

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática

MAESTRÍA EN DISEÑO ELECTRÓNICO



Trabajo recepcional que para obtener el grado de

MAESTRO EN DISEÑO ELECTRÓNICO

**En la modalidad: “Formación complementaria y proyectos de impacto en una
Área de concentración”**

Presentan: Carlos Armando Garibay Garibay

Director: José Luis Chávez Hurtado

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. Agosto de 2017.

MAESTRO EN INGENIERÍA (2017)
Maestría en Diseño Electrónico

ITESO
Tlaquepaque, Jal., México

ÁREA DE CONCENTRACIÓN: “Sistemas Embebidos y Telecomunicaciones”

AUTOR: Carlos Armando Garibay
Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica (Universidad de
Guadalajara, México)

REVISORES: José Luis Chávez Hurtado

NÚMERO DE PÁGINAS: 53

Contenido

Introducción	4
1. Resumen de los proyectos realizados	5
1.1. PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES	6
1.1.1 Introducción	6
1.1.2 Antecedentes	6
1.1.3 Solución desarrollada	7
1.1.4 Análisis de Resultados	9
1.2. DISEÑO DE SISTEMAS ANALÓGICOS BASADOS EN DISPOSITIVOS COMERCIALES.....	10
1.2.1 Introducción	10
1.2.2 Antecedentes	10
1.2.3 Solución desarrollada	11
1.2.4 Análisis de resultados.....	11
1.3. TALLER DE DISEÑO DE PCBS	11
1.3.1 Introducción	11
1.3.2 Antecedentes	12
1.3.3 Solución desarrollada	12
1.3.4 Análisis de resultados.....	13
2. Conclusiones	13
Apéndices	15
A. PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES	16
B. DISEÑO DE SISTEMAS ANALOGICOS BASADOS EN DISPOSITIVOS COMERCIALES.....	31
C. TALLER DE DISEÑO DE PCBS	40

Introducción

La maestría en diseño electrónico enfocado a negocios es el segundo complemento de mis estudios después de la Ingeniería en electrónica y comunicación ya anteriormente a la maestría había estudiado un diplomado en administración de sistemas Linux.

Para mi área de especialización curse mayormente materias del área de sistemas embebidos y telecomunicaciones ya que había muchas materias de mi interés y la oferta académica por semestre era mayor que las otras áreas, además de que varias materias estaban muy relacionadas a mis actividades profesionales y aun a la fecha son las que más me han ayudado en mi desarrollo profesional.

Las materias que curse en total de esta área de especialización fueron:

- Procesamiento digital de señales
- Diseño de sistemas analógicos basados en dispositivos comerciales
- Taller de diseño de tarjetas de circuito impreso
- Introducción a las telecomunicaciones digitales y analógicas
- Sistemas operativos avanzados (Linux embebido)

De las cuales mi reporte será sobre las primeras 3 materias:

- **Procesamiento digital de señales** con el proyecto filtro digital de audio utilizando Matlab
- **Diseño de sistemas analógicos basados en dispositivos comerciales** con un amplificador de guitarra Marshall de bulbos
- **Taller de diseño de tarjetas de circuito impreso** con el diseño de un reproductor de audio MP3

Estos proyectos me han aportado un gran apoyo debido a que en mis actividades laborales he tenido que hacer diseños basándome en la gran variedad de componentes existentes en el mercado y rediseños de proyectos que alguien más hizo y retomándolos haciendo ingeniería inversa para entender su funcionamiento y hacer mejoras en el diseño además de simulaciones para mis propuestas de circuitos antes de mandar fabricar un PCB

1. Resumen de los proyectos realizados

Dentro del Área de concentración en sistemas embebidos y telecomunicaciones los proyectos finales eran el broche de oro con el que aplicábamos lo aprendido durante el semestre y por lo cuales los profesores medirían una gran parte del aprovechamiento que tuvimos durante el mismo.

En la materia de procesamiento digital de señales realice un filtro digital como ecualizador utilizando Matlab en el cual al final reproducía un audio antes y después de ser pasado por el filtro

En la materia de diseño de sistemas analógicos basados en dispositivos comerciales realice Ingeniería Inversa a un amplificador Marshall de bulbos de 60 Watt de salida con 2 canales independientes y *reverb*, esto con la finalidad de poder revivir un amplificador ya discontinuado por el fabricante desde hace 20 años con componentes activos y actuales conociéndolo desde adentro.

En el taller de diseño de tarjetas de circuito impreso realice el diseño de un PCB para un reproductor de audio MP3 con el procesador de audio de NXP (antes Freescale) KL46

1.1. Procesamiento Digital de señales

1.1.1 Introducción

Los filtros digitales tienen como entrada una señal analógica o digital y en su salida tienen otra señal analógica o digital, pudiendo haber cambiado en amplitud, frecuencia o fase dependiendo de las características del filtro digital.

El filtrado digital es parte del procesamiento de señal digital. Se le da la denominación de digital más por su funcionamiento interno que por su dependencia del tipo de señal a filtrar, así podríamos llamar filtro digital tanto a un filtro que realiza el procesamiento de señales digitales como a otro que lo haga de señales analógicas.

1.1.2 Antecedentes

El filtrado comúnmente se usa para atenuar o amplificar algunas frecuencias, por ejemplo, se puede implementar un sistema para controlar los tonos graves y agudos del audio del estéreo del auto.

