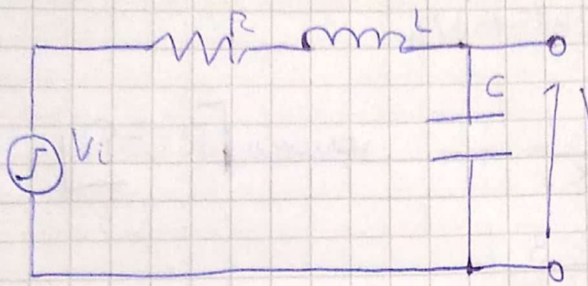
Plis, Iván

Filtro RLC tipo Butterworth pasa-bajos de 2° Orden (Serie)



Un circuito RLC serie resulta apropiado para la construcción del filtro pasivo solicitado. Al ser de 2do orden pasabajos, tendrá una caída de -40dB/dec.

Se toma la salida en el capacitor ya que en este cuando la frecuencia es muy grande (infinito) este resulta un cortocircuito ($H(S)=0$) mientras que cuando la frecuencia es chica (cero) se comporta como un circuito abierto ($H(S)=1$)

Procedo a deducir su función transferencia

$$H(S) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{i\,(1/jwC)}{i\left(R + jwL + \frac{1}{jwC}\right)} \qquad S = jW$$

$$= \frac{1}{sC\left(R + sL + \frac{1}{sC}\right)} = \frac{1}{sCR + s^2LC + 1}$$

$$\boxed{H(S) = \frac{1}{s^2LC + sCR + 1}}$$ ← Funcion transferencia para un filtro pasa-bajos de 2do Orden.

y tomando $W_o^2 = \frac{1}{LC}$ y $CR = \frac{1}{W_o Q}$

$$H(S) = \frac{1}{\left(\frac{S}{W_o}\right)^2 + \frac{1}{Q}\left(\frac{S}{W_o}\right) + 1} \Rightarrow \boxed{H(S) = \frac{W_o^2}{S^2 + S\frac{W_o}{Q} + W_o^2}}$$

Para construir un filtro Butterworth tomo un $Q = 0{,}707$ donde $W_o \approx W_c$ (-3dB). La Fc pedida es $F_c = 300\,Hz$.

Con estas consideraciones, procedo a calcular R, L y C con un grado de libertad.

$W_c = 2\pi f_c = 2\pi\, 300\,Hz$

$Q = 0{,}707$

$W_c = 1885\, rad/s$

$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

$Q = \frac{W_0 L}{R}$

asumo $\boxed{R = 5\Omega}$

$(QR)^2 = \frac{L}{C}$

$Q = \frac{1885 \cdot L}{5\Omega}$

$C = \frac{L}{(QR)^2}$

$L = \frac{0{,}707 \cdot 5\Omega}{1885\, rad/s}$

$C = \frac{1{,}88\,mH}{(0{,}707 \cdot 5\Omega)^2}$

$\boxed{L = 1{,}88\,mH}$

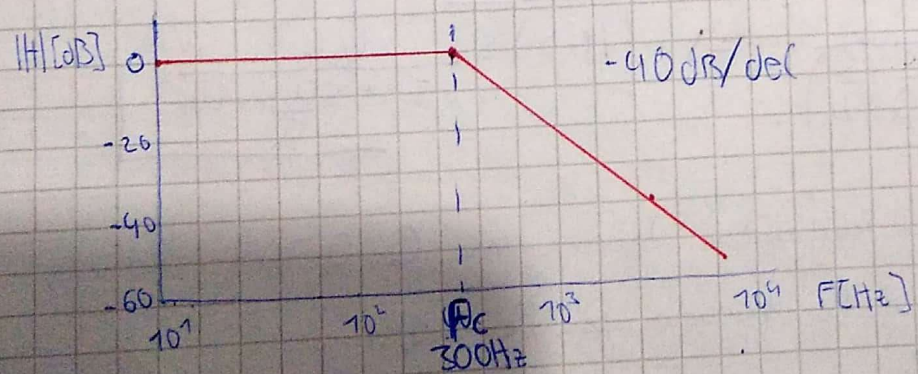
$\boxed{C = 150\,\mu F}$

Reemplazando en H(S):

$$H(s) = \frac{1}{s^2 LC + sCR + 1} = \frac{1}{s^2\, 1{,}88\,mH \cdot 150\,\mu F + s\, 150\,\mu F\, 5\Omega + 1}$$

$$\boxed{H(S) = \frac{1}{2{,}82\times10^{-7}\, s^2 + 7{,}5\times10^{-4}\, s + 1}}$$

Aproximación asintótica del diagrama de Bode $\|H(S)\|$



A continuación, verificación y simulación en MATLAB y TINA-TI.

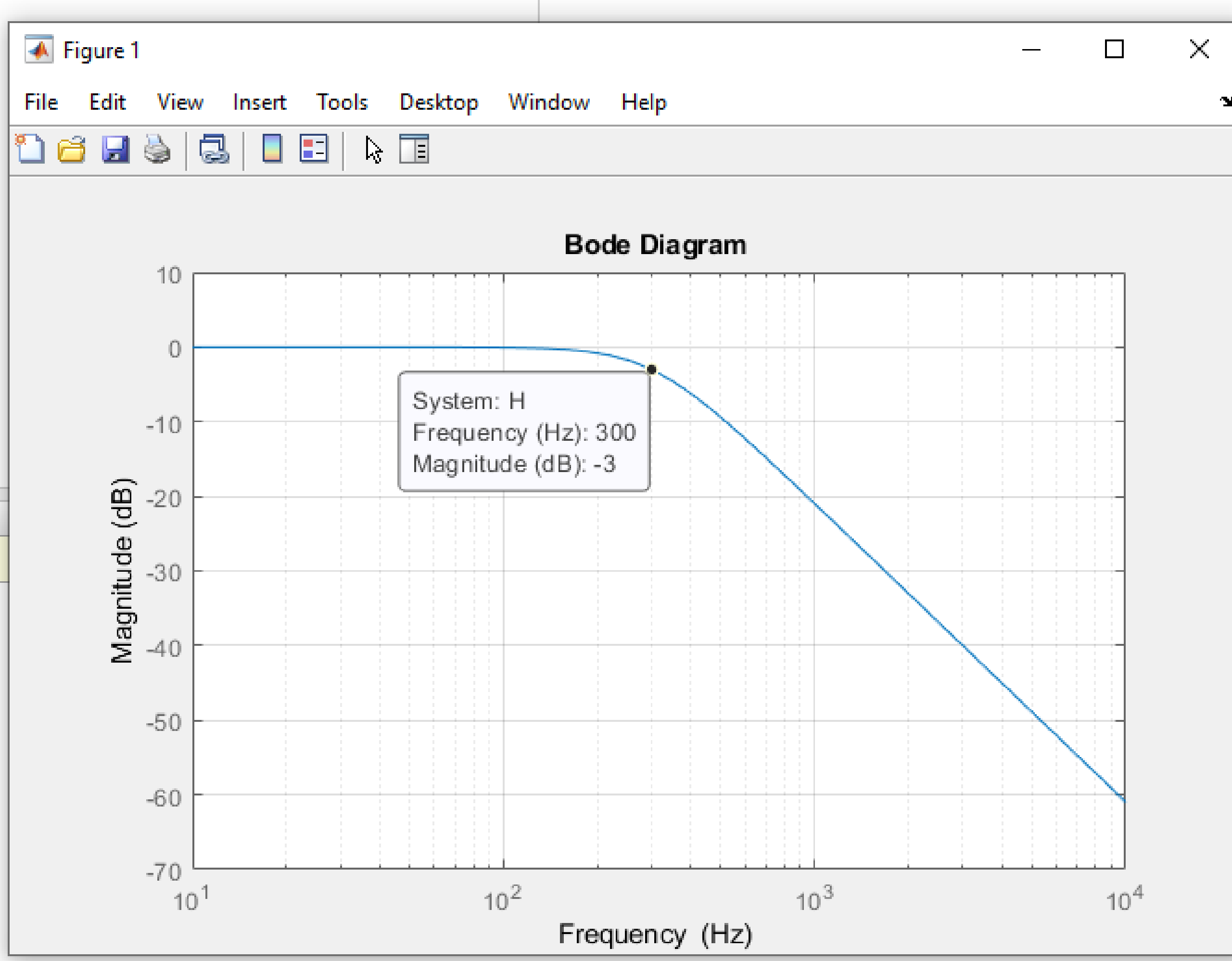
bodeRLC.m

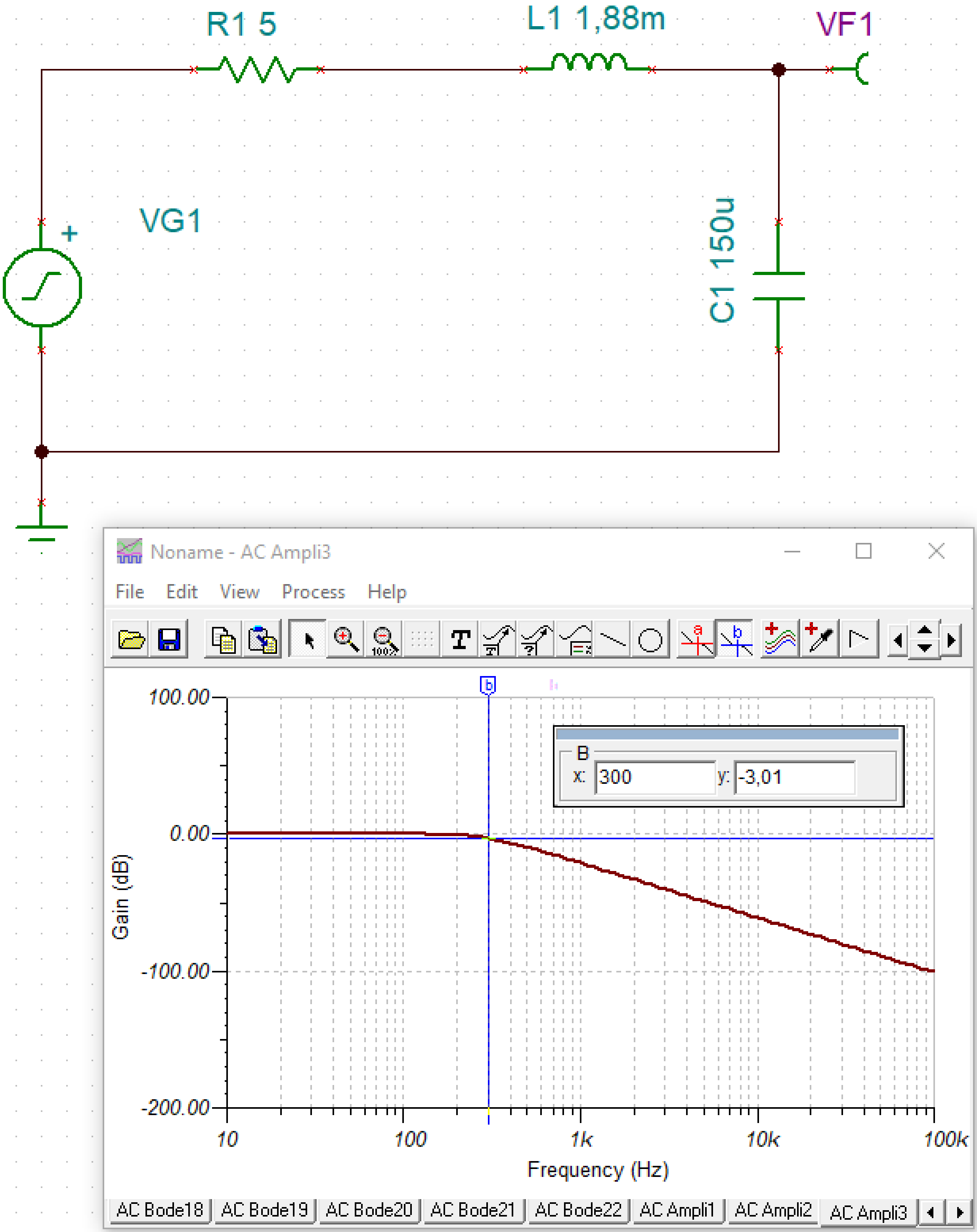
```
R=5;
L=0.00188;
C=0.000150;

p=[1];
q=[L*C C*R 1];

H=tf(p, q)

[z,pp,k] = tf2zp(p,q);

h=bodeplot(H);
setoptions(h,'FreqUnits', 'Hz', 'PhaseVisible', 'Off');
```

Command Window

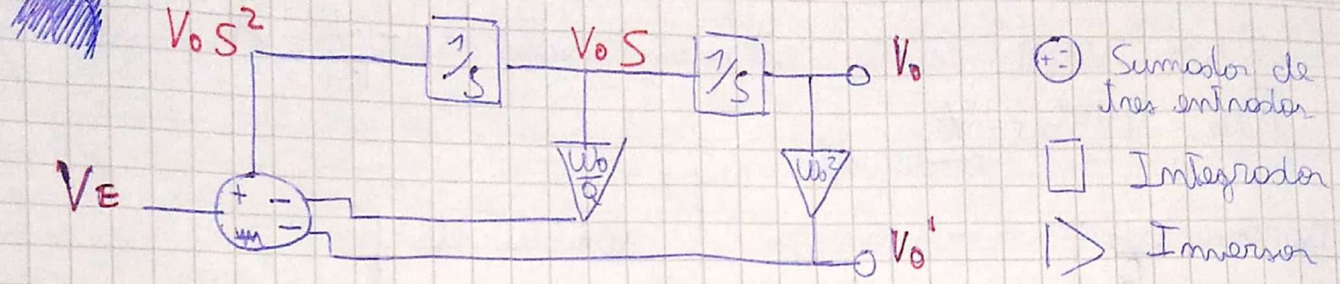
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

```
Continuous-time transfer function.

>> bodeRLC

H =

                1
  ----------------------------
  2.82e-07 s^2 + 0.00075 s + 1

Continuous-time transfer function.

>>
```




R1 5
L1 1,88m
VF1
VG1
C1 150u
Noname - AC Ampli3
File
Edit
View
Process
Help
B
x: 300
y: -3,01
100.00
0.00
-100.00
-200.00
Gain (dB)
10
100
1k
10k
100k
Frequency (Hz)
AC Bode18
AC Bode19
AC Bode20
AC Bode21
AC Bode22
AC Ampli1
AC Ampli2
AC Ampli3

Plis, Iván



Observando el diagrama de bloques desde el sumador, puedo deducir una expresión para la tensión de entrada en el dominio de las frecuencias

$$V_E = V_0 S^2 + V_0 S \frac{W_0}{Q} + V_0 W_0^2$$

... y despejando obtengo la función transferencia tomando salida en V_0 y V_0'

$$V_E = V_0 \left(S^2 + S \frac{W}{Q} + W_0^2 \right) =$$

$$\frac{V_E}{V_0} = S^2 + S\frac{W}{Q} + W_0^2$$

$$\frac{V_0}{V_E} = \frac{1}{S^2 + S\frac{W}{Q} + W_0^2}$$

si tomo en V_0' salida tengo que multiplicar por un factor W_0^2

$$\boxed{\frac{V_0'}{V_E} = \frac{W_0^2}{S^2 + S\frac{W}{Q} + W_0^2}}$$

Función Transferencia que corresponde a un Filtro Pasa Bajo de 2° orden

Como se me pide construir un filtro tipo Butterworth solo con integradores, sumadores y inversores, debo considerar un $Q = 0{,}707$ donde $F_0 \simeq F_c$ (-3 dB).

