

# Es02B: Circuito RC - Filtri passivi

Gruppo 1G.BT  
Lorenzo Caviuoti, Francesco Sacco

31 ottobre 2018

## 1 Filtro passa basso

### 1.1

Usando il multimetro digitale abbiamo misurato il valore di  $R1 = 3.29 \pm 0.03 k\Omega$  e il valore di  $C1 = 9.9 \pm 0.4 nF$ , la frequenza di taglio teorica risulta quindi  $F_{Teorica} = 4.9 \pm 0.2$  con errore dominato dall'incertezza sulla misura della capacità del condensatore. Sempre dalla teoria sappiamo che il guadagno è dato da

$$A_f = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_T)^2}} \quad (1)$$

Per  $f \approx 0$   $A_f \approx 1$ , ovvero a bassa frequenza il filtro non attenua il segnale, per  $f = 2 kHz$   $A_{Vteorica} = 0.93 \pm 0.02$  invece per  $f = 20 kHz$   $A_{Vteorica} = 0.238 \pm 0.006$

### 1.2

Dalla misura con l'oscilloscopio risulta  $A_V(2 kHz)_{mis} = 0.92 \pm 0.05$  e  $A_V(20 kHz)_{mis} = 0.241 \pm 0.013$  entrambi compatibili entro una barra di errore dalla misura teorica.

La frequenza di taglio misurata vedendo la frequenza a -3dB risulta  $f_{Tmis} = 4.83 \pm 0.06 kHz$  con errore dominato dall'incertezza sulla scelta della frequenza, invece quella facendo il fit(absoute-sigma=False) risulta  $f_{Tfit} = 4.90 \pm 0.09 kHz$ . Anche in questi ultimi due casi il risultato è compatibile con il valore teorico atteso.

f[Hz]	$V_{in}[V]$	$\sigma[V]$	$V_{out}[V]$	$\sigma[V]$	$A_V$	$\sigma$
56	12.5	0.5	12.4	0.5	0.99	0.06
100	12.5	0.5	12.5	0.5	1.00	0.06
194	12.5	0.5	12.5	0.5	1.00	0.06
467	12.5	0.5	12.4	0.5	0.99	0.06
2.08 k	12.5	0.5	11.7	0.5	0.94	0.06
4.85 k	12.5	0.5	8.9	0.4	0.71	0.04
8.56 k	12.5	0.5	6.2	0.3	0.50	0.03
20.0 k	12.5	0.5	3.01	0.13	0.241	0.015
22.5 k	12.5	0.5	2.68	0.11	0.214	0.012
76.1 k	12.5	0.5	0.80	0.04	$64 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$
96.4 k	12.5	0.5	0.63	0.03	$50 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$
294 k	12.5	0.5	0.21	0.01	$16.7 \times 10^{-3}$	$0.9 \times 10^{-3}$
1.07 M	12.5	0.5	$55 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$	$4.4 \times 10^{-3}$	$0.3 \times 10^{-3}$

Tabella 1: Valori di tensione in entrata e in uscita in funzione della frequenza misurati per il filtro passa basso

### 1.3

La frequenza di taglio misurata dal gradino, ovvero dalla misura del tempo che impiega il segnale a passare dal 10% al 90% del massimo risulta  $f_{Tgradino} = 4.73 \pm 0.12 kHz$ . Il valore è ancora compatibile con la  $F_T$  attesa, tuttavia è quello che si discosta di più rispetto alle altre misure.

