

Relazione di Laboratorio 2

Esperienza A6

A.A. 2023/2024

Luciano Leotta
Matricola 556372

19/12/2023

1 Cenni teorici

Lo scopo di questa esperienza è determinare le funzioni ampiezza e fase di un circuito RLC serie. Si veda il circuito:

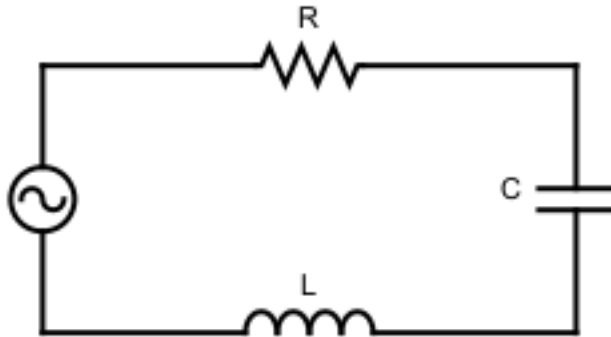


Figure 1: Circuito RLC

Risolvendo il circuito si ha:

$$I = \frac{V_{in}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \quad (1.1)$$

Dunque la funzione attenuazione è:

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{IR}{V_{in}} = \frac{R}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} = \frac{R^2 - jR(\omega L - \frac{1}{\omega C})}{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \quad (1.2)$$

Il cui modulo risulta:

$$|A| = \frac{R\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R})^2}} \quad (1.3)$$

La fase del circuito risulta:

$$\phi = \arctg\left(\frac{X(\omega)}{R(\omega)}\right) = \arctg\left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}\right) \quad (1.4)$$

Introducendo il fattore di qualità della risonanza:

$$Q_s = \frac{2\pi\nu_0 L}{R} = \frac{1}{2\pi\nu_0 RC} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1.5)$$

La 1.3 diventa:

$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1 + Q_s^2 \left(\frac{\nu}{\nu_0} - \frac{\nu_0}{\nu}\right)^2}} \quad (1.6)$$

Quindi le frequenze di taglio (valutate a $-3db$) si calcolano con:

$$\nu_{2,1} = \nu_0 \left(\sqrt{1 + \frac{1}{4Q_s^2}} \pm \frac{1}{2Q_s} \right) \quad (1.7)$$

2 Strumenti e metodo di misura

Per eseguire l'esperimento sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- Oscilloscopio Rigol DS1102e
- Multimetro Rigol DM3058
- Tester Porster BM4070
- Breadbord
- Resistenze dal valore nominale di 470Ω e 47Ω
- Condensatore da capacità nominale $33nF$
- Induttore con coefficienti di autoinduttanza nominale $10mH$
- Sonda compensata
- Generatore di segnali Rigol DG1022
- Cavo BNC-BNC
- T-BNC

É stato costruito il circuito seguente:

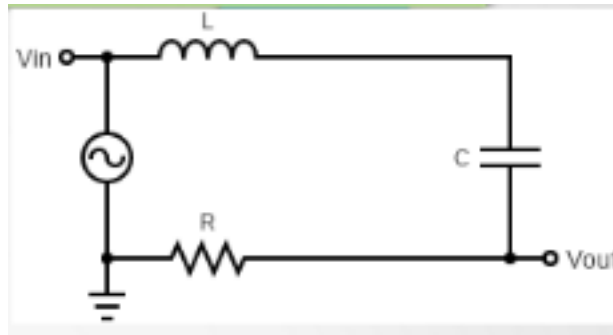


Figure 2: Circuito costruito

Al fine di determinare la frequenza di risonanza del circuito è stato collegato un generatore di segnali. Il segnale di uscita è stato preso ai capi della resistenza, dunque il circuito deve essere costruito con la resistenza collegata al ground. Al fine di ottenere una misura più precisa ai capi della resistenza è stata collegata una sonda compensata. Il segnale in ingresso è stato sdoppiato tramite una T-BNC ed inviato direttamente, attraverso un cavo BNC-BNC, ad un canale dell'oscilloscopio. Al secondo canale dell'oscilloscopio è stato inviato il segnale preso ai capi della resistenza tramite la sonda compensata. Con l'oscilloscopio impostato in modalità YT sono state determinate le ampiezze picco-picco dei segnali e la loro differenza di fase. La procedura è stata ripetuta per due resistenze dal valore nominale diverso (470Ω e 47Ω).

3 Analisi dati

I valori misurati sono:

- $R_1 = (464.04 \pm 0.15)\Omega$; misurato con il multimetro Rigol DM3058
- $R_2 = (46.825 \pm 0.024)\Omega$; misurato con il multimetro Rigol DM3058
- $C = (32.80 \pm 0.96)nF$; misurato con il tester Proster BM4070
- $L = (9.78 \pm 0.53)mH$; misurato con il tester Proster BM4070

Gli errori sulle precedenti misure sono stati determinati seguendo le indicazioni fornite dai costruttori degli strumenti di misura. Per esemplificazione espositiva verranno indicati con 1 le misure riferite alla configurazione con la resistenza R_1 e con 2 quelle riferite alla configurazione con la resistenza R_2 .

Dati 1					
$V_{pp1}(V)$	$\Delta V_{pp1}(V)$	$V_{pp2}(V)$	$\Delta V_{pp2}(V)$	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
2.16	0.08	0.038	0.001	10.0000	0.0005
2.16	0.08	0.047	0.001	20.0000	0.0010
2.16	0.08	0.047	0.001	50.0000	0.0025
2.16	0.08	0.045	0.002	100.0000	0.0050
2.16	0.08	0.068	0.002	200.0000	0.0100
2.16	0.08	0.116	0.004	500.0000	0.0250
2.16	0.08	0.216	0.008	1000.000	0.050
2.16	0.08	0.432	0.016	2000.000	0.100
2.16	0.08	0.96	0.04	4000.000	0.200
2.16	0.08	1.22	0.04	5000.000	0.250
2.16	0.08	1.46	0.05	6000.000	0.300
2.16	0.08	1.88	0.08	8000.000	0.400
2.16	0.08	1.88	0.08	8100.000	0.405
2.16	0.08	1.88	0.08	8300.000	0.415
2.16	0.08	1.92	0.08	8500.000	0.425
2.16	0.08	1.92	0.08	8700.000	0.435
2.16	0.08	1.92	0.08	8900.000	0.445
2.16	0.08	1.88	0.08	9100.000	0.455
2.16	0.08	1.88	0.08	9500.00	0.48
2.16	0.08	1.84	0.07	10000.00	0.50
2.16	0.08	1.78	0.06	10000.00	0.50
2.16	0.08	1.56	0.05	12000.00	0.60
2.08	0.08	1.26	0.05	15000.00	0.75
2.16	0.08	0.92	0.04	20000.00	1.00
2.16	0.08	0.32	0.01	50000.0	2.5
2.16	0.08	0.14	0.01	100000	5
2.16	0.08	0.32	0.01	200000	10
2.16	0.08	0.094	0.006	500000	25

Dati 2					
$V_{pp1}(V)$	$\Delta V_{pp1}(V)$	$V_{pp2}(V)$	$\Delta V_{pp2}(V)$	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
2.16	0.08	0.014	0.001	100.000	0.005
2.16	0.08	0.016	0.001	200.000	0.010
2.16	0.08	0.014	0.001	500.000	0.025
2.16	0.08	0.024	0.001	1000.000	0.050
2.16	0.08	0.047	0.002	2000.00	0.10
2.16	0.08	0.112	0.004	4000.00	0.20
2.16	0.08	0.160	0.005	5000.00	0.25
2.12	0.08	0.240	0.009	6000.00	0.30
2.00	0.08	0.408	0.016	7000.00	0.35
1.84	0.07	0.520	0.019	7444.00	0.37
1.52	0.07	0.760	0.034	8000.00	0.40
1.36	0.06	0.800	0.035	8500.00	0.43
1.56	0.07	0.760	0.034	8888.00	0.44
1.60	0.07	0.740	0.033	9000.00	0.45
1.80	0.07	0.640	0.032	9500.00	0.48
1.92	0.08	0.540	0.030	10000.00	0.50
2.04	0.08	0.360	0.015	11000.00	0.55
2.08	0.08	0.280	0.013	12000.00	0.60
2.16	0.08	0.176	0.011	15000.00	0.75
2.16	0.08	0.108	0.006	20000	1
2.16	0.08	0.033	0.001	50000	2.5

Le incertezze su V_{pp1} e V_{pp2} sono state determinate utilizzando il manuale dell'oscilloscopio Rigol. Per le frequenze utilizzando il manuale dei generatori di segnali Rigol. Poiché l'attenuazione è $A = \frac{V_{pp2}}{V_{pp1}}$, si ha:

Attenuazione 1			
A	ΔA	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
0.02	0.03	10.0000	0.0005
0.02	0.03	20.0000	0.0010
0.02	0.03	50.0000	0.0025
0.02	0.04	100.0000	0.0050
0.03	0.03	200.0000	0.0100
0.05	0.04	500.0000	0.0250
0.10	0.04	1000.000	0.050
0.20	0.04	2000.000	0.100
0.44	0.04	4000.000	0.200
0.56	0.04	5000.000	0.250
0.68	0.04	6000.000	0.300
0.87	0.05	8000.000	0.400
0.87	0.05	8100.000	0.405
0.87	0.05	8300.000	0.415
0.89	0.05	8500.000	0.425
0.89	0.05	8700.000	0.435
0.89	0.05	8900.000	0.445
0.87	0.05	9100.000	0.455
0.87	0.05	9500.00	0.48
0.85	0.05	10000.00	0.50
0.82	0.05	10000.00	0.50
0.72	0.04	12000.00	0.60
0.61	0.04	15000.00	0.75
0.43	0.04	20000.00	1.00
0.15	0.04	50000.0	2.5
0.06	0.05	100000	5
0.15	0.03	200000	10
0.04	0.06	500000	25