Por otro lado, se observa que los únicos etapas con ganancia es en los inversores. Con un grado de libertad calculo R para obtener las ganancias correspondientes

$F_c = 300\,Hz = \frac{W_0}{2\pi}$ $\boxed{Q = 0,707}$

$W_0 = 300\,Hz \cdot 2\pi$

$\boxed{W_0 = 1885\ rad/s}$

Para un inversor ∴ $-\frac{R_2}{R_1} = A$

ganancia $\frac{W_0}{Q}$

$\frac{W_0}{Q} = A = \frac{1885\ rad/s}{0,707}$

$A = 2666,2$

asumiendo $R_1 = 1\Omega$

↳ $-\frac{R_2}{1\Omega} = -2666,2$

$\boxed{|R_2| = 2666,2\Omega \approx 2,67k\Omega}$

ganancia W_0^2

$W_0^2 = A = (1885\ rad/s)^2$

$W_0^2 = 3553225$

asumiendo $R_1 = 1\Omega$

$-\frac{R_2}{1\Omega} = 3553225$

$\boxed{R_2 = 3553225\Omega \approx 3,55M\Omega}$

En ambos integradores la ganancia es unitaria. La función transferencia esta dada por

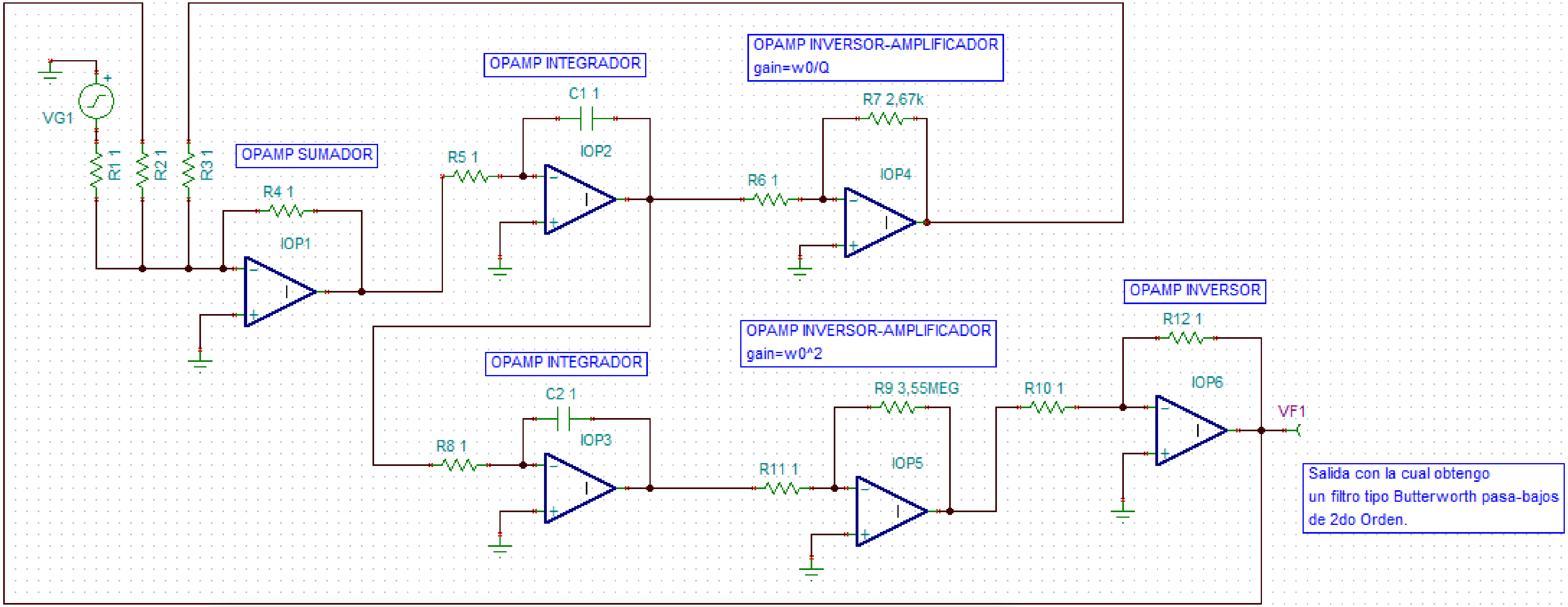
$H(s) = \frac{-1}{sRC}$ → $RC = 1$ ∴ resulta apropiado tomar $\boxed{R = 1\Omega \quad C = 1F}$

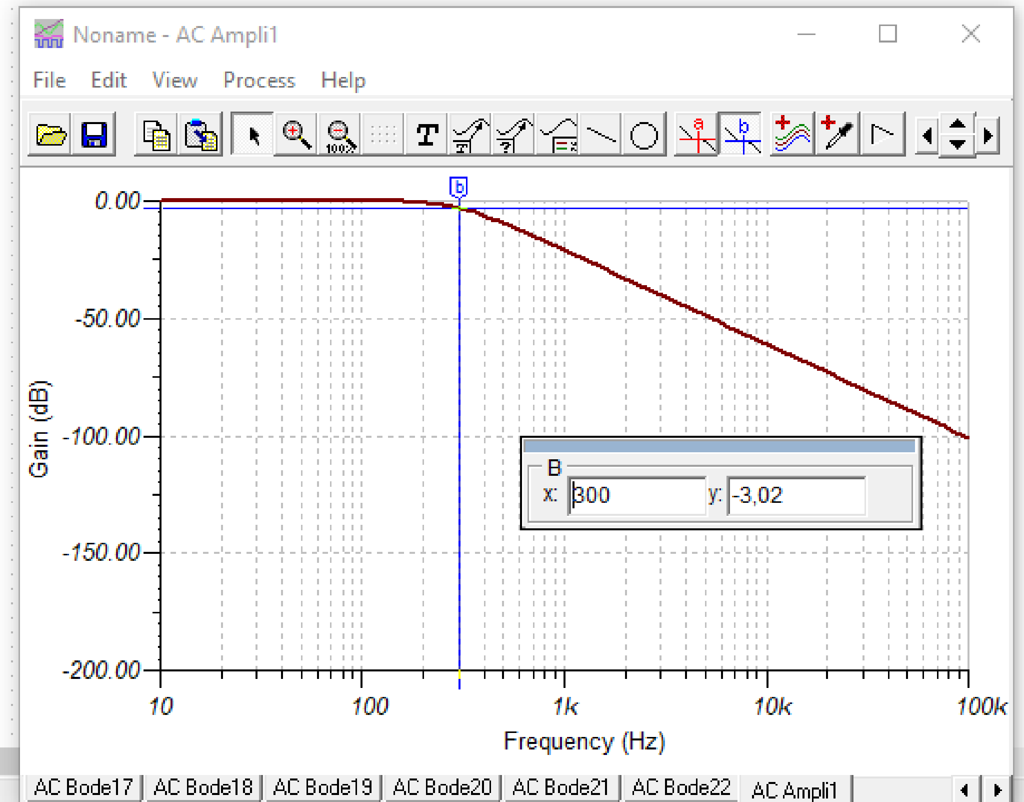
Para el sumador la ganancia es unitaria,

$V_0 = -\left(-V_1 \frac{R}{R_1} + V_2 \frac{R}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}\right)$ necesito que $\boxed{R = R_1 = R_2 = R_3}$

$V_0 = V_1 - V_2 - V_3$

Agregando un inversor antes de la salida procedo a conectar las etapas del filtro tal cual el diagrama de bloques como se observa a continuación.



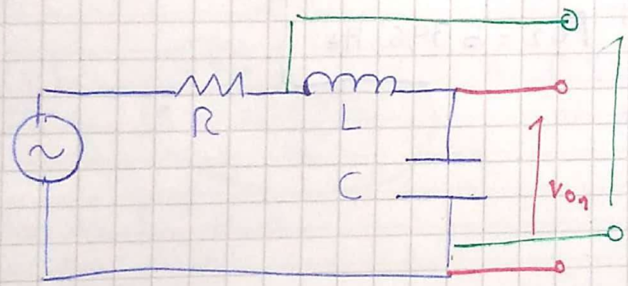


tro Activo terminado

Plis, Iván

2da Etapa TP

Ahora a partir del circuito RLC serie ya estudiado, me interesa obtener una salida que me lo vuelva un filtro suprime banda. Para esto, debo tomar salida entre el inductor y capacitor. De esta forma cuando el circuito este a la frecuencia resonante (donde $X_L = X_C$), se comportará como un cortocircuito y la tensión será nula. A frecuencias muy bajas el circuito estará gobernado por el capacitor (pasa bajos) y en frecuencias alta por el inductor (pasa altos).



- Pasa bajos
- Suprime banda

Para deducir la función transferencia el procedimiento es análogo al de la primera etapa

$$H(s) = \frac{V_{o2}}{V_i} = \frac{i \cdot Z_0}{i \cdot Z_T} = \frac{X_L + X_C}{R + X_L + X_C} = \frac{j\omega L + 1/j\omega C}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \qquad s = j\omega$$

$$\boxed{H(s) = \frac{s^2 LC + 1}{s^2 LC + sCR + 1} = \frac{s^2 + \omega_0^2}{s^2 + s(\omega_0/Q) + \omega_0^2}}$$

Utilizando lógicamente los mismos valores de R L y C para el filtro butterworth $Q = 0{,}707$ y $F_0 = 300\ Hz$:

$$\boxed{H(s) = \frac{2{,}82 \times 10^{-7} s^2 + 1}{2{,}82 \times 10^{-7} + 7{,}5 \times 10^{-4} s + 1}}$$

