

Defino 3 filtros pasa banda, uno para cada frecuencia. Los valores $n1$, $n2$, $n3$ indican la cantidad de cada uno de los filtros que habra que usar. W_i y Q_i indican la frecuencia central y el ancho de banda de cada filtro respectivamente.

$$n1 := 2$$

$$n2 := 2$$

$$n3 := 2$$

$$h1 := 1$$

$$h2 := 1$$

$$h3 := 1$$

$$W1 := 2\pi 360$$

$$W2 := 2\pi 560$$

$$W3 := 2\pi 800$$

$$Q1 := 1$$

$$Q2 := 1.5$$

$$Q3 := 2$$

$$H1(s) := \left(\frac{h1 \cdot \frac{s \cdot W1}{Q1}}{s^2 + \frac{s \cdot W1}{Q1} + W1^2} \right)^{n1} \quad H2(s) := \left(\frac{h2 \cdot \frac{s \cdot W2}{Q2}}{s^2 + \frac{s \cdot W2}{Q2} + W2^2} \right)^{n2} \quad H3(s) := \left(\frac{h3 \cdot \frac{s \cdot W3}{Q3}}{s^2 + \frac{s \cdot W3}{Q3} + W3^2} \right)^{n3}$$

Evaluamos las especificaciones que pide el enunciado. Segun el enunciado, la amplitud de salida del filtro m-esimo, debe ser mayor o igual a 0.095V cuando se recibe el simbolo i-esimo; y debe ser menor o igual a 0.05V cuando no se recibe el simbolo m-esimo. Esto se traduce en que el modulo de la transferencia debe ser mayor o igual a 0.95 en el caso de la frecuencia deseada, y menor o igual a 0.5 en el resto de los casos.

$$w1 := 2\pi 400$$

$$w2 := 2\pi 600$$

$$w3 := 2\pi 800$$

$$|H1(i \cdot w1)| = 0.957$$

$$|H2(i \cdot w1)| = 0.486$$

$$|H3(i \cdot w1)| = 0.1$$

$$|H1(i \cdot w2)| = 0.468$$

$$|H2(i \cdot w2)| = 0.959$$

$$|H3(i \cdot w2)| = 0.424$$

$$|H1(i \cdot w3)| = 0.242$$

$$|H2(i \cdot w3)| = 0.456$$

$$|H3(i \cdot w3)| = 1$$

Tiempos

$$10 \frac{Q1}{W1} = 4.421 \times 10^{-3}$$

$$10 \frac{Q2}{W2} = 4.263 \times 10^{-3}$$

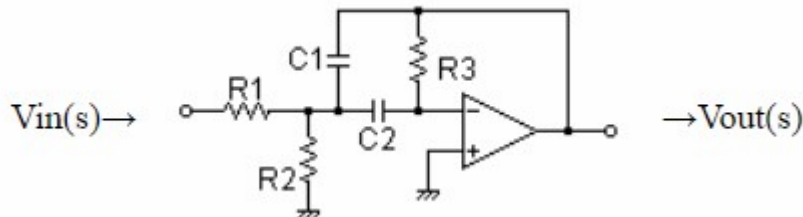
$$10 \frac{Q3}{W3} = 3.979 \times 10^{-3}$$

$$10 \frac{Q1}{W1} < 5 \cdot 10^{-3} = 1$$

$$10 \frac{Q2}{W2} < 5 \cdot 10^{-3} = 1$$

$$10 \frac{Q3}{W3} < 5 \cdot 10^{-3} = 1$$

Busco relacion entre h , Q , W y componentes reales, sabiendo que elijo un filtro del tipo infinite gain multi feedback band pass filter.



$$H1n(s, R11, R21, R31, C11, C21) := \left[\frac{\frac{-1}{R11 \cdot C11} s}{s^2 + s \cdot \left(\frac{1}{R31 \cdot C21} + \frac{1}{R31 \cdot C11} \right) + \frac{1}{R31 \cdot C11 \cdot C21} \cdot \left(\frac{1}{R11} + \frac{1}{R21} \right)} \right]^{n1}$$

$$H2n(s, R12, R22, R32, C12, C22) := \left[\frac{\frac{-1}{R12 \cdot C12} s}{s^2 + s \cdot \left(\frac{1}{R32 \cdot C22} + \frac{1}{R32 \cdot C12} \right) + \frac{1}{R32 \cdot C12 \cdot C22} \cdot \left(\frac{1}{R12} + \frac{1}{R22} \right)} \right]^{n2}$$

$$H3n(s, R13, R23, R33, C13, C23) := \left[\frac{\frac{-1}{R13 \cdot C13} s}{s^2 + s \cdot \left(\frac{1}{R33 \cdot C23} + \frac{1}{R33 \cdot C13} \right) + \frac{1}{R33 \cdot C13 \cdot C23} \cdot \left(\frac{1}{R13} + \frac{1}{R23} \right)} \right]^{n3}$$

Busco valores aproximados

Filtro 1:

$$C11 := 10^{-9}$$

$$C21 := 10^{-9}$$

Given

$$h1 = \frac{1}{R11 \cdot C11} \cdot \frac{Q1}{W1} \quad \frac{W1}{Q1} = \left(\frac{1}{R31 \cdot C21} + \frac{1}{R31 \cdot C11} \right) \quad W1^2 = \frac{1}{R31 \cdot C11 \cdot C21} \cdot \left(\frac{1}{R11} + \frac{1}{R21} \right)$$

$$\text{Find}(R11, R21, R31) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{12500000}{9 \cdot \pi} \\ \frac{12500000}{9 \cdot \pi} \\ \frac{25000000}{9 \cdot \pi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.421 \times 10^5 \\ 4.421 \times 10^5 \\ 8.842 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

