

## Misuratore a Ponte di Rumore per antenne HF

### 1. Introduzione

Siccome da un po' di tempo mi diletto a fare sperimentazione con antenne HF autocostruite, in particolare per applicazioni portatili, sentivo l'esigenza di un strumento che potesse darmi un'indicazione, anche se non completamente precisa, circa l'impedenza "vista" dall'apparato, sia per quanto concerne la parte reale (resistenza) che la parte immaginaria (reattanza). Questo al fine di decidere interventi migliorativi in un modo più mirato e, se vogliamo, scientifico.

Ho scartato l'idea di comprare apparecchiature sofisticate e costose, visto che l'utilizzo sarebbe stato comunque limitato per ovvi motivi di mancanza di tempo.

Ho dato un'occhiata all'intramontabile ARRL Handbook, ed. 1993, ed ho trovato un interessante strumento nel capitolo dedicato agli strumenti di test ; si chiama misuratore a ponte di rumore o noise bridge, e serve appunto a misurare l'impedenza complessa di un'antenna (più la linea di collegamento).

Molti OM sorrideranno per la classica scoperta dell'acqua calda, ma io credo che lo strumento vada presentato comunque, soprattutto agli OM con poca esperienza, con l'incoraggiamento a realizzarlo dal momento che non riserva particolari difficoltà.

E' uno strumento che è bene avere, non si sa mai !

### 2. Descrizione del circuito

Il misuratore a ponte di rumore descritto nel presente articolo è adatto a misurare impedenze nel campo delle HF, tipicamente per antenne collegate tramite un cavo coassiale di lunghezza L; la lunghezza L è un parametro importante, come spiegato successivamente, e va tenuto in debito conto, al fine di capire cosa si sta realmente misurando.

Ma veniamo alla descrizione del circuito, il cui schema elettrico è mostrato in fig. 1.

Esso è basato su un generatore di rumore a banda larga, costituito da un diodo Zener da 6,8 V, e da un generatore, basato su IC1, che sovrappone al suddetto rumore un tono da 1000 Hz. Il segnale risultante viene amplificato dai due transistor Q1 e Q2 in modo da raggiungere un livello adeguato prima del ponte vero e proprio.

Il misuratore a ponte è costituito da un trasformatore T1 trifilare, dal potenziometro R8, dal condensatore C10 e dai condensatori C11÷C16. Chiarisco subito che il parallelo dei condensatori C11÷C16 verso massa, ciascuno inseribile tramite un mini relè a 12 V, sostituisce il classico condensatore variabile che si vede in [1] e [2]. I valori di questi condensatori sono stati scelti in modo che, con tutte le possibili combinazioni, si può realizzare qualunque capacità da 0 fino a 360 pF, con grana inferiore a 10 pF.

Per questo motivo i condensatori C11÷C16 devono essere per RF, quindi a mica argentata. I rimanenti sono dei normali condensatori ceramici.

Lo stabilizzatore IC2 è necessario perché lo schema originario prevedeva il funzionamento con una batteria da 9 V, mentre io prevedo un collegamento a 12 V<sub>cc</sub>.

### 3. Principio di funzionamento

Tornando al trasformatore T1 trifilare, il primo avvolgimento (con estremi 1 e 6 in fig. 1) trasferisce il segnale di rumore, modulato con il tono da 1000 Hz, al circuito “ponte”, composto da due rami, ovvero :

- ramo noto, contenente l'avvolgimento con estremi 2 e 4 in fig. 1, che è collegato da un lato al parallelo fra R8 ed i condensatori C11÷C16, e dall'altro lato all' RTX che fa da misuratore di zero
- ramo incognito, contenente l'avvolgimento con estremi 3 e 5 in fig. 1, che è collegato al sistema cavo + antenna da misurare, con in parallelo il condensatore C10 che svolge una funzione di “bias” per poter misurare sia reattanza capacitiva che induttiva

Collegata l'impedenza incognita alla presa “antenna” (figura 1), ed un normale RTX per HF alla presa “RTX”, una volta acceso il Noise Bridge si vedrà sull' apparato un livello di rumore superiore a S9, su tutte le frequenze. Non è altro che il rumore generato dal nostro apparecchio.