$Q = \frac{W_0}{\Delta W}$

$0{,}707 = \frac{1885 rad/s}{\Delta W}$

$\Delta W = 2666{,}2$

$W_1 = 975{,}66 rad/s$

$\cancel{W_2} = -3641{,}86 rad/s$

No me sirve

$\Delta W = W_2 - W_1$

$W_2 = \Delta W + W_1$

$W_2 = 3641{,}86 rad/s$

$W_0 = \sqrt{W_1 W_2}$

$\frac{W_0^2}{W_1} = W_2$

$\Delta W = W_2 - W_1$

$\Delta W = \frac{W_0^2}{W_1} - W_1$

$W_1^2 - W_1 \Delta W$

$\frac{W_0^2}{W_1} = \Delta W + W_1$

$W_0^2 = W_1 \Delta W + W_1^2$

$W_1^2 + \Delta W W_1 + W_0^2 = 0$

$W_1^2 + 2666{,}2 W_1 + 3553225 = 0$

$F_{c_1} = 155{,}28 Hz$

$F_{c_2} = 579{,}62 Hz$

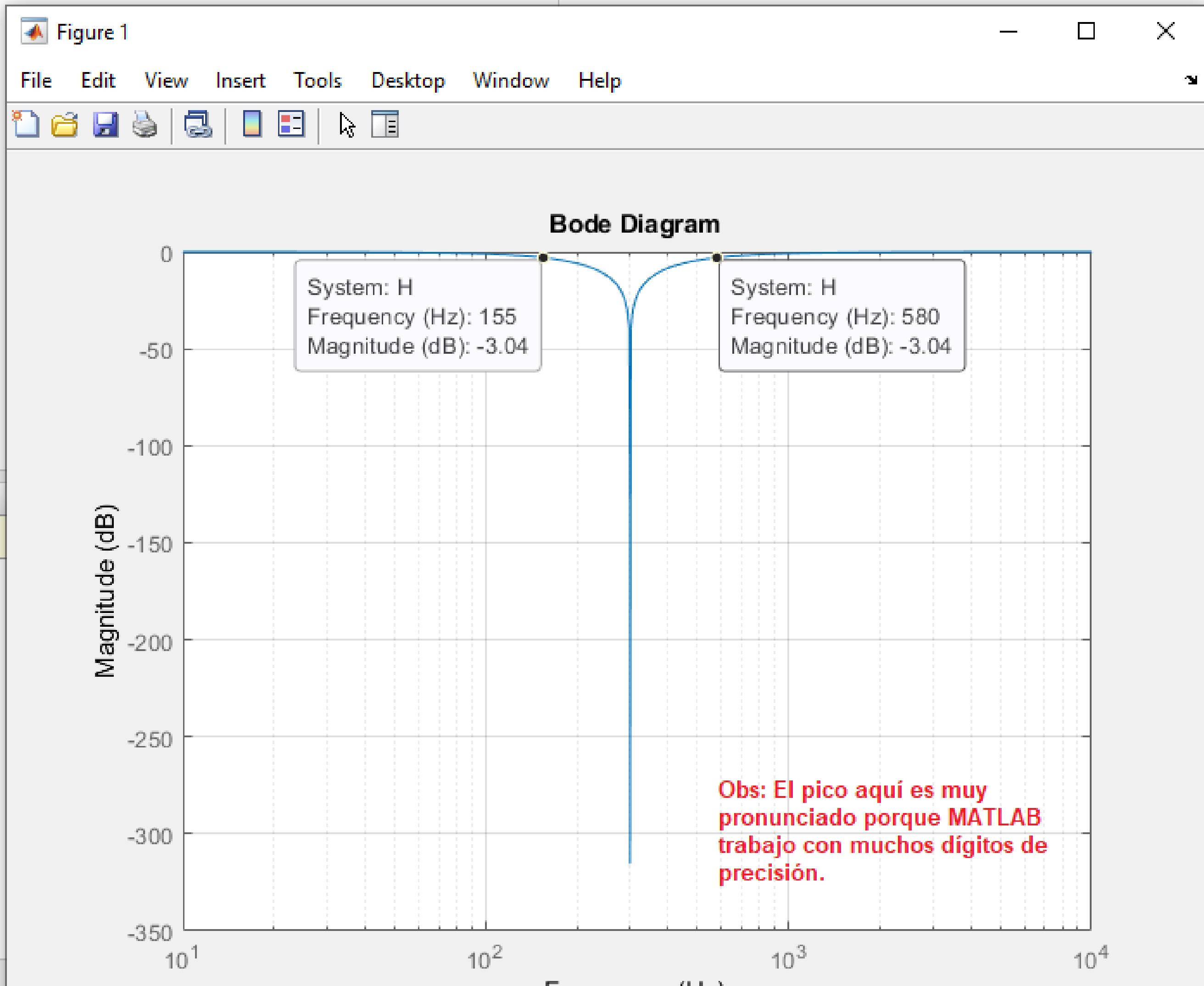
bodeRLC.m

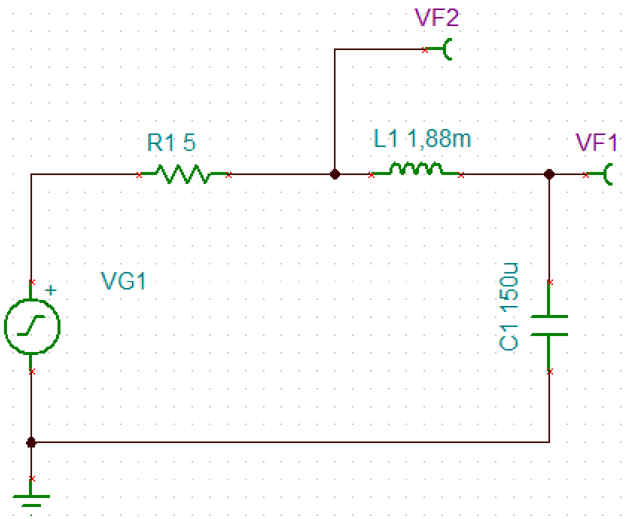
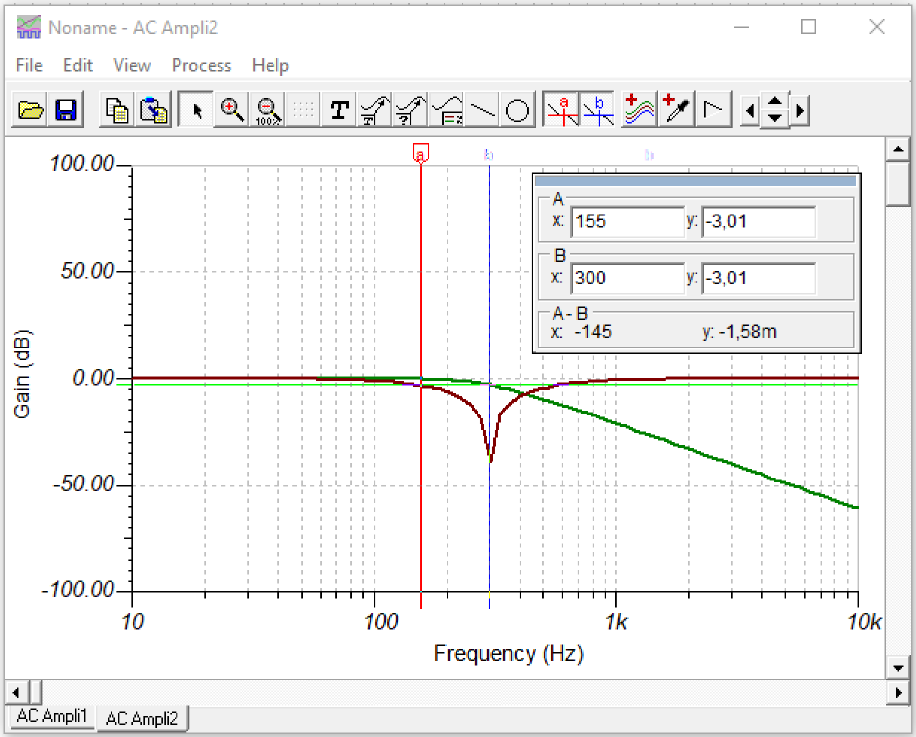
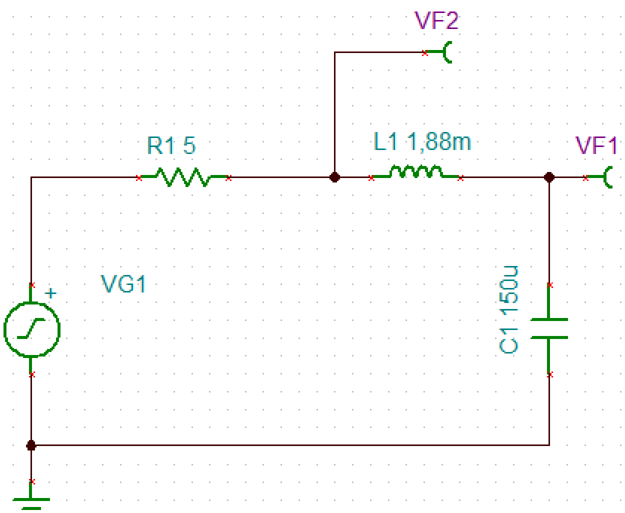
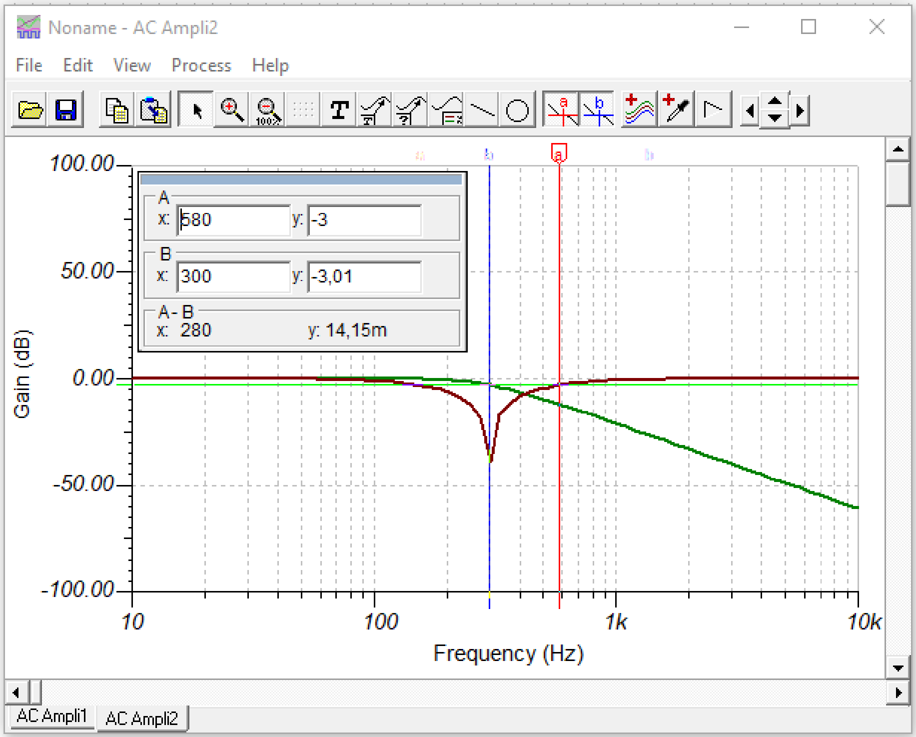
```
R=5;
L=0.00188;
C=0.000150;

p=[L*C 0 1];
q=[L*C C*R 1];

H=tf(p, q)

[z,pp,k] = tf2zp(p,q);

h=bodeplot(H);
setoptions(h,'FreqUnits', 'Hz', 'PhaseVisible', 'Off');
```

Command Window

New to MATLAB? See resources for Getting Started.

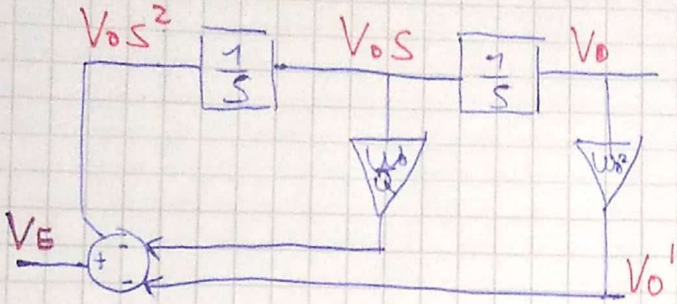
```
Continuous-time transfer function.

>> bodeRLC

H =

        2.82e-07 s^2 + 1
  ----------------------------
  2.82e-07 s^2 + 0.00075 s + 1

Continuous-time transfer function.

>>
```




VF2
R1 5
L1 1,88m
VF1
VG1
C1 150u

Noname - AC Ampli2
File Edit View Process Help
A
x: 155 y: -3,01
B
x: 300 y: -3,01
A - B
x: -145 y: -1,58m
100.00
50.00
0.00
-50.00
-100.00
Gain (dB)
10
100
1k
10k
Frequency (Hz)
AC Ampli1
AC Ampli2

VF2
R1 5
L1 1,88m
VF1
VG1
C1 150u

Noname - AC Ampli2
File Edit View Process Help
A
x: 580 y: -3
B
x: 300 y: -3,01
A - B
x: 280 y: 14,15m
100.00
50.00
0.00
-50.00
-100.00
Gain (dB)
10
100
1k
10k
Frequency (Hz)
AC Ampli1
AC Ampli2

Plis, Iván

Quiero construir/agregar una salida para tener un ~~pasa~~ suprime banda en mi filtro activo:

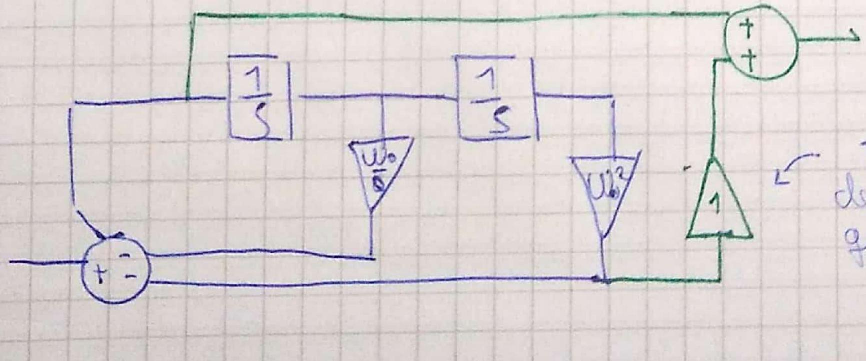


$$\frac{V_0'}{V_E} = \frac{W_0^2}{S^2 + S\frac{W_0}{Q} + W_0^2}$$ ← Filtro pasa-bajos

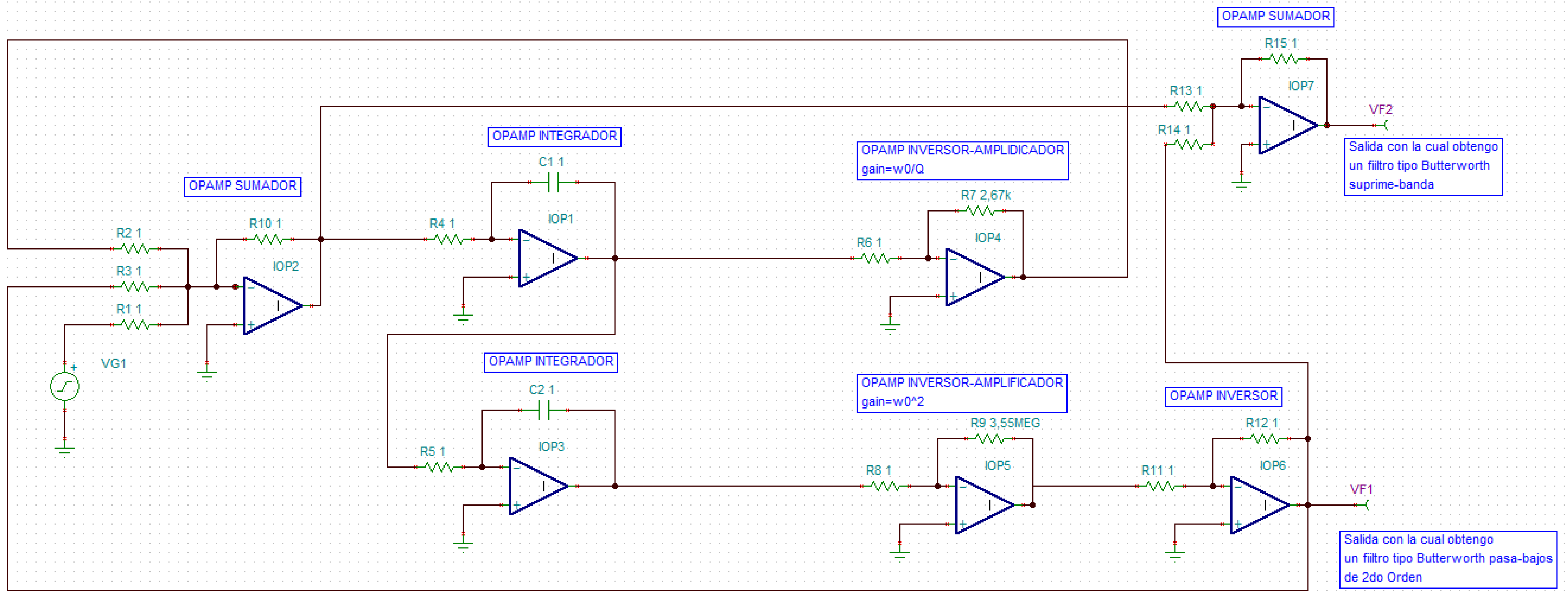
$$H(S)_{BS} = \frac{S^2 + W_0^2}{S^2 + S\frac{W_0}{Q} + W_0^2}$$ ← Filtro suprime banda (el que busco)

