Edoardo Cavallino 4BEA

RICOSTRUZIONE O.Q. ALTERNATA PARI E FILTRAGGIO ATTRAVERSO FILTRO PASSSIVO o ATTIVO Passa-basso del 1° ordine o superiore:

NB:

Generiamo un'ONDA QUADRA ALTERNATA DISPARI:

Ricordando quanto enunciato dalla **Teoria di Fourier** per la quale ,se il segnale periodico è DISPARI, esso è costituito da **ARMONICHE SINUSOIDALI** di frequenza **multipla** della FONDAMENTALE **f0** (la freq del segnale periodico) e di ampiezza Ak decrescente.

Le armoniche sono seni, la cui **ampiezza massima Ak** è data dalla formula:

$$\boldsymbol{Ak = \frac{Vpp}{k\pi} * (1 - \cos k\pi)}$$

In questo esempio verranno utilizzati come valori **Vpp di 10 [V]** ,frequenza fondamentale di **500 [Hz] e guadagno uguale a 2.**

Procediamo con i calcoli:

$$A1 = \frac{10}{1\pi} * (1 - \cos \pi) = 3.18 * \left(1 - (-1)\right) = 3.18 * 2 = 6.36$$

f0=500[Hz]

v1(t) = 6.36 sin (2π500t) [V]

$$A2 = \frac{10}{2\pi} * (1 - \cos 2\pi) = 1.59 * \left(1 - (1)\right) = 3.18 * 0 = 0$$

$$A3 = \frac{10}{3\pi} * (1 - \cos 3\pi) = 1.06 * \left(1 - (-1)\right) = 1.06 * 2 = 2.12$$

f=500*3=1500[Hz]

v3(t) = 2.12 sin (2π1500t) [V]

$$A4 = \frac{10}{4\pi} * (1 - \cos 4\pi) = 0.79 * \left(1 - (1)\right) = 0.79 * 0 = 0$$

$$A5 = \frac{10}{5\pi} * (1 - \cos 5\pi) = 0.63 * \left(1 - (-1)\right) = 0.63 * 2 = 1.26$$

f=500*5=2500[Hz]

v5(t) = 1.26 sin (2π2500t) [V]

$$A6 = \frac{10}{6\pi} * (1 - \cos 6\pi) = 0.53 * \left(1 - (1)\right) = 0.53 * 0 = 0$$

$$A7 = \frac{10}{7\pi} * (1 - \cos 7\pi) = 0.45 * \left(1 - (-1)\right) = 0.45 * 2 = 0.91$$

f=500*7=3500[Hz]
v7(t) = 0.91 sin (2π3500t) [V]

$$A8 = \frac{10}{8\pi} * (1 - \cos 8\pi) = 0.40 * \big(1 - (1)\big) = 0.40 * 0 = 0$$

$$A9 = \frac{10}{9\pi} * (1 - \cos 9\pi) = 0.35 * \big(1 - (-1)\big) = 0.35 * 2 = 0.70$$

f=500*9=4500[Hz]
v9(t) = 0.7 sin (2π4500t) [V]

$$A10 = \frac{10}{10\pi} * (1 - \cos 10\pi) = 0.32 * \big(1 - (1)\big) = 0.32 * 0 = 0$$

$$A11 = \frac{10}{11\pi} * (1 - \cos 11\pi) = 0.29 * \big(1 - (-1)\big) = 0.29 * 2 = 0.58$$

f=500*11=5500[Hz]
v11(t) = 0.58 sin (2π5500t) [V]

$$A12 = \frac{10}{12\pi} * (1 - \cos 12\pi) = 0.27 * \big(1 - (1)\big) = 0.27 * 0 = 0$$

$$A13 = \frac{10}{13\pi} * (1 - \cos 13\pi) = 0.24 * \big(1 - (-1)\big) = 0.24 * 2 = 0.48$$

f=500*13=6500[Hz]
v13(t) = 0.48 sin (2π6500t) [V]

$$A14 = \frac{10}{14\pi} * (1 - \cos 14\pi) = 0.23 * \big(1 - (1)\big) = 0.23 * 0 = 0$$

$$A15 = \frac{10}{15\pi} * (1 - \cos 15\pi) = 0.21 * \big(1 - (-1)\big) = 0.21 * 2 = 0.42$$

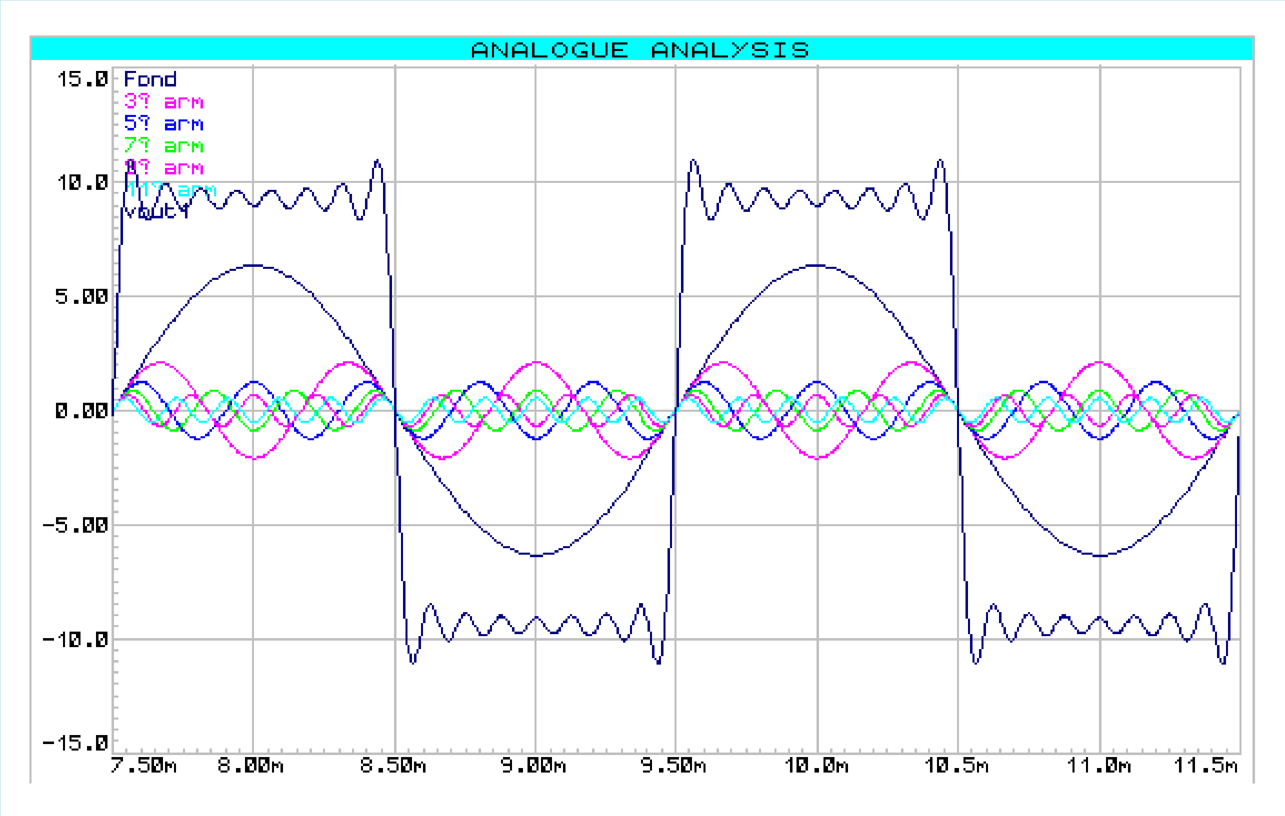
f=500*13=7500[Hz]
v15(t) = 0.42 sin (2π7500t) [V]

Quindi:

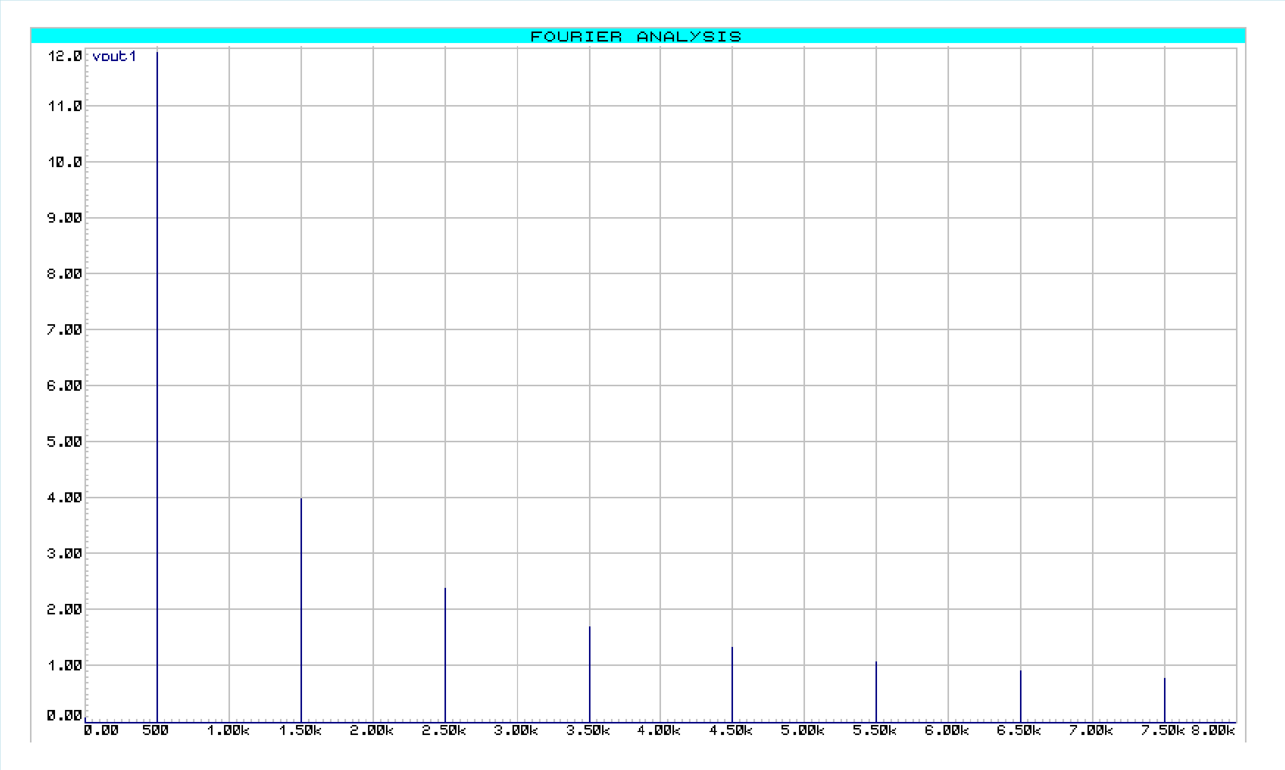
vout1(t)= 2*(6.36 sin (2π500t) + 2.12 sin (2π1500t) + 1.26 sin (2π2500t) + 0.91 sin (2π3500t) + 0.7 sin (2π4500t) + 0.58 sin (2π5500t) + 0.48 sin (2π6500t) + 0.42 sin (2π7500t)) [V]

Edoardo Cavallino 4BEA

E’ qui riportata la simulazione effettuata tramite Proteus:

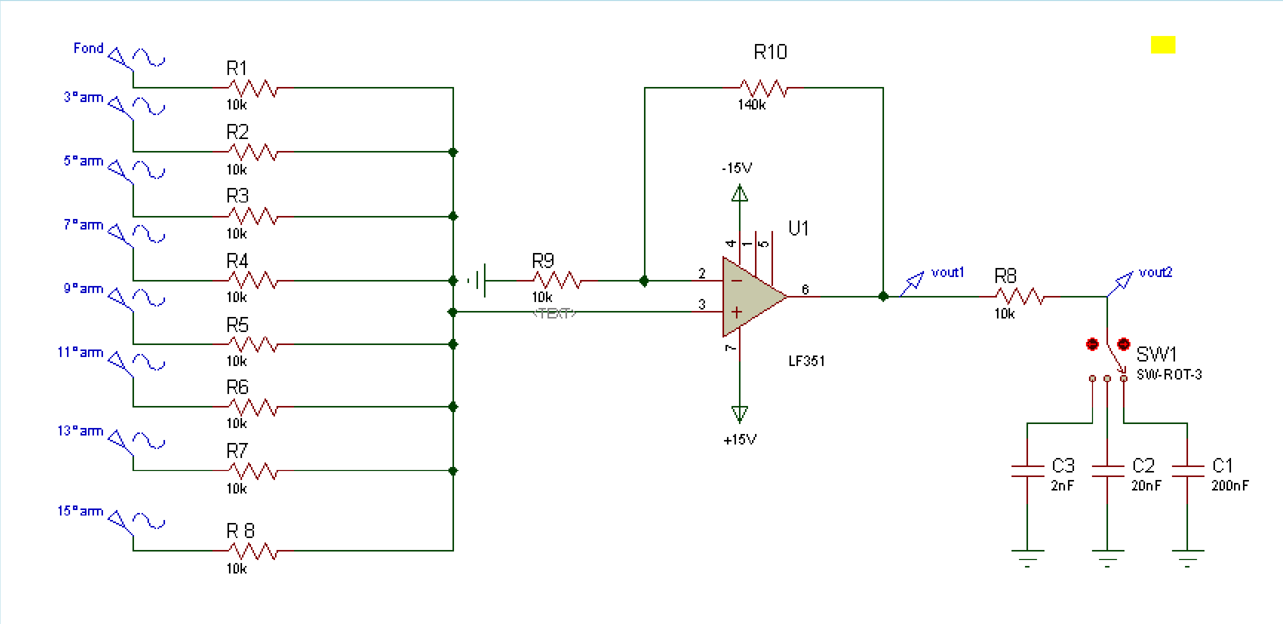


Spettro delle ampiezze di fourier:



Filtriamo poi il segnale uscente con attraverso un filtro RC passivo passa basso del primo ordine con tre differenti capacità:

C1=2[nF]   C2=20[nF]   C3=200[nF]



NB:

Ricordiamo le caratteristiche di un Filtro RC passivo passa basso:

Funzione di trasferimento: $\mathbf{G = \dfrac{1}{1 + j\omega RC}}$

Modulo del guadagno: $\mathbf{|G| = \dfrac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}}$

N.B: Alla frequenza di taglio $|\mathbf{G}|$ **assume come valore -3db**

Fase del guadagno: **∟G = 0° - artan(ωRC)**

N.B: Alla frequenza di taglio ∟**G assume come valore -45°**

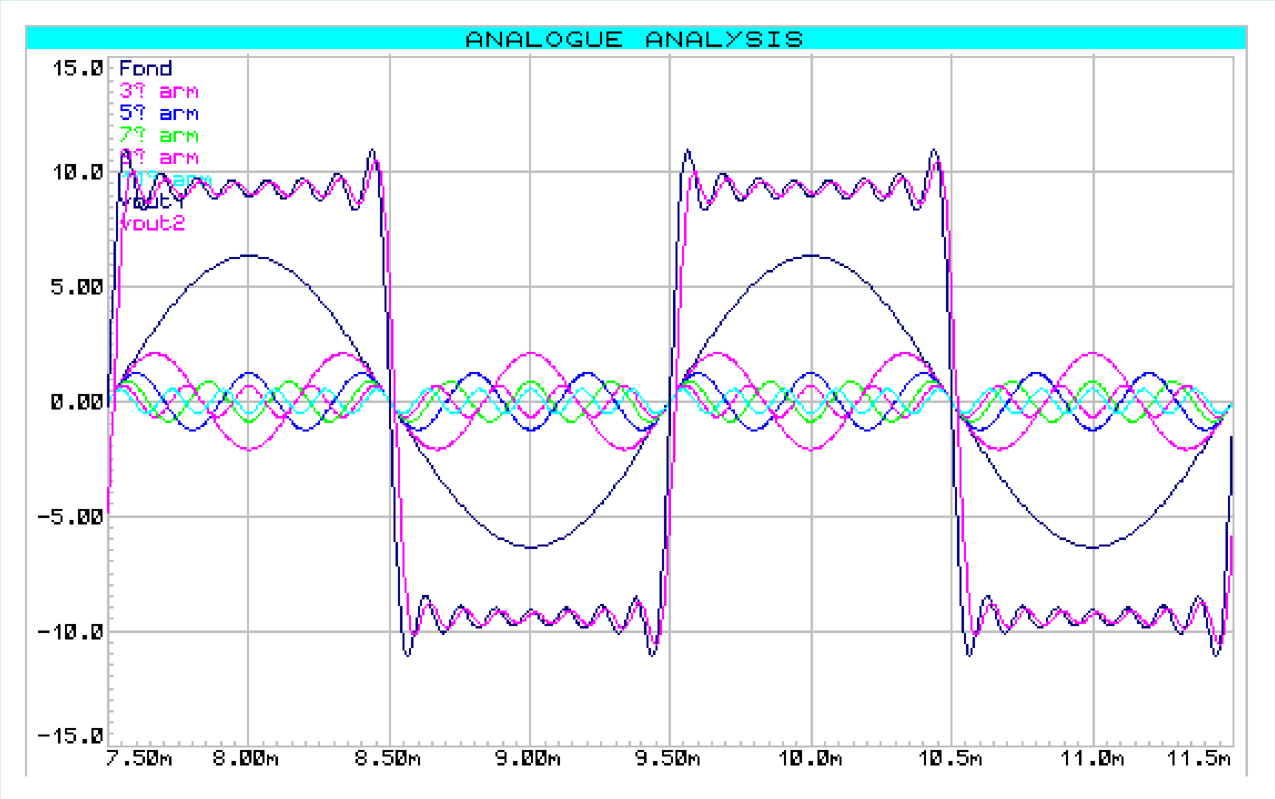
La frequenza di taglio si ottiene: $\boldsymbol{ft = \dfrac{1}{2\pi RC}}$

Quindi possiamo calcolare che:

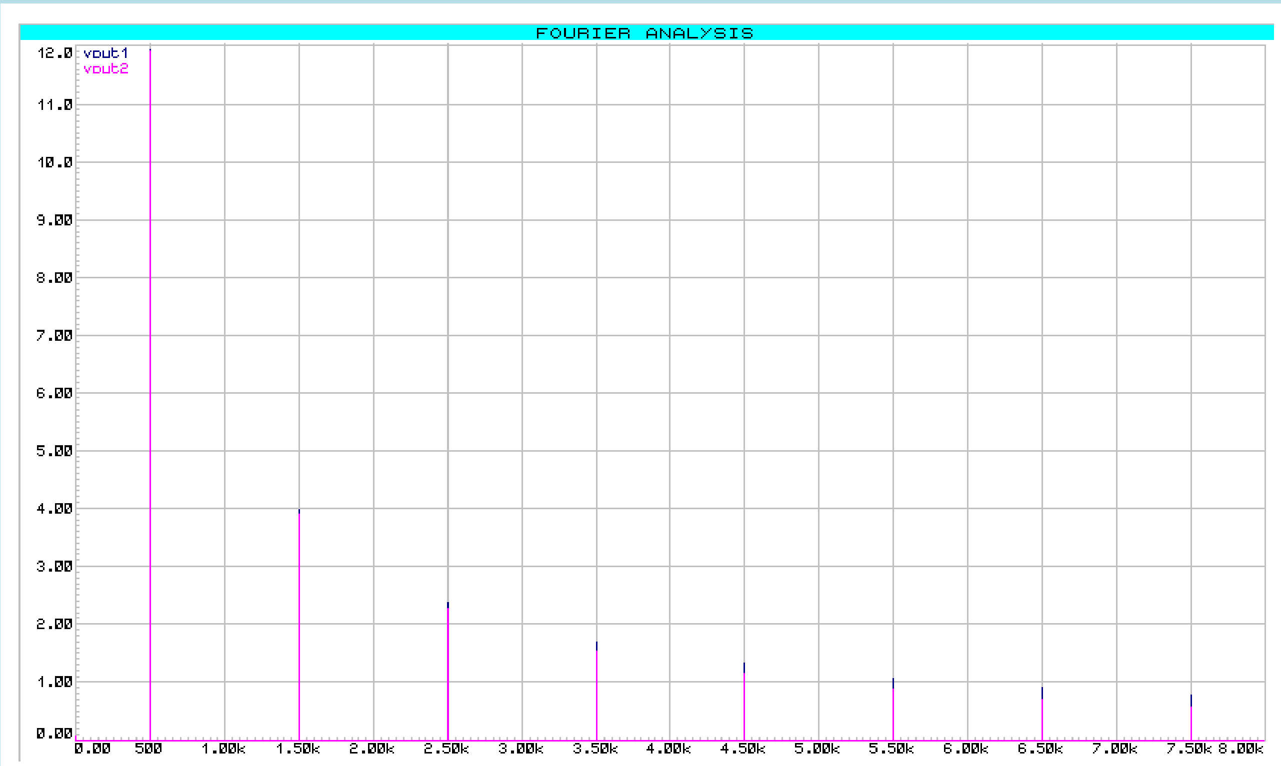
- Con **C1=2[nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **8 [k Hz]**
- Con **C2=[20nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **0.8 [k Hz]**
- Con **C3=[200nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **80 [Hz]**

Superata la frequenza di taglio segnali verranno progressivamente attenuati.

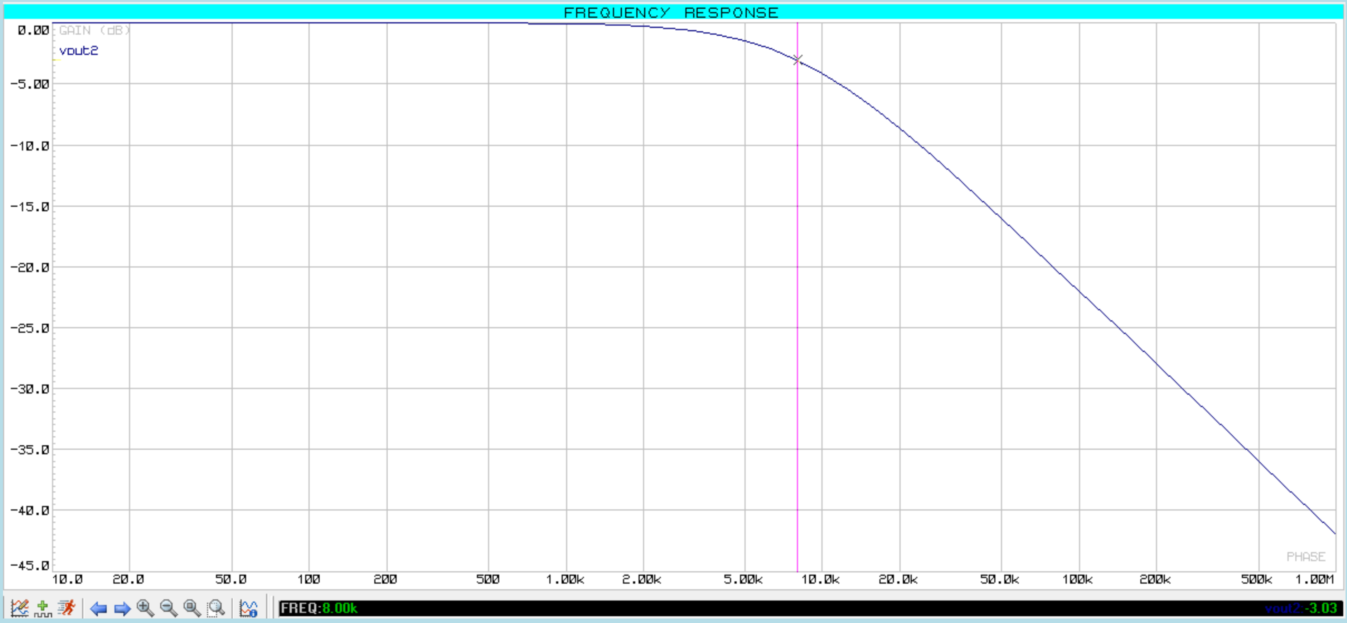
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C1=2[nF]:



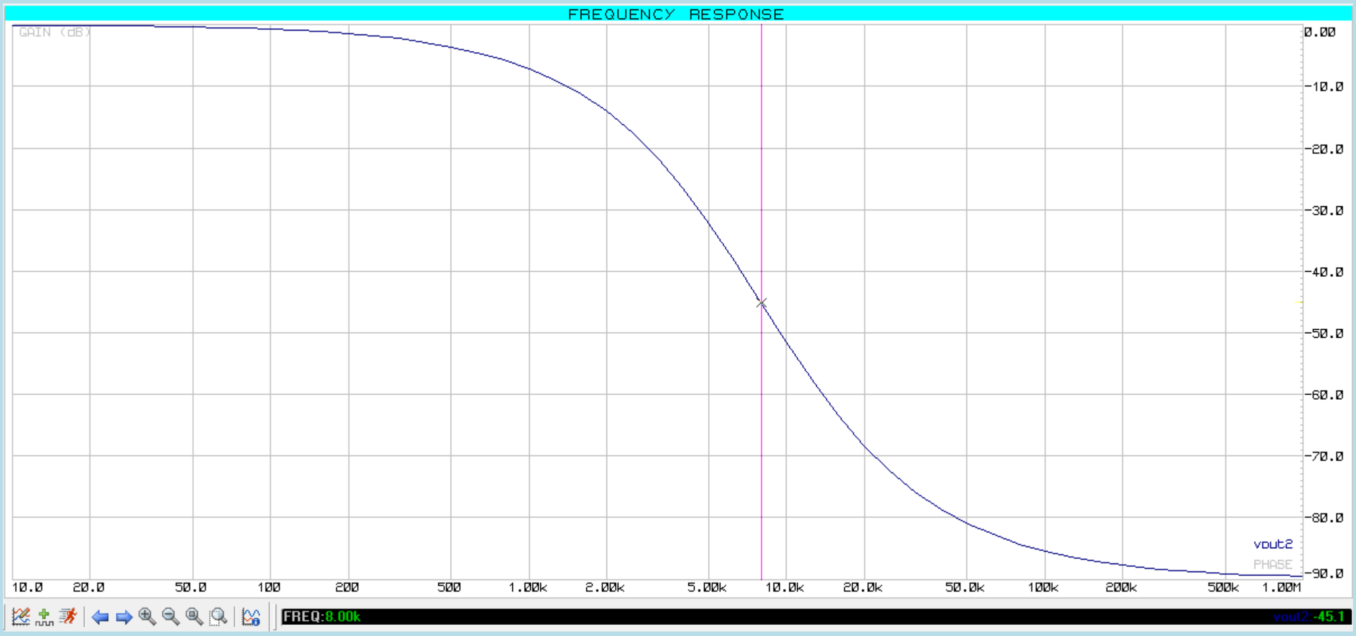
Non essendo stata superata la ft non vi è alcuna significativa attenuazione.



Modulo del guadagno:



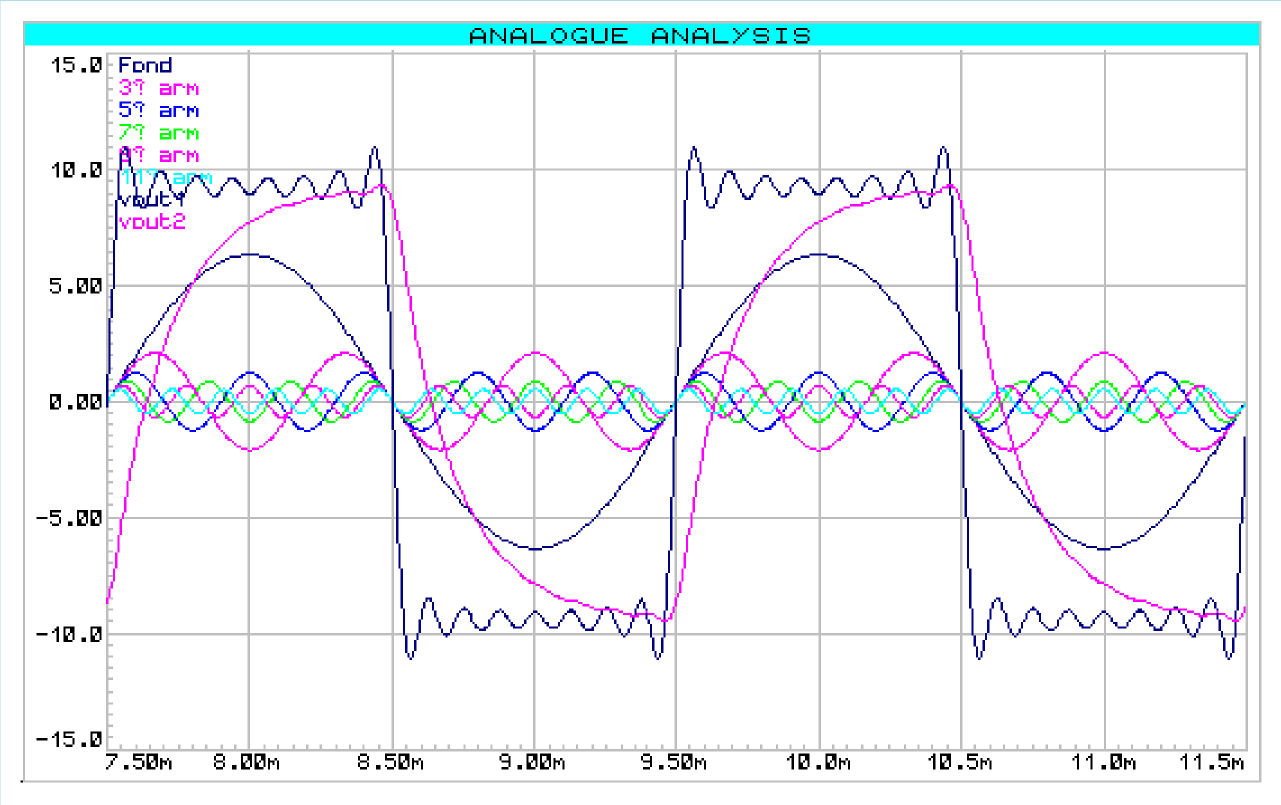
Fase del guadagno:



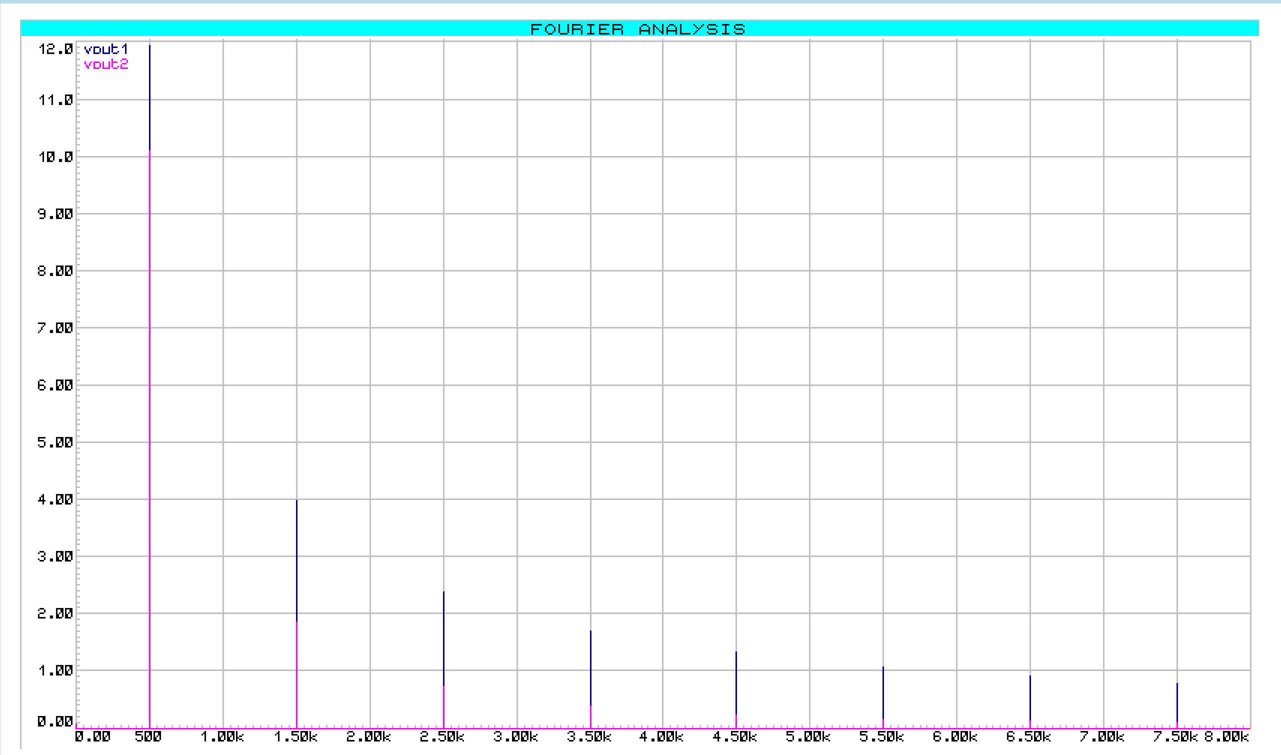
Ft= 8 [kHz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha valore -3db e la fase -45°

Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C2=20 [nF]:

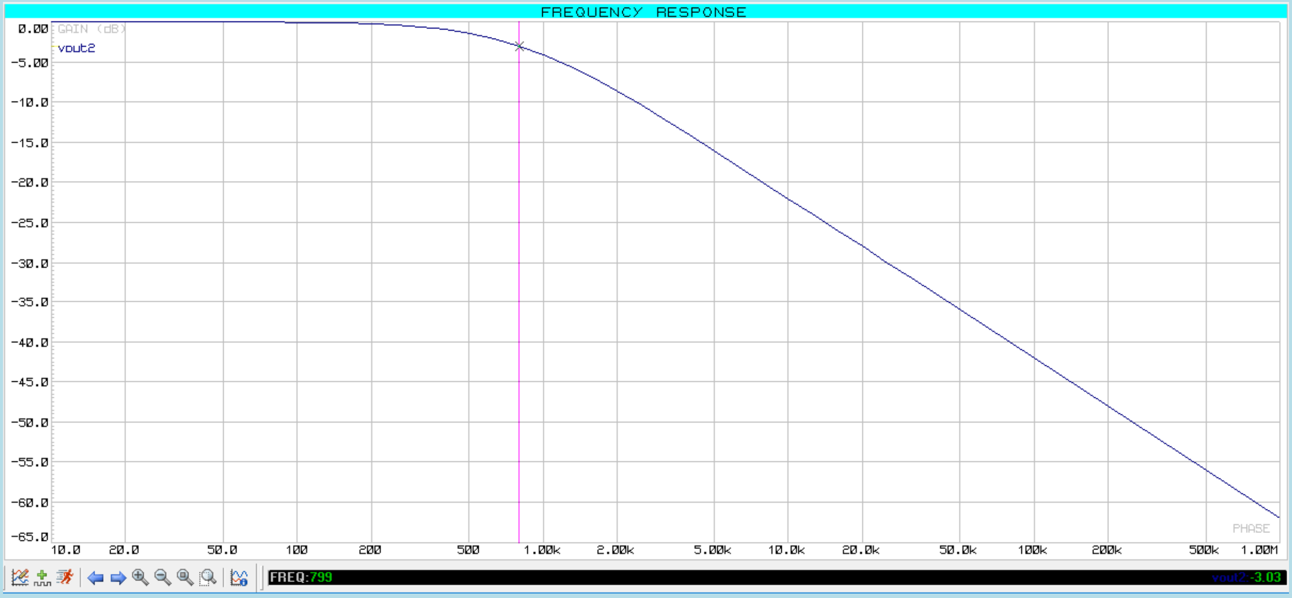


Essendo stata superata la frequenza di taglio vi è una significativa attenuazione.

