

Esercitazione N.1: Misure di tensione, corrente, tempi, frequenza.

Gruppo BF

Andrea Luzio, Gianfranco Cordella, Valerio Lomanto

16 ottobre 2016

1 Scopo e strumentazione

L'esercitazione ha lo scopo di verificare la risposta in frequenza dei filtri passivi. Si misurano le caratteristiche principali di tali circuiti come guadagno in tensione e frequenze di taglio.

2 Filtro passa-basso

2.a Abbiamo montato il circuito in Fig. 1 con i valori di resistenza e capacità misurati con il multimetro digitale: $R_1 = 816 \pm 7\Omega$, $R_2 = 99.7 \pm 0.9k\Omega$ e $C_1 = 110 \pm 5nF$. L'errore è stato stimato usando le indicazioni del manuale del multimetro. La frequenza di taglio attesa è $f_t = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = 1.77 \pm 0.09kHz$. Utilizzando l'oscilloscopio si sono misurati i rapporti tra le ampiezze della tensione in entrata e ai capi del condensatore a due frequenze diverse. L'attenuazione intorno ai $2kHz$ misurata è di $-3.4dB$ contro un valore atteso di $-3.6dB$. A $20kHz$ si ha un valore atteso di $-21dB$ contro una misura di $-20dB$.

2.b È stata misurata la frequenza di taglio (usando il frequenzimetro dell'oscilloscopio) come la frequenza compatibile con un'attenuazione di $-3dB$; essa risulta essere $f_t = 1.88 \pm 0.05kHz$. L'errore è stato stimato vedendo per quale variazione di frequenza si apprezza una variazione di ampiezza sull'oscilloscopio. Si è inoltre misurata la suddetta frequenza di taglio con un fit a due rette (fit affine delle code $f < 100Hz$ e $f > 14kHz$) e con un fit della funzione di attenuazione (guadagno in dB). Si possono vedere i fit in 1.

I parametri trovati sono rispettivamente:

$f_t = 1.64 \pm 0.17kHz$ e $f_t = 1.90 \pm 0.01kHz$. Nel fit dell'attenuazione si è ottenuto un $\chi^2 = 8/(17dof)$. Si può notare che in alta frequenza la retta fittata ha una pendenza di $-18.9 \pm 0.8dB/decade$. Questo ci può suggerire che un possibile problema sia una sottostima della frequenza alla quale si può approssimare la funzione di trasferimento con la sua retta asintotica.

Il risultato trovato non è in perfetto accordo con il valore calcolato sulla base delle caratteristiche dei componenti scelti. Non ci sentiamo comunque di garantire una completa non compatibilità.

3 risposta al gradino Si è generata un'onda quadra e si è misurato il tempo di salita della tensione ai capi dell'oscilloscopio, usando i cursori dell'oscilloscopio. Il tempo di salita misurato è: $t_{salita} = 192 \pm 4\mu s$. Da cui si ricava $f_t = 1.82 \pm 0.04kHz$. La misura è compatibile con il valore atteso di $1.77 \pm 0.09kHz$.

4 L'impedenza di ingresso di un filtro passa-basso è: $Z_{in} = R_1 + \frac{f_t}{jf}$. A basse frequenze Z_{in} diverge a infinito mentre ad alte frequenze il circuito è puramente resistivo. Per $f = f_t$ risulta invece $Z_{in} = R_1(1 - j)$. La resistenza di carico in generale altera il funzionamento del circuito iniziale. Tuttavia se tale resistenza è molto maggiore della serie tra R_1 e C_1 allora la tensione all'uscita del condensatore viene completamente trasferita al carico stesso. Questa situazione rispecchia quella ideale in cui l'inserimento di un componente non altera il funzionamento del circuito iniziale. Perciò se abbasso la resistenza del carico a $10k\Omega$, la differenza percentuale $\frac{V_{out}(R_L) - V_{out}}{V_{out}} = \frac{R_1/R_L}{(V_{out})^4}$ risulta del 32% alla frequenza di taglio del circuito iniziale contro un valore del 3% per $R_L = 100k\Omega$.

