

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

**Prova individuale****Caratterizzazione di un componente**

Sul connettore sono montate 4 capacità in parallelo fra il conduttore centrale (inner) e massa; il connettore è poi inserito su un altro connettore a T per permettere le misure in trasmissione, come riportato in figura. Sia  $C$  il valore della capacità totale.



Figura 3: Dispositivo da misurare.

Il dispositivo va caratterizzato dalla minima frequenza possibile fino a 100MHz.

1. Riportare, in funzione della frequenza  $f$  e della capacità  $C$ , l'espressione analitica di  $S_{21}$  misurato fra le due porte libere del connettore a T. Riportare inoltre l'espressione di  $\angle S_{21}$ .
2. Dalla misura di  $\angle S_{21}$  ricavare un valore di  $C$  con incertezza.
3. Riportare le misure di  $|S_{21}|$  e  $\angle S_{21}$  sovrapposte all'andamento teorico ricavato al p.to 1 utilizzando per  $C$  la misura ottenuta al p.to 2.
4. Riportare le misure di  $S_{11}$  e  $S_{22}$  sulla carta di Smith sovrapponendole con le attese teoriche ricavate utilizzando per  $C$  la misura ottenuta al p.to 2.

**Nota generale:** lo strumento va calibrato se necessario e nell'intervallo opportuno (nel caso si faccia la calibrazione specificarne il tipo e l'intervallo di frequenza). Sulla relazione riportate i grafici che ritenete significativi.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

## Caratterizzazione di un modo di cavità risonante

Considerare la cavità in figura.



Figura 8: Dispositivo da misurare.

1. Configurare lo strumento per misurare il modo a frequenza di risonanza pari a 4.388GHz.
2. Misurare  $\beta_1, \beta_2$  lasciando la porta non utilizzata aperta usando il VSWR.
3. Caratterizzare il modo in trasmissione, ottenendo il fattore di qualità *unloaded*  $Q_0$  dalla misura automatica di  $Q$  e dai valori di  $\beta_1, \beta_2$ .
4. Confrontare in un grafico le misure di  $\angle S_{21}$  (calibrate) con le attese teoriche a partire da  $Q_L$  e la fase alla risonanza misurati nei punti precedenti.
5. Confrontare il valore di  $|S_{21}|$  alla risonanza con le attese teoriche a partire da  $\beta_1, \beta_2$ .
6. Confrontare i valori di  $\beta_1, \beta_2$  e  $Q_0$  con quelli ottenuti dalla con il fit non lineare sul modulo del coefficiente di riflessione (**ReflectionFitResonance.m**).

Sulla relazione, riportate i grafici che ritenete significativi specificando se è fatta la calibrazione ed in che intervallo di frequenza.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

## Caratterizzazione di un modo di cavità risonante

Considerare la cavità in figura.

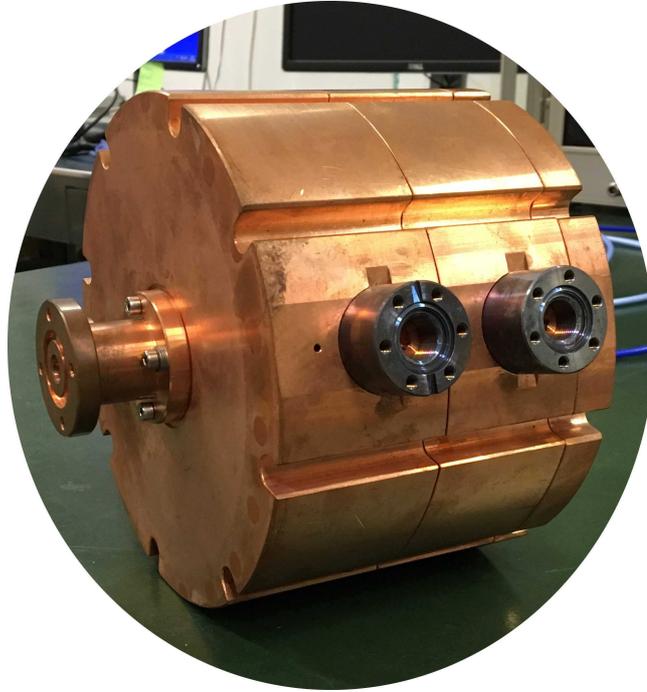


Figura 9: Dispositivo da misurare.

