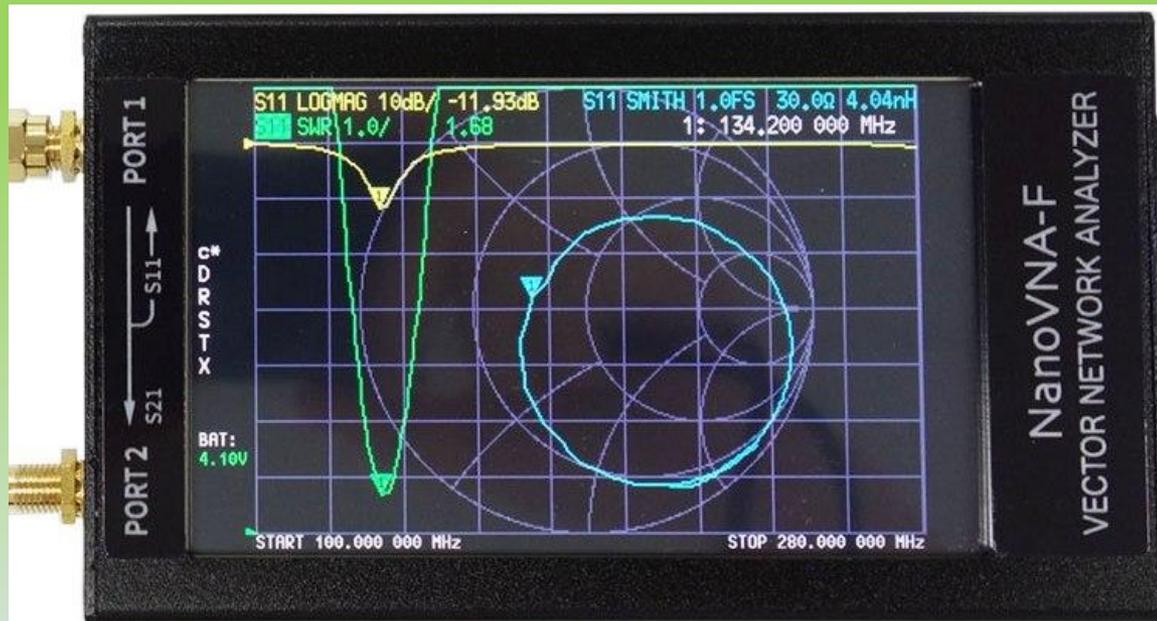


INTRODUZIONE ALL'USO DEI VECTOR NETWORK ANALYZER DI LIVELLO AMATORIALE



TIPOLOGIA DELLE GRANDEZZE MISURABILI

- Le grandezze **SCALARI** sono definiti da un solo valore (es. la temperatura)
- Le grandezze **VETTORIALI** sono invece definiti da DUE valori, il **MODULO** e **l'ANGOLO**

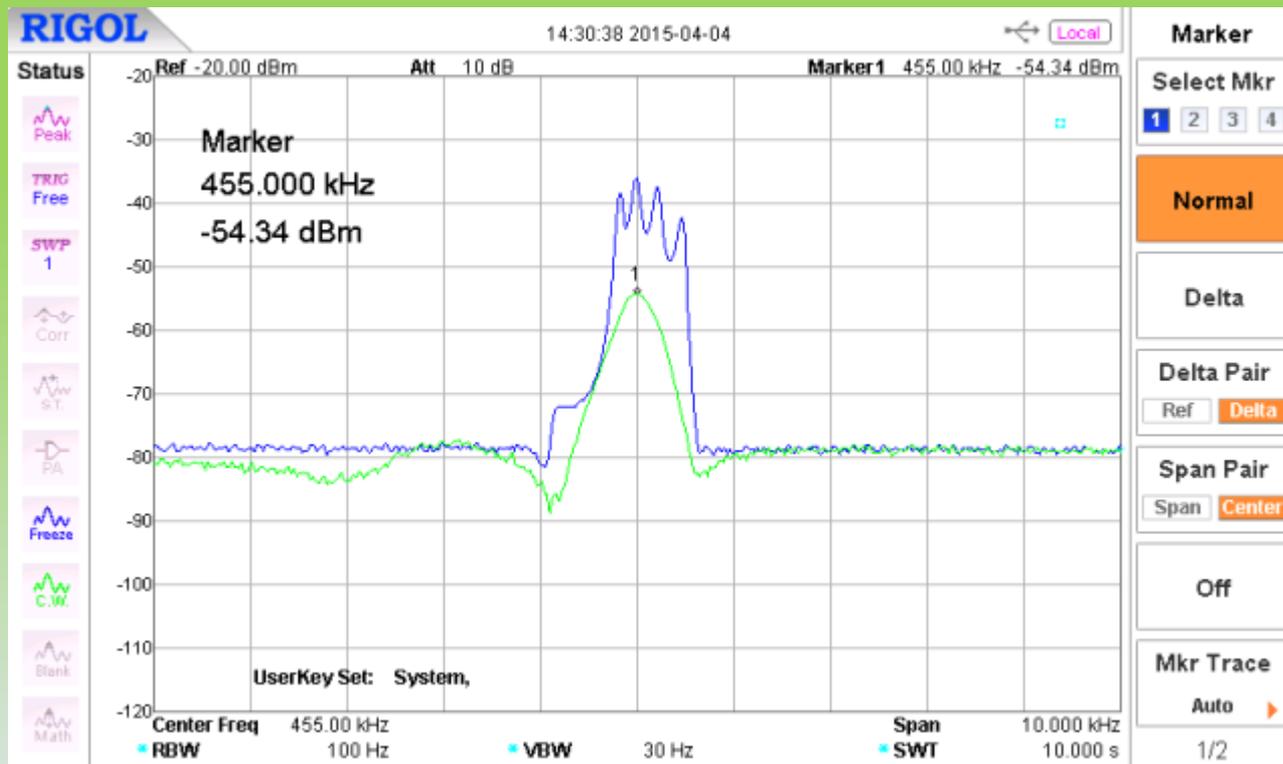
TIPOLOGIA DELLE MISURE STRUMENTALI

- Quando, nel nostro ambito, misuriamo un **AMPIEZZA** di un segnale, eseguiamo una misura di tipo **SCALARE**
- Se invece misuriamo anche la **FASE** di un segnale, possiamo eseguire delle misure di tipo **VETTORIALE**