Filtro 2:

$$C12 := 10^{-9}$$

$$C22 := 10^{-9}$$

Given

$$h2 = \frac{1}{R12 \cdot C12} \cdot \frac{Q2}{W2} \quad \frac{W2}{Q2} = \left(\frac{1}{R32 \cdot C22} + \frac{1}{R32 \cdot C12} \right) \quad W2^2 = \frac{1}{R32 \cdot C12 \cdot C22} \cdot \left(\frac{1}{R12} + \frac{1}{R22} \right)$$

$$\text{Find}(R12, R22, R32) \rightarrow \begin{pmatrix} 426307.88328186250652 \\ 121802.25236624643044 \\ 852615.76656372501304 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.263 \times 10^5 \\ 1.218 \times 10^5 \\ 8.526 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

Filtro 3:

$$C13 := 10^{-9}$$

$$C23 := 10^{-9}$$

Given

$$h3 = \frac{1}{R13 \cdot C13} \cdot \frac{Q3}{W3} \quad \frac{W3}{Q3} = \left(\frac{1}{R33 \cdot C23} + \frac{1}{R33 \cdot C13} \right) \quad W3^2 = \frac{1}{R33 \cdot C13 \cdot C23} \cdot \left(\frac{1}{R13} + \frac{1}{R23} \right)$$

$$\text{Find}(R13, R23, R33) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1250000}{\pi} \\ \frac{1250000}{7 \cdot \pi} \\ \frac{2500000}{\pi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.979 \times 10^5 \\ 5.684 \times 10^4 \\ 7.958 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

Busco valores reales para los componentes, considerando que:

4k7 <= resistencias <= 2M2 -> E96 -> 1%
 1n <= capacitores <= 470m -> E12 -> 5%

Filtro 1

$$R11 := 442 \cdot 10^3$$

$$R21 := 442 \cdot 10^3$$

$$R31 := 887 \cdot 10^3$$

$$4.7 \cdot 10^3 < R11 < 2.2 \cdot 10^6 = 1 \quad 4.7 \cdot 10^3 < R21 < 2.2 \cdot 10^6 = 1 \quad 4.7 \cdot 10^3 < R31 < 2.2 \cdot 10^6 = 1$$

$$|H1n(i \cdot w1, R11, R21, R31, C11, C21)| = 0.963 \quad |H1n(i \cdot w1, R11, R21, R31, C11, C21)| \geq 0.95 = 1$$

$$|H1n(i \cdot w2, R11, R21, R31, C11, C21)| = 0.469 \quad |H1n(i \cdot w2, R11, R21, R31, C11, C21)| \leq 0.5 = 1$$

$$|H1n(i \cdot w3, R11, R21, R31, C11, C21)| = 0.242 \quad |H1n(i \cdot w3, R11, R21, R31, C11, C21)| \leq 0.5 = 1$$

Tiempos

$$10 \left(\frac{1}{R31 \cdot C21} + \frac{1}{R31 \cdot C11} \right)^{-1} = 4.435 \times 10^{-3} \quad 10 \left(\frac{1}{R31 \cdot C21} + \frac{1}{R31 \cdot C11} \right)^{-1} < 5 \cdot 10^{-3} = 1$$

Filtro 2

$$R12 := 422 \cdot 10^3$$

$$R22 := 121 \cdot 10^3$$

$$R32 := 845 \cdot 10^3$$

$$4.7 \cdot 10^3 < R12 < 2.2 \cdot 10^6 = 1 \quad 4.7 \cdot 10^3 < R22 < 2.2 \cdot 10^6 = 1 \quad 4.7 \cdot 10^3 < R32 < 2.2 \cdot 10^6 = 1$$

$$|H2n(i \cdot w1, R12, R22, R32, C12, C22)| = 0.475 \quad |H2n(i \cdot w1, R12, R22, R32, C12, C22)| \leq 0.5 = 1$$

$$|H2n(i \cdot w2, R12, R22, R32, C12, C22)| = 0.97 \quad |H2n(i \cdot w2, R12, R22, R32, C12, C22)| \geq 0.95 = 1$$

$$|H2n(i \cdot w3, R12, R22, R32, C12, C22)| = 0.469 \quad |H2n(i \cdot w3, R12, R22, R32, C12, C22)| \leq 0.5 = 1$$

Tiempos

$$10 \left(\frac{1}{R32 \cdot C22} + \frac{1}{R32 \cdot C12} \right)^{-1} = 4.225 \times 10^{-3} \quad 10 \left(\frac{1}{R32 \cdot C22} + \frac{1}{R32 \cdot C12} \right)^{-1} < 5 \cdot 10^{-3} = 1$$

Filtro 3

$$R13 := 392 \cdot 10^3$$

$$R23 := 56.2 \cdot 10^3$$

$$R33 := 806 \cdot 10^3$$

$$4.7 \cdot 10^3 < R13 < 2.2 \cdot 10^6 = 1 \quad 4.7 \cdot 10^3 < R23 < 2.2 \cdot 10^6 = 1 \quad 4.7 \cdot 10^3 < R33 < 2.2 \cdot 10^6 = 1$$

$$|H3n(i \cdot w1, R13, R23, R33, C13, C23)| = 0.104 \quad |H3n(i \cdot w1, R13, R23, R33, C13, C23)| \leq 0.5 = 1$$

$$|H3n(i \cdot w2, R13, R23, R33, C13, C23)| = 0.442 \quad |H3n(i \cdot w2, R13, R23, R33, C13, C23)| \leq 0.5 = 1$$

$$|H3n(i \cdot w3, R13, R23, R33, C13, C23)| = 1.057 \quad |H3n(i \cdot w3, R13, R23, R33, C13, C23)| \geq 0.95 = 1$$

Tiempos

$$10 \left(\frac{1}{R33 \cdot C23} + \frac{1}{R33 \cdot C13} \right)^{-1} = 4.03 \times 10^{-3} \quad 10 \left(\frac{1}{R33 \cdot C23} + \frac{1}{R33 \cdot C13} \right)^{-1} < 5 \cdot 10^{-3} = 1$$