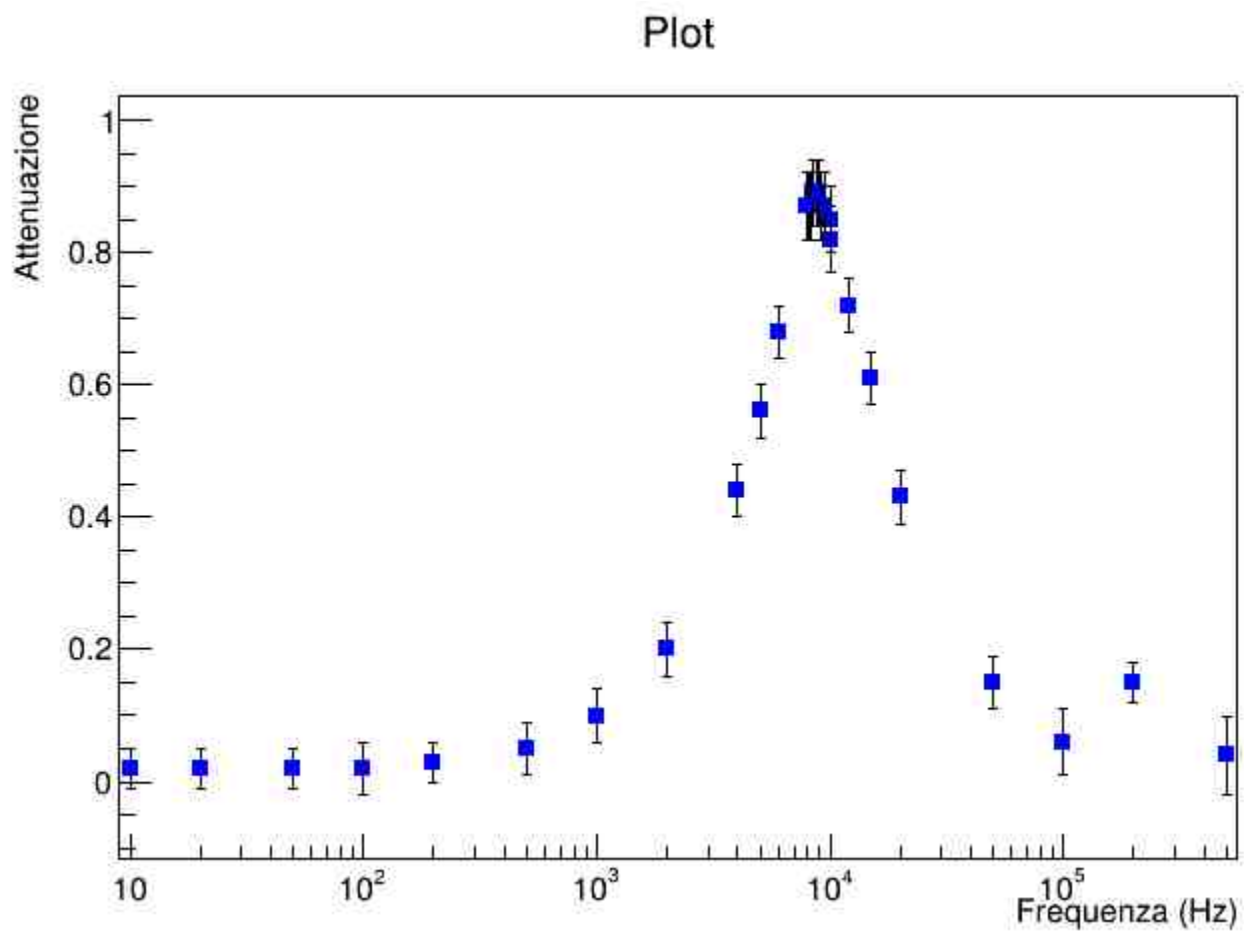


Figure 3: Plot Attenuazione 1

Attenuazione 2			
A	ΔA	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
0.006	0.044	100.000	0.005
0.007	0.043	200.000	0.010
0.006	0.044	500.000	0.025
0.011	0.037	1000.000	0.050
0.022	0.037	2000.00	0.10
0.052	0.037	4000.00	0.20
0.074	0.030	5000.00	0.25
0.113	0.037	6000.00	0.30
0.204	0.040	7000.00	0.35
0.283	0.037	7444.00	0.37
0.500	0.050	8000.00	0.40
0.588	0.052	8500.00	0.43
0.487	0.049	8888.00	0.44
0.463	0.049	9000.00	0.45
0.356	0.051	9500.00	0.48
0.281	0.056	10000.00	0.50
0.176	0.041	11000.00	0.55
0.135	0.047	12000.00	0.60
0.081	0.064	15000.00	0.75
0.050	0.055	20000	1
0.015	0.043	50000	2.5

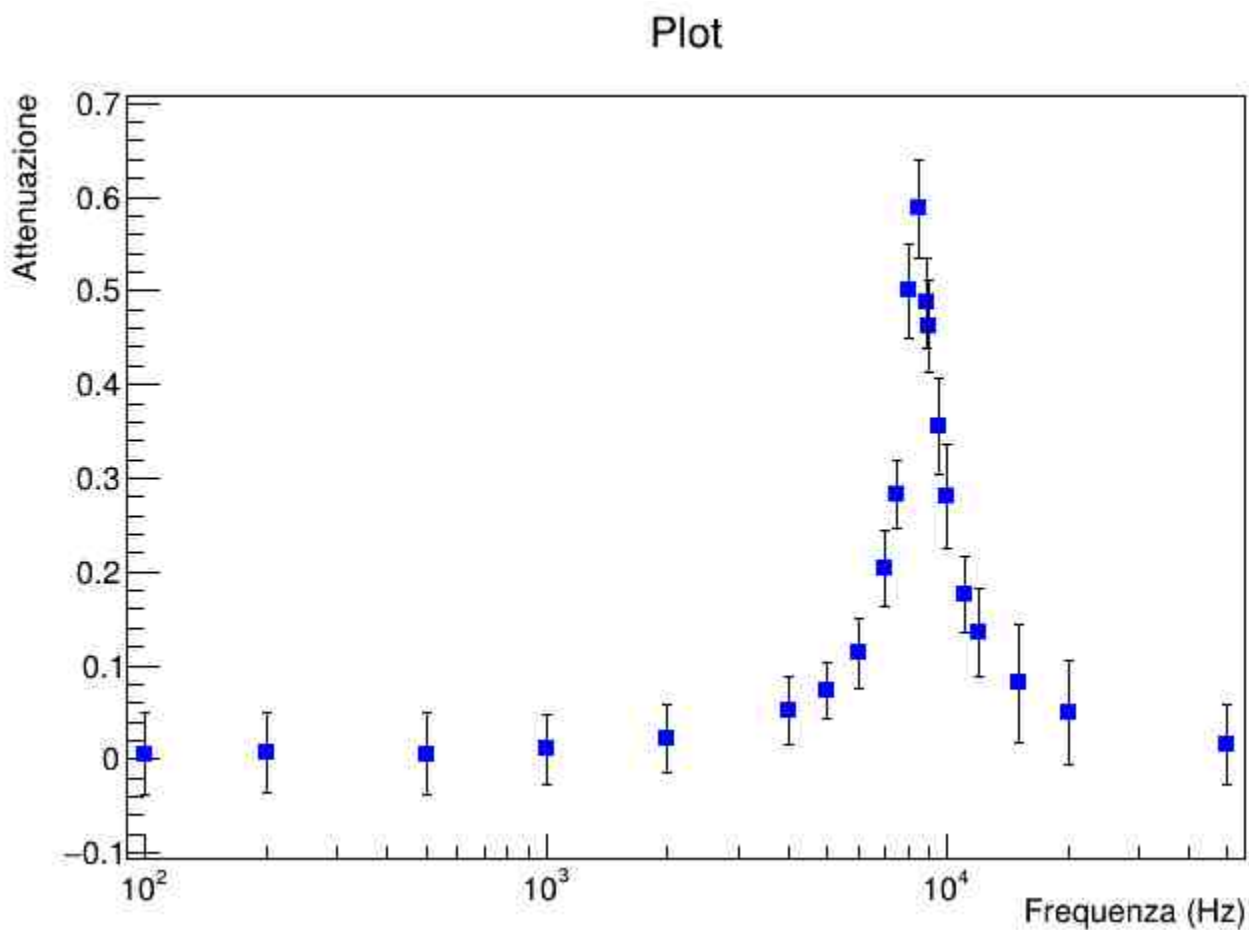


Figure 4: Plot Attenuazione 2

Le incertezze sull'attenuazione sono state calcolate con:

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial V_{pp1}} \Delta V_{pp1}\right)^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial V_{pp2}} \Delta V_{pp2}\right)^2} \quad (3.1)$$

La differenza di fase è stata misurata utilizzando la funzione di misura dell'oscilloscopio Rigol. L'incertezza su tale misura è stata considerata pari all'oscillazione del valore osservato sul display dell'oscilloscopio durante la misurazione.

Differenza di fase 1			
ϕ°	$\Delta\phi^\circ$	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
90	2	10.0000	0.0005
90	2	20.0000	0.0010
90	2	50.0000	0.0025
90	2	100.0000	0.0050
90	2	200.0000	0.0100
90	2	500.0000	0.0250
84	2	1000.000	0.050
79	2	2000.000	0.100
60	2	4000.000	0.200
54	2	5000.000	0.250
45	2	6000.000	0.300
18	2	8000.000	0.400
10	2	8100.000	0.405
8	2	8300.000	0.415
3	2	8500.000	0.425
1	2	8700.000	0.435
-1	2	8900.000	0.445
-2	2	9100.000	0.455
-5	2	9500.00	0.48
-10	2	10000.00	0.50
-13	2	10000.00	0.50
-32	2	12000.00	0.60
-51	2	15000.00	0.75
-60	2	20000.00	1.00
-74	2	50000.0	2.5
-82	2	100000	5
-84	2	200000	10
-86	2	500000	25