La gran ventaja de los filtros digitales sobre los analógicos es que presentan una gran estabilidad de funcionamiento en el tiempo. El filtrado digital consiste en la realización interna de un procesamiento de datos de entrada.

En general el proceso de filtrado consiste en el muestreo digital de la señal de entrada, el procesamiento considerando el valor actual de entrada y considerando las entradas anteriores. El último paso es la reconstrucción de la señal de salida.

Un tema muy importante es considerar las limitaciones del filtro de entrada debido al Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon que en pocas palabras; si quiero procesar hasta una frecuencia de 10KHz, debo muestrear a por lo menos 20 KHz. De otra manera podrá suceder el fenómeno de *Aliasing*, en el cual la señal procesada puede parecerse en su comportamiento a otra señal diferente.

Los filtros digitales se usan frecuentemente para tratamiento digital de la imagen o para tratamiento del sonido digital

1.1.3 Solución desarrollada

Para mostrar el funcionamiento de los filtros digitales realice este filtro ecualizador por partes, primero un filtro pasa-bajas, después un filtro pasa-altas, y al final un filtro pasa-banda, mientras que para la señal de audio a procesar utilice un extracto de 15 segundos de la canción *we are magic* de *revolution renaissance* la cual tiene una frecuencia de muestreo $F_s=44100$, este extracto fue utilizado como la señal original.

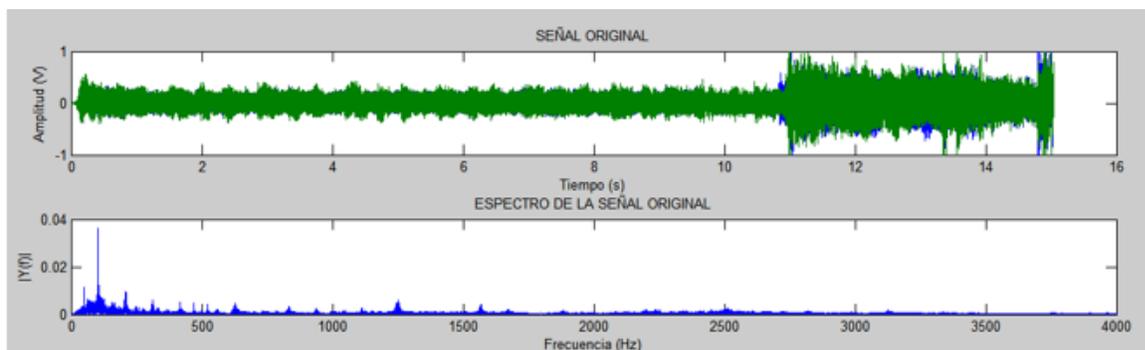


Fig. 1.1 gráfica y espectro de la señal original.

Filtro Pasa-Bajas

La señal original la hice pasar por un filtro pasa bajas butterworth con una Frecuencia de corte de 1khz donde obtuve los coeficientes del filtro y grafiqué la señal.

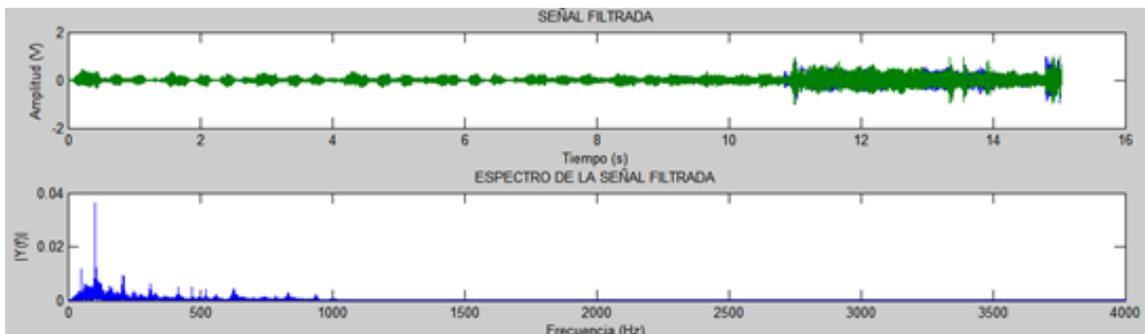


Fig. 1.2 gráfica y espectro de la señal filtrada, filtro pasa bajas

Grafica de la respuesta en magnitud y fase.

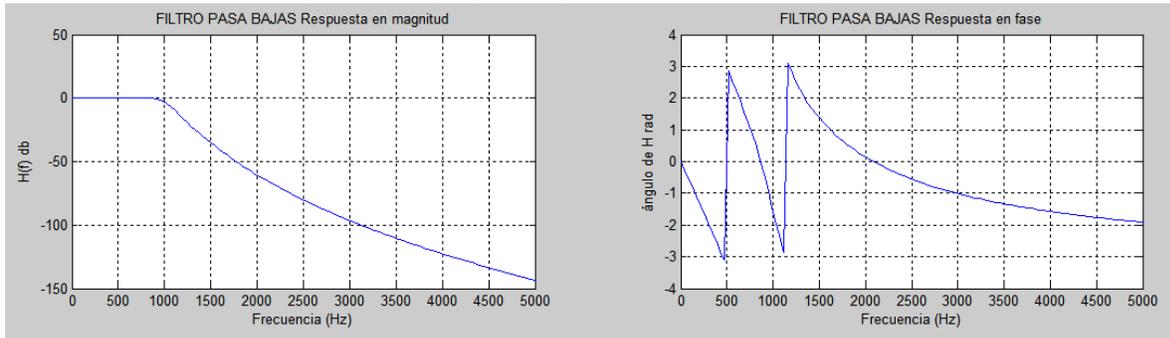


Fig. 1.3 magnitud y fase filtro pasa bajas

Filtro Pasa-Altas

La señal original la hice pasar por un filtro pasa altas butterworth con una frecuencia de corte de 1khz