A questo punto si eseguono le seguenti operazioni :

- si porta l'apparato RTX sulla frequenza alla quale interessa effettuare la misura
- si va ad agire sul potenziometro R8 e sui condensatori C11÷C16 fino a minimizzare il rumore che viene visto dall' RTX utilizzato come misuratore di livello
- il livello di rumore sarà minimo quando, nel braccio noto del ponte, R8 e ed il parallelo C11÷C16 avranno uguagliato l'impedenza incognita collegata sull'altro ramo del ponte
- si legge il valore di R8 (tramite una scala graduata sul frontale), e questo rappresenta la parte resistiva dell'impedenza incognita
- si legge poi il valore di capacità inserito, sommando i valori dei condensatori C11÷C15 inseriti tramite i relè
- il condensatore C16, a seconda che sia stato inserito o meno, determina il segno della componente reattiva misurata, ovvero :
  - o se C16 è stato inserito (posizione C), significa che la capacità totale  $C_{Totale}$  inserita è maggiore dei 180 pF del condensatore C10 di riferimento, per cui la capacità misurata è uguale a  $C_{Totale}$  depurata di questi 180 pF; la reattanza, che è capacitiva, vale quindi :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f (C_{Totale} - 180 pF)}$$

- o se C16 non è stato inserito (posizione L), significa che la capacità totale  $C_{Totale}$  è inferiore ai 180 pF di C10, e la reattanza, che è induttiva, vale :

$$X_L = \frac{1}{2\pi f * (180 pF - C_{Totale})}$$

Ovviamente bisogna prestare attenzione alle unità di misura per la frequenza f e per la capacità.

Come detto sopra, il condensatore C10 svolge una funzione di “bias”, ovvero di polarizzazione verso una reattanza capacitiva il che consente di misurare anche reattanze induttive. In pratica, se si collega una impedenza incognita puramente resistiva (reattanza nulla), per avere il minimo di rumore bisogna inserire C16, ovvero portare l' ultimo deviatore in posizione C, al fine di compensare il “bias” introdotto da C10.

Se si utilizzasse un condensatore variabile da 350 pF al posto di C11÷C16, la funzione di C10 sarebbe quella di utilizzare metà escursione del variabile per reattanza capacitiva e l' altra metà per reattanza induttiva.

#### 4. Realizzazione pratica

Il circuito è stato realizzato su una basetta di vetronite monofaccia, tracciando le piste in modo da seguire lo schema elettrico, senza particolari accorgimenti. Le piste di rame sono state stagnate. Conviene tenere corti i collegamenti nella parte ponte di misura, con piste sufficientemente larghe. Tutti i componenti sono stati montati dal lato vetronite tranne il potenziometro che è montato dal lato piste (figura 2 e 3).

Il Trasformatore T1 è stato realizzato utilizzando un nucleo binoculare BLN-43-202; potrebbe andar bene anche un nucleo BLN-43-2402 oppure due pile (incollate lateralmente) di nuclei T37-43 o T50-43, dove ogni pila è composta da due nuclei sovrapposti.

Gli avvolgimenti sono realizzati con filo di rame smaltato da 0,3 mm, e ciascuno è composto da 3 spire : l'avvolgimento primario (1-6) ha gli estremi da un lato, mentre gli altri due avvolgimenti hanno gli estremi dall'altro lato (figura 1).

I 6 relè da 12 V sono comandati ciascuno da un interruttore posto sul frontale (figura 4), ed hanno la funzione di portare a massa un reoforo del relativo condensatore.

#### 5. Taratura

Per la taratura della scala reale (resistenza) si consiglia [2] di collegare al terminale "Ant" dei resistori ad impasto di carbone di valore noto, andando a cercare il minimo segnale agendo su R8 e contrassegnando i punti della scala con il valore del resistore inserito. In alternativa si può misurare il valore corrente di R8 che ha portato all' equilibrio, avendo cura di isolarlo dal circuito.

