

Hay una manera más fácil de analizar los circuitos electrónicos (ecuación diferencial), que se llama la TRANSFORMADA DE LAPLACE.

Es más fácil porque me elimina la variable y punto  $dy/dt$ , y como consecuencia podemos tener una relación input/output directamente sin más variables.

Recuerden que en el circuito RC la ec diferencial era

$RCdy/dt+y(t)=x(t)$ . <---- ahí hay tres variables, input: $x(t)$ . output: $y(t)$  y  $dy/dt$  (variación del output).

TRANSFORMADA DE LAPLACE CONVIERTE SEÑALES EN EL TIEMPO EN OTRO TIPO DE SEÑALES:

$x(t)$  la convierte en  $X(s)$

$y(t)$  la convierte en  $Y(s)$

En este caso  $s$  es una variable que tiene que ver con vibraciones.

$dy/dt$  se convierte en  $sY(s)$

Propiedades:

homogeneidad:  $RCy(t)$  se convierte en  $RCY(s)$

lineal:  $x(t)+y(t)$  se convierte  $X(s)+Y(s)$

Si aplicamos LAPLACE a la ec. diferencial obtenemos:

$RCdy/dt+y(t)=x(t)$  se convierte en  $RCsY(s)+Y(s)=X(s)$

$RCsY(s)+Y(s)=X(s)$

$(RCs+1)Y(s)=X(s)$

$Y(s)=X(s)/(RCs+1)$  >>> obtengo una relación entrada salida sin otras variables que  $X$  y que  $Y$ .

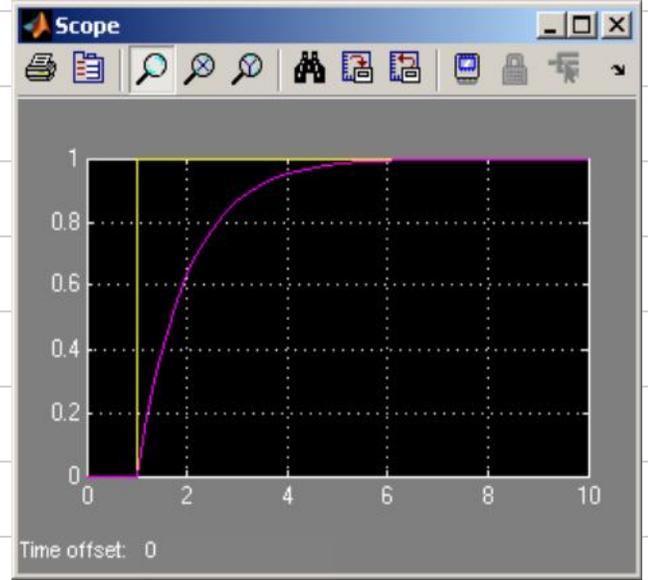
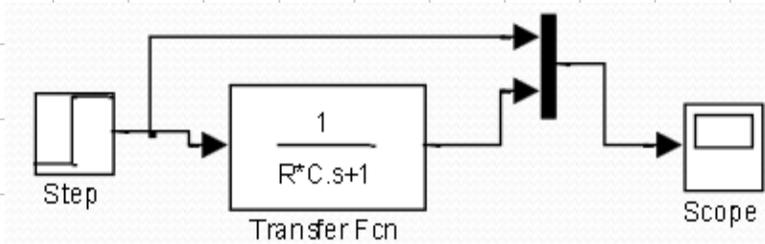
$Y(s)=[1/(RCs+1)]*X(s)$  Esto significa que a  $X$  se le multiplica por  $1/(RCs+1)$  para

$1/(RCs+1)$  se le llama TRANSFER FUNCTION.