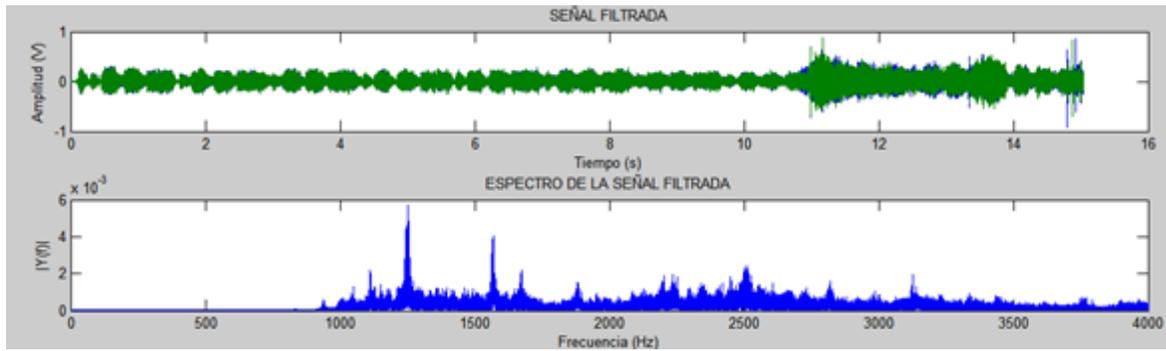


Fig. 1.4 gráfica y espectro de la señal filtrada, filtro pasa altas

Grafica de la respuesta en magnitud y fase.

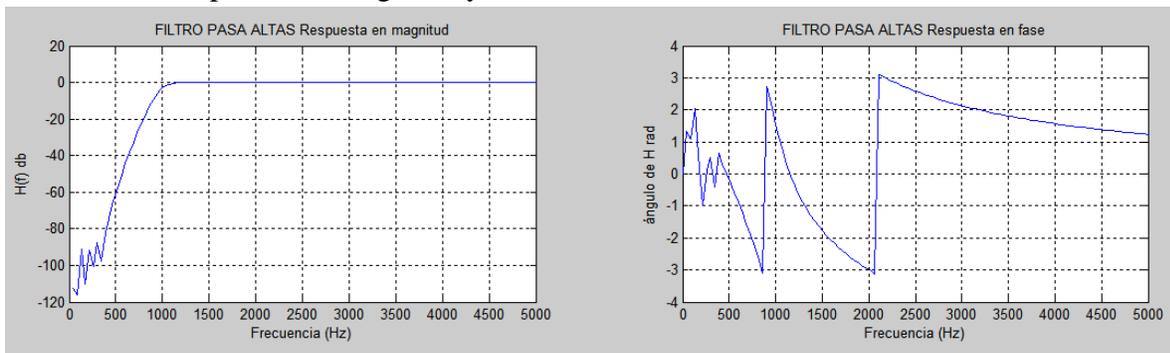


Fig. 1.5 magnitud y fase filtro pasa altas

Filtro Pasa-Banda

La señal original la hice pasar por un filtro pasa-bandas con frecuencias de paso de 2khz a 3 khz

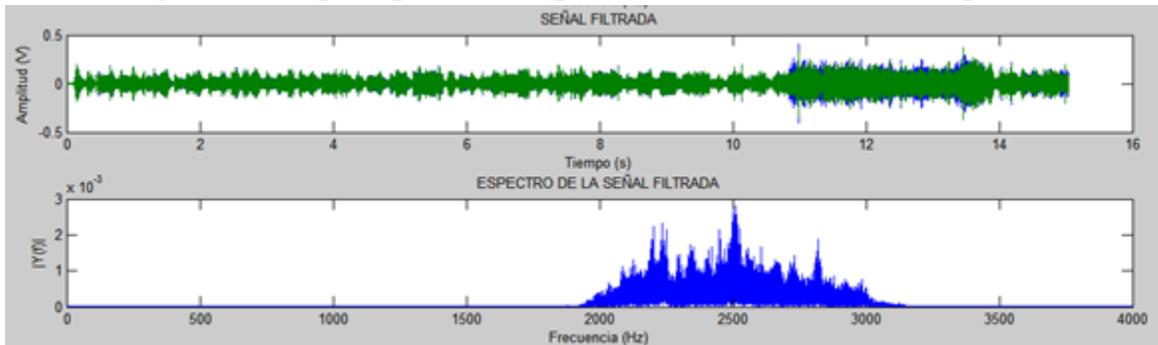


Fig. 1.6 gráfica y espectro de la señal filtrada, filtro pasa banda

Grafica de la respuesta en magnitud y fase.

