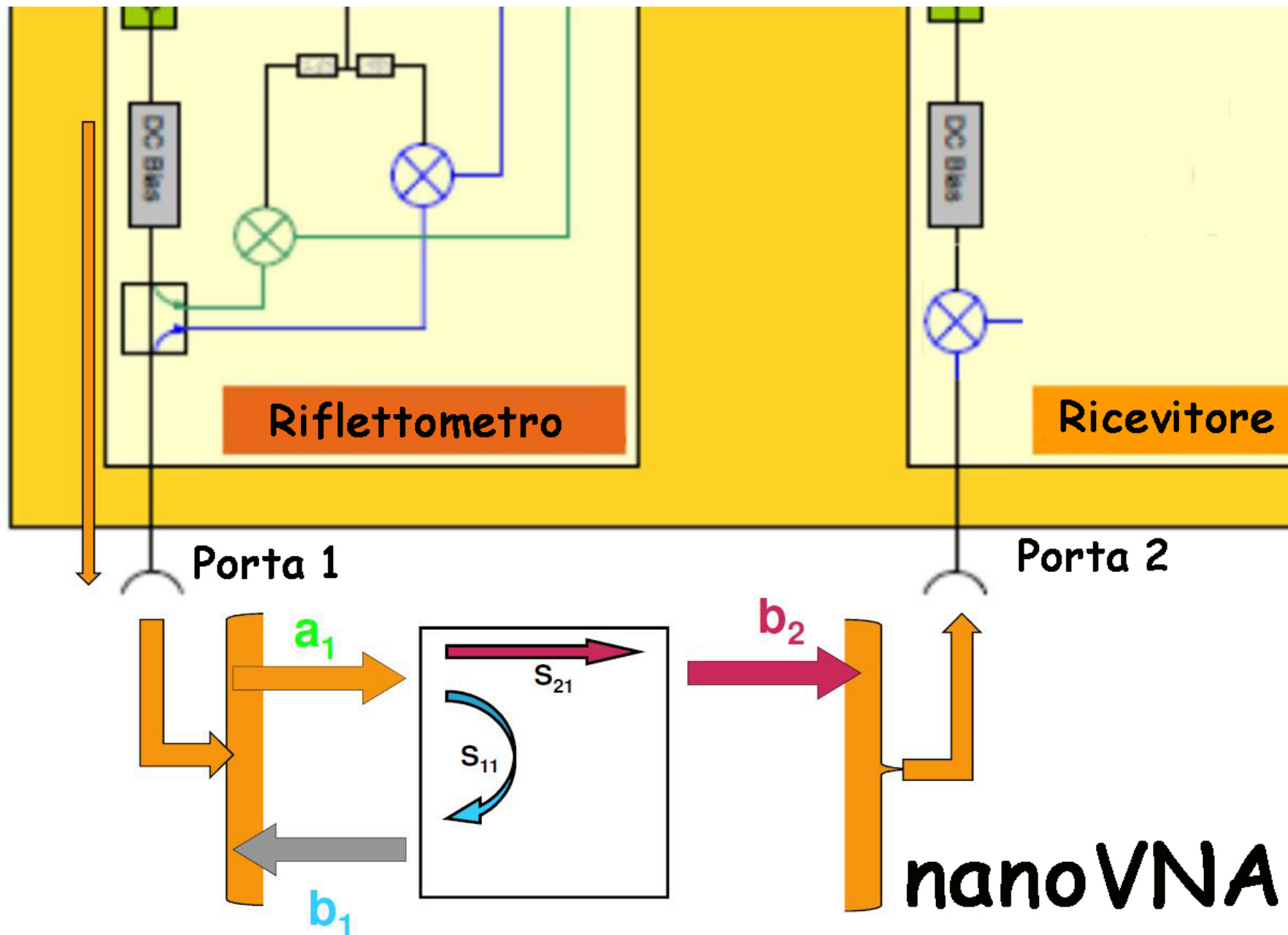
S_{21}



S_{21}

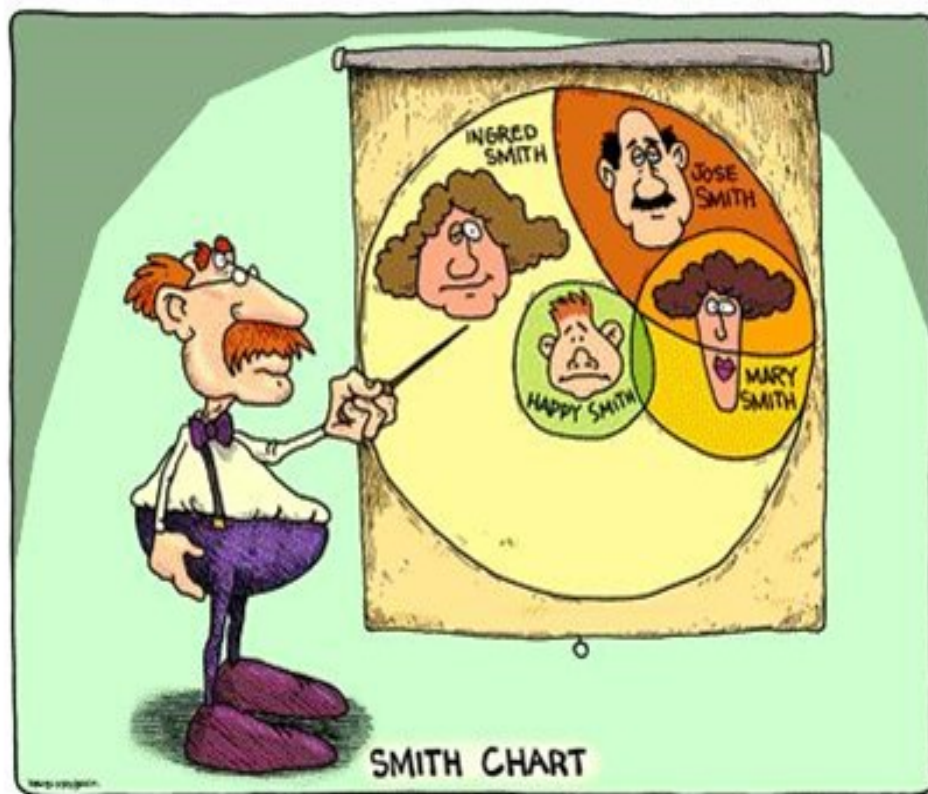
DUT





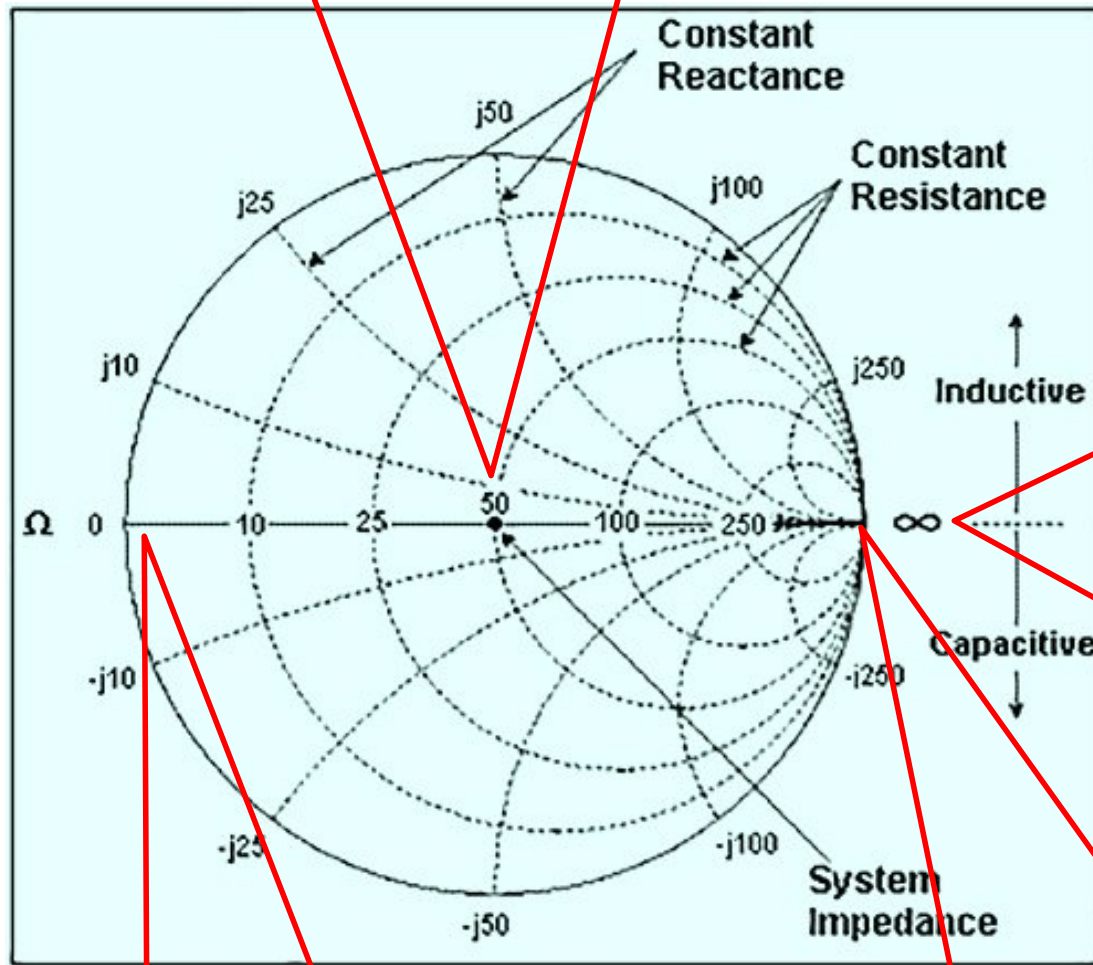
Altra Informazione importante

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.