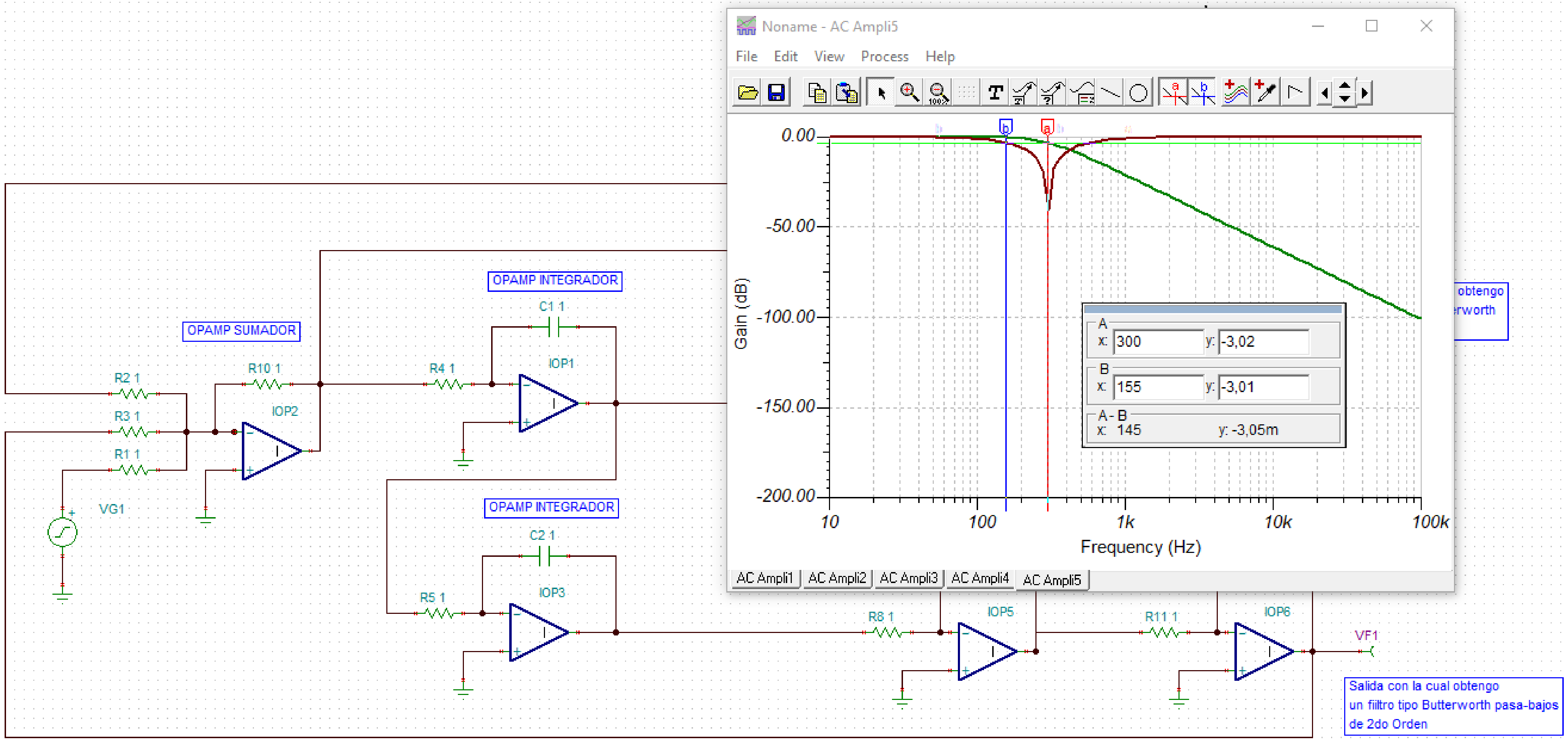
Esto es la $H(S)$ de un pasa altos

Por ende, queda claro que $H(S)_{BS} = H(S)_{LP} + H(S)_{HP}$. Utilizando un sumador conectado a la primera etapa ~~[illegible]~~ sumadora (donde habría un pasa altos) y a la segunda etapa inversora (donde tome previamente salida para un pasabajos) obtengo el suprime banda.

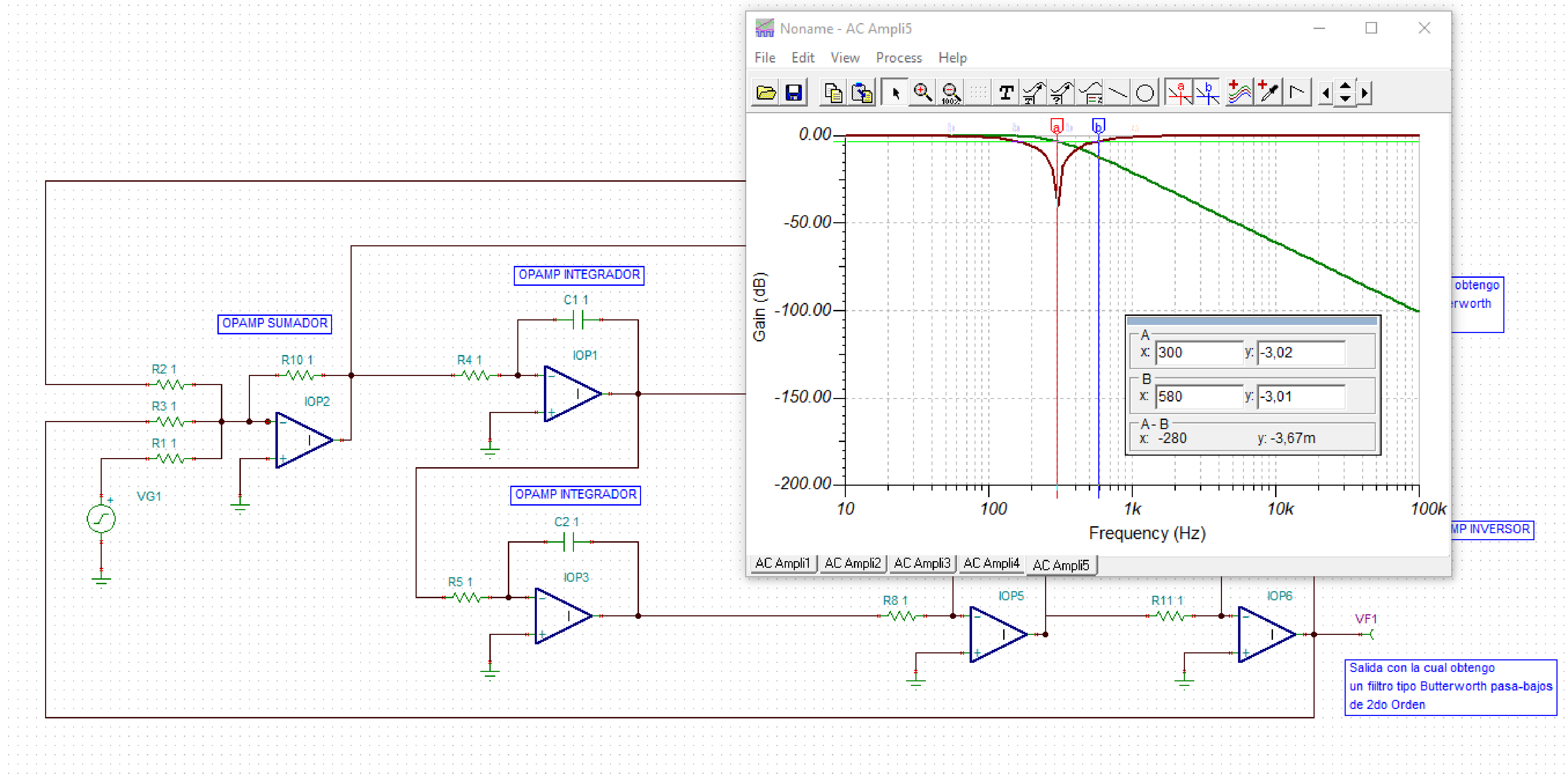


Tomo salida del inversor de ganancia unitaria que use para el LP


OPAMP SUMADOR
R15 1
IOP7
R13 1
VF2
R14 1
Salida con la cual obtengo un filltro tipo Butterworth suprime-banda
OPAMP INTEGRADOR
C1 1
OPAMP INVERSOR-AMPLIDICADOR gain=w0/Q
OPAMP SUMADOR
R7 2,67k
IOP1
R2 1
R10 1
R4 1
IOP4
R6 1
IOP2
R3 1
R1 1
VG1
OPAMP INTEGRADOR
C2 1
OPAMP INVERSOR-AMPLIFICADOR gain=w0^2
OPAMP INVERSOR
R9 3,55MEG
R12 1
IOP3
R5 1
IOP5
R8 1
R11 1
IOP6
VF1
Salida con la cual obtengo un filltro tipo Butterworth pasa-bajos de 2do Orden



OPAMP SUMADOR
OPAMP INTEGRADOR
OPAMP INTEGRADOR
R2 1
R3 1
R1 1
R10 1
R4 1
C1 1
C2 1
R5 1
R8 1
R11 1
IOP1
IOP2
IOP3
IOP5
IOP6
VG1
VF1
Noname - AC Ampli5
File Edit View Process Help
Gain (dB)
Frequency (Hz)
0.00
-50.00
-100.00
-150.00
-200.00
10
100
1k
10k
100k
A x: 300 y: -3,02
B x: 155 y: -3,01
A - B x: 145 y: -3,05m
AC Ampli1 AC Ampli2 AC Ampli3 AC Ampli4 AC Ampli5
Salida con la cual obtengo un fiiltro tipo Butterworth pasa-bajos de 2do Orden



Noname - AC Ampli5
File Edit View Process Help
0.00
-50.00
-100.00
-150.00
-200.00
Gain (dB)
10
100
1k
10k
100k
Frequency (Hz)
A
x: 300 y: -3,02
B
x: 580 y: -3,01
A - B
x: -280 y: -3,67m
AC Ampli1 AC Ampli2 AC Ampli3 AC Ampli4 AC Ampli5
OPAMP SUMADOR
OPAMP INTEGRADOR
OPAMP INTEGRADOR
R2 1
R3 1
R1 1
R10 1
R4 1
R5 1
R8 1
R11 1
C1 1
C2 1
IOP1
IOP2
IOP3
IOP5
IOP6
VG1
VF1
MP INVERSOR
obtengo
rworth
Salida con la cual obtengo
un filtro tipo Butterworth pasa-bajos
de 2do Orden

TP2: Dominio Temporal

Plis, Iván

1) Convertir el filtro Butterworth con operacionales en un oscilador de onda senoidal. Obtener su respuesta al escalón e impulso.

2) Obtener las mismas respuestas para el filtro original.