ESEMPIO : MISURE CON ANALIZZATORE DI SPETTRO DOTATO DI TRACKING GENERATOR



ESEMPIO : MISURA DI UN FILTRO CON UN ANALIZZATORE DI SPETTRO DOTATO DI TRACKING GENERATOR



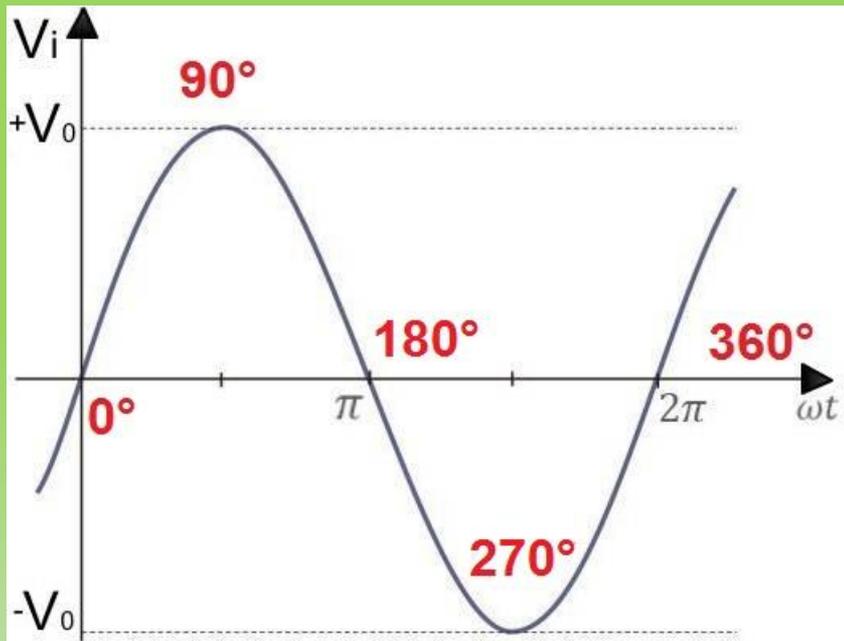
COS'E' ALLORA UN VNA, E COSA HA DI DIVERSO?

- I **VNA** (o **Analizzatori di Reti**) sono strumenti in grado di analizzare le proprietà delle **RETI ELETTRICHE LINEARI**
- Riescono infatti a valutare i comportamenti associati alla **TRASMISSIONE** e alla **RIFLESSIONE** dei Segnali
- Ciò in quanto sono in grado di eseguire misure non solo dell'**AMPIEZZA** ma anche della **FASE** dei segnali

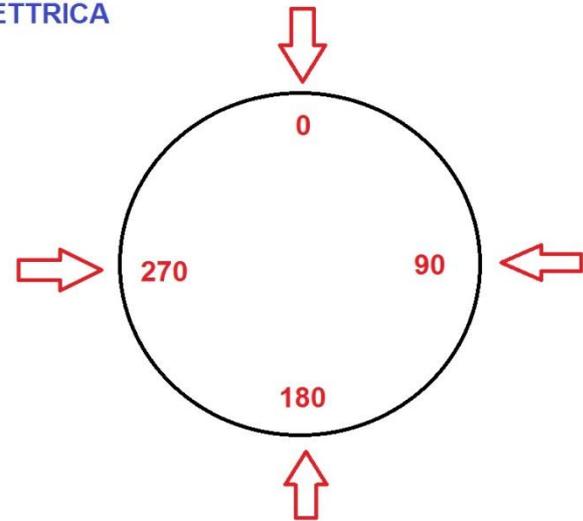
LA FASE ELETTRICA

- Giusto come 'memo', ricordiamo che la **FASE** in un segnale periodico è il tempo trascorso dall'inizio del periodo, e si misura tramite un angolo, detto appunto **ANGOLO DI FASE**

