

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

LABORATORIO DI FISICA II

Amplificatori e Faraday

AUTORI - GRUPPO A02

Appoloni Alberto

Rossignoli Emanuele

22 aprile 2021

1 Introduzione

Nella prima esperienza si vuole verificare il comportamento di un amplificatore differenziale ai segnali differenziali(G_{Δ}) e a modo comune(G_{CM}). Sarà importante avere una buona calibrazione del comportamento del circuito per affrontare la successiva esperienza riguardante la verifica dell'induzione di Faraday.

In questa seconda esperienza si osserverà infatti l'effetto Faraday e verificheremo tale legge. Inoltre valuteremo l'induttanza mutua tra due bobine in funzione della distanza di separazione e la confronteremo con il modello di dipolo per una approssimazione nel limite di separazioni grandi: $d \gg r$. Sarà utile l'amplificatore differenziale per rilevare segnali molto piccoli, dell'ordine μV .

2 Materiali e acquisizione dati

2.1 Materiali disponibili

I materiali da utilizzare sono: 2 breadboard, elementi di circuito, oscilloscopio, generatore d'onda, generatore di tensione costante, 3 transistor BJT, 2 resistenze R_E da valori nominali $120 \pm 10 \Omega$, 3 resistenze da valori nominali $10 \pm 1 k\Omega$ per R_3 e le 2 R_C , un condensatore da valore nominale $120 \pm 10 nF$, un trimmer da $10 k\Omega$ per R_1 e R_2 , tester ICE, 2 condensatori elettrolitici da $220 \mu F$, una bobina da 28 avvolgimenti e una da 26, chiavette USB per acquisizione serie temporali, 2 resistenze $R_{LIM1} = 98 \pm 1 \Omega$ e $R_{LIM2} = 99 \pm 1 \Omega$.

2.2 Procedure operative

2.2.1 Parte A: circuito amplificatore differenziale

Si monti prima il circuito a sinistra in Figura 8 (appendice) con i due BJT nella parte superiore della breadboard a cavallo del solco lungo a destra della breadboard e si verifichi i punti di lavoro in condizioni quiescenti con entrambi gli input connessi a massa. Successivamente si completi il circuito come nello schema a destra in Figura 8 aggiungendo la sorgente di corrente costante.

Si alimenti il circuito come in Figura 9 (appendice) a sinistra con un segnale differenziale(100mV a 1KHz) e si controlli che si abbia un amplificatore differenziale. Si effettuino, poi, 11 misure di V_{IN} , V_{OUT} e differenza di fase nell'intervallo di frequenze: 50Hz-200KHz.

Si scelga la resistenza $R_3=10k\Omega$ in modo che il terzo transistor BJT non vada in saturazione. Si passi ora alla configurazione di segnale a modo comune (a destra in figura 9, appendice) e si acquisiscano 5 forme d'onda per ogni frequenza con la chiavetta USB.

2.2.2 Parte B: induzione di Faraday

Si colleghi la bobina "ricevitore" R agli input dell'amplificatore differenziale e si connetta a massa uno di questi input come nel circuito 1. Su un'altra breadboard si colleghi la bobina S al generatore tramite 2 resistenze in parallelo $R_{LIM1} = 98 \pm 1 \Omega$ e $R_{LIM2} = 99 \pm 1 \Omega$. Si collochino le due bobine lungo la sbarra di plastica per poter regolare la separazione e si fissi quest'ultima con dello scotch di carta in modo da effettuare misure più precise. Si separino le due breadboard ad una distanza di 30cm per l'imitare l'accoppiamento spurio fra la sorgente e il circuito dell'amplificatore.

Si collochino le due bobine fin quasi a toccarsi e si faccia scorrere una corrente $i_s = 30 \text{ mA}$ in R_{LIM} e si osservi l'effetto Faraday per 11 frequenze tra 1 kHz e 200 kHz. Si registrino 7 forme d'onda per ogni frequenza. Ora si modifichi la distanza tra le due bobine: 2cm, 8cm, 15cm e si prendano 5 forme d'onda per ogni frequenza.