1. Configurare lo strumento per misurare il modo a frequenza di risonanza pari a 2.987GHz.
2. Misurare  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  scollegando il connettore della antenna non utilizzata aperta usando il VSWR.
3. Caratterizzare il modo in trasmissione, ottenendo il fattore di qualità *unloaded*  $Q_0$  dalla misura automatica di  $Q$  e dai valori di  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ .
4. Confrontare in un grafico le misure di  $\angle S_{21}$  (calibrate) con le attese teoriche a partire da  $Q_L$  e la fase alla risonanza misurati nei punti precedenti.
5. Confrontare il valore di  $|S_{21}|$  alla risonanza con le attese teoriche a partire da  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ .
6. Confrontare i valori di  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $Q_0$  con quelli ottenuti dalla con il fit non lineare sul modulo del coefficiente di riflessione (**ReflectionFitResonance.m**).

Sulla relazione, riportate i grafici che ritenete significativi specificando se è fatta la calibrazione ed in che intervallo di frequenza.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

## Caratterizzazione di un modo di cavità risonante

Considerare la cavità in figura.

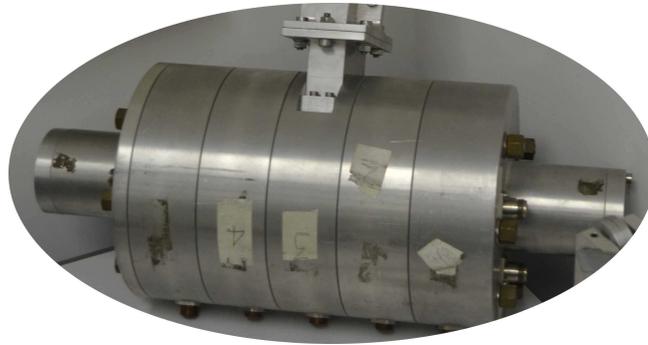


Figura 10: Dispositivo da misurare.

1. Scegliere le porte del dispositivo (una deve essere quella sulla guida d'onda) e configurare lo strumento per misurare il modo a frequenza di risonanza pari a 2.856GHz.
2. Misurare  $\beta_1, \beta_2$  lasciando la porta non utilizzata aperta usando il VSWR.
3. Caratterizzare il modo in trasmissione, ottenendo il fattore di qualità *unloaded*  $Q_0$  dalla misura automatica di  $Q$  e dai valori di  $\beta_1, \beta_2$ .
4. Confrontare in un grafico le misure di  $\angle S_{21}$  (calibrate) con le attese teoriche a partire da  $Q_L$  e la fase alla risonanza misurati nei punti precedenti.
5. Confrontare il valore di  $|S_{21}|$  alla risonanza con le attese teoriche a partire da  $\beta_1, \beta_2$ .
6. Confrontare i valori di  $\beta_1, \beta_2$  e  $Q_0$  con quelli ottenuti dalla con il fit non lineare sul modulo del coefficiente di riflessione (**ReflectionFitResonance.m**).

Sulla relazione, riportate i grafici che ritenete significativi specificando se è fatta la calibrazione ed in che intervallo di frequenza.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

**Prova individuale****Caratterizzazione di un componente risonante incognito intorno alla risonanza**

Considerate il dispositivo sotto misura come descrivibile con un circuito risonante RLC parallelo. La frequenza massima di misura deve essere scelta in modo da includere la prima risonanza.



Figura 11: Dispositivo da misurare.

1. Scrivere l'espressione analitica della impedenza in funzione dei parametri del circuito RLC parallelo. In particolare riportare le espressioni del  $Q_0$  e della  $f_0$  di risonanza in funzione di R, L e C.
2. Misurare l'induttanza (con incertezza) dal comportamento a bassa frequenza della  $Z(\omega)$ .
3. Misurare la capacità (con incertezza) dalla frequenza di risonanza.
4. Misurare la parte reale dell'impedenza, impostando 16 medie (Menù **Avg**). Utilizzando il marker, misurare il valore della resistenza R risalire (analiticamente) alla fattore di qualità  $Q_0$ .
5. Sovrapporre gli andamenti misurati della parte reale ed immaginaria di  $Z(\omega)$  con le attese teoriche a partire dai parametri R, L e C misurati.
6. Sovrapporre le misure di  $S_{11}$  sulla carta di Smith con le attese teoriche per  $S_{11}$  a partire dai parametri R, L e C misurati.

Sulla relazione, riportate i grafici che ritenete significativi specificando se è fatta la calibrazione ed in che intervallo di frequenza. Se ottenete qualche misura di fit lineari, riportare le misure ed i fit lineari sovrapposti.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

**Caratterizzazione di un componente risonante incognito intorno alla risonanza**

Considerate il dispositivo sotto misura come descrivibile con un circuito risonante RLC parallelo. La frequenza massima di misura deve essere scelta in modo da includere la prima risonanza.



Figura 12: Dispositivo da misurare.