LA FASE ELETTRICA



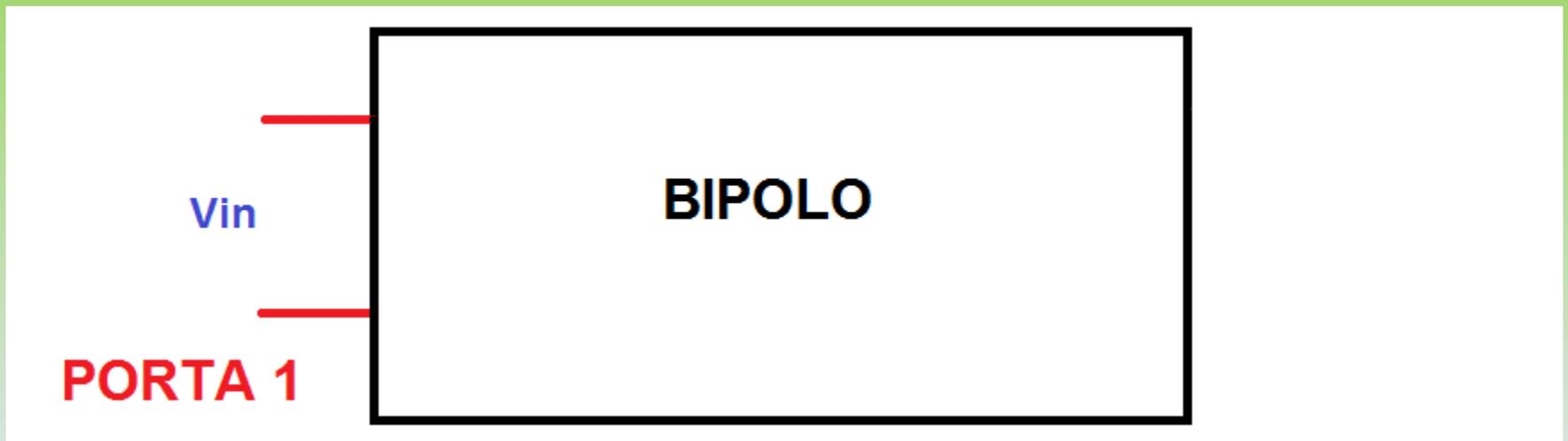
FASE ELETTRICA



LE RETI ELETTRICHE LINEARI

IL BIPOLO

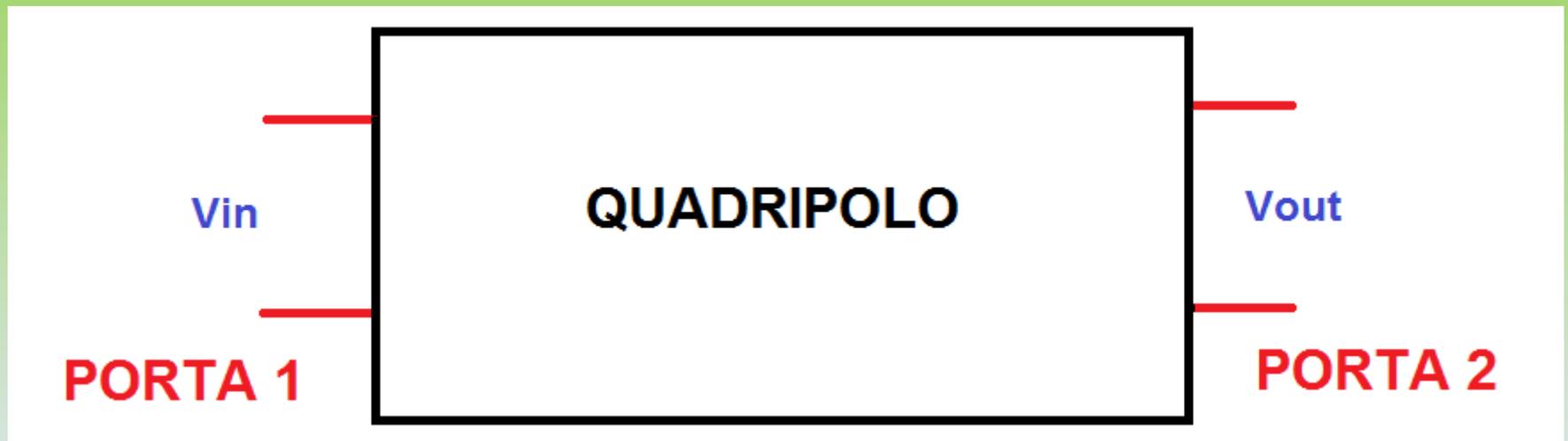
Un circuito elettrico, accessibile da UNA COPPIA di morsetti è denominato **BIPOLO**



LE RETI ELETTRICHE LINEARI

IL QUADRIPOLO

Un circuito elettrico, accessibile da DUE COPPIE di morsetti è denominato **QUADRIPOLO**



I PARAMETRI 'DI DIFFUSIONE' (PARAMETRI DI SCATTERING)

- Sono detti anche Parametri **S-Scatter**
- Indicano il comportamento del bipolo o del quadripolo relativamente alla **TRASMISSIONE** o alla **RIFLESSIONE** dei segnali elettrici immessi
- Fanno parte di una famiglia (Parametri Y di ammettenza, Z di impedenza etc.)

I PARAMETRI S-SCATTER

- Sono grandezze di tipo **VETTORIALE**
- Pertanto per misurarli necessitano strumenti in grado di eseguire misure anche sulla **FASE** dei segnali oltre che sulle **AMPIEZZE** (come appunto i VNA)

I PARAMETRI S-SCATTER

L' S21

Il Parametro S21

Onda Incidente

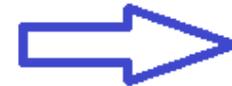


Porta 1

D.U.T

Device Under Test

Onda Trasmessa



Porta 2

I PARAMETRI S-SCATTER

IL PARAMETRO S21

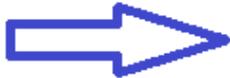
- Ci dice cosa succede in un quadripolo nel segnale in uscita dalla **porta 2** rispetto a quello in ingresso nella **porta 1**
- In sintesi ci indica il 'Coefficiente di Trasmissione' fra le due porte ($V_2:V_1$)
- In pratica, ci fornisce il **GUADAGNO** o **L'ATTENUAZIONE** del D.U.T.