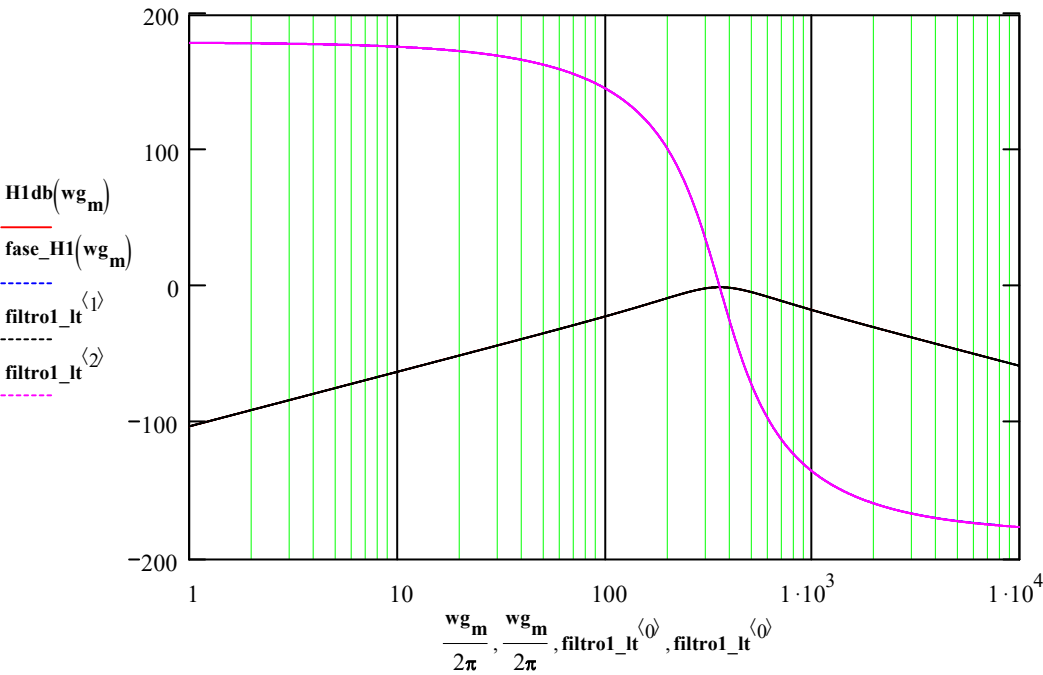
Diagramas

$Mg := 1000$ $m := 0.. Mg$ $wi := 2\pi \cdot 1$ $wf := 2\pi 8000$ $wg_m := wi \cdot \left(\frac{wf}{wi}\right)^{\frac{m}{Mg}}$
Filtro 1

$H1db(w) := 20 \cdot \log(|H1n(i \cdot w, R11, R21, R31, C11, C21)|)$
 $fase_H1(w) := \arg(H1n(i \cdot w, R11, R21, R31, C11, C21)) \cdot \frac{180}{\pi}$

Importo los datos de los gráficos de LTSpice. En todos los casos se conservan 15
decimales pues a partir de ahí, si se siguen agregando decimales, los mismos tienen valor
nulo. filtro1_lt :=

..\filtro1v2.tx

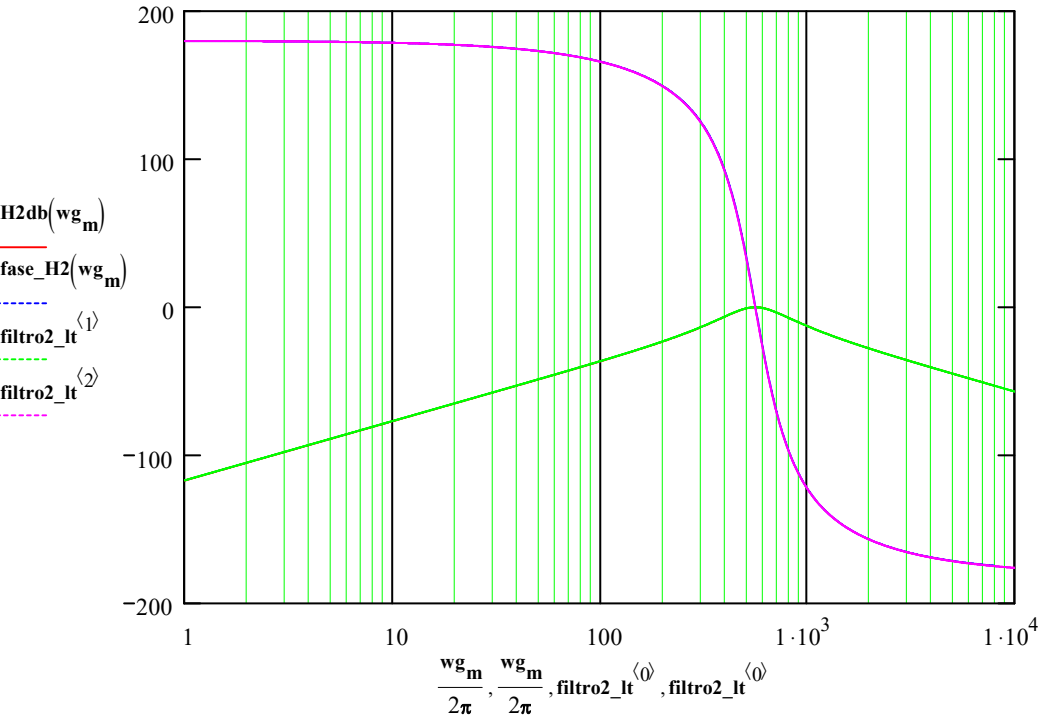


Filtro 2

$$H2db(w) := 20 \cdot \log(|H2n(i \cdot w, R12, R22, R32, C12, C22)|)$$
$$fase_H2(w) := \arg(H2n(i \cdot w, R12, R22, R32, C12, C22)) \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$filtro2_lt := \dots$$

[..\filtro2v2.tx](#)

