

Report dell'attività sperimentale: realizzazione dell'antenna a dipolo

Partecipanti:	Numero di matricola:
- Lorenzo Faraglia	594871
- Marco D'amati	592125
- Edoardo Diamanti	591544
- Luca Fiore	575332
- Manuel Valentini	610949
- Alessandro Valentini	607801

Introduzione

L'obiettivo del progetto era quello di costruire un'antenna a dipolo che operasse con una frequenza centrale a 2.4GHz partendo dal modello numerico di simulazione già realizzato con il software *CST Studio Suite* per poi dunque giungere alla realizzazione fisica dell'antenna e ad una successiva verifica delle prestazioni.

Realizzazione fisica dell'antenna

Si è partiti con la scelta del cavo coassiale da utilizzare. Siccome nel modello teorico la simulazione è stata eseguita ricostruendo le caratteristiche del cavo coassiale *RG-58* allora si è deciso di utilizzare proprio l'*RG-58* per la realizzazione fisica dell'antenna; difatti, come già detto nella relazione della simulazione teorica, si è ritenuta questa una buona scelta in quanto rappresenta un buon compromesso tra le varie esigenze come: l'impedenza caratteristica, la dissipazione lungo il cavo, la facile reperibilità sul mercato, il prezzo e la ricerca di una struttura che in generale potesse facilitare le varie operazioni di taglio e modellamento che si sarebbero poi dovute realizzare (in quest'ottica si sono ad esempio scartati cavi coassiali con conduttori interni intrecciati).

Di seguito si riportano i passaggi seguiti per la realizzazione dell'antenna:

- Si è realizzato un tratto di gap rimuovendo la guaina, la calza esterna e il dielettrico del coassiale, lasciando solo il conduttore interno;
- Si sono dunque realizzati i due bracci del dipolo ai due lati del gap, alle estremità esterne dei quali si è realizzato il contatto tra i conduttori esterno ed interno del cavo;
- È stata posta particolare attenzione alla simmetria della struttura per garantire un corretto bilanciamento delle correnti e prevenire distorsioni nel diagramma di radiazione.

Si è poi passati alla realizzazione del tratto di cavo da collegare all'alimentazione:

- Si è lasciata scoperta una parte del conduttore interno di un secondo tratto di cavo coassiale;
- Si è poi introdotto in questo tratto di cavo un secondo conduttore, ottenuto sempre da un tratto di *RG-58*, inserendolo in modo tale da realizzare un contatto con la calza esterna del

cavo di alimentazione, in modo tale che rimanesse il quanto più possibile parallelo all’altro conduttore scoperto.
Infine, si è realizzato il contatto tra le estremità libere dei due conduttori provenienti dal cavo di alimentazione con la calza esterna dei due bracci del dipolo, in corrispondenza delle due estremità del gap.

Infine è stato utilizzato un connettore SMA (*SubMiniature version A*) per l’interfaccia tra l'antenna e la linea di alimentazione.

Il prototipo è stato costruito seguendo le specifiche geometriche derivate dalla simulazione, riportate nella seguente tabella. Notare che trattandosi di grandezze molto piccole da realizzare a mano, ci possono essere state delle imprecisioni di realizzazione che possono aver portato ad alcune delle anomalie discusse nei successivi paragrafi.

Tabella 1

Parametro:	Lunghezza:
Gap	8 mm
Bracci del dipolo	20.5 mm
Cavo di alimentazione (parte coperta)	8 mm
Cavo di alimentazione (parte con i due conduttori paralleli scoperti)	8 mm



Figura 1: Realizzazione finale dell'antenna

Presentazione dei risultati

Il parametro fondamentale che descrive il funzionamento dell'antenna è il coefficiente di riflessione S11 misurato tramite il VNA Rohde & Schwarz ZVB 14. Il valore di S11 espresso in decibel (dB) indica l'efficienza dell'adattamento di impedenza. Un valore inferiore a -10 dB indica che oltre il 90% della potenza incidente viene trasmessa all'antenna e meno del 10% della potenza viene riflessa. In questa maniera l'antenna è ben adattata al generatore.