Inizialmente avevo utilizzato per R8 un potenziometro da 470 Ohm (è il valore minimo che si trova normalmente), ma la precisione nell' intervallo di interesse (0÷100 Ohm) era scarsa. Ho dovuto pertanto procurarmi un potenziometro da 100 Ohm (RS Components cod. 467-8988).

La taratura della scala immaginaria (reattanza) descritta in [2] non è necessaria dal momento che il condensatore variabile è stato sostituito da una batteria di condensatori C11÷C15 in parallelo inseribili in modo indipendente. Una volta raggiunto il minimo di segnale nell' RTX si legge il valore di R8 e si sommano i valori di capacità inseriti fra C11, C12, C13, C14, C15 e C16.

Se l'ultimo selettore, ovvero quello che comanda C16 (180 pF), è inserito (posizione C), stiamo in presenza di reattanza capacitiva e si applica la prima formula ( $X_C$ ).

Se l' ultimo selettore non è inserito (posizione L), stiamo in presenza di reattanza induttiva e si applica la seconda formula ( $X_L$ ).

#### 6. Conclusioni

Quando si effettua la misura bisogna prestare attenzione alla lunghezza L del cavo coassiale di collegamento fra antenna e Noise Bridge.

Il caso ideale sarebbe avere una lunghezza L uguale a  $\lambda/2$  o suoi multipli, ovvero 180 gradi elettrici; infatti, come si evince dalla carta di Smith in fig. 5, supponendo che l'antenna abbia un' impedenza complessa pari a  $(20+j35)$  Ohm a 14,3 MHz, una lunghezza pari a  $180^\circ$  ci riporta, dopo una rotazione completa, nello stesso punto  $(20+j35)$  Ohm. In figura, per motivi grafici, è mostrata una rotazione di soli  $170^\circ$  anziché  $180^\circ$ .

Viceversa, una lunghezza per es. di  $80^\circ$  ci fa vedere (fig. 6) un'impedenza trasformata uguale a  $(47,5-j70,9)$  Ohm, che è tutt'altra cosa.

Ovviamente, più l'impedenza dell'antenna è vicina a  $(50+j0)$  Ohm, ovvero al centro della carta di Smith, e meno la lunghezza L del cavo coassiale è influente.

Spero di aver fatto cosa utile a descrivere un classico strumento, facile da realizzare con modica spesa, e resto a disposizione per domande e chiarimenti all' indirizzo e-mail [aprotopapa@selex-si.com](mailto:aprotopapa@selex-si.com).

## Elenco Componenti

R1 = 1,8 K  
R2 = 6,8 K  
R3 = 6,8 K  
R4 = 22 K  
R5 = 1,2 K  
R6 = 10 K  
R7 = 680  
R8 = potenziometro a carbone 100 Ohm  
C1 = 10 nF ceram.  
C2 = 100 nF ceram.  
C3 = 10 nF ceram.  
C4 = 10 nF ceram.  
C5 = 10 nF ceram.  
C6 = 47 nF ceram.  
C7 = 47 nF ceram.  
C8 = 100 µF elettr.  
C9 = 10 µF elettr.  
C10 = 180 pF mica  
C11 = 5.6 pF mica  
C12 = 10 pF mica  
C13 = 22 pF mica  
C14 = 47 pF mica  
C15 = 100 pF mica  
C16 = 180 pF mica  
Q1, Q2 = 2N2222  
D1, D2 = 1N4148  
DZ1 = 6,8 V 1 W  
IC1 = NE555  
IC2 = 7809  
T1 = vedi testo