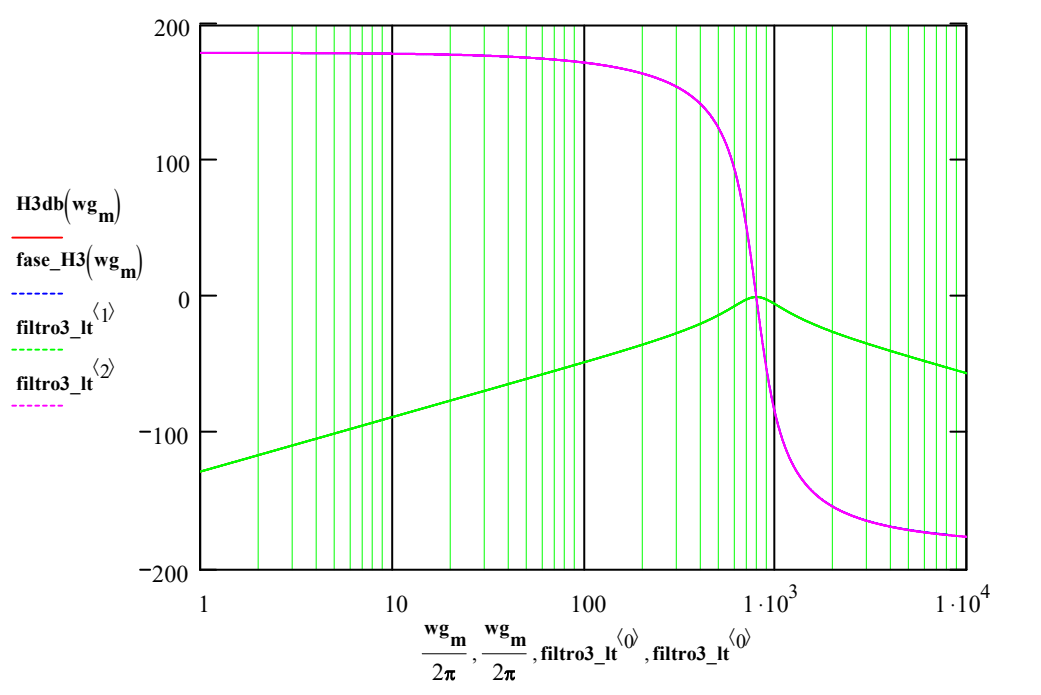


Filtro 3

$$H3db(w) := 20 \cdot \log(|H3n(i \cdot w, R13, R23, R33, C13, C23)|)$$
$$fase_H3(w) := \arg(H3n(i \cdot w, R13, R23, R33, C13, C23)) \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$filtro3_lt := \dots$$

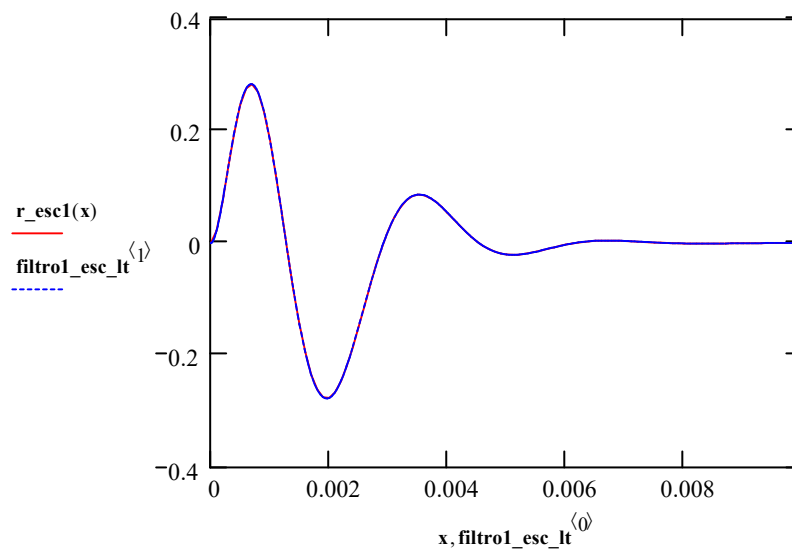
[..\filtro3v2.tx](#)



$$\mathbf{x} := 0, 10^{-4} \dots 10 \cdot 10^{-3} \qquad \mathbf{wsen} := 2 \cdot \pi \cdot 440$$
$$\mathbf{H1n(s)} := \mathbf{H1n(s, R11, R21, R31, C11, C21)}$$

```
filtro1_esc_lt :=
    ..\filtro1_esc_v2.tx
```

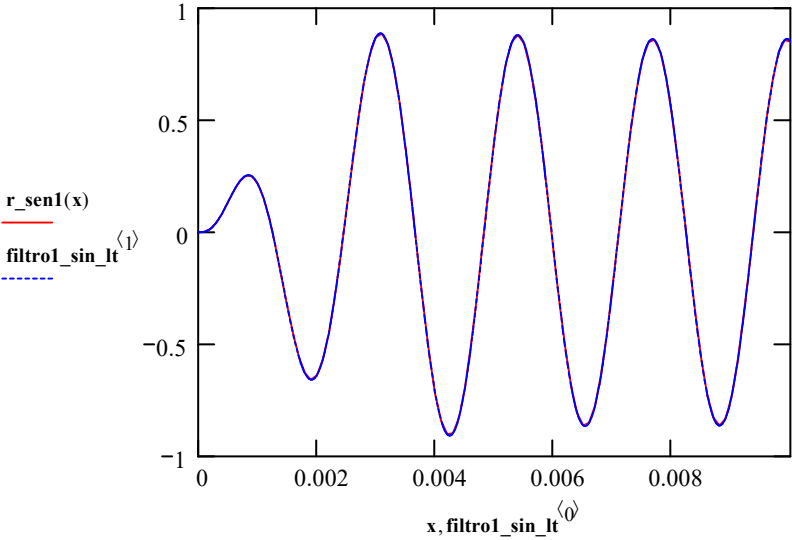
$$\mathbf{r_esc1(t)} := \frac{1}{s} \mathbf{H1n(s)} \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{-887}{261402336} \cdot \exp\left(\frac{-1000000}{887} \cdot t\right) \cdot 12866820226^{\frac{1}{2}} \cdot \sin\left(\frac{3000000}{173875949} \cdot 12\right)$$