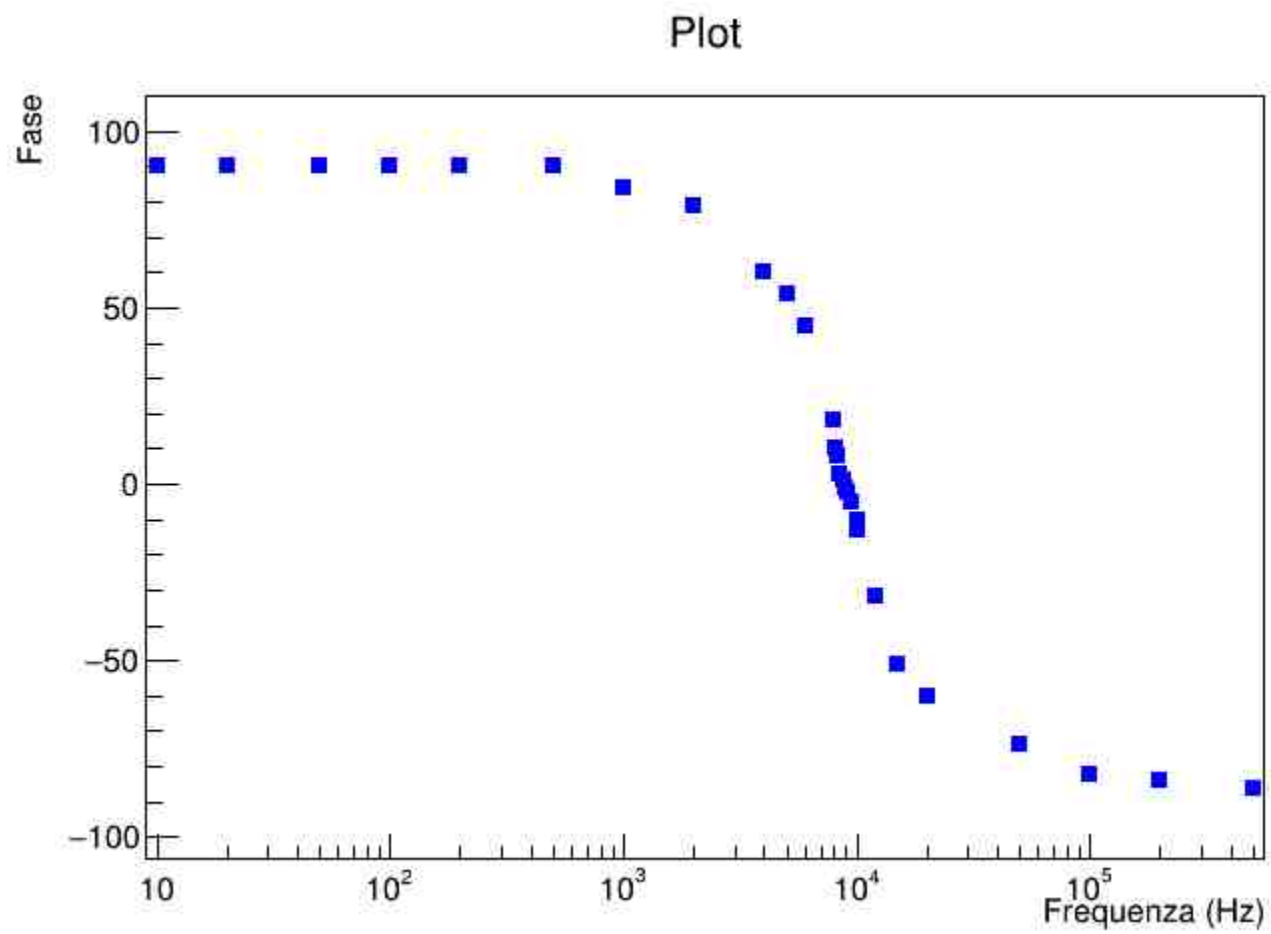


Figure 5: Diagramma di Bode 1

Differenza di fase 2			
ϕ°	$\Delta\phi^\circ$	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
90	2	100.000	0.005
90	2	200.000	0.010
90	2	500.000	0.025
90	2	1000.000	0.050
90	2	2000.00	0.10
84	2	4000.00	0.20
82	2	5000.00	0.25
81	2	6000.00	0.30
79	2	7000.00	0.35
64	2	7444.00	0.37
36	2	8000.00	0.40
-10	2	8500.00	0.43
-28	2	8888.00	0.44
-36	2	9000.00	0.45
-50	2	9500.00	0.48
-60	2	10000.00	0.50
-73	2	11000.00	0.55
-75	2	12000.00	0.60
-79	2	15000.00	0.75
-82	2	20000	1
-85	2	50000	2.5

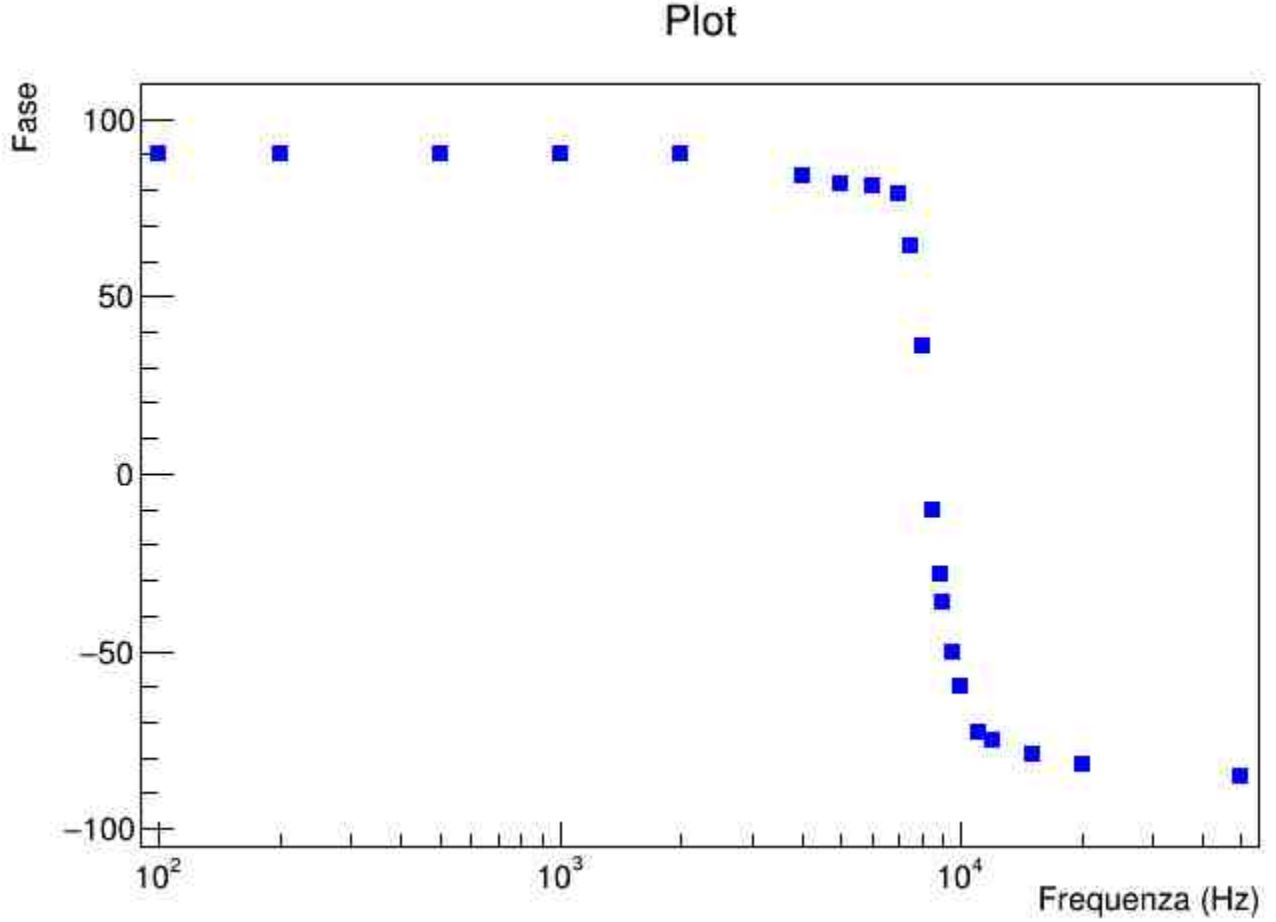


Figure 6: Diagramma di Bode 2

3.1 Best Fit

La procedura di best fit che è stata utilizzata per l'analisi dei dati è basata sulla minimizzazione del χ^2 così definito:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - F(x_i))^2}{\sigma_{y_i}^2 + \left(\frac{\partial F(x_i)}{\partial x} \sigma_{x_i}\right)^2} \quad (3.2)$$

dove gli y_i sono i valori della variabile dipendente misurata, gli $F(x_i)$ sono i valori previsti dal modello nella sua forma funzionale (cioè dipendenti dai parametri che si desidera trovare), gli x_i sono i valori misurati della variabile indipendente, i σ_{y_i} sono gli errori associati alla variabile dipendente, i σ_{x_i} sono gli errori associati alla variabile indipendente ed N il numero di valori su cui si sta effettuando la procedura di best fit.

Poiché si vuole verificare 1.6 è stato utilizzato per la procedura di best fit il seguente modello:

$$Y = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{X}{F} - \frac{F}{X}\right)^2}} \quad (3.3)$$

con $Y = A$, $X = \nu$, $F = \nu_0$ e $Q = Q_s$. Si può notare come l'errore relativo su Y sia molto maggiore di quello sulla X , quindi si è preferito calcolare il χ^2 trascurando l'errore sulla variabile X (per correttezza formale si è preferito riportare tale incertezza all'interno delle tabelle, sebbene essa non sia stata presa in considerazione per lo svolgimento della procedura).