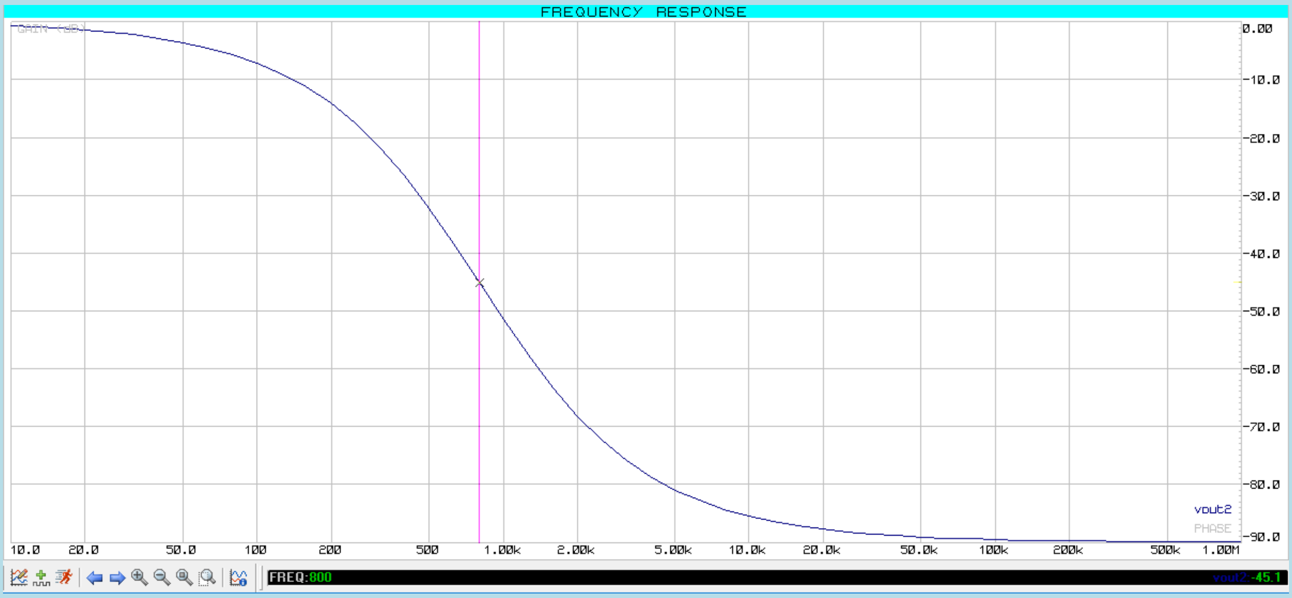


Edoardo Cavallino 4BEA

Modulo del guadagno:



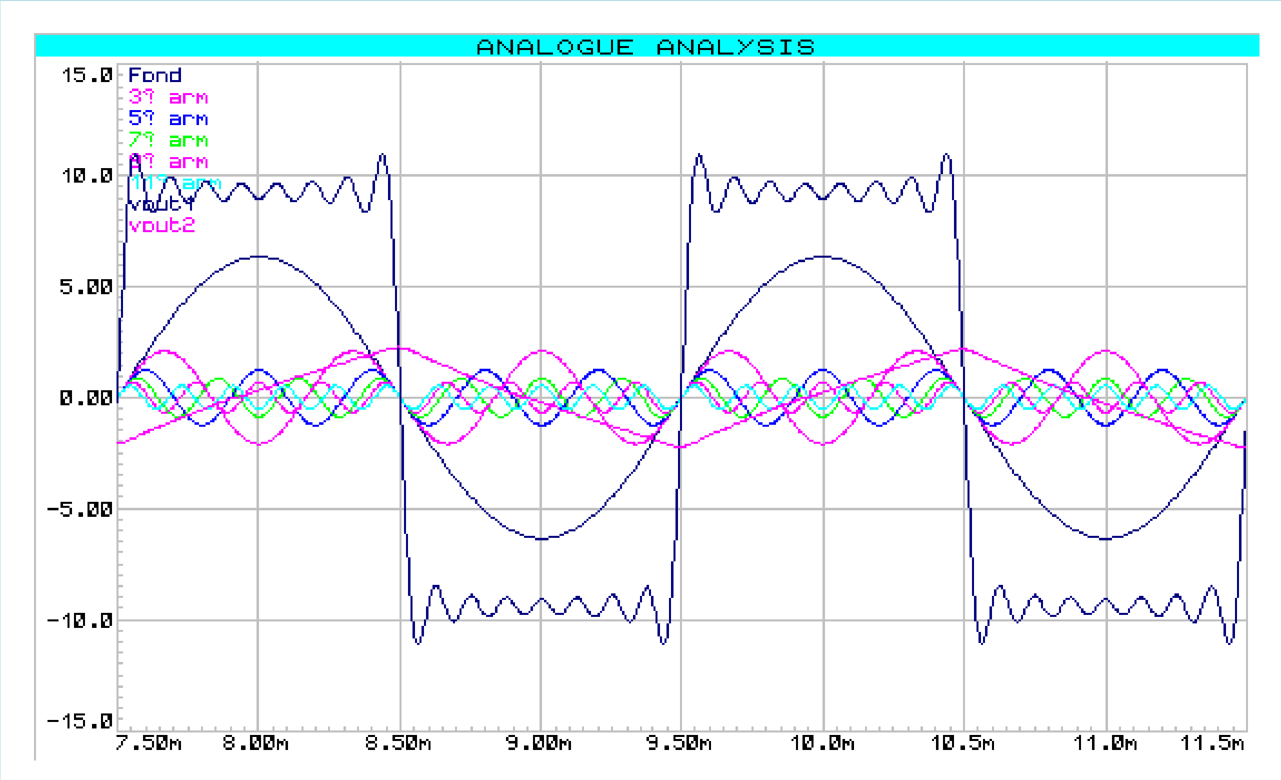
Fase del guadagno:



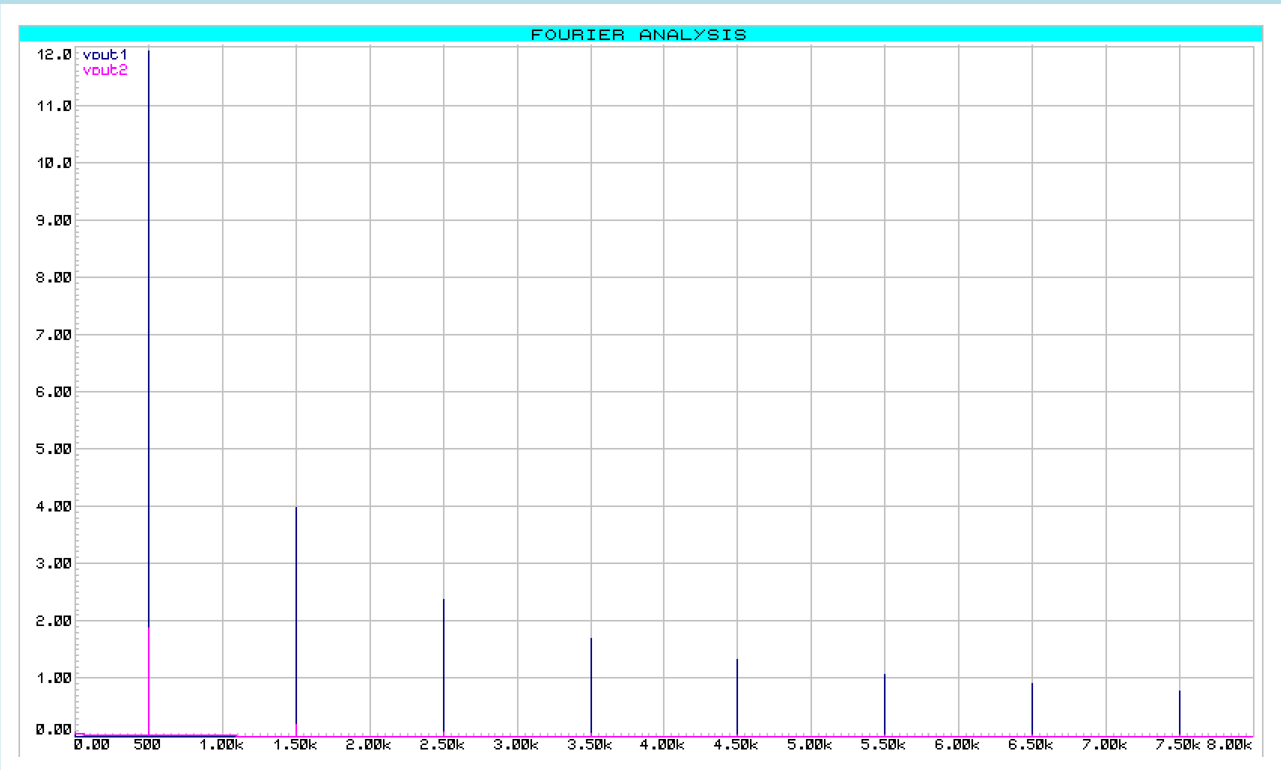
Ft= 0.8 [kHz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha valore -3db e la fase -45°

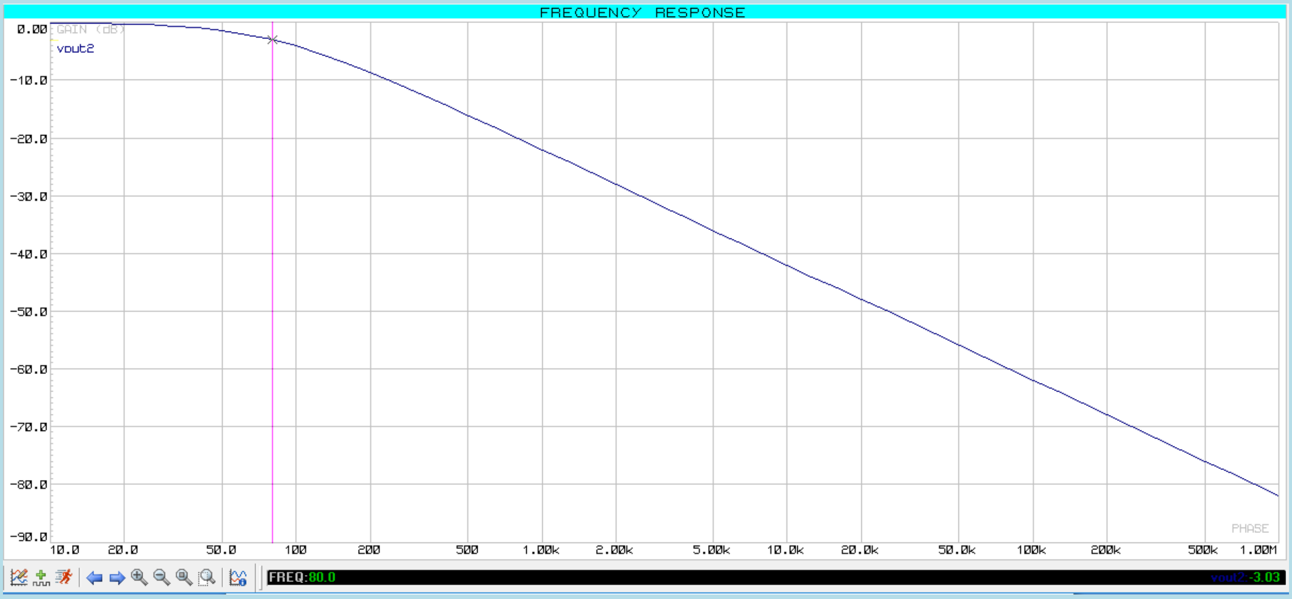
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C3=200 [nF]:



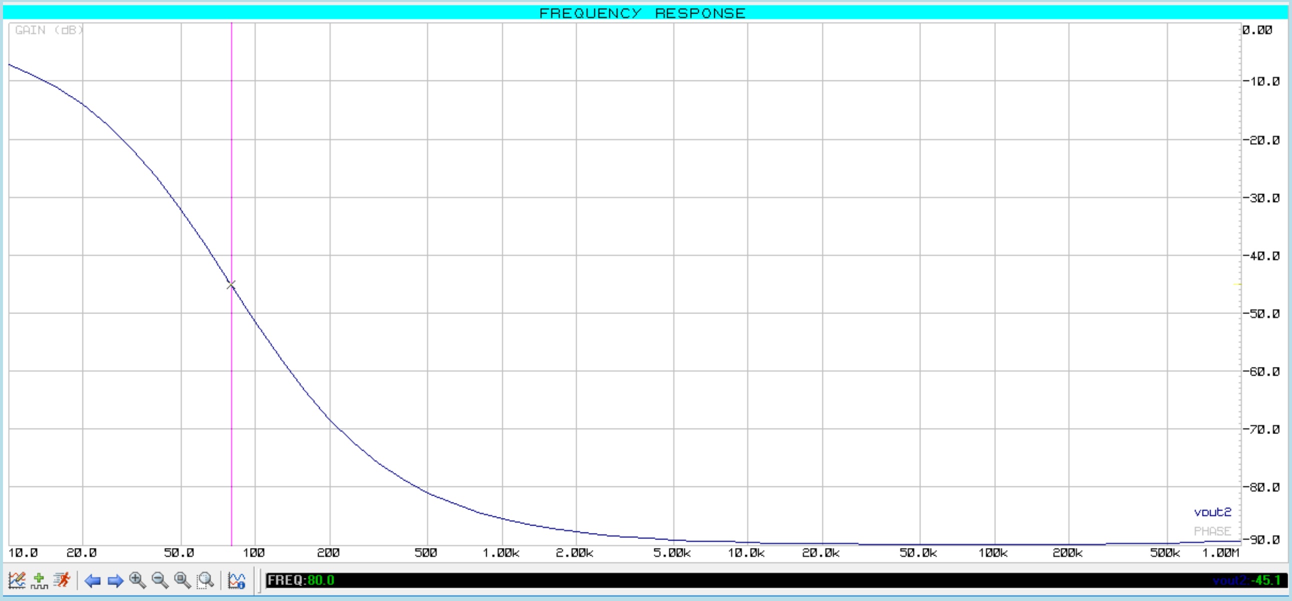
Essendo stata abbondantemente superata la frequenza di taglio, il segnale è reso irriconoscibile dalla forte attenuazione.



Modulo del guadagno:



Fase del guadagno:

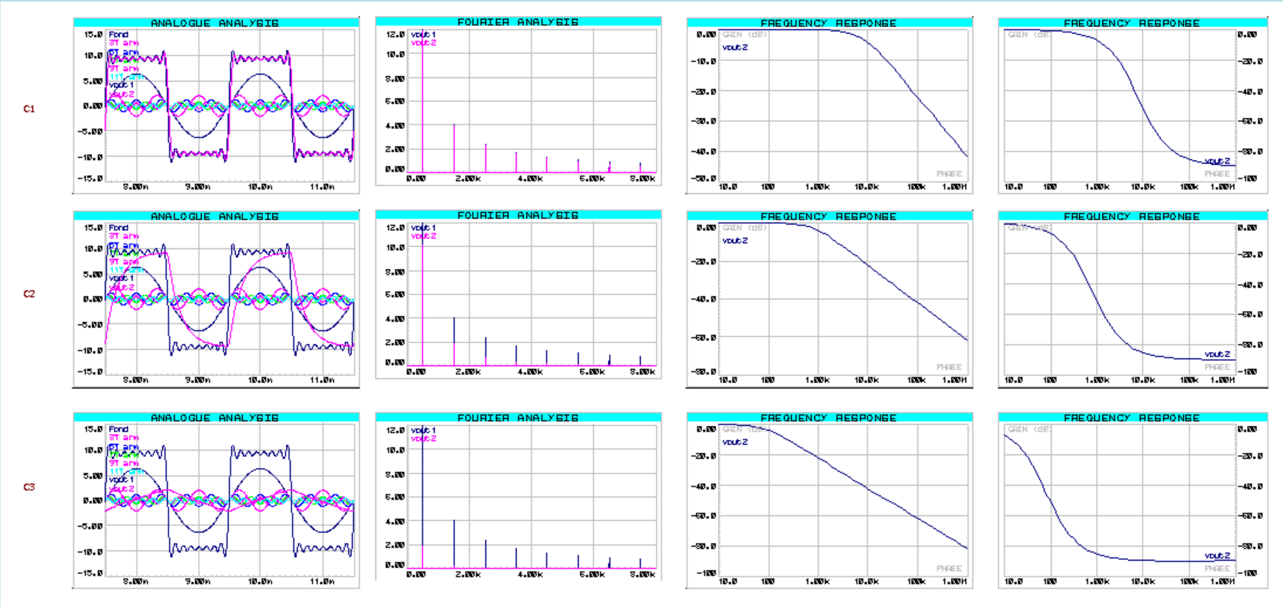


Ft= 80 [Hz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha valore -3db e la fase -45°

Allo scopo di rendere più semplice e veloce il confronto tra i tre casi è qui sono qui riportati tutti i grafici precedentemente analizzati:

Analogue Analisys	Fourier Analysis	Modulo del guadagno	Fase del guadagno



Edoardo Cavallino 4BEA

N.B:

Generiamo un' ONDA QUADRA ALTERNATA DISPARI:

Ricordando quanto enunciato dalla **Teoria di Fourier** per la quale, se il segnale periodico è PARI, esso è costituito da **ARMONICHE COSINUSOIDALI** di frequenza **multipla** della FONDAMENTALE **f0** (la freq del segnale periodico) e di ampiezza Bk decrescente.