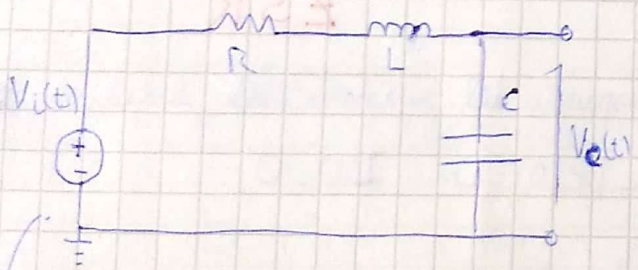
---

2) Voy a empezar con el filtro original para ir de lo más general a un caso particular. El Butterworth pasa-bajos con operacionales tenía la misma H(S) que el RLC serie. Por lo tanto, puedo extender el primero al análisis del segundo.

$$H(S) = \frac{1}{S^2LC + SCR + 1} = \frac{1}{\left(\frac{S}{\omega_0}\right)^2 + \frac{1}{Q}\left(\frac{S}{\omega_0}\right) + 1}$$

$$H(S) = \frac{1}{2{,}82\times10^{-7}S^2 + 7{,}5\times10^{-4}S + 1}$$

$R = 5\Omega$
$L = 1{,}88\,mH$
$C = 150\,\mu F$
$\omega_0 = 1885\,rad/s$
$Q = 0{,}707$



$i_c(t) = C\frac{dV}{dt}$

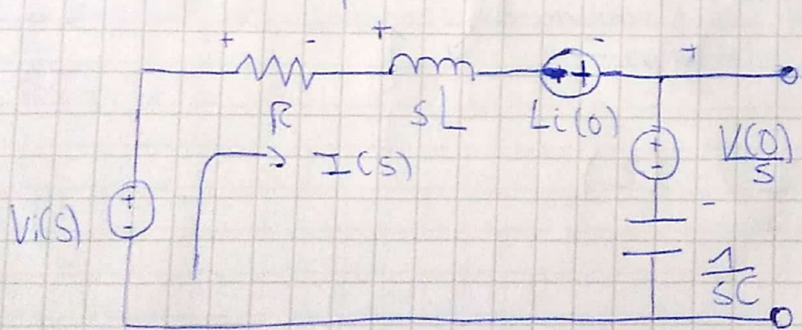
$V_L(t) = L\frac{di}{dt}$

$V_R(t) = i(t)R$

Transformo al dominio de Laplace para obtener las ecuaciones del tiempo

$R_C = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 708\Omega$

$R << R_C \leftarrow$ El sistema es subamortiguado.



$$I(S) = \frac{V(S)}{Z} = \frac{V_i(S) + Li(0) - V(0)/S}{SL + R + \frac{1}{SC}}$$

$$= \frac{V_i(S) + Li(0) - V(0)/S}{S^2LC + SCR + 1} \cdot SC$$

$$I(S) = \frac{SCV_i(S) + SCLi(0) - V(0)C}{S^2LC + SCR + 1}$$

En el capacitor

$$V_C(S) = \frac{V(0)}{S} + \frac{I(S)}{SC} = \frac{V(0)}{S} + \frac{SCV_i(S) + SCLi(0) - V(0)C}{S^2LC + SCR + 1} \cdot \frac{1}{SC}$$

$$= \frac{V(0)}{S} + \frac{V_i(S) + Li(0) - V(0)/S}{S^2LC + SCR + 1}$$

$$= \frac{V(0)}{S} + \frac{Li(0) - V(0)/S}{S^2LC + SCR + 1} + \overbrace{\frac{1}{S^2LC + SCR + 1}}^{H(S)} V_i(S)$$

$$= \frac{V(0)S^2LC + V(0)\cancel{S}CR + \cancel{V(0)} + \cancel{S}Li(0) - \cancel{V(0)}}{\cancel{S}(S^2LC + SCR + 1)} + \frac{1}{S^2LC + SCR + 1} V_i(S)$$

$$V_C(S) = \underbrace{\frac{SLCV(0) + CRV(0) + Li(0)}{S^2LC + SCR + 1}}_{ZIR} + \underbrace{\frac{1}{S^2LC + SCR + 1} V_i(S)}_{ZSR} \quad (1)$$

Como se me pide únicamente la respuesta del sistema al escalón ~~y~~ impulso, considero condiciones nulas. $V_C(0) = 0$ $I(0) = 0$

$$V_C(S) = \frac{1}{S^2LC + SCR + 1} V_i(S) = H(S) V_i(S)$$

Escalon Unitario $u(t)$

Transformando a Laplace $\rightarrow \frac{1}{S}$

$$V_C(S) = \frac{1}{S^2LC + SCR + 1} \cdot \frac{1}{S} \quad (2)$$

$$V_C(S) = \frac{1}{S^3LC + SCR + 1}$$

Plis, Iván

Para obtener $V_c(t)$ tengo que antitransformar $V_c(S)$. Vía MATLAB obtengo $V_c(S)$ en fracciones parciales

$$V_c(S) = \frac{1}{S^2LC + SCR + 1} \cdot \frac{1}{S} = \frac{1}{\left(\frac{S}{\omega_0}\right)^2 + \frac{1}{Q}\left(\frac{S}{\omega_0}\right) + 1} \cdot \frac{1}{S}$$

$$V_c(S) = \frac{1}{2{,}82\times10^{-7}S^3 + 7{,}5\times10^{-4}S^2 + S}$$

$$V_c(S) = \frac{-0{,}5 + j0{,}5}{S - (-1330 + j1333)} + \frac{-0{,}5 - j0{,}5}{S - (-1330 - j1333)} + \frac{1}{S}$$

Antitransformo con WolFram Alpha

$$\boxed{V_c(t) = -e^{-1330t}\left(\cos(1333t) + \operatorname{sen}(1333t)\right) + 1}$$

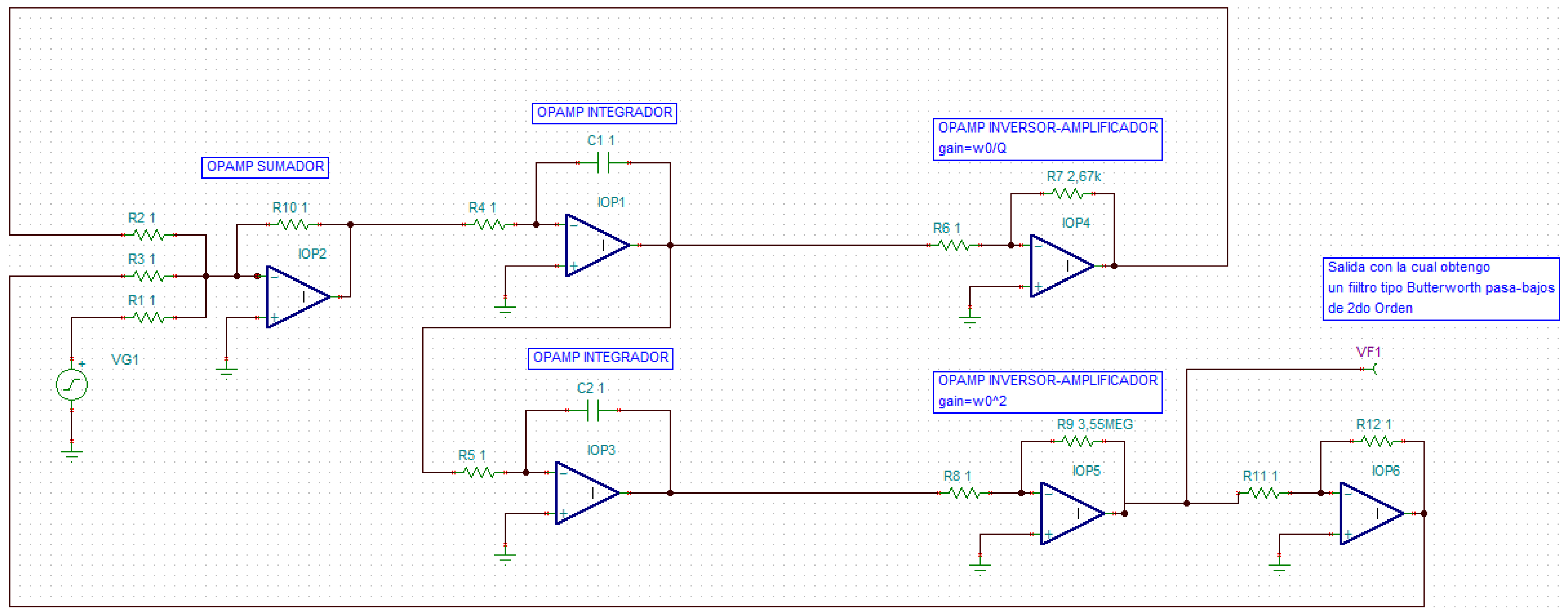
Respuesta al escalon unitario (3)

Una de las ventajas de obtener la respuesta al escalon unitario es que me basta con derivar para tener la respuesta al impulso $\delta(t)$. Entonces:

$$\boxed{V_c'(t) = e^{-1330t}\left(2663\,\operatorname{sen}(1333t) - 3\cos(1333t)\right)}$$

Respuesta al Impulso. (4)

A continuación verifico en MATLAB y simulo en TINA-TI. En este último, el impulso lo aproximo con un pulso de Amplitud $= 1\times10^6$ y periodo de $T = 1\times10^{-6}$ s

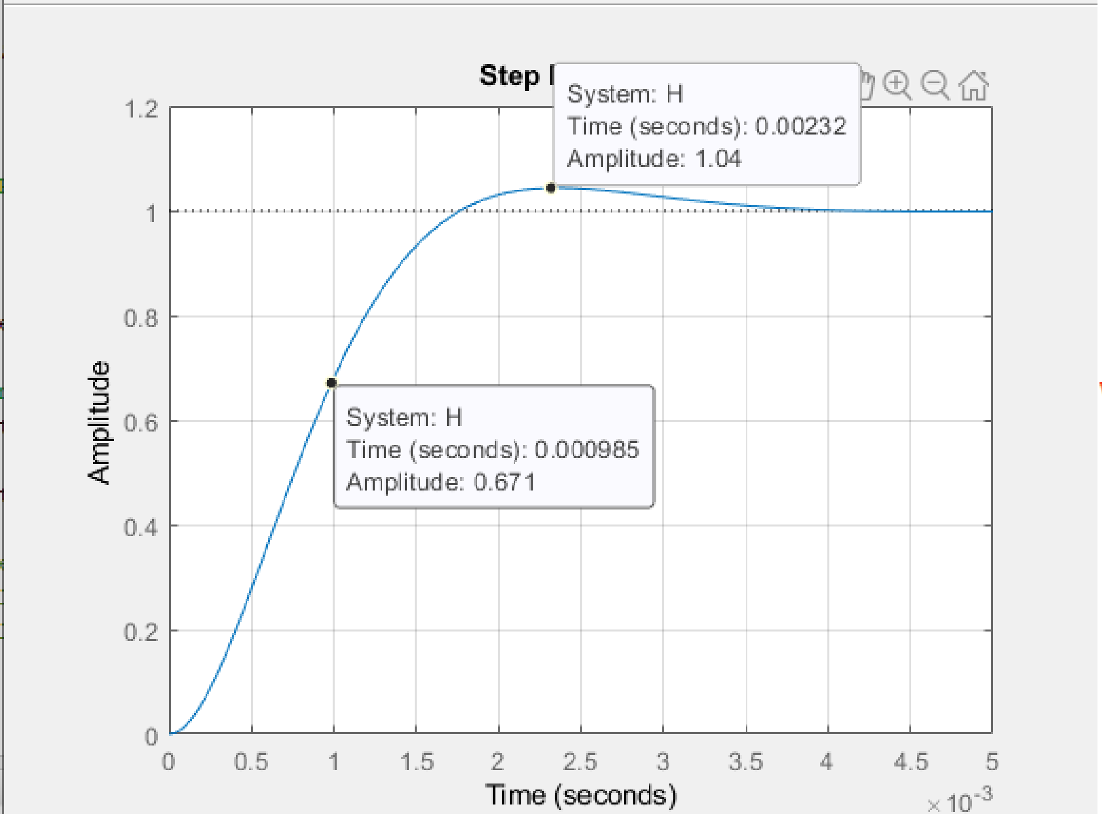


OPAMP SUMADOR
OPAMP INTEGRADOR
OPAMP INVERSOR-AMPLIFICADOR
gain=w0/Q
C1 1
R2 1
R10 1
R4 1
IOP1
R7 2,67k
IOP4
R6 1
IOP2
R3 1
R1 1
Salida con la cual obtengo
un fiiltro tipo Butterworth pasa-bajos
de 2do Orden
VG1
VF1
OPAMP INTEGRADOR
OPAMP INVERSOR-AMPLIFICADOR
gain=w0^2
C2 1
R9 3,55MEG
R12 1
R5 1
IOP3
R8 1
IOP5
R11 1
IOP6

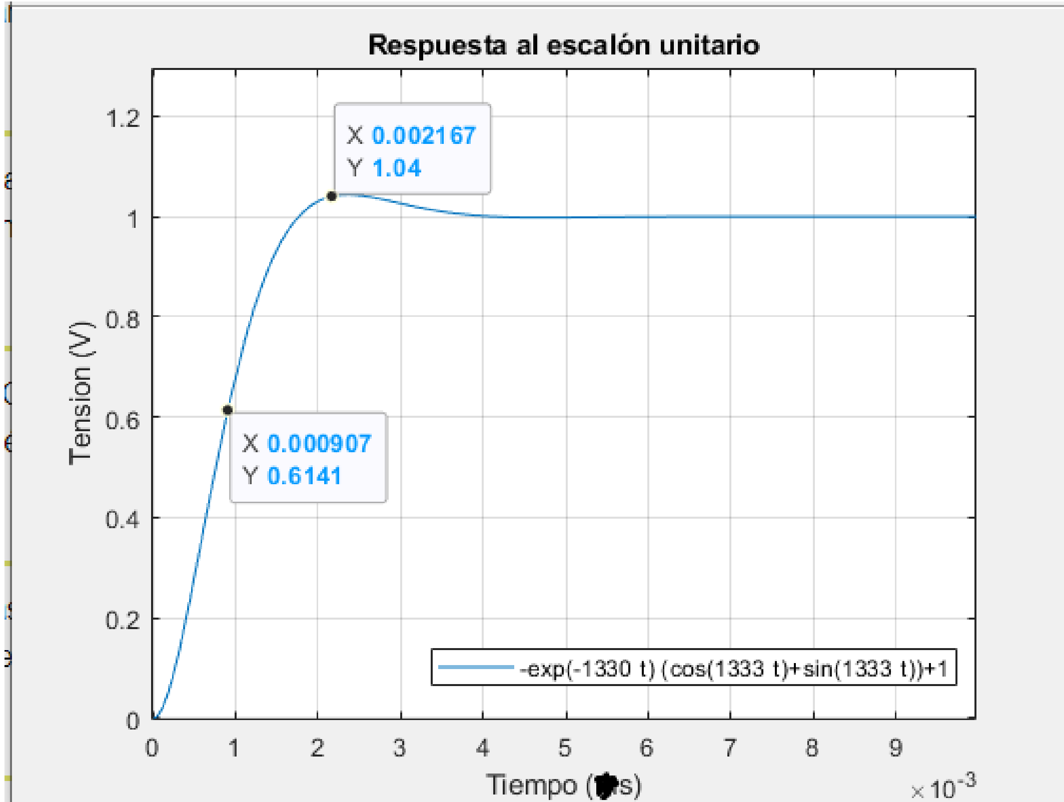
```
R=5;        %Parametros circuitales Filtro Butterworth pasa bajos
L=0.00188;
C=0.000150;

p=[1];
q=[L*C C*R 1];

H=tf(p, q);         %Funcion transferencia

%RESPUESTA ZSR%

qZSR=[L*C C*R 1 0];     %H(s)*u(s)-->H(s)*1/S

[rr,pp,kk]= residue(p,qZSR)      %Descompongo en fracciones parciales

%Respuesta temporal antitransformadas en Wolfram Alpha (analiticas)
vtEscalon= @(t) -exp(-1330.*t).*(cos(1333.*t)+sin(1333.*t))+1
%derivando la respuesta al escalon unitario
vtImpulso= @(t) exp(-1330.*t).*(2663*sin(1333.*t)-3*cos(1333*t))

%Grafico de respuestas temporales
fplot(vtEscalon, [0,0.01]);
fplot(vtImpulso, [0,0.01]);

step(H)
impulse(H)
```

