

Serata tecnica sulla carta di Smith e il NanoVNA



Terza delle tre serate programmate, presso la sede di A.R.I. Pordenone APS.
Argomenti trattati in questa serata:

- Uno sguardo alla carta di Smith
- Introduzione all'utilizzo del NanoVNA

Relatore della serata: **Adolfo Melilli, IV3BYA**

Pordenone, 27 marzo 2025

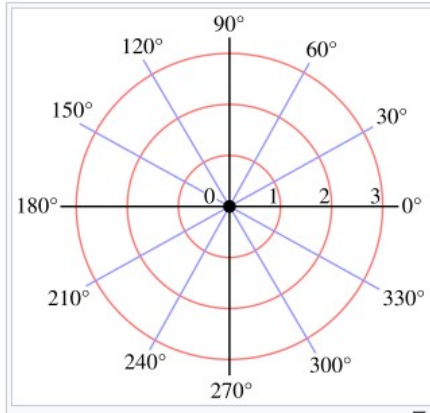
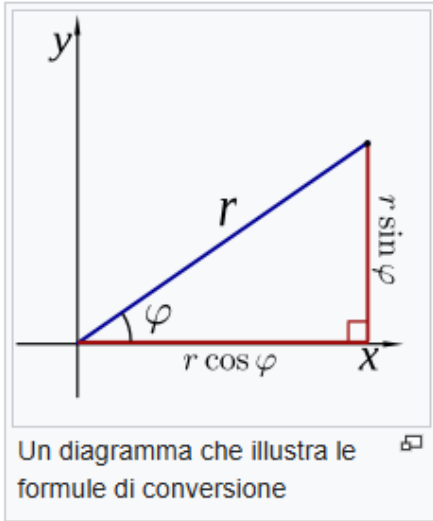
Analisi Vettoriali

Vector Network Analyzer

Come effettuare misure su Antenne, Balun, Trappole, Filtri, attenuatori eccetera...

- **Che cos'è un "vettore"?** È una grandezza fisica per esprimere la quale non basta un solo valore numerico reale, occorre far ricorso ai **Numeri Complessi**.
- **Un esempio tipico di vettori sono le FORZE**, le cui caratteristiche sono l'intensità, la direzione e il verso..
- Più genericamente, un vettore ha un **modulo** (intensità) ed un **angolo** (direzione)
- **L'impedenza** è tipicamente un vettore; in quanto ha una **parte reale (resistenza)** ed una **parte immaginaria (reattanza con il suo angolo di fase)**

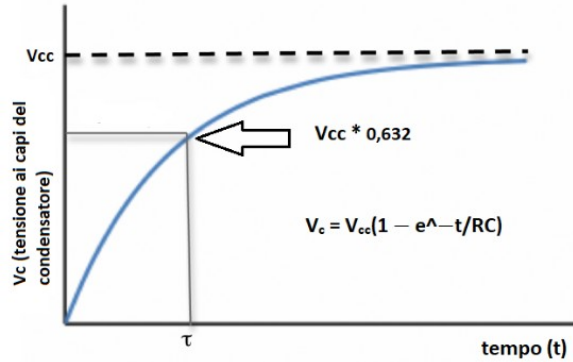
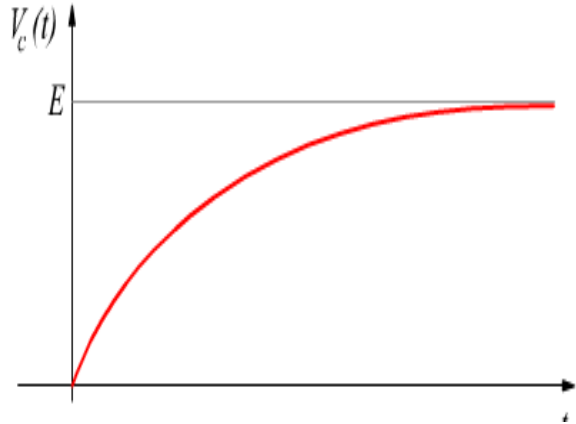
Coordinate Cartesian e Coordinate Polari



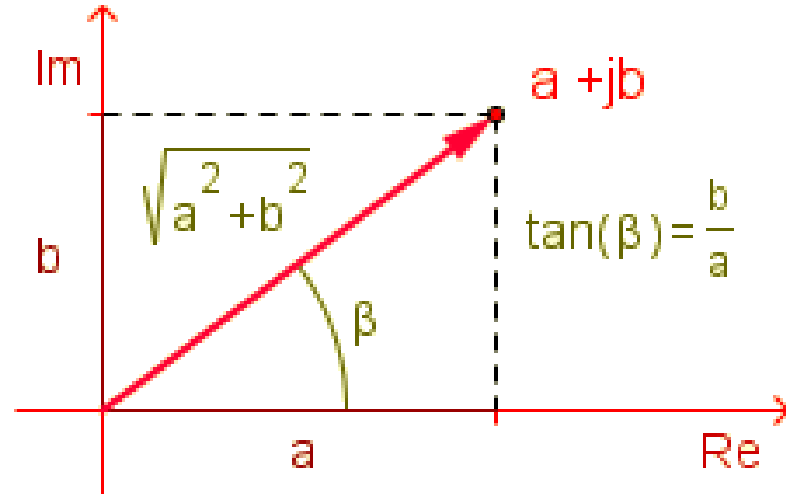
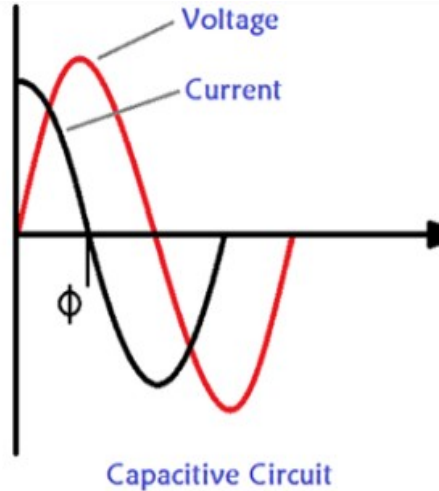
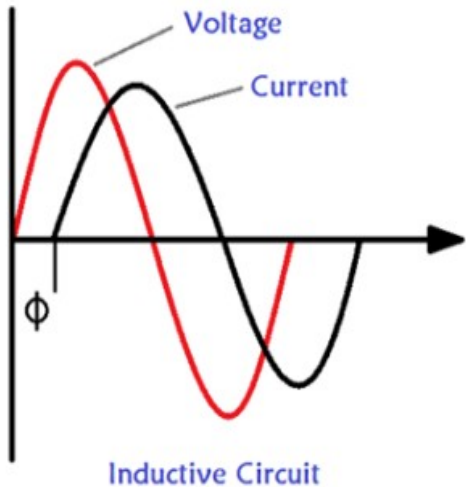
- Il sistema Cartesiano ed il sistema Polare di coordinate, servono entrambi a definire la posizione di un punto su un piano bidimensionale
- Nel sistema polare, **il punto di origine, chiamato Polo**, può essere immaginato come il centro di una serie di circonferenze concentriche intersecate da assi.
- Un punto qualunque sul piano, nel sistema di coordinate polari, può essere definito in base alla sua distanza dal polo e da un angolo che costituisce **l'azimuth** di quel punto rispetto all'asse orizzontale...