1. Scrivere l'espressione analitica della impedenza in funzione dei parametri del circuito RLC parallelo. In particolare riportare le espressioni del  $Q_0$  e della  $f_0$  di risonanza in funzione di R, L e C.
2. Misurare l'induttanza (con incertezza) dal comportamento a bassa frequenza della  $Z(\omega)$ .
3. Misurare la capacità (con incertezza) dalla frequenza di risonanza.
4. Misurare la parte reale dell'impedenza, impostando 16 medie (Menù **Avg**). Utilizzando il marker, misurare il valore della resistenza R risalire (analiticamente) alla fattore di qualità  $Q_0$ .
5. Sovrapporre gli andamenti misurati della parte reale ed immaginaria di  $Z(\omega)$  con le attese teoriche a partire dai parametri R, L e C misurati.
6. Sovrapporre le misure di  $S_{11}$  sulla carta di Smith con le attese teoriche per  $S_{11}$  a partire dai parametri R, L e C misurati.

Sulla relazione, riportate i grafici che ritenete significativi specificando se è fatta la calibrazione ed in che intervallo di frequenza. Se ottenete qualche misura di fit lineari, riportare le misure ed i fit lineari sovrapposti.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

## Caratterizzazione di un componente

Sul connettore è montata una induttanza fra il conduttore centrale (inner) e massa; il connettore è poi inserito su un power splitter. Sia  $L$  il valore della induttanza totale. Chiudere una delle porte libere con un carico da  $50\Omega$ .



Figura 13: Dispositivo da misurare.

1. Prendendo la sola induttanza, misurare il valore  $L$  con incertezza facendo il fit lineare a bassa frequenza, come visto a lezione (NON bisogna misurare i valori dei componenti parassiti).
2. Scrivere il modello circuitale del dispositivo sotto misura, considerando **ideali** tutti i componenti (induttanza  $L$ , divisore di potenza,  $50\Omega$ ).
3. Misurare il coefficiente di riflessione dalla bocca libera del circuito in figura dalla minima frequenza possibile fino a frequenze poco maggiori della prima risonanza.
4. Riportare sulla carta di Smith le misure e le stime del modello ottenuto considerando il circuito equivalente ricavato nel punto precedente.
5. Riportare in un grafico  $|S_{11}|$  in  $dB$  e il valore suo valore atteso considerando l'induttanza un corto circuito.
6. Riportare in un grafico  $\angle S_{11}$  e la sua approssimazione a bassa frequenza  $\angle S_{11} \simeq -2\omega L/Z_0$

**Nota generale:** lo strumento va calibrato se necessario e nell'intervallo opportuno (nel caso si faccia la calibrazione specificarne il tipo e l'intervallo di frequenza). Sulla relazione riportate i grafici che ritenete significativi. Quando utilizzate fit lineari, riportare le misure ed i fit lineari sovrapposti.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

## Caratterizzazione di un dispositivo a 1 porta in riflessione

Sul connettore è montata una induttanza fra il conduttore centrale (inner) e massa; il connettore è poi inserito su un power splitter. Sia  $L$  il valore della induttanza. L'altra porta del power splitter è chiusa con un carico da  $50\Omega$ .



Figura 17: Dispositivo da misurare.

1. Prendendo la sola induttanza, misurare il valore  $L$  con incertezza facendo il fit lineare a bassa frequenza (NON bisogna misurare i valori dei componenti parassiti).
2. Disegnare il modello circuitale del dispositivo sotto misura, considerando **ideali** tutti i componenti (induttanza  $L$ , divisore di potenza,  $50\Omega$ ). Si può dimostrare che  $S_{11}$  di questo dispositivo è

$$S_{11}(\omega) = -\frac{1}{4} \left( \frac{1 - j\omega\tau}{1 + j\omega\tau} \right) \quad \text{con } \tau = L/Z_0. \quad (5)$$

Ricavare sia  $\angle S_{11}$  che  $Im(S_{11})$  e le corrispondenti approssimazioni in bassa frequenza.

3. Misurare il coefficiente di riflessione dalla bocca libera del circuito in figura dalla minima frequenza possibile fino a frequenze poco maggiori della prima risonanza.
4. Dare una stima di  $L$  con un fit lineare in bassa frequenza di  $\angle S_{11}$  e riportare il valore con incertezza. Scegliere opportunamente l'intervallo di frequenza.
5. Dare una stima di  $L$  con un fit lineare in bassa frequenza di  $Im(S_{11})$  e riportare il valore con incertezza. Scegliere opportunamente l'intervallo di frequenza.
6. Riportare il valori misurati per  $L$  nei p.ti 1, 4, 5 in una unica tabella.
7. Riportare sulla carta di Smith le misure e le stime del modello ottenuto considerando il circuito equivalente e le tre diverse misure di  $L$  ricavate (la carta di Smith deve avere 4 grafici sovrapposti).
8. Riportare in un grafico  $Im(S_{11})$  e le stime del modello ottenuto considerando il circuito equivalente e le tre diverse misure di  $L$  ricavate (il grafico di  $Im(S_{11})$  deve avere 4 grafici sovrapposti). Commentare le eventuali differenze.