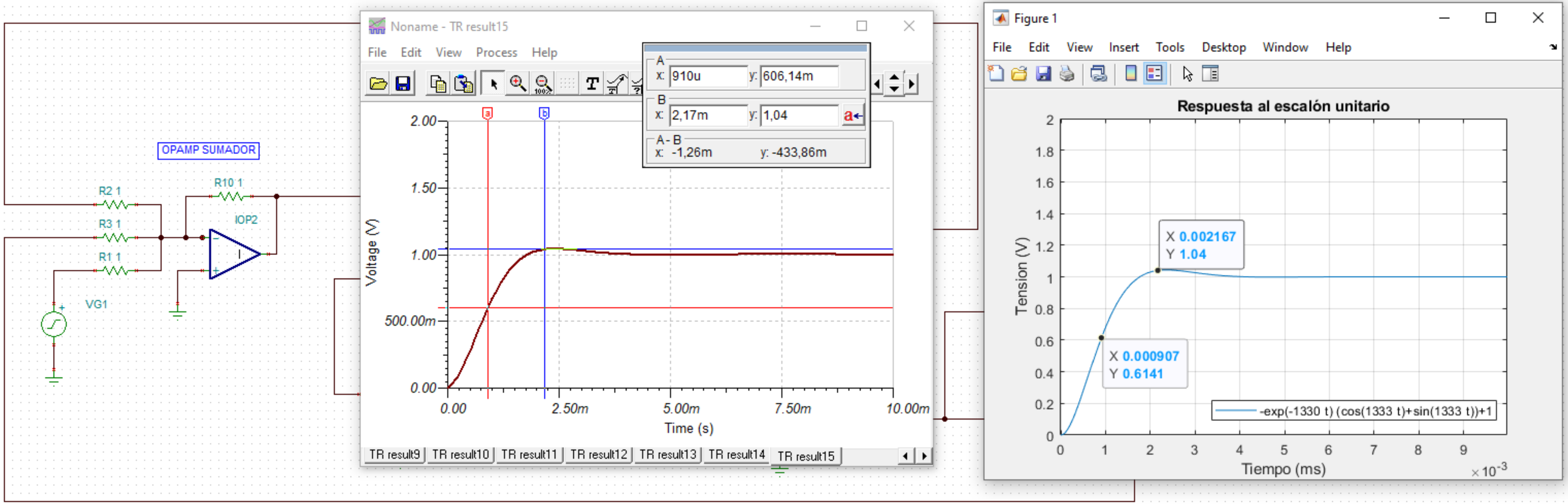
Command Window

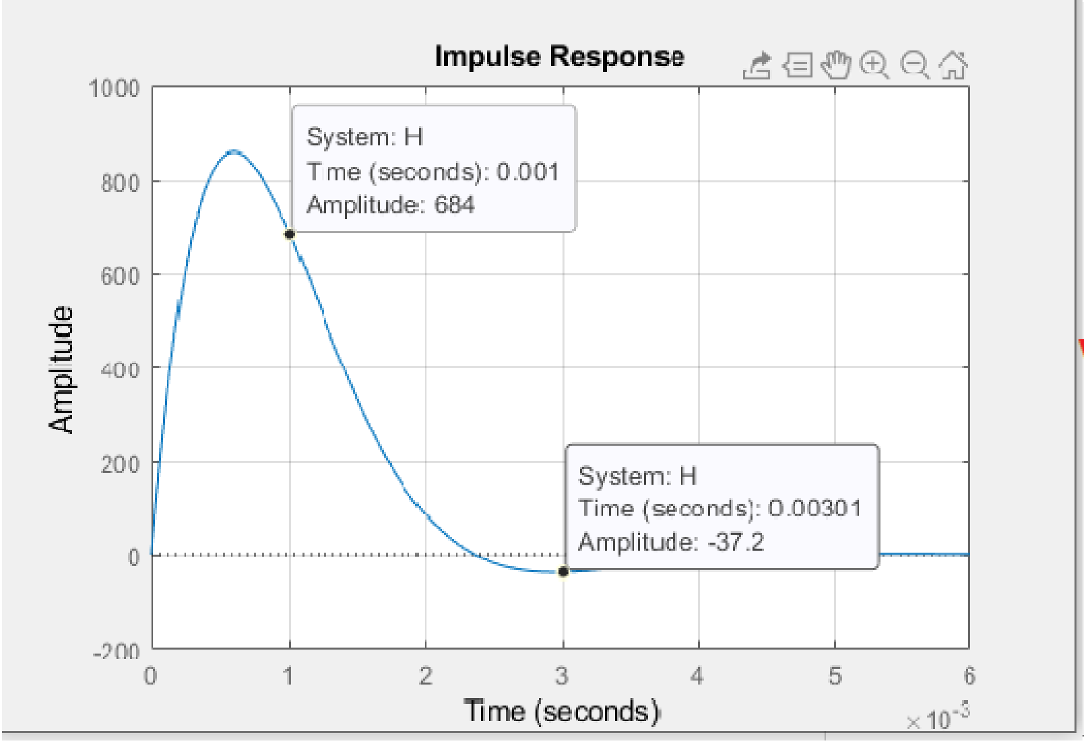
```
rr =

  -0.5000 + 0.4987i
  -0.5000 - 0.4987i
   1.0000 + 0.0000i



pp =

   1.0e+03 *

  -1.3298 + 1.3333i
  -1.3298 - 1.3333i
   0.0000 + 0.0000i



kk =
```


Step
System: H
Time (seconds): 0.00232
Amplitude: 1.04
System: H
Time (seconds): 0.000985
Amplitude: 0.671
Amplitude
Time (seconds)
×10^-3

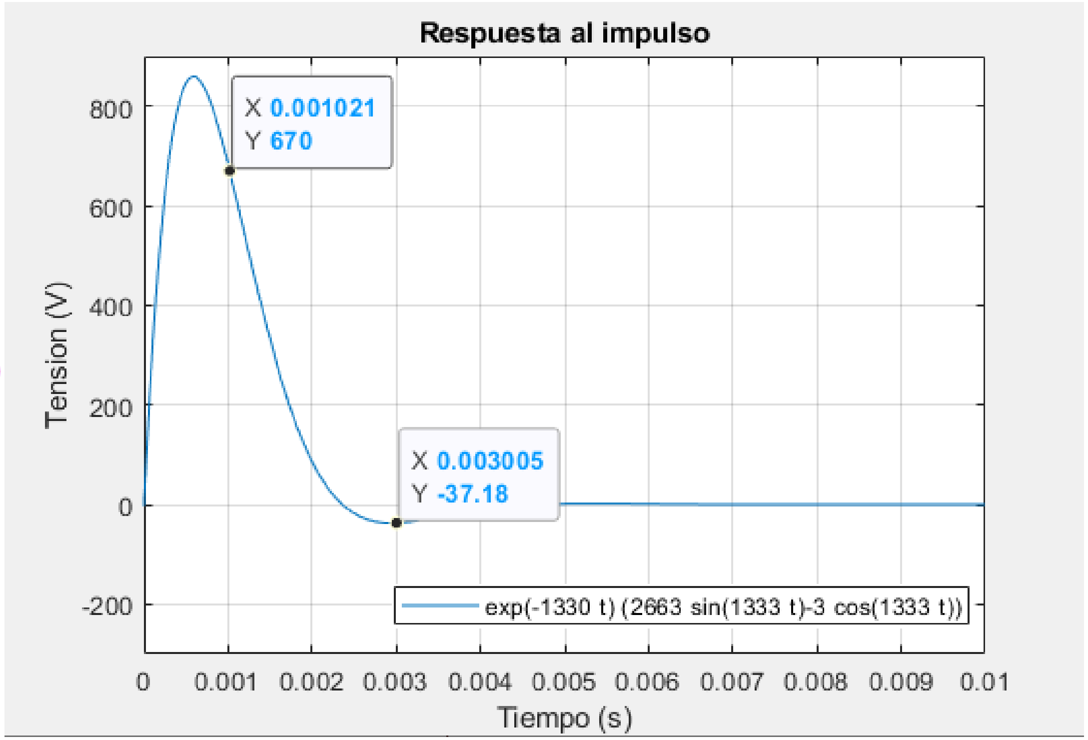
VS

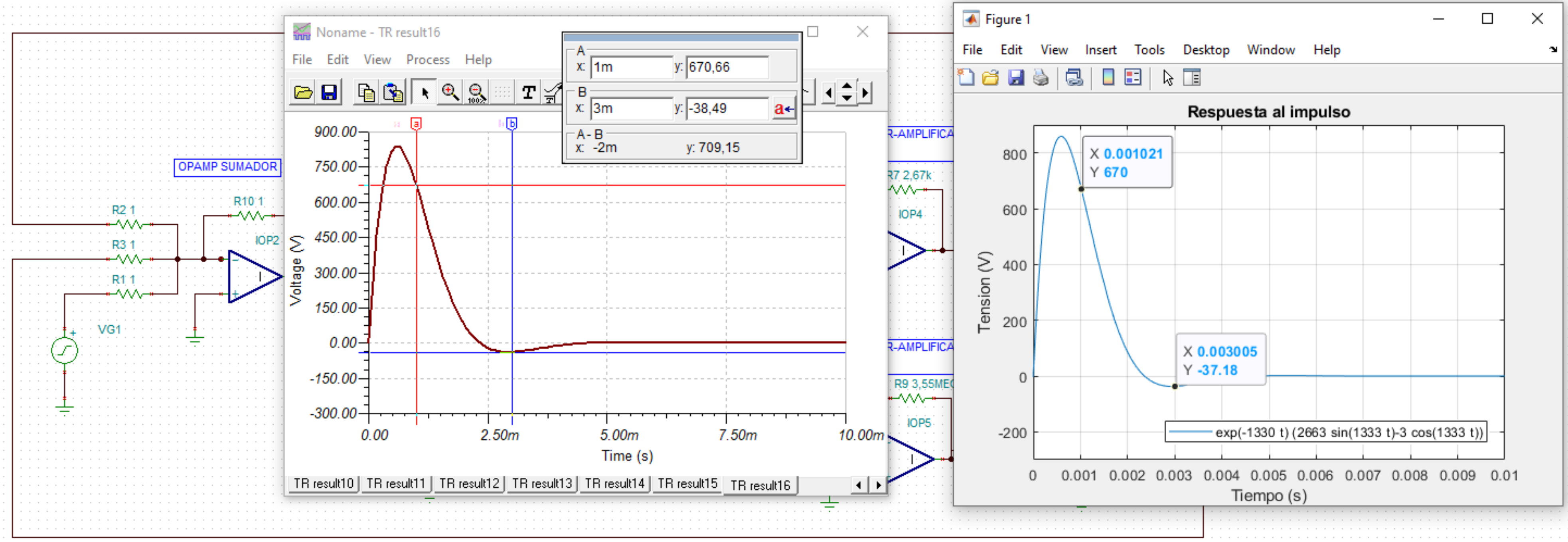

Respuesta al escalón unitario
X 0.002167
Y 1.04
X 0.000907
Y 0.6141
Tension (V)
-exp(-1330 t) (cos(1333 t)+sin(1333 t))+1
Tiempo ([redacted]s)
×10^-3


OPAMP SUMADOR
R2 1
R3 1
R1 1
R10 1
IOP2
VG1
Noname - TR result15
File Edit View Process Help
A
x: 910u
y: 606,14m
B
x: 2,17m
y: 1,04
A - B
x: -1,26m
y: -433,86m
2.00
1.50
1.00
500.00m
0.00
Voltage (V)
0.00
2.50m
5.00m
7.50m
10.00m
Time (s)
TR result9
TR result10
TR result11
TR result12
TR result13
TR result14
TR result15
Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Respuesta al escalón unitario
Tension (V)
Tiempo (ms)
X 0.002167
Y 1.04
X 0.000907
Y 0.6141
-exp(-1330 t) (cos(1333 t)+sin(1333 t))+1
×10-3


Impulse Response
System: H
Time (seconds): 0.001
Amplitude: 684
System: H
Time (seconds): 0.00301
Amplitude: -37.2
Amplitude
Time (seconds)
1000
800
600
400
200
0
-200
0
1
2
3
4
5
6
×10-3

VS


Respuesta al impulso
X 0.001021
Y 670
X 0.003005
Y -37.18
exp(-1330 t) (2663 sin(1333 t)-3 cos(1333 t))
Tension (V)
Tiempo (s)
800
600
400
200
0
-200
0
0.001
0.002
0.003
0.004
0.005
0.006
0.007
0.008
0.009
0.01



Noname - TR result16
File Edit View Process Help
A
x: 1m
y: 670,66
B
x: 3m
y: -38,49
A - B
x: -2m
y: 709,15
900.00
750.00
600.00
450.00
300.00
150.00
0.00
-150.00
-300.00
Voltage (V)
0.00
2.50m
5.00m
7.50m
10.00m
Time (s)
TR result10
TR result11
TR result12
TR result13
TR result14
TR result15
TR result16
OPAMP SUMADOR
R2 1
R3 1
R1 1
R10 1
IOP2
VG1
R-AMPLIFICA
R7 2,67k
IOP4
R9 3,55ME
IOP5
Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Respuesta al impulso
X 0.001021
Y 670
X 0.003005
Y -37.18
exp(-1330 t) (2663 sin(1333 t)-3 cos(1333 t))
800
600
400
200
0
-200
Tension (V)
0
0.001
0.002
0.003
0.004
0.005
0.006
0.007
0.008
0.009
0.01
Tiempo (s)