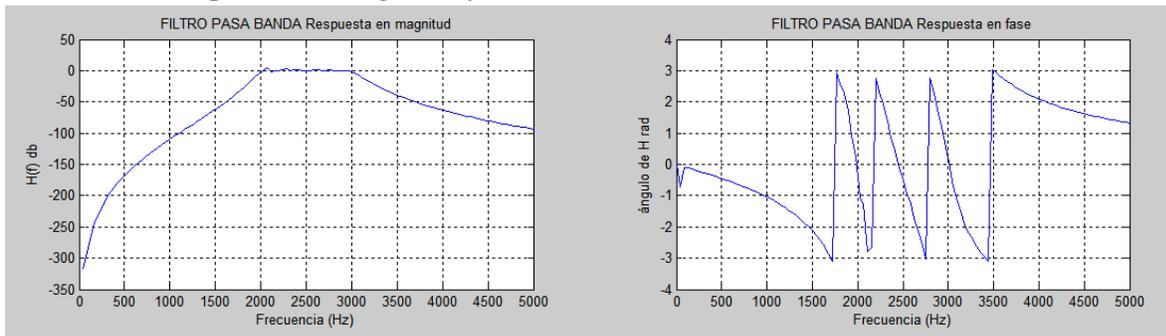


Fig. 1.7 magnitud y fase filtro pasa banda

1.1.4 Análisis de Resultados

Los Filtros digitales aplicados permitieron filtrar y observar la señal de audio original a través de 3 diferentes tipos de filtros digitales (Pasa baja, Pasa alta y Pasa banda) con eso se demostró la funcionalidad de un filtro ecualizador el cual nos da la salida esperada por 3 canales diferentes y pudiendo manipular de manera independiente la frecuencia de corte de dichos filtros para modificar la salida de audio a nuestro gusto que es principalmente el fin de un ecualizador de audio, Justamente manipular las frecuencias de corte en tiempo real para dejar pasar o eliminar tanto frecuencias bajas como las altas, el resultado se pudo observar muy bien al utilizar una pieza musical con muchos tintes en frecuencias altas puesto que al eliminarlas se va haciendo mucho más apreciable el sonido

1.2. Diseño de sistemas analógicos basados en dispositivos comerciales

1.2.1 Introducción

La finalidad de este proyecto es construir un amplificador de bulbos replica del amplificador marshall JCM600 con todas sus características originales, debido a que la escasez del mismo lo hace muy caro y difícil de conseguir

¿Por qué de bulbos?

Los amplificadores de bulbos tienen su fuerte en la nitidez de los rangos medios (Cuerdas y Voces) y la extensión de agudos lo que da un sonido cálido, más limpio y con mayor cuerpo en los instrumentos, No por nada es que la gran mayoría de los guitarristas utilizan amplificadores basados en bulbos, los amplificadores de bulbos suenan mejor porque añaden distorsiones eufónicas (armónicos de segundo orden o pares) lo cual los hace que su sonido sea más placentero al oído de la mayoría de la gente, Cabe también recordar que los bulbos tienen mayor distorsión deseable que los amplificadores de transistor que es principalmente lo que se busca un guitarrista de rock generalmente.

1.2.2 Antecedentes

Amplificador Marshall JCM600 de 1998, hecho en Inglaterra con 4 bulbos 12AX7 en el pre y 2 bulbos EL34 en el post, 60 Watts a 8 o 16 Ohms.

Levanta perfectamente un Gabinete 4x12 (4 bocinas de 12"). Cuenta con *reverberación* de resorte Accutronics y controles independientes de ganancia para cada canal (Clean y Lead). Este es un modelo raro y escaso, su sonido está un rango medio del sonido producido por los modelos JCM900 y JCM800 ambos también de bulbos, tiene un canal limpio cálido y brillante como el sonido de un amplificador modelo Plexi también del fabricante Marshall y un canal lead (saturado) con una gran ganancia con cuerpo como el del modelo JCM800 utilizado por muchos guitarristas de los 70's y 80's, con un pedal *booster* (de Ganancia previa) se puede lograr una distorsión muy parecida a la de este último.

Características: Este amplificador cuenta con lo siguiente
2 canales independientes con ecualizador (1 canal limpio y 1 canal saturado o lead)
Reverb de tanque
Control master de volumen y efectos
Entrada y salida *end* y *return* para *loop* de efectos
Salidas para bocinas de 8 y 16 ohm

1.2.3 Solución desarrollada

Los esquemáticos están libres en la red por lo cual nos basaremos en los mismos para la construcción del amplificador que consta de 3 etapas:

- 1: pre amplificador y potencia
- 2: Fuente y rear PCB
- 3: Etapa de reverb y cambio de canales

Mediante el uso de ingeniería inversa obtuvimos el BOM, el costo de los componentes fue cotizado directamente en la página de Newark (los precios están cotizados por 1000 unidades), en el apéndice B se puede observar el BOM para las diferentes etapas del amplificador individualmente, así como una última página donde aparecen todos los componentes utilizados junto con el precio final de los componentes electrónicos, así como un link a la página de Newark donde se cotiza el componente.