Seno

```
filtro1_sin_lt :=  
    ..\filtro1_sin_v2.tx
```

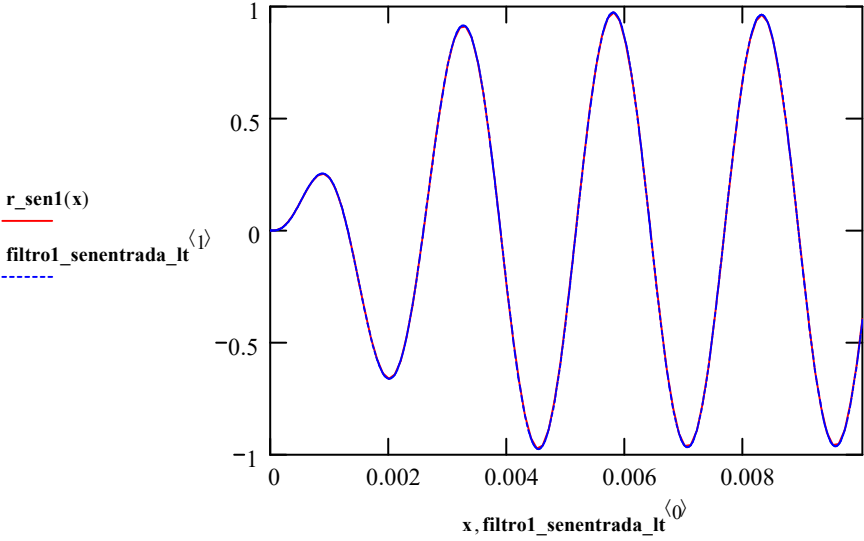
$$r_sen1(t) := \frac{wsen}{s^2 + wsen^2} H1n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{2200000000000000}{48841} \cdot \pi \cdot \left[\frac{-609327}{256 \cdot (2441406250000000 - 371)} \right]$$



Senal de entrada

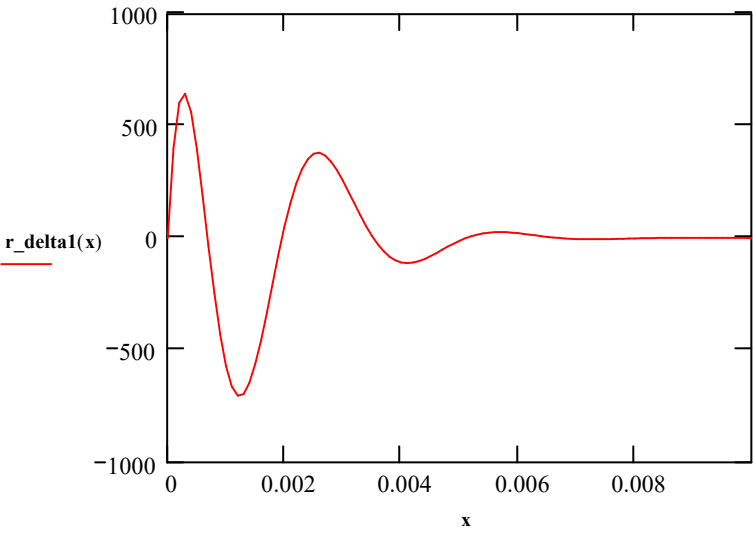
```
filtro1_senentrada_lt :=  
    ..\filtro1_senentrada_v2.tx
```

$$r_sen1(t) := \frac{w1}{s^2 + w1^2} H1n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{2000000000000000}{48841} \cdot \pi \cdot \left[\frac{-1664715235}{102400 \cdot (2441406250000 - 307328)} \right]$$



Delta

$$r_delta1(t) := H1n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{27718750}{1805309883} \cdot \exp\left(\frac{-1000000}{887} \cdot t\right) \cdot 12866820226^{\frac{1}{2}} \cdot \sin\left(\frac{3000000}{173875949} \cdot t\right) \cdot 1$$