- La **conversione da Cartesiano a Polare** si fa usando il **teorema di Pitagora**, la distanza del punto dall'origine è la radice quadrata della somma di X al quadrato + Y al quadrato. L'azimut (angolo) invece è **l'arcotangente di Y / X**.
- Per convertire **da Polare a Cartesiano** invece:
 - X è la distanza per il **coseno dell'angolo**
 - Y è la distanza per il **seno dell'angolo**

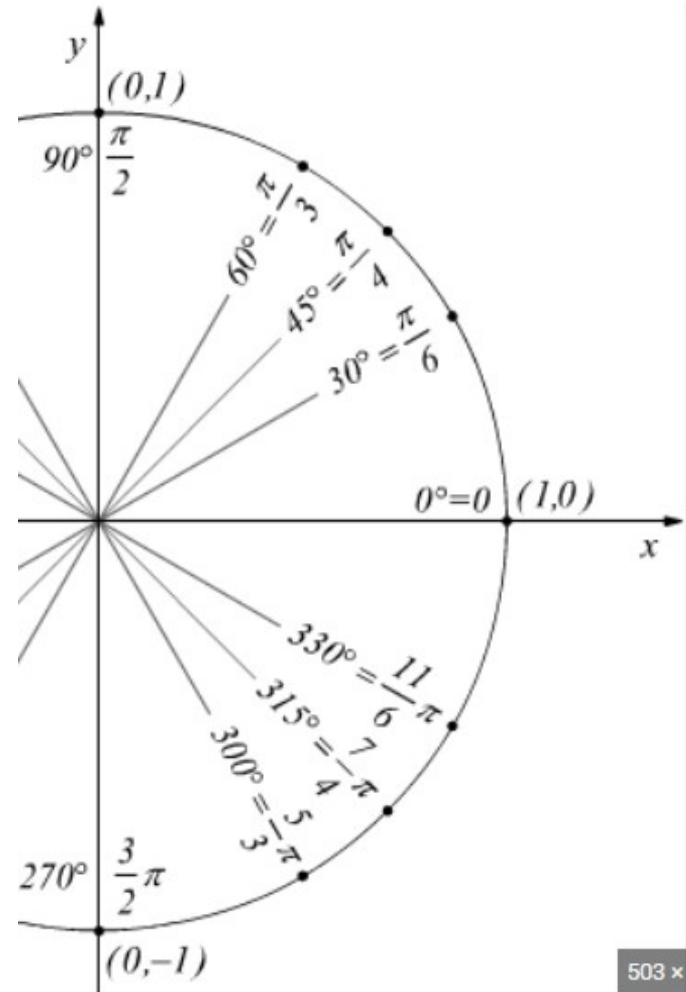
Un ripasso delle basi



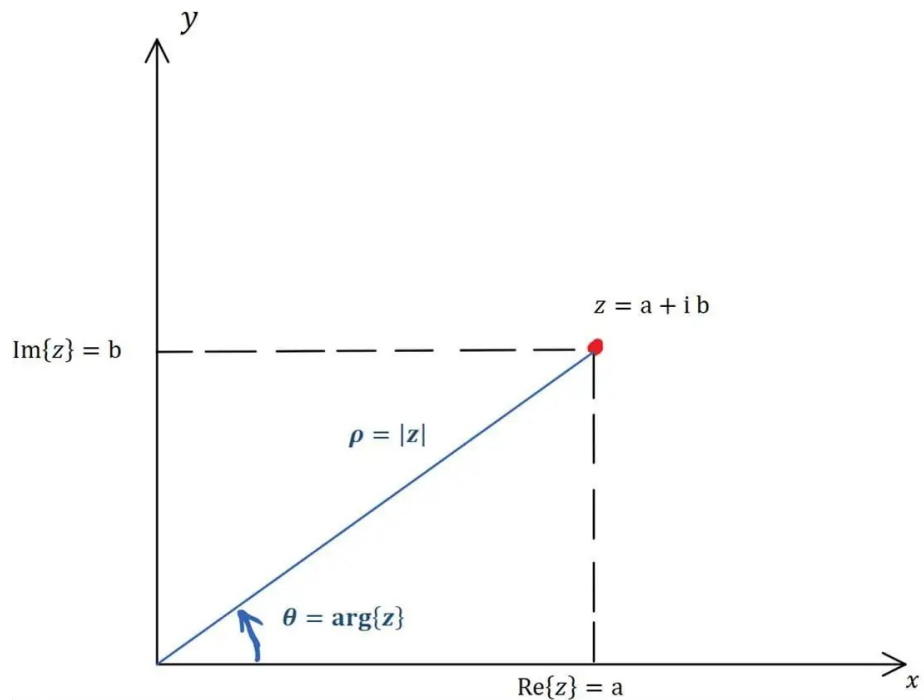
- Il piano di Gauss è un formato che permette di esprimere sotto forma di vettore una relazione di fase tra due sinusoidi, per rappresentare impedenze, la parte reale si mette nell'asse X, la parte immaginaria (reattanza) va nell'asse Y
- Questa relazione può quindi venir descritta come un vettore che ha un modulo (ipotenusa del triangolo rettangolo) ed un angolo di fase,,



