Laboratorio di Misure ad Alta Frequenza – A.A. 2012-2013

Esercitazione III: Misure di componenti base di un circuito (HP8753)

Scopo
Caratterizzazione dei componenti più comuni nei circuiti elettrici. Effetti parassiti e circuiti equivalenti dei modelli reali. Funzioni avanzate degli analizzatori di rete vettoriali: misura diretta di impedenza e ammettenza.

Presupposti e suggerimenti generali
Ricordarsi che grandezze che variano di diversi ordini di grandezza sono convenientemente rappresentate in assi (semi)logaritmici.

Poichè per un'induttanza (capacità) la $Z_L(\omega) = j\omega L$ ($Y_C(\omega) = j\omega C$), il valore di L (C) può essere ottenuto dall'interpolazione lineare dei dati sperimentali (o di parte di essi).

In Excel si può usare la "linea di tendenza" e in Matlab si può usare polyfit (e comandi collegati). Un interpolazione lineare con incertezza dei parametri dell'interpolazione può essere ottenuta con "regression2.m".
Osservazione 1:
una misura calibrata su un intervallo di frequenza troppo ampio, può risultare inaccurata. Se si dovessero riscontrare dei comportamenti inattesi, si può suddividere l'intervallo di misura in alcuni sottointervalli (per i nostri scopi bastano tre), in parte sovrapposti per meglio verificare i risultati, e calibrare in questi (salvando le calibrazioni!!!).
Osservazione 2:
Utilizzando la routine SmithChartExample.m potete visualizzare sulla carta di Smith l'andamento atteso del coefficiente di riflessione per i componenti sotto misura.

Es. 0: Introduzione alla carta di Smith e alle misure in conversione
Calibrare lo strumento con una calibrazione FULL2PORTS, 10MHz-1GHz, 1600 punti. Misurare (velocemente) sulla carta di Smith (premere **FORMAT**, SMITH CHART) carichi a 50Ω, corto circuiti e circuiti aperti (sia quelli del kit usato per la calibrazione che quelli le "fatti in casa"). Che vi aspettate di vedere? cosa vedete?

La visualizzazione sulla carta di Smith della riflessione da un cavo con l'estremità aperta costituisce un modo veloce per valutare se una calibrazione è ragionevole. Successivamente, prendere gli stessi elementi e misurarne impedenza e/o ammettenza usando la conversione in impedenza e/o ammettenza delle misure in riflessione.

Visualizzando la carta di Smith di un carico non adattato (giunzione a T collegata chiusa su 2 carichi da 50 Ω oppure il carico da 75Ω), verificare che introducendo una grossa attenuazione, lo strumento misura un carico adattato (cioè una linea con perdite risulta adattata).

Es. 1: Efficacia della calibrazione*

Collegare ad una porta dello strumento due cavi (uno in serie all'altro) e calibrare all'estremità libera (800 punti, fino a 500 MHz). Collegare un connettore a T con due carichi a 50 Ω all'estremo calibrato del cavo e misurare S_{11}. Dalla carta di Smith con il cursore verificare che la misura è circa 25 Ω (situazione A).

Inserire ora un'altro connettore a T (con 50 Ω) tra i due cavi. L'uscita della porta è ora fortemente disadattata. Verificare che il marker ora legge un valore sbagliato (diverso da 25 Ω) (situazione B).

Calibrare ora all'estremità del cavo, con il disadattamento sempre presente. Misurare ora il connettore a T con i due carichi a 50 Ω. Lo strumento è riuscito a compensare bene il disadattamento, seppure molto forte (situazione C).

Nella relazione riportare, direttamente la schermata dello strumento, nelle tre situazioni inserendo un marker per evidenziare i risultati della misura.

Es. 2: Misura dell'impedenza di un resistore*

Dalle misure in riflessione, verificare sulla carta di Smith il comportamento atteso lasciando l'altro estremo sia aperto che chiuso su un corto circuito e su un carico da 50Ω.

