

AVALIAÇÃO II

Filtro LC Passa-alta

Das especificações do projeto, tem-se que $f_p = 21kHz$, $f_s = \frac{f_p}{4} = 5.25kHz$,
 $A_{max} = 0,2dB$ e $A_{min} = 55dB$. 7

Sabe-se que a forma geral da expressão de Butterworth é

$$|T(jw)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 \left(\frac{w}{w_p}\right)^{2n}}}$$

Assim, para encontrar o valor de ε , para $w = w_p$, temos

$$|T(jw)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2}}$$

sendo que

$$|T(jw)| = -A_{max} = -0,2dB$$

Assim,

$$\varepsilon = 0,2171$$

Para encontrar a ordem n necessária para o projeto, foi utilizada a função buttord do matlab e foi encontrado

$$n = 6$$

Dessa forma, foi possível realizar o cálculo dos componentes da rede válidos para $R = 1\Omega$ e $w_p = 1rad/s$ através das expressões:

$$C_k = 2\varepsilon^{1/n} \sin\left(\frac{2k-1}{2n}\pi\right) \text{ para } k \text{ ímpar e}$$

$$L_k = 2\varepsilon^{1/n} \sin\left(\frac{2k-1}{2n}\pi\right) \text{ para } k \text{ par.}$$

Os valores encontrados para cada componente foram registrados na Tabela 1.

C1(F)	0,4013
C3(F)	1,4977
C5(F)	1,0964
L2(H)	1,0964
L4(H)	1,4977
L6(H)	0,4013

Tabela 1: valores dos componentes calculados do filtro passa-baixas.

Fazendo a conversão para um passa altas, foi realizada a desnormalização de frequência para o ω_p desejado, onde $\omega_{p_{desejado}} = \omega_p$ e $\omega_{p_{desejado}} = 2\pi 21.10^3$ e de impedância, sendo $R_{desejado} = b.R$ e $R_{desejado} = 750\Omega$.

Do escalonamento de impedância temos que:

$$C_{ke} = C_k/b \quad e$$

$$L_{ke} = L_k \cdot b$$

Assim, realizando a desnormalização, temos:

$$L_{kd} = \frac{1}{C_{ke} \cdot a} \text{ para } k \text{ ímpares e}$$

$$C_{kd} = \frac{1}{L_{ke} \cdot a}$$

Os resultados da desnormalização dos componentes estão registrados na Tabela 2.

L1d(H)	0,0142
L3d(H)	0,0038
L5d(H)	0,0052
C2d(nF)	9,2169
C4d(nF)	6,7472
C6d(nF)	0,25181

Tabela 2: valores dos componentes desnormalizados.

O diagrama esquemático do circuito montado no software LtSpice com os valores dos componentes desnormalizados encontrados anteriormente pode ser visto na Figura 1.

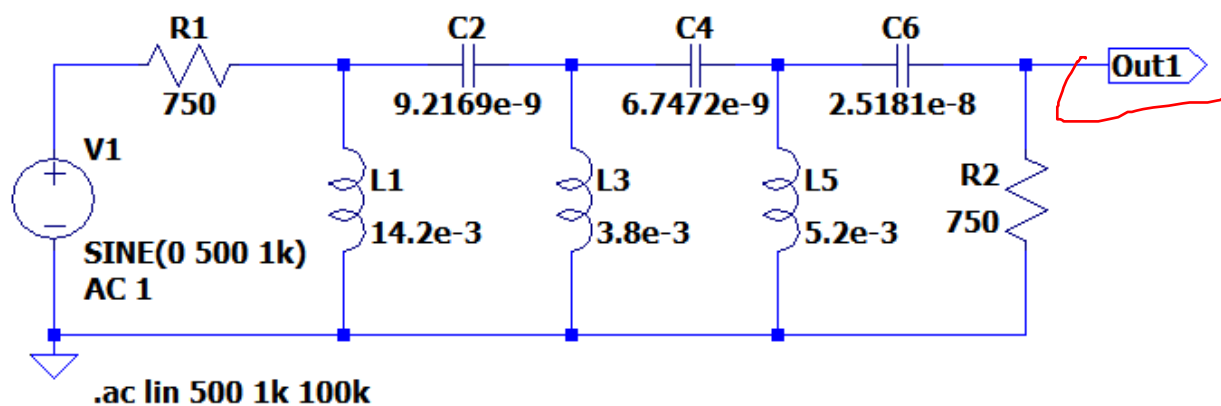


Figura 1: Diagrama esquemático do filtro LC passa-alta.