## Bibliografia

[1] The ARRL Handbook for Radio Amateurs – 17<sup>th</sup> edition 1993

[2] Giancarlo, IZ8EWD, Pianeta Radio

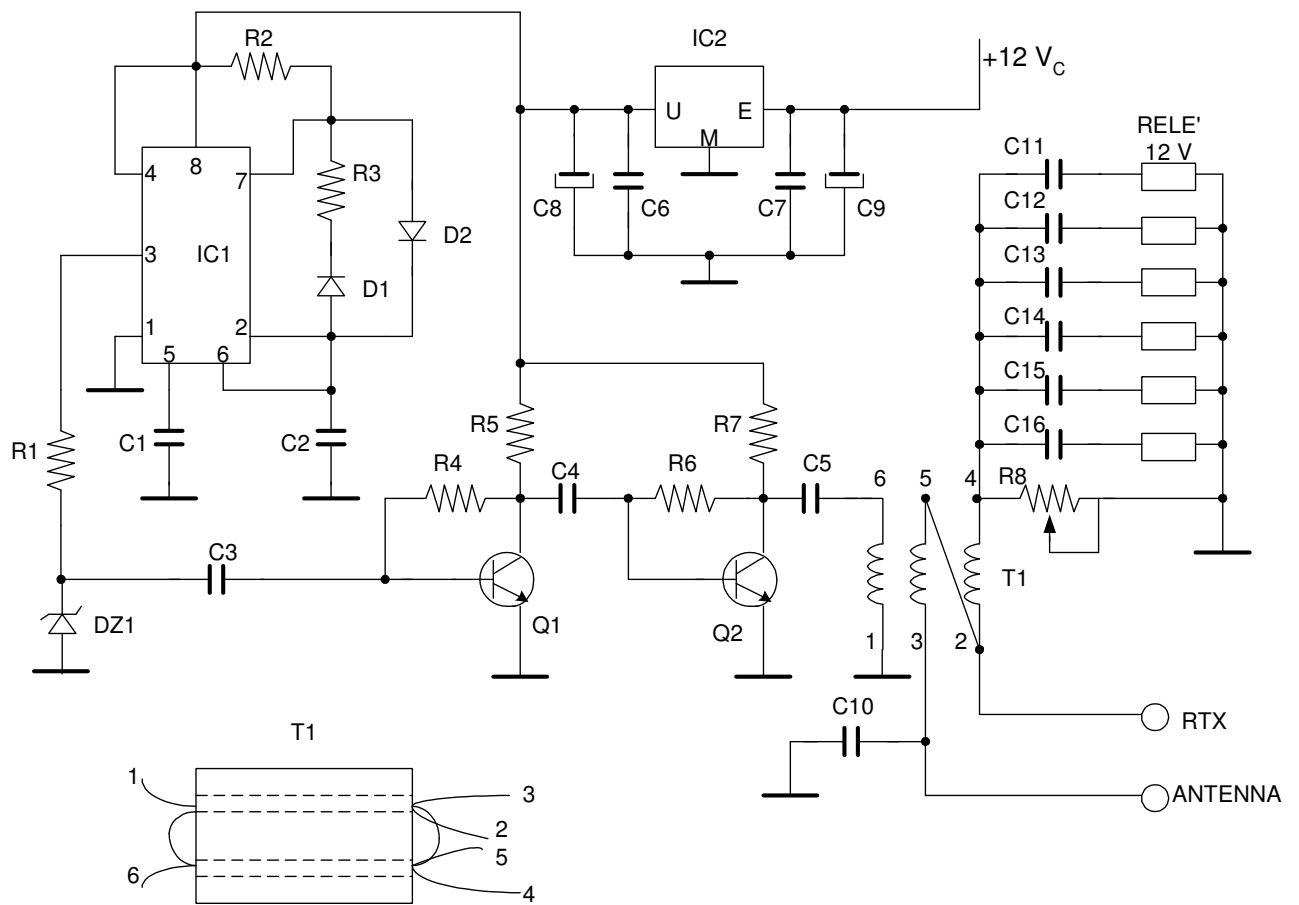


Figura 1 – Schema elettrico del Noise Bridge

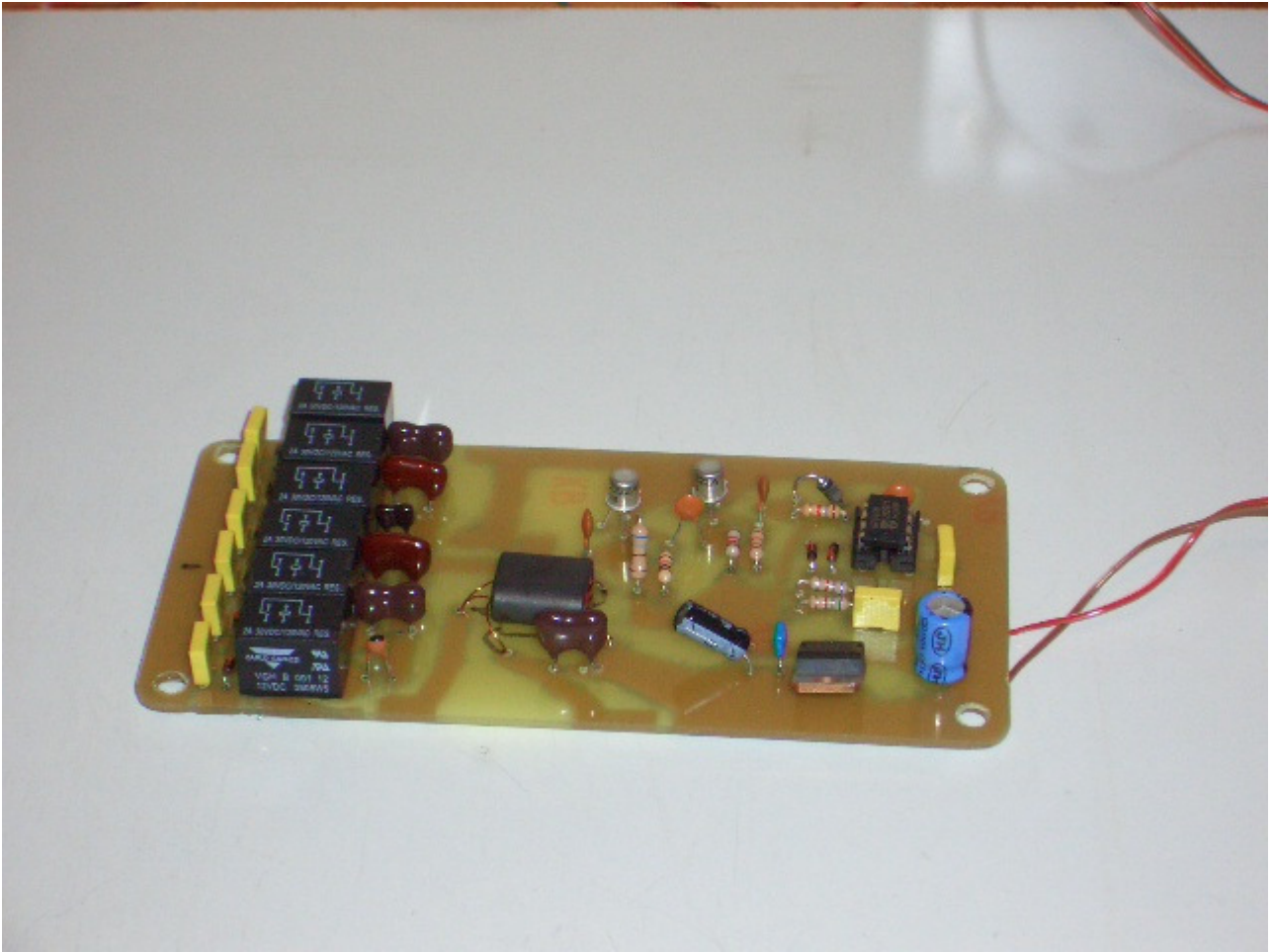