Le armoniche sono coseni, la cui ampiezza max (Bk) è data dalla formula

$$\boldsymbol{Bk} = \frac{\mathbf{2Vpp}}{\mathbf{k\pi}} * \mathbf{sin}\left(\frac{\mathbf{k\pi}}{\mathbf{2}}\right)$$

In questo esempio verranno utilizzati come valori **Vpp di 10 [V]**, frequenza fondamentale di **500 [Hz] con guadagno uguale a -1.**

Procediamo con i calcoli:

$$B1 = \frac{20}{1\pi} * \sin\left(\frac{1\pi}{2}\right) = 6.36 * 1 = 6.36$$

f=500[Hz]

v1(t) = 6.36 sin (2π500t+90°) [V]

$$B2 = \frac{20}{2\pi} * \sin\left(\frac{2\pi}{2}\right) = 3.18 * 0 = 0$$

$$B3 = \frac{20}{3\pi} * \sin\left(\frac{3\pi}{2}\right) = 2.21 * (-1) = -2.21$$

f=1500[Hz]

v3(t) = -2.21 sin (2π1500t+90°) [V]

$$B4 = \frac{20}{4\pi} * \sin\left(\frac{4\pi}{2}\right) = 1.59 * 0 = 0$$

$$B5 = \frac{20}{5\pi} * \sin\left(\frac{5\pi}{2}\right) = 1.27 * (1) = 1.27$$

f=2500[Hz]

v5(t) = 1.27 sin (2π2500t+90°) [V]

$$B6 = \frac{20}{6\pi} * \sin\left(\frac{6\pi}{2}\right) = 1.06 * 0 = 0$$

$$B7 = \frac{20}{7\pi} * \sin\left(\frac{7\pi}{2}\right) = 0.90 * (-1) = -0.90$$

f=3500[Hz]
v7(t) = -0.90 sin (2π3500t+90°) [V]

$$B8 = \frac{20}{8\pi} * \sin\left(\frac{8\pi}{2}\right) = 0.80 * 0 = 0$$

$$B9 = \frac{20}{9\pi} * \sin\left(\frac{9\pi}{2}\right) = 0.71 * (1) = 0.71$$

f=4500[Hz]
v9(t) = 0.71 sin (2π4500t+90°) [V]

$$B10 = \frac{20}{10\pi} * \sin\left(\frac{10\pi}{2}\right) = 0$$

$$B11 = \frac{20}{11\pi} * \sin\left(\frac{11\pi}{2}\right) = 0.57 * (-1) = -0.57$$

f=5500[Hz]
v11(t) = -0.57 sin (2π5500t+90°) [V]

$$B12 = \frac{20}{12\pi} * \sin\left(\frac{12\pi}{2}\right) = 0$$

$$B13 = \frac{20}{13\pi} * \sin\left(\frac{13\pi}{2}\right) = 0.49 * (1) = 0.49$$

f=6500[Hz]
v13(t) = 0.49 sin (2π6500t+90°) [V]

$$B14 = \frac{20}{12\pi} * \sin\left(\frac{14\pi}{2}\right) = 0$$

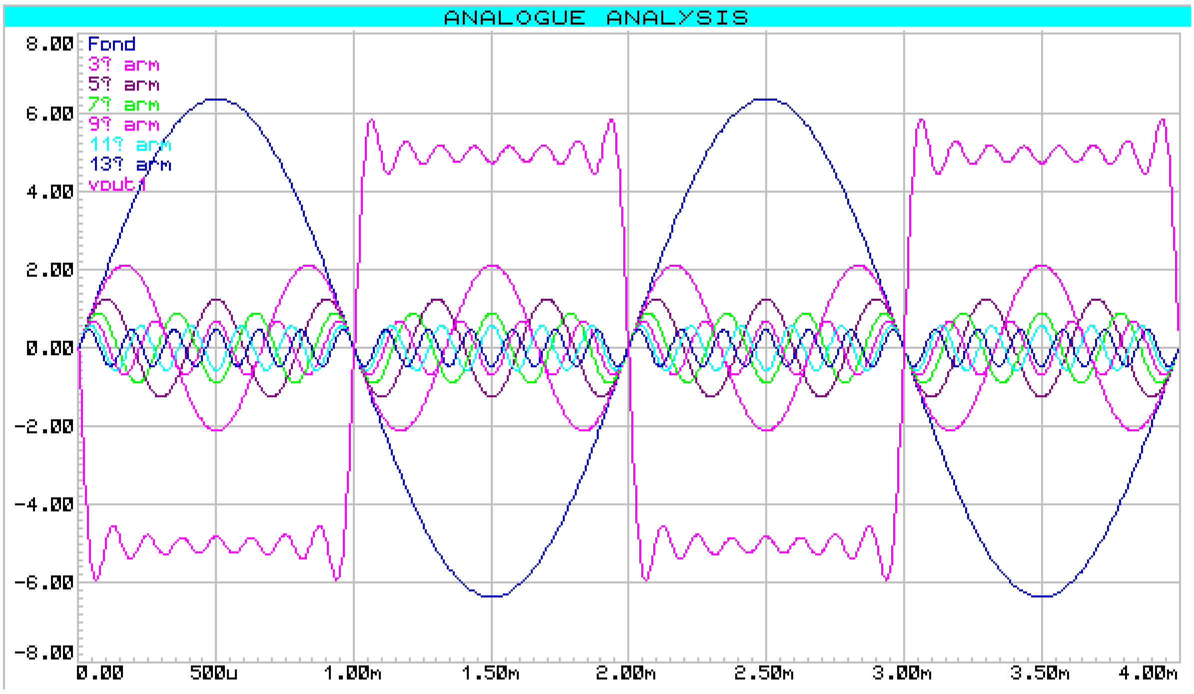
$$B15 = \frac{20}{15\pi} * \sin\left(\frac{15\pi}{2}\right) = 0.42 * (-1) = -0.42$$

f=7500[Hz]
v15(t) = -0.57 sin (2π7500t+90°) [V]

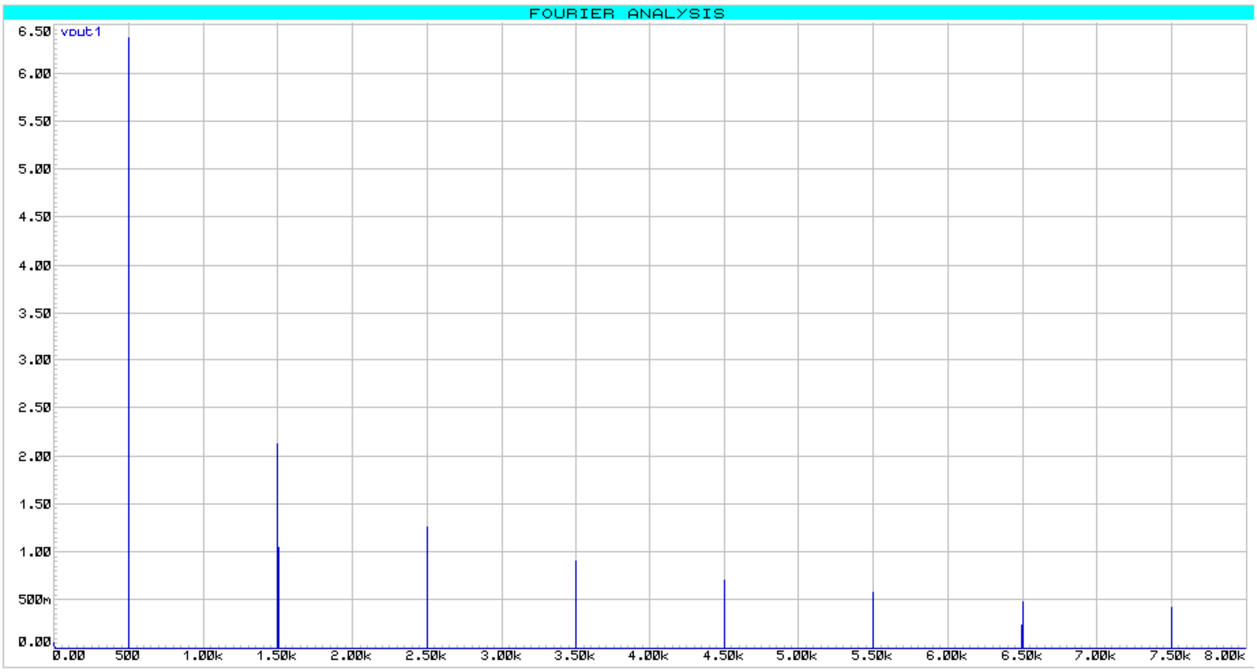
Quindi:

vout(t)= 6.36 sin (2π500t+90°) - 2.12 sin (2π1500t+90°) + 1.27 sin (2π2500t+90°) - 0.90 sin (2π3500t+90°) + 0.71 sin (2π4500t+90°) - 0.57 sin (2π5500t+90°) + 0.49 sin (2π6500t+90°) - 0.42 sin (2π7500t+90°) [V]

E' qui riportata la simulazione effettuata tramite Proteus:

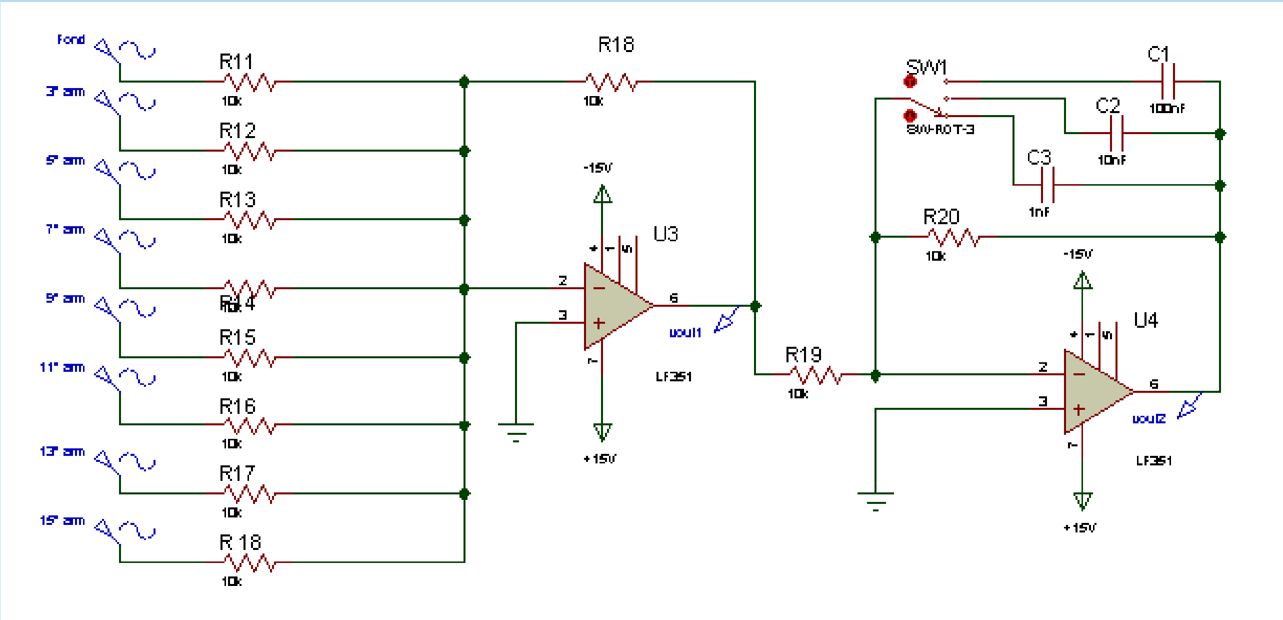


Spettro delle ampiezze di Fourier:



Filtriamo poi il segnale uscente con attraverso un filtro RC attivo invertente passa basso del primo ordine con tre differenti capacità:

C1=100[nF]   C2=10[nF]   C3=1[nF]



N.B:

Per spiegare la presenza di R2 ci è sufficiente riflettere sul funzionamento che il circuito avrebbe in bassa ed alta frequenza senza di essa.

In questo caso la sua Fdt sarebbe -Zc/R1, ovvero **1/jωR1**, di conseguenza:

in alta frequenza   **G(j∞) = 0**
in bassa frequenza **G (j0) = ∞**

per evitare la saturazione in bassa frequenza si inserisce la resistenza R2, che permette di baipassare l'impedenza Zc. Quindi:

in bassa frequenza **G (j0) = - R2 / R1**

(nei grafici di Bode quindi quando la frequenza è bassa G resta stabile sul valore 20log(R2/R1))

Funzione di trasferimento: $\mathbf{G} = -\dfrac{\boldsymbol{R2}}{\mathbf{R1 + j\omega R1R2C}}$

Modulo del guadagno: $|\mathbf{G}| = \dfrac{\boldsymbol{R2}}{\sqrt{\boldsymbol{R1}^2 + (\mathbf{\omega R1R2C})^2}}$

N.B: Alla frequenza di taglio $|\mathbf{G}|$ **assume come valore -3db**

Fase del guadagno: **∟G = 180° - artan(ωRC)**

N.B: Alla frequenza di taglio ∟**G assume come valore 180°- 45°= 135°**

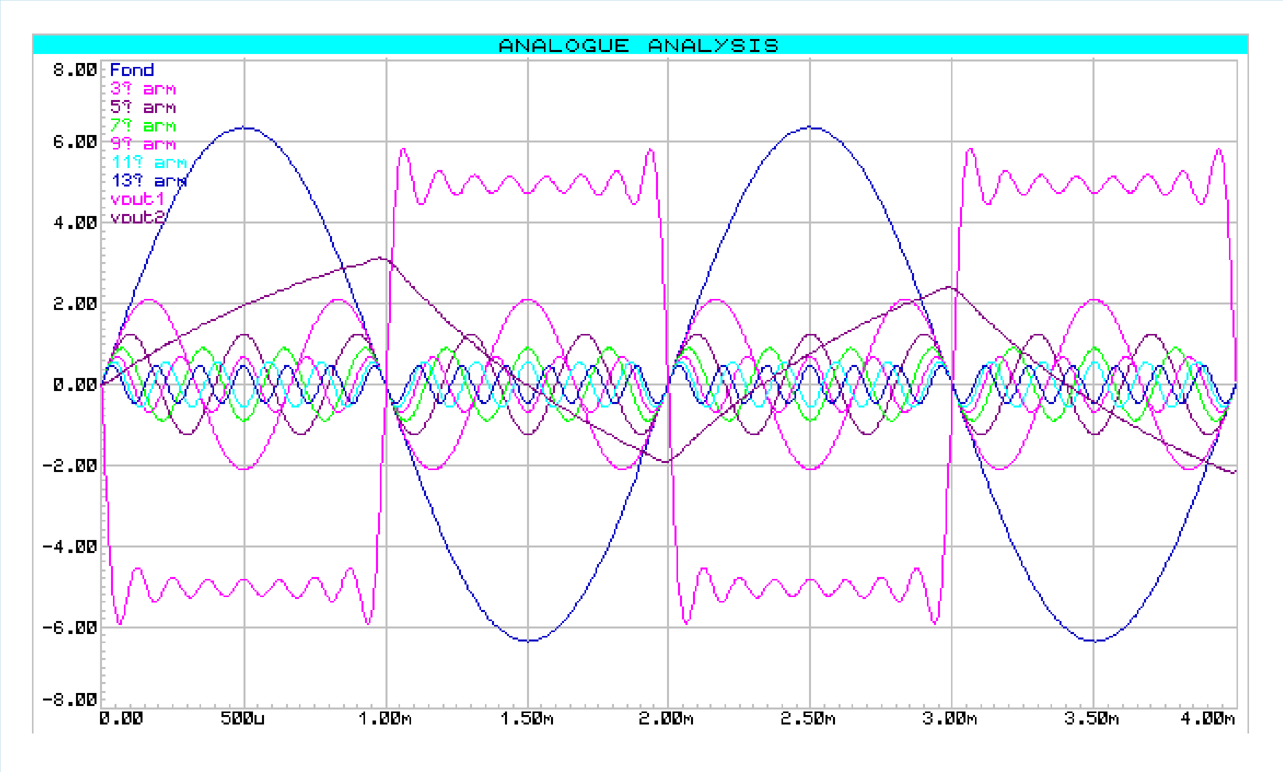
La frequenza di taglio si ottiene: $\boldsymbol{ft} = \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}\boldsymbol{\pi RC}}$

Quindi possiamo calcolare che:

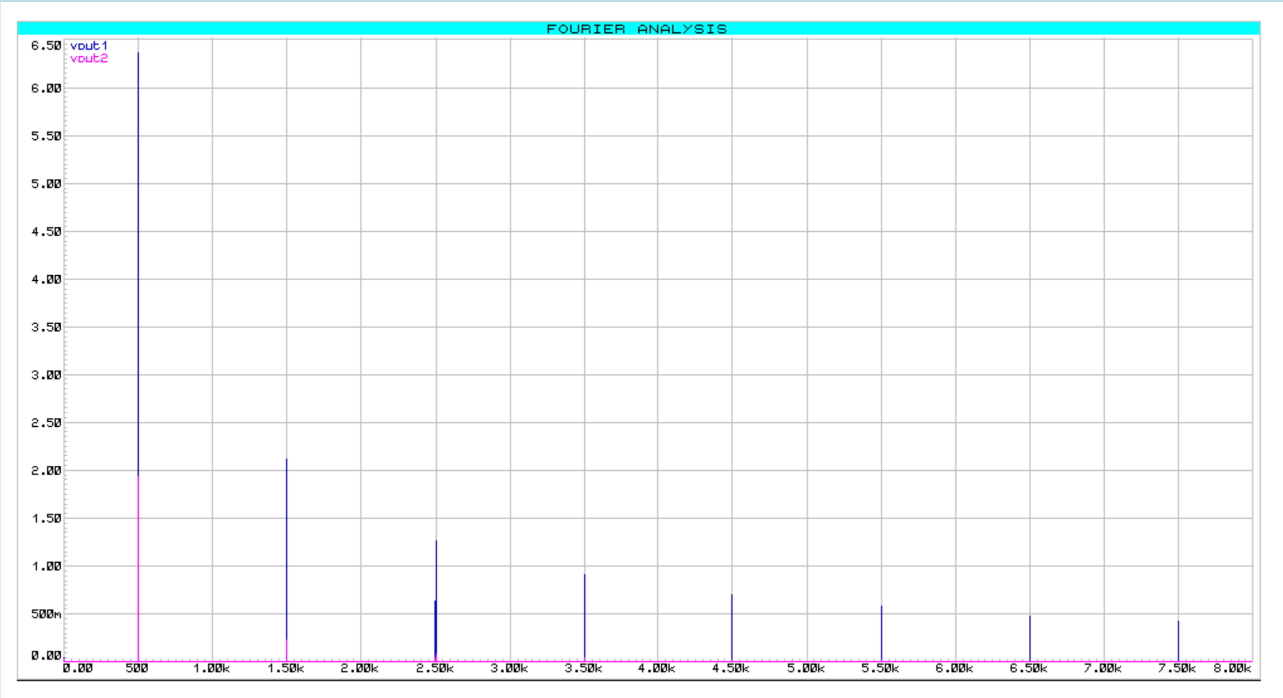
- Con **C1=100[nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **160 [Hz]**
- Con **C2=10[20nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **1.6 [k Hz]**
- Con **C3=1[200nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **16 [k Hz]**

Superata la frequenza di taglio segnali verranno progressivamente attenuati.