In centro vi sono i 50 ohm normalizzati

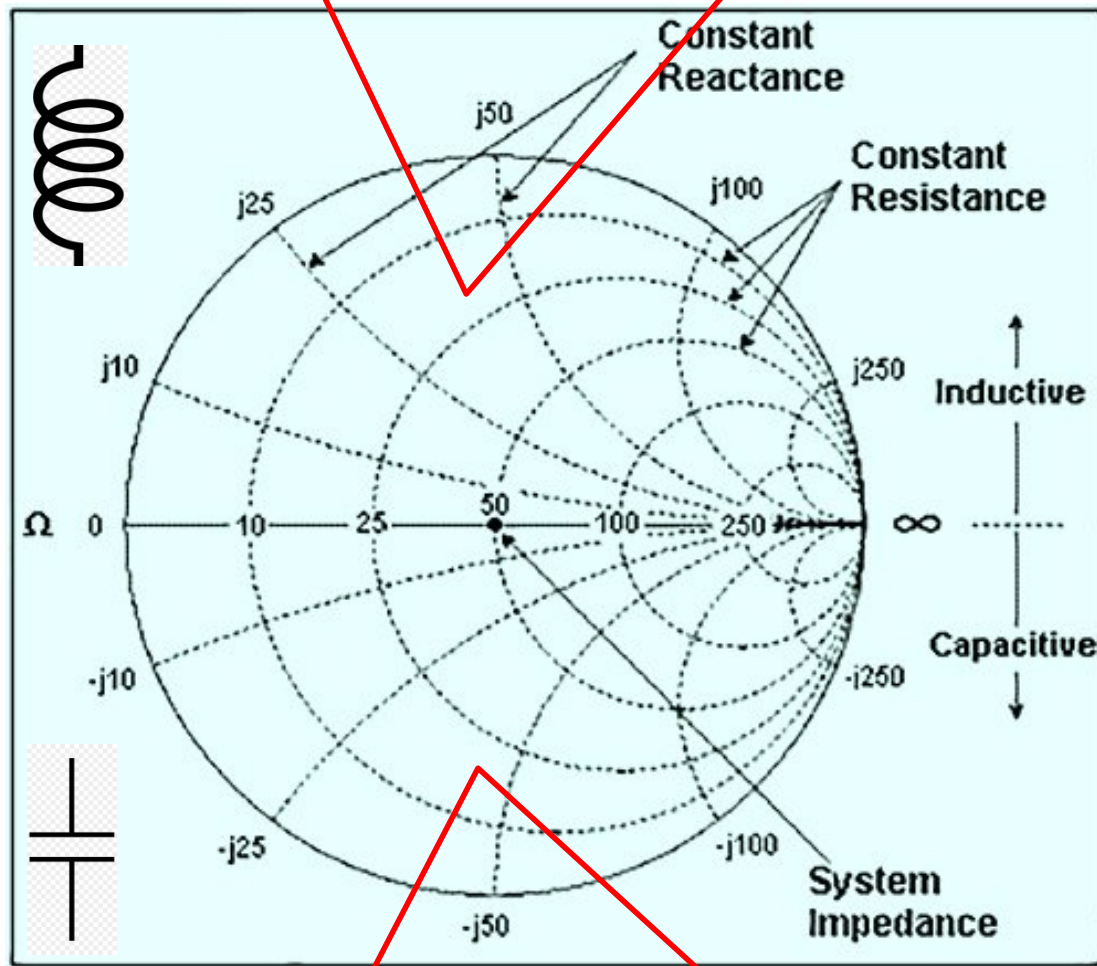


Sulla riga orizzontale che attraversa il cerchio, sono rappresentate tutte le impedenze aventi una X nulla cioè resistenze pure.