1.2.4 Análisis de resultados

Posterior a la obtención del BOM resulto que el costo del material eléctrico es de 73.63 *dlls*, este precio es solo de los componentes electrónicos, es decir sin contar con el costo de manufactura del PCB, del chasis y del cajón

Para el chasis la opción más viable tanto por costo y por ahorro de trabajo para adecuarlo tiene un costo aproximado de 20 *dlls*, de un amplificador Marshall de la serie MG, la serie MG son los amplificadores de transistores del mismo fabricante

Un cajón para un amplificador Marshall JCM800 a un precio aproximado de 150 *dlls*, por lo cual podríamos optar por la mejor opción de mandarlo fabricar esto nos daría un mucho mejor precio y sería más optimo con las medidas exactas de lo que necesitamos

1.3. Taller de diseño de PCBs

1.3.1 Introducción

Este proyecto tiene la finalidad de hacer el diseño y la implementación de un circuito impreso utilizando Cadence de Allegro, para un reproductor de Audio MP3, utilizando un PCB de 4 *layers*, como elementos distintivos tendremos un regulador de voltaje, un MCU de NXP, puerto USB 2.0, una ranura para una Memoria micro SD y 2 conectores de audio de 3.5 mm

1.3.2 Antecedentes

Actualmente muchas de las empresas de diseño de PCB utilizan *Allegro Cadence* como su herramienta principal de diseño por lo cual que mejor manera de practicar la herramienta que hacer un diseño de un circuito electrónico, Para este caso en particular realizare el diseño de un reproductor de audio en MP3 con un MCU y Códec de Audio de NXP (antes *Freescale*) donde no solo se hará practica del uso de la herramienta sino que también se aprenderá el ruteo de líneas diferenciales de alta velocidad así como consideración de hacia el *Lenght Matching* de las líneas de transmisión para tener un diseño más apropiado para este tipo de circuitos

1.3.3 Solución desarrollada

Este proyecto partió del archivo esquemático del reproductor de audio proporcionado por el Profesor asimismo también se nos proporcionó el *Outline* del PCB elcual ya cuenta con las dimensiones mecánicas y de ahí partimos para obtener la librería de los componentes e importar nuestro diseño hacia el PCB para el ruteo correspondiente.

Teniendo la PCB fue necesario el siguiente paso de agregar los planos, se acordó que la mejor manera de realizar nuestro diseño sería un PCB de 4 *Layers* Teniendo 2 planos para *Placement* y *Ruteo* de señales, Un plano de voltajes y un plano de tierra.

Fue necesario establecer las reglas de ruteo de nuestro PCB, a través del *Constraint Manager* para indicar que tan gruesos deben de ser nuestros trazos, cual es la separación mínima entre trazos y hacia los componentes cual debe ser nuestro ángulo para cambio de dirección de *ruteo*, que tamaño deben ser las vías para hacer las conexiones entre planos y verificar que no se haya hecho una conexión errónea.

Ya con el diseño siendo importado hacia el PCB, comenzamos a hacer el *Placement*. de los componentes procurando colocar dichos componentes lo más cercano de su siguiente conexión para facilitar el ruteo de las señales y hacer uso más optimo del espacio en PCB, es importante considerar las anotaciones que hace el Ingeniero de diseño eléctrico en los CAD notes

Posteriormente al *Placement* de los componentes se empieza a realizar el ruteo o conexión de los componentes, antes de esto es importante ver las recomendaciones de los fabricantes de los componentes y ver cuál es la mejor manera de realizar dichas conexiones con el ruteo sugerido por el mismo fabricante.

Al haber concluido el diseño del PCB, se debe confirmar que no tengamos conexiones sin realizar y no tengamos violaciones a las reglas de ruteo de nuestras señales a través del *DRC (Design Review Check) Report* para confirmar que todo fue puesto y conectado de manera correcta y no tengamos problemas de conectividad y manufacturabilidad.

Ya al haber confirmado la correcta conexión de nuestro PCB, se procede a generar los archivos de fabricación llamados también *Gerbers*, Los cuales son indispensables para poder mandar fabricar nuestra PCB con cualquier compañía de manufactura de PCBs

1.3.4 Análisis de resultados

La practicidad de la herramienta permitió corroborar que no existe ningún error en el diseño de nuestro PCB, y a través de la generación de los *Gerbers* mandar a fabricar mi PCB fue un proceso bastante sencillo y rápido, mi PCB llego bastante rápido desde que se mandó fabricar y llego a mis manos por lo cual pude presentar mi PCB en físico para la clase y también tuve un sentimiento de orgullo al ver mi diseño materializarse.

2. Conclusiones

La realización de los filtros digitales me hizo entender el funcionamiento de los mismos, no solo puede sentir el resultado de la operación del filtro al escuchar tanto la señal original como la señal siendo filtrada sino también pude observar gráficamente el comportamiento que tiene tanto en frecuencia como en la magnitud y la fase.

Al hacer la recreación del amplificador de bulbos descubrí que es una buena manera de conocer un diseño desde adentro y puedo darme cuenta cuáles son los retos con los que se pueden enfrentar los diseñadores y cuál era su idea para poder realizar algo de este tipo, también puedo darme cuenta del costo de los componentes y de fabricación y apreciar porque un amplificador de este tipo puede tener costos tan elevados.