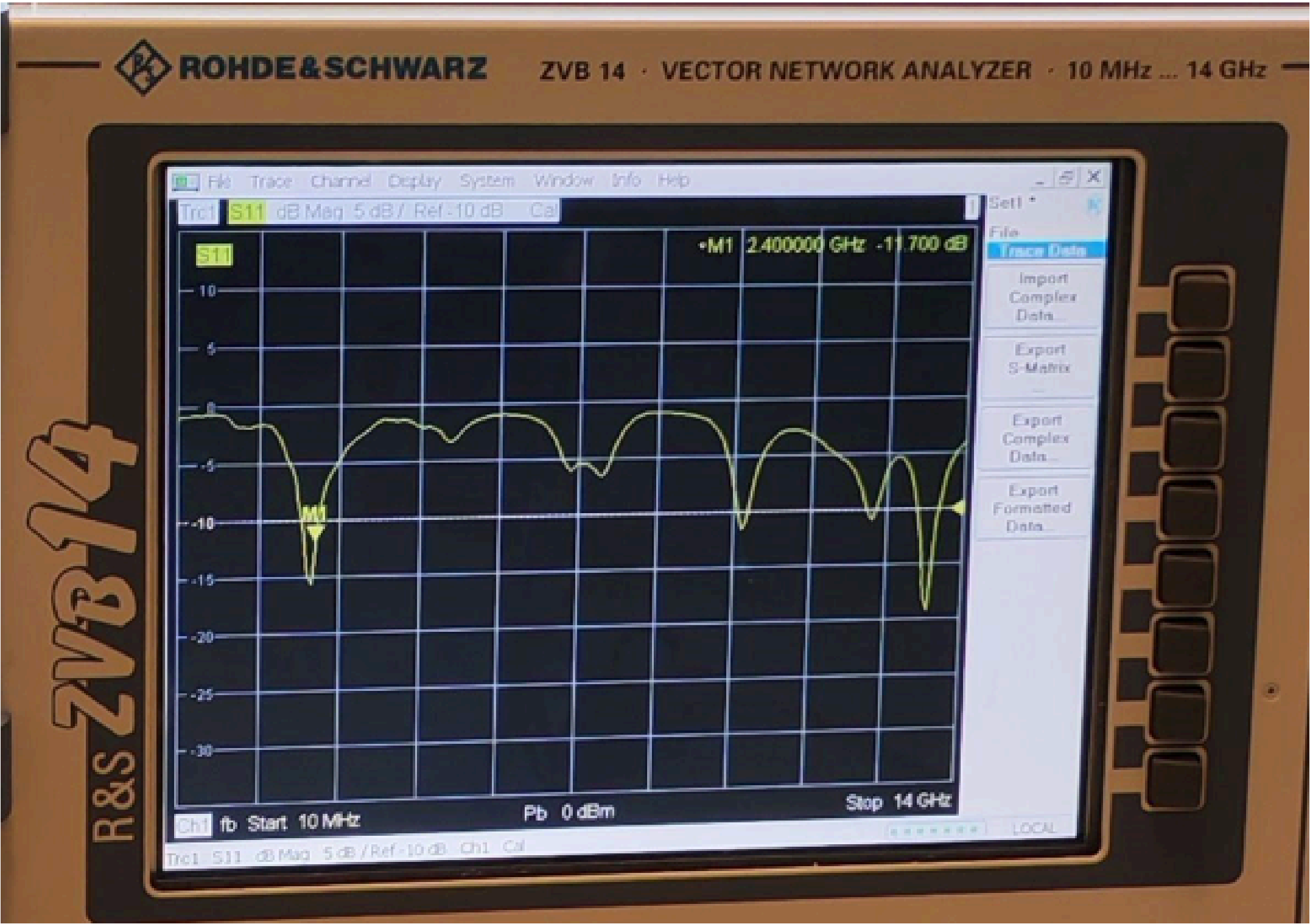


Figura 2: Schermata del VNA ZVB 14 che mostra l'andamento del parametro S11 misurato in laboratorio tra i 10MHz e 14GHz. Il “Marker 1” evidenzia il valore di -11.7 dB alla frequenza di 2.4Ghz.