**Nota generale:** Nel caso si faccia una calibrazione, specificarne il tipo e l'intervallo di frequenza. Sulla relazione riportate i grafici che ritenete significativi e quando utilizzate fit lineari, riportare le misure ed i fit lineari sovrapposti.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

## Caratterizzazione di un dispositivo a 1 porta in riflessione

Il conduttore centrale (inner) e la massa di una connettore sono corto-circuitati; questo approssimative con una induttanza  $L$ . il connettore è poi inserito su un power splitter. L'altra porta del power splitter è chiusa con un carico da  $50\Omega$ .



Figura 21: Dispositivo da misurare.

1. Prendendo la sola induttanza, misurare il valore  $L$  con incertezza facendo il fit lineare a bassa frequenza (NON bisogna misurare i valori dei componenti parassiti).
2. Disegnare il modello circuitale del dispositivo sotto misura, considerando **ideali** tutti i componenti (induttanza  $L$ , divisore di potenza,  $50\Omega$ ). Si può dimostrare che  $S_{11}$  di questo dispositivo è

$$S_{11}(\omega) = -\frac{1}{4} \left( \frac{1 - j\omega\tau}{1 + j\omega\tau} \right) \quad \text{con } \tau = L/Z_0. \quad (8)$$

Ricavare sia  $\angle S_{11}$  che  $Im(S_{11})$  e le corrispondenti approssimazioni in bassa frequenza.

3. Misurare il coefficiente di riflessione dalla bocca libera del circuito in figura dalla minima frequenza possibile fino a frequenze poco maggiori della prima risonanza.
4. Dare una stima di  $L$  con un fit lineare in bassa frequenza di  $\angle S_{11}$  e riportare il valore con incertezza. Scegliere opportunamente l'intervallo di frequenza.
5. Dare una stima di  $L$  con un fit lineare in bassa frequenza di  $Im(S_{11})$  e riportare il valore con incertezza. Scegliere opportunamente l'intervallo di frequenza.
6. Riportare il valori misurati per  $L$  nei p.ti 1, 4, 5 in una unica tabella.
7. Riportare sulla carta di Smith le misure e le stime del modello ottenuto considerando il circuito equivalente e le tre diverse misure di  $L$  ricavate (la carta di Smith deve avere 4 grafici sovrapposti).
8. Riportare in un grafico  $Im(S_{11})$  e le stime del modello ottenuto considerando il circuito equivalente e le tre diverse misure di  $L$  ricavate (il grafico di  $Im(S_{11})$  deve avere 4 grafici sovrapposti). Commentare le eventuali differenze.

**Nota generale:** Nel caso si faccia una calibrazione, specificarne il tipo e l'intervallo di frequenza. Sulla relazione riportate i grafici che ritenete significativi e quando utilizzate fit lineari, riportare le misure ed i fit lineari sovrapposti.

## Laboratorio Multidisciplinare di Elettronica I – A.A. 2016-2017

## Prova individuale

## Modulazione di ampiezza e frequenza

1. Si colleghi il Signal generator della R&S allo spectrum analyser generando un segnale alla frequenza di 100 MHz con una potenza di 0 dBm. **Riportare nella relazione la traccia dello spectrum analyser e la potenza misurata.**
2. Applicare una modulazione AM con modulante  $f_{mod} = 10$  kHz e profondità di modulazione del 100%. Visualizzare il segnale sullo SPA e con i marker **misurare frequenza e potenza della portante, frequenza e potenza delle bande laterali con incertezza (come visto nell'esercitazione 8).**
3. Applicare una modulazione FM con modulante  $f_{mod} = 10$  kHz e  $m = 0.3$ . Visualizzare il segnale sullo SPA e con i marker **misurare frequenza e potenza della portante, frequenza e potenza delle bande laterali con incertezza.**
4. Applicare contemporaneamente la modulazione AM e quella FM. **Valutare analiticamente l'indice di modulazione che porta a zero la prima banda laterale sinistra.**
5. Utilizzando il programma matlab **FourierPlay.m**, **visualizzare l'andamento nel tempo ed in frequenza della modulazione AM, quella FM e quella AM + FM** con il valore di indice di modulazione  $m$  che annulla la prima banda laterale (p.to 4).

*Suggerimento:* per la modulazione FM utilizzare l'equazione con le funzioni di Bessel.

Sulla relazione, riportare quanto richiesto nella parte scritta in rosso del testo specificando, dove necessario, i parametri di configurazione dello strumento che ritenete significativi.