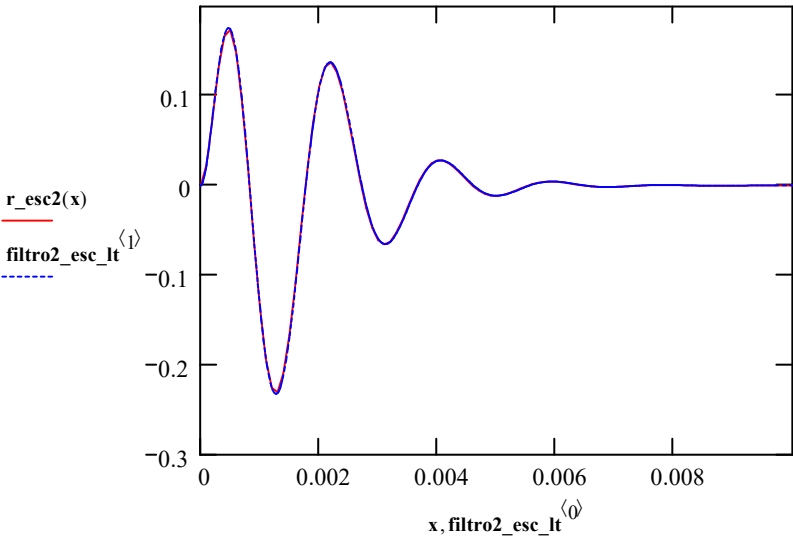
Filtro 2

$$H2n(s) := H2n(s, R12, R22, R32, C12, C22)$$

Escalon

$$filtro2_esc_lt := \dots \backslash filtro2_esc_v2.tx$$

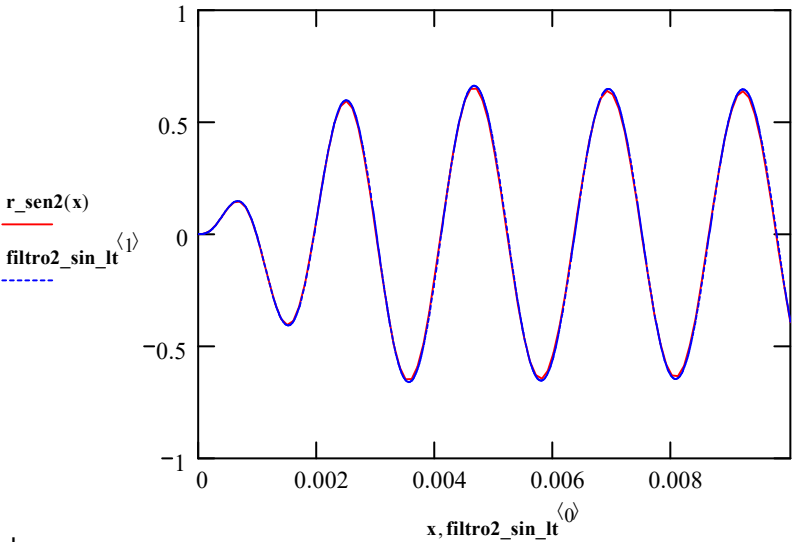
$$r_esc2(t) := \frac{1}{s} H2n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{-950367275}{140339323682476} \cdot \exp\left(\frac{-200000}{169} \cdot t\right) \cdot 172080206^{\frac{1}{2}} \cdot \sin\left(\frac{100000}{392249} \cdot t\right) \cdot 17$$



Seno

filtro2_sin_lt :=
..\filtro2_sin_v2.tx

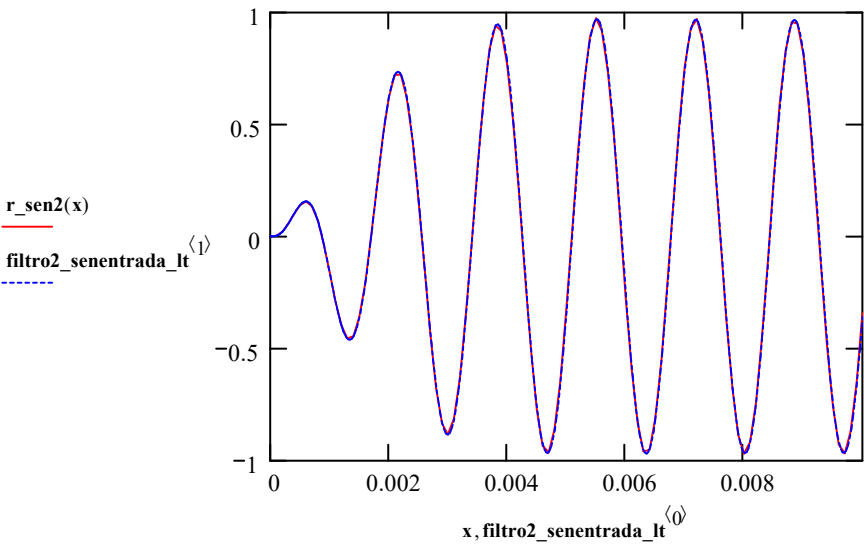
$$r_sen2(t) := \frac{wsen}{s^2 + wsen^2} H2n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{2200000000000000}{44521} \cdot \pi \cdot \left[\frac{110901}{256 \cdot (71984619140625000000 - i)}$$



Senal de entrada

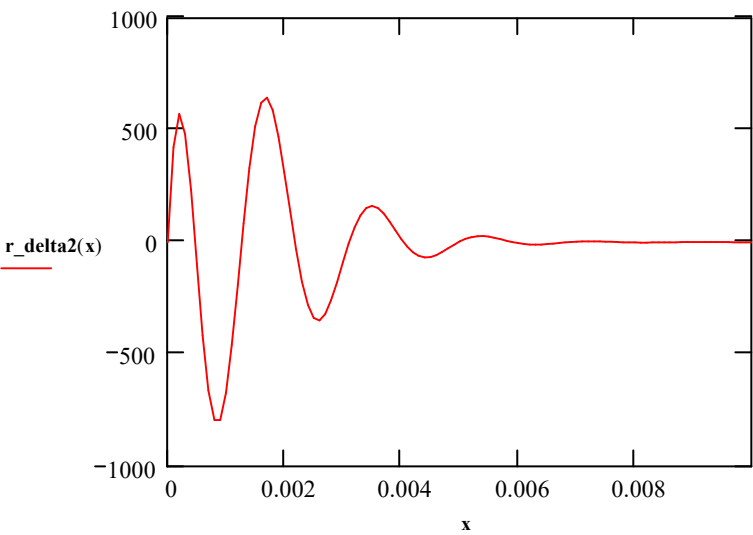
filtro2_senentrada_lt :=
..\filtro2_senentrada_v2.tx

$$r_sen2(t) := \frac{w2}{s^2 + w2^2} H2n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{3000000000000000}{44521} \cdot \pi \cdot \left[\frac{-2050838i}{32000 \cdot (1279726562500000 - 227)}$$



Delta

$$r_delta2(t) := H2n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow \frac{533108915625000}{7402899324250609} \cdot \exp\left(\frac{-200000}{169} \cdot t\right) \cdot 172080206^{\frac{1}{2}} \cdot \sin\left(\frac{100000}{392249} \cdot t\right)$$