I PARAMETRI S-SCATTER

L' S11

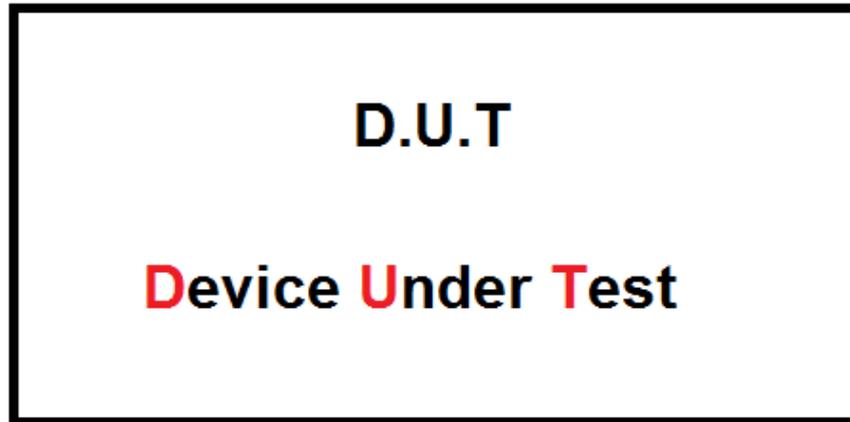
Il parametro S11

Onda Incidente



Onda Riflessa

Porta 1



Onda Trasmessa



Porta 2

I PARAMETRI S-SCATTER

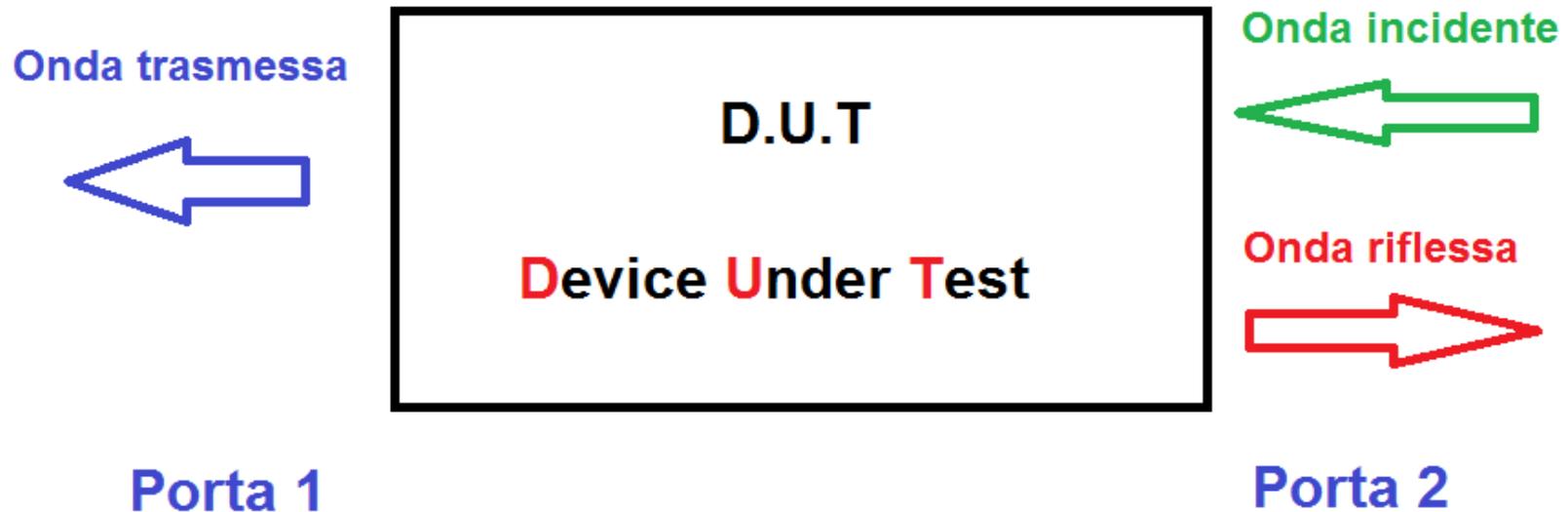
IL PARAMETRO S11

- Se vi è disadattamento fra impedenza di uscita del generatore che alimenta il circuito e l'ingresso del circuito stesso si genera un'**ONDA RIFLESSA**
- Il parametro S11 ci dice il rapporto fra l'onda incidente e quella riflessa nella porta 1
- In sintesi, ci indica il **COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE** della porta 1 del D.U.T.

I PARAMETRI S-SCATTER

L' S_{12} E L' S_{22}

I parametri S_{12} e S_{22}



I PARAMETRI S-SCATTER

I PARAMETRI S12 ED S22

- Ciò che abbiamo visto fra porta 1 e porta 2 può essere replicato **scambiando le porte**, ossia fra **porta 2 e porta 1**
- Il parametro S12 ci dice quindi il **coefficiente di trasmissione** fra uscita e ingresso del circuito
- Il parametro S22 ci dice il **coefficiente di riflessione** dell'uscita del circuito
- Questa seconda serie di misure è utile con circuiti **non simmetrici** (ad es. gli amplificatori)

I PARAMETRI S-SCATTER E I VNA

- Un Analizzatore Vettoriale di Reti (VNA), può fornirci **CONTEMPORANEAMENTE** i parametri di Scattering **S21** ed **S11**
- Ci può quindi dire come si comporta il DUT in termini di **GUADAGNO** o **ATTENUAZIONE** ma anche in termini di **DISADATTAMENTO**
- Tali misure contemporanee sono spesso indispensabili in fase di taratura di alcuni DUT (es. un Duplexer)

A PROPOSITO DI DISADATTAMENTO...

- Noi OM siamo abituati a ragionare in termini di **R.O.S. (o SWR)**
- Ma, per definizione, il R.O.S. si misura sulle **LINEE DI TRASMISSIONE**
- Più genericamente, quando le impedenze di due circuiti sono diverse si parla di **DISADATTAMENTO**
- La misura più classica utilizzata per il disadattamento è il **RETURN LOSS**

IL 'RETURN LOSS'

- Se non abbiamo disadattamento, la potenza fornita al carico viene assorbita integralmente (e non c'è nessuna ONDA RIFLESSA)
- Se abbiamo disadattamento invece abbiamo visto che si determina un'ONDA RIFLESSA
- Maggiore è il disadattamento, maggiore è la porzione di energia che torna indietro
- Conoscendo la potenza dell'ONDA INCIDENTE posso calcolare la DIFFERENZA in db fra essa e la potenza dell'ONDA RIFLESSA...