Figura 2 – Circuito stampato con i componenti montati

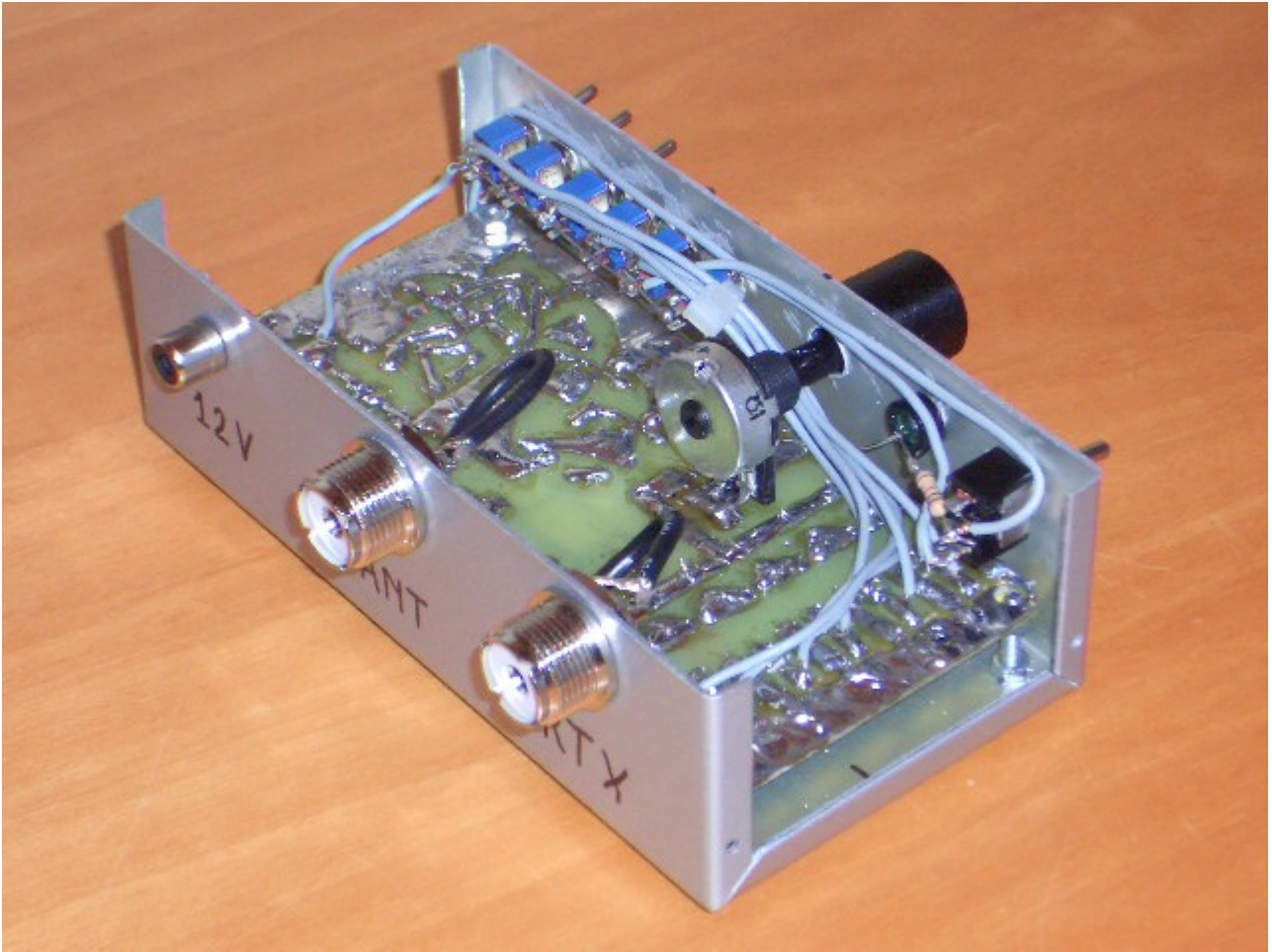


Figura 3 - Circuito montato completo di potenziometro