2.c Partitore con resistenze più grandi Montando di nuovo il partitore con le resistenze $R_1 = 1.518 \pm 0.01M\Omega$ e $R_2 = 1.03 \pm 0.01M\Omega$, usando il voltmetro analogico per misurare $V_{OUT}(20kohm/volt)$ si osservano i nuovi dati in tabella 2

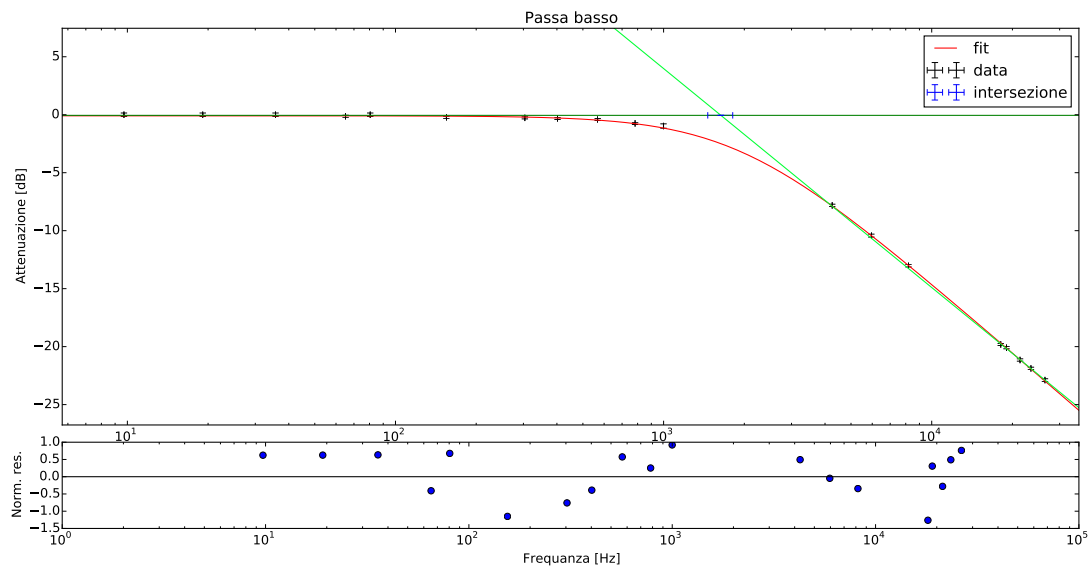


Figura 1: Grafico di Bode e fit trasferimento del passa-basso.

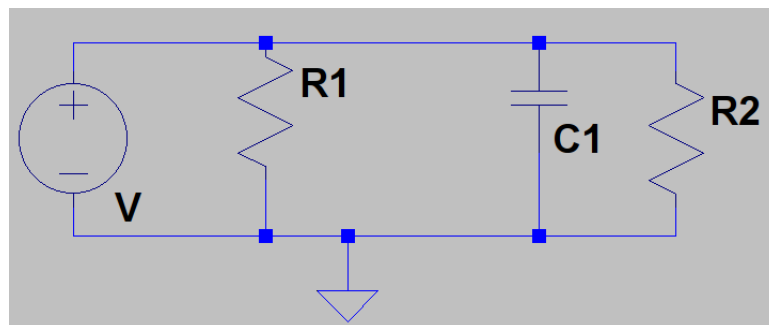


Figura 2: Filtro passa-basso.

Figura 3: Partitore di tensione con resistenze da circa 1M.

VIN[V]	σ VIN[mV]	VOUT[V]	σ VOUT[mV]
10.02	60	0.24	2
8.90	55	0.20	2
7.90	50	0.18	1
6.80	44	0.16	1
6.06	40	0.14	1
4.52	30	0.1	0.6
3.52	30	0.08	0.5

Tabella 1: Partitore di tensione. Tutte le tensioni in V.

Figura 4: Fit e dati di I_1 vs I_2

Si osserva come valore del rapporto misurato con le resistenze da $1M\Omega$, $0.0229 \pm 1e-04$ si discosti da quanto atteso $V_{OUT}/V_{IN} = \frac{1}{1+R_1/R_2} = 0.40^1$. La ragione della discrepanza è da ricercarsi nella impedenza di ingresso del tester.

2.d Resistenza di ingresso del tester Usando il modello mostrato nella scheda si ottiene

$$\frac{R_1}{R_T} = \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} - (1 + \frac{R_1}{R_2})$$

Il valore misurato è dunque $R_T = 38.3 \pm 0.6k\Omega$, vicino ai valori di riferimento del tester analogico($40k\Omega$ con il fondoscala 2V, dato fornito dal manuale senza incertezza).

2.1 Partitore di corrente: 2.e

Si monta il circuito indicato con i valori di resistenza misurati con il multimetro digitale: $R_3 = 98.3 \pm 1k\Omega$, $R_1 = 560 \pm 5\Omega$, $R_2 = 220 \pm 3\Omega$. Si è variata la tensione fornita dal generatore nel range $20 - 10V$ per ottenere più misure e poter procedere con un fit. Il valore di tensione V_{in} è stato misurato con il multimetro digitale, mentre la corrente con l'analogico, fornendo esso misure più precise per basse correnti in continua.

$V_{in}(V)$	$\sigma V_{in}(V)$	I1 (μA)	$\sigma(I1)$ (μA)	I2 (μA)	$\sigma(I2)$ (μA)
19.2	0.1	26.0	0.3	10.0	0.1
17.2	0.1	23.5	0.2	9.0	0.1
14.9	0.1	20.5	0.2	8.0	0.1
12.65	0.07	17.0	0.2	7.00	0.07
10.87	0.06	15.00	0.15	6.00	0.06

Ci si accorge subito che $I_1 = I_{tot,1} \frac{R_2}{R_{int}+R_1+R_2}$ (dove R_{int}^2 è la resistenza interna dell'amperometro, c.a. $2k\Omega$ con il fondoscala usato). Anche $I_2 = I_{tot,2} \frac{R_1}{R_{int}+R_1+R_2}$. È lecito approssimare $I_{tot,1} = I_{tot,2} = I_{tot}$ poiché la resistenza R_3 domina sul parallelo in entrambi i casi. Dalle equazioni scritte sopra si nota che $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ ma non è vero che $I_1 + I_2 = I_{tot}$. Infatti sperimentalmente(facendo un fit lineare ad un parametro, si veda figura 1 e 2, di $I_1 = KI_2$: $\frac{I_1}{I_2} = 1.99 \pm 0.05$ compatibile con il valore atteso di $\frac{R_2}{R_1} = 2.00 \pm 0.02$. Chiaramente $I_1 + I_2 \neq I_{tot}$ ad esempio, per la prima misura, $\frac{I_1+I_2}{I_{tot}} = 0.18$ Si può calcolare, sfruttando questa discrepanza la resistenza interna dell'amperometro. Sempre nell'approssimazione che I_{tot} non cambi spostando l'amperometro (questo è vero con un incertezza maggiore del 0.5 %) la resistenza interna dell'amperometro è $R_A = (R_1 + R_2) \left(\frac{I_{TOT}}{I_1+I_2} - 1 \right)$. Dunque $R_A = 3.4k\Omega$ al 1.2%.

3 Uso dell'oscilloscopio

Misure di tensione Usando i seguenti resistori per fare un partitore di tensione $R_2 = 9.91 \pm 0.08k\Omega$, $R_1 = 9.90 \pm 0.08k\Omega$ si ottengono le seguenti misure: Il rapporto di partizione misurato è 1.99 ± 0.04 contro un

¹È stato omissso l'errore poiché il calcolo è stato fatto senza considerare la resistenza di ingresso del voltmetro, li risultato è tuttavia chiaramente incompatibile con l'ipotesi che il voltmetro sia uno strumento ideale

²dove $I_{tot,1}$ è la corrente che passa da R_3 quando l'amperometro è nel ramo di R_1 , similmente $I_{tot,2}$

Figura 5: Residui di I_1 vs I_2

VIN[V]	σ VIN[mV]	VOUT[V]	σ VOUT[mV]
11.6	0.7	5.92	0.3
9.8	0.6	4.8	0.3
8.1	0.4	4.0	0.2
5.4	0.3	2.7	0.14
4.2	0.2	2.1	0.1
2.64	0.14	1.33	0.07
1.76	0.10	0.88	0.05

Tabella 2: Partitore di tensione usato con l'oscilloscopio.

valore atteso di 2.00 ± 0.02 .

Impedenza di ingresso dell'oscilloscopio L'impedenza di ingresso dell'oscilloscopio é stata misurata con un partitore di tensione con $R_1 = 0.985 \pm 0.01 Mohm$ $R_2 = 0.560 \pm 0.005 Mohm$. Il CH2 dell'oscilloscopio (quello del quale abbiamo misurato l'impedenza di ingresso) era ai capi di R_1 . Con CH1 si misurava invece la tensione di ingresso al partitore. La resistenza risultante é $1.0 \pm 0.1 Mohm$.

4 Misure di frequenza e tempo

Sono stati misurate le seguenti frequenze:

$f_{oscilloscopio}[kHz]$	$f[kHz]$	$\sigma f[kHz]$
1.559	1.53	0.01
15.09	15.3	0.1
150.4	148	1
1506.0	1490	10

Tabella 3: Frequenze misurate con il frequenzimetro e con i cursori. Non é noto l'errore del frequenzimetro.

5 Trigger dell'oscilloscopio

Generando un onda quadra con frequenza $1MHz$ si sono ottenuti i seguenti tempi di salita e discesa:

tipo misura	manuale[ns]	automatico[ns]
salita	68 ± 1	66 ± 2
discesa	62 ± 1	62 ± 2

Tabella 4: La misura automatica é presa con l'opportuna funzione dell'oscilloscopio, la manuale con i cursori.

6 Conclusioni e commenti finali

Di questa esperienza non abbiamo capito molto, sfortunatamente non abbiamo fatto saltare alcun fusibile.