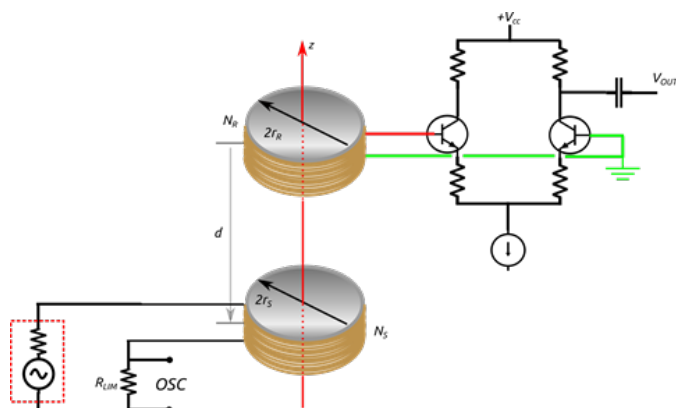


Figura 1: diagramma del circuito "Induzione di Faraday"

3 Risultati e discussione

3.1 amplificatore differenziale

Si riporta in appendice in figura 10 i grafici del guadagno differenziale e a modo comune dell'amplificatore differenziale senza sorgente. Da queste analisi si ricava il valore di $r_e = 27 \pm 4 \Omega$, che, confrontato con il valore teorico di 34Ω , risulta compatibile entro due incertezze. Si graficano su diagrammi di Bode i guadagni sperimentali G_Δ e G_{CM} con sorgente di corrente, assieme alla previsione del modello del circuito. Nella figura 2 si nota un buon accordo tra punti sperimentali e i valori teorici, assicurando anche la calibrazione dell'amplificatore cercata nella prima parte dell'esperienza.

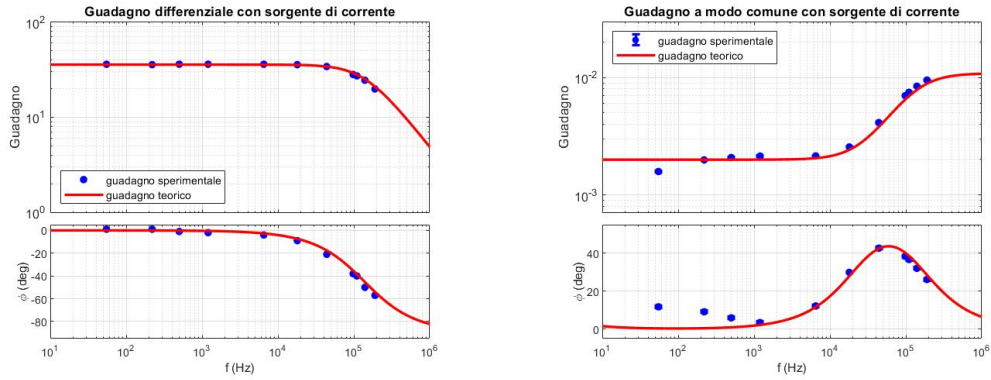


Figura 2: Grafici guadagni

A partire dai dati sperimentali del grafico di Bode si ricavano i valori di $R_s = 2.5 \text{ M}\Omega$ e $C_s = 2.5 \text{ pF}$, rispettivamente resistenza e capacità parassita della sorgente di corrente, per il modello di confronto.

3.2 induzione di Faraday

Si graficano i valori di V_{out} e della differenza di potenziale ai capi di R_{LIM} su un diagramma di Bode. Dalla figura 3 si possono notare la differenza di fase di 90° tra le due differenze di potenziale e l'attenuazione della curva di V_{out} ad alte frequenze, dovuta al filtro passa basso costituito dal circuito.

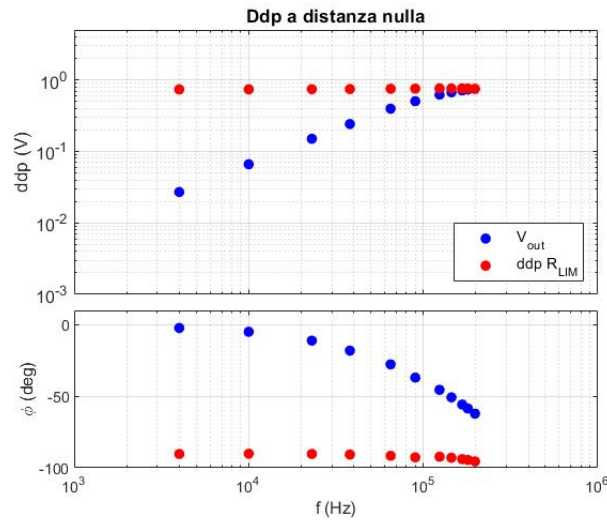


Figura 3

Si calcola l'impedenza efficace data dal rapporto tra la fem indotta e la corrente che scorre nella sorgente.

$$Z_{eff} = \frac{\epsilon_R(\omega)}{i_s(\omega)} = \frac{V_{out}(\omega)}{G_{\Delta}(\omega)i_s(\omega)}$$

Si inseriscono i risultati ottenuti in un grafico di Bode in figura 4. Si nota la dipendenza lineare del modulo di Z_{eff} dalla frequenza e la fase di circa 90° come da previsioni teoriche.