Conversão do filtro LC passa-alta no filtro RC-ativo equivalente

Para converter o filtro passa-alta LC num filtro RC-ativo equivalente através do Conversor Generalizado de Impedância (GIC) de Antoniou, dado que foi especificado que os resistores do GIC devem ser da ordem de kΩ ou superiores, adotou-se, para os três indutores:

$$Z_{11} = Z_{21} = Z_{31} = R = 10k\Omega$$

e

$$C_k = 10pF$$

Assim, temos que

$$R_{Lk} = \frac{L_{kd}}{R \cdot C_1}$$

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos de RL para cada indutor.

RL1(kΩ)	141,64
RL3(kΩ)	37,953
RL5(kΩ)	51,845

Tabela 3: valores dos componentes desnormalizados.

O diagrama esquemático do filtro RC-ativo equivalente ao filtro LC passa-alta projetado anteriormente, simulado no software LtSpice, encontra-se na Figura 2.

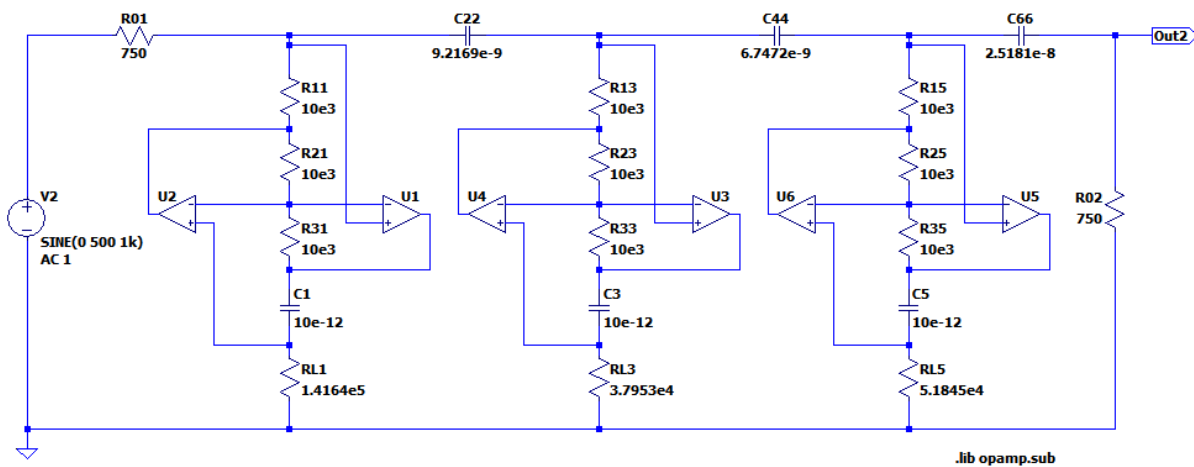


Figura 2: Diagrama esquemático do filtro RC-ativo equivalente.

