

# Misure d'impedenza col VNA

By iw2fnd Lucio

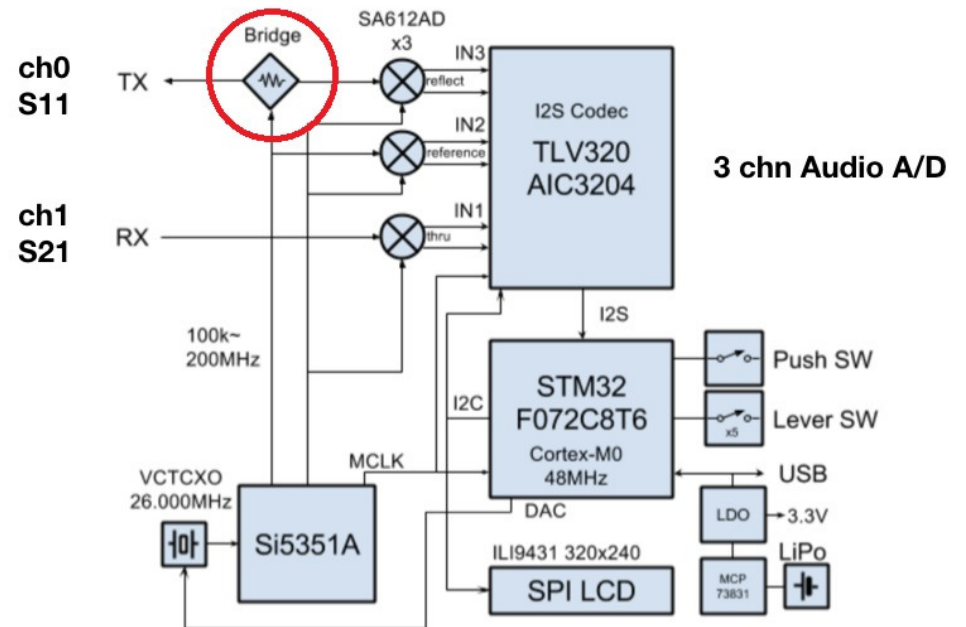
# Architettura di un VNA low cost

I VNA low cost sono dotati di un ponte riflettometrico per misurare il coefficiente di riflessione sulla porta 1 mentre i VNA professionali, più costosi, usano un accoppiatore direzionale.

Il ponte riflettometrico di per sé è molto accurato quando l'impedenza da misurare ( $Z$ ) è vicina a quella del ponte, 50 Ohm, e conserva una buona accuratezza (< 5%) fino a 10 volte meno e 10 volte più del valore nominale.

Quindi da 5 a 500 Ohm. Con più ci si allontana da questo range lo strumento diventa via via meno accurato.

In seguito vedremo i tre metodi principali per effettuare misure d'impedenza il più accurate possibile.



# Misura di riflessione su una porta

Il primo metodo, il più semplice, per misurare l'impedenza  $\mathbf{Z}$  di un dispositivo è quello di misurare il coefficiente di riflessione  $\Gamma$ , alias  $\mathbf{S}_{11}$ , quando è collegato alla porta 1.

L'impedenza  $\mathbf{Z}$  si ricava con la formula:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Z}_0 \frac{1 + \mathbf{S}_{11}}{1 - \mathbf{S}_{11}}$$

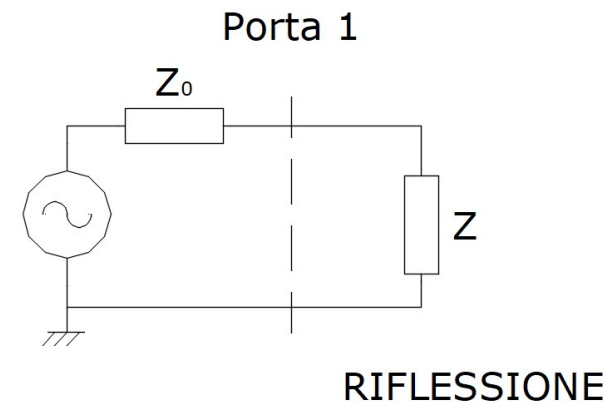
Dove con  $\mathbf{Z}_0$  s'intende l'impedenza caratteristica del ponte RF del VNA; di solito 50 Ohm.

Che in termini scalari diventa:

$$R = 50 \frac{1 - (\text{Re}(S_{11}))^2 + \text{Im}(S_{11})^2}{(1 - \text{Re}(S_{11}))^2 + \text{Im}(S_{11})^2}$$

$$X = \frac{100 \text{Im}(S_{11})}{(1 - \text{Re}(S_{11}))^2 + \text{Im}(S_{11})^2}$$

L'accuratezza del risultato è migliore del 4% tra 5 e 400 Ohm.