Dati Fit 1			
Y	ΔY	$X(Hz)$	$\Delta X(Hz)$
0.02	0.03	10.0000	0.0005
0.02	0.03	20.0000	0.0010
0.02	0.03	50.0000	0.0025
0.02	0.04	100.0000	0.0050
0.03	0.03	200.0000	0.0100
0.05	0.04	500.0000	0.0250
0.10	0.04	1000.000	0.050
0.20	0.04	2000.000	0.100
0.44	0.04	4000.000	0.200
0.56	0.04	5000.000	0.250
0.68	0.04	6000.000	0.300
0.87	0.05	8000.000	0.400
0.87	0.05	8100.000	0.405
0.87	0.05	8300.000	0.415
0.89	0.05	8500.000	0.425
0.89	0.05	8700.000	0.435
0.89	0.05	8900.000	0.445
0.87	0.05	9100.000	0.455
0.87	0.05	9500.00	0.48
0.85	0.05	10000.00	0.50
0.82	0.05	10000.00	0.50
0.72	0.04	12000.00	0.60
0.61	0.04	15000.00	0.75
0.43	0.04	20000.00	1.00
0.15	0.04	50000.0	2.5
0.06	0.05	100000	5
0.15	0.03	200000	10
0.04	0.06	500000	25

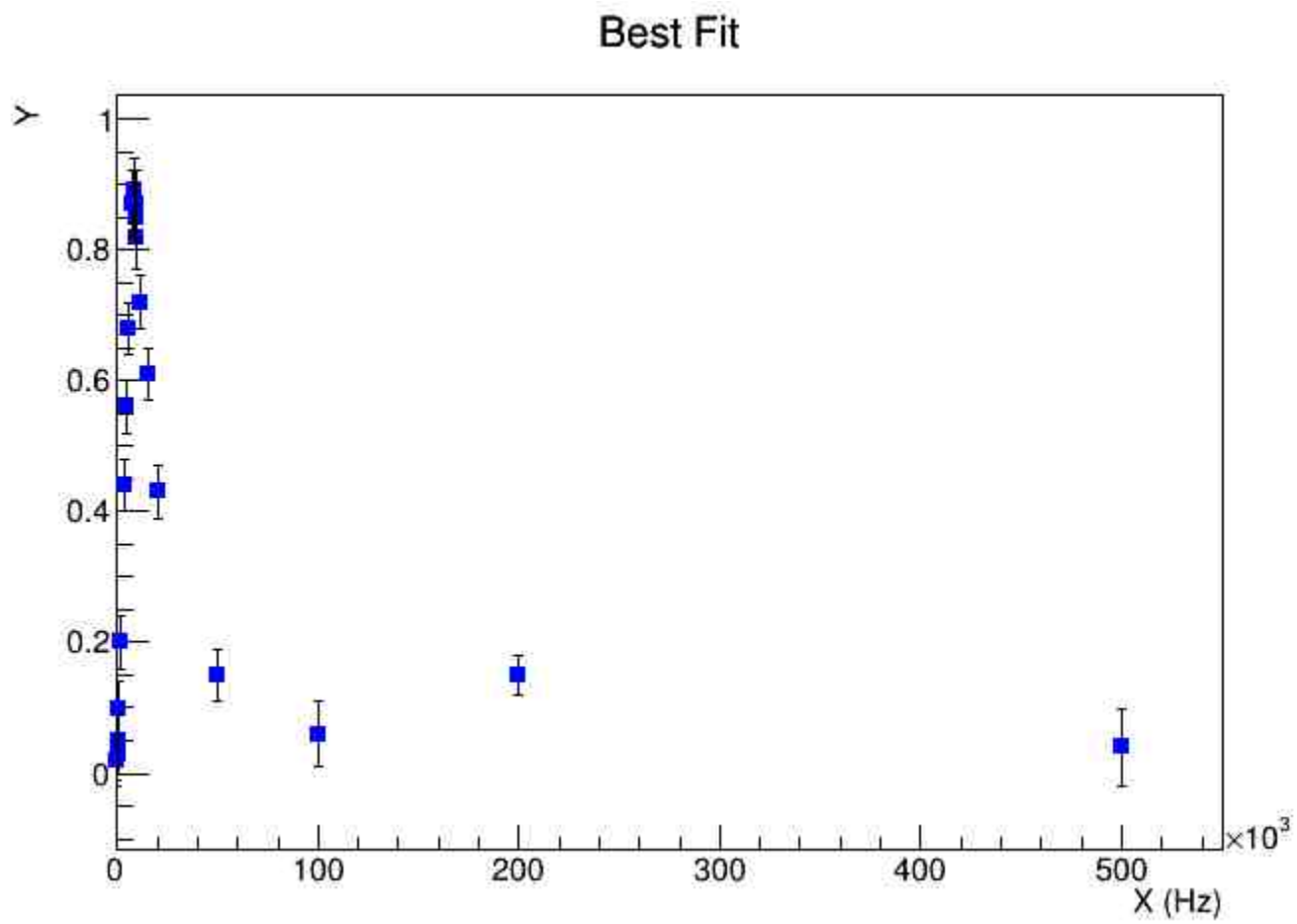


Figure 7: Plot dati Fit 1

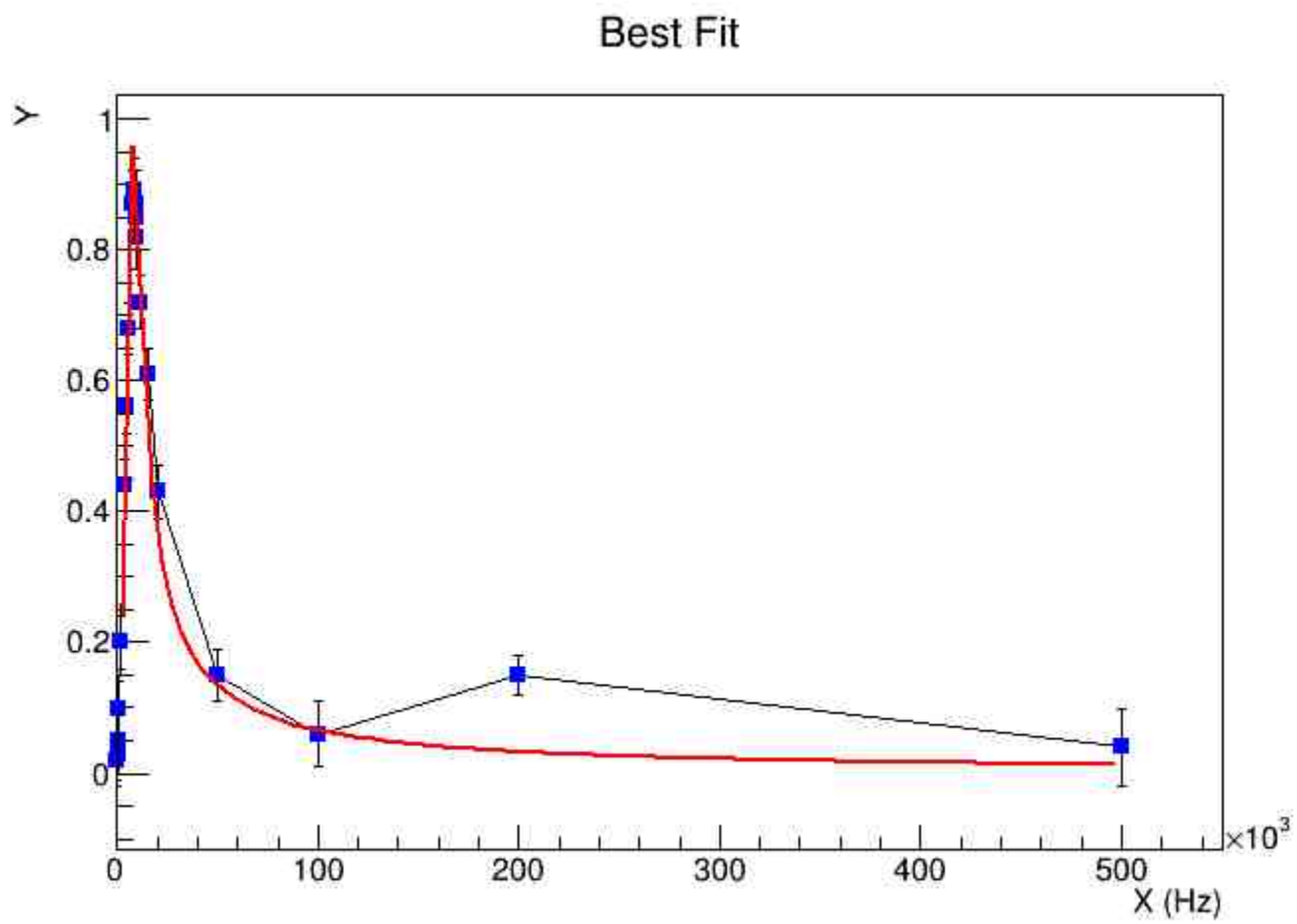


Figure 8: Best Fit 1

Dati Fit 2			
Y	ΔY	$X(Hz)$	$\Delta X(Hz)$
0.006	0.044	100.000	0.005
0.007	0.043	200.000	0.010
0.006	0.044	500.000	0.025
0.011	0.037	1000.000	0.050
0.022	0.037	2000.00	0.10
0.052	0.037	4000.00	0.20
0.074	0.030	5000.00	0.25
0.113	0.037	6000.00	0.30
0.204	0.040	7000.00	0.35
0.283	0.037	7444.00	0.37
0.500	0.050	8000.00	0.40
0.588	0.052	8500.00	0.43
0.487	0.049	8888.00	0.44
0.463	0.049	9000.00	0.45
0.356	0.051	9500.00	0.48
0.281	0.056	10000.00	0.50
0.176	0.041	11000.00	0.55
0.135	0.047	12000.00	0.60
0.081	0.064	15000.00	0.75
0.050	0.055	20000	1
0.015	0.043	50000	2.5