Simulações dos filtros LC passa-alta e do RC-ativo equivalente no LTspice

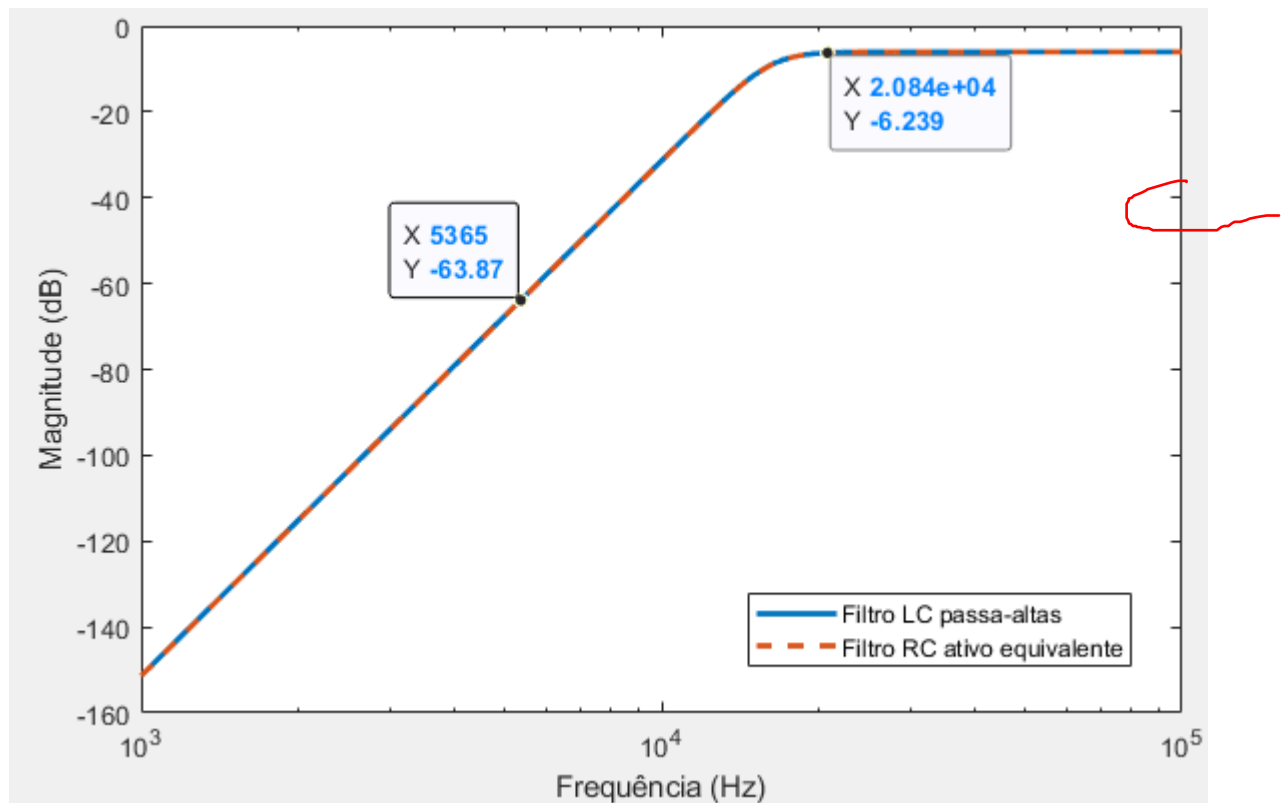


Figura 3: Diagrama de Bode de magnitude dos filtros LC passa-altas e do RC-ativo equivalente simulados no software LTspice