Predisporre l'intervallo di frequenze di misura in modo da misurare l'impedenza del componente poco oltre un'eventuale risonanza (e comunque non oltre i 2 GHz). L'intervallo 10MHz–700MHz dovrebbe andare bene (ma potete sceglierne altri).

1. Misurare la resistenza con il multimetro digitale.

2. Misurare l'impedenza in trasmissione, usando

$$Z(\omega) = Z_0 \frac{2\,(1 - S_{21})}{S_{21}}. \tag{1}$$

   interpolando opportunamente le misure in bassa frequenza, ricavare il valore della resistenza.

3. Misurare l'impedenza in riflessione sia chiudendo l'altro estremo su un corto circuito che su un carico a 50Ω. Queste misure sono uguali? di quanto differiscono e perchè? Interpolando opportunamente le misure in bassa frequenza ottenute chiudendo sul corto circuito, ricavare il valore della resistenza.

4. Riportare su di una tabella i valori a bassa frequenza ottenuti nelle tre modalità (quando possibile con incertezza) ed esprimere il valore della resistenza del componente e paragonarlo con il valore nominale.

Considerare adesso le misure in riflessione ottenute chiudendo la seconda porta con il cortocircuito (del kit di calibrazione).

5. Riportare su un grafico la parte reale di $Z(\omega)$, poco oltre la frequenza di risonanza. Sul grafico disegnare la retta (orizzontale) interpolante i valori a bassa frequenza.

6. Riportare su un grafico la parte immaginaria di $Z(\omega)$, poco oltre la frequenza di risonanza. Sul grafico disegnare la retta interpolante i valori a bassa frequenza. Dalla pendenza misurare l'induttanza parassita (e la sua incertezza). Confrontare questo valore con quello ottenuto con il multimetro.

7. Dal valore della frequenza di risonanza, stimare la capacità parassita (con incertezza).

8. Riportare la carta di Smith come visualizzata dallo strumento, mettendo il marker sulla frequenza di risonanza. Dove capita quel punto? Avete capito che vuol dire andamento induttivo/capacitivo?

9. Riportare un grafico con l'andamento della carta di Smith per un resistore ideale del valore misurato precedentemente nell'intervallo di frequenze di misura utilizzato (usare la routine di Matlab SmithChartExample.m per esempio).

10. Riportare un grafico con l'andamento della carta di Smith per un resistore reale del valore misurato precedentemente e di induttanza-serie pari al valore misurato (sempre nell'intervallo di frequenze di misura utilizzato ed usando la routine di Matlab SmithChartExample.m per esempio).

Es. 3: Misura della capacità di un condensatore (misure in riflessione) *

1. Misurare la capacità con il multimetro.

2. Collegare il componente e cercare approssimativamente la frequenza di una eventuale risonanza. Lo strumento andrà predisposto (calibrato se necessario) per misurare l'ammettenza poco oltre un'eventuale risonanza (e comunque non oltre i 2GHz).

3. Salvare i dati dell'ammettenza, parte reale e parte immaginaria (... verificate che i dati salvati siano corretti ...).

4. Dalle misure precedenti, interpolando opportunamente le misure in bassa frequenza, ricavare il valore della capacità (con incertezza).

5. Confrontare le misure della carta di Smith con le attese (usare la routine di Matlab per esempio) del modello ideale e ....

Es. 4: Misura dell'induttanza di una bobina *
Calibrare S_{11}-1port (salvando le calibrazioni) negli intervalli 30kHz–600kHz e 500kHz–10MHz. Dalle misure in riflessione, verificare sulla carta di Smith il comportamento atteso. Attenzione alle risonanze "vere" ed agli artefatti della misura!!!

1. Misurare l'induttanza con il multimetro;

2. Misurare l'impedenza in riflessione, salvare i dati e dall'interpolazione dei dati Z_{Im} a bassa frequenza, ricavare una misura dell'induttanza della bobina.