Figura 4 – Frontale del contenitore con controlli per resistenza e reattanza



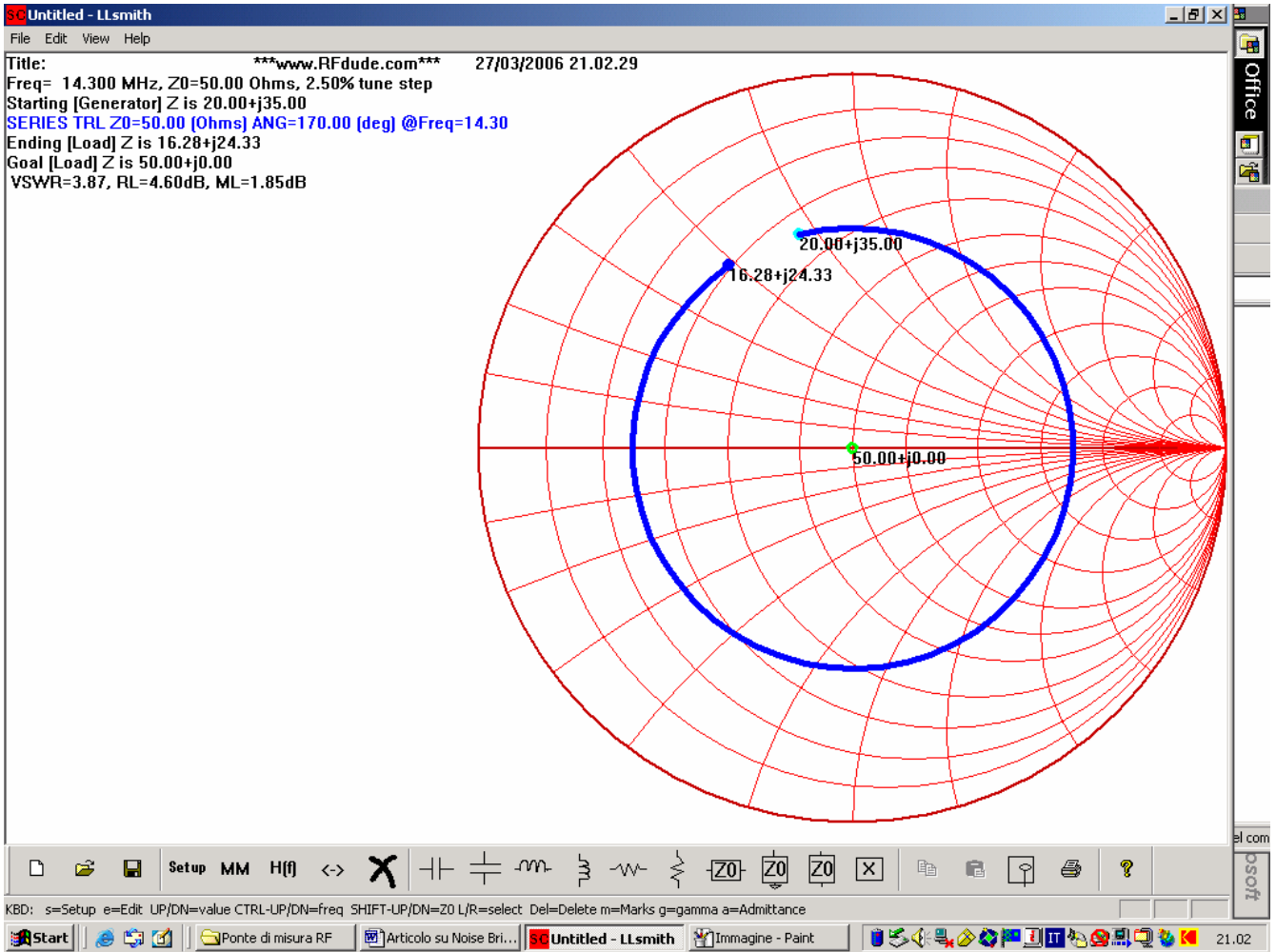