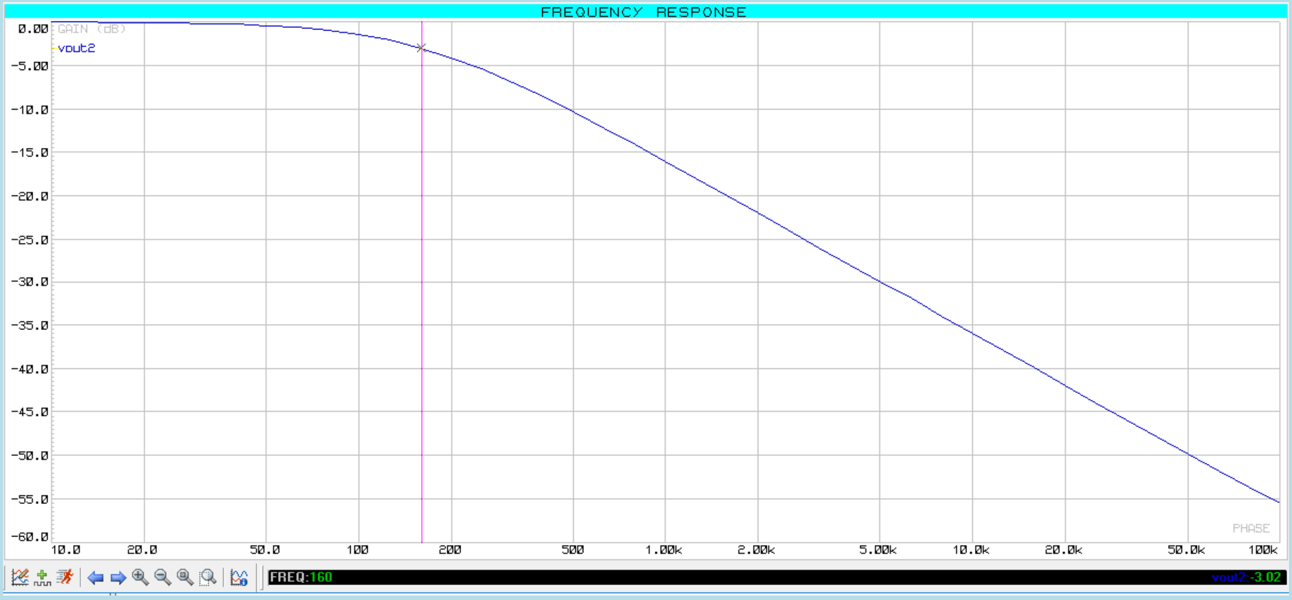
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C1=100[nF]:



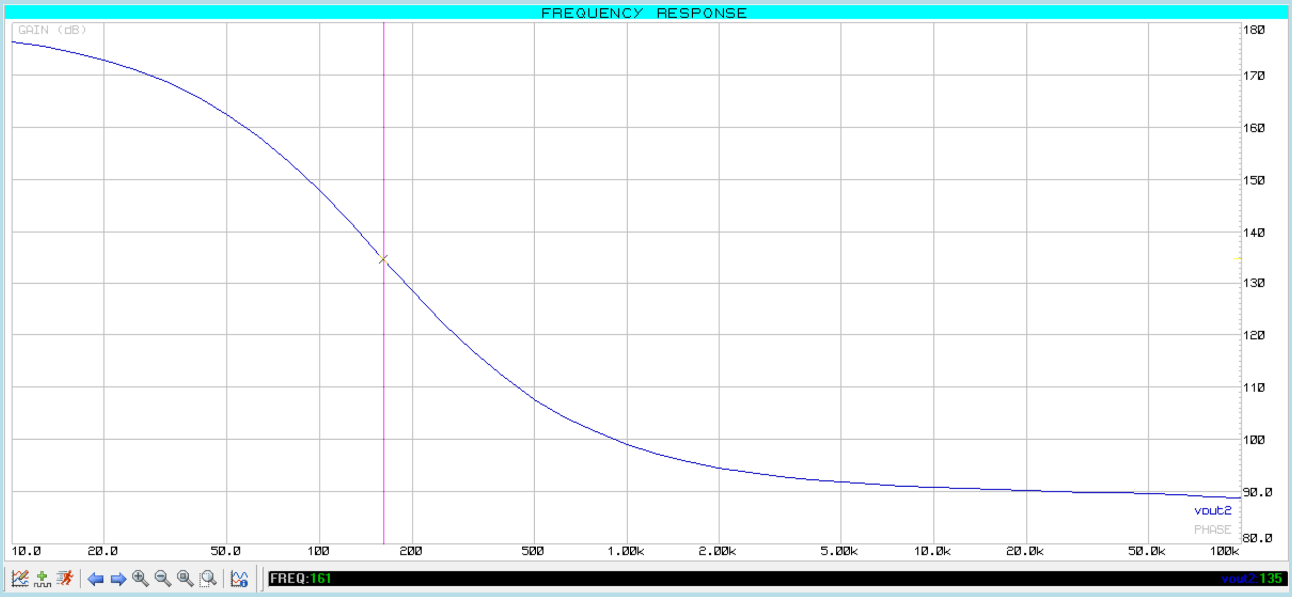
Essendo stata abbondantemente superata la frequenza di taglio, il segnale è reso irriconoscibile dalla forte attenuazione.



Modulo del Guadagno:



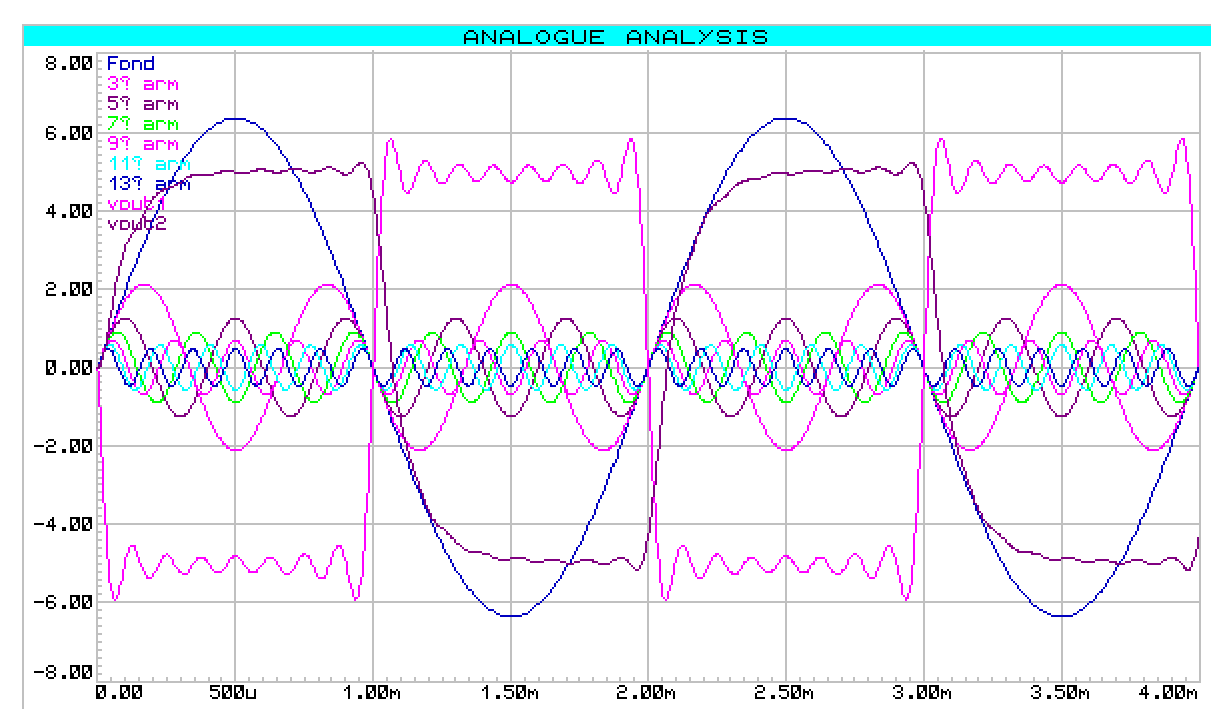
Fase del Guadagno:



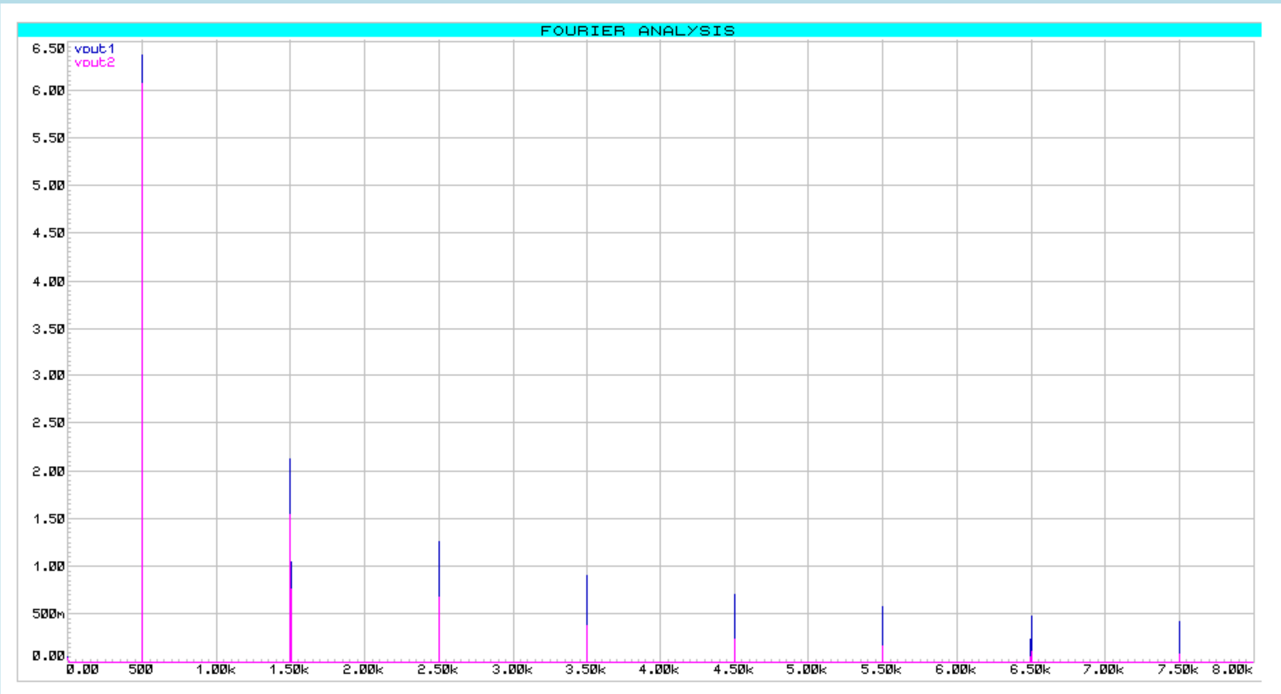
Ft= 160 [Hz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha valore -3db e la fase 135°

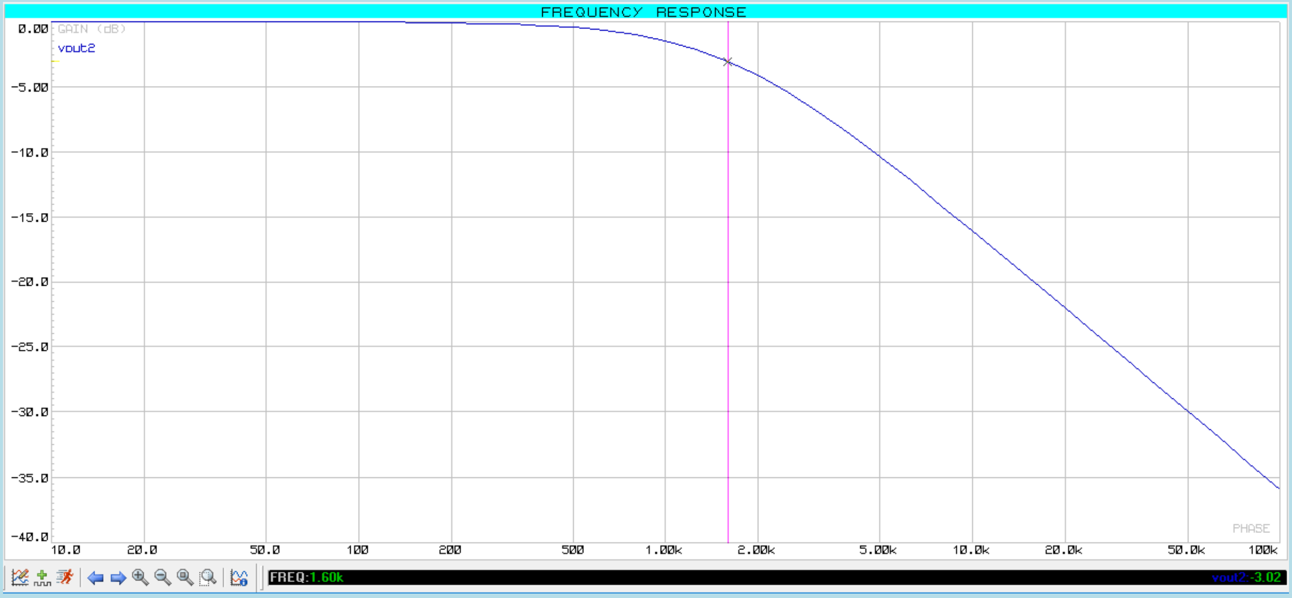
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C2=10[nF]:



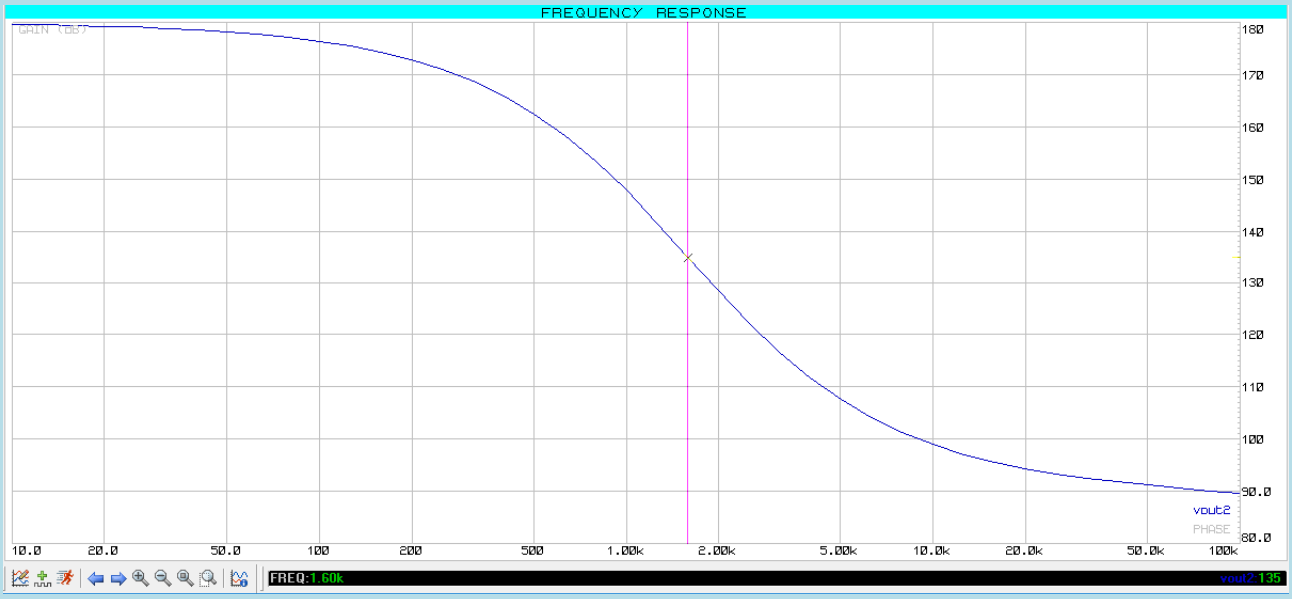
Essendo stata superata la frequenza di taglio vi è una significativa attenuazione.