- L'angolo di fase nella fattispecie dell'impedenza si riferisce alla **corrente rispetto alla tensione**
- **Angoli < 90 gradi** (parte superiore destra del cerchio trigonometrico) esprimono ritardo della corrente rispetto alla tensione (**reattanza induttiva**)
- **Angoli > 270 gradi** (parte inferiore destra del cerchio trigonometrico) esprimono anticipo della corrente rispetto alla tensione (**reattanza capacitiva**)
- **Angolo di 0 gradi** indica **resistenza pura** (nessuna componente reattiva)
- **I valori esatti di 90 gradi e 270 gradi** indicano **reattanza pura** (nessuna componente resistiva) rispettivamente **Induttiva e capacitiva**
- *La parte sinistra del cerchio trigonometrico esprimerebbe valori di resistenza negativa, che non sono oggetto di questa trattazione*

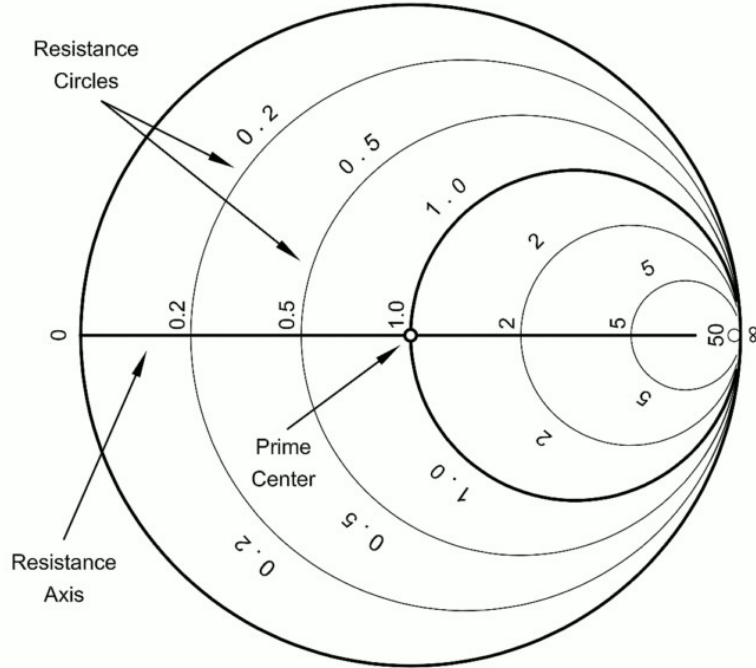


Il piano di Gauss

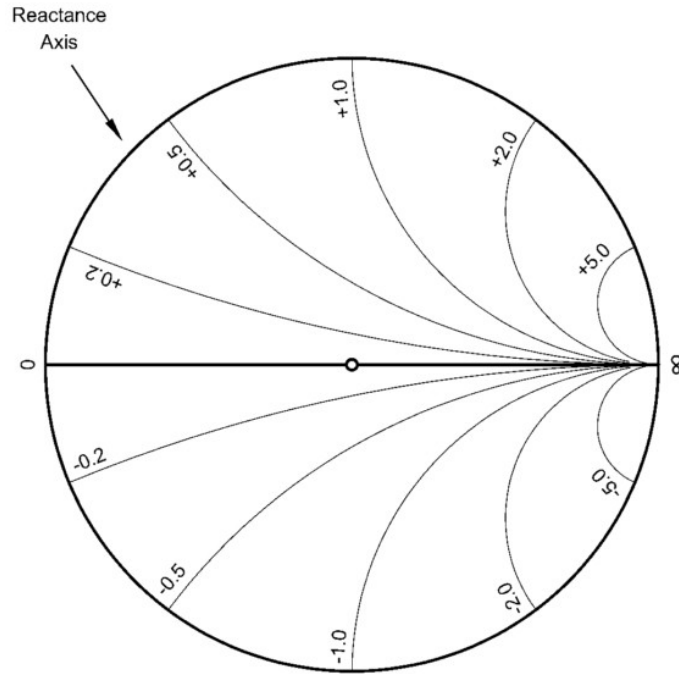


- Un piano bidimensionale **Cartesiano** dove un vettore si può esprimere in termini di **parte reale (asse X)** e **parte immaginaria (asse Y)**
- Un modo alternativo per esprimere il vettore è la **forma Polare: Modulo (lunghezza del vettore) ed angolo**

Il piano di Gauss si estende fino all'infinito, ma nel nostro campo c'è la necessità di un piano finito e "normalizzato"