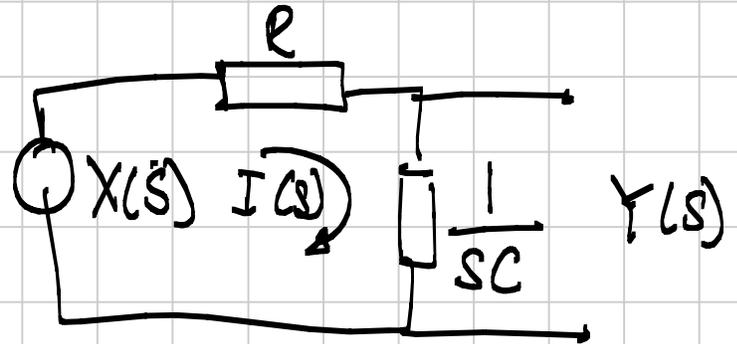
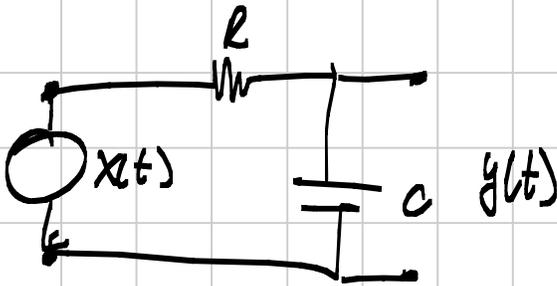
$$H(s)=1/(RCs+1).$$

Ventajas:

- podemos simular directamente el diagrama de bloques.
- Para diseñar circuitos electricos se empieza por  $H(s)$ .



Hay una manera directa de encontrar el Transfer Function a partir del circuito. Eso lo aprenden en EE3000 mediante fasores o impedancias generalizadas.



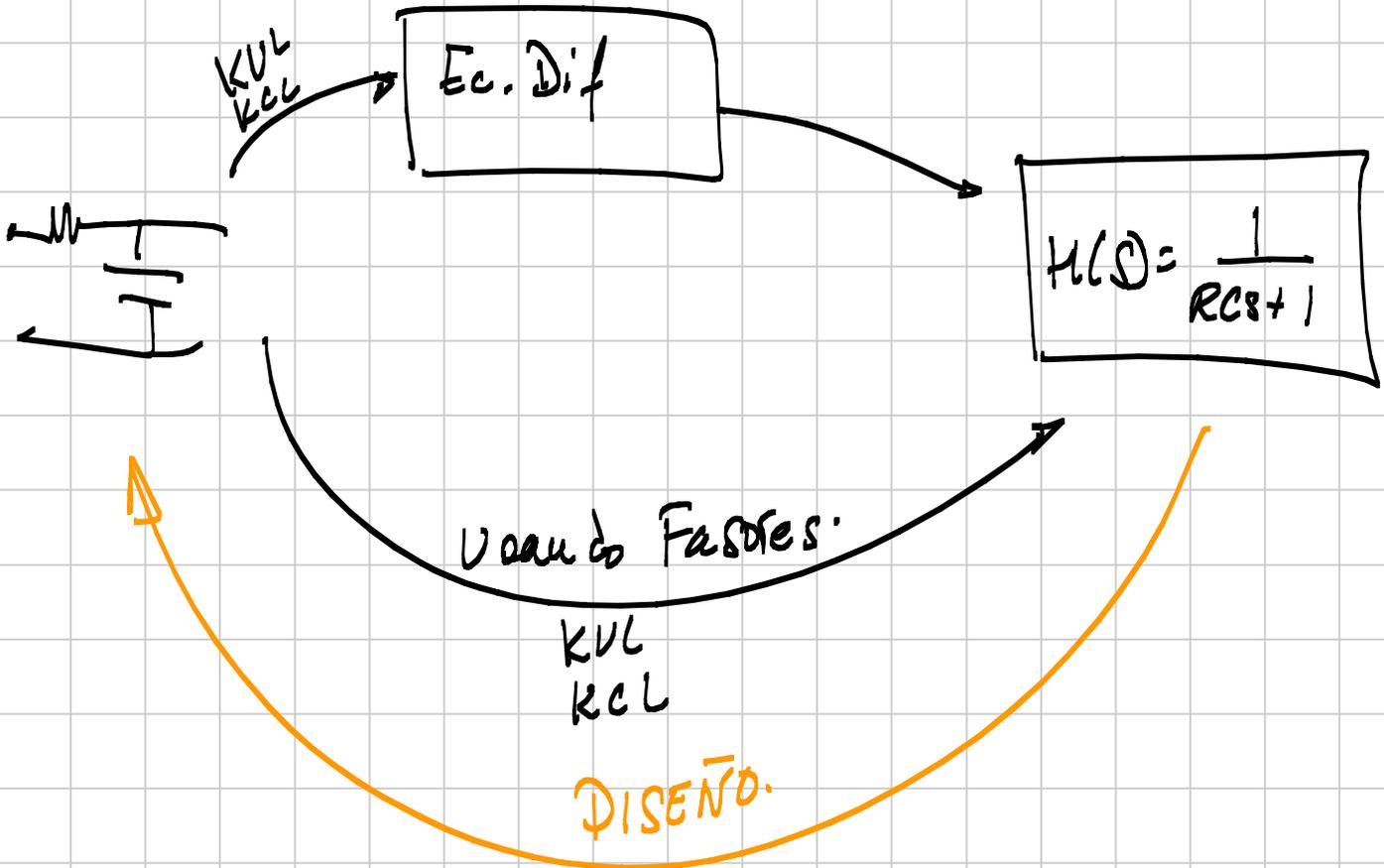
$$\text{KVL: } X(s) = I(s)R + I(s) \cdot \frac{1}{sC} = I(s) \left( R + \frac{1}{sC} \right)$$