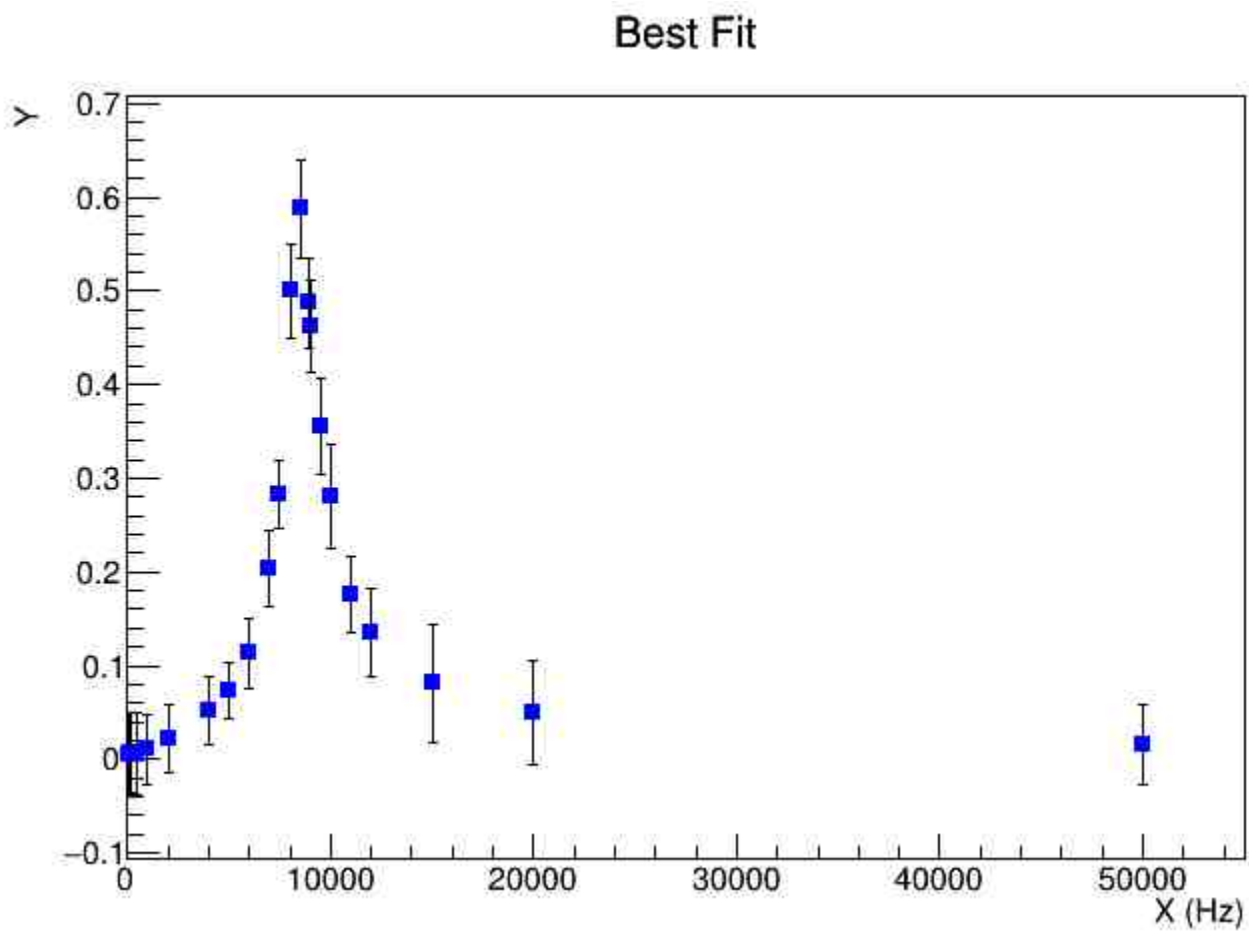


Figure 9: Plot dati fit 2

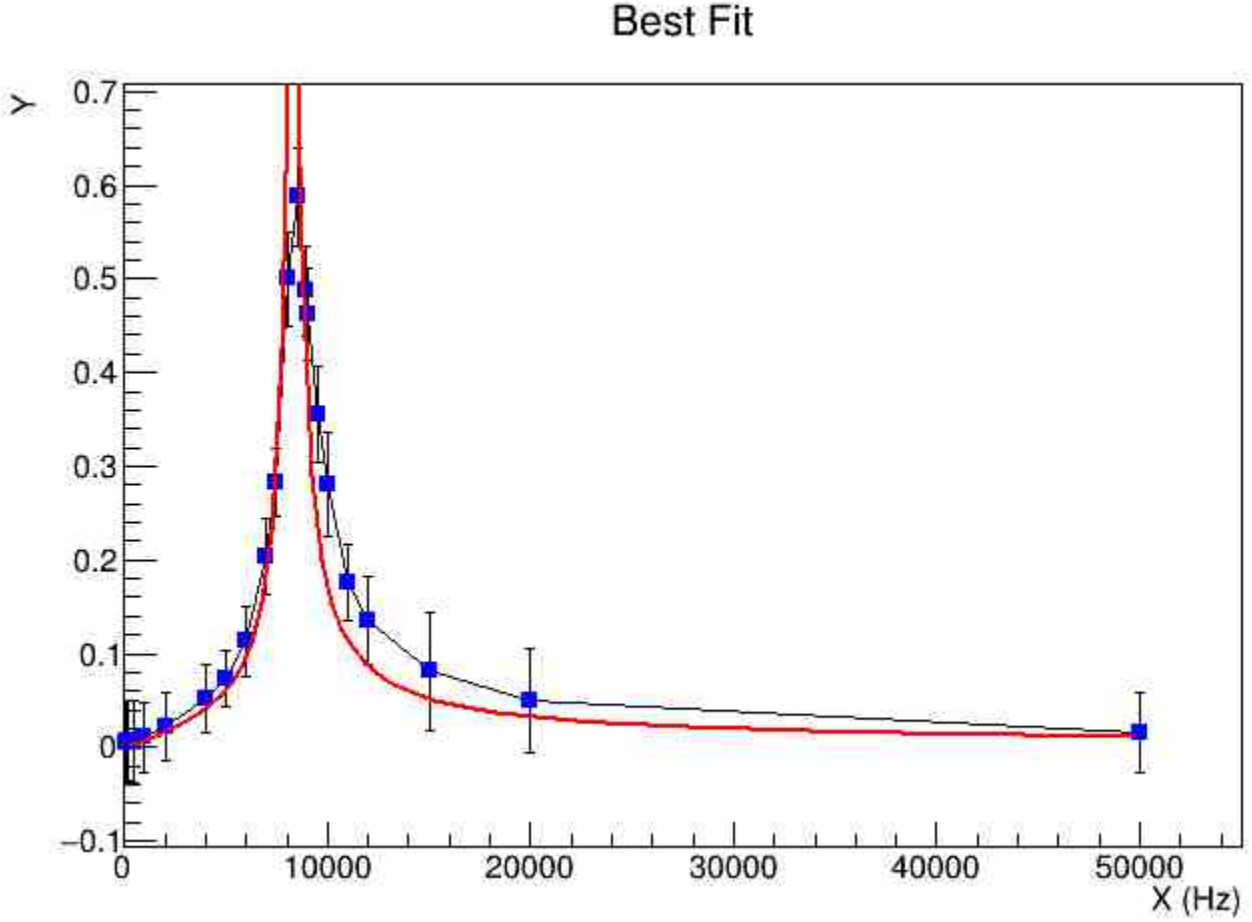


Figure 10: Best fit 2

I valori dei parametri ottenuti dalla procedura di best-fit sono:

- Per il fit 1: $Q = Q_s = 1.28 \pm 0.06$, $F = \nu_0 = (8444 \pm 267)Hz$
- Per il fit 2: $Q = Q_s = 15 \pm 1$, $F = \nu_0 = (8306 \pm 267)Hz$

I valori teorici previsti sono determinati da:

$$Q_s = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3.4)$$

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3.5)$$

Dunque da 3.4 e 3.5, si ottiene:

- Per il circuito 1: $Q_s = 1.18 \pm 0.03$ e $\nu_0 = (8891 \pm 277)Hz$
- Per il circuito 2: $Q_s = 11.66 \pm 0.32$ e $\nu_0 = (8891 \pm 277)Hz$

Le incertezze su tali grandezze sono state determinate tramite:

$$\Delta Q_s = \sqrt{\left(\frac{\partial Q_s}{\partial R} \Delta R\right)^2 + \left(\frac{\partial Q_s}{\partial L} \Delta L\right)^2 + \left(\frac{\partial Q_s}{\partial C} \Delta C\right)^2} \quad (3.6)$$

$$\Delta \nu_0 = \sqrt{\left(\frac{\partial \nu_0}{\partial L} \Delta L\right)^2 + \left(\frac{\partial \nu_0}{\partial C} \Delta C\right)^2} \quad (3.7)$$

É possibile notare che i valori teorici e quelli ottenuti dalla procedura di best fit non sono concordanti. Inoltre la configurazione 2 è quella più discordante dai valori teorici previsti. Poiché i valori delle resistenze utilizzate (soprattutto R_2) sono del medesimo ordine di grandezza dell'impedenza di uscita del generatore di segnali Rigol. Quindi è stato rivisto il circuito come se ad esso fosse collegata un ulteriore resistenza in serie. Si è supposto che tale resistenza fosse pari al valore di impedenza fornito dal costruttore del generatore di segnali, cioè $R_{par} = (50 \pm 1)\Omega$. Dunque si è analizzato il seguente circuito:

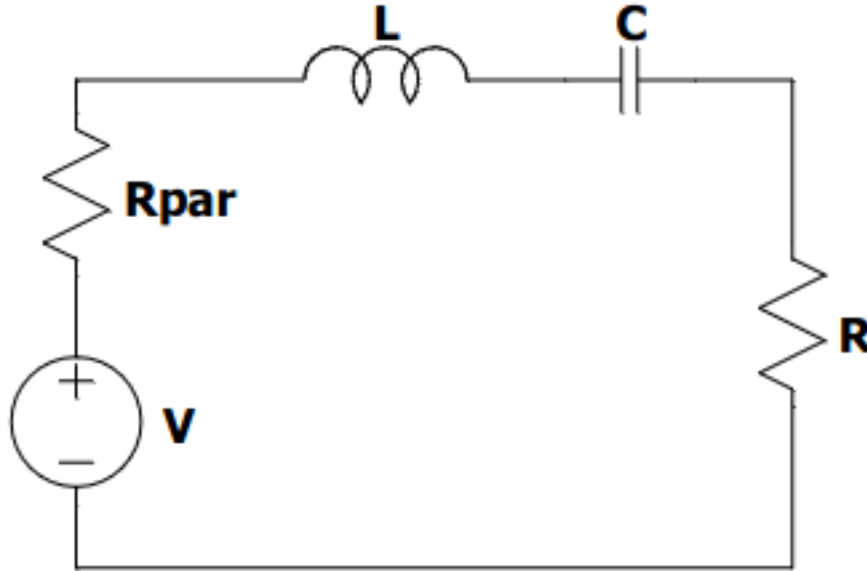


Figure 11: Circuito ipotizzato

Poiché l'ordine di disposizione degli elementi di un circuito serie è arbitrario è possibile considerarlo nel seguente modo:

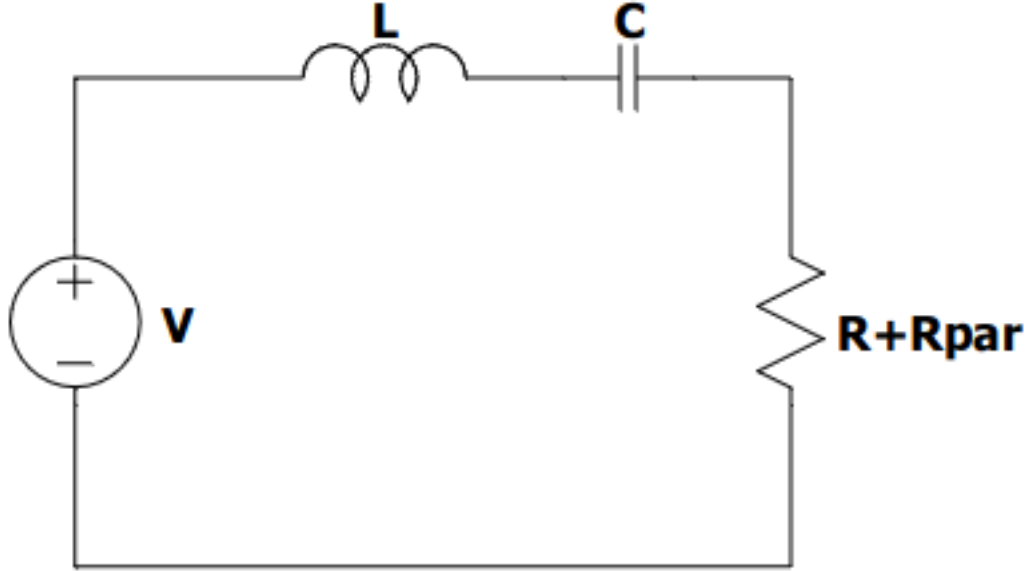


Figure 12: Circuito equivalente ipotesi

Che non è altro che un circuito serie RLC con la resistenza $R_{tot} = R_{par} + R$. Per determinare la caduta di potenziale ai capi di R_{tot} si è sfruttata la misura effettuata di V_{pp2} e la prima legge di Ohm:

$$V_{par} = \frac{V_{pp2}}{R_2} R_{par} \quad (3.8)$$

Dunque si ha:

$$A = \frac{V_{par} + V_{pp2}}{V_{gen}} \quad (3.9)$$

Non sapendo come la misura di V_{pp1} tenga conto di R_{par} essa non è stata considerata per questa nuova analisi, invece è stata considerata $V_{gen} = (2.160 \pm 0.042)V$, ovvero il valore immesso nel generatore di segnali (l'incertezza è stata determinata utilizzando le istruzioni fornite dal costruttore).

Nuovi dati 1					
$V_{par}(V)$	$\Delta V_{par}(V)$	A	ΔA	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
0.0041	0.0002	0.019	0.001	10.0000	0.0005
0.0051	0.0002	0.024	0.001	20.0000	0.0010
0.0051	0.0002	0.024	0.001	50.0000	0.0025
0.0048	0.0002	0.023	0.001	100.0000	0.0050
0.0073	0.0003	0.035	0.001	200.0000	0.0100
0.0125	0.0005	0.059	0.002	500.0000	0.0250
0.0233	0.0010	0.111	0.004	1000.000	0.050
0.0465	0.0020	0.222	0.009	2000.000	0.100
0.1034	0.0046	0.492	0.020	4000.000	0.200
0.1315	0.0055	0.626	0.024	5000.000	0.250
0.1573	0.0063	0.749	0.028	6000.000	0.300
0.2026	0.0091	0.964	0.040	8000.000	0.400
0.2026	0.0091	0.964	0.040	8100.000	0.405
0.2026	0.0091	0.964	0.040	8300.000	0.415
0.2069	0.0092	0.985	0.040	8500.000	0.425
0.2069	0.0092	0.985	0.040	8700.000	0.435
0.2069	0.0092	0.985	0.040	8900.000	0.445
0.2026	0.0091	0.964	0.040	9100.000	0.455
0.2026	0.0091	0.964	0.040	9500.00	0.48
0.1983	0.0090	0.944	0.039	10000.00	0.50
0.1918	0.0074	0.913	0.033	10000.00	0.50
0.1681	0.0066	0.800	0.029	12000.00	0.60
0.1358	0.0056	0.646	0.025	15000.00	0.75
0.0991	0.0045	0.472	0.020	20000.00	1.00
0.0345	0.0016	0.164	0.007	50000.0	2.5
0.0151	0.0008	0.072	0.003	100000	5
0.0345	0.0014	0.164	0.006	200000	10
0.0101	0.0007	0.048	0.003	500000	25

Nuovi Dati 2					
$V_{par}(V)$	$\Delta V_{par}(V)$	A	ΔA	$\nu(Hz)$	$\Delta\nu(Hz)$
0.015	0.001	0.013	0.001	100.000	0.005
0.017	0.001	0.015	0.001	200.000	0.010
0.015	0.001	0.013	0.001	500.000	0.025
0.026	0.001	0.023	0.001	1000.000	0.050
0.050	0.002	0.045	0.002	2000.00	0.10
0.120	0.005	0.107	0.004	4000.00	0.20
0.171	0.006	0.153	0.005	5000.00	0.25
0.256	0.011	0.230	0.008	6000.00	0.30
0.436	0.019	0.391	0.014	7000.00	0.35
0.555	0.023	0.498	0.017	7444.00	0.37
0.812	0.040	0.728	0.028	8000.00	0.40
0.854	0.041	0.766	0.029	8500.00	0.43
0.812	0.040	0.728	0.028	8888.00	0.44
0.790	0.039	0.708	0.027	9000.00	0.45
0.683	0.036	0.613	0.025	9500.00	0.48
0.577	0.034	0.517	0.023	10000.00	0.50
0.384	0.017	0.345	0.013	11000.00	0.55
0.299	0.015	0.268	0.011	12000.00	0.60
0.188	0.013	0.168	0.009	15000.00	0.75
0.115	0.007	0.103	0.005	20000	1
0.035	0.002	0.032	0.001	50000	2.5

Le incertezze sono state calcolate con:

$$\Delta V_{par} = \sqrt{\left(\frac{\partial V_{par}}{\partial V_{pp2}} \Delta V_{pp2}\right)^2 + \left(\frac{\partial V_{par}}{\partial R_2} \Delta R_2\right)^2 + \left(\frac{\partial V_{par}}{\partial R_{par}} \Delta R_{par}\right)^2} \quad (3.10)$$

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial V_{pp2}} \Delta V_{pp2}\right)^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial V_{par}} \Delta V_{par}\right)^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial V_{gen}} \Delta V_{gen}\right)^2} \quad (3.11)$$

Eseguendo un fit col medesimo modello 3.3, si ha:

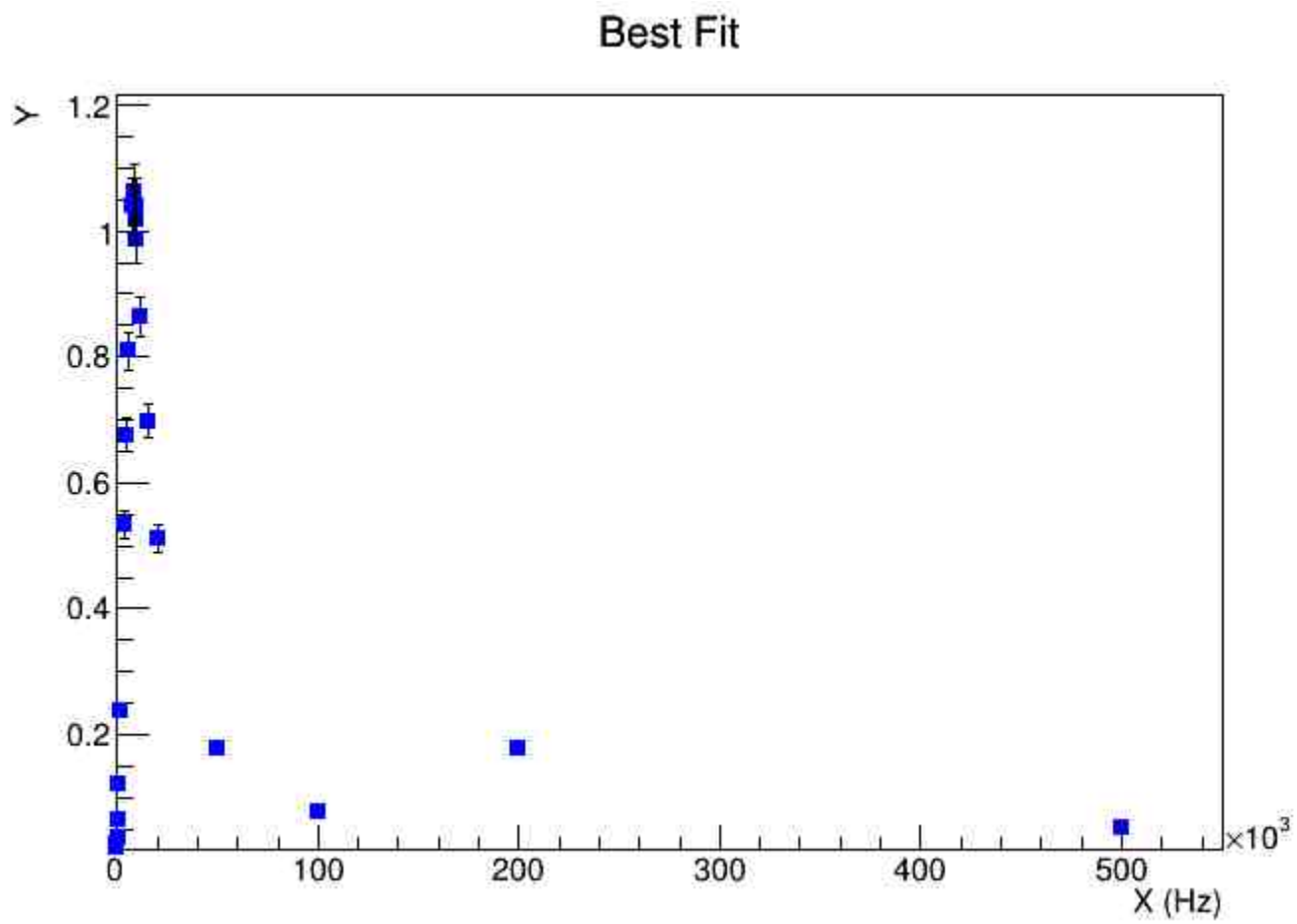


Figure 13: Plot nuovi dati 1

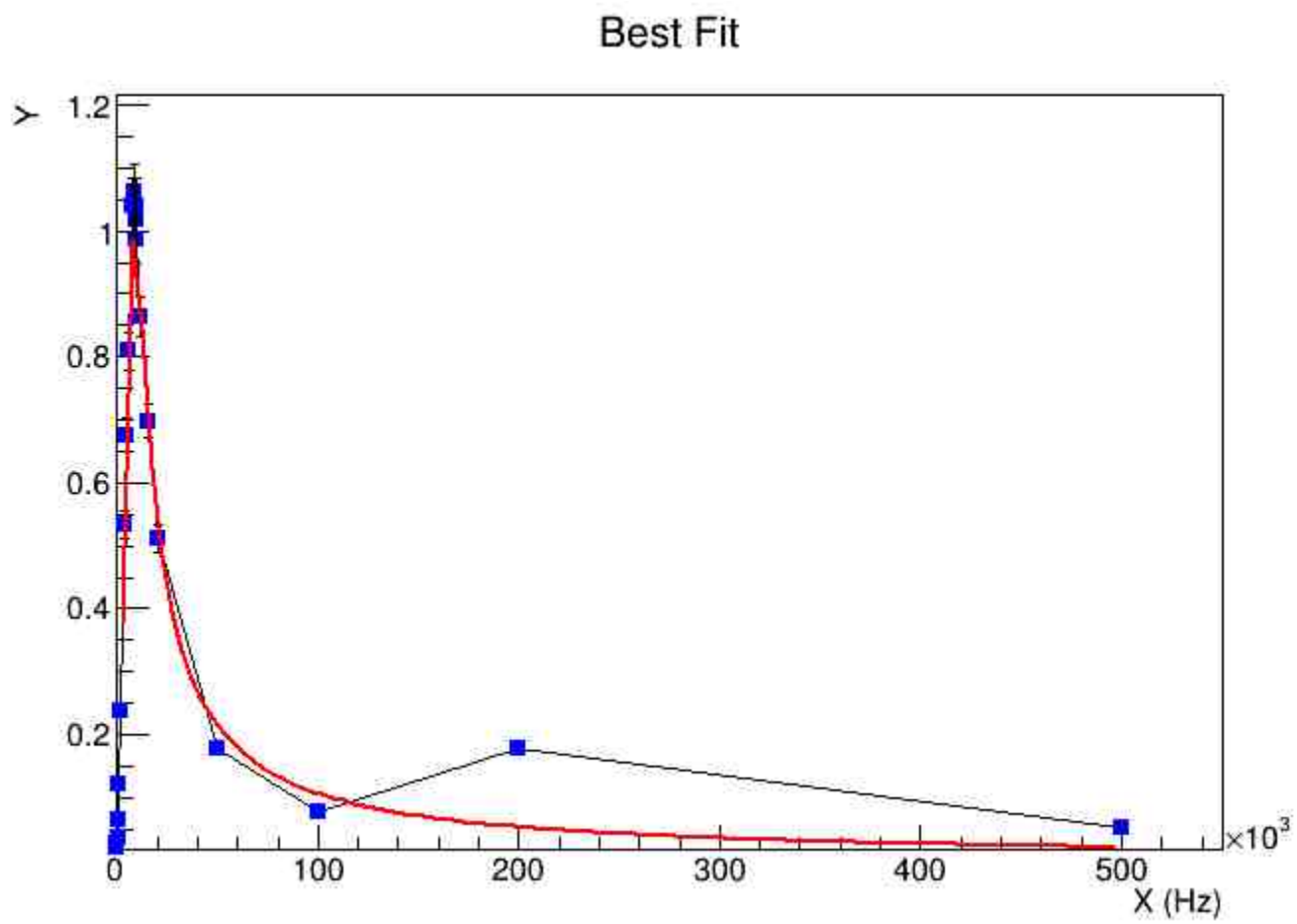


Figure 14: Best Fit nuovi dati 1

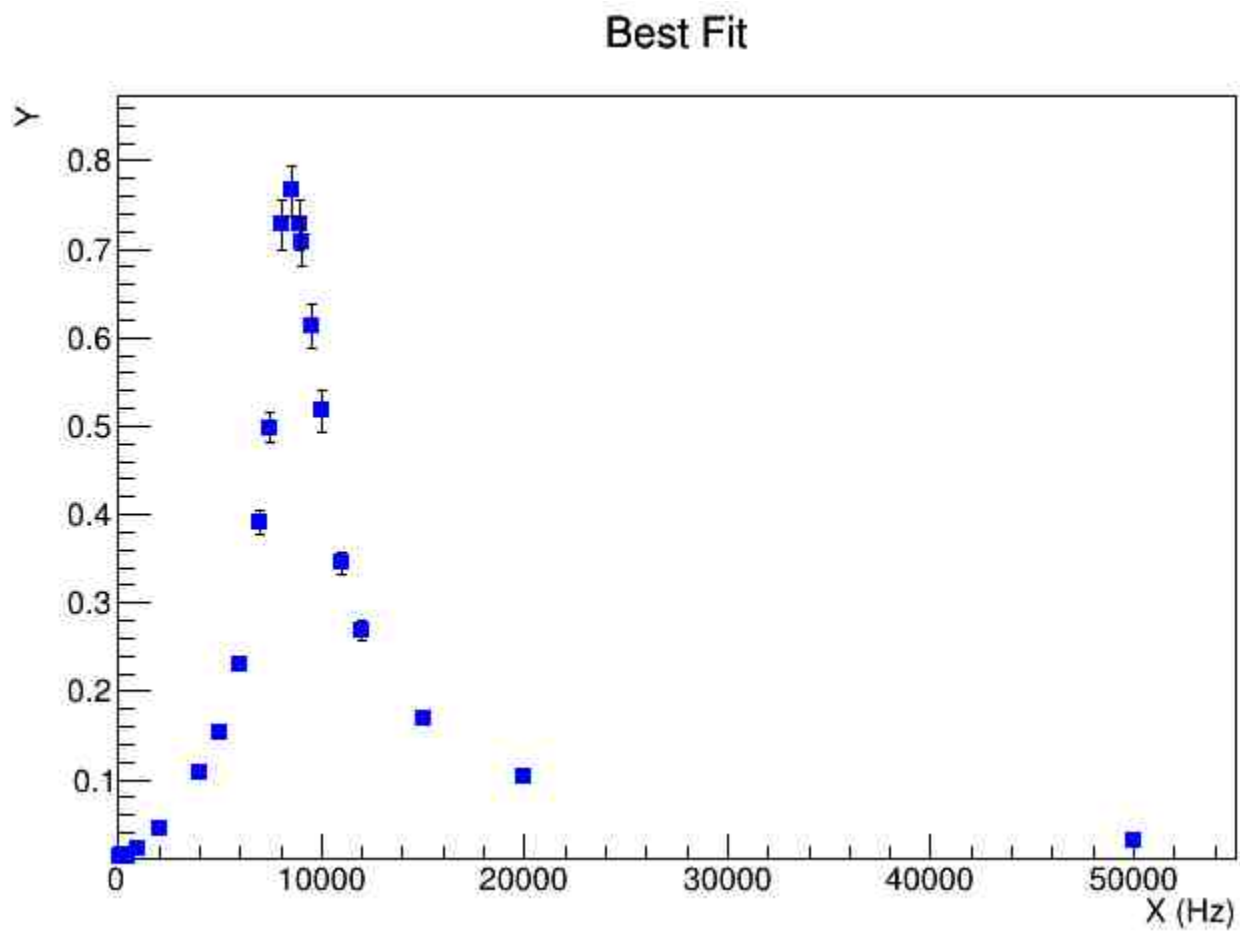


Figure 15: Plot nuovi dati 2

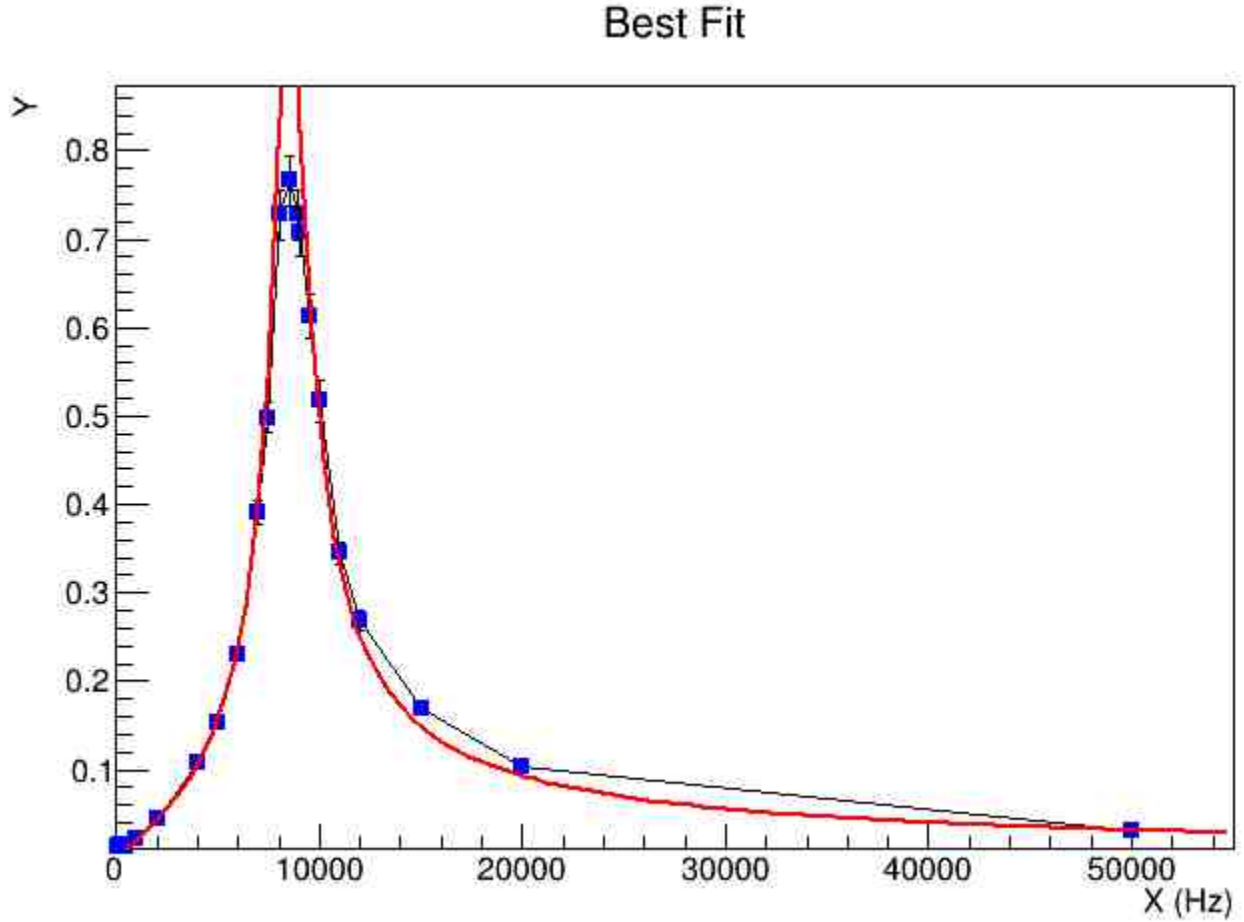


Figure 16: Best fit nuovi dati 2

I valori ottenuti dalla procedura di best fit sono:

- Per il fit 1: $Q = Q_s = 0.92 \pm 0.01$, $F = \nu_0 = (8430 \pm 84)Hz$
- Per il fit 2: $Q = Q_s = 5.57 \pm 0.06$, $F = \nu_0 = (8524 \pm 24)Hz$

I valori teorici previsti per le nuove configurazioni sono:

- Per il circuito 1: $Q_s = 1.06 \pm 0.03$ e $\nu_0 = (8891 \pm 277)Hz$
- Per il circuito 2: $Q_s = 5.64 \pm 0.17$ e $\nu_0 = (8891 \pm 277)Hz$

Naturalmente le frequenze di risonanza teoriche previste sono identiche in quanto la frequenza di risonanza dipende solamente dalle componenti capacitive ed induttive del circuito, le quali sono rimaste inalterate nella considerazione effettuata.