A sinistra i Zero ohm

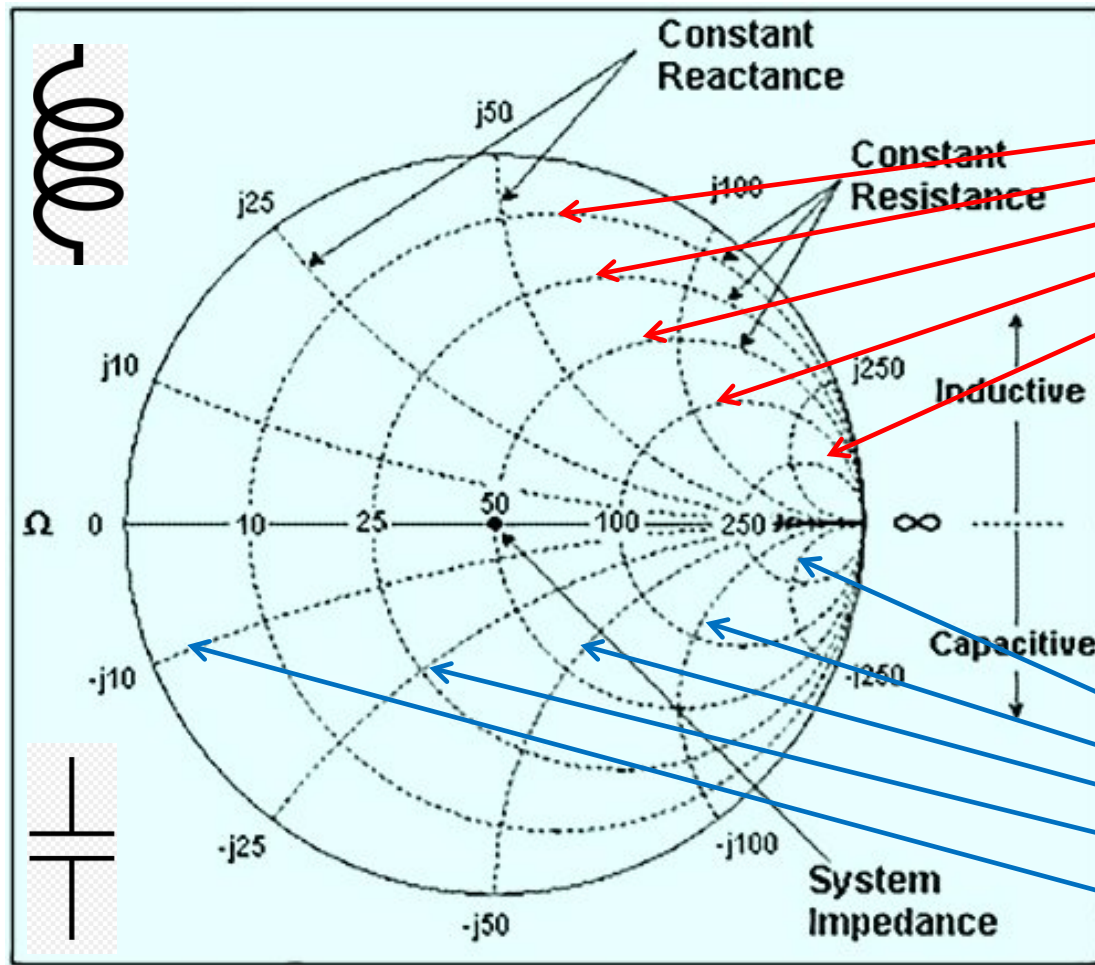
A destra la resistenza infinita

Sopra sono rappresentate le **reattanze induttive $+X$**



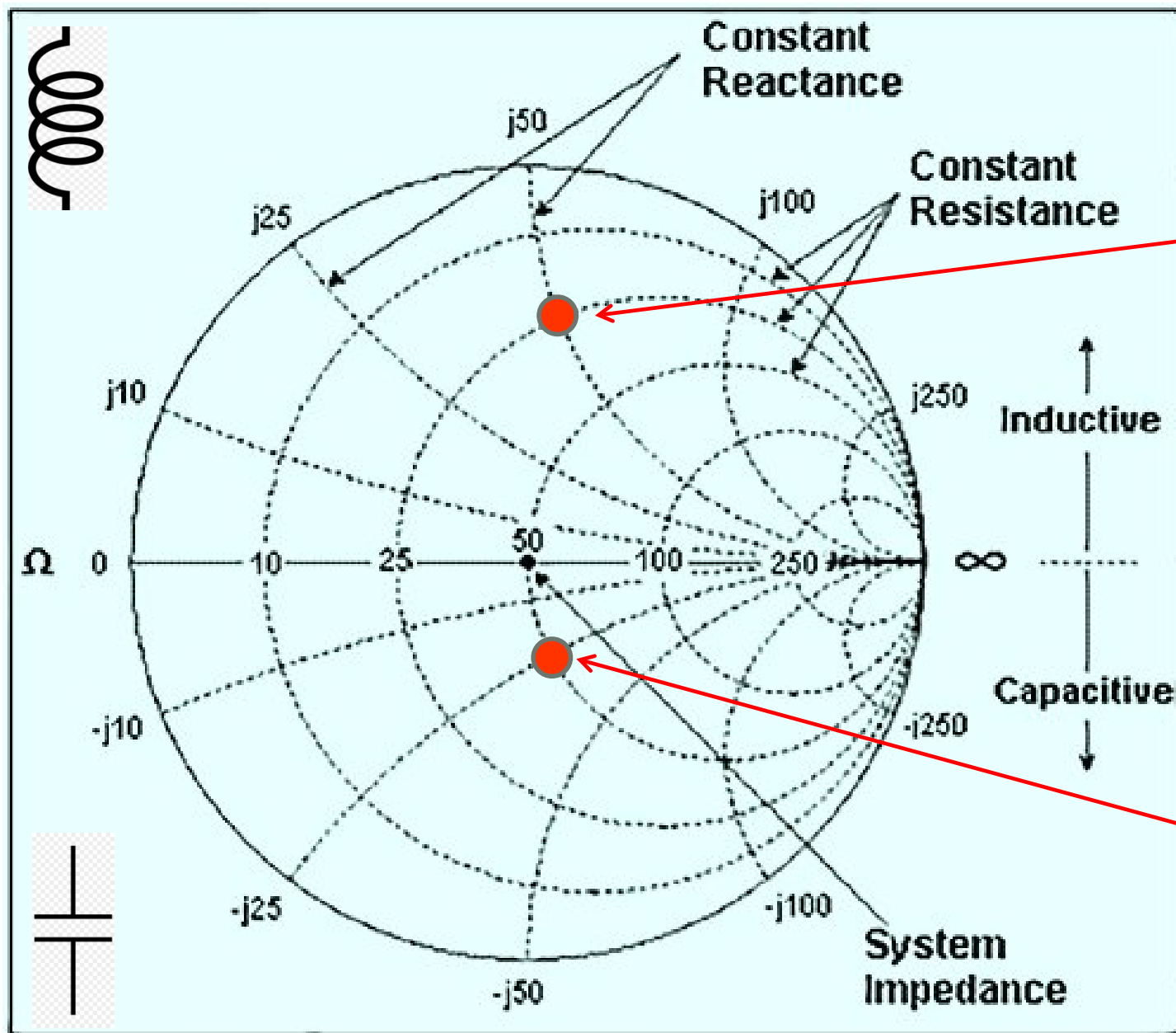
Sopra e sotto la
riga centrale vi
sono delle aree
dove vengono
rappresentati i
valori di Z aventi
componenti
reattive X