$$\text{por otro lado } Y(s) = I(s) \cdot \frac{1}{sC}$$

$$X(s) = \left( Y(s) \cdot sC \right) \left( R + \frac{1}{sC} \right)$$

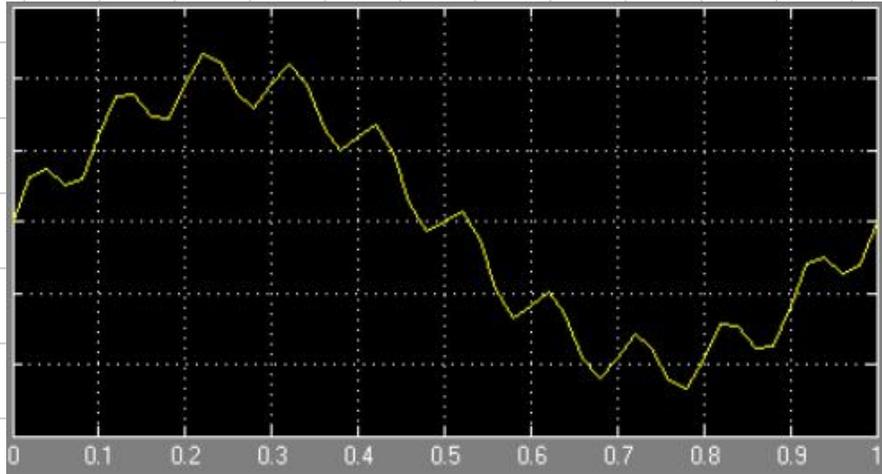
$$X(s) = Y(s) \cdot (sRC + 1)$$

$$Y(s) = \frac{1}{RCs + 1} X(s)$$

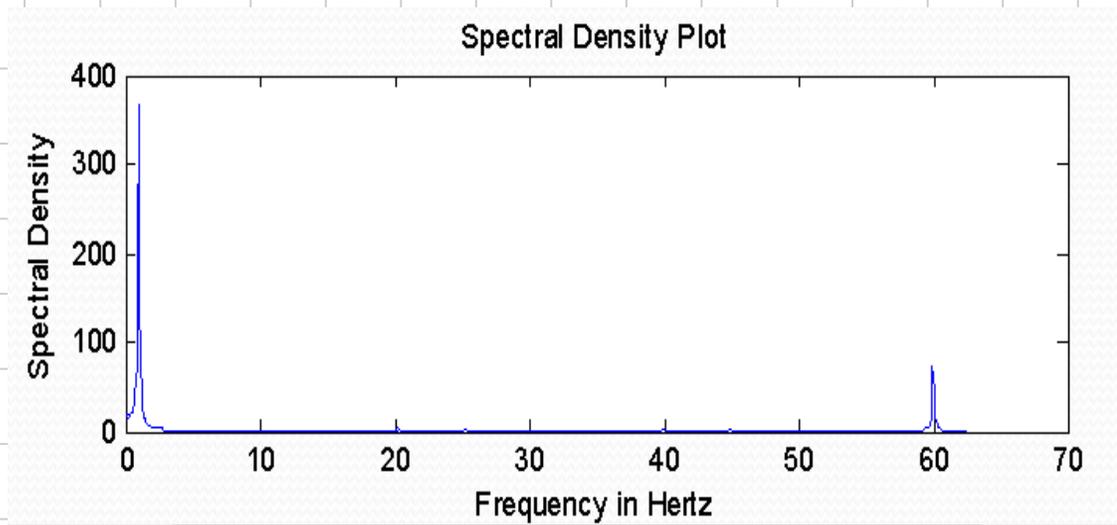


Para diseñar/sintetizar circuitos electricos vamos a ver un ejemplo:

Problema: eliminar el rizado de la siguiente señal:



Lo primero que se hace es analizar la señal usando un analizador de espectros para ver que frecuencias tiene la señal a limpiar.



En este caso vemos dos lineas espectrales. una bien alta a 1Hz. y otra más pequeña a 60Hz.

Vamos a diseñar un sistema que me deje pasar 1Hz y que bloquee 60Hz. Y eso se consigue con  $H(s)$ .