In corrispondenza della frequenza di progetto di **2.4 GHz** lo strumento riporta, come si può vedere con l'aiuto del “Marker 1”, un valore di **-11.7 dB**, confermando un buon adattamento per tale frequenza di interesse.

Dallo strumento è stato possibile ottenere un file contenente tutti i dati del coefficiente di riflessione S11 in dB, in funzione della frequenza, permettendoci dunque di analizzare gli altri comportamenti che ci interessano.

In particolare si pone attenzione al piccolo posto a frequenza **2.3 GHz** che presenta un valore di S11 di **-14.3 dB**. La presenza di questo picco a 2.3 GHz, con un valore di S11 migliore rispetto a quello misurato nel punto desiderato ci permette di ip

2,10	-11,10
2,25	-14,20
2,32	-14,30
2,39	-11,90
2,48	0,62

Figura 3: A sinistra la colonna delle frequenze in GHz, a destra la colonna dei valori di S11 in dB

possibili metodi applicabili per perfezionare l'antenna in modo da "spostare" questo picco nel punto desiderato.

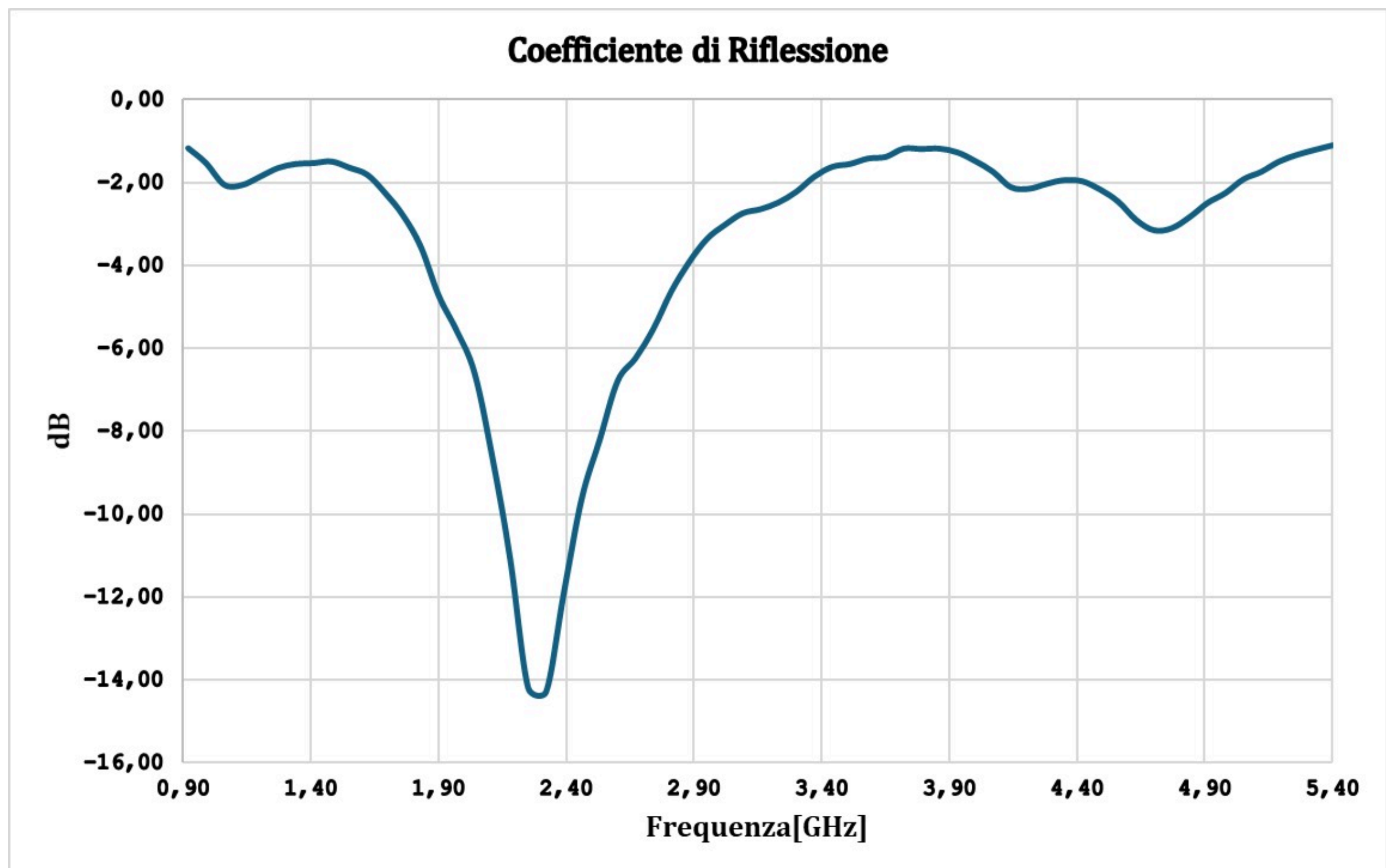


Figura 3: Rappresentazione grafica dei dati ottenuti dalla misurazione dell'S11 tra 0,9GHz e 5,4GHz con il VNA ZVB 14

Discussione dei risultati

Nonostante la coerenza generale con il modello di CST, l'analisi visiva della traccia del coefficiente riflessione rivela dei dettagli che differenziano il prototipo fisico dal modello ideale.

Si osserva che il minimo della curva (il punto di massima risonanza) non è perfettamente centrato sul marker a 2.4 GHz, ma si trova leggermente spostato a circa 2.3 GHz, come citato in precedenza. Questo scostamento di circa 100 MHz verso le frequenze più basse indica che con buona probabilità l'antenna è elettricamente più lunga del previsto; ciò è riconducibile a degli inevitabili piccoli errori nel taglio manuale dei bracci o all'effetto dielettrico dei supporti fisici e dei materiali circostanti, non modellati (o idealizzati) nella simulazione in vuoto effettuata con CST. Dunque modificando l'antenna con l'obiettivo di ridurre al minimo possibile gli errori umani dovuti a tagli di cavo imprecisi, si potrebbe riuscire a "spostare" il picco da 2.3 GHz nel punto a noi desiderato di 2.4 GHz.