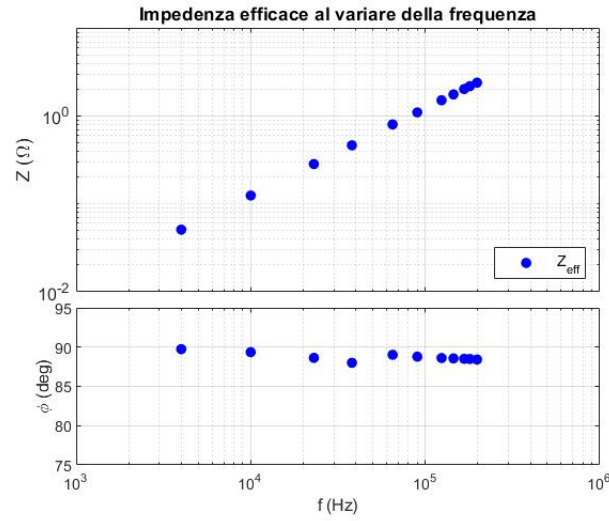


Figura 4

Si analizzano separatamente la parte reale e immaginaria dell'impedenza, facendo un fit a regressione lineare in funzione rispettivamente della frequenza e della pulsazione. Dalla figura 5 si nota che il valore della parte reale è trascurabile rispetto a quella immaginaria, ma entrambe si adeguano al modello lineare. Si può quindi concludere che si tratta di un'impedenza efficace immaginaria che dipende linearmente dalla pulsazione.

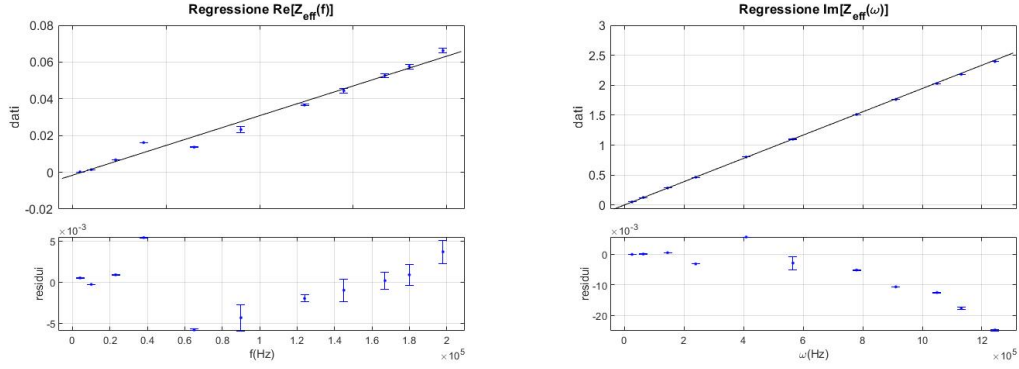


Figura 5: Regressioni parte reale e immaginaria Z_{eff}

Successivamente si varia la distanza tra le due bobine per analizzare l'andamento del campo magnetico e della sua induzione nelle bobine stesse. Si graficano in primis i valori di Z_{eff} per ciascuna delle diverse distanze valutate in funzione della frequenza, figura 6. Da questo grafico si nota la dipendenza lineare del modulo dell'impedenza dalla frequenza, e la fase che ancora una volta che oscilla intorno a 90° . All'aumentare della distanza si ha, come prevedibile, un'attenuazione del valore di impedenza e di conseguenza del campo magnetico generato.