El numerador de  $H(s)$  va a ser un polinomio en  $s$ , con raíces especialmente situadas para eliminar los 60Hz.

Num  $H(s) = (s-s_z)$  donde  $s_z$  es un valor que represente 60Hz.

$s_z = 0+j2\pi*60$  la  $j$  es la  $i=\sqrt{-1}$

O sea, el numerador de  $H(s)$  es  $(s-j2\pi*60)$ .

TENEMOS UN PROBLEMA!!!  $H(s)$  no puede tener números complejos!!

Ok, voy a hacer magia matemática:

$(s-j2\pi*60)(s+j2\pi*60)=s^2+(2\pi*60)^2$  SE ME FUERON LAS JOTAS!!!

En el denominador voy a poner raíces para que la frecuencia de 1Hz pase sin modificar (eso es más complicado, y lo aprenderán en cursos avanzados de filtros).

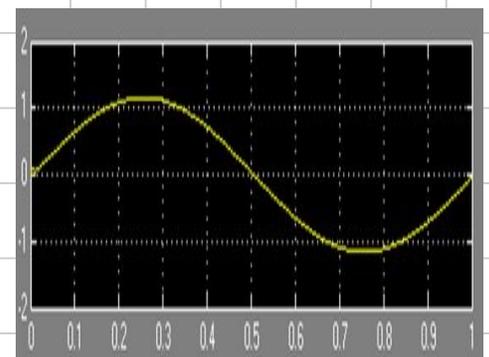
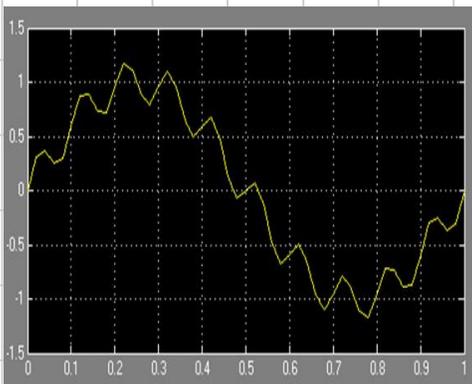
Por ahora, me creen y vamos a poner dos raíces una  $s=-360$  y otra en  $s=-340$ .