IL 'RETURN LOSS'

- Questa misura si chiama **RETURN LOSS**
- Ci dice appunto quanta PERDITA c'è nel segnale di RITORNO, ed è quindi una misura dell'adattamento (o del disadattamento)
- Maggiore è la differenza in db, migliore è l'adattamento
- Sebbene teoricamente infinita in caso di perfetto adattamento, ovviamente la misura è, nella pratica, finita...
- Misure di 40-45 db di Return Loss corrispondono ad un adattamento praticamente perfetto ...

'RETURN LOSS' VS SWR

RETURN LOSS	S.W.R.
db	x:1
0	INFINITO
2	8,70
3	5,80
6	3,00
8	2,30
10	1,90
13	1,50
16	1,30
20	1,20
26	1,10
30	1,06
36	1,03

LE MISURE CHE PUO' ESEGUIRE UN VNA

- Dalla misura dell'**AMPIEZZA** e della **FASE** dei segnali, il VNA può quindi derivare tutta una serie di misure, quali:
 - **GUADAGNO/ATTENUAZIONE (S21)**
 - **RETURN LOSS/SWR** (su diagramma cartesiano o Carta di Smith, S11)
 - **IMPEDENZA** (Componente Reale e Immaginaria, $Z = R + jX$)
 - **RITARDO DI FASE** (Phase delay)

...

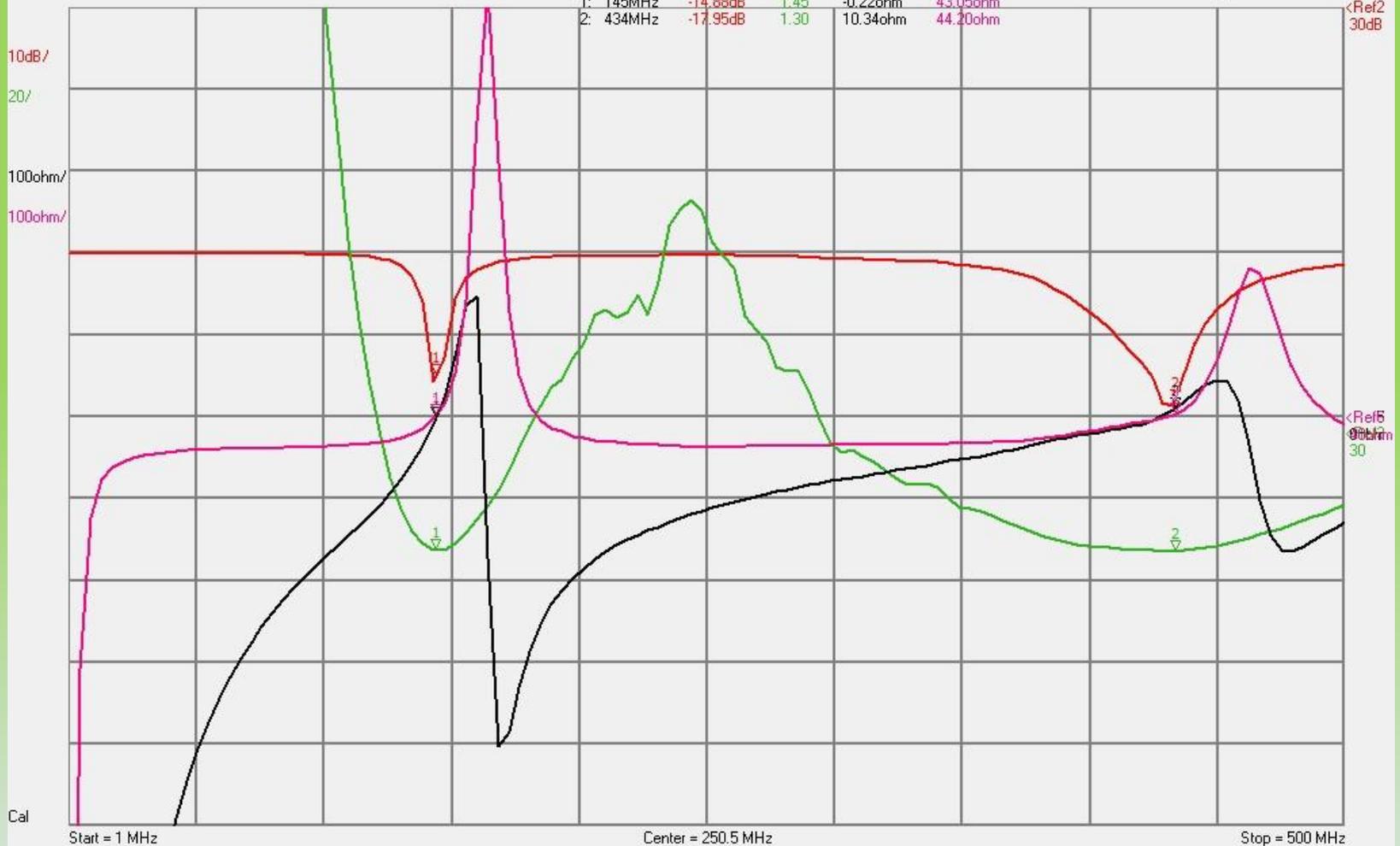
I PARAMETRI S-SCATTER E I VNA

DG85AQ Vector Network Analyzer Software

22/11/2020 18:50:14 Test Antennina Baofeng UV5R

Marker1 @144699367 Hz

1: 145MHz	-14.88dB	1.45	-0.22ohm	43.05ohm
2: 434MHz	-17.95dB	1.30	10.34ohm	44.20ohm