Inoltre si nota che l'andamento della traccia mostra piccole oscillazioni sovrapposte alla curva principale lungo l'intero intervallo di frequenze. Poiché la misura non è stata eseguita in camera anecoica, tali oscillazioni sono attribuibili principalmente a *riflessioni ambientali* le quali sono dovute al fatto che le onde irradiate dall'antenna vengono riflesse da superfici presenti nel laboratorio (pareti, banco di misura, strumentazione) e rientrano sull'antenna stessa, generando fenomeni di interferenza. Questi contributi esterni producono variazioni di piccola ampiezza nel coefficiente di riflessione.

Infine i minimi più pronunciati osservabili alle frequenze più elevate invece (intorno a 8 GHz e 12 GHz) non sono attribuibili all’ambiente, ma corrispondono a risonanze dei modi superiori del dipolo, associate a lunghezze elettriche multiple di $\lambda/2$.

Tabella 2

Parametro	Target Simulazione (CST)	Risultato Sperimentale (VNA)	Note
Frequenza di Risonanza	2.40 GHz	\approx 2.30 GHz	Shift dovuto a effetti parassiti/lunghezza
S11 a 2.4 GHz	-22.55 dB	-11.7 dB	Adattamento conforme a -10 dB
Geometria	Ideale	Fisica (con SMA)	Coerenza morfologica largamente mantenuta

Conclusioni finali

Il lavoro svolto ha dimostrato la validità del processo di progettazione. Il buon grado di coerenza tra la forma d'onda ottenuta su CST e quella misurata sul *Rohde & Schwarz ZVB 14* conferma che l'antenna rispetta i principi fisici di funzionamento previsti.

Sebbene si sia riscontrato un lieve spostamento della frequenza ottimale a 2.3 GHz, l'antenna rimane operativa a 2.4 GHz. La presenza di picchi secondari e di ripple ambientali dimostra una complessità del problema superiore a quella ottenuta con la sola simulazione, evidenziando alcune differenze tra il comportamento ideale del software e le non-idealità intrinseche della prototipazione reale. Il progetto si ritiene pertanto validato, avendo raggiunto un buon grado di concordanza tra i risultati teorici e pratici e avendo verificato il buon comportamento dell’antenna per la frequenza di interesse.