### 1.4

a) L'impedenza d'ingresso risulta

$$Z_{in} = R + \frac{1}{j\omega C} = R(1 - j\frac{\omega_T}{\omega}) \quad (2)$$

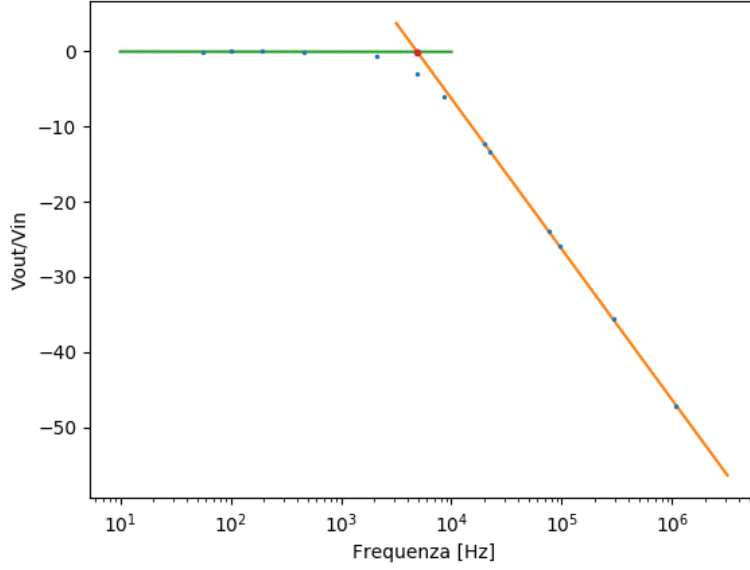


Figura 1: Plot di Bode passa basso

Quindi se

- $\omega \gg \omega_T$   $|Z_{in}| = R$
- $\omega = \omega_T$   $|Z_{in}| = \sqrt{2R}$
- $\omega \ll \omega_T$   $|Z_{in}| \rightarrow \infty$

b) Se si inserisce una resistenza di carico il guadagno risulta

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 + R/R_c)^2 + (\omega RC)^2}} \quad (3)$$

Ponendo l'espressione sopra uguale a  $1/\sqrt{2}$  si può ottenere una nuova frequenza di taglio

$$\omega_t^2 = \left[ 2 - \left( 1 + \frac{R}{R_c} \right)^2 \right] \frac{1}{(RC)^2} \quad (4)$$

Quindi per  $R_c = 100k\Omega$  abbiamo che  $R_c \gg R$  e le espressioni sopra si semplificano al circuito passa basso, invece per  $R_c = 10k\Omega$  non si può trascurare  $R_c$   $R_c \sim R$ , di conseguenza alle stesse frequenze il guadagno risulta minore e in particolare si ha una diminuzione di  $\omega_t$

## 2 Filtro passa banda

### 2.1 Filtro RC passa alto

Per il filtro passa alto abbiamo  $R2 = 3.30 \pm 0.03k\Omega$   $C2 = 112 \pm 5nF$ , la frequenza di taglio risulta quindi  $F_{Tteorica} = 430 \pm 20$ , mentre con la misura all'oscilloscopio otteniamo  $F_{Tmis} = 450 \pm 10$ , con errore dato dall'incertezza sulla scelta della frequenza, considerando gli errori i due risultati sono compatibili.

### 2.2 Filtro passa banda

a)  $A_{0mis} = 0.48 \pm 0.03$   $f_{Lmis} = 215 \pm 7Hz$   $f_{Hmis} = 10.2 \pm 0.2kHz$ , l'errore su  $A_0$  è stato fatto propagando l'errore sul rapporto tra il segnale massimo in uscita e il segnale di ingresso, considerando i due errori scorrelati. L'errore sulle frequenze è stato determinato variando la frequenza di  $V_{in}$  in modo da apprezzare sull'oscilloscopio una variazione di ampiezza di  $V_{out}$

b) Per  $f \ll f_L$  aumentando la frequenza si osserva un aumento del guadagno, pari a circa 20dB/decade, per  $f$  compresa tra circa  $2f_L$  e  $f_H/2$  il guadagno è costante, pari a circa 0.48, infine per  $f \gg f_H$  si ha una diminuzione di ampiezza all'aumentare della frequenza pari a circa -20dB/decade. Il comportamento osservato

è compatibile con la teoria, infatti per frequenze basse domina il passa alto, per frequenze alte invece domina il passa basso, in mezzo entrambi i filtri attenuano il segnale che risulta quindi costante.

c) Per far sì che  $V_{out} = A_1 A_2 V_{in}$  l'impedenza di ingresso del passa alto deve essere molto maggiore dell'impedenza di uscita del passa basso, quindi si deve avere che  $R_2 \gg R_1$