Cal

Start = 1 MHz

Center = 250.5 MHz
Span = 499 MHz

Stop = 500 MHz

=>
TX Att. = 0 dB

S11 dB

S11 VSWR

S11 Imag Z

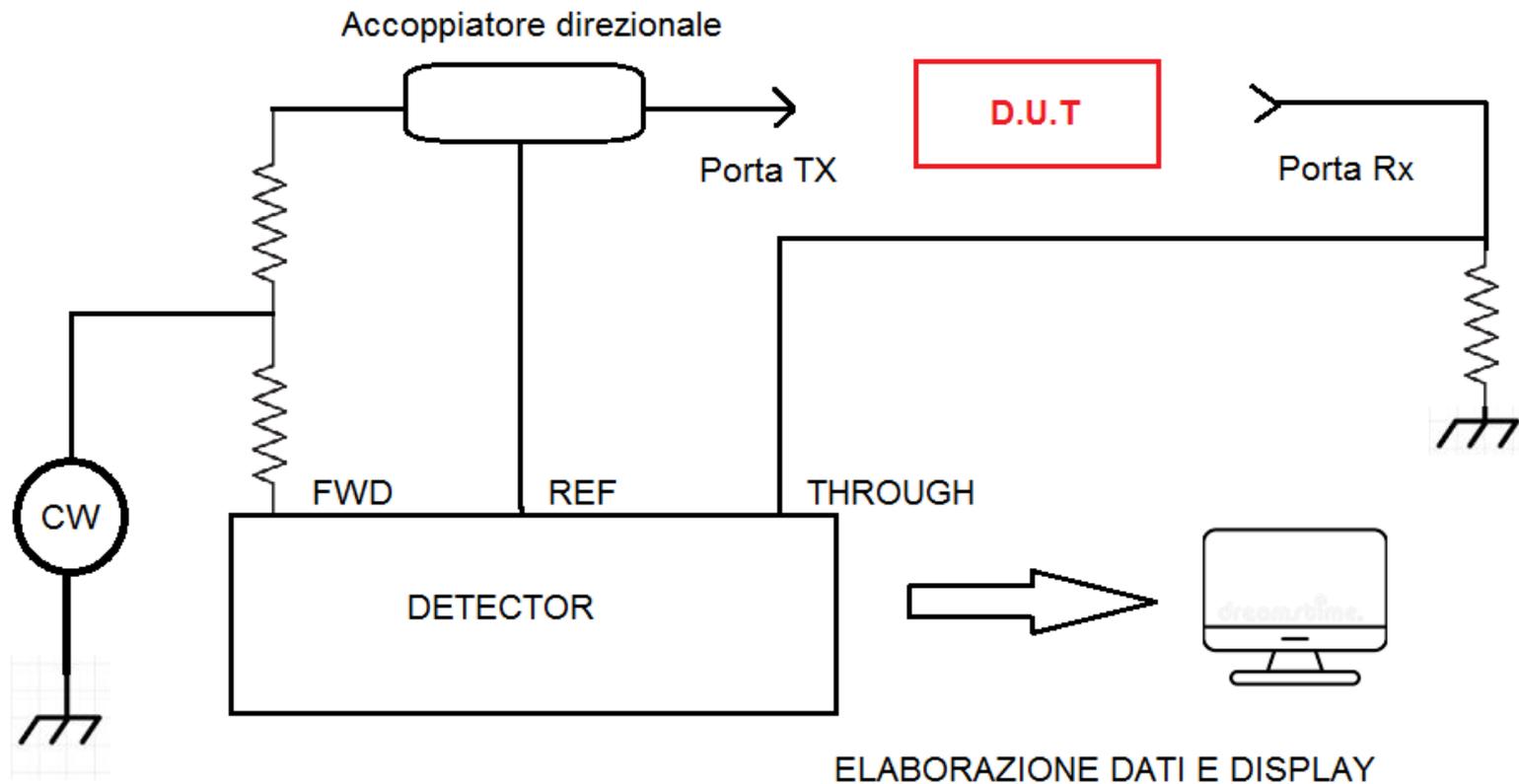
S11 Real Z

<Ref2
30dB

<Ref5
30dB

COM'E' FATTO UN VNA

VECTOR NETWORK ANALYZER - ARCHITETTURA



TIPOLOGIE DI VNA

- STAND-ALONE



- PC-BASED



DUE PAROLE SULLA QUALITA' DEI VNA ...

- La caratteristica principale che è quella che caratterizza un VNA è la sua **DINAMICA**
- Si tratta in pratica della capacità del VNA di misurare correttamente un segnale **MOLTO PIU' DEBOLE** di quello **MASSIMO**
- Strumenti di carattere professionale hanno dinamiche di ca. **100-120 db**
- il DG8SAQ, che può essere considerato un 'middle-level' sempre per amatori, ha ca **90 db**
- Gli strumenti di livello amatoriale a basso costo esibiscono dinamiche di **60-70 db**

VNA - LA CALIBRAZIONE



- Per potere eseguire correttamente una misura, il VNA va prima **CALIBRATO**
- Per poterlo calibrare occorre un **KIT DI CALIBRAZIONE**
- In pratica il KIT istruisce il VNA sulle situazioni estreme (Porta di trasmissione IN CORTOCIRCUITO, APERTA, SU CARICO ADATTATO per l'S11, e le porte COLLEGATE fra di loro per l'S21)
- Questa calibrazione si chiama **SOLT** (dalle iniziali di Short, Open, Load, Through)
- La precisione di misura di un VNA dipende quindi anche dalla qualità del KIT di Calibrazione
- Ad ogni modifica dei parametri (range di frequenza, livelli, cavi, riduttori etc.) la calibrazione VA RIFATTA !!!