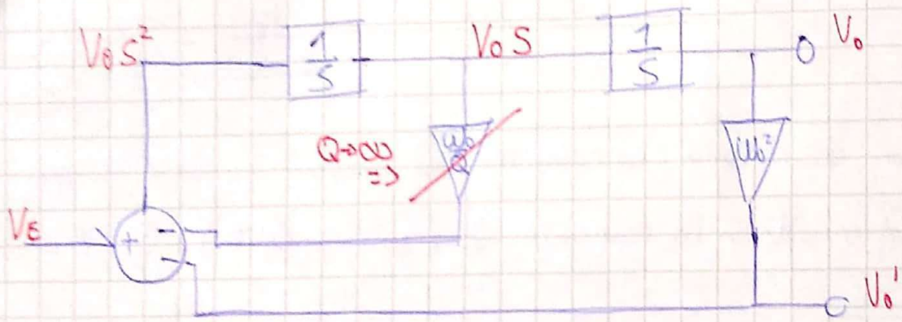
1) Ahora debo convertir ~~en~~ un oscilador de onda senoidal mi circuito. Para lograr esto, el amortiguamiento del sistema de 2do orden debe ser nulo, lo que equivale a tener $R=0$, y por ende, un Q infinito.

$$\underset{Q\to\infty}{H(S)} = \frac{1}{\left(\frac{S}{W_0}\right)^2 + \underbrace{\frac{1}{Q}\left(\frac{S}{W_0}\right)}_{\to 0} + 1} \Rightarrow H(S) = \frac{1}{\left(\frac{S}{W_0}\right)^2 + 1} \qquad (5)$$

$$\hookrightarrow H(S) = \frac{1}{2{,}82\times10^{-7}s + 1} \qquad (6)$$

$$V_c(S) = H(S)\,V_i(S) = \frac{1}{2{,}82\times10^{-7}S+1}\,V_i(S) \qquad (7)$$

Diagrama de bloques del circuito original:



Si $Q\to\infty$ tengo un cortocircuito, elimino ese amplificador inversor.

Haciendo el análisis del diagrama de bloques de la primera parte, llego y reemplazando, llego a las expresiones (5) y (6) respectivamente.

Para el escalón unitario

$$V_c(S) = \frac{1}{2{,}82\times10^{-7}S^2+1}\cdot\frac{1}{S} = \frac{1}{2{,}82\times10^{-7}S^3+S}$$

Fracciones parciales con MATLAB

$$V_c(S) = \frac{-0{,}5}{S-j1883} + \frac{0{,}5}{S+j1883} + 1$$

Plis, Iván

Antitransformando con Wolfram Alpha:

$$V_c(t) = 1 - \cos(1883t)$$

Aunque por Tabla de Antitransformadas se que $V_c(t) = 1 - \cos(\omega_0 t)$ para un oscilador senoidal:

Entonces con mas exactitud

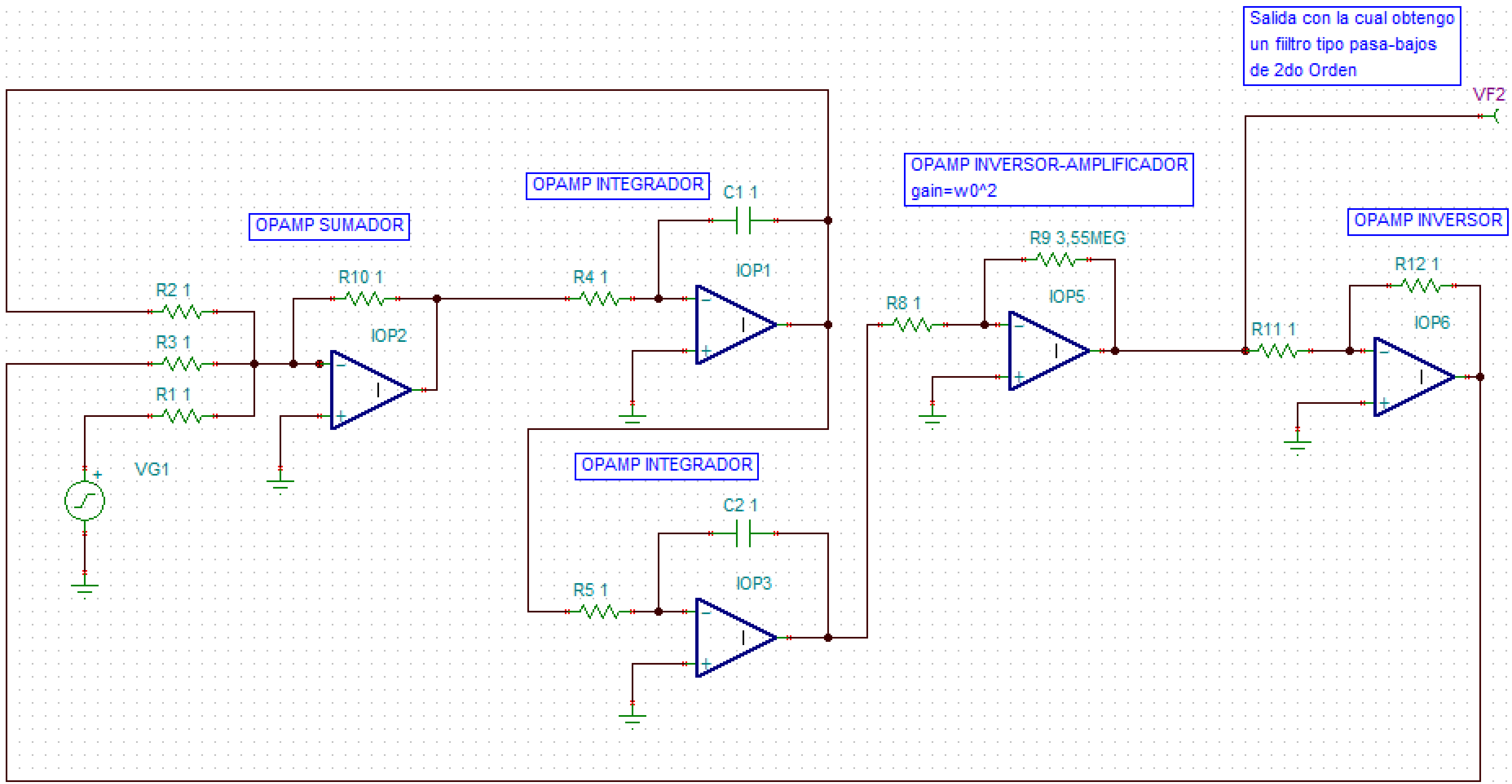
$$\boxed{V_c(t) = 1 - \cos(1885t)}$$ Respuesta al escalón unitario (8)

Y al igual que en el caso anterior, derivando obtengo la respuesta al impulso

$$\boxed{V_c'(t) = 1885 \operatorname{sen}(1885t)}$$ Respuesta al impulso (9)

Simulo nuevamente en MATLAB y TINA-TI con las mismas consideraciones anteriores.

Escaneado con CamScanner

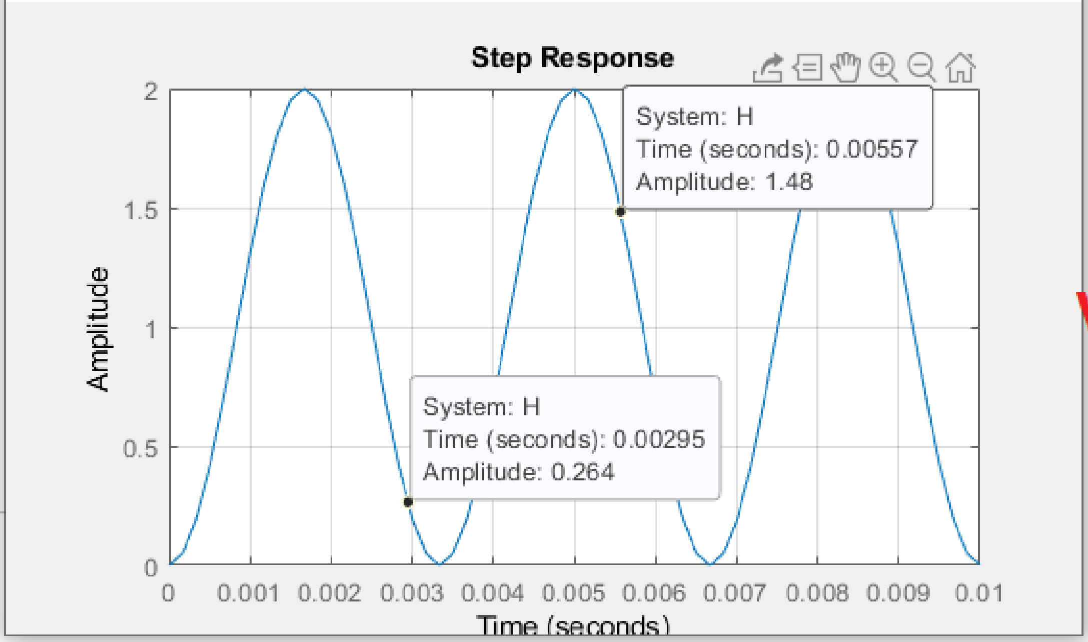


Salida con la cual obtengo
un fiiltro tipo pasa-bajos
de 2do Orden
VF2
OPAMP INVERSOR-AMPLIFICADOR
gain=w0^2
OPAMP INTEGRADOR
C1 1
OPAMP SUMADOR
OPAMP INVERSOR
R9 3,55MEG
R12 1
IOP1
R10 1
R4 1
R2 1
R8 1
IOP5
IOP2
R11 1
IOP6
R3 1
R1 1
VG1
OPAMP INTEGRADOR
C2 1
IOP3
R5 1

```
R=0;          %Parametros circuitales oscilador senoidal
L=0.00188;
C=0.000150;

p=[0 0 1];
q=[L*C C*R 1];

H=tf(p, q);     %Funcion transferencia

%RESPUESTA ZSR%

qZSR=[L*C C*R 1 0];     %H(s)*u(s)-->H(s)*1/S

[rr,pp,kk]=residue(pZSR,qZSR)       %Descompongo en fracciones parciales

%Respuesta temporal antitransformadas en Wolfram Alpha (analiticas)
vtEscalon= @(t)1- cos(1885*t)
vtImpulso= @(t) 1885*sin(1885*t)    %derivando la respuesta al escalon

%Grafico de respuestas temporales
fplot(vtEscalon, [0, 0.01]);
fplot(vtImpulso, [0, 0.01]);

step(H);
impulse(H);
```

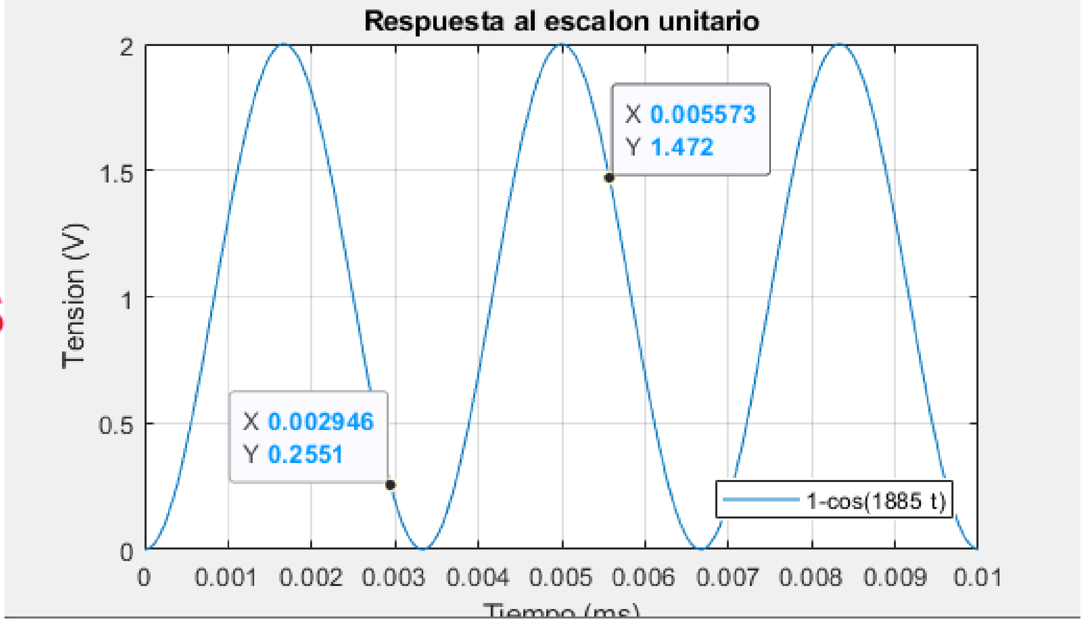
Command Window

```
rr =

   -0.5000
   -0.5000
    1.0000


pp =

   1.0e+03 *

   0.0000 + 1.8831i
   0.0000 - 1.8831i
   0.0000 + 0.0000i


kk =
```