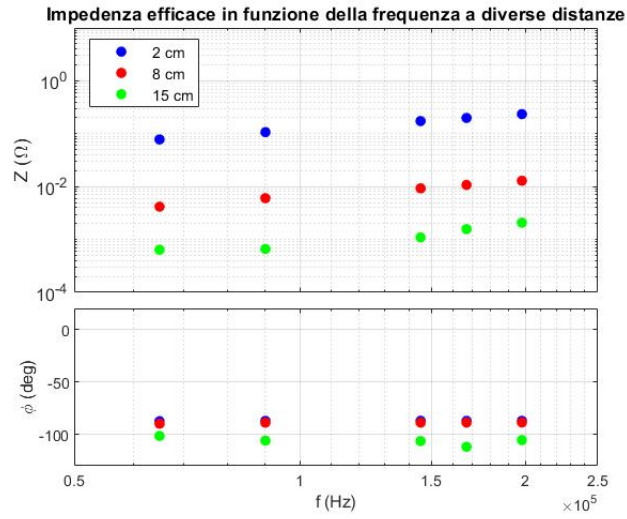


Figura 6

Si effettuano regressioni lineari per le parti immaginarie delle impedenze per ogni distanza e qualitativamente si nota un buon accordo tra dati e modello. I

grafici si possono trovare in appendice in figura 11.

Infine si analizza il comportamento del coefficiente angolare di ogni regressione al variare della distanza tra le bobine e si confronta con il modello di approssimazione di dipolo del campo magnetico. Dal grafico in figura 7 si nota un discreto accordo con il modello, soprattutto a distanze maggiori, dove l'approssimazione di dipolo è migliore. A causa della scarsità dei valori acquisiti non si può avere una buona curva sperimentale.

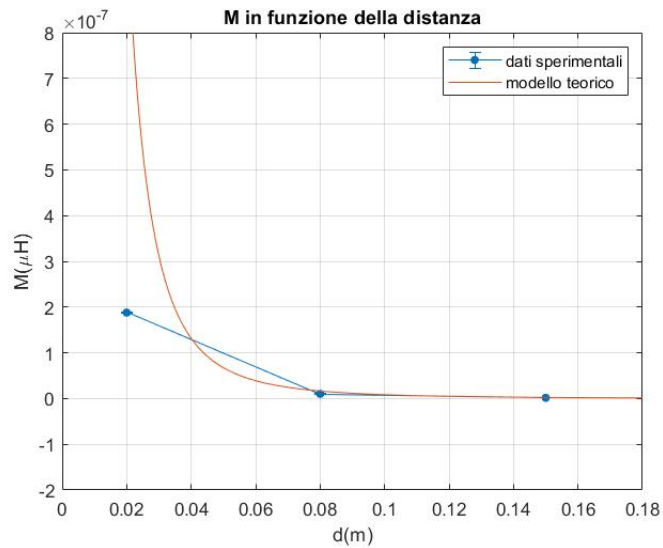


Figura 7: Confronto dati/modello dipolo

4 Conclusione

Nella parte dell'amplificatore differenziale si è ottenuta un'ottima calibrazione per la successiva parte dell'esperienza. I modelli e i dati sperimentali sono in buon accordo.

Nella parte dell'esperienza dell'induttanza di Faraday si è ottenuta una buona correlazione tra grafici e modello a distanza 0, mentre per tracciare l'andamento del campo magnetico al variare della distanza, la carenza di misure ha creato dei problemi nella verifica della legge fisica.

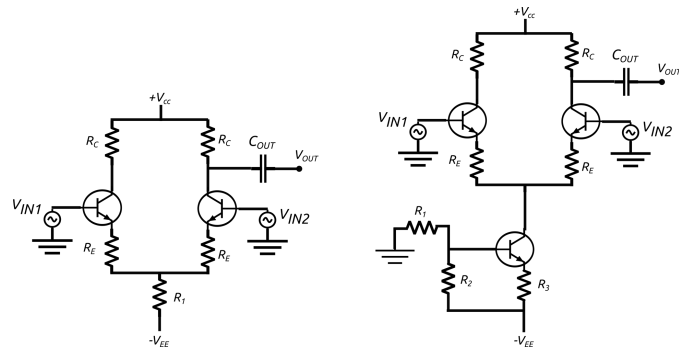


Figura 8: diagramma del circuito amplificatore differenziale long-tailed pair a sinistra e con una sorgente di corrente BJT a destra