KIT DI CALIBRAZIONE

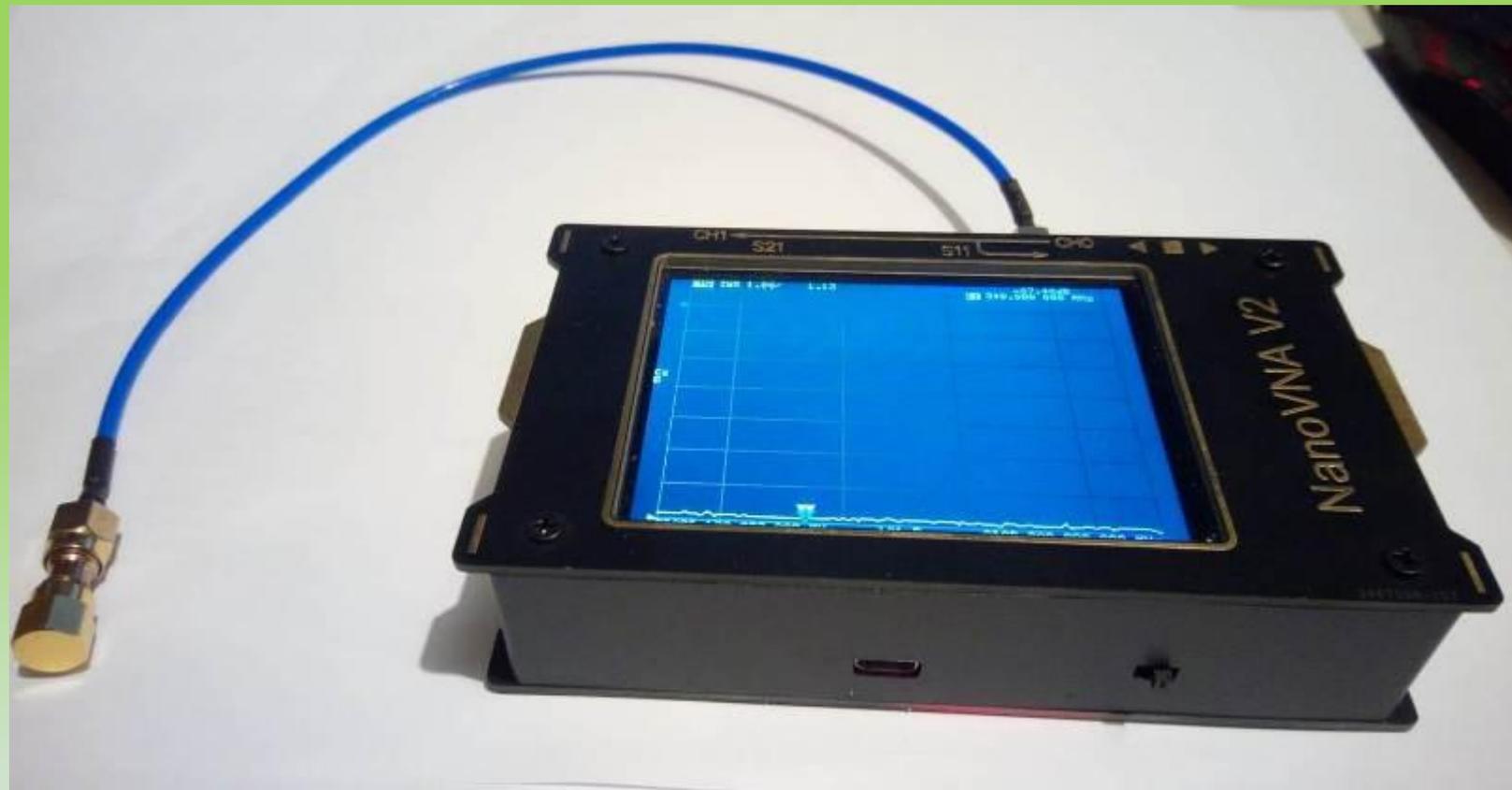
- I KIT possono essere anche MOLTO COSTOSI, in quanto nel costo va incluso il lavoro dell'Operatore che li caratterizza
- I più costosi sono quelli su connettore N
- Più abbordabili per noi OM (costo intorno ai 100 euro) quelli fino a 6Ghz per SMA (Rosemberg, Amphenol ...)



LA CALIBRAZIONE

- La calibrazione va eseguita di norma sul PIANO DI RIFERIMENTO (Reference Plane) dei connettori del VNA (c.d. Master Calibration)
- Ma poi c'è il problema che spesso (quasi sempre!) il DUT deve venire collegato mediante adattatori e cavi ...
- Questo implicherebbe una serie di inserimenti nel software che gestisce lo strumento dei RITARDI introdotti dai vari componenti (possibile solo nei modelli più sofisticati, ma anche in molti più economici ...)
- Per ovviare a questa problematica fino a certe frequenze si esegue la calibrazione **ALLA FINE DEI CAVI DI COLLEGAMENTO**, e per il THROUGH si usa il classico 'barilotto' ...