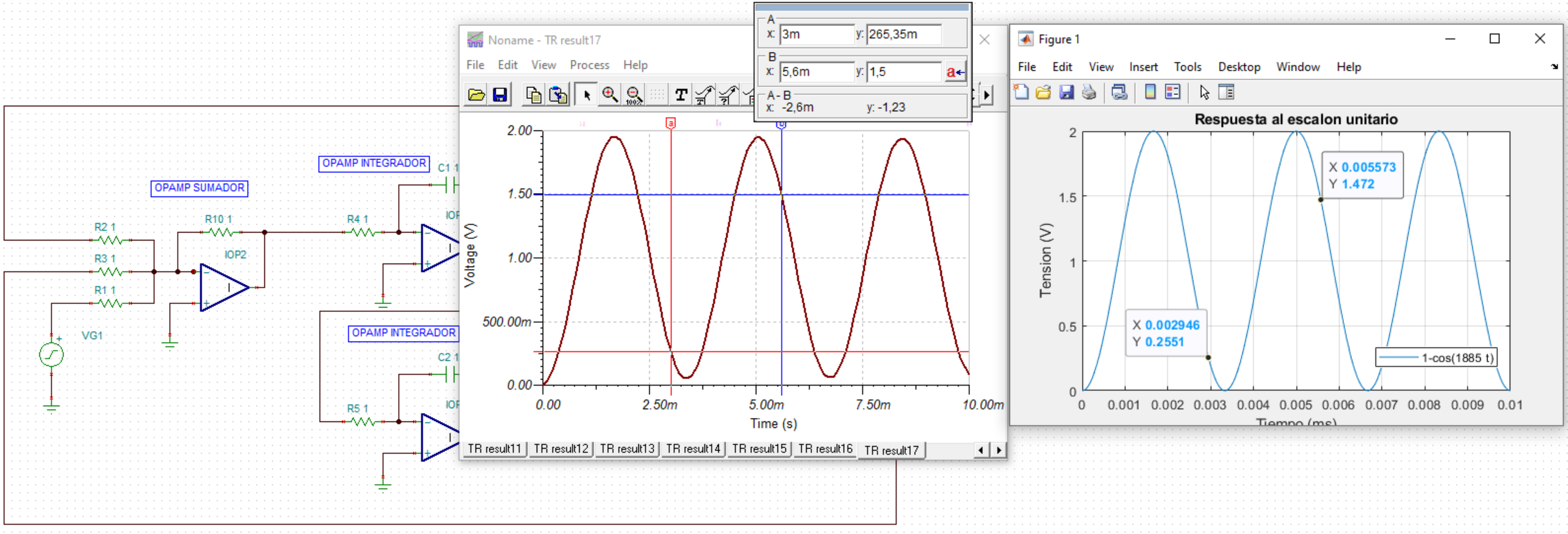


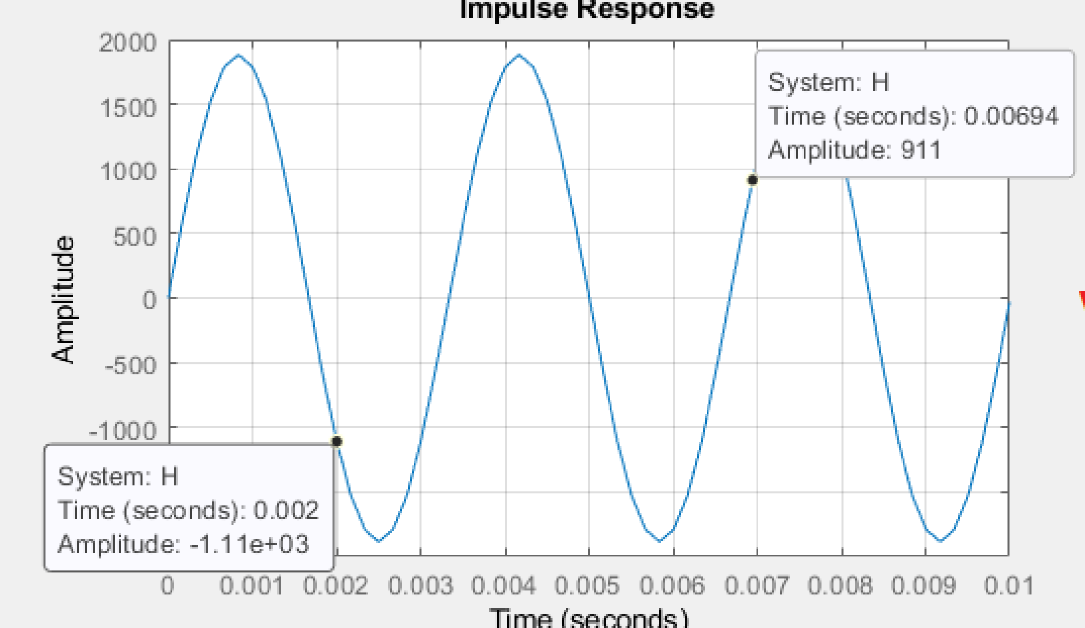
Step Response
System: H
Time (seconds): 0.00557
Amplitude: 1.48
System: H
Time (seconds): 0.00295
Amplitude: 0.264
Amplitude
Time (seconds)

VS

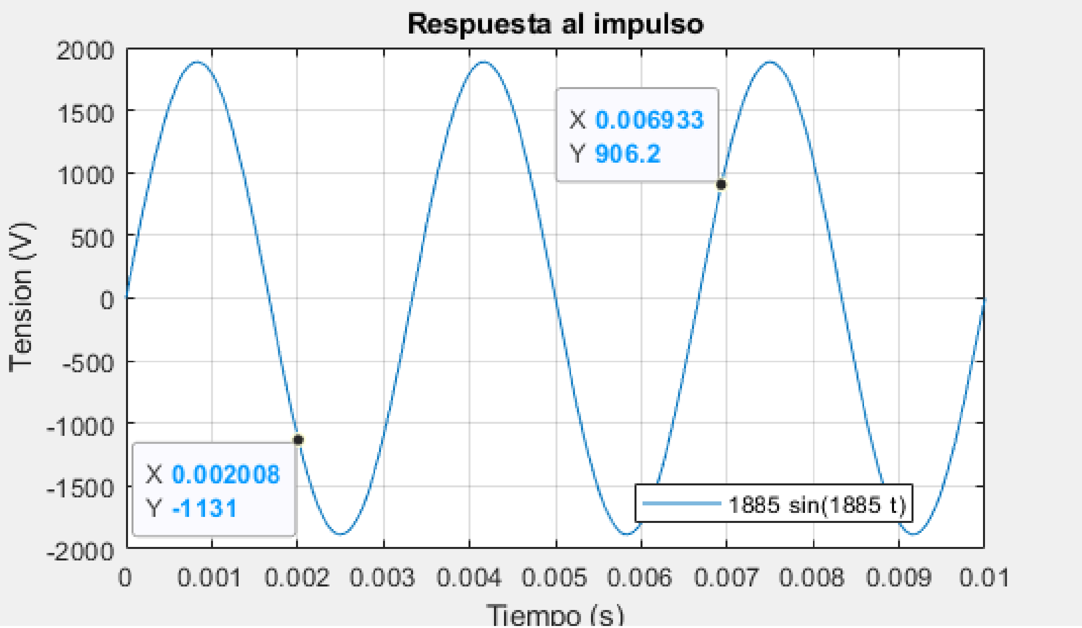


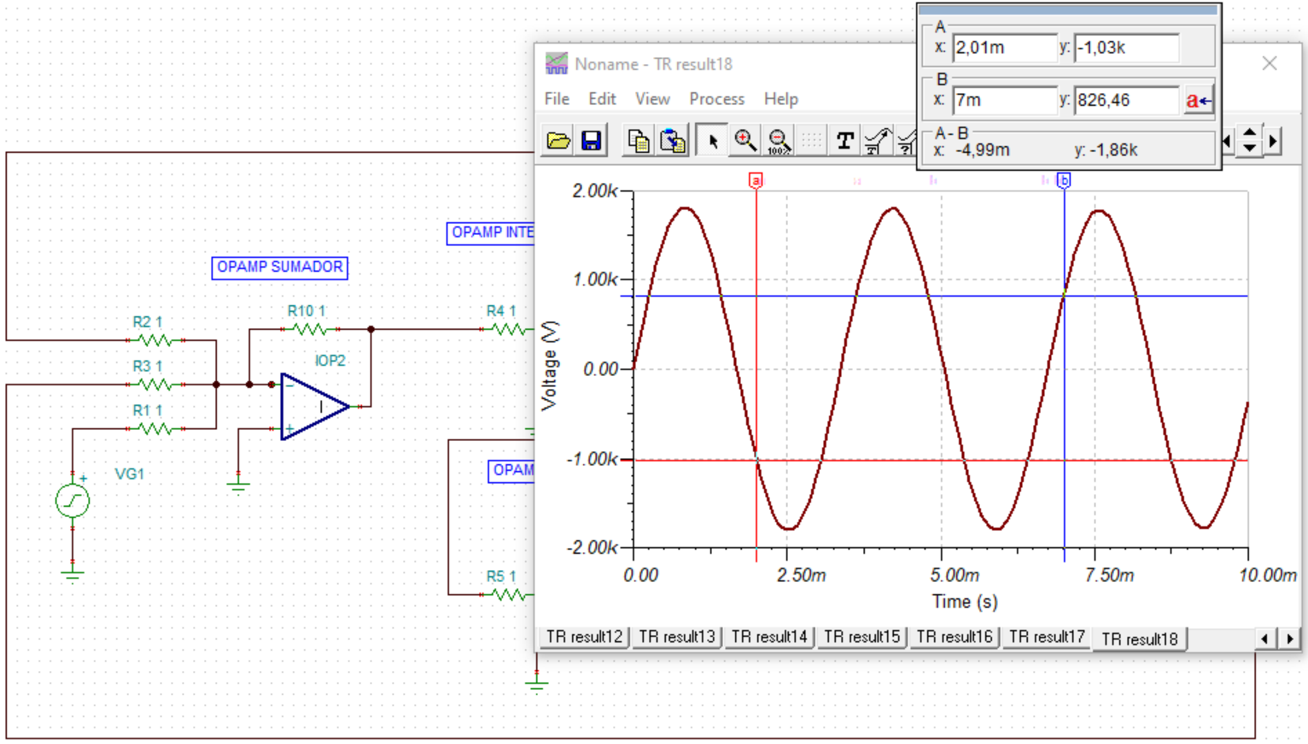
Respuesta al escalon unitario
X 0.005573
Y 1.472
X 0.002946
Y 0.2551
1-cos(1885 t)
Tension (V)
Tiempo (ms)


OPAMP SUMADOR
OPAMP INTEGRADOR
OPAMP INTEGRADOR
R2 1
R3 1
R1 1
R10 1
IOP2
R4 1
R5 1
C1 1
C2 1
VG1
Noname - TR result17
File Edit View Process Help
A x: 3m y: 265,35m
B x: 5,6m y: 1,5
A - B x: -2,6m y: -1,23
Voltage (V)
Time (s)
2.00
1.50
1.00
500.00m
0.00
0.00
2.50m
5.00m
7.50m
10.00m
TR result11
TR result12
TR result13
TR result14
TR result15
TR result16
TR result17
Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Respuesta al escalon unitario
Tension (V)
Tiempo (ms)
X 0.005573
Y 1.472
X 0.002946
Y 0.2551
1-cos(1885 t)
0 0.001 0.002 0.003 0.004 0.005 0.006 0.007 0.008 0.009 0.01
0 0.5 1 1.5 2


Impulse Response
System: H
Time (seconds): 0.00694
Amplitude: 911
System: H
Time (seconds): 0.002
Amplitude: -1.11e+03
Amplitude
Time (seconds)
2000
1500
1000
500
0
-500
-1000
0
0.001
0.002
0.003
0.004
0.005
0.006
0.007
0.008
0.009
0.01

VS


Respuesta al impulso
X 0.006933
Y 906.2
X 0.002008
Y -1131
1885 sin(1885 t)
Tension (V)
Tiempo (s)
2000
1500
1000
500
0
-500
-1000
-1500
-2000
0
0.001
0.002
0.003
0.004
0.005
0.006
0.007
0.008
0.009
0.01



Noname - TR result18
File Edit View Process Help
A
x: 2,01m y: -1,03k
B
x: 7m y: 826,46
A - B
x: -4,99m y: -1,86k
2.00k
1.00k
0.00
-1.00k
-2.00k
Voltage (V)
0.00 2.50m 5.00m 7.50m 10.00m
Time (s)
TR result12 TR result13 TR result14 TR result15 TR result16 TR result17 TR result18
OPAMP SUMADOR
OPAMP INTE
OPAM
R2 1
R3 1
R1 1
R10 1
R4 1
R5 1
IOP2
VG1

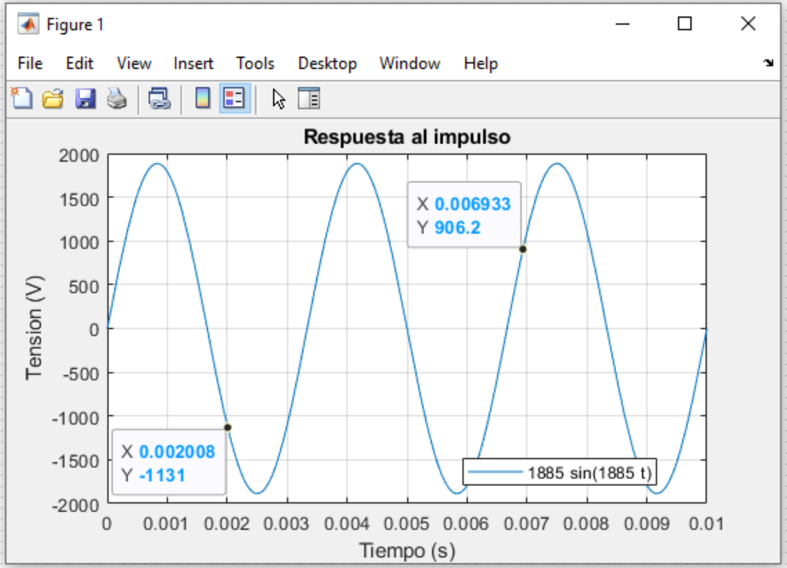


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Respuesta al impulso
2000
1500
1000
500
0
-500
-1000
-1500
-2000
Tension (V)
0 0.001 0.002 0.003 0.004 0.005 0.006 0.007 0.008 0.009 0.01
Tiempo (s)
X 0.006933
Y 906.2
X 0.002008
Y -1131
1885 sin(1885 t)