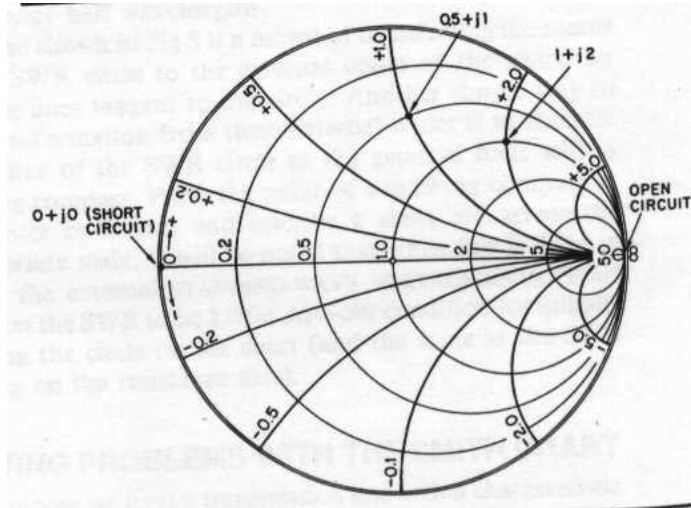


- Immaginiamo un sistema di circonferenze di dimensioni diverse, tutte si “toccano” dal lato destro, un asse orizzontale le attraversa tutte e **porta i valori di resistenza da 0 a infinito, da sinistra a destra...** la metà di questo asse porta il valore “normalizzato” che **qui nel disegno è rappresentato con 1, ma che per noi diventerà 50 ohm.**
- Ogni circonferenza interseca l’asse e rappresenta la serie dei punti sul piano in cui **la resistenza avrà lo stesso valore...**



- Qui invece abbiamo un sistema che possiamo dividere in due metà, quella **superiore rappresenta le reattanze induttive** mentre **quella inferiore rappresenta le reattanze capacitive.**
- Come nel caso precedente, anche qui le linee descrivono sul piano i punti in cui una reattanza è costante.

La fusione delle due precedenti immagini costituisce il **diagramma di Smith**



- **Un grafico in forma polare** (non cartesiano) ideale per lavorare sulle grandezze complesse...
- Se avessimo **una resistenza pura, la potremmo esprimere con un punto sull'asse orizzontale**. Se invece c'è anche una parte reattiva, il punto si posizionerà su una delle circonferenze a valore reale costante
- Tutte le circonferenze a parte reale costante, passano per il punto di resistenza infinita.
- **La circonferenza più esterna** sarà quella dove si posizionano le **impedenze puramente reattive**, ovvero quelle con **parte reale = 0 oppure infinito**.

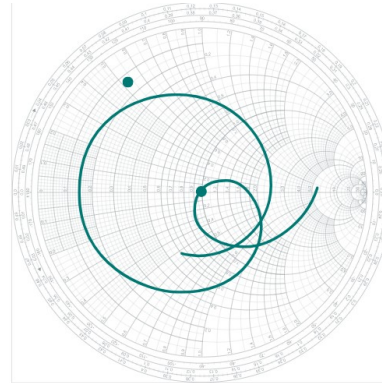
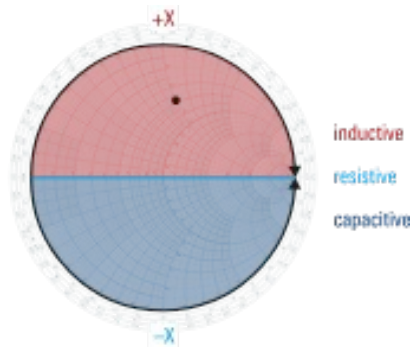
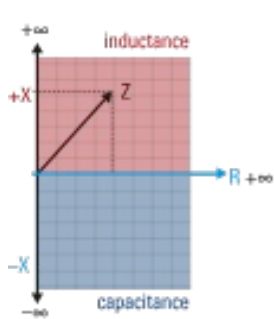
- **Per le reattanze** invece, gli archi di cerchio che partono da destra e si irradiano verso sinistra, descrivono le linee a reattanza costante..

Anche le curve a reattanza costante **variano da 0 (a sinistra) ad infinito (destra)**

- Nella metà superiore ci sono le reattanze induttive (positive), di sotto quelle capacitive (negative).
- Una delle circonferenze a valore reale costante, sarà scelto come valori "normalizzato", nel nostro campo **il valore normalizzato su cui lavoreremo corrisponde alla circonferenza dei 50 Ohm**

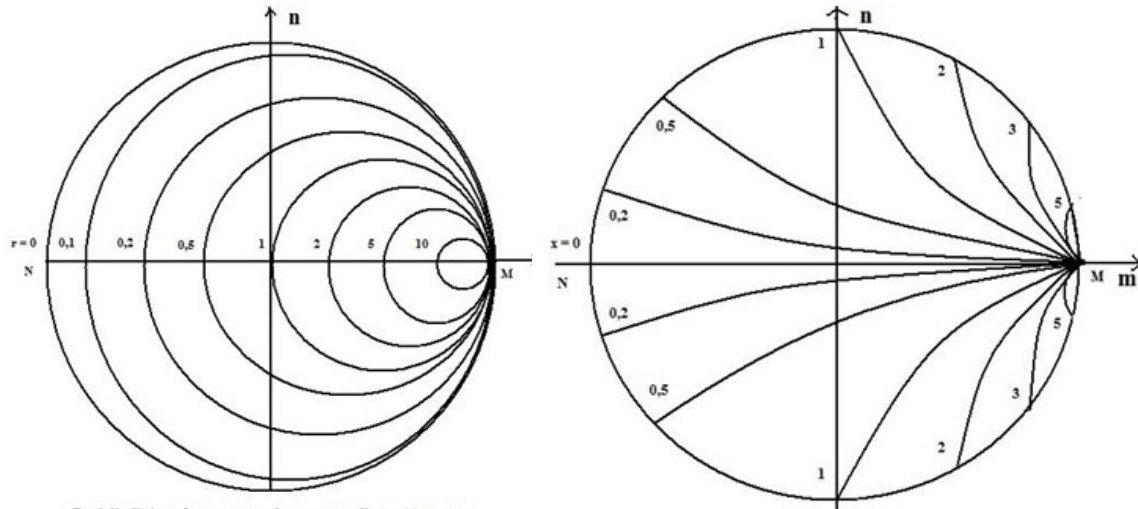
Altre nozioni utili sulla carta di Smith

- Avevamo detto che uno dei limiti del piano di Gauss (cartesiano) era di non poter esprimere i valori prossimi a infinito che invece, nella pratica, si possono incontrare quando si ha a che fare con misure di impedenze e loro adattamenti...
- La carta di Smith serve essenzialmente a superare questo limite, essa potrebbe essere immaginata come una sorta di “**curvatura dello spazio**”, è come se il piano cartesiano di Gauss fosse stato piegato su se stesso fino a comprendere l’infinito, e tutto si concentrasse in un punto, all’estrema destra della carta..