Figura 5 – Rotazione di 170° sulla Carta di Smith

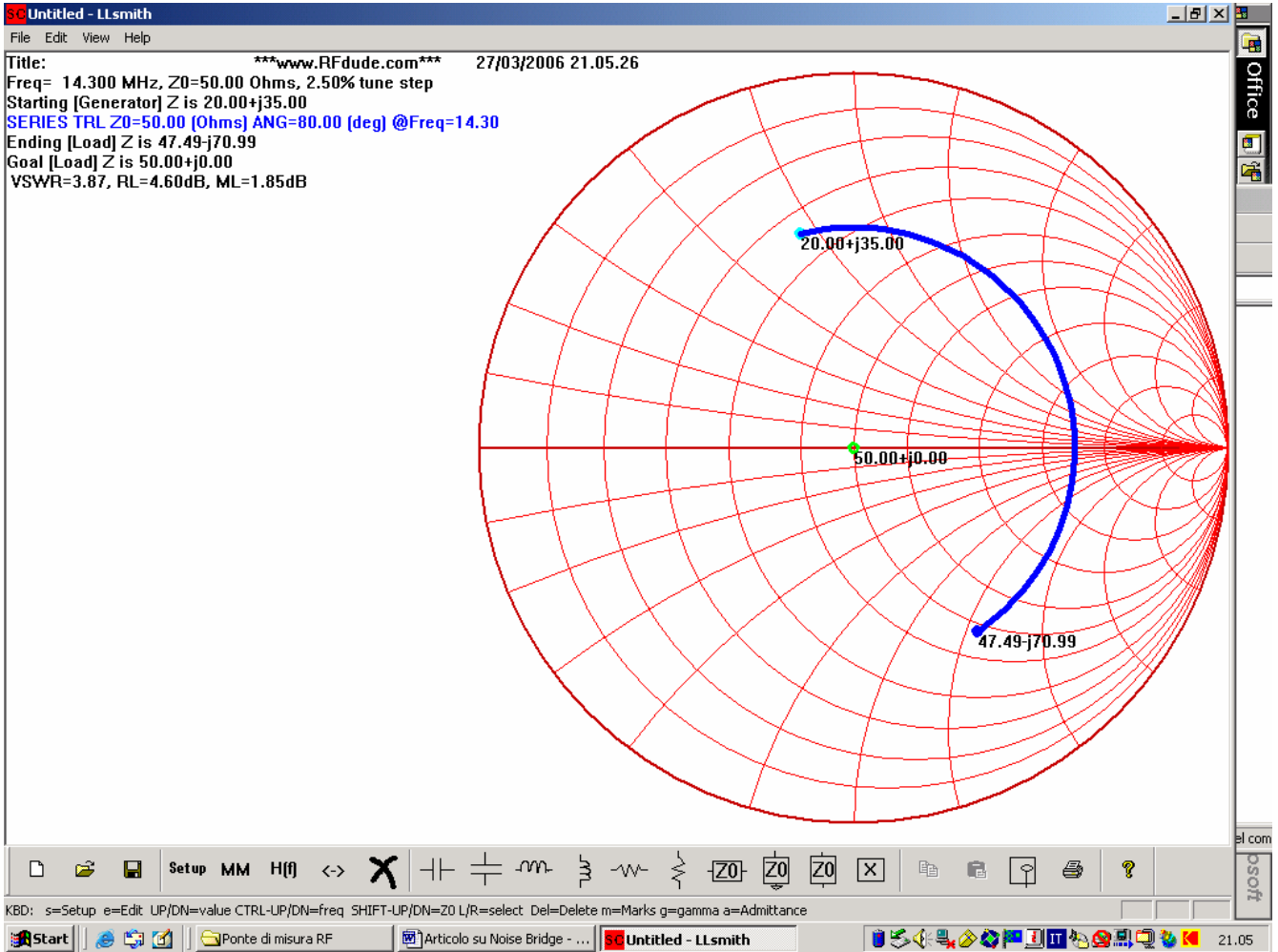


Figura 6 – Rotazione di 80° sulla Carta di Smith