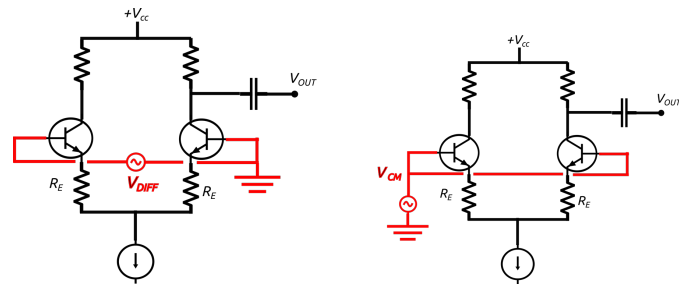


Figura 9: Configurazioni per misurare il guadagno differenziale(sinistra) e a modo comune (destra) per un amplificatore differenziale

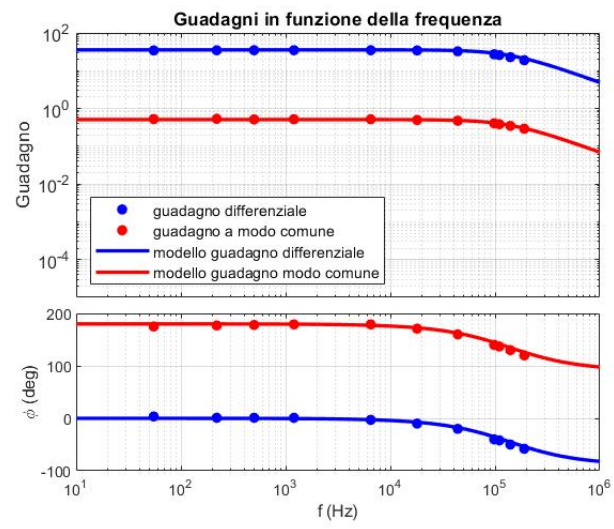


Figura 10: Guadagni in assenza di sorgente di corrente

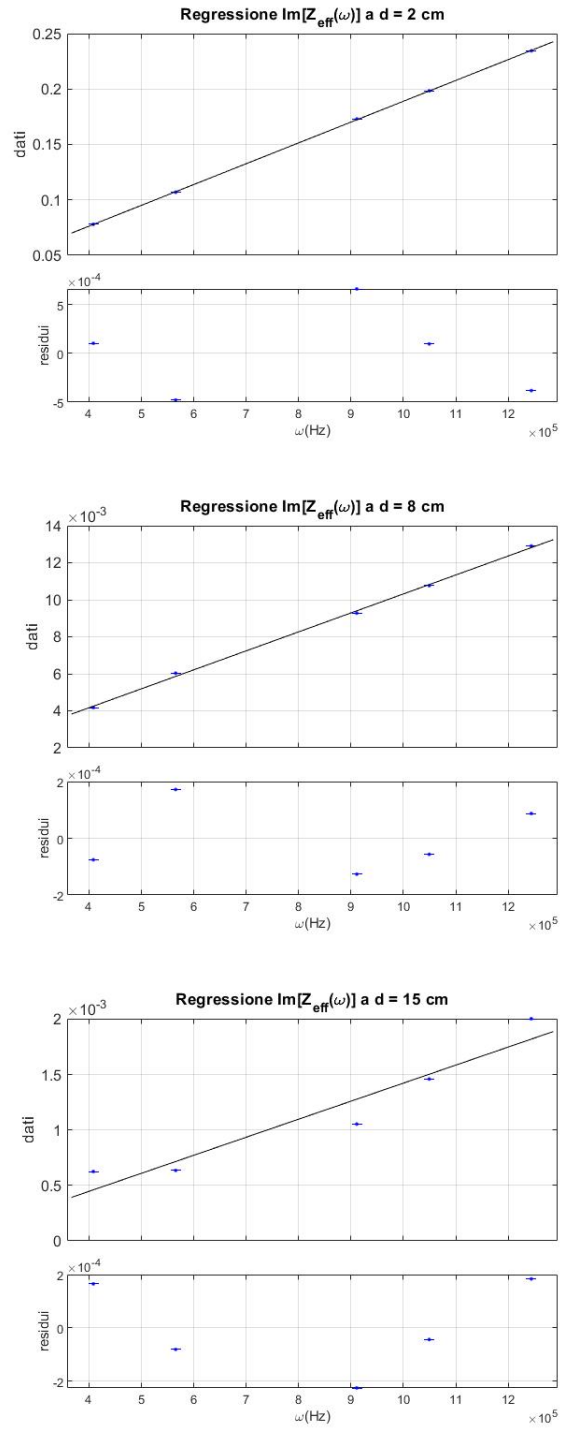


Figura 11: Regressioni parti immaginarie Z_{eff} al variare di d