3. Riportare in un grafico finale le misure ed la $Z_L(\omega) = j\omega L$ usando il valore L misurato con il multimetro (usare due colori diversi per le misure nei due intervalli di calibrazione).

4. Riportare inoltre un grafico con la parte reale dell'impedenza e valutare la resistenza della bobina.

5. Misurare la resistenza della bobina con il multimetro.

6. Confrontare i valori di L e di R questo valore con quelli misurato dal multimetro digitale.

7. Dalla frequenza di risonanza di pu stimare anche la capacità parassita?

8. Confrontare le misure nel formato carta di Smith con le attese (usare la routine di Matlab per esempio) del modello ideale (solo L) e reale (includendo R e ...).

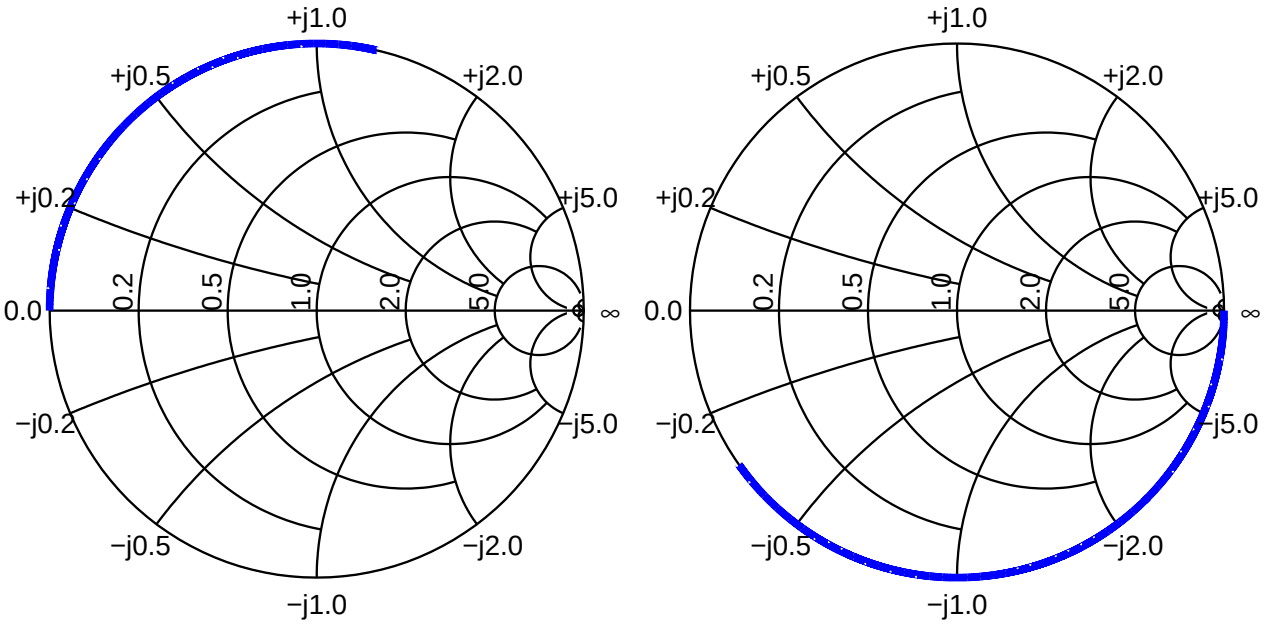

Figura 1: Coefficienti di riflessione per una induttore di L =1mH (plot a sinistra) ed un condensatore di $C = 1\mu$F (plot a destra).

Suggerimento
Utilizzando i comandi Matlab (SmithChartExample.m), si può studiare il comportamento sulla carta di Smith di induttanze e capacità sia reali che ideali. Per esempio, in Fig. 1 sono riportate le carte di Smith di componenti ideali nell'intervallo 0-10kHz.