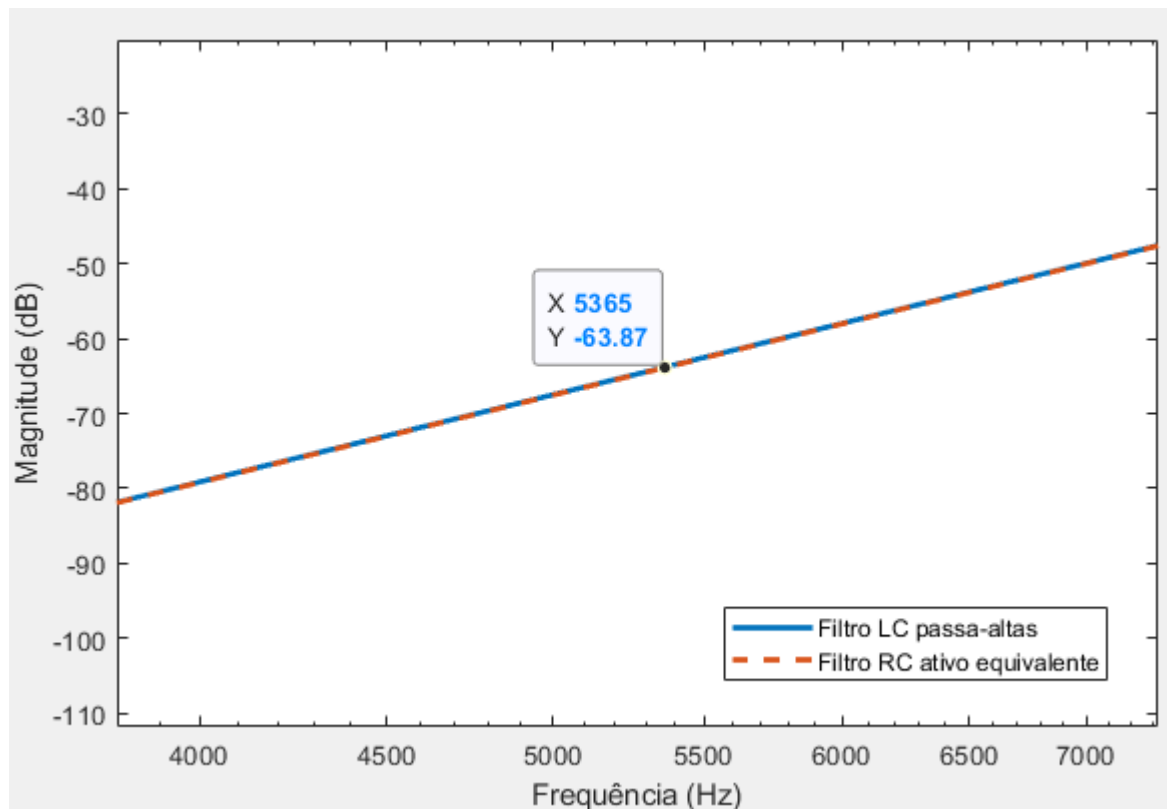


Figura 4: Diagrama de Bode de magnitude dos filtros LC passa-altas e do RC-ativo equivalente simulados no software LTspice com ênfase na Banda de Rejeição