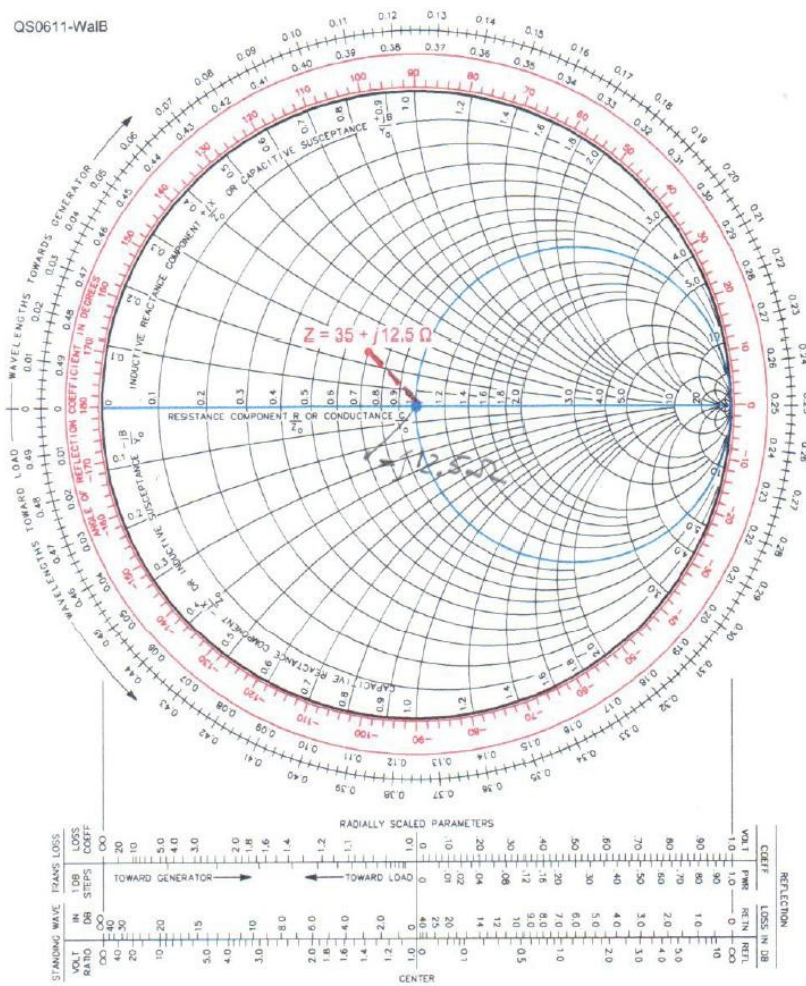


L'obiettivo fondamentale nell'**adattamento dell'impedenza** consisterà nel restare il **più vicino possibile al punto centrale della carta di Smith**. Ovviamente le impedenze non puramente resistive dipendono dalla frequenza, se con uno strumento di “spazzola” una certa banda di frequenze, di otterranno delle serie di punti che appariranno come linee

- La carta di Smith permette di semplificare molti calcoli sulle linee di trasmissione, permette di dimensionare gli stub delle antenne, ma soprattutto di elaborare visivamente il **coefficiente di riflessione**, e di conseguenza il **ROS**.
- Possiamo dire che la carta di Smith è in effetti **una rappresentazione polare del Coefficiente di Riflessione**.. Per capirlo dobbiamo focalizzare il punto centrale, ovvero quello che abbiamo stabilito essere **resistenza 50 ohm, reattanza 0 ohm**.



- I **punti normalizzati** per resistenza e reattanza sono quelli che in queste figure vengono intersecati dalla linea verticale centrale (normalmente assente) ed hanno **valore unitario**.
- Per noi, il punto centrale indica **R=50 X=0**
- Quello è per noi il punto che indica la nostra “antenna perfettamente adattata.
- **Se facciamo una misura e vediamo un punto sul display dello strumento, la distanza di quel punto dal centro normalizzato esprime di fatto il coefficiente di riflessione**



- **Esistono carte di Smith ad alta risoluzione che si possono stampare**, utilizzando solo un righello ed opzionalmente un compasso, data una impedenza, basta tracciare un segmento dal centro normalizzato verso quel punto, e graficamente si possono misurare coefficienti di riflessione e ROS, Return Loss, ventri e nodi di tensione e corrente, sfasamenti dipendenti dalla frequenza e dalla lunghezza della linea, in quanto all'esterno c'è una scala che va da 0 a 360 gradi verso cui punta quel segmento, sapendo che gli stessi sfasamenti ricorrono ogni mezza onda elettrica.
- A questo scopo, occorre notare che una carta di Smith, per essere completa e poter fornire tutti questi dati, **deve comprendere anche le scale circolari esterne e le scale graduate lineari sottostanti...**
- **Se puntassimo un compasso tra il centro normalizzato ed il punto misurato**, e tracciassimo un cerchio, avremmo tutti i punti sulla carta di Smith in cui il coefficiente di riflessione ed il ROS hanno lo stesso valore., ma con tutte le combinazioni di resistenza, reattanza, e angoli di fase possibili **lungo un tratto di linea pari a lambda mezzi.**
- **Per fortuna i nostri strumenti amatoriali di misura ci forniscono già in forma numerica i valori che ci interessano**