4 Conclusioni

L'ipotesi fatta sull'impatto dell'impedenza di uscita del generatore di segnali ha portato a dei valori del best fit più simili ai valori teorici previsti per tale configurazione, sebbene tali valori non rientrano nel range dettato dall'incertezza sulle misure. Probabilmente ciò è dovuto ad altri fattori di incertezza, non presi in considerazione in prima approssimazione, come ad esempio: impedenze spurie dovuti ai cavi di collegamento o ad altri elementi del circuito, collegamenti non ottimali dei componenti alla breadboard o malfunzionamento degli strumenti di misura.

Utilizzando i valori ottenuti dalla procedura di best fit considerando anche l'impedenza di uscita del generatore, dalla relazione 1.7 otteniamo le frequenze di taglio (valutate a $-3db$):

- Per la configurazione 1: $\nu_1 = (5010 \pm 50)Hz$; $\nu_2 = (14186 \pm 141)Hz$
- Per la configurazione 2: $\nu_1 = (7793 \pm 22)Hz$; $\nu_2 = (9324 \pm 26)Hz$

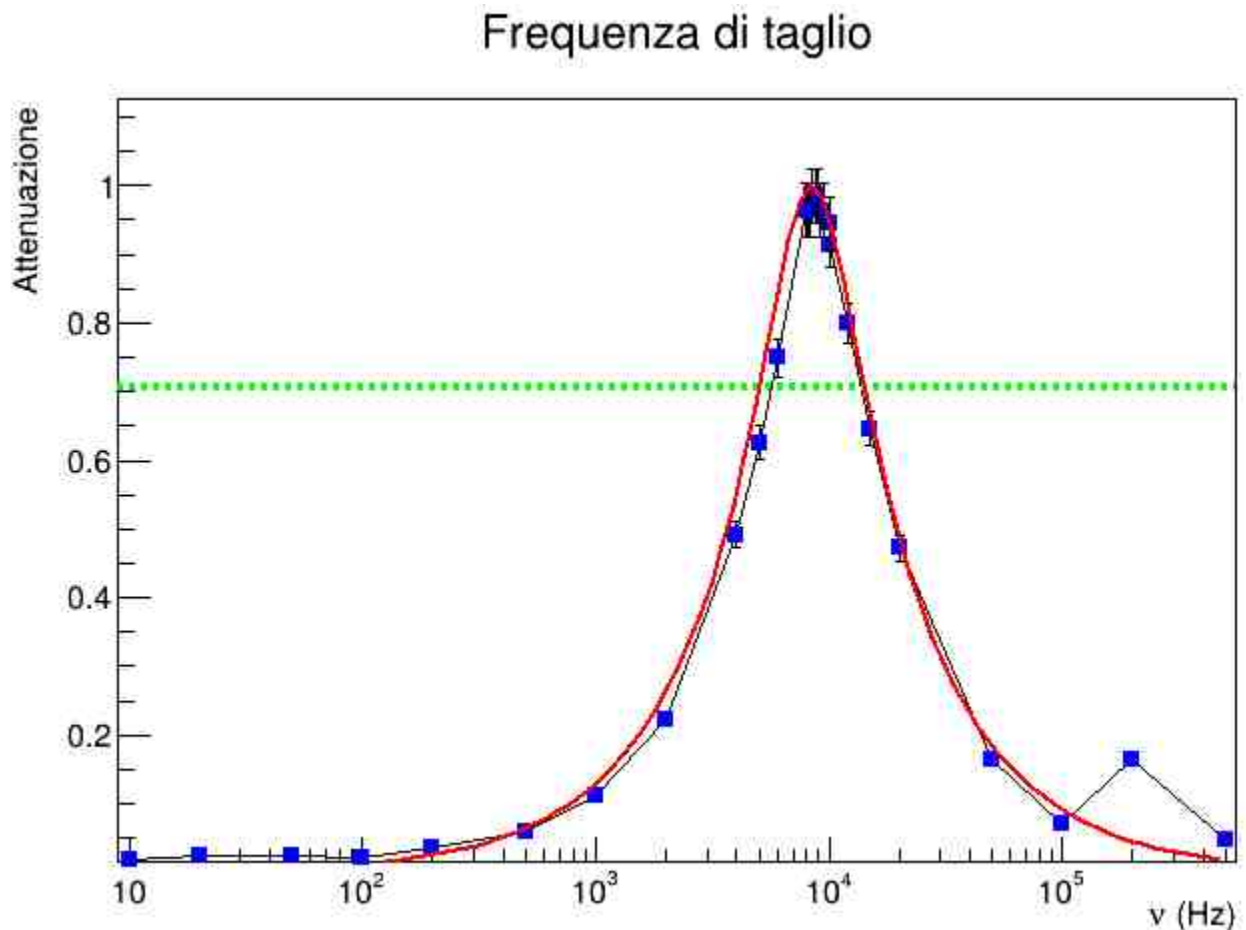


Figure 17: Frequenze di taglio configurazione 1

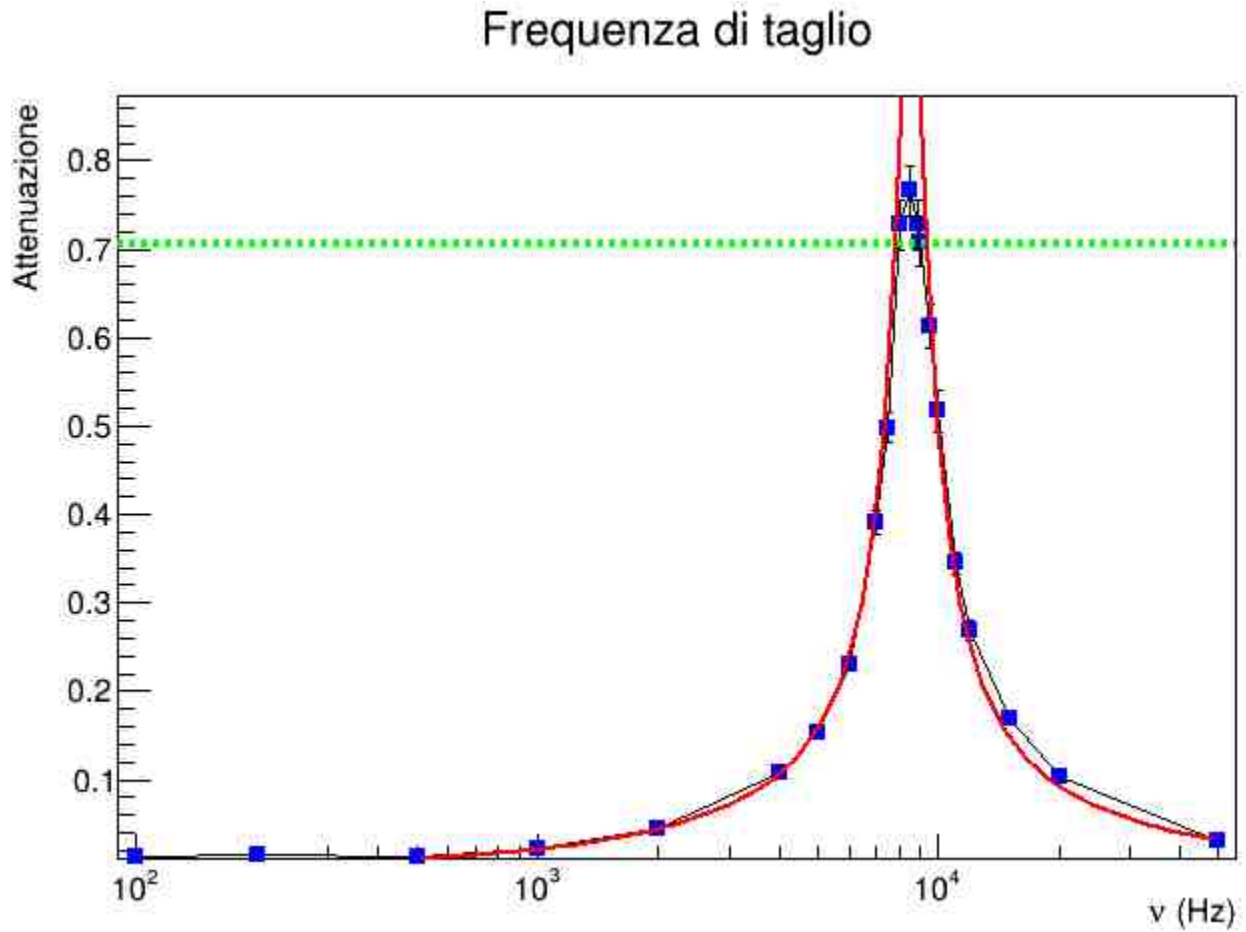


Figure 18: Frequenze di taglio configurazione 2

5 Bibliografia

- Slide A.A. 2023/2024, Professore F. Neri, Università degli Studi di Messina
- Mazzoldi; Nigro; Voci, Fisica 2, EdiSES
- Documentazione root: <https://root.cern/doc/v628/>