En el diseño del PCB es muy importante desde el principio realizar un plan de colocación de componentes teniendo en cuenta el diagrama esquemático y las notas del diseñador eléctrico lo cual permite la óptima la conexión y ruteo de las PCBs además permitiendo que sea más fácil la conexión y reducir el tiempo de diseño físico dela tarjeta así como tener el mejor aprovechamiento del espacio en tarjeta y mejorando la compatibilidad a las radiaciones electromagnéticas tanto entrantes como salientes (EMC).

Durante el tiempo que realicé mis estudios de maestría fui desarrollando habilidades y practicando conocimientos muchos de los cuales me ayudaron a obtener mejores posiciones en el trabajo, pude entender de mejor manera como funciona un procesador, como se diseña una tarjeta de circuito impreso, la importancia de las secuencias de encendido y apagado de las tarjetas madres de servidores, así como el elemento que las maneja, todo eso y más gracias a la maestría en diseño electrónico.

He podido comprobar que tan cercana esta la relación de lo aprendido en esta institución con los conocimientos y prácticas que las empresas de tecnologías electrónicas necesitan, los programas son muy completos de alto valor curricular y que realmente enseñan lo uno necesita para poder ser reconocido como un gran candidato para las empresas, así como para uno mismo emprender sus propios proyectos.

Apéndices

A. PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES



ITESO

Procesamiento Digital de señales

Proyecto Final

Carlos Armando Garibay Garibay

Dr. Omar Longoria

Filtro Digital en Matlab

FILTRADO DE AUDIO EN MATLAB

Teoria

Los filtros digitales tienen como entrada una señal analógica o digital y en su salida tienen otra señal analógica o digital, pudiendo haber cambiado en amplitud, frecuencia o fase dependiendo de las características del filtro digital.

El filtrado digital es parte del procesamiento de señal digital. Se le da la denominación de digital más por su funcionamiento interno que por su dependencia del tipo de señal a filtrar, así podríamos llamar filtro digital tanto a un filtro que realiza el procesamiento de señales digitales como a otro que lo haga de señales analógicas.

Comúnmente se usa para atenuar o amplificar algunas frecuencias, por ejemplo se puede implementar un sistema para controlar los tonos graves y agudos del audio del estéreo del auto.

La gran ventaja de los filtros digitales sobre los analógicos es que presentan una gran estabilidad de funcionamiento en el tiempo.

El filtrado digital consiste en la realización interna de un procesamiento de datos de entrada.

En general el proceso de filtrado consiste en el muestreo digital de la señal de entrada, el procesamiento considerando el valor actual de entrada y considerando las entradas anteriores. El último paso es la reconstrucción de la señal de salida.

En general la mecánica del procesamiento es:

1. Tomar las muestras actuales y algunas muestras anteriores (que previamente habían sido almacenadas) para multiplicadas por unos coeficientes definidos.
2. También se podría tomar valores de la salida en instantes pasados y multiplicarlos por otros coeficientes.
3. Finalmente todos los resultados de todas estas multiplicaciones son sumados, dando una salida para el instante actual.

El procesamiento interno y la entrada del filtro serán digitales, por lo que puede ser necesario una conversión analógica-digital o digital-analógica para uso de filtros digitales con señales analógicas.

Un tema muy importante es considerar las limitaciones del filtro de entrada debido a Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon que en pocas palabras; si quiero procesar hasta una frecuencia de 10KHz, debo muestrear a por lo menos 20 KHz. De otra manera podrá suceder el fenómeno de

Aliasing, en el cual la señal procesada puede parecerse en su comportamiento a otra señal diferente.

Los filtros digitales se usan frecuentemente para tratamiento digital de la imagen o para tratamiento del sonido digital

Para este filtro utilicé el archivo de sonido utilizado en la práctica anterior un extracto de 15 segundos de la melodía we are magic de revolution renaissance la cual tiene una frecuencia de muestreo $F_s=44100$

```
[y,fs]=wavread('music.wav');  
>> numel(y)  
y=y(:,1);  
y=y(1:fs*10);  
numel(y)  
nextpow2(numel(y))  
[H,w]=dtft(y,2^nextpow2(numel(y)));
```

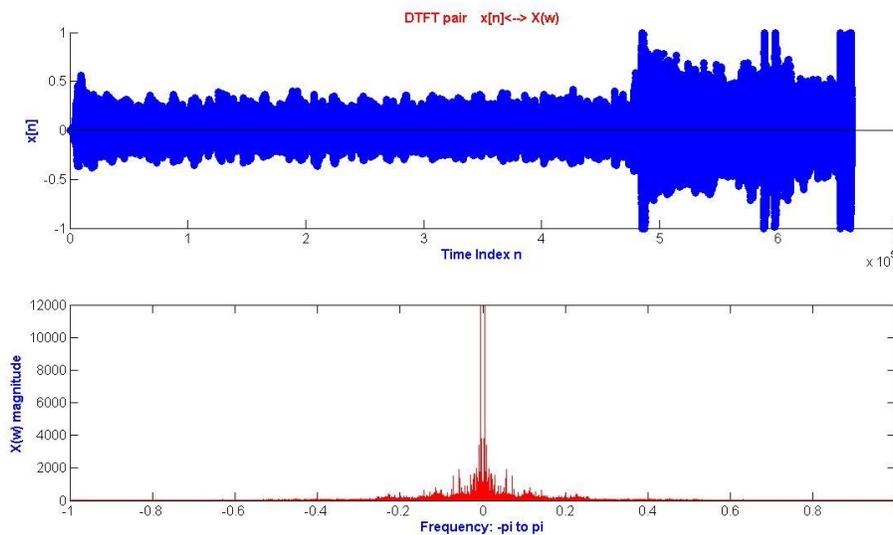


Fig. 1 DTFT de la señal original

Filtro Pasa-bajas

La señal la hacemos pasar por un filtro pasabajabas con una Frecuencia de corte de 1 khz