Il Nano VNA F V2



- Questo è un **NanoVNA di seconda generazione**, ha un display più grande e leggibile, 4.3 pollici, ed ha 201 punti di campionamento contro i 101 delle versioni precedenti.
- I **VNA (Vector Network Analyzer)** hanno **due porte**, sulla porta 1, chiamata **CH0** nelle versioni precedenti, è implementato sia un generatore di segnali che un ricevitore, mentre nella porta 2 c'è solo un ricevitore..
- Il Range di frequenza va da 50 kHz a 3 GHz..
- Per testare il comportamento di un'antenna si usa la porta 1, che genera il segnale di "stimolo" e riceve il segnale riflesso.
- Per effettuare misure su filtri, choke, attenuatori e trappole invece occorrono entrambe le porte, il segnale viene iniettato tramite la porta 1 e ricevuto dalla porta 2.
- Si possono visualizzare fino a 4 parametri in contemporanea, attraverso 4 tracce colorate, ogni parametro può essere visualizzato in molti modi, cartesiano, polare, su carta di Smith, lineare e logaritmico, con varie portate per facilitare la visualizzazione.
- Sono disponibili 4 "Marker" che si possono muovere lungo i tracciati e mostrano l'esatto valore numerico della curva nel punto in cui sono posizionati...

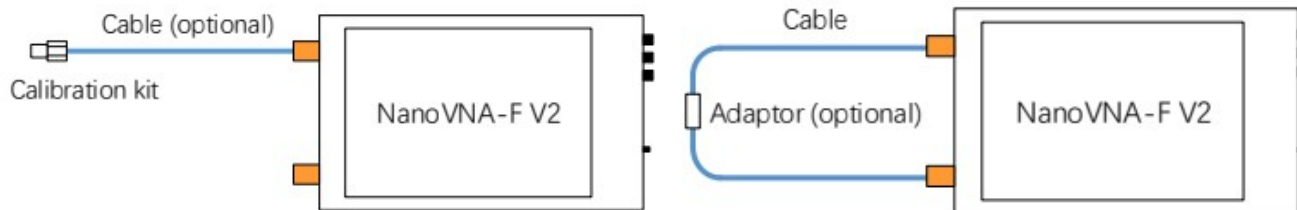
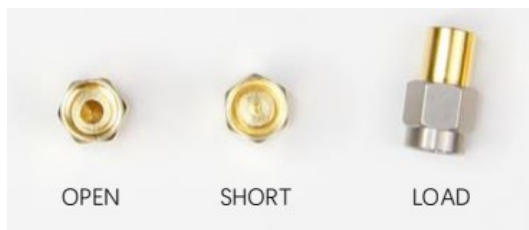


- Questo dettaglio mostra in maniera schematica come il canale **PORT1** sia in grado di generare il segnale che può essere ricevuto dal canale **PORT2** e nello stesso tempo **ricevere le riflessioni**,
- Ricordiamo che il **parametro S11** indica il **coefficiente di riflessione**, mentre il **parametro S21** indica il segnale inviato da **PORT1** e ricevuto da **PORT2**
- Il dispositivo da misurare, che sia esso connesso alla sola **PORT1** oppure che sia connesso tra **PORT1** e **PORT2**, viene chiamato **D.U.T. (Device Under Test)**
- Nella confezione, oltre ai cavi USB per la carica ed un pennino per il touch screen, ci sono due cavi per RF intestati con connettori SMA, alcuni adattatori e.. Importantissimo.. Il **Calibration KIT!**
- Il Kit di calibrazione va usato **ogni volta che ci si accinge a misurare qualcosa di diverso o si cambia frequenza**, perchè basta cambiare un cavo o usare un diverso connettore per avere delle misure falsate, **in radiofrequenza TUTTO, anche le cose più insignificanti, hanno caratteristiche che si sovrappongono a quelle del D.U.T.**
 - Il Kit di calibrazione si compone di 4 “tappi”:
“Open”, “Short”, “Load” e “Through”

La Calibrazione

La calibrazione **non** può essere fatta una volta per tutte, va fatta ogni volta che si cambia il **D.U.T.** ed **ogni volta che si cambia frequenza.**

Per facilitare le operazioni, nel caso di dovesse ripetere una certa calibrazione più volte, una volta effettuata. Si puo' salvare e poi recuperare... ci sono più locazioni dove salvare la calibrazione.