# Misura di attenuazione parallelo

Il secondo metodo per misurare l'impedenza  $Z$  di un dispositivo è quello di misurare il parametro scatter  $S_{21}$  tra le porte 1 e 2 con l'impedenza da misurare il parallelo tra le porte e massa.

L'impedenza  $Z$  si ricava con la formula:

$$Z = \frac{Z_0}{2} \frac{S_{21}}{1 - S_{21}}$$

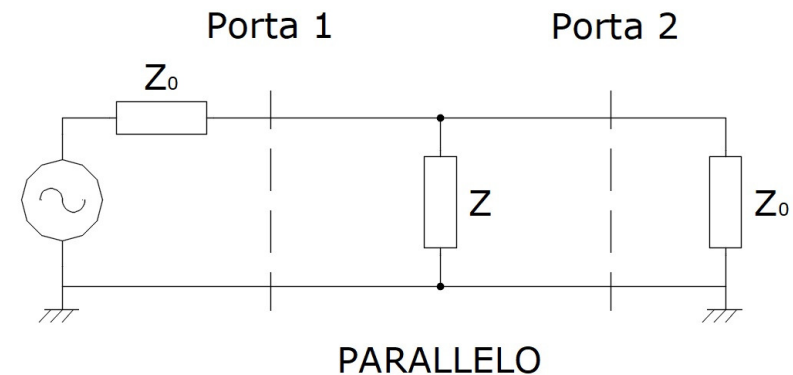
Dove con  $Z_0$  s'intende l'impedenza caratteristica del ponte RF del VNA; di solito 50 Ohm.

Che in termini scalari diventa:

$$R = 25 \frac{Re(S_{21}) - Re(S_{21})^2 - Im(S_{21})^2}{(1 - Re(S_{21}))^2 + Im(S_{21})^2}$$
$$X = 25 \frac{Im(S_{21})}{(1 - Re(S_{21}))^2 + Im(S_{21})^2}$$

L'accuratezza del risultato è migliore del 4% tra qualche m $\Omega$  e 30 Ohm.

Per cui si adatta bene a misure d'impedenza bassa.



# Misura di attenuazione serie

Il terzo metodo per misurare l'impedenza  $Z$  di un dispositivo è quello di misurare il parametro scatter  $S_{21}$  tra le porte 1 e 2 con l'impedenza da misurare in serie tra le due porte.

L'impedenza  $Z$  si ricava con la formula:

$$Z = 2Z_0 \frac{1-S_{21}}{S_{21}}$$

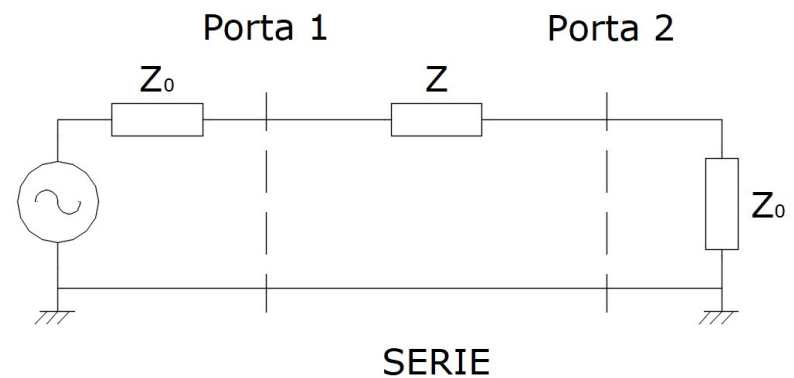
Dove con  $Z_0$  s'intende l'impedenza caratteristica del ponte RF del VNA; di solito 50 Ohm.

Che in termini scalari diventa:

$$R = \frac{100[Re(S_{21}) - (Re(S_{21})^2 + Im(S_{21})^2)]}{Re(S_{21})^2 + Im(S_{21})^2 - 100 Im(S_{21})}$$
$$X = \frac{-100 Im(S_{21})}{Re(S_{21})^2 + Im(S_{21})^2}$$

L'accuratezza del risultato è migliore del 1% tra 200 e oltre i 100 KOhm.

Per cui si adatta bene a misure d'impedenza alta.



# Accuratezza dei tre metodi

Grafico dell'accuratezza in funzione del metodo scelto. (Immagine presa Copper Mountain Technologies)