Den  $H(s) = (s+360)(s+340)$

Finalmente  $H(s) = s^2+(2\pi*60)^2 / [(s+360)(s+340)]$

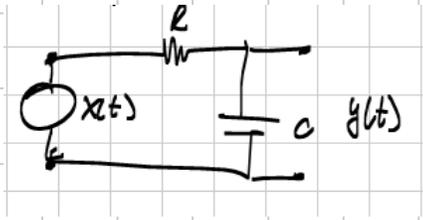
$$H(s) = \frac{s^2 + 4\pi^2 60^2}{(s + 340)(s + 360)}$$

Ahora, hay que simular para ver si realmente hace lo que yo quiero:

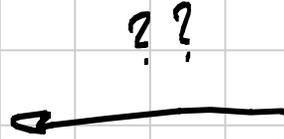


Ahora, a partir de  $H(s)$  vamos a obtener el circuito eléctrico.

Vamos a recordar como hicimos el análisis:



$$H(s) = \frac{1}{RCs + 1}$$



$$H(s) = \frac{s^2 + 4\pi^2 60^2}{(s + 340)(s + 360)}$$

Tengo que usar otra vez matemáticas para poner mi  $H(s)$  como la de arriba.  
Eso se consigue con PARTIAL FRACTION EXPANSION!!!

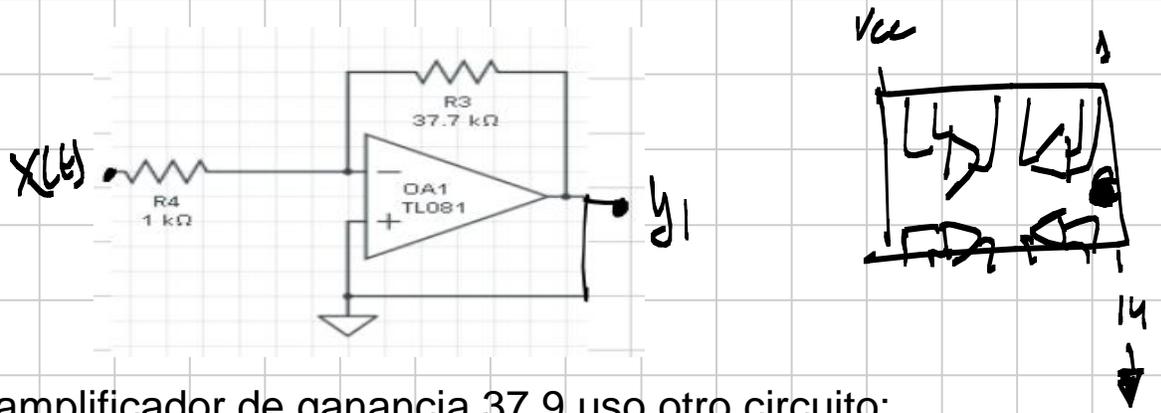
$$H(s) = \frac{s^2 + 4\pi^2 60^2}{(s + 340)(s + 360)} = \frac{R_1}{s + 340} + \frac{R_2}{s + 360}$$

$$\frac{-1.35861 \cdot 10^4}{s + 360} + \frac{1.2886 \cdot 10^4}{s + 340}$$

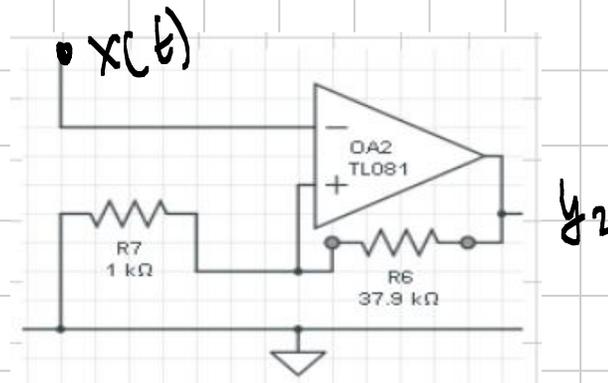
$$H(s) = \frac{-37.7}{\frac{1}{360}s + 1} + \frac{37.9}{\frac{1}{340}s + 1}$$

Eso es dos circuitos RC amplificadas con ganancias de -37.7 y 37.9 y sumados!!