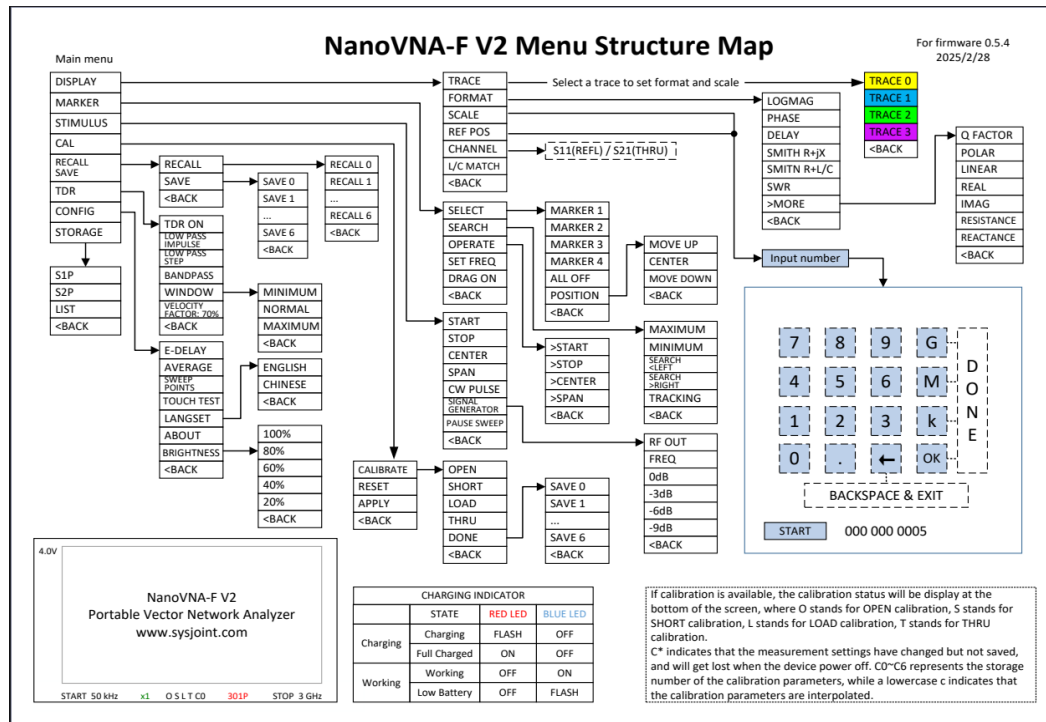
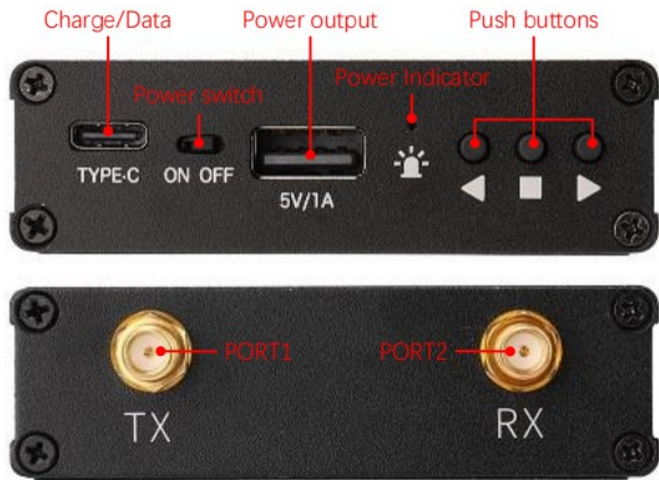
Per controllare se la calibrazione e' affidabile..

- A questo punto conviene configurare **3 tracce**, una in modalit  Smith su S11, una in modalit  Logmag su S11 ed una in modalit  Logmag su S21.
- Quando PORT1   aperta, la traccia converge sul lato pi  a destra del cerchio di Smith, la traccia S11 LOGMAG   vicina a 0 dB, per la traccia S21 LOGMAG, pi    bassa, meglio  .
- Quando PORT1   in cortocircuito, la traccia S11 Smith converge sul lato pi  a sinistra del cerchio di Smith, la traccia S11 LOGMAG   vicina a 0 dB, per la traccia S21 LOGMAG, pi    bassa, meglio  .
- Quando PORT1   collegata a un carico da 50 ohm, le tracce S11 Smith convergono al centro del cerchio di Smith. Pi    bassa la traccia S11 e S21 LOGMAG, meglio  .
- Quando PORT1 e PORT2 sono collegate tramite un cavo, la traccia S11 Smith   vicina al centro del cerchio di Smith e la traccia S21 LOGMAG   vicina a 0 dB. Per la traccia S11 LOGMAG, pi    bassa, meglio  .

2. Appearance



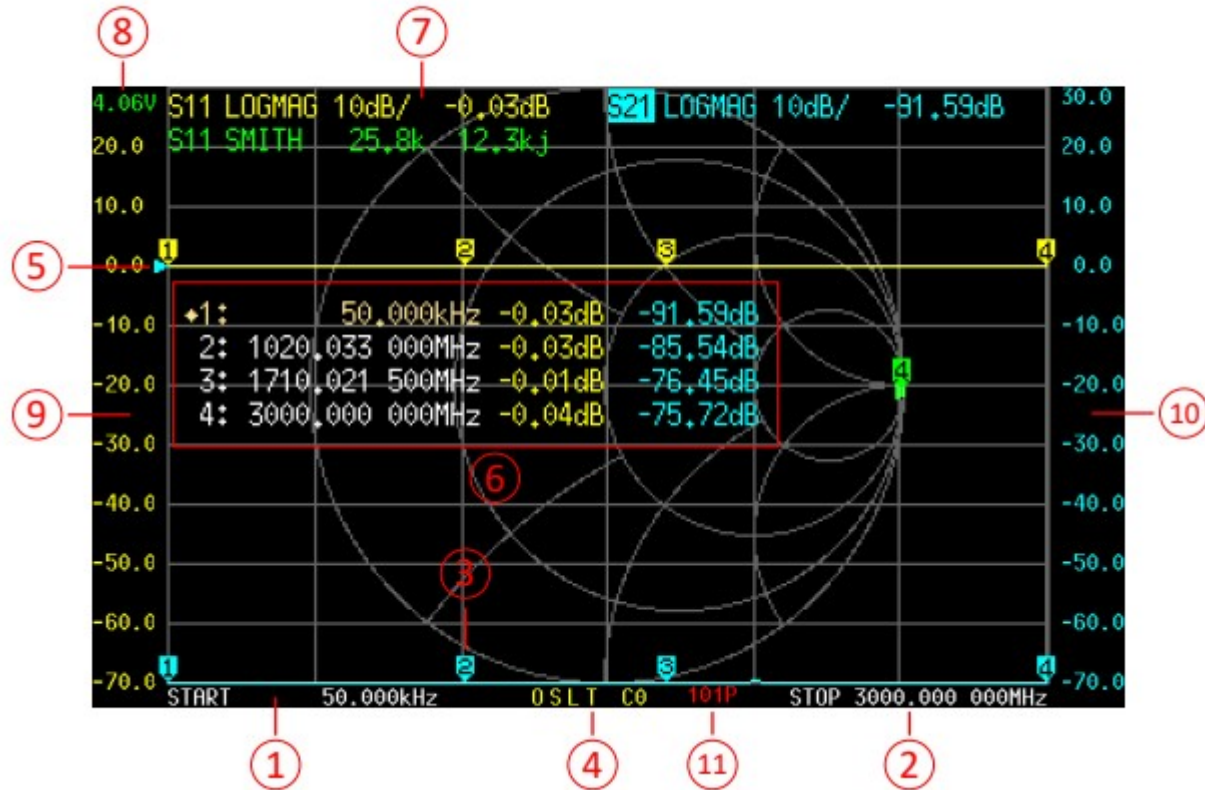
- **Port1** (CH0) è contrassegnato come TX, **Port2** (CH1) è contrassegnato come RX
- Dal lato opposto, i tre pulsanti servono per **navigare nell'albero dei menu** e per muovere i Marker, la navigazione nei menu è comunque possibile anche usando il pennino sul touch screen