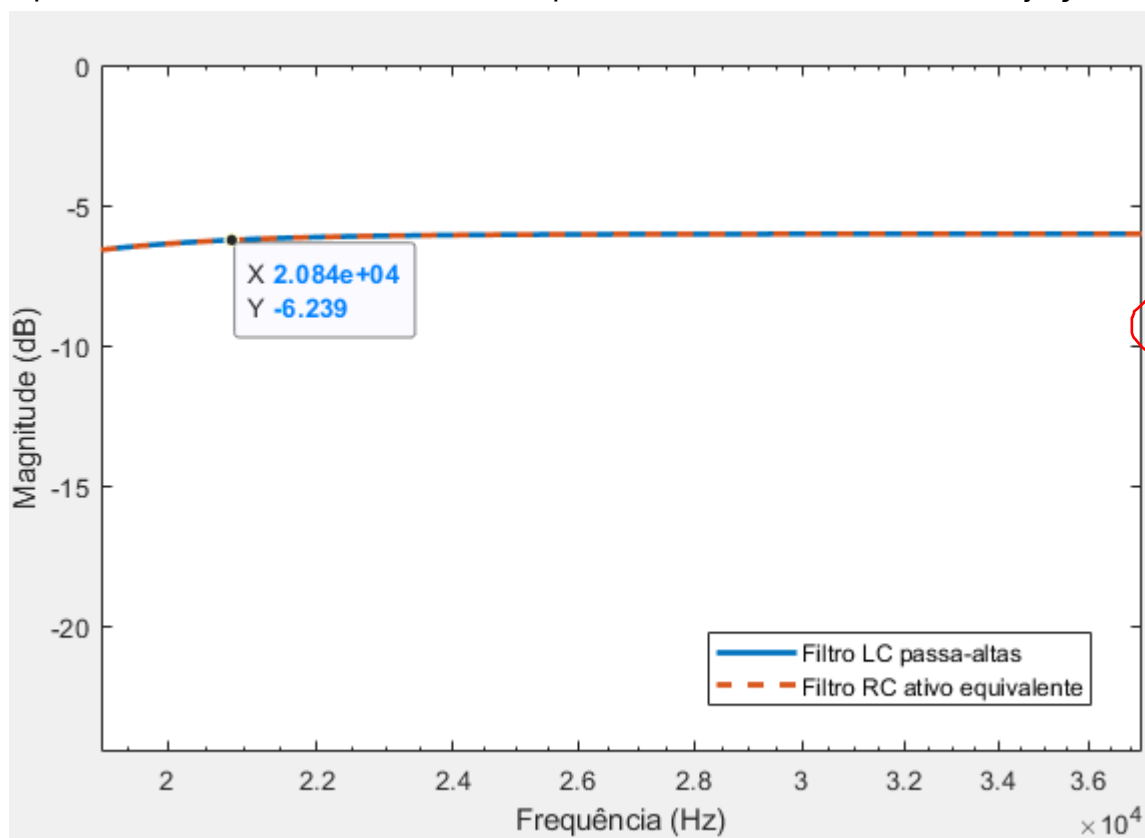


Figura 5: Diagrama de Bode de magnitude dos filtros LC passa-altas e do RC-ativo equivalente simulados no software LTspice com ênfase na Banda de Passagem

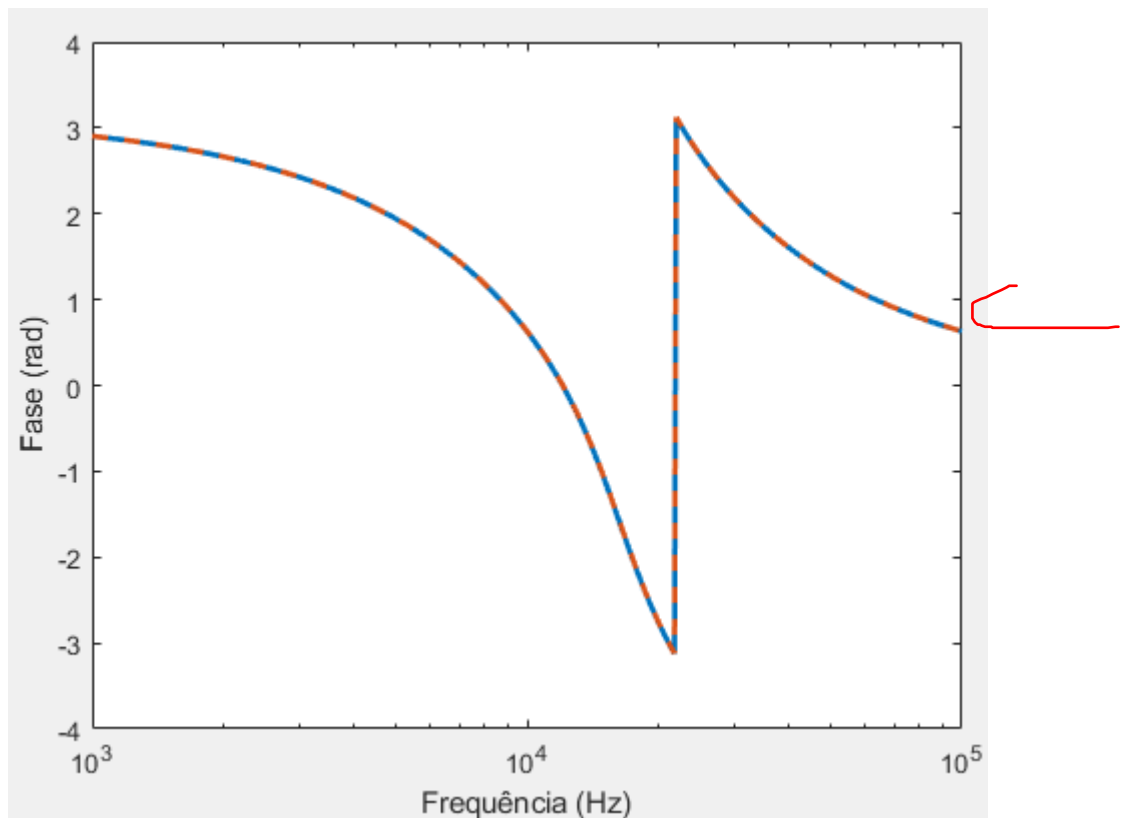


Figura 6: Respostas de fase dos filtros LC passa-altas e do RC-ativo equivalente simulados no software LTspice

	Frequência (Hz)	Atenuação (dB)	
		Filtro LC	Filtro ativo
Banda de passagem	21k	0,2185	0,2188
Banda de Rejeição	5,25k	58,9194	58,9794

Tabela 4: Comparação com especificações do gabarito