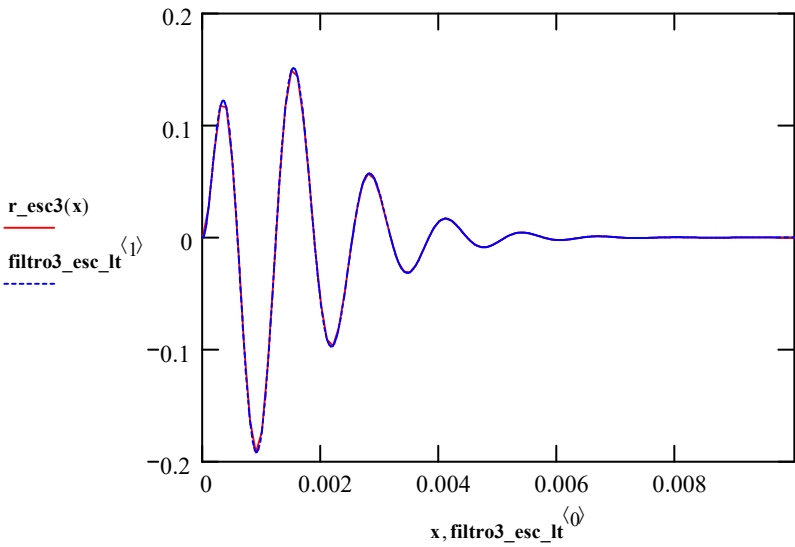
Filtro 3

$$H3n(s) := H3n(s, R13, R23, R33, C13, C23)$$

Escalon

$$filtro3_esc_lt := \dots \backslash filtro3_esc_v2.tx$$

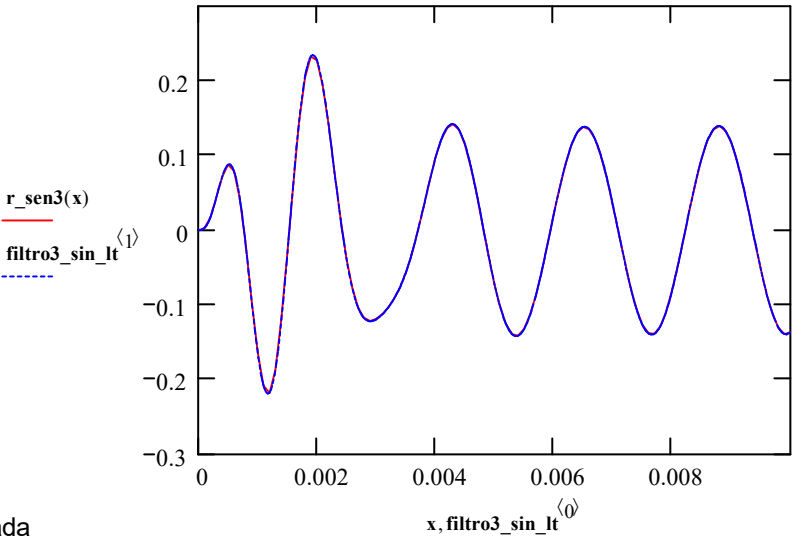
$$r_esc3(t) := \frac{1}{s} H3n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow -3.4984982222494606709 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-1240.6947890818858561 \cdot t) \cdot$$



Seno

```
filtro3_sin_lt :=  
    ..\filtro3_sin_v2.tx
```

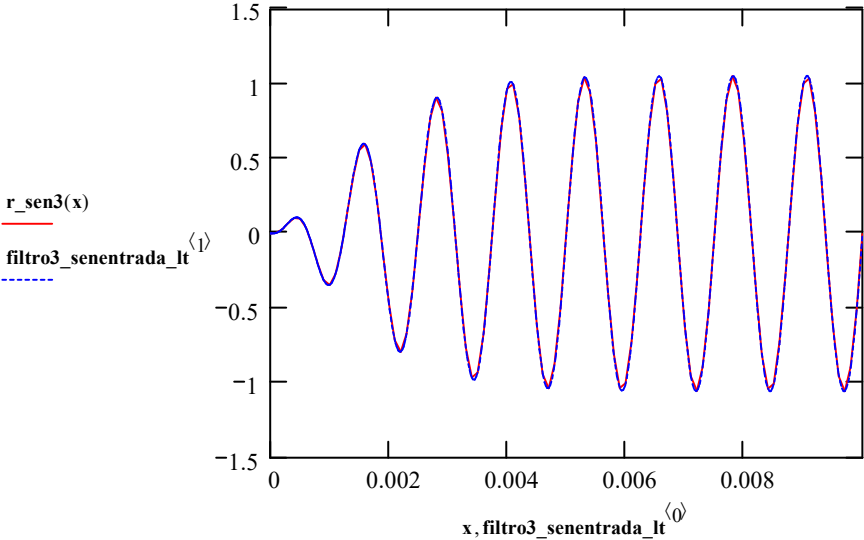
$$r_sen3(t) := \frac{wsen}{s^2 + wsen^2} H3n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow 9.4353792754856179319 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(2764.6015351590180$$



Señal de entrada

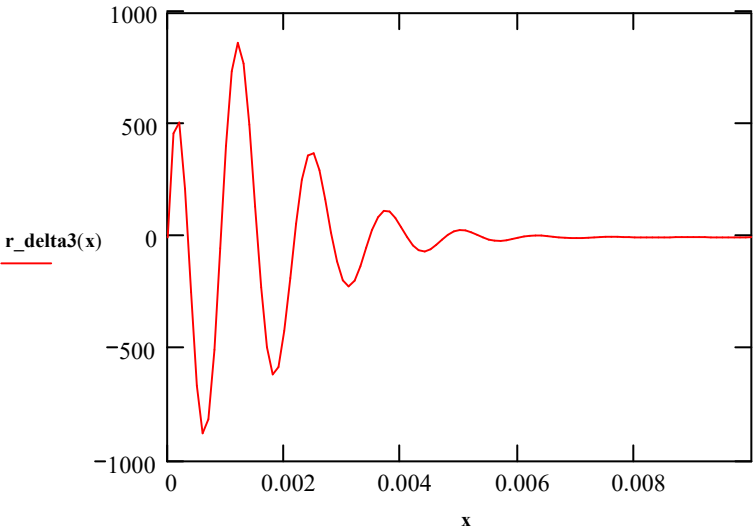
```
filtro3_senentrada_lt :=  
    ..\filtro3_senentrada_v2.tx
```

$$r_sen3(t) := \frac{w3}{s^2 + w3^2} H3n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow 1.0568974169925991577 \cdot \sin(5026.5482457436691816 \cdot t) -$$