If calibration is available, the calibration status will be display at the bottom of the screen, where O stands for OPEN calibration, S stands for SHORT calibration, L stands for LOAD calibration, T stands for THRU calibration.

C* indicates that the measurement settings have been created but not saved, and will get lost when the device power off. CD~C6 represents the storage number of the calibration parameters, while a lowercase c indicates that the calibration parameters are interpolated.

3.1. Main screen

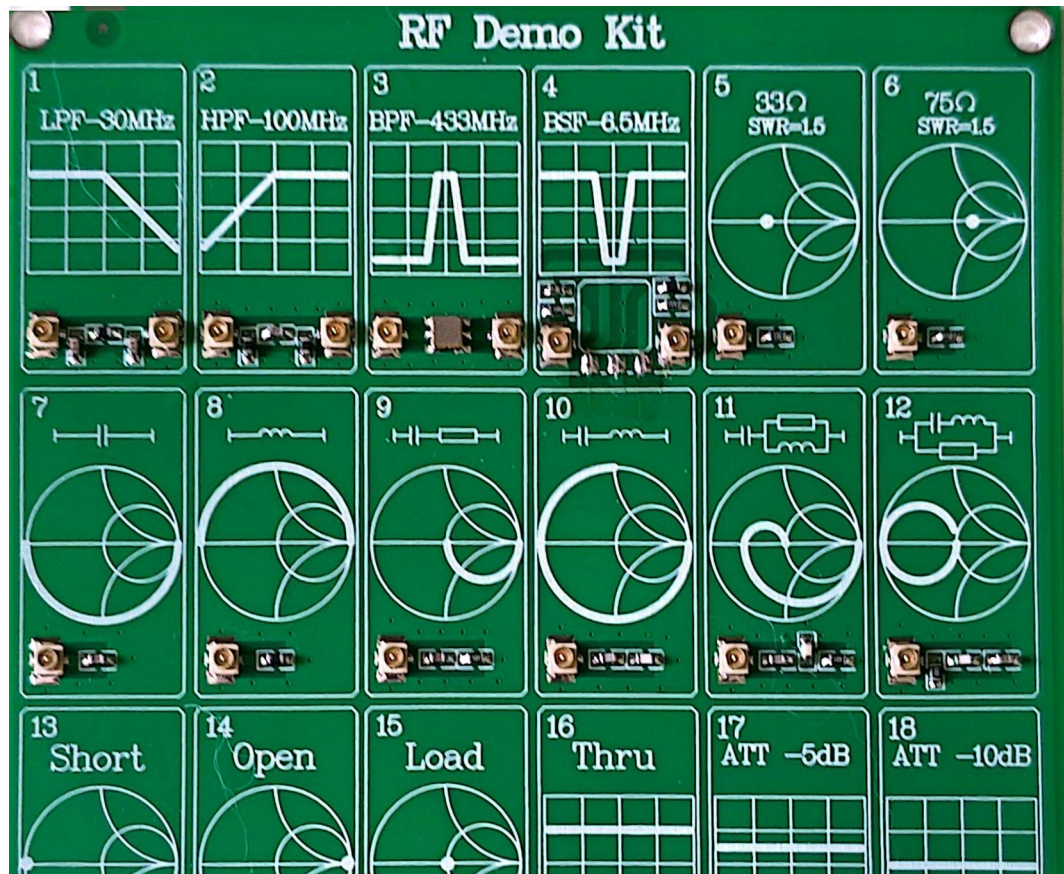


1. Frequenza di Start
2. Frequenza di stop
3. Markers
4. Stato Calibrazione
5. Posizione di riferimento
6. Tabella dei Marker
7. Modalità e valori delle tracce
8. Tensione della batteria
9. Ordinata di sinistra
10. Ordinata di destra
11. Numero Campionamenti

Un discorso a parte merita la funzione TDR

- **Time Domain Reflectometry**, è una misura che non ha la frequenza sull'asse X, ma un tempo.
- Serve essenzialmente a misurare il tempo che ci mette a tornare indietro un impulso che viene iniettato lungo un cavo.
- Si assume che il cavo abbia riflessioni, ovvero non sia adattato, il sistema serve infatti per diagnosticare problemi lungo la linea...
- In base al tempo impiegato ed al Velocity factor del cavo, lo strumento indica a che distanza si trova il “problema” (interruzione, corto, disadattamento)

Un modo molto pratico e veloce per rendersi conto delle principali funzioni del VNA è usare una **Demo Board** come questa:



- Dopo aver calibrato, collegando il VNA si può vedere in pratica il comportamento delle varie reti come mostrato sul circuito stampato, questo permette di prendere confidenza con le regolazioni base nei menu e sottomenu dello strumento.
- Si tratta in realtà di un approccio parziale ed introduttivo, molto ci sarebbe da approfondire, eventualmente in occasione di prossime serate..