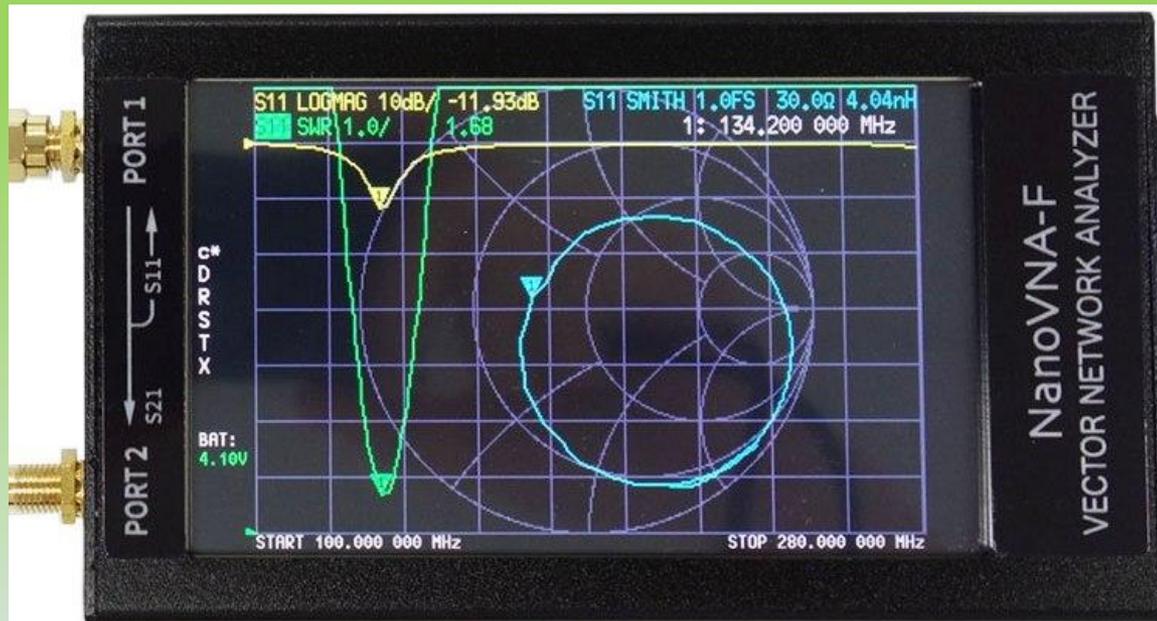
CALIBRAZIONE CON CAVI DI COLLEGAMENTO



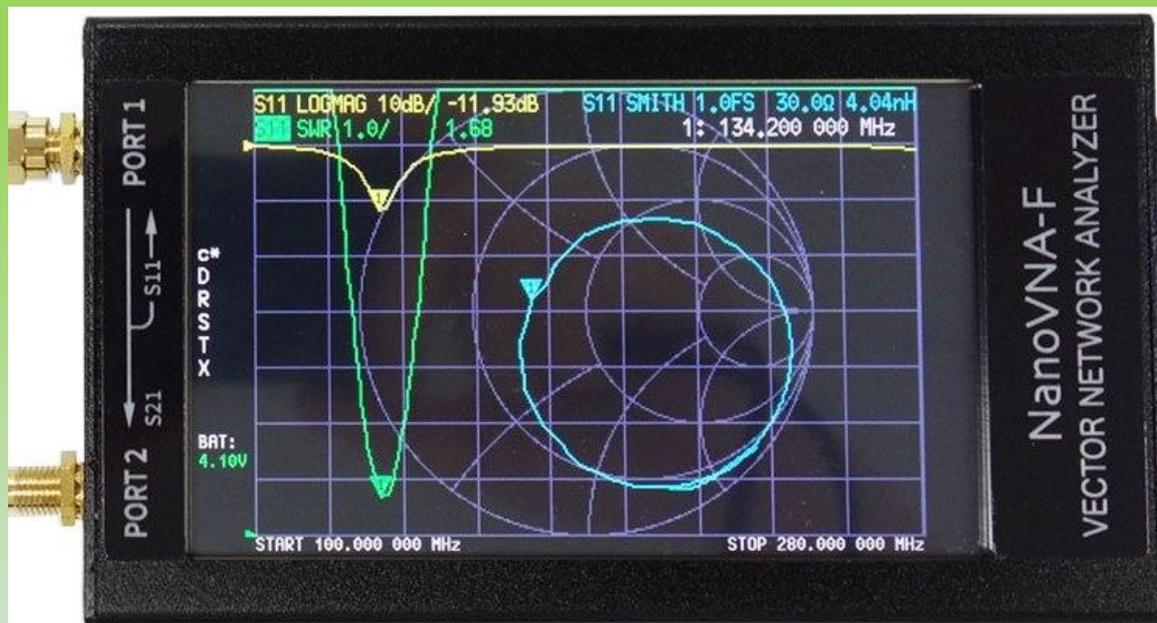
MISURE CON IL VNA

- In sintesi, come abbiamo visto, possiamo eseguire numerosi tipi di misure col nostro VNA ...
- Principalmente le misure si dividono in:
 - MISURE A UNA PORTA (quando colleghiamo un BIPOLO alla porta di TX), per le quali è sufficiente una calibrazione SOL; si usano per misure di **adattamento** (Antenne etc.)
 - MISURE A DUE PORTE (quando colleghiamo la porta di TX all'ingresso del QUADRIPOLO, e la sua uscita alla porta di RX); per queste è necessaria la calibrazione SOLT, e servono a misure sia di **trasmissione** (S21) che di **adattamento** (S11) (Filtri, duplexer etc.)

E ORA LA PAROLA A GIUSEPPE IT9IES PER LA MESSA IN FUNZIONE DEL NOSTRO NANOVNA ...



E PER FINIRE UNA MISURA 'DAL VIVO' UTILIZZANDO IL SOFTWARE PER PC DEL NANO VNA ...



BIBLIOGRAFIA

- “Impariamo a usare il Network Vector Analyzer” – IW2FND L. Attolini
- “Error Correction in Vector Network Analyzers” – DG8SAQ T. Baier
- “Introduction to Network Analyzers Measurements” – National Instruments
- “Fundamentals of Vector Network Analysis Primer” – Rodhe & Schwarz
- “VNWA3 Help File” – DG8SAQ T. Baier

INTRODUZIONE ALL'USO DEI VECTOR NETWORK ANALYZER DI LIVELLO AMATORIALE