Delta

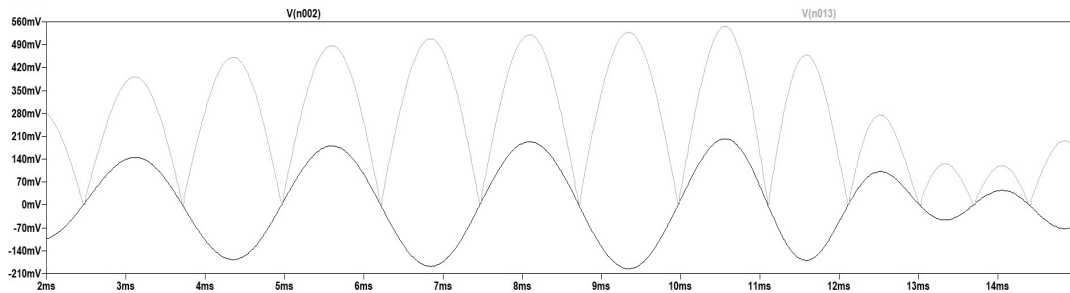
$r_delta3(t) := H3n(s) \text{ invlaplace, } s \rightarrow 711.75598410024705529 \cdot \exp(-1240.6947890818858561 \cdot t) \cdot \sin(48t)$



Parte 2

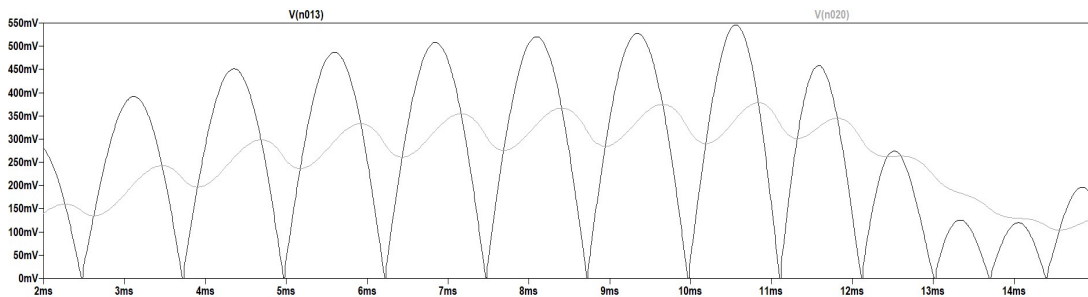
En todos los gráficos presentados, la señal de entrada al bloque en estudio se muestra en color negro, mientras que la de salida se muestra en color gris.

Rectificador de precisión



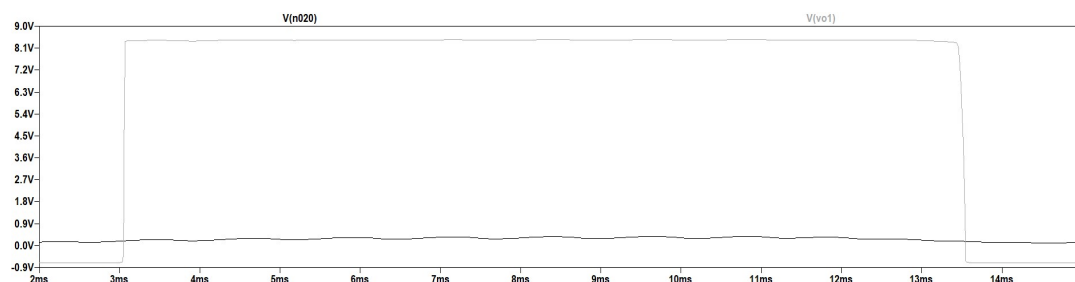
El circuito empleado tiene una forma similar a un puente de diodos, pero se diferencia de este último en que se hace uso de amplificadores operacionales. Esto es necesario ya que el tradicional puente de diodos no sería adecuado para el caso que se presenta, debido a que la señal original es de 0.1V, y los diodos tienen una caída de tensión de 0.4V cada uno, lo que ocasiona un total de una caída de 1.4V.

Detector de envolvente



El capacitor de este bloque almacena carga cuando la señal de entrada crece, mientras que cuando la señal decrece, el capacitor pierde carga a través de la resistencia.

Discriminador



Esta última etapa genera una señal en DC, que es el fin último de todo este receptor.

Rectificador de media onda vs de onda completa

En el rectificador de media onda, al trabajar solamente con el semiciclo positivo, se produce una salida con mayor ripple, lo que hace que la rectificación no sea tan buena como se puede lograr con un rectificador de onda completa.

Rebotes

En la última etapa hay un amplificador operacional sin realimentación. El mismo sirve como comparador de tensiones. Si se conecta una de las entradas al amplificador a una tensión de referencia (en este caso 0.1768V, que sale del divisor de tensión de la fuente de 10V y las resistencias de 180 y 10k Ohm respectivamente), en cuanto la tensión de la otra entrada sea similar, el amplificador estará saturado, dando como salida un 1 digital.

Conclusiones

El presente Trabajo práctico sirvió para comprender desde un enfoque práctico la importancia de los diagramas de Bode, viendo cómo se piensan los circuitos en la realidad, cuando hay que pensar un circuito para resolver un problema concreto. Resulta ser de mucha importancia en una materia enfocada en el análisis de circuitos, ya que completa un aprendizaje que de otra forma quedaría inconcluso.

Queda clara la forma de trabajar primero en un plano teórico, pensando de una forma más genérica buscando la transferencia correcta para cada caso presentado, para luego poder pensar en el diseño de un circuito real a partir de esa transferencia. Se ve cómo primero se obtienen unos valores para los componentes, pero también cómo se trabaja trasladando eso a la práctica, donde no se consiguen componentes con los valores que se obtienen de los cálculos matemáticos precisos, y donde cada componente presenta cierto porcentaje de error inherente.