Primero leemos la señal de audio

```
[y,fs]=wavread('music.wav'); //que es nuestro archivo de audio
```

y -> muestras de la señal

fs-> frecuencia de muestreo

Graficar la señal original

```
subplot(411)
```

```
T=length(y)/fs;
```

```
t=linspace(0,T,T*fs);
```

```
plot(t,y)
```

```
title('SEÑAL ORIGINAL')
```

```
xlabel('Tiempo (s)')
```

```
ylabel('Amplitud (V)')
```

```
% xlim([0 20/])      % Límite de la señal
```

Reproducir la señal de audio

```
wavplay(0.1*y,fs)
```

```
%% FFT de la señal
```

```
subplot(412)
```

Llamado a la función que calcula la FFT

```
fft_signal(y,fs);title('ESPECTRO DE LA SEÑAL ORIGINAL')
```

```
xlim([0 4e3])
```

```
%% Filtrado de la señal
```

```
% Graficación de la señal en el tiempo
```

```
subplot(413)
```

```
plot(t,y_Low)
```

```
title('SEÑAL FILTRADA')
```

```
xlabel('Tiempo (s)')
```

```

ylabel('Amplitud (V)')

% xlim([0 20/f0])

% Graficación de la señal en frecuencia

subplot(414)

% Llamado a la función que calcula la FFT

fft_signal(y_Low,fs);title('ESPECTRO DE LA SEÑAL FILTRADA')

xlim([0 4e3])

[H,w]=freqz(b,a,512,fs);

```

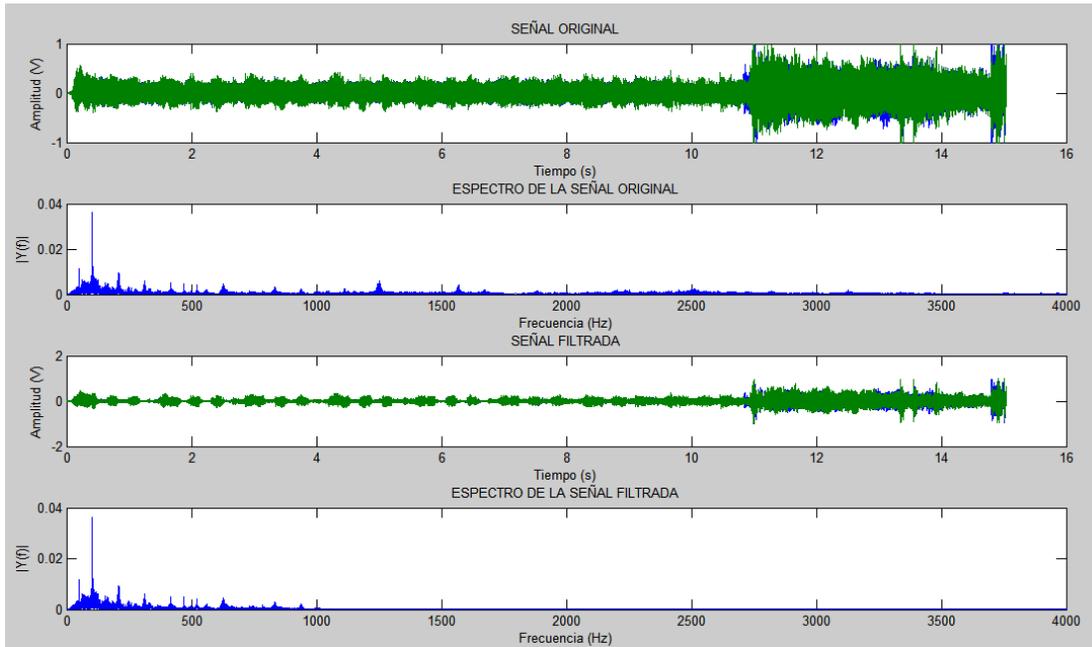


Fig. 2 gráfica y espectro de la señal filtrada, filtro pasa-bajas

Cálculo de los coeficientes del filtro (filtro pasa bajas)

Este filtrado deja solo la señal por debajo de 1 KHz

```
titulo='FILTRO PASA BAJAS';
```

Frecuencia normalizada

```
fNorm = 1000 / (fs/2);
```

```
[b,a] = butter(10, fNorm, 'low')
```

```
%Trazado de la respuesta en Magnitud
```

```
subplot(221)
```

```
plot(w,20*log10(abs(H)));
```

```
grid on;
```

```
title ([titulo, ' Respuesta en magnitud']);
```

```
xlabel('Frecuencia (Hz)');
```

```
ylabel('H(f) db')
```

```
xlim([0 5e3])
```

```
title ([titulo, ' Respuesta en fase']);
```

```
xlabel('Frecuencia (Hz)')
```

```
ylabel('ángulo de H rad')
```

```
xlim([0 5e3])
```