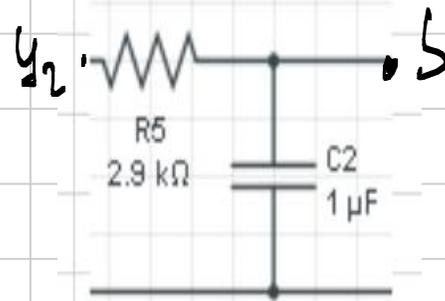
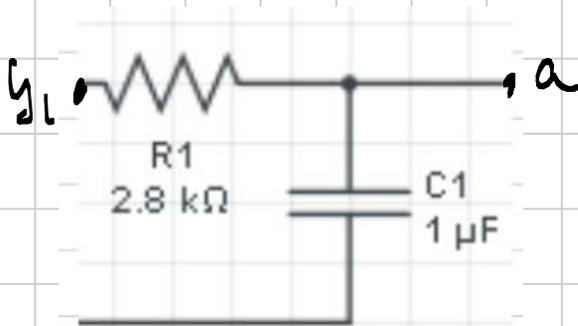
- Para obtener un amplificador de ganancia -37.7 uso el siguiente circuito:



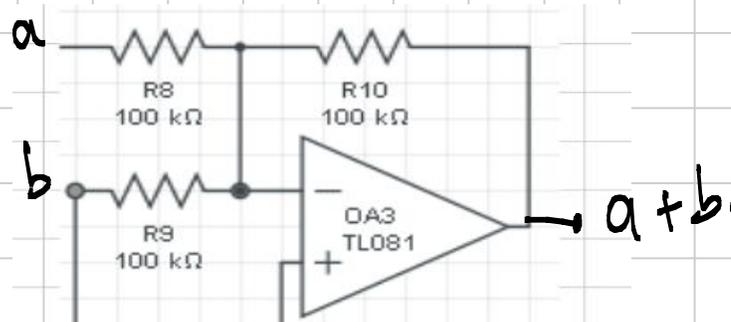
- Para obtener un amplificador de ganancia 37.9 uso otro circuito:

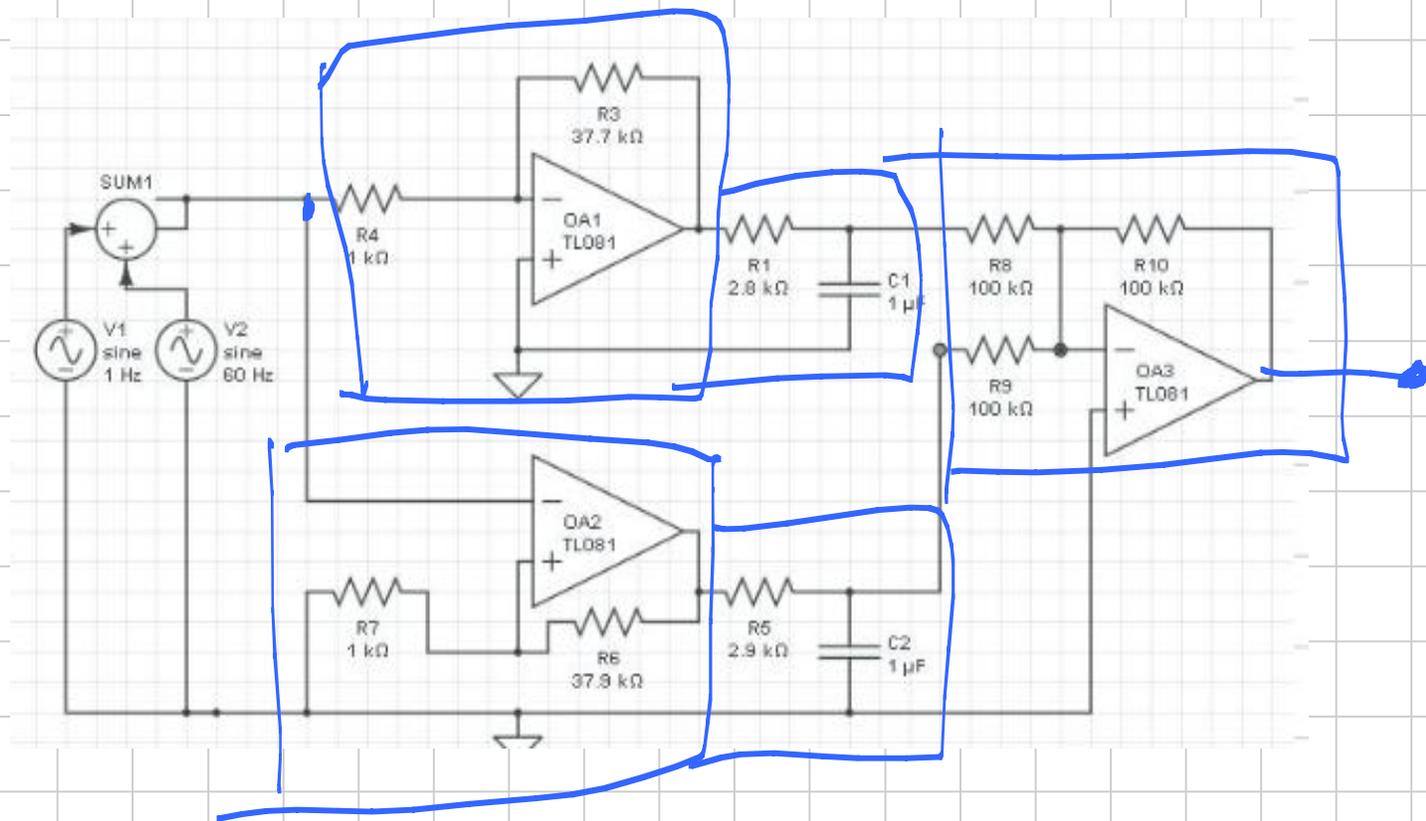


- Para los circuitos RC, ya sabemos:

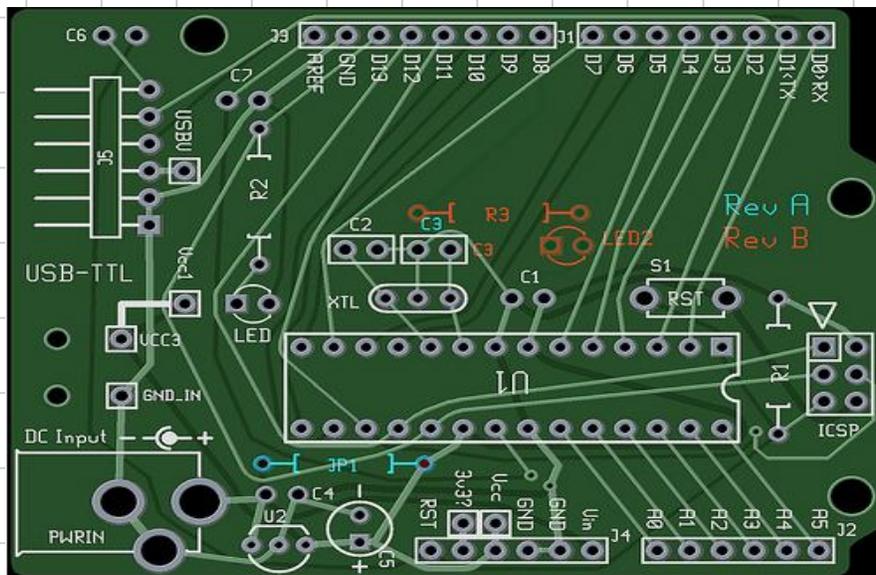


- Para sumarlos necesito un sumador:





Una vez hecho el circuito eléctrico (schematics), hay que hacer el physical Layout:



Despues hay que construir el PCB, soldar los componentes y testear:



