

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA
I.T. Telecomunicación (Sonido e Imagen)



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**Audioconecta: Diseño y montaje de
módulos de procesamiento analógico de
audio con fines didácticos -
Ecuilizadoros y filtros.**

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:

Carlos Figueroa Blazquez

Director/es:

D. Jose Marín Roig-Ramon

GANDIA, 2013

Tabla de contenido

1.1. Introducción AUDIOCONECTA.	4
1.1.1 Objetivos:	5
1.2. Introducción a los Filtrros.	7
1.3. Simulación en Orcad.	10
1.3.1 Filtro Paso Bajo.	10
1.3.2 Filtro Paso Alto	15
1.3.3 Filtro Paso Banda	18
1.4. Diseño Pcb.	21
1.4.1 Filtro Paso Bajo.	21
1.4.2 Filtro Paso Alto.	23
1.4.3 Filtro Paso Banda.	25
1.5. Montaje de los Circuitos.	27
1.5.1 Filtro Paso Bajo.	27
1.5.2 Filtro Paso Alto.	28
1.5.3 Filtro Paso Banda.	28
1.6. Medida de los Circuitos.	29
1.6.1 Filtro Paso Bajo.	29
1.6.3 Filtro Paso Banda.	31
1.7. Componentes Utilizados	33
1.8. Conclusiones	34
1.9. Bibliografía.	35

1.1. **Introducción AUDIOCONECTA.**

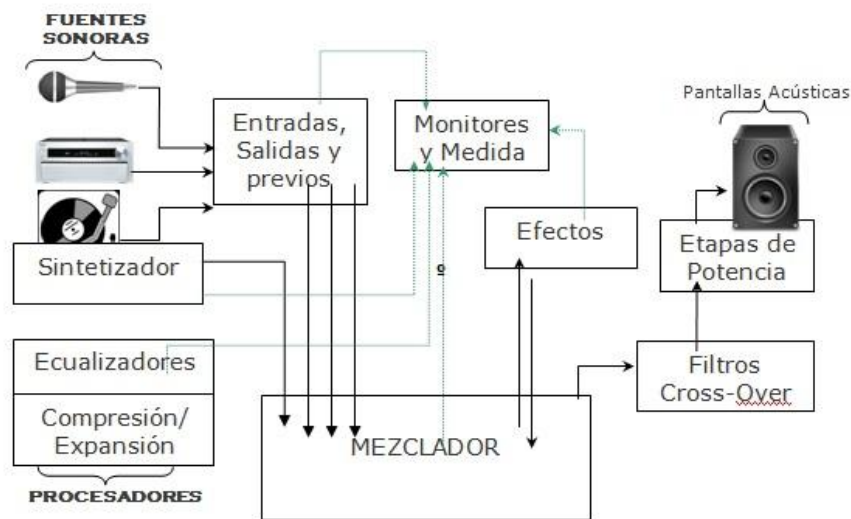
El proyecto que se va a realizar llamado AudioConecta es la representación teórica y práctica de cómo se encamina una señal desde una fuente sonora, ya sea la propia voz, un instrumento o reproductor hasta finalizar en un transductor electroacústico. En el proceso, la señal se amplificará, mezclará y sufrirá diversas modificaciones mediante algunos dispositivos.

Cada una de las fases del recorrido de procesado analógico de audio estarán implantadas por módulos que se puedan interconectar entre ellos con fines didácticos. Este proyecto tiene el fin de ser didáctico para el aprendizaje de niños y por ello cada módulo irá acompañado de una animación en Flash donde se explique el funcionamiento.

El proyecto se dividirá en diferentes partes, cada una desarrollada por un alumno y todas ellas mediante módulos. En la siguiente podemos observar las diferentes partes:

1. Entradas, salidas y previos.
2. Ecuadores.
3. Monitores y Medida.
4. Mezclador.
5. Efectos.
6. Compresión/Expansión.
7. Sintetizadores.
8. Filtros Cross-Over.
9. Etapas de potencia.

En este caso, se desarrollará la segunda parte del proyecto, y dentro de los filtros, el paso bajo, paso alto y paso banda. En la siguiente imagen podemos apreciar el proceso y los encaminamientos que deberá tener este proyecto:



1.1.1 Objetivos:

Diseño y montaje de tres módulos para:

- Filtro Paso Bajo
- Filtro Paso Alto
- Filtro Paso Banda

El diseño será modular y se montará sobre un panel de metacrilato siendo accesibles los controles y la placa de circuito impreso para su aplicación didáctica.

ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Cada uno de los filtros consta de su propia memoria, ésta estará estructurada de la siguiente forma:

INTRODUCCIÓN

Esta parte constará de una breve descripción del circuito, sus principales características, algunas especificaciones técnicas y explicación de algunos conceptos a tener en cuenta.

ANALISIS DE LOS FILTROS

Cada circuito dispondrá de diferentes etapas que deberán de ser analizadas por separado, una vez analizadas y simuladas con el programa PSPICE, pasaremos a analizar el circuito a frecuencias medias y calcular así su ganancia total.

DISEÑO DEL PCB

Para la realización del circuito impreso vamos a utilizar el editor EAGLE que es una sencilla herramienta que te permite el desarrollo de circuitos impresos (PCB's. El nombre EAGLE es un acrónimo de *Easily Applicable Graphical Layout Editor*.

El programa consta de tres módulos principales:

- Editor de circuito impreso (*Layout Editor*)
- Editor de diagramas esquemáticos (*Schematic Editor*)
- Autorouter

Estos tres módulos están integrados en una sola interfaz de usuario, lo que permite crear fácilmente el diseño para la placa de circuito impreso a partir del circuito implementado en el editor esquemático.

Gracias a este editor se logra diseñar esquemas y placas de circuito con autorouter, es decir con la función que automatiza el dibujo de pistas en la placa de circuitos impresos, y todo esto en un entorno ergonómico.

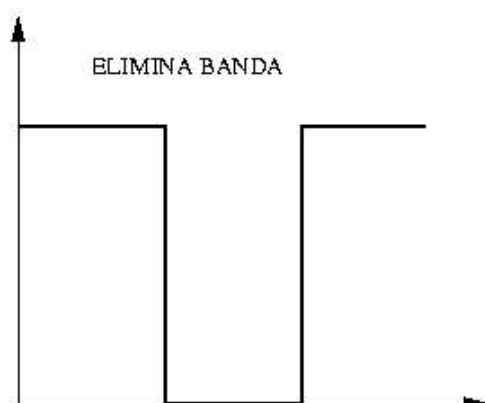
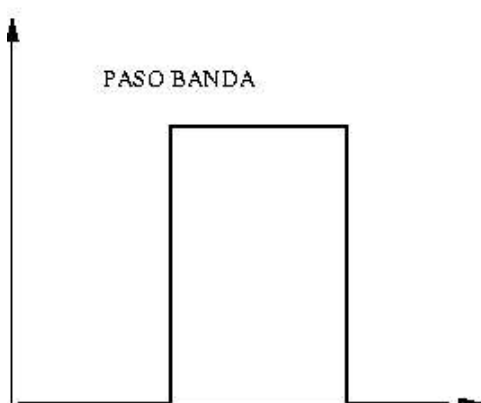
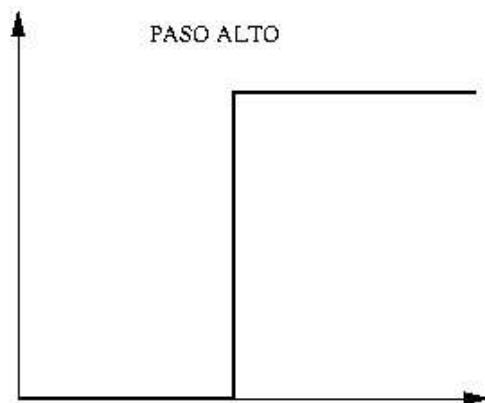
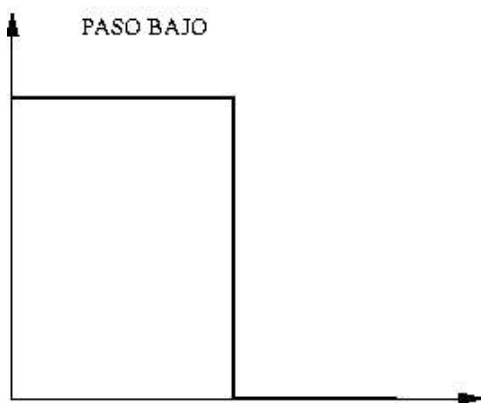
1.2. Introducción a los Filtrros.

Un filtro es un sistema que permite el paso de señales eléctricas a un rango de frecuencias determinadas e impide el paso del resto.

Se utilizan para acondicionar señales de entrada, Digitalizar señales y acondicionamiento de señal producida.

Se pueden clasificar mediante su función de transferencia en:

- Filtro Paso Bajo
- Filtro Paso Alto
- Filtro Paso Banda
- Filtro Eliminada Banda.



Filtros Ideales.

En comparación con el filtro ideal, los filtros reales adolecen de los siguientes defectos:

- La transición entre la banda que se quiere dejar pasar y la que se quiere eliminar no es abrupta, sino que tiene una determinada pendiente que depende del número de orden del filtro.
- La respuesta en fase no es lineal, esto aumenta la distorsión de la señal significativamente.

La ganancia y la fase de un filtro puede ser optimizada para satisfacer uno de los siguientes tres criterios:

- Una respuesta máxima plana en la banda de paso.
- Una transición rápida entre la banda de la señal deseada y la no deseada.
- Una respuesta de fase lineal.

Para conseguir este propósito, la función de transferencia deberá tener polos complejos:

Los filtros que se pueden implementar a partir de este polinomio serán:

- Butterworth. Optimiza la respuesta plana en la banda de paso.
- Tschebyscheff. Tiene una respuesta más abrupta. Optimiza la transición.
- Bessel. Optimiza la respuesta en fase.

Nosotros utilizaremos Filtros Sallen & key para obtener dicha respuesta.

En este proyecto, vamos a diseñar y montar tres clases de filtros diferentes, paso bajo, paso alto y paso banda, para ver cómo funciona cada uno de ellos y podremos variar la ganancia e incluso en alguno podremos modificar el ancho de banda del filtro si así lo deseamos.

En los siguientes apartados del proyecto veremos graficas y explicaremos que hacen y cómo funcionan cada uno de estos filtros.

Haciendo hincapié en la idea de la introducción, vamos a desarrollar el proceso para crear los tres filtros, desde diseñarlos y darles valores a los componentes, hasta montarlos físicamente y probarlos.

En los dos siguientes puntos utilizaremos el software Orcad Capture para simular los circuitos, y además el Eagle, con el haremos los pcb donde colocaremos los componentes.

Seguiremos el orden de Filtro Paso Bajo, luego Paso Alto y por último el Paso Banda.

1.3. Simulación en Orcad.

1.3.1 Filtro Paso Bajo.

El **filtro paso bajo** ideal es un circuito formado por un resistor y un capacitor, que permite el paso de las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte (F_c) y elimina las que sean superiores a ésta.

La reactancia capacitiva cambia con la frecuencia. Para altas frecuencias X_C es baja logrando con esto que las señales de estas frecuencias sean atenuadas. En cambio a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia capacitiva es grande, lo que causa que estas frecuencias no se vean afectadas o son afectadas muy poco por el filtro.

La frecuencia de corte es aquella donde la amplitud de la señal entrante cae hasta un 70.7 % de su valor máximo. Y esto ocurre cuando $X_C = R$. (reactancia capacitiva = resistencia). Si $X_C = R$, la frecuencia de corte será: $F_c = 1 / (2 \times \pi \times RC)$.

La banda de frecuencias por debajo de la frecuencia de corte se llama Banda de paso, y la banda de frecuencias por encima de F_c se llama Banda de atenuación

La *Figura 1.1* muestra un filtro paso bajo Butterworth de orden 6 simulado con Matlab®. El eje de abscisas muestra la frecuencia angular normalizada respecto la frecuencia de corte. El eje de ordenadas muestra la función de transferencia del filtro. Tal y como se puede apreciar, existen dos zonas bien diferenciadas en la respuesta del filtro, la banda de paso y la suprimida.

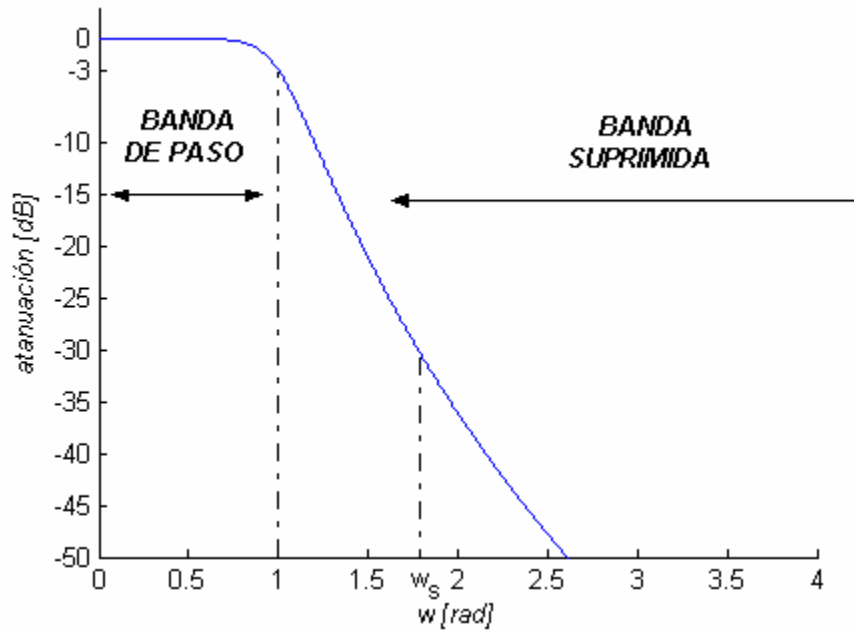


Figura 1.3.1: Filtro paso bajo

La banda de paso define el contenido frecuencial que se desea seleccionar. En el caso ideal, es la zona en la cual las señales no se verán atenuadas por el filtro. Ésta zona viene delimitada por la frecuencia de corte, que normalmente valdrá uno en el caso de estar normalizada.

El margen frecuencial que contiene la banda de paso se denomina ancho de banda del filtro, que para el caso de un filtro paso bajo coincide con la frecuencia de corte.

La banda suprimida es en el caso ideal la zona en la cual el filtro ya no deja pasar ninguna componente frecuencial. En realidad, la atenuación que ofrece es muy alta pero no llega a ser infinito.

También suele definirse como especificación de entrada una frecuencia w_s para la cual se precisa una atenuación mínima deseada. En el caso de la *Figura 1.1*, ésta atenuación es de 30 dB para la frecuencia w_s definida.

Para nuestro caso particular, hemos escogido un filtro paso bajo de sellen-key de orden 2, el cual se muestra en la siguiente figura:

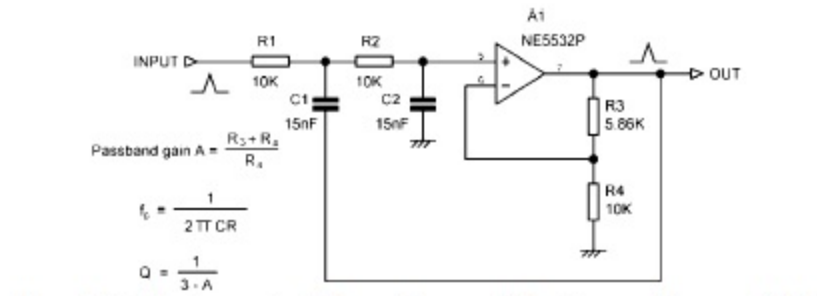


Figura 1.3.2.- Filtro paso bajo elegido.

En la siguiente figura se muestra como trabaja nuestro tipo de filtro:

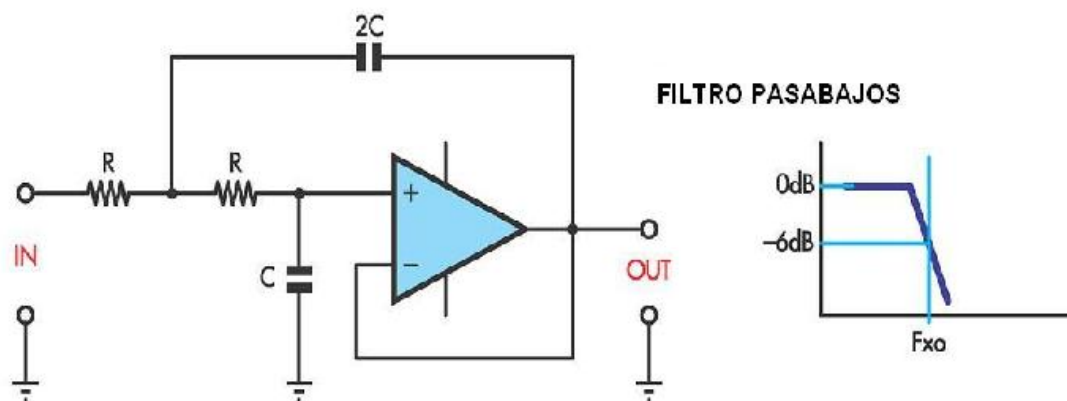


Figura 1.3.3.- Filtro paso bajo Tipo

La única diferencia es a la salida del Operacional que nosotros colocaremos dos resistencias para poder variar la ganancia como veremos más adelante.

Después de dibujar el circuito y dar valores a los componentes, el siguiente paso será simularlo con el programa Orcas Pspice.

Para ello podremos hacerlo de varias formas, nosotros utilizaremos el método de código, en cual consiste en escribir las entradas y salidas de cada componente además del valor y un nudo en el circuito.

En nuestro caso quedo de la siguiente forma:

```

Amplificador          EGND 99 0 POLY(2) (3,0) (4,0) 0          VB  9 0 DC 0
                      .5 .5
Vi 1 0 ac 1          FB  7 99 POLY(5) VB VC VE          VC  3 53 DC 2.200
R1 1 2 10k          VLP VLN 0 4.715E6 -5E6 5E6 5E6          VE  54 4 DC 2.200
                      -5E6
C1 2 5 15n          GA  6 0 11 12 282.8E-6          VLIM 7 8 DC 0
R2 2 3 10k          GCM  0 6 10 99 8.942E-9          VLP 91 0 DC 25
.SUBCKT TL082  1 2 3 4 5
C1  11 12 3.498E-12          ISS  3 10 DC 195.0E-6          VLN  0 92 DC 25
C2  6 7 15.00E-12          HLIM 90 0 VLIM 1K          .MODEL DX D(IS=800.0E-18)
DC  5 53 DX          J1  11 2 10 JX          .MODEL JX PIF(IS=15.00E-12
DE  54 5 DX          J2  12 1 10 JX          BETA=270.1E-6 VTO=-1)
DLP 90 91 DX          R2  6 9 100.0E3          .ENDS
DLN 92 90 DX          RD1 4 11 3.536E3          Vcc 6 0 15
DP  4 3 DX          RD2 4 12 3.536E3          Vee 0 7 15
E1 5 0 2 4 200000          RO1 8 5 150          .ac dec 100 1 1meg
R3 5 4 5.86k          RO2 7 99 150          .probe
R4 4 0 10k          RP  3 4 2.143E3          .end
C2 3 0 15n          RSS 10 99 1.026E6

```

Para este método, debemos crear un archivo de texto y guardarlo como .cir, de este modo Orcad entiende que lo escribimos de forma matricial.

Además hemos utilizado el comando para el AO TL082, el cual vamos a utilizar para montarlo físicamente.

El resultado después de simularlo sería algo parecido al de la figura 2.1 dependiendo de los valores asignados a los componentes:

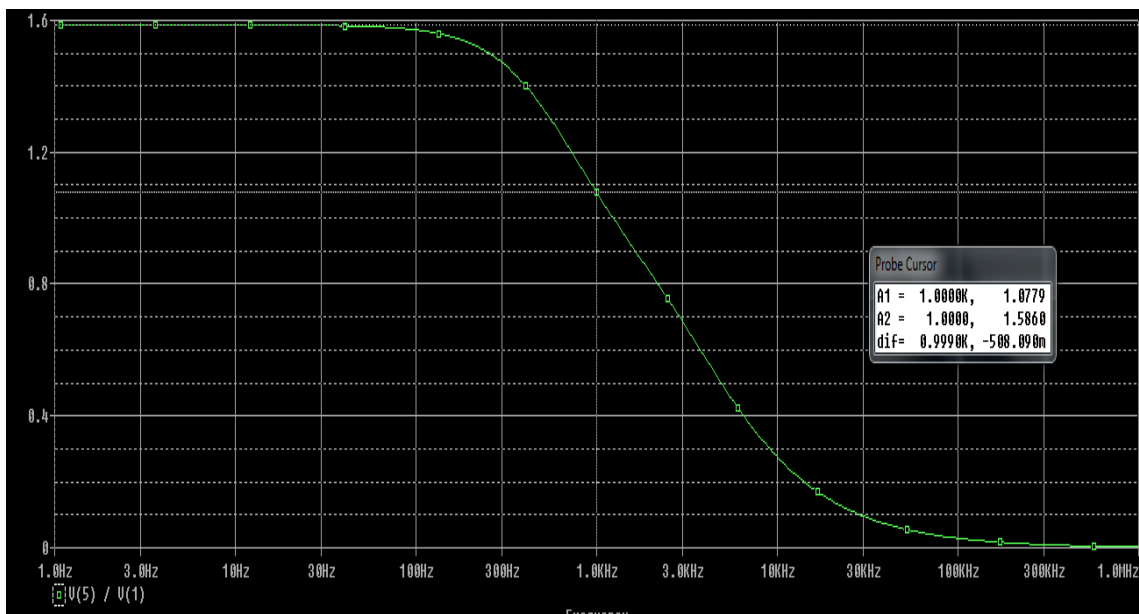
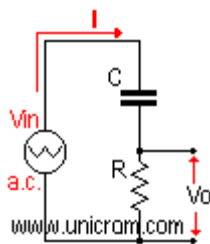


Figura 1.3.4: Simulación Filtro Paso bajo Orcad

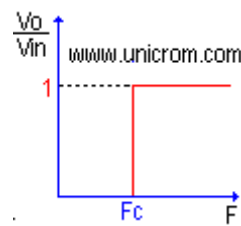
A la vista de los resultados, vemos perfectamente el filtro paso bajo, y además observamos que a la frecuencia de 1kHz tenemos ganancia unidad que es lo que buscábamos con los valores de los componentes.

1.3.2 Filtro Paso Alto

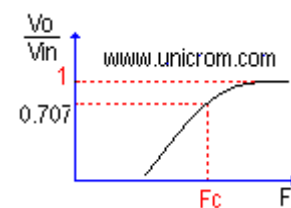
El filtro paso alto ideal es un circuito que permite el paso de las frecuencias por encima de la frecuencia de corte (F_c) y elimina las que sean inferiores a ésta.



Pasa Alta orden 1



Pasa alta Ideal



Pasa alta Real.

La principal característica de este tipo de filtros, es el atenuar la señal a valores de frecuencia bajos. Algunos filtros pasa altos, no solo tienen efecto atenuador sino que también provocan un adelantamiento en la fase y derivación en la señal.

Un filtro pasa-alta permite el paso a través del mismo de todas las frecuencias superiores a su frecuencia de corte sin atenuación. Las frecuencias por debajo del punto de corte serán atenuadas. Como la frecuencia por debajo del punto de corte se reduce, esta atenuación, definida en db por octava, se incrementa.

Los filtros pasa-alta estándares siguen incrementos de 6 db por octava, así los filtros de 6 DB, 12 DB, 18 DB y 24 DB por octava son comunes. Debe observarse que cuanto mayor es la pendiente de atenuación, mayor es el desplazamiento de fase dentro de la banda de paso.

Para nuestro caso, el circuito elegido es un filtro pasa alta de orden 2 de sellen and key, el cual mostramos en la siguiente figura:

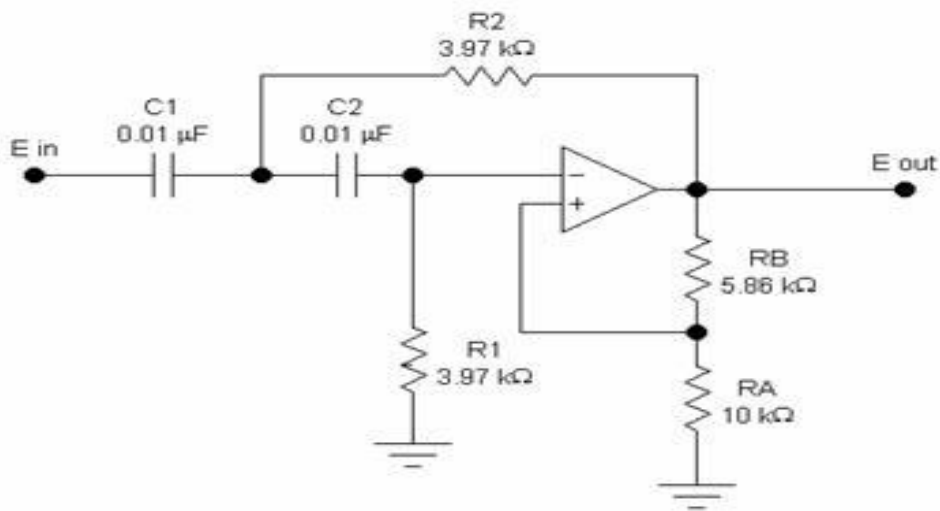


Figura 1.3.5: Filtro pasa Alta orden 2 elegido.

Una vez tenemos elegido el circuito es muy importante saber el valor de las tensiones que les van a llegar a cada uno de ellos para que no sature la señal y no se produzcan fallos posteriores.

Además, también hay que tener en cuenta a la hora de simular definir bien el valor de cada componente ya que de esto dependerá la frecuencia de corte y la ganancia de nuestro de filtro, ya que lo hemos decidido hacer de ganancia variable.

Para nuestro circuito, La frecuencia de corte será de 4khz (3 db por debajo del máximo) y la ganancia será de 1,6 (ya que la ganancia sera igual a $1+(r_a/r_b)$) tal y como se muestra en la figura 2.2.

Lo primero para simular la señal en el orcad será meter el circuito .cir y darle los valores, lo haremos de la siguiente manera:

Amplificador

Vi 1 0 ac 1

C1 1 2 10n

R1 2 5 3.9k

C2 2 3 10n

R2 3 0 3.9k

E1 5 0 2 4 200000

R3 5 4 5.86k

R4 4 0 10k

Hay que recordar que en la secuencia no hemos medido los datos del AO TL 082, pero son los mismos que para el paso bajo asique por omitir el repetirlo no lo ponemos.

El siguiente paso será simular el circuito con el Pspice y calcular la ganancia del circuito, la cual se muestra en la siguiente figura:

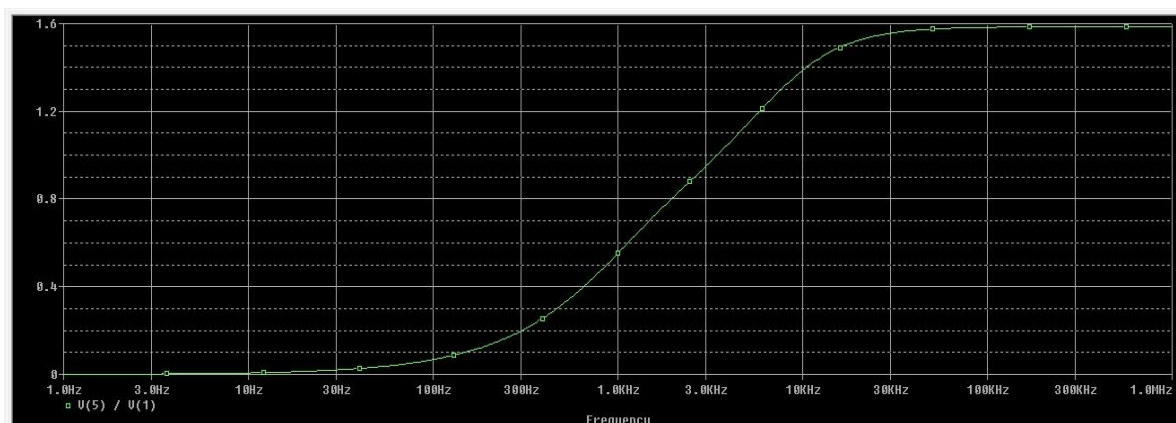


Figura 1.3.6: Simulación Filtro pasa Alta

1.3.3 Filtro Paso Banda

Un **filtro paso banda** es un tipo de filtro electrónico que deja pasar un determinado rango de frecuencias de una señal y atenúa el paso del resto.

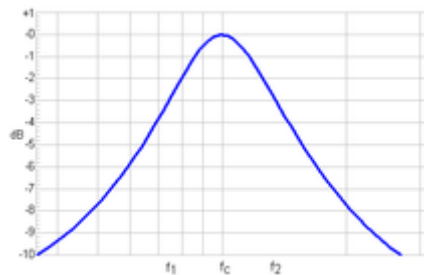


Figura 1.3.7.- Filtro paso banda

Un filtro ideal sería el que tiene unas bandas pasante y de corte totalmente planas y unas zonas de transición entre ambas nulas, pero en la práctica esto nunca se consigue, siendo normalmente más parecido al ideal cuando mayor sea el orden del filtro, para medir cuanto de "bueno" es un filtro se puede emplear el denominado factor Q.

Realmente resulta complicado construir un filtro paso banda ideal (y, en general, filtros de respuesta ideal) en el mundo analógico, esto es, a base de componentes pasivos como inductancias, condensadores o resistores, y activos como operacionales o simples transistores

En filtros de órdenes altos suele aparecer un rizado en las zonas de transición conocido como efecto Gibbs

En nuestro caso, al ser un filtro de segundo orden no tendremos este tipo de problemas.

El circuito que hemos montado es el siguiente:

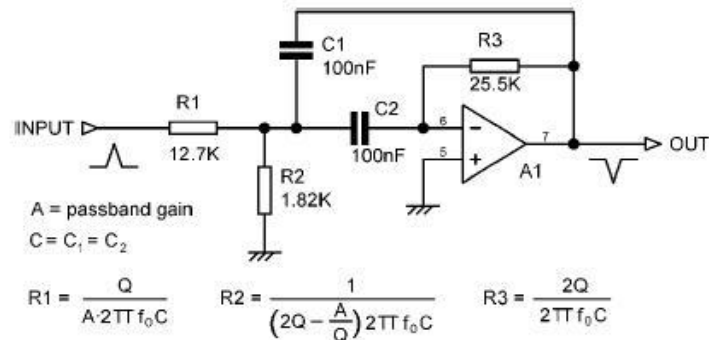


Figure 5.9: A bandpass multiple-feedback filter with $f_0 = 250$ Hz, $Q = 2$, and a gain of 1

Figura 1.3.8.- Filtro Paso Banda elegido

Una vez tenemos elegido el circuito es muy importante saber el valor de las tensiones que les van a llegar a cada uno de ellos para que no sature la señal y no se produzcan fallos posteriores.

Además, también hay que tener en cuenta a la hora de simular definir bien el valor de cada componente ya que de esto dependerá la frecuencia de corte, para nuestro circuito, la frecuencia central será de 250 hz y la ganancia será de 1

Lo primero para simular la señal en el orcad será meter el circuito .cir y darle los valores, lo haremos de la siguiente manera:

Amplificador

Vi 1 0 ac 1

R1 1 2 12.7k

R2 2 0 1.8k

C1 2 4 100n

C2 2 3 100n

R3 3 4 25.5k

E1 4 0 0 3 200000

Hay que recordar que en la secuencia no hemos metido los datos del AO TL082, pero son los mismos que para el paso bajo asique por omitir el repetirlo no lo ponemos.

El siguiente paso será simular el circuito con el Pspice y calcular la ganancia del circuito, la cual se muestra en la siguiente figura:

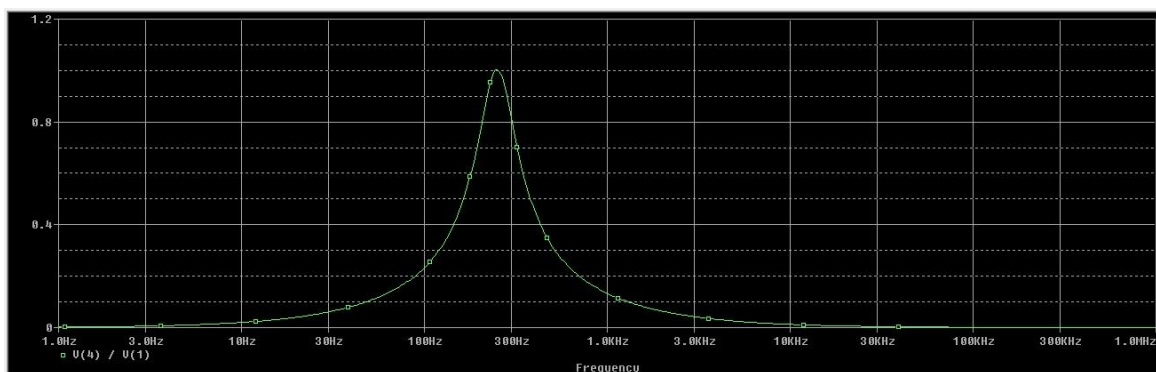


Figura 1.3.9.- Flitro paso banda en psice.

1.4. Diseño Pcb.

1.4.1 Filtro Paso Bajo.

Como dijimos en la introducción, tras analizar el circuito en orcad y comprobar que funciona correctamente, procedemos a montarlo en el Eagle, de este modo, para el filtro paso bajo quedaría lo siguiente:

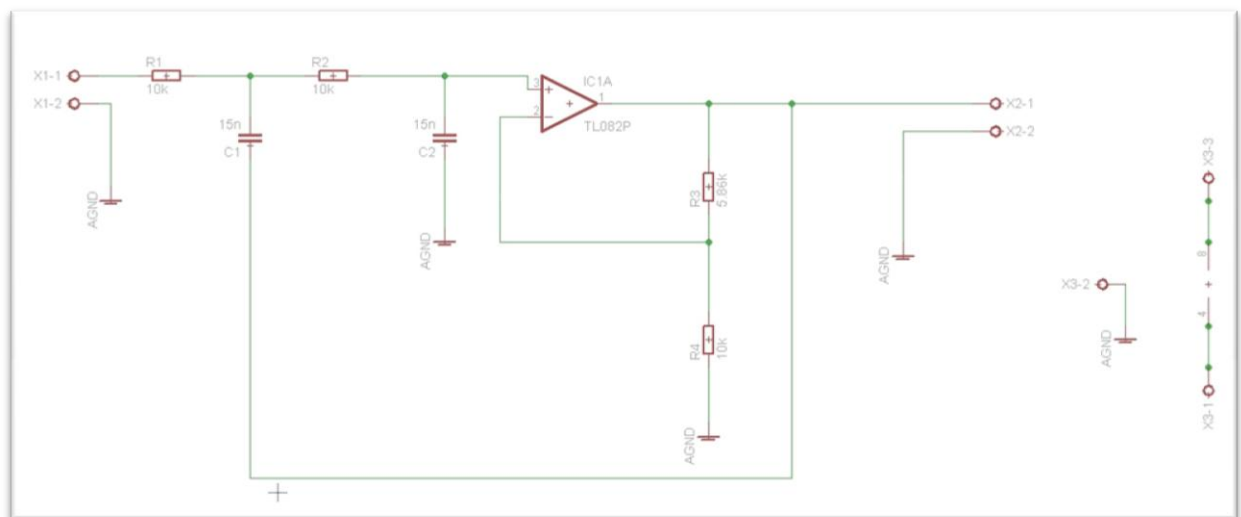


Figura 1.4.1: Simulación Filtro paso bajo

Buscamos los componentes en las librerías y lo montamos tal y como se adjunta en la figura 1.3.

Una vez comprobado que no hay ningún fallo de montaje, pasamos a crear el pcb. Este puede colocarse de la manera que uno quiera, yo en particular he elegido esta disposición:

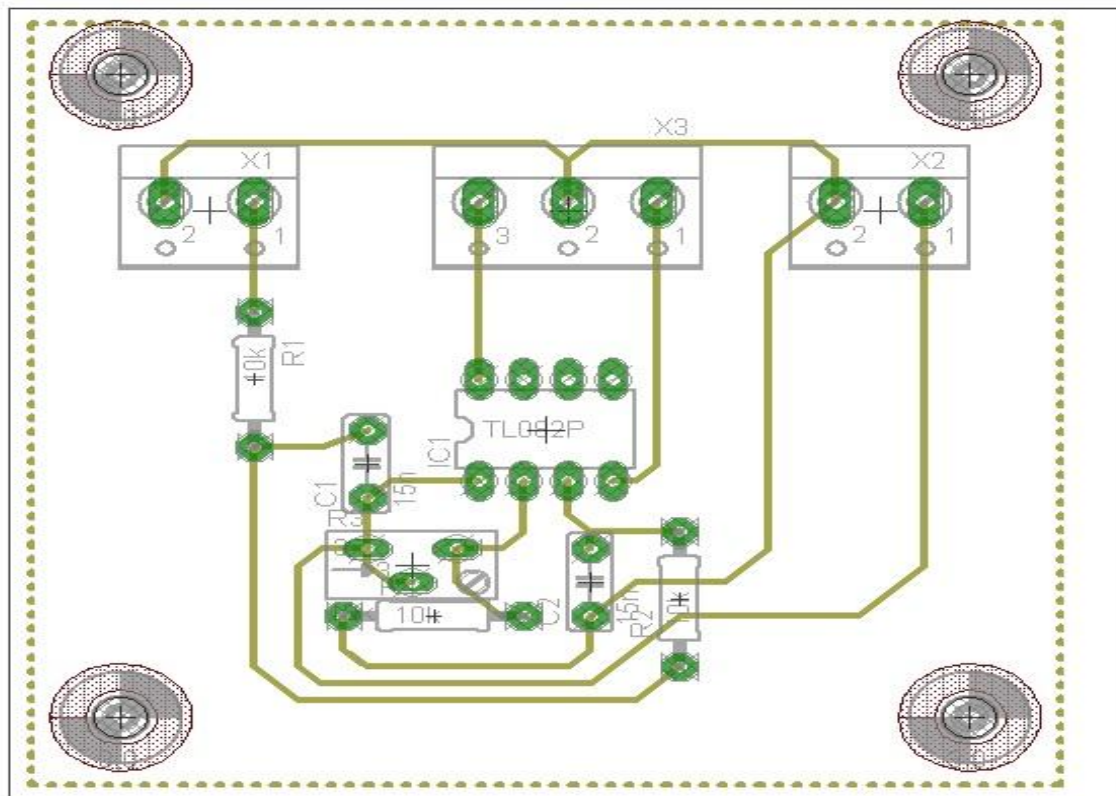


Figura 1.4.2: Pcb Filtro paso bajo

Por último, cuando nos aseguramos de que todos los cables estén bien conectados y los pads tan grandes como necesitemos, procedemos a imprimir el pcb y montarlo físicamente.

1.4.2 Filtro Paso Alto.

Como dijimos en la introducción, tras analizar el circuito en orcad y comprobar que funciona correctamente, procedemos a montarlo en el Eagle, de este modo, para el filtro paso alto quedaría lo siguiente:

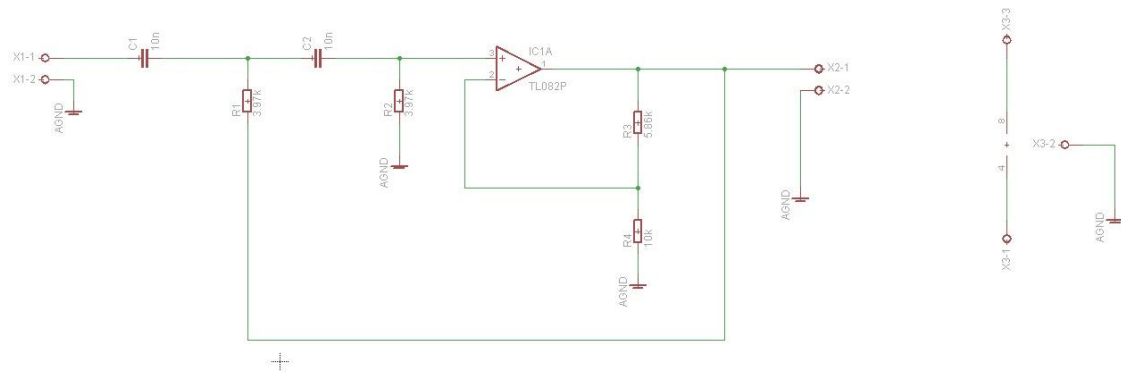


Figura 1.4.3: Simulación Filtro paso alto

Buscamos los componentes en las librerías y lo montamos tal y como se adjunta en la figura 1.3.

Una vez comprobado que no hay ningún fallo de montaje, pasamos a crear el pcb. Este puede colocarse de la manera que uno quiera, yo en particular he elegido esta disposición:

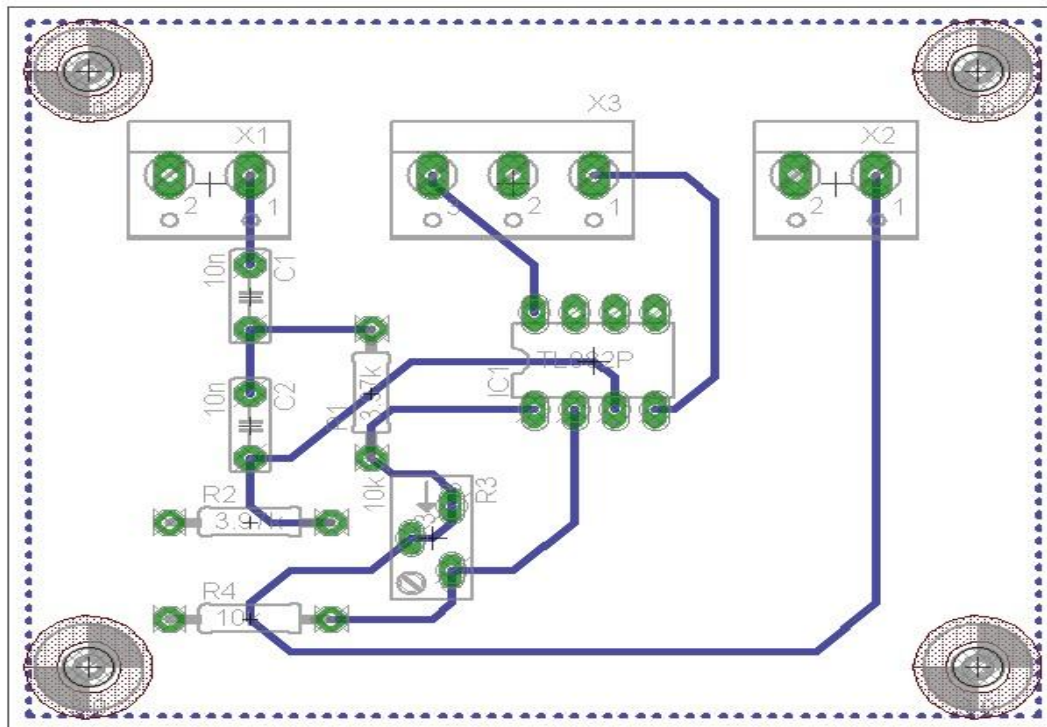


Figura 1.4.4: Simulación Filtro paso alto en eagle

Por último, cuando nos aseguramos de que todos los cables estén bien conectados y los pads tan grandes como necesitemos, procedemos a imprimir el pcb y montarlo físicamente.

1.4.3 Filtro Paso Banda.

Como dijimos en la introducción, tras analizar el circuito en orcad y comprobar que funciona correctamente, procedemos a montarlo en el Eagle, de este modo, para el filtro paso banda quedaría lo siguiente:

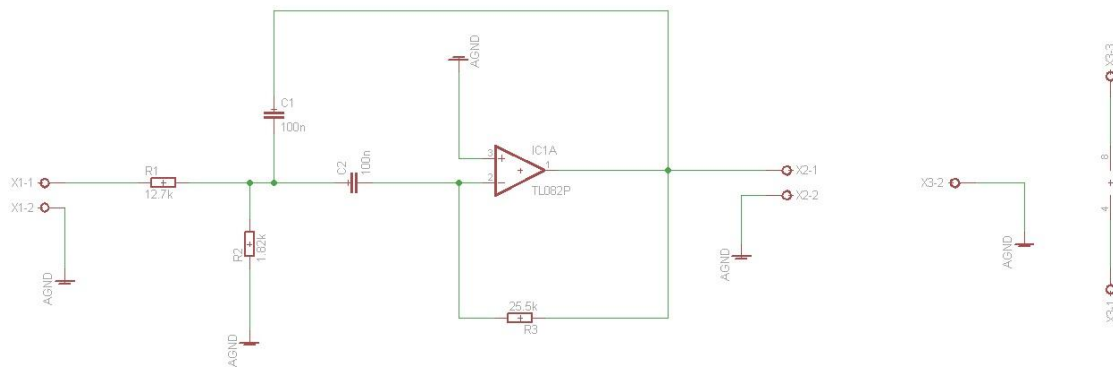


Figura 1.4.5 . – Filtro paso banda en Eagle.

Buscamos los componentes en las librerías y lo montamos tal y como se adjunta en la figura 1.3.

Una vez comprobado que no hay ningún fallo de montaje, pasamos a crear el pcb. Este puede colocarse de la manera que uno quiera, yo en particular he elegido esta disposición:

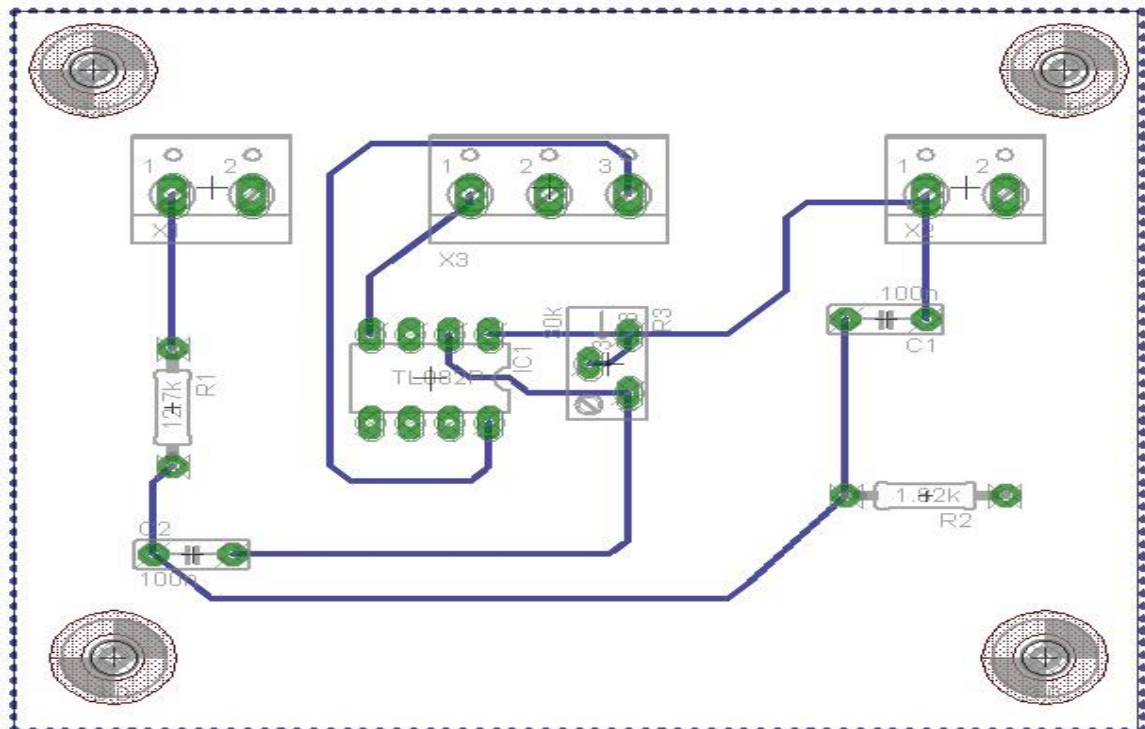


Figura 1.4.6: Simulación Filtro paso banda en eagle

Por último, cuando nos aseguramos de que todos los cables estén bien conectados y los pads tan grandes como necesitemos, procedemos a imprimir el pcb y montarlo físicamente.

1.5. Montaje de los Circuitos.

Una vez tenemos los pcb físicamente, procedemos a conectar los componentes tal y como los hemos diseñado, y por supuesto uniéndolos a la pcb mediante estaño, soldándolos.

Además, conectaremos las regletas de alimentación y de entrada y salida del circuito para después conectarlos a los RCA a los que van conectados.

Los tres circuitos montados y soldados son los siguientes:

1.5.1 Filtro Paso Bajo.

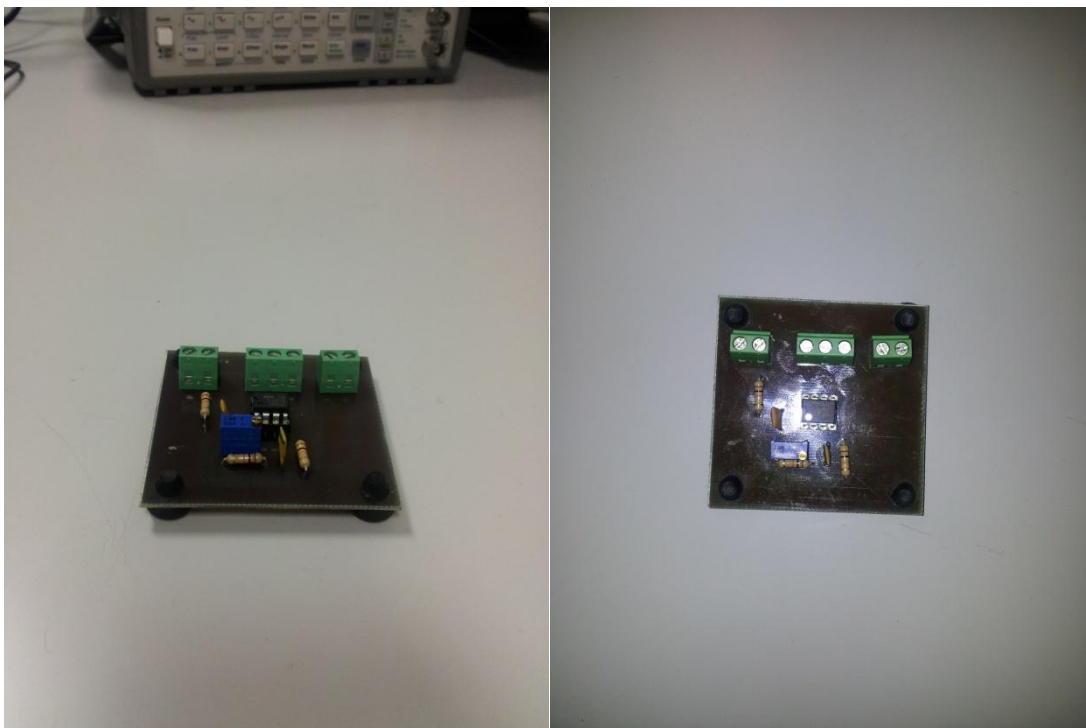
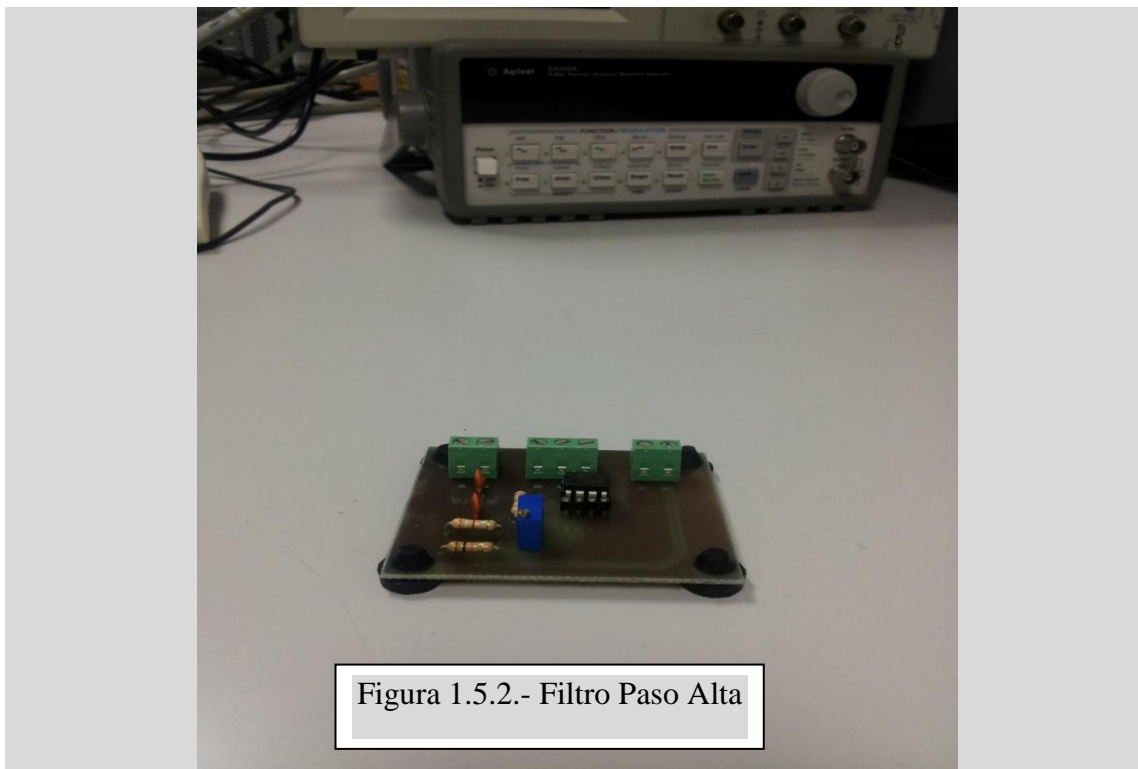


Figura 1.5.1.- Filtro paso bajo

1.5.2 Filtro Paso Alto.



1.5.3 Filtro Paso Banda.

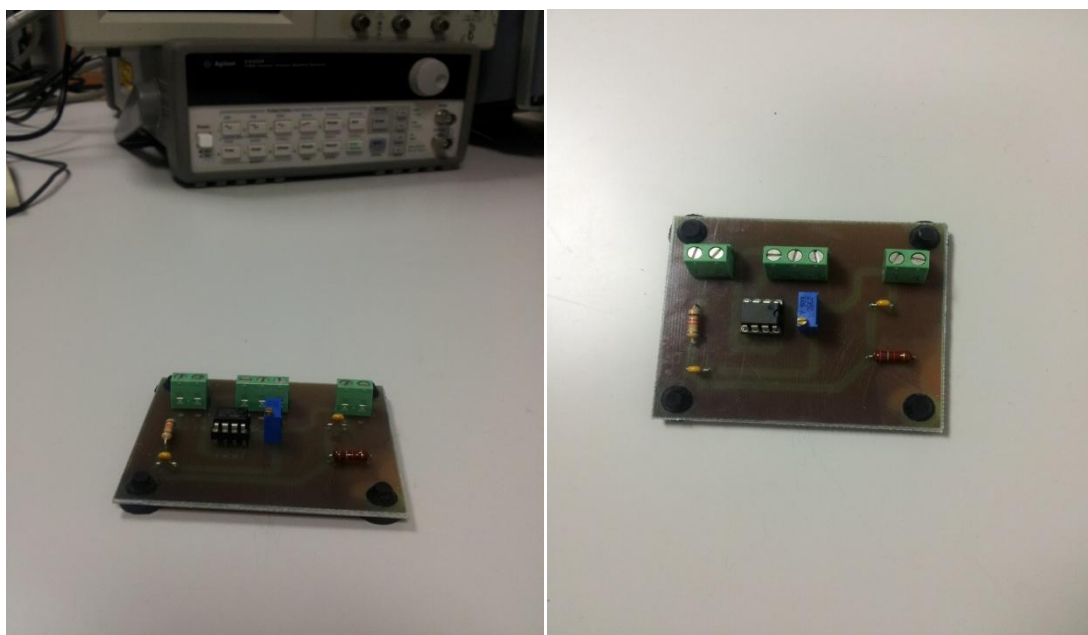


Figura 1.5.3.- Filtro Paso Banda

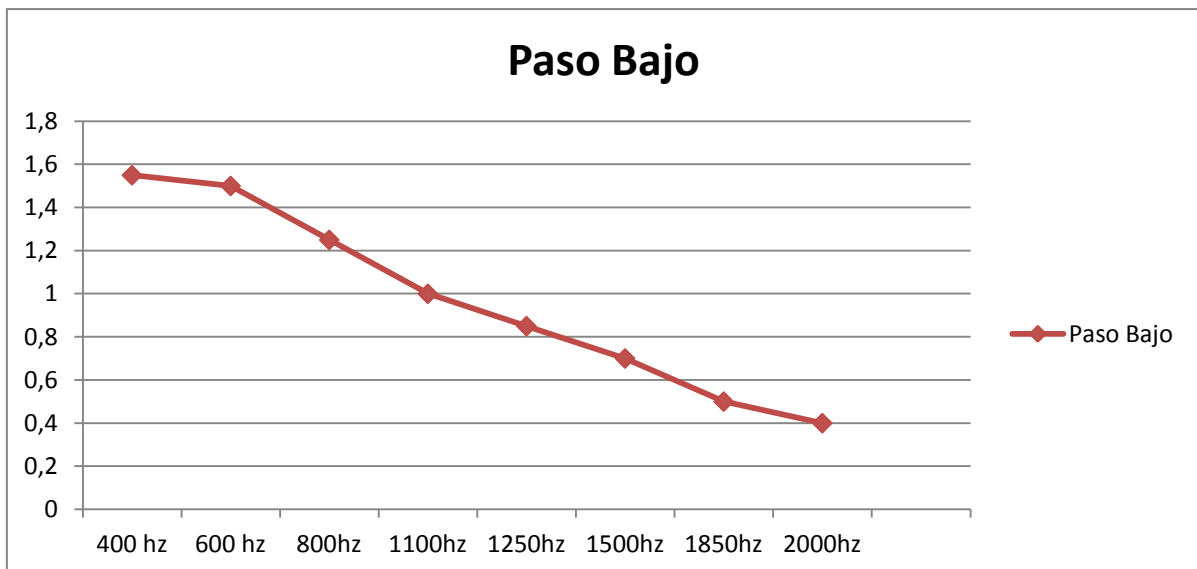
1.6. Medida de los Circuitos.

Después de haberlos montados procederemos a testarlos y a probar que todo funciona correctamente.

Lo primero será tomar valores de la ganancia de cada uno de ellos.

1.6.1 Filtro Paso Bajo.

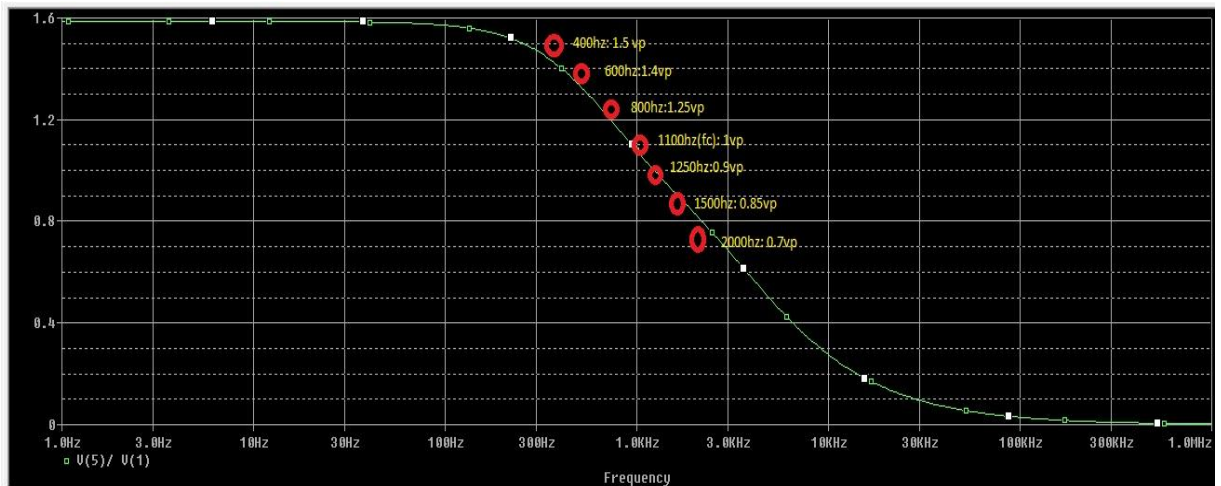
Esta será la tabla para el filtro paso bajo



A la vista de los resultados podemos asegurar que los datos se aproximan bastante a los esperados.

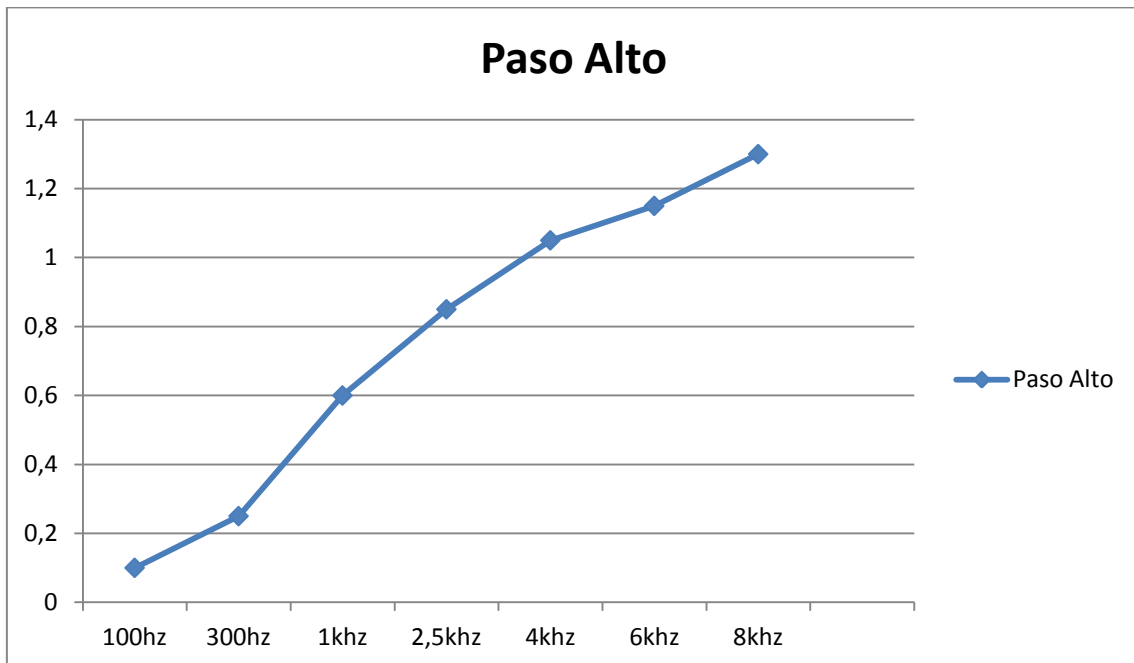
A la frecuencia de corte, 1kHz, no dejara pasar las altas frecuencias y las omitirá para el buen funcionamiento del filtro. De este modo, aunque los datos nos son exactamente los mismos que los teóricos, esto se debe a los errores en la medida y los componentes, aunque casi es inapreciable.

Y así será la grafica de comparación con los puntos de ganancia en Orcad.

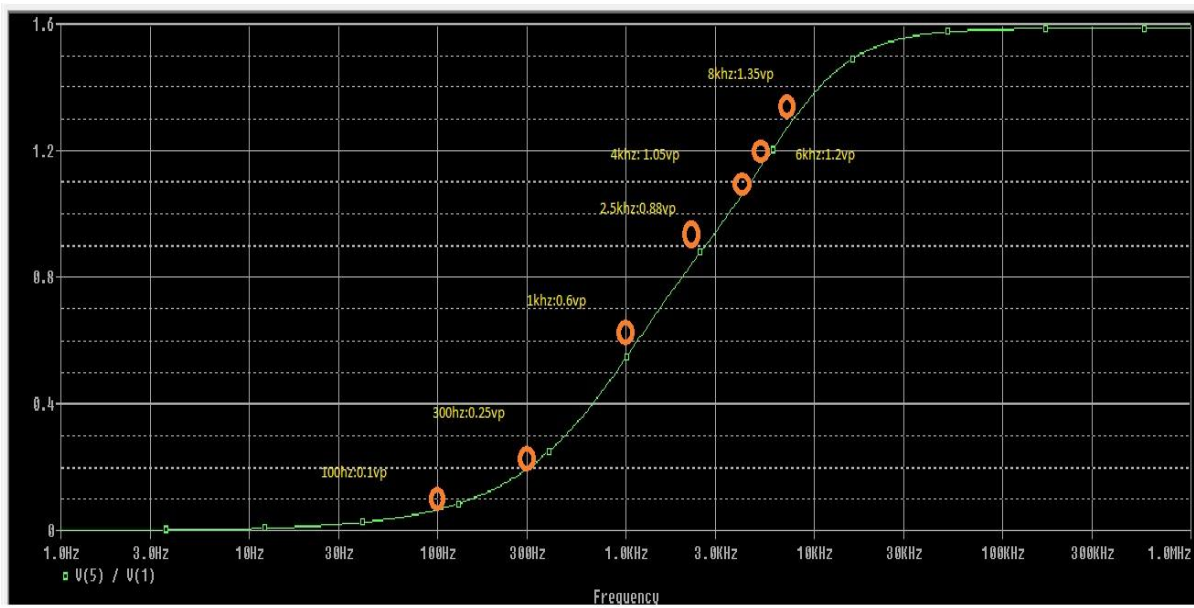


1.6.2 Filtro Paso Alto.

Esta será la tabla para el filtro paso Alto.

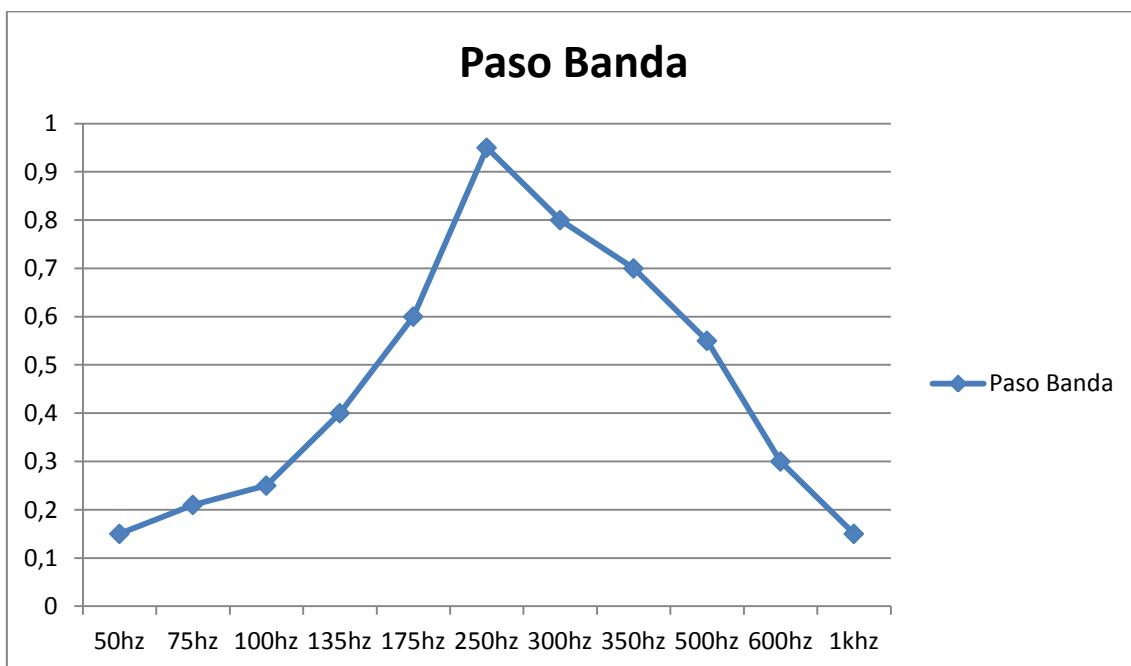


Y así será la grafica con los puntos de ganancia en Orcad.

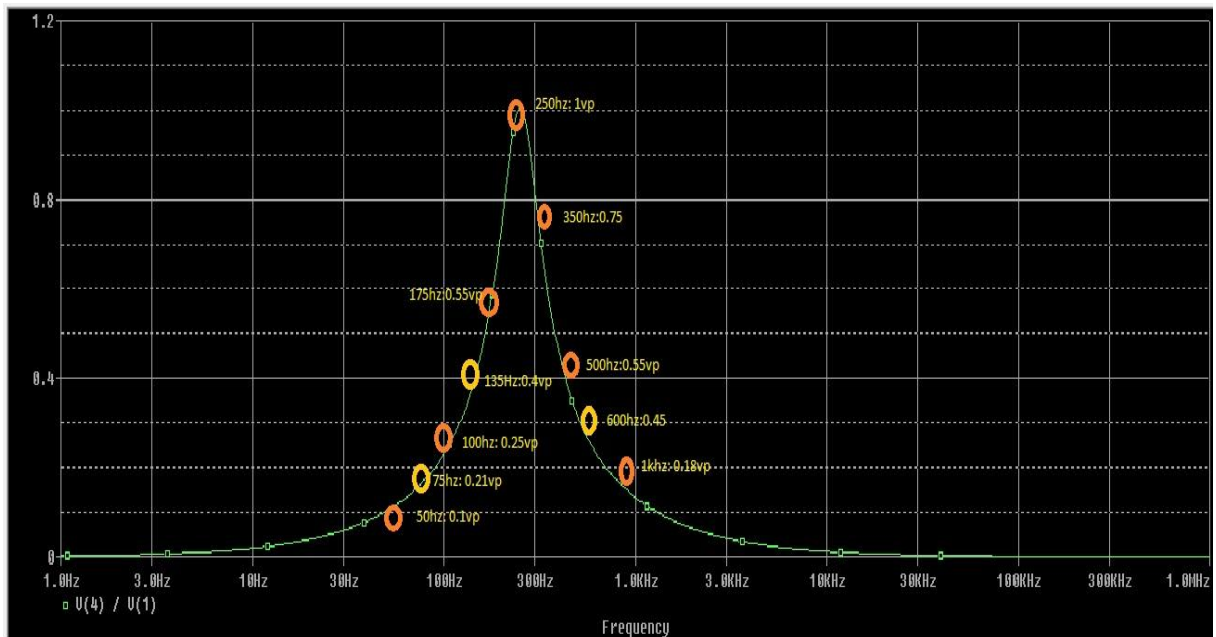


1.6.3 Filtro Paso Banda.

Esta será la tabla para el filtro paso banda



Y así será la grafica con los puntos de ganancia en Orcad.



Para el filtro paso banda en especial, se ve a simple vista que solo a la frecuencia de 250 hz dejara pasar la señal con ganancia igual a 1, de este modo el filtro omite cualquier otra frecuencia que no sea esa.

Finalmente, observamos que los puntos se aproximan bastante a los esperados aunque al igual que los dos anteriores filtros, también aparecen fallos en las medidas debido a los componentes y las medidas recogidas.

1.7. Componentes Utilizados

Una parte muy importante, sino esencial, son los componentes utilizados y sus valores concretos para su correcto funcionamiento.

En nuestro caso, para montar los tres filtros, hemos utilizado la siguiente lista de componentes:

Lista de Componentes AUDIOCONECTA - Carlos Figueroa Blázquez

- 3 Amplificadores Operacionales TL082.
- 4 Resistencias de 10k Ohmios.
- 2 Resistencia Variable (Potenciómetro) de 10k.
- 2 Condensadores de valor 15 nano Faradios.
- 2 Condensadores de valor 10 nano Faradios.
- 2 Resistencias de valor 3.97k Ohmios.
- 2 Condensadores de valor 100 nano Faradios.
- Resistencia de valor 12.7k Ohmios.
- Resistencia de valor 1.82k Ohmios.
- Resistencia Variable de valor entre 10k y 50k Ohmios.

Componentes necesarios para la creación de 3 Filtros (Paso Bajo, Paso Alto y Paso Banda) además del material propio de cada Placa básico para todos los proyecto AUDIOCONECTA (Regletas, conectores RCA, etc)

También es importante decir que los valores de tensión de los componentes nunca sobrepasaran los 15v por lo que esto lo tuvimos en cuenta para elegir dichos componentes.

1.8. Conclusiones

A la vista de los resultados, podemos decir que efectivamente, aunque con ligeras modificaciones, los cálculos previos y las simulaciones de Orcad se corresponden con el montaje final dispuesto en el laboratorio.

Las medidas realizadas son bastante aproximadas a las esperadas y los filtros se comportan como tal a las frecuencias que queríamos.

Como conclusión propia, puedo añadir que todo el proceso utilizado es necesario para el resultado final, ya que desde que elegimos el circuito, pasando por buscar los valores de los componentes, la simulación de Orcad y los circuitos pcb de Eagle, todo, es cada paso necesario e imprescindible para crear este tipo de filtro desde cero.

Para finalizar con el trabajo final de carrera, y a modo de conclusión, puedo decir que en este tipo de montaje lo más importante es elegir bien los circuitos y los componentes ya que eso te evitara muchos problemas en paso posteriores como simular el filtro o crear el pcb.

1.9. Bibliografía.

La Bibliografía utilizada para la realización del proyecto ha sido la siguiente:

- **Webs consultadas:**

- <http://sound.westhost.com>
- <http://www.clubbingSpain.com/>
- <http://www.self-electronics.com/>

- **Libros consultados**

- **Amplificadores Operacionales en Audio**, PARANINFO, (1990)
MADRID : Walter G. Jung

Circuitos Electrónicos de Sonido – Módulos de mezcla: P.Martinak (1998)