Modulo del Guadagno:



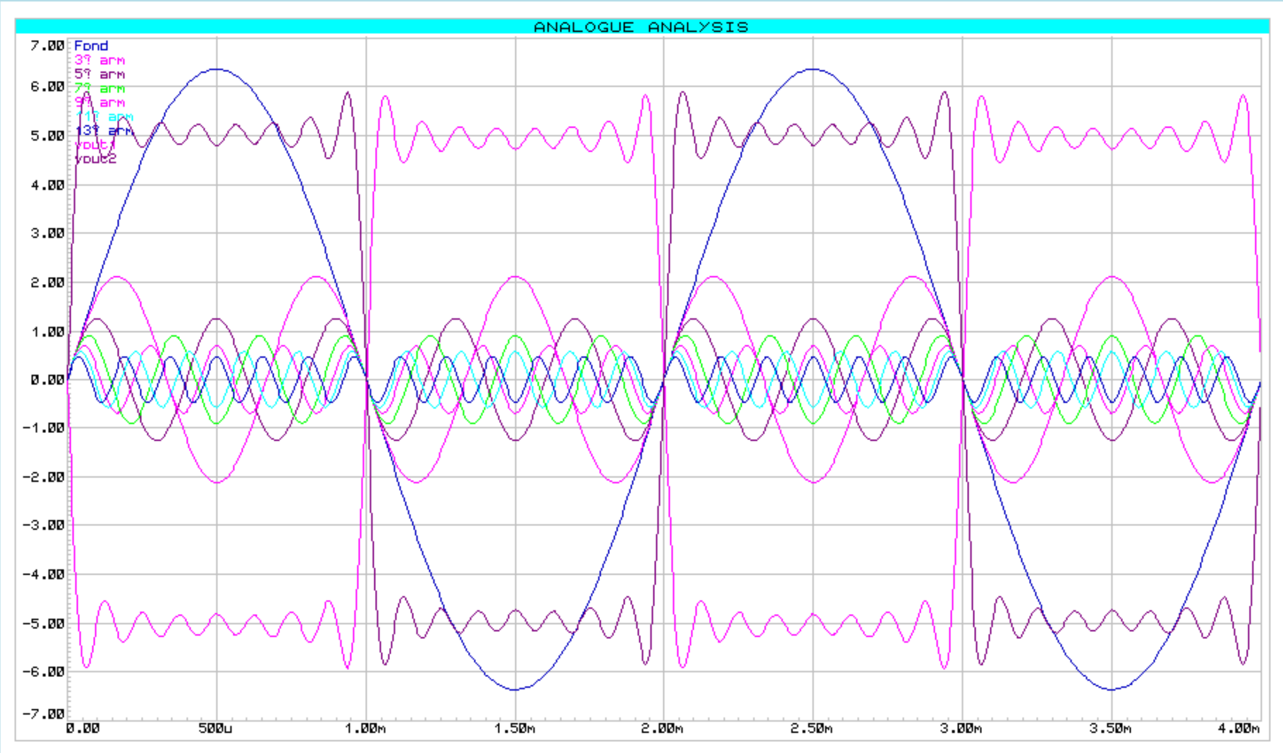
Fase del Guadagno:



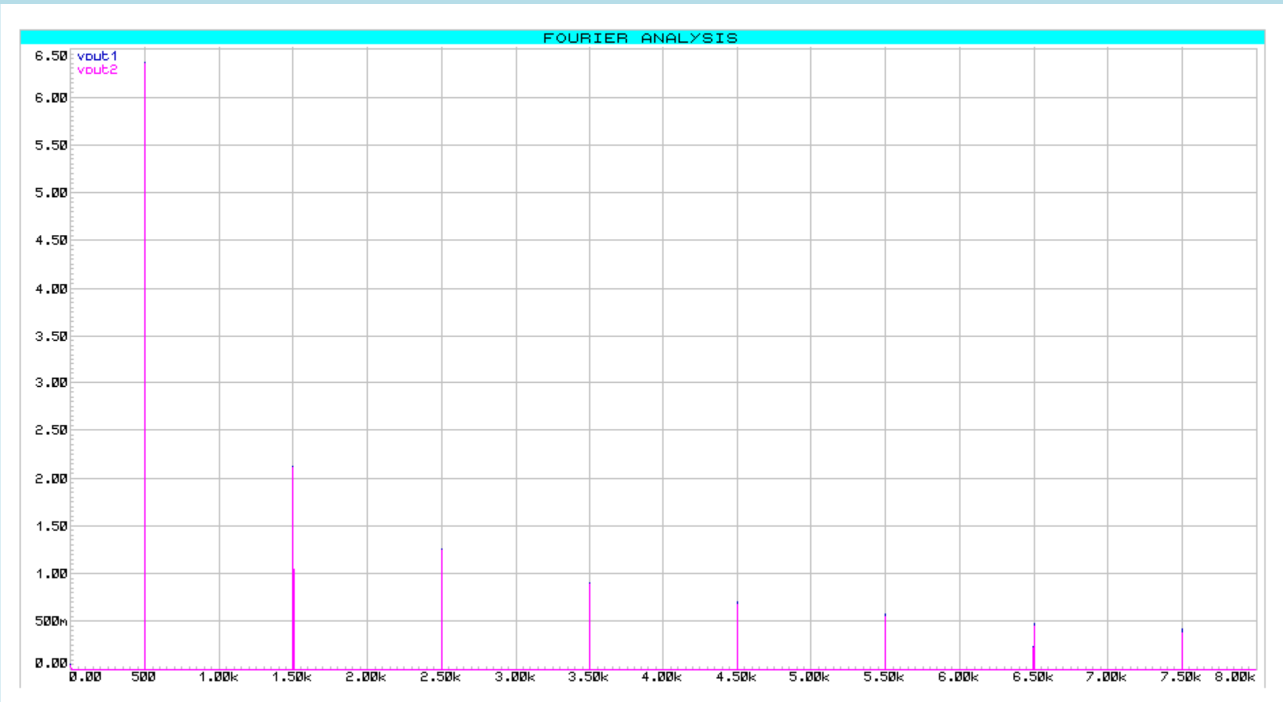
Ft= 1.6 [kHz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha valore -3db e la fase 135°

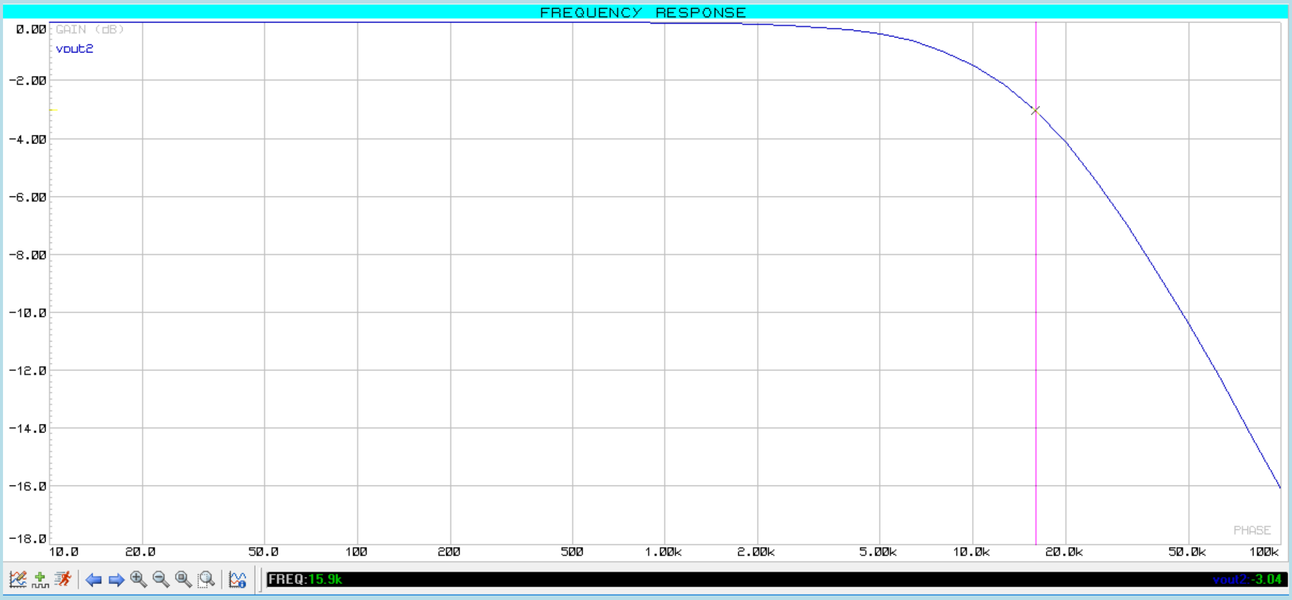
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C3=1[nF]:



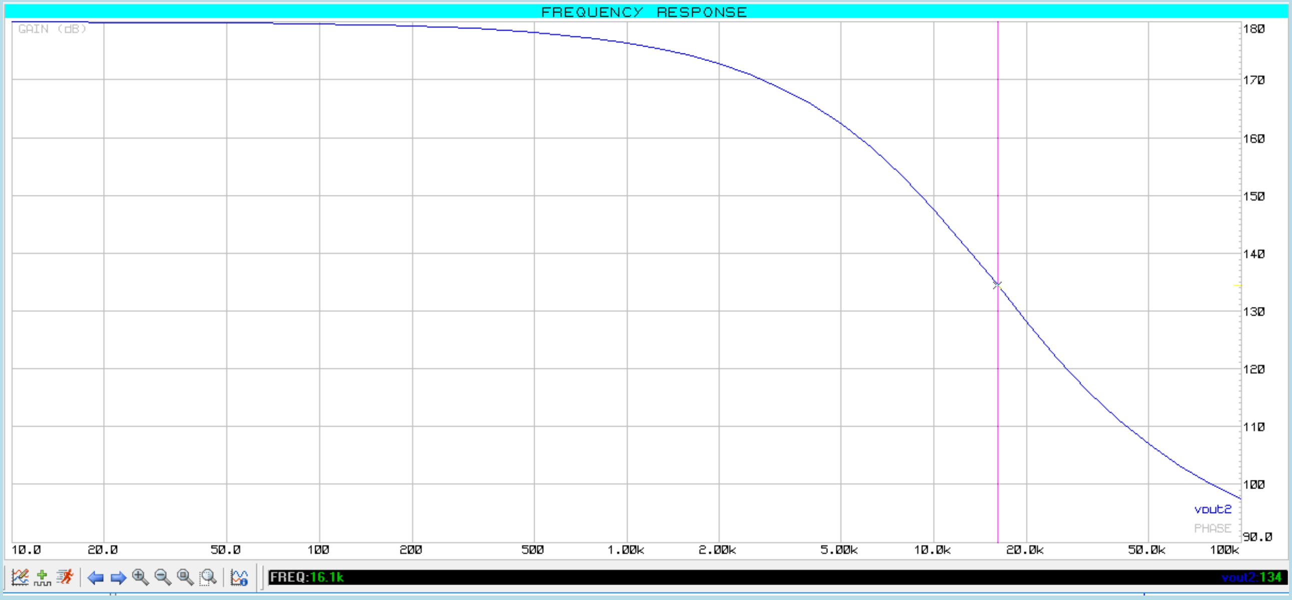
Non essendo stata superata la ft non vi è alcuna significativa attenuazione.



Modulo del Guadagno:



Fase del Guadagno:

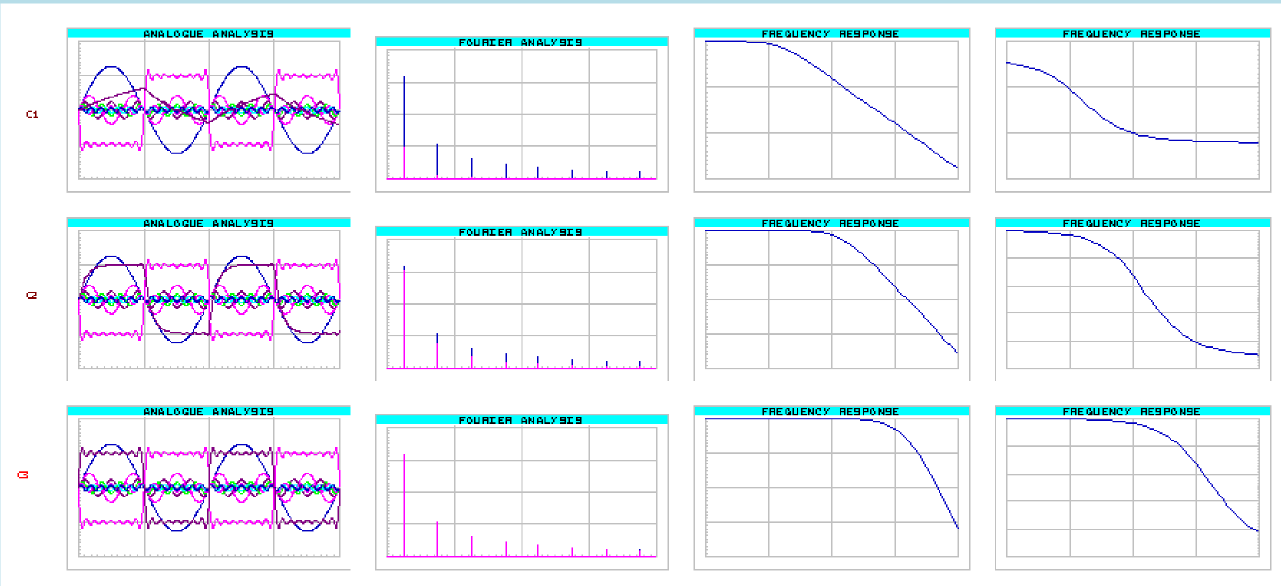


Ft= 16 [kHz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha valore -3db e la fase 135°

Allo scopo di rendere più semplice e veloce il confronto tra i tre casi è qui sono qui riportati tutti i grafici precedentemente analizzati:

Analogue Analisys	Fourier Analysis	Modulo del guadagno	Fase del guadagno



Edoardo Cavallino 4BEA

RICOSTRUZIONE O.Q. ALTERNATA DISPARI E FILTRAGGIO ATTRAVERSO FILTRO ATTIVO Passa-basso del 2° ordine:

In questo esempio verranno utilizzati come valori **Vpp di 10 [V]** ,frequenza fondamentale di **500 [Hz] e guadagno uguale a 1.**

Procediamo con i calcoli:

$$A1 = \frac{10}{1\pi} * (1 - \cos\pi) = 3.18 * \big(1 - (-1)\big) = 3.18 * 2 = 6.36$$

f0=500[Hz]
v1(t) = 6.36 sin (2π500t) [V]

$$A2 = \frac{10}{2\pi} * (1 - \cos 2\pi) = 1.59 * \big(1 - (1)\big) = 3.18 * 0 = 0$$

$$A3 = \frac{10}{3\pi} * (1 - \cos 3\pi) = 1.06 * \big(1 - (-1)\big) = 1.06 * 2 = 2.12$$

f=500*3=1500[Hz]
v3(t) = 2.12 sin (2π1500t) [V]

$$A4 = \frac{10}{4\pi} * (1 - \cos 4\pi) = 0.79 * \big(1 - (1)\big) = 0.79 * 0 = 0$$

$$A5 = \frac{10}{5\pi} * (1 - \cos 5\pi) = 0.63 * \big(1 - (-1)\big) = 0.63 * 2 = 1.26$$

f=500*5=2500[Hz]
v5(t) = 1.26 sin (2π2500t) [V]

$$A6 = \frac{10}{6\pi} * (1 - \cos 6\pi) = 0.53 * \big(1 - (1)\big) = 0.53 * 0 = 0$$

$$A7 = \frac{10}{7\pi} * (1 - \cos 7\pi) = 0.45 * \big(1 - (-1)\big) = 0.45 * 2 = 0.91$$

f=500*7=3500[Hz]
v7(t) = 0.91 sin (2π3500t) [V]

$$A8 = \frac{10}{8\pi} * (1 - \cos 8\pi) = 0.40 * \big(1 - (1)\big) = 0.40 * 0 = 0$$

$$A9 = \frac{10}{9\pi} * (1 - \cos 9\pi) = 0.35 * \big(1 - (-1)\big) = 0.35 * 2 = 0.70$$

f=500*9=4500[Hz]

v9(t) = 0.7 sin (2π4500t) [V]

$$A10 = \frac{10}{10\pi} * (1 - \cos 10\pi) = 0.32 * \left(1 - (1)\right) = 0.32 * 0 = 0$$

$$A11 = \frac{10}{11\pi} * (1 - \cos 11\pi) = 0.29 * \left(1 - (-1)\right) = 0.29 * 2 = 0.58$$

f=500*11=5500[Hz]
v11(t) = 0.58 sin (2π5500t) [V]

$$A12 = \frac{10}{12\pi} * (1 - \cos 12\pi) = 0.27 * \left(1 - (1)\right) = 0.27 * 0 = 0$$

$$A13 = \frac{10}{13\pi} * (1 - \cos 13\pi) = 0.24 * \left(1 - (-1)\right) = 0.24 * 2 = 0.48$$

f=500*13=6500[Hz]
v13(t) = 0.48 sin (2π6500t) [V]

$$A14 = \frac{10}{14\pi} * (1 - \cos 14\pi) = 0.23 * \left(1 - (1)\right) = 0.23 * 0 = 0$$

$$A15 = \frac{10}{15\pi} * (1 - \cos 15\pi) = 0.21 * \left(1 - (-1)\right) = 0.21 * 2 = 0.42$$

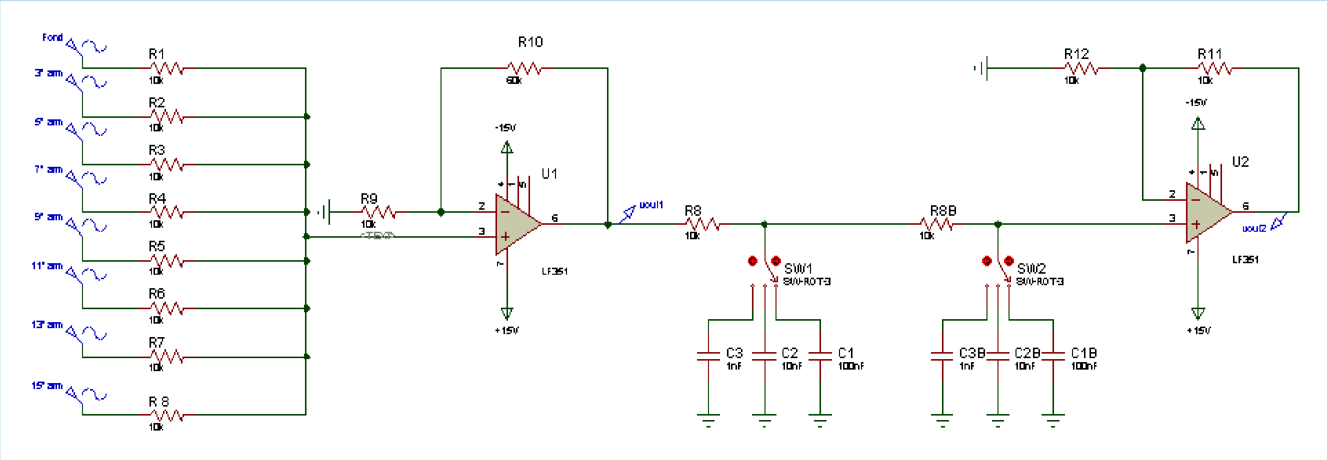
f=500*13=7500[Hz]
v15(t) = 0.42 sin (2π7500t) [V]

Quindi:

vout1(t)= 6.36 sin (2π500t) + 2.12 sin (2π1500t) + 1.26 sin (2π2500t) + 0.91 sin (2π3500t) + 0.7 sin (2π4500t) + 0.58 sin (2π5500t) + 0.48 sin (2π6500t) + 0.42 sin (2π7500t) [V]

Filtriamo il segnale ottenuto attraverso un filtro RC passa basso del secondo ordine:

Utilizziamo I valori : **C1=100[nF]   C2=10[nF]   C3=1[nF]   e poniamo guadagno dato dalla configurazione non invertente a 2.**



Ricordiamo che per questo tipo di filtri:

Funzione di trasferimento:

$$\mathbf{G} = \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{1+2j\omega RC-(\omega RC)^2}}$$

Modulo del guadagno:

$$|\mathbf{G}| = \frac{\mathbf{2}}{\sqrt{\mathbf{1-((\omega RC)^2)^2 + (2\omega RC\,)^2}}}$$

N.B: Alla frequenza di taglio **|G| non assume come valore -3db come avverrebbe in un filtro del 1°ordine**

Fase del guadagno:

∟G = - 2artan(ωRC)

N.B: Alla frequenza di taglio ∟**G assume come valore - 90°**

La frequenza di taglio si ottiene:

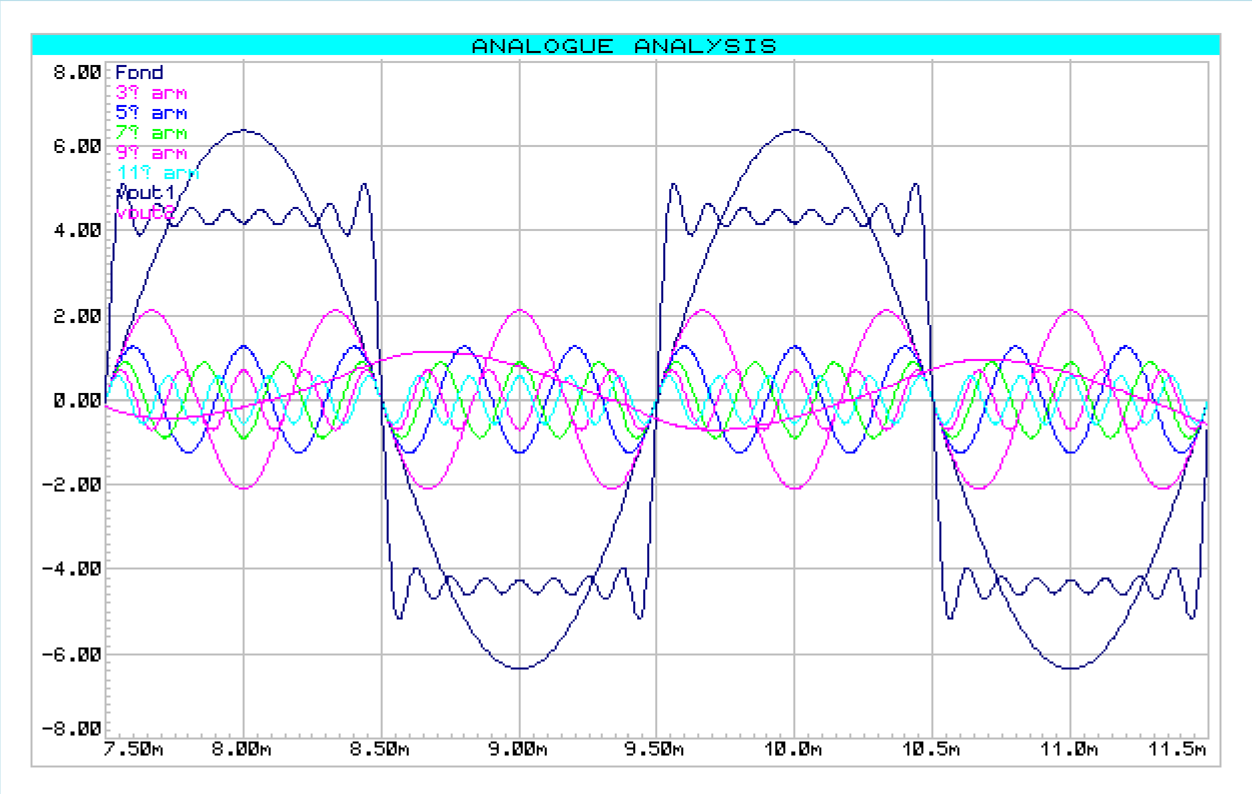
$$\boldsymbol{ft = \frac{1}{2\pi RC}}$$

Quindi possiamo calcolare che:

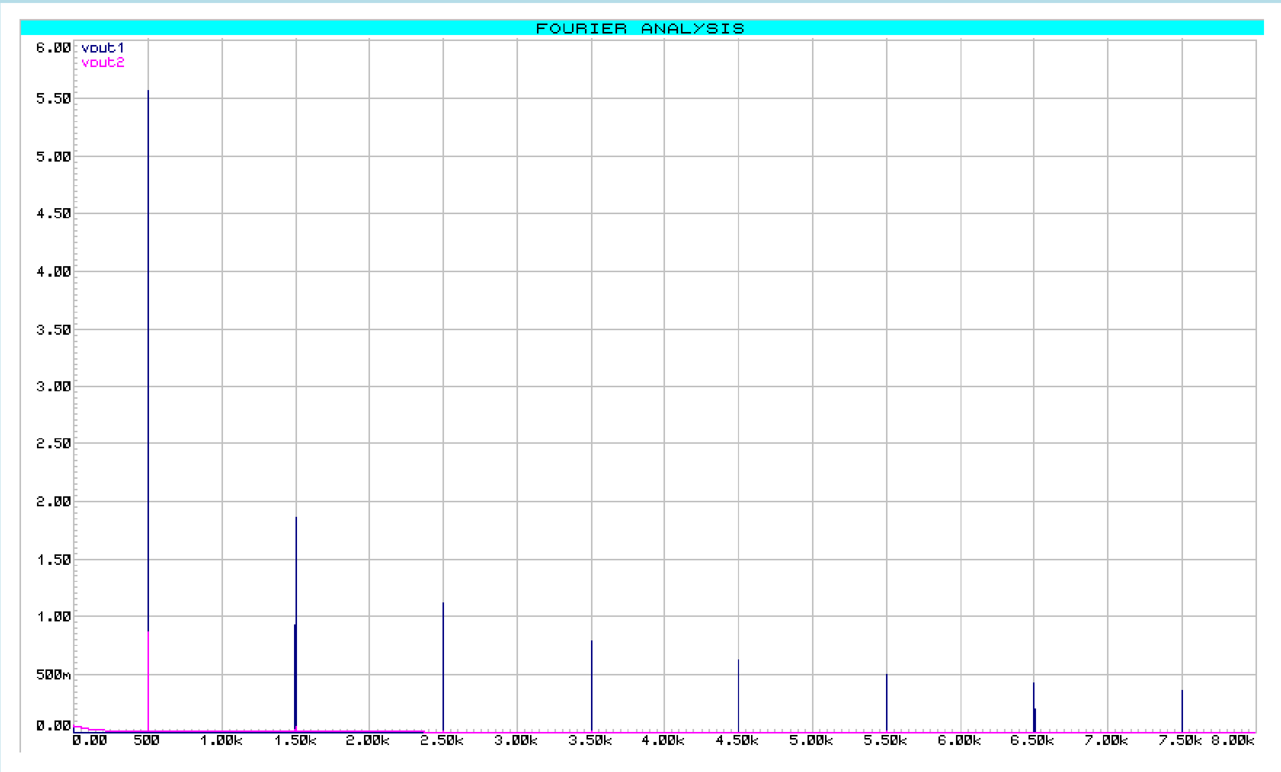
- Con **C1=100[nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **160 [Hz]**
- Con **C2=10[20nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **1.6 [k Hz]**
- Con **C3=1[200nF]** la **frequenza di taglio** varrà circa **16 [k Hz]**

Superata la frequenza di taglio segnali verranno progressivamente attenuati.

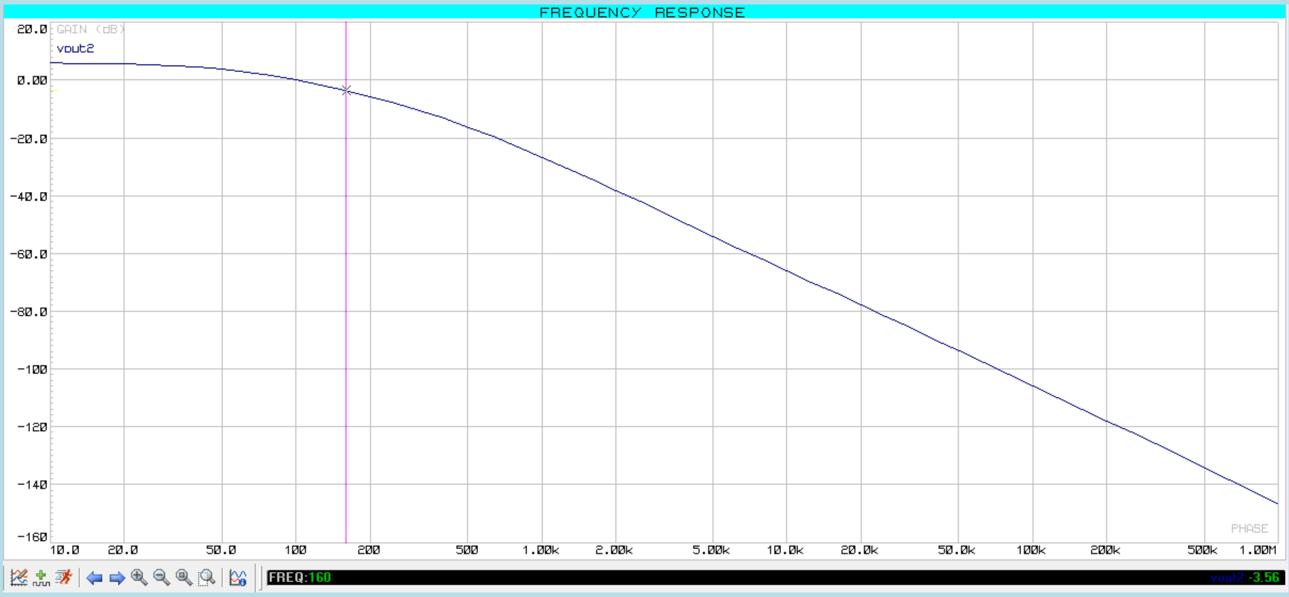
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C1=100[nF]:



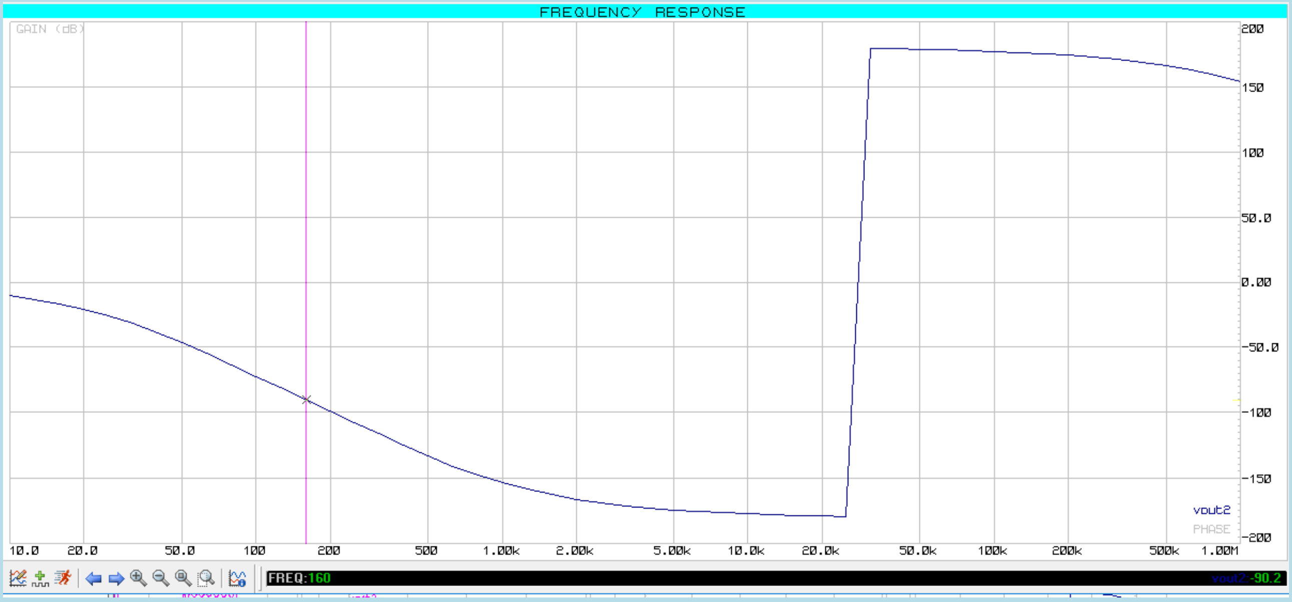
Essendo stata abbondantemente superata la frequenza di taglio, il segnale è reso irriconoscibile dalla forte attenuazione.



Modulo del guadagno:



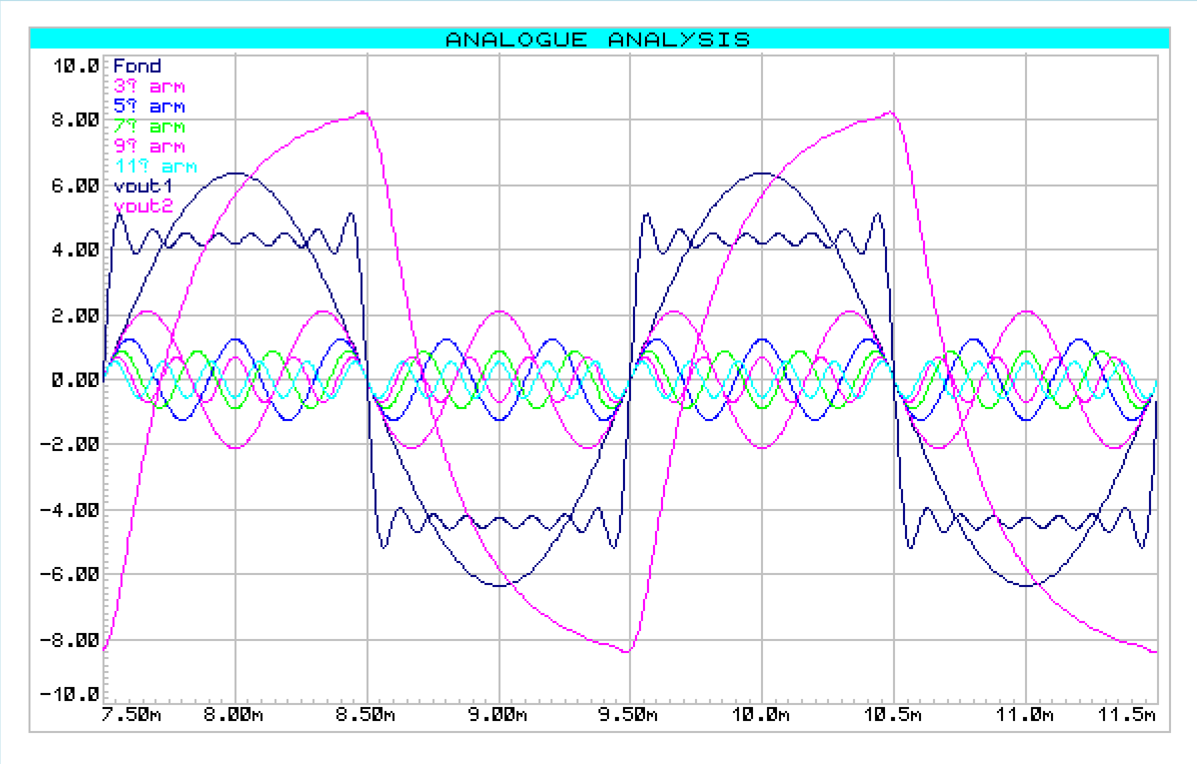
Fase del guadagno:



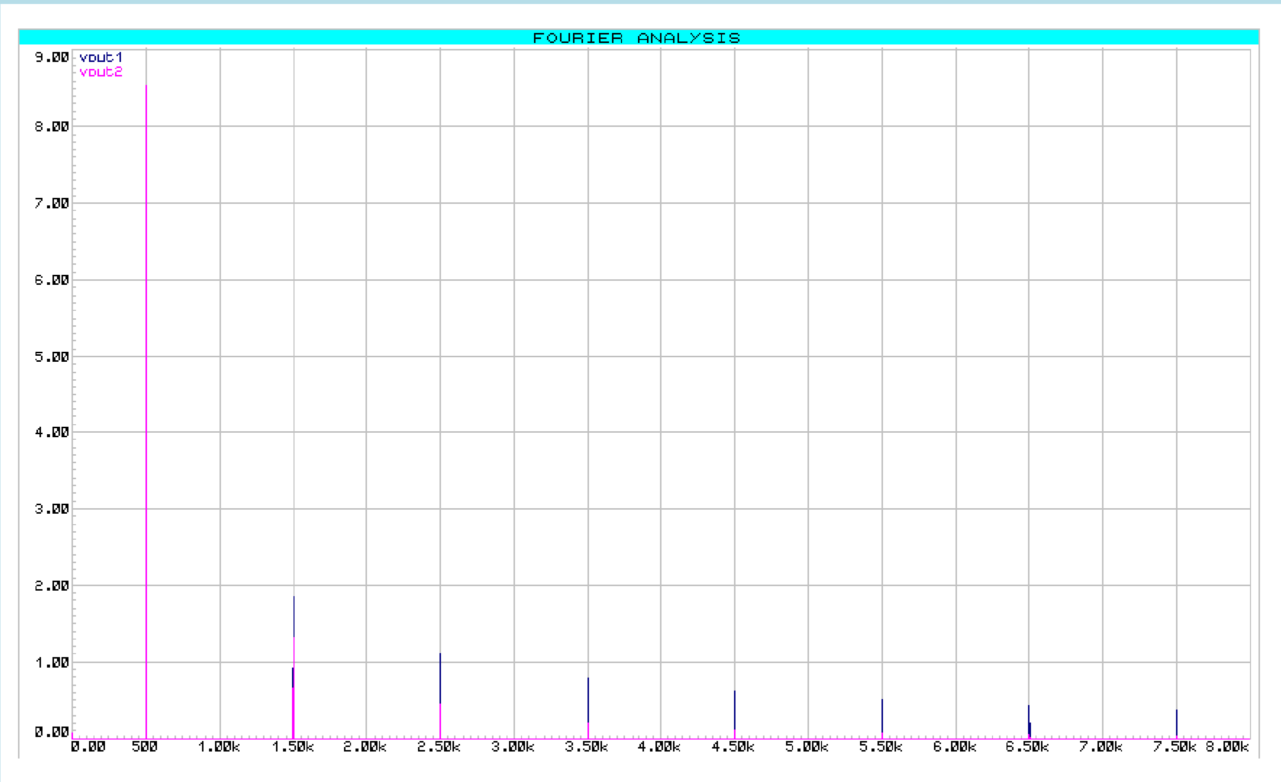
Ft= 160 [Hz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha fase -90° un valore che si avvicina -3db.

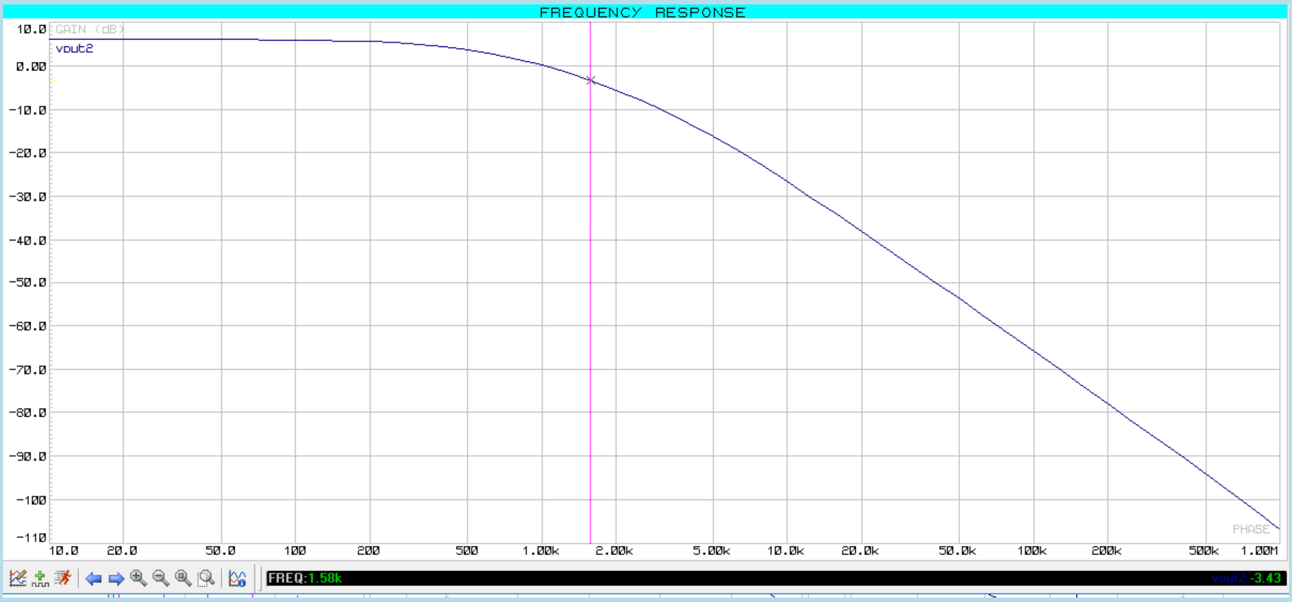
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C2=10[nF]:



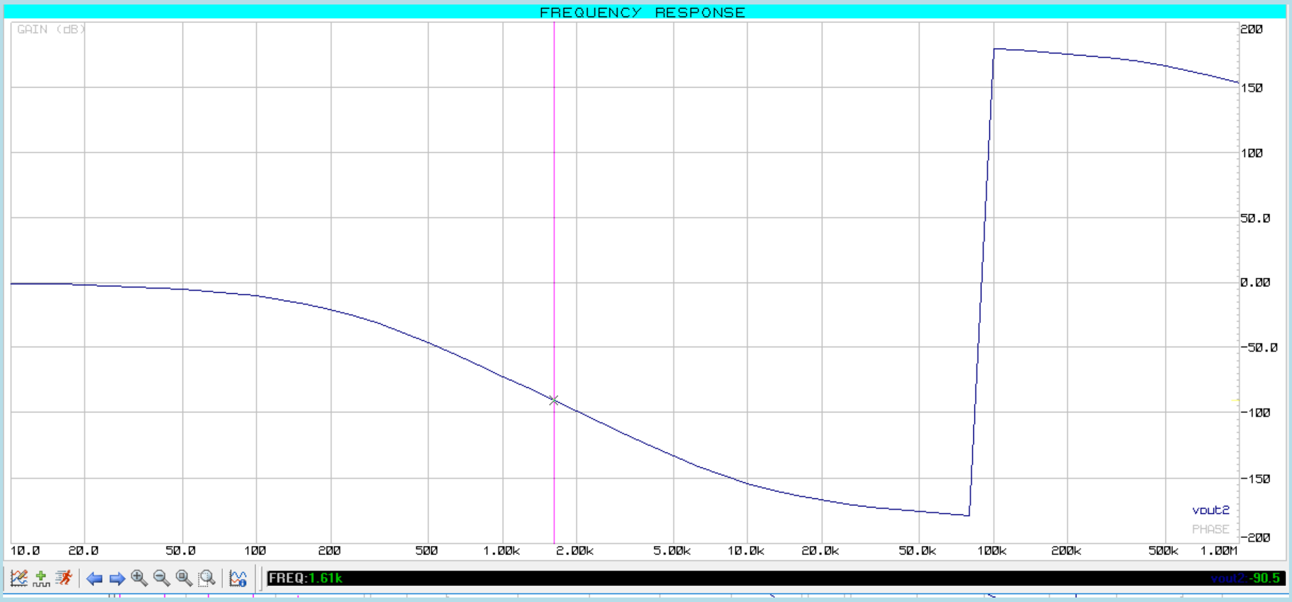
Essendo stata superata la frequenza di taglio il segnale subisce un'attenuazione.



Modulo del guadagno:



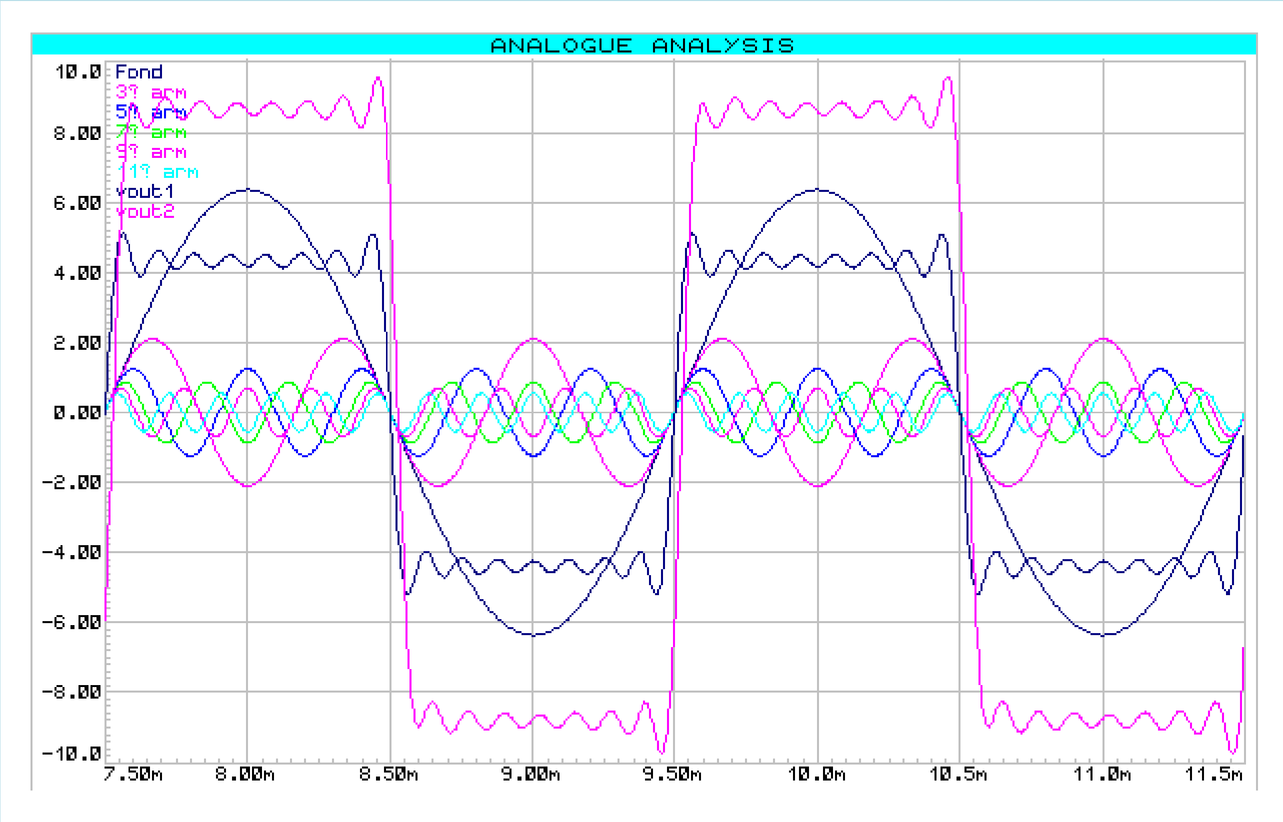
Fase del guadagno:



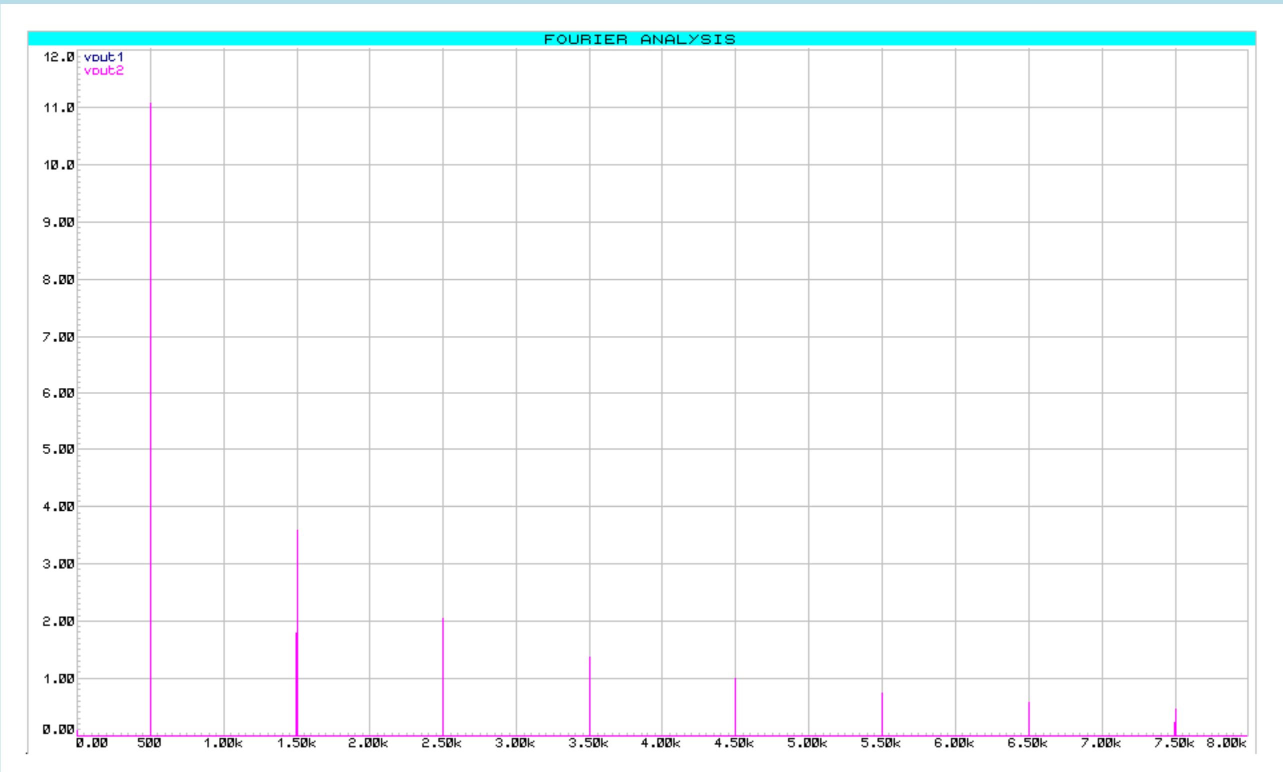
Ft= 1.6 [k Hz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha fase -90° un valore che si avvicina -3db.

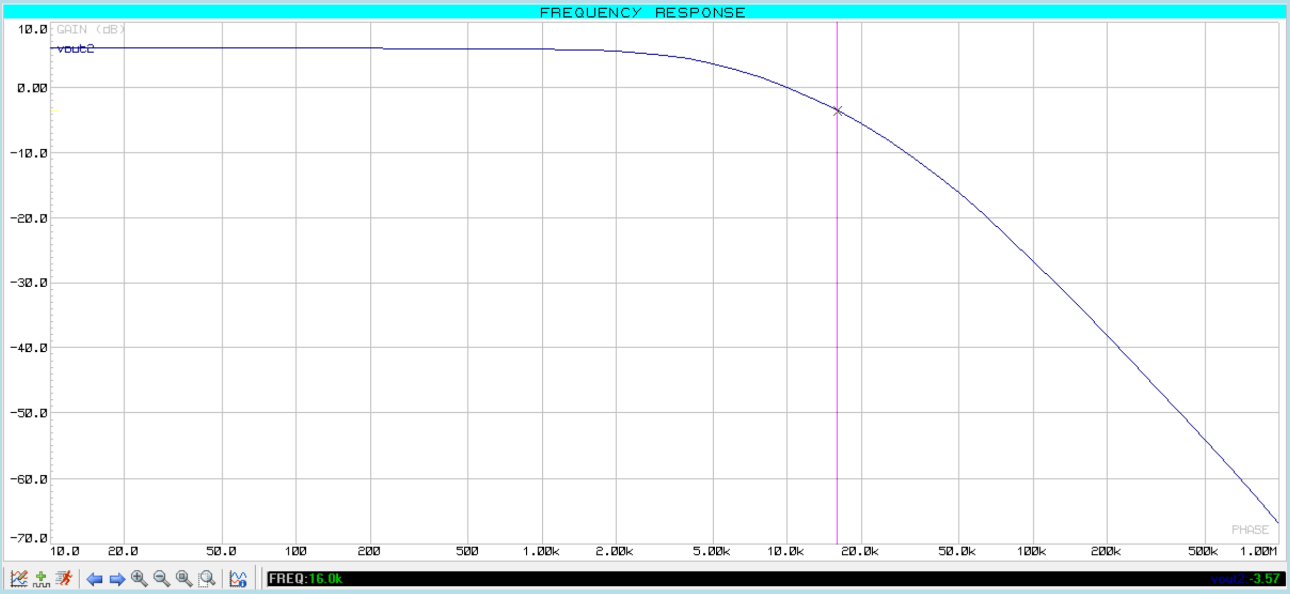
Verifichiamo avvalendoci di Proteus nel caso in cui C3=1[nF]:



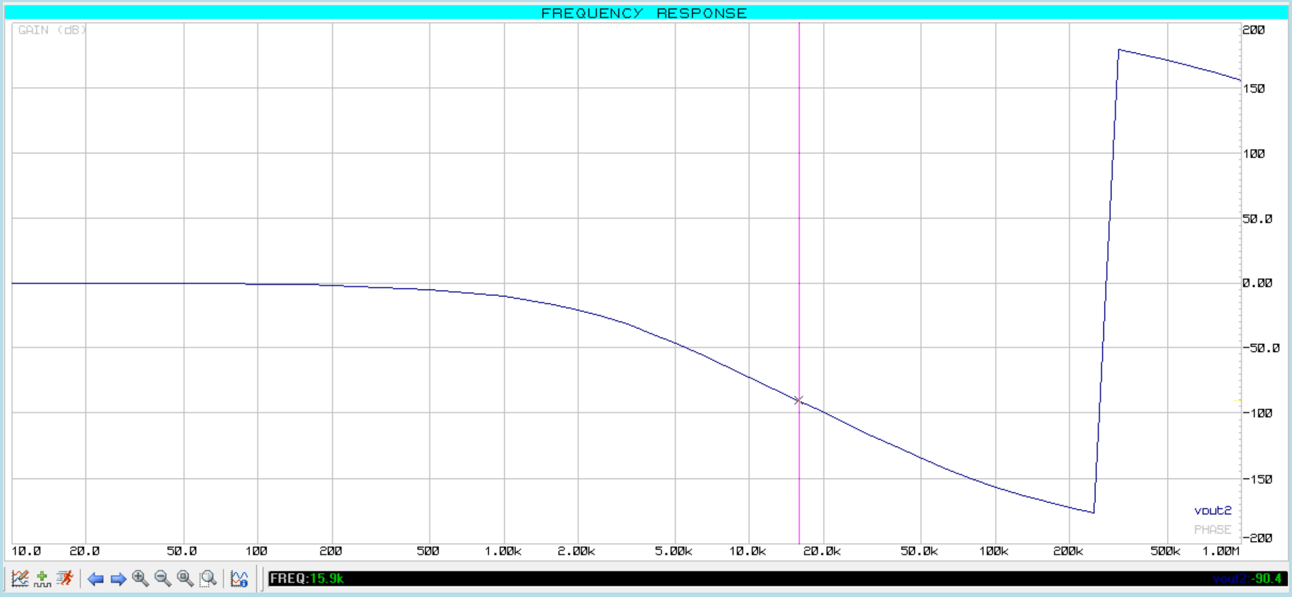
Non essendo stata superata la frequenza di taglio il segnale non subisce un'attenuazione.



Modulo del guadagno:



Fase del guadagno:



Ft= 16 [k Hz]

Quanto affermato in precedenza viene confermato in quanto alla ft il guadagno ha fase -90° un valore che si avvicina -3db.

Edoardo Cavallino 4BEA

Allo scopo di rendere più semplice e veloce il confronto tra i tre casi è qui sono qui riportati tutti i grafici precedentemente analizzati:

Analogue Analisys	Fourier Analysis	Modulo del guadagno	Fase del guadagno