Sotto sono rappresentate le **reattanze capacitive $-X$**



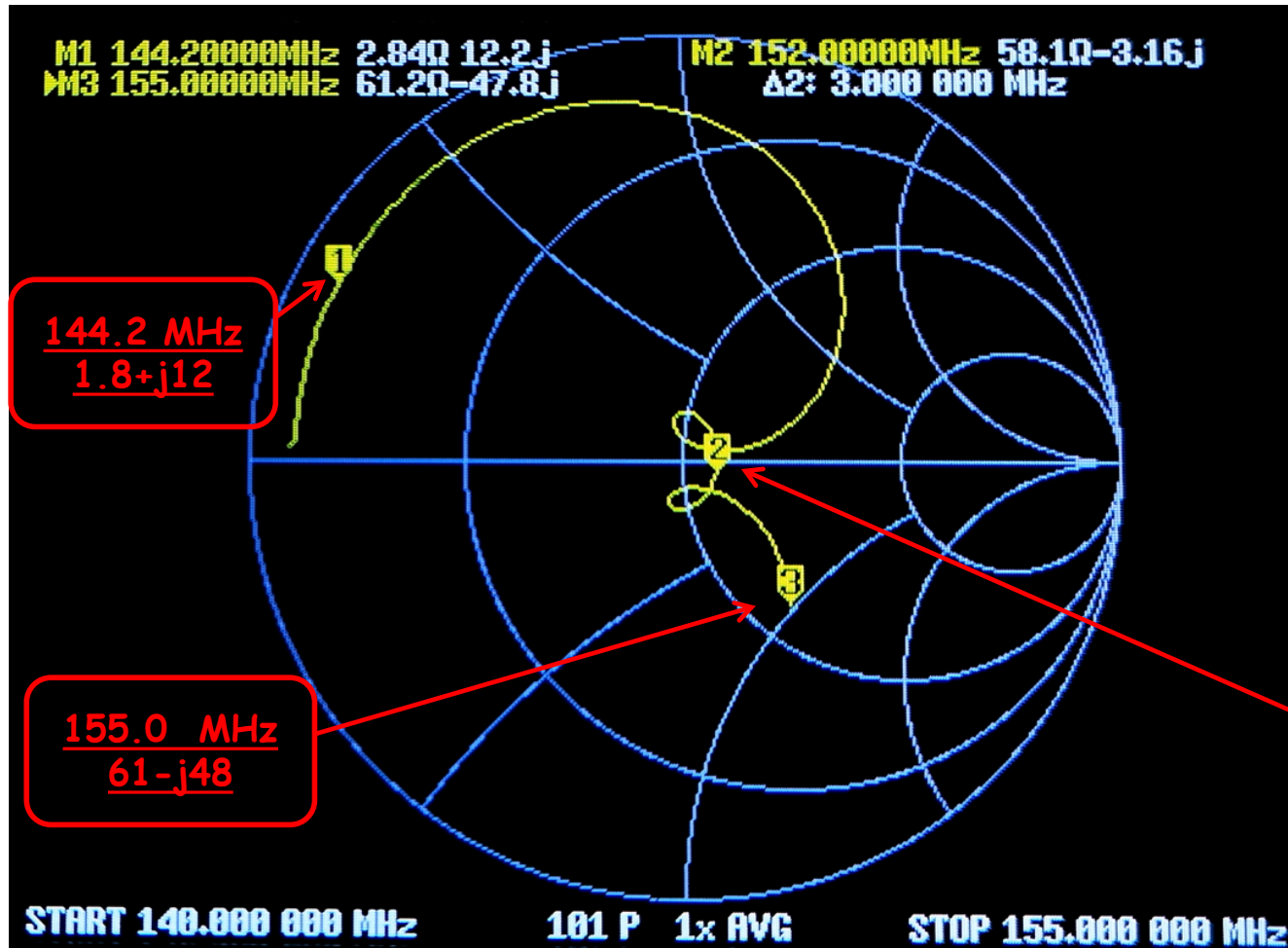
Tutti questi
cerchi
rappresentano
punti con la
medesima
resistenza R

Tutti questi
cerchi
rappresentano
punti con la
medesima
reattanza X



Esempio di un controllo di una antenna.

Sweep impostato tra 140 e 155 MHz

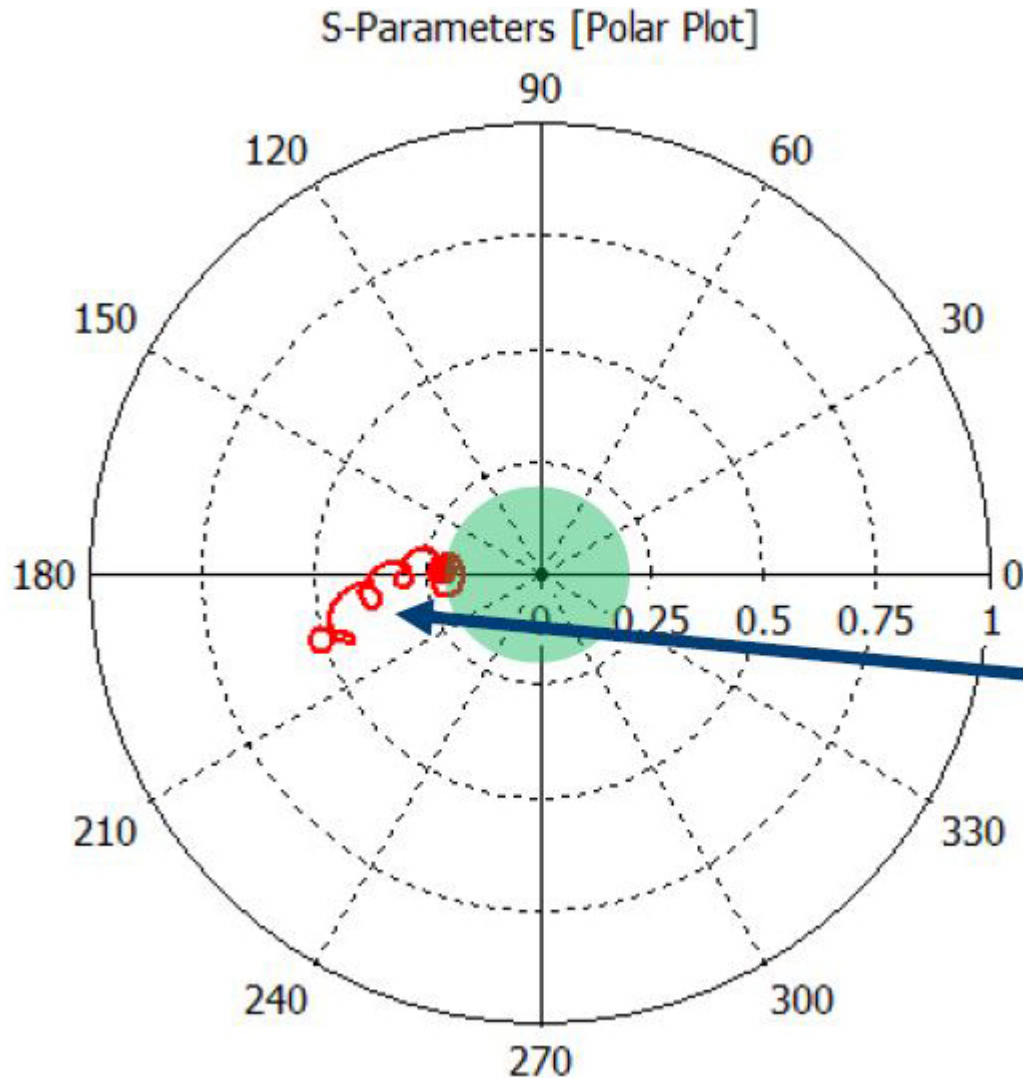


S_{11}

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 sweepando il DUT nella frequenza operativa



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 molto importanti

Essi sono dei riferimenti indispensabili per la calibrazione



Un OPEN connettore aperto

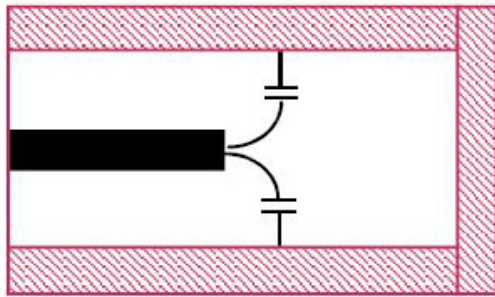
Un SHORT connettore in corto

Un LOAD connettore 50 ohm

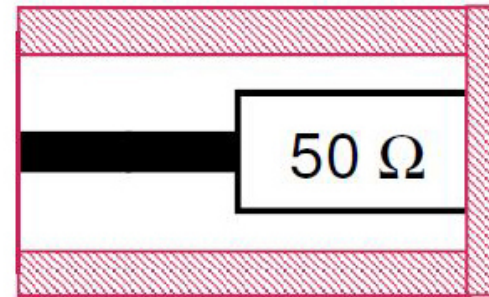
Un paio di giunti passanti

Come sono fatti i connettori di riferimento?

Tali oggetti sono all'incirca così !



OPEN



LOAD



SHORT



TROUGH

Per avere dei dati attendibili dal VNA è necessario calibrare lo strumento.

E' mandatorio e indispensabile farlo quando si usa la carta di Smith necessaria per conoscere la natura dei carichi cioè $R \& jX$



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



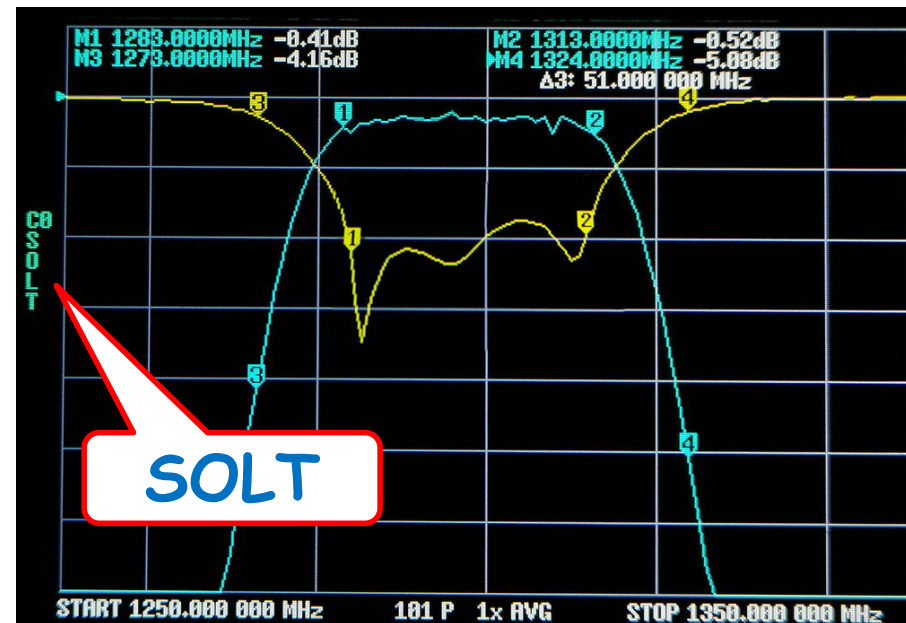
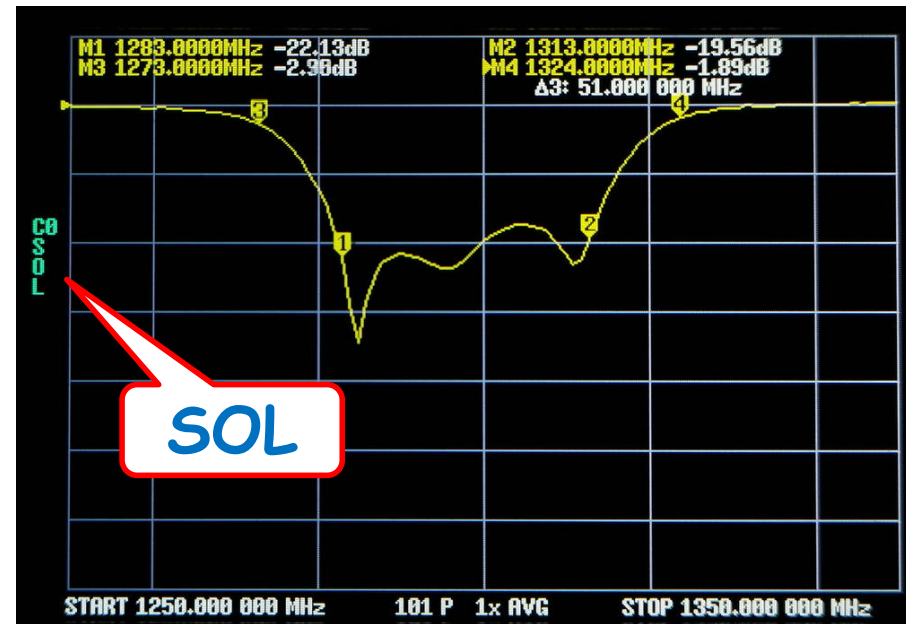
I connettori del KIT permettono di fare due tipi di calibrazioni: SOL e SOLT

SOL ShortOpenLoad

SOLT ShortOpenLoadTrough

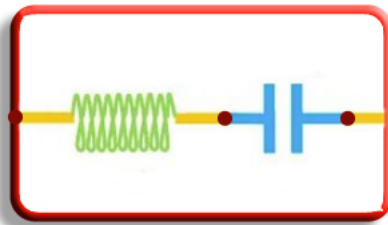
La **SOL** è la calibrazione ridotta e si usa per misurare solo il RL (S11)

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



SOL si usa per la misura 1° e **SOLT** si usa per la misura 2°

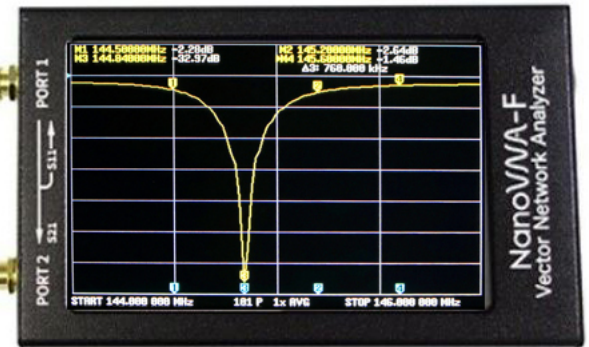
1°



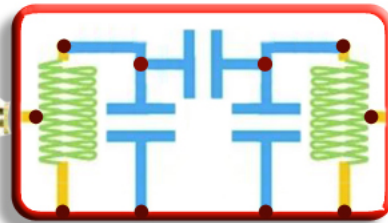
Filtro Notch

Porta 1 Tx

Test del RL e
frequenza attenuata



2°



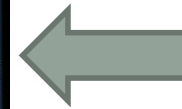
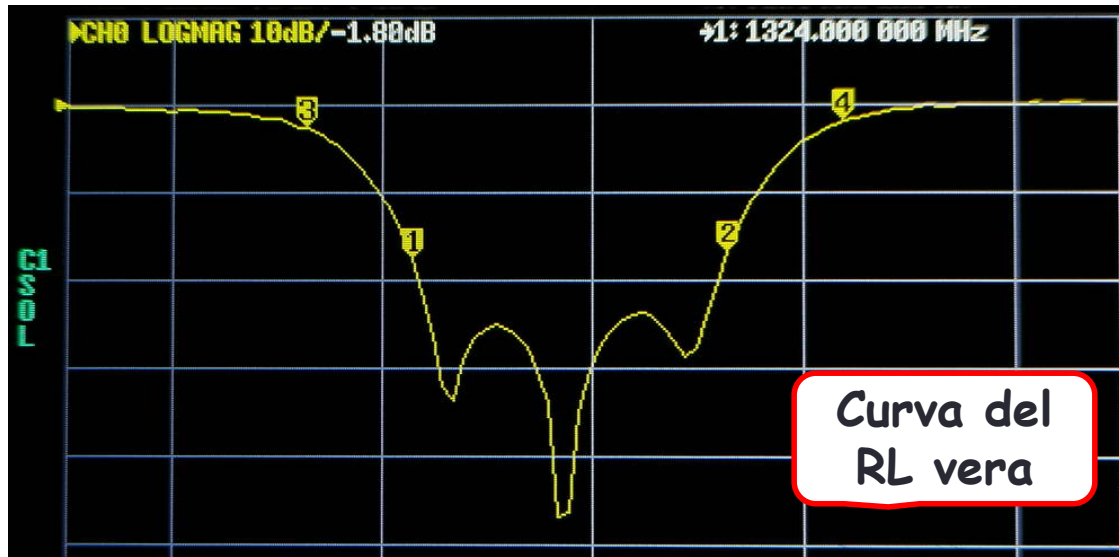
Filtro di banda

Porta 1 Tx

Porta 2 Rx

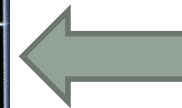
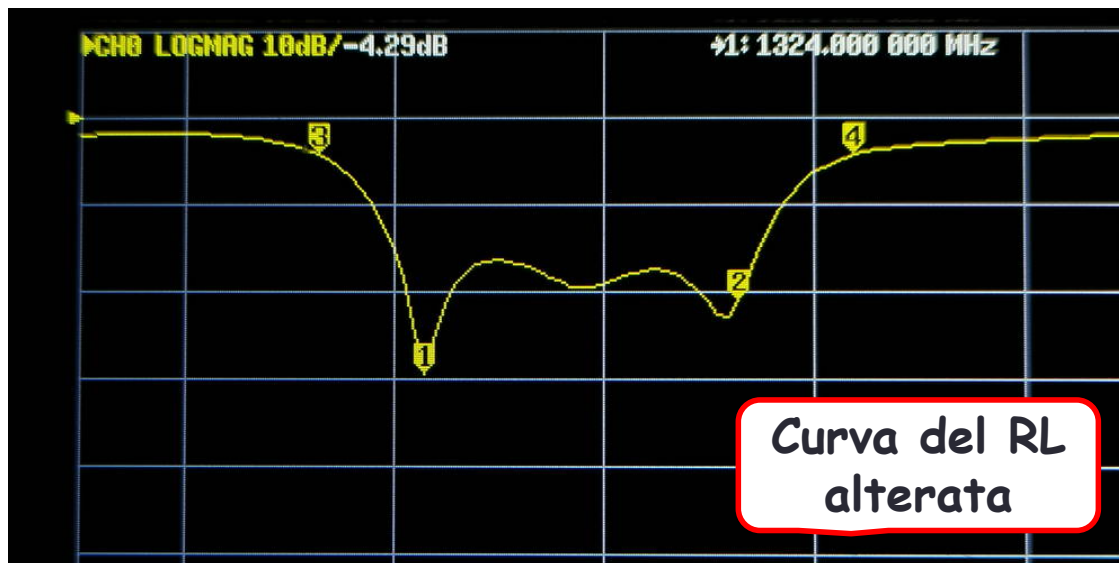


Test del RL, frequenza del filtro, banda
passante e perdita di passaggio



VNA e
cavo
calibrati

Confronto tra calibrato /non calibrato



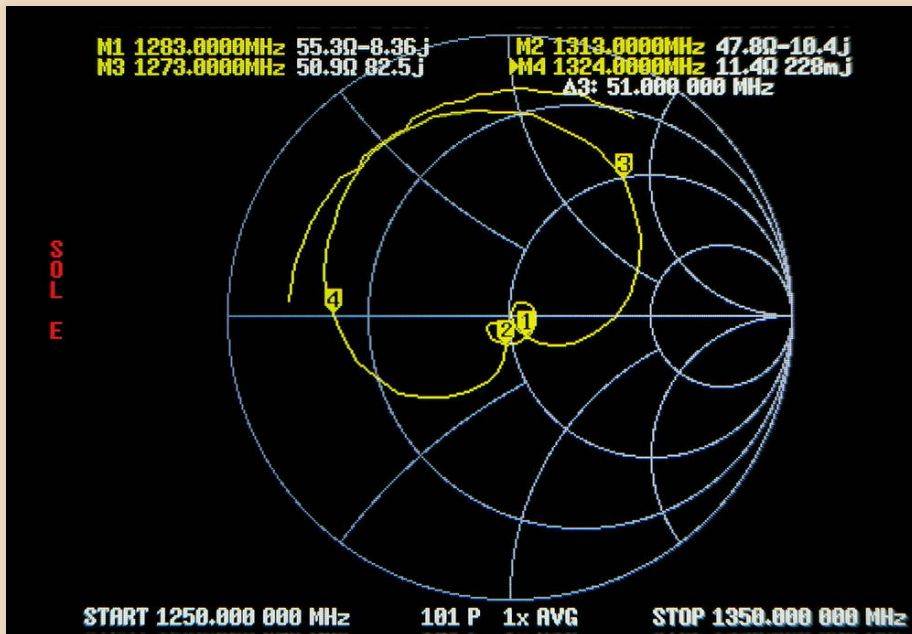
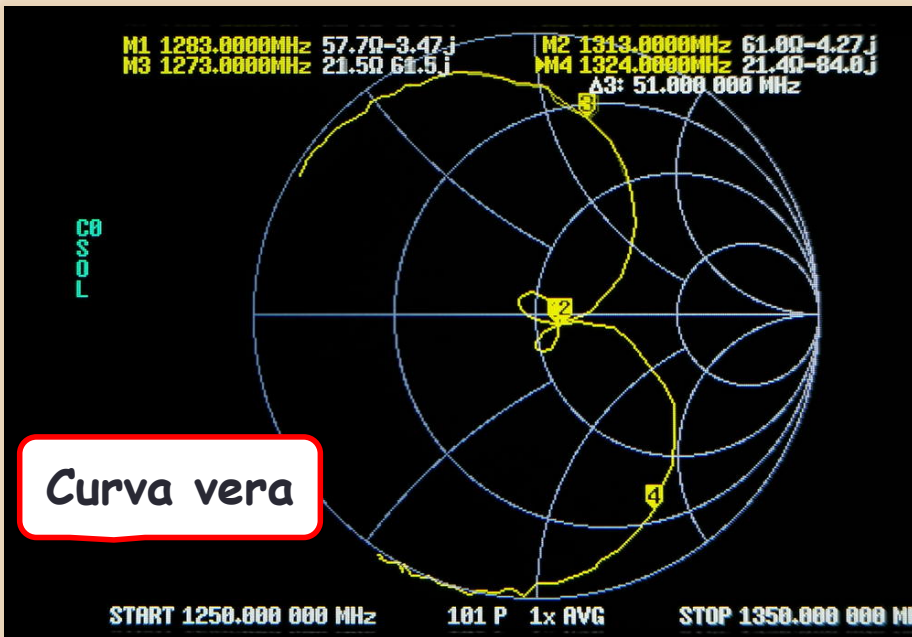
VNA e
cavo n°2
non
calibrati

VNA e cavo
calibrati

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

Nei due casi la curva
appare molto diversa.

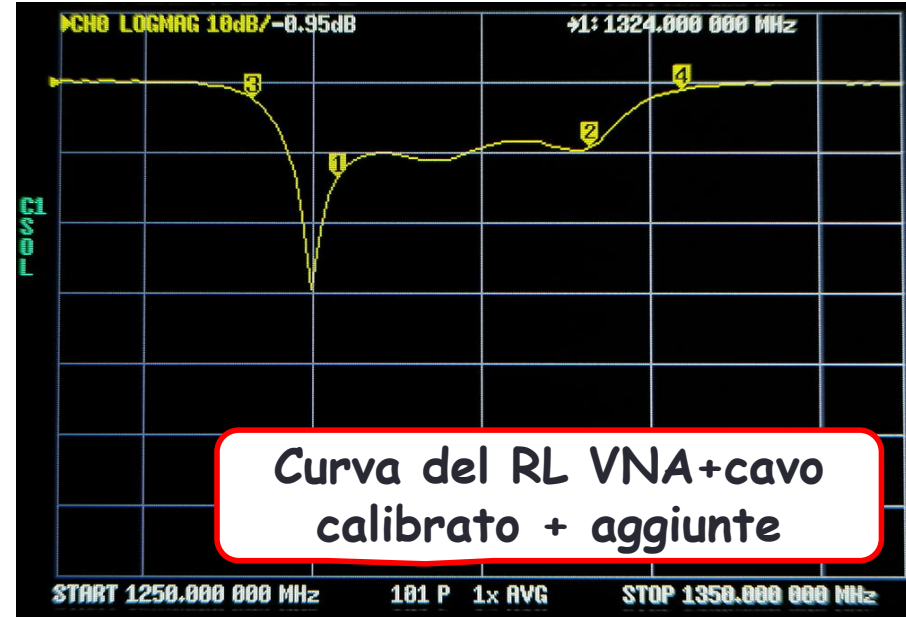
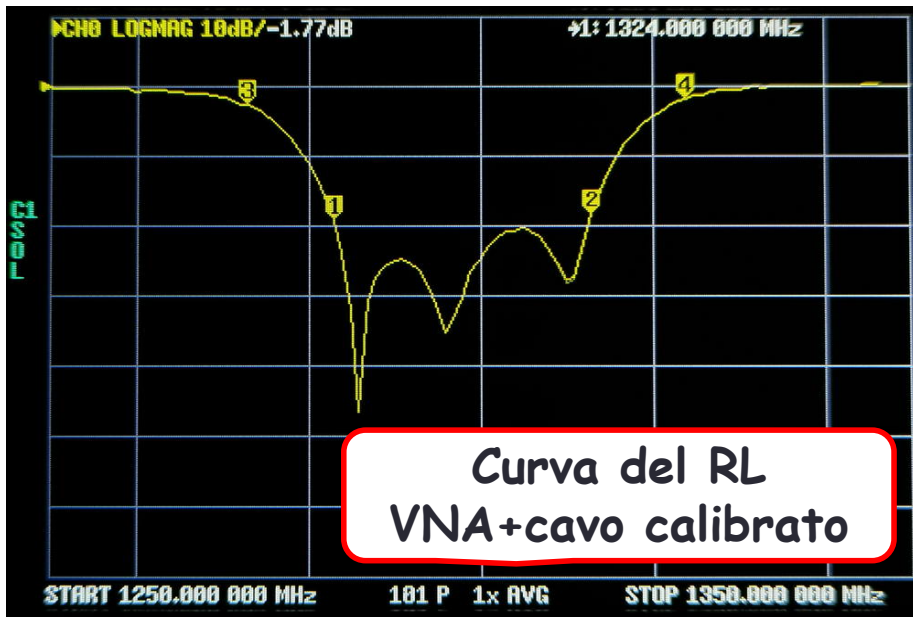
VNA e cavo 2
non calibrati



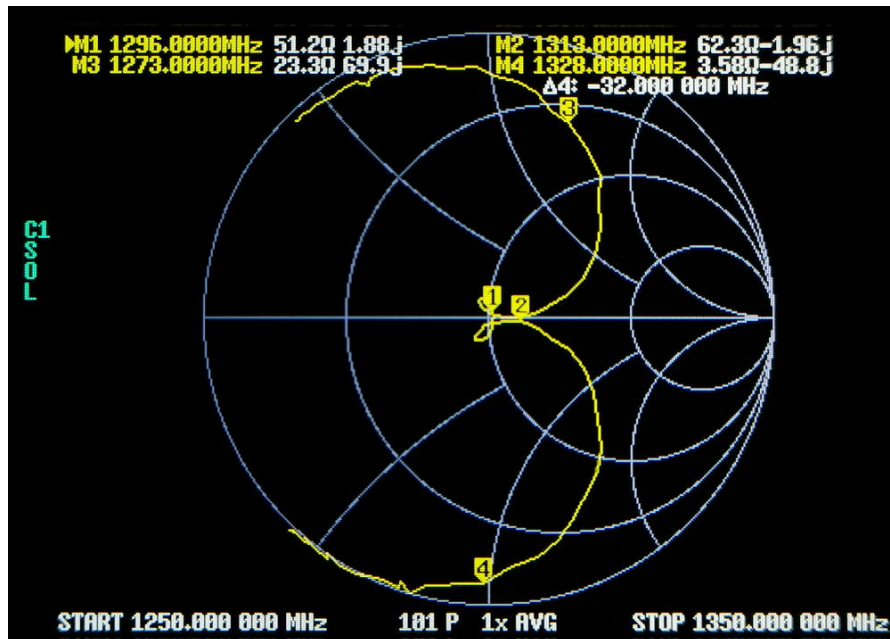
**Quando il VNA+Cavo è calibrato
non sono ammesse modifiche!**



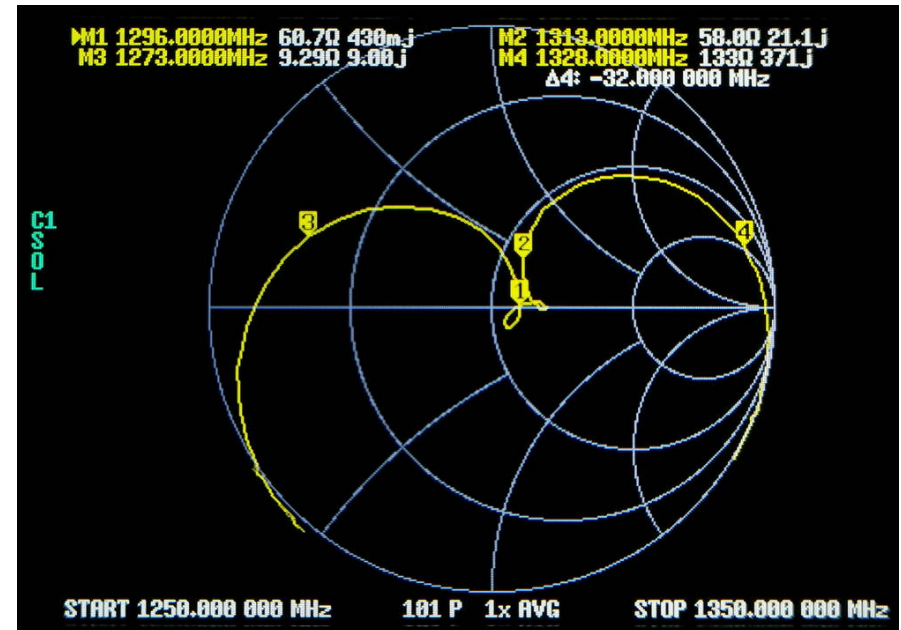
Allungare o accorciare il cavo, (anche solo delle transizioni coassiali) può influire sui dati raccolti



Sulla carta di Smith le modifiche postume dopo la calibrazione producono eclatanti disastri!



RL VNA+cavo calibrato

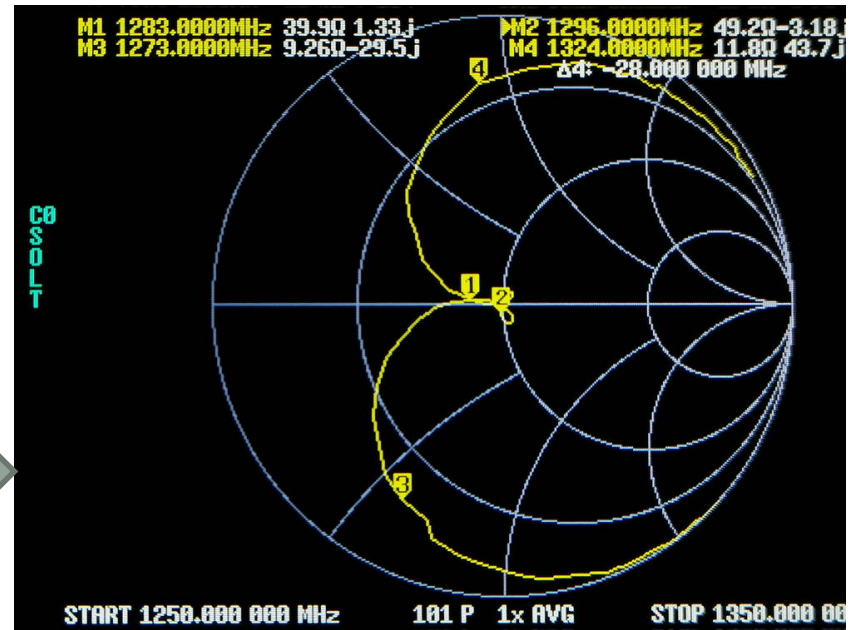
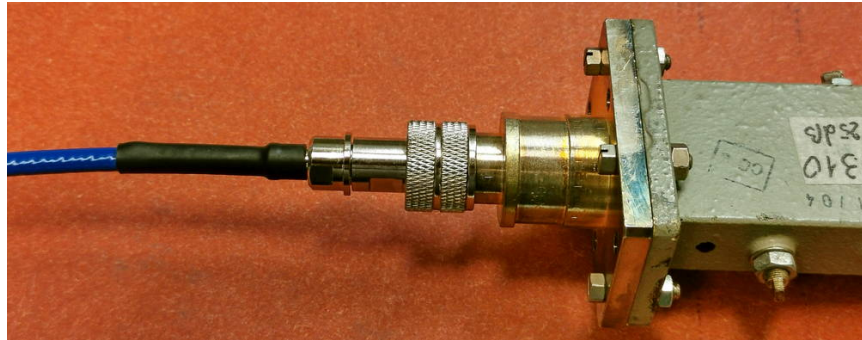


RL VNA+cavo calibrato + modifiche

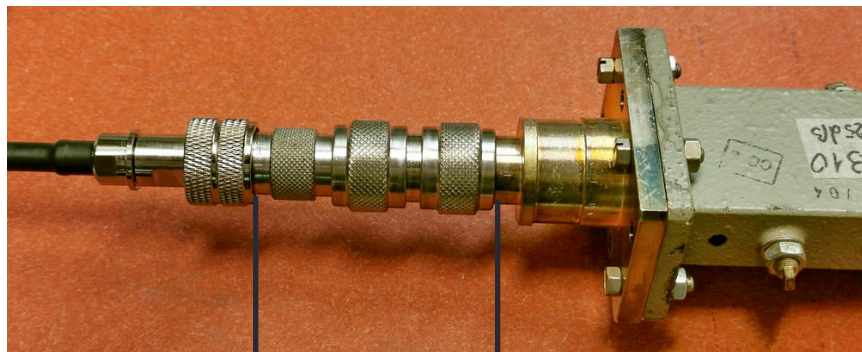
La rotazione dell'immagine è dovuta alla modifica della lunghezza del percorso nel cavo con conseguente variazione della fase del segnale RF riflesso.

La modifica dei valori al centro è invece dovuta alla non più valida calibrazione del VNA che compensa erroneamente i segnali in arrivo.

RL VNA+cavo calibrato

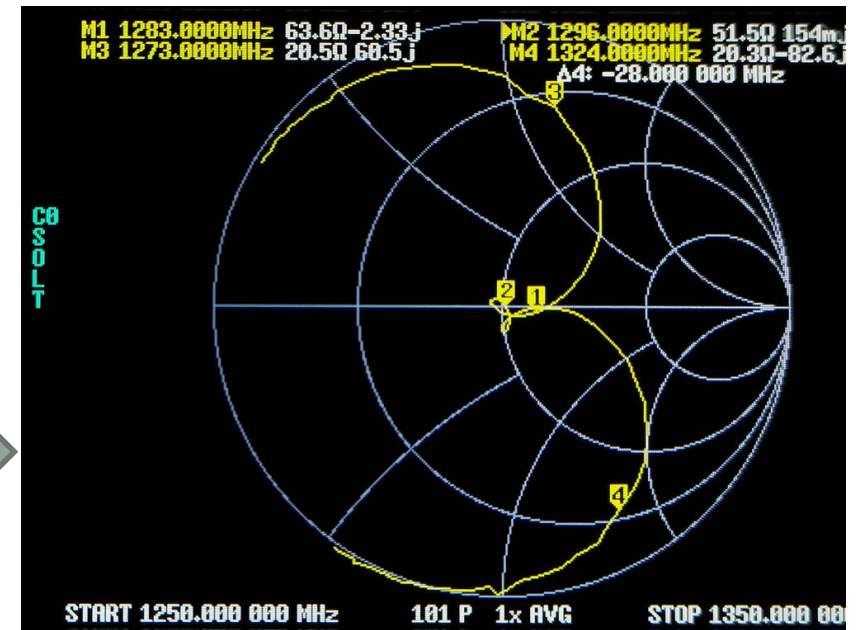


RL VNA+cavo calibrato + una transizione di raccordo



6 cm

(6 cm a 1296 MHZ $\sim \frac{1}{4}$ lamda = mezzo giro)





Idee da suggerire alla moglie per il vostro prossimo regalo di compleanno!



E dopo queste premesse andiamo a fare alcune prove pratiche con il VNA

Useremo il modello
SAA-2N
Quello con i connettori N

Sommario dei lavori

- Settaggio iniziale del VNA
- Calibrazioni SOL e SOLT
- Test su un'antenna e su un filtro
- Misure su cavi coassiali



Grazie per l'attenzione in3hog giovanni