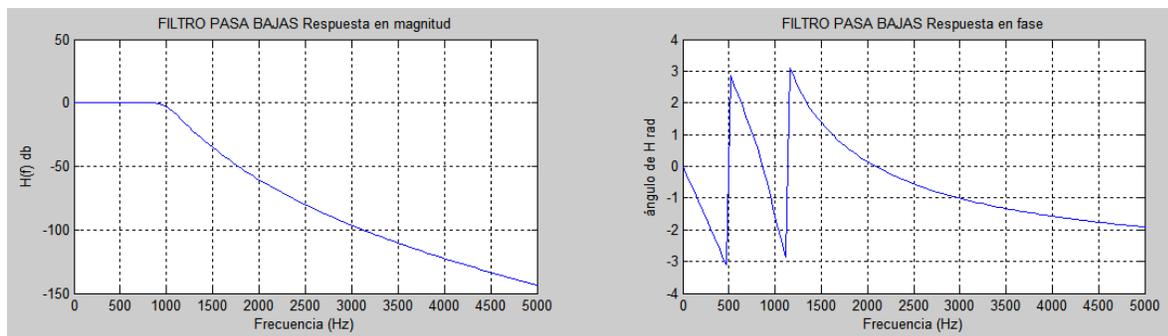


Fig. 3 Respuesta en magnitud y fase, filtro pasa-bajas

```
%Respuesta al impulso
```

```
subplot(223)
```

```
[y_eje,tt]= impz(b,a,60);
```

```
stem(tt,y_eje);
```

```

title ([titulo,' Respuesta al impulso']);

xlabel('n')

ylabel('h[n]')

%Ploteo de los polos y ceros

z= roots(b); % Ceros

p = roots(a); % Polos

subplot(224)

zplane(z,p)

title('Polos y ceros')

legend('Ceros','Polos')

```

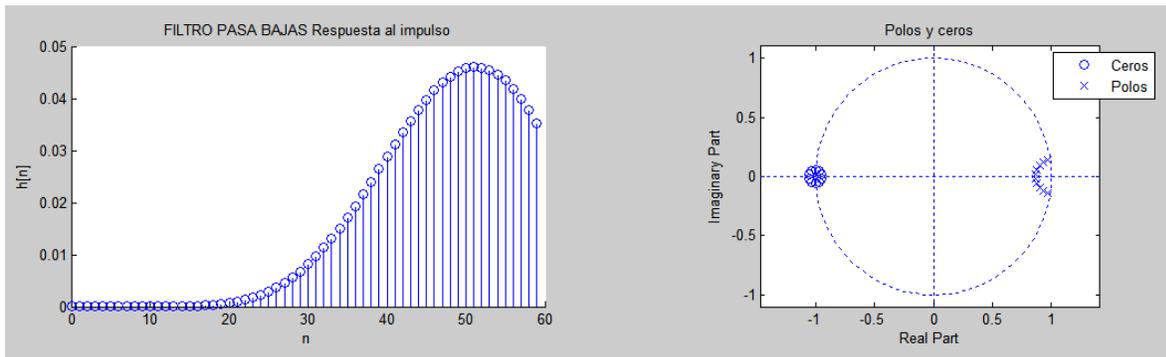


Fig. 4 Respuesta al impulso y polos y ceros, filtro pasa-bajas.

```

Reproducción de audio de entrada y salida
disp('Audio de entrada')
wavplay(0.2*y,fs)
disp('Audio de salida (señal filtrada)')
wavplay(0.2*y_Low,fs)

```

Filtro Pasa-altas

Filtro pasa-altas con una frecuencia de corte a partir de 1 Khz

```
[y,fs]=wavread('music.wav'); //que es nuestro archivo de audio
```

y -> muestras de la señal

fs-> frecuencia de muestreo

Graficar la señal original

```
subplot(411)
```

```
T=length(y)/fs;
```

```
t=linspace(0,T,T*fs);
```

```
plot(t,y)
```

```
title('SEÑAL ORIGINAL')
```

```
xlabel('Tiempo (s)')
```

```
ylabel('Amplitud (V)')
```

```
% xlim([0 20/])      % Límite de la señal
```

Reproducir la señal de audio

```
wavplay(0.1*y,fs)
```

```
%% FFT de la señal
```

```
subplot(412)
```

Llamado a la función que calcula la FFT

```
fft_signal(y,fs);title('ESPECTRO DE LA SEÑAL ORIGINAL')
```

```
xlim([0 4e3])
```

```
%% Filtrado de la señal
```

```
% Graficación de la señal en el tiempo
```

```
subplot(413)
```

```
plot(t,y_Low)
```

```
title('SEÑAL FILTRADA')
```

```

xlabel('Tiempo (s)')

ylabel('Amplitud (V)')

% xlim([0 20/f0])

% Graficación de la señal en frecuencia

subplot(414)

% Llamado a la función que calcula la FFT

fft_signal(y_Low,fs);title('ESPECTRO DE LA SEÑAL FILTRADA')

xlim([0 4e3])

[H,w]=freqz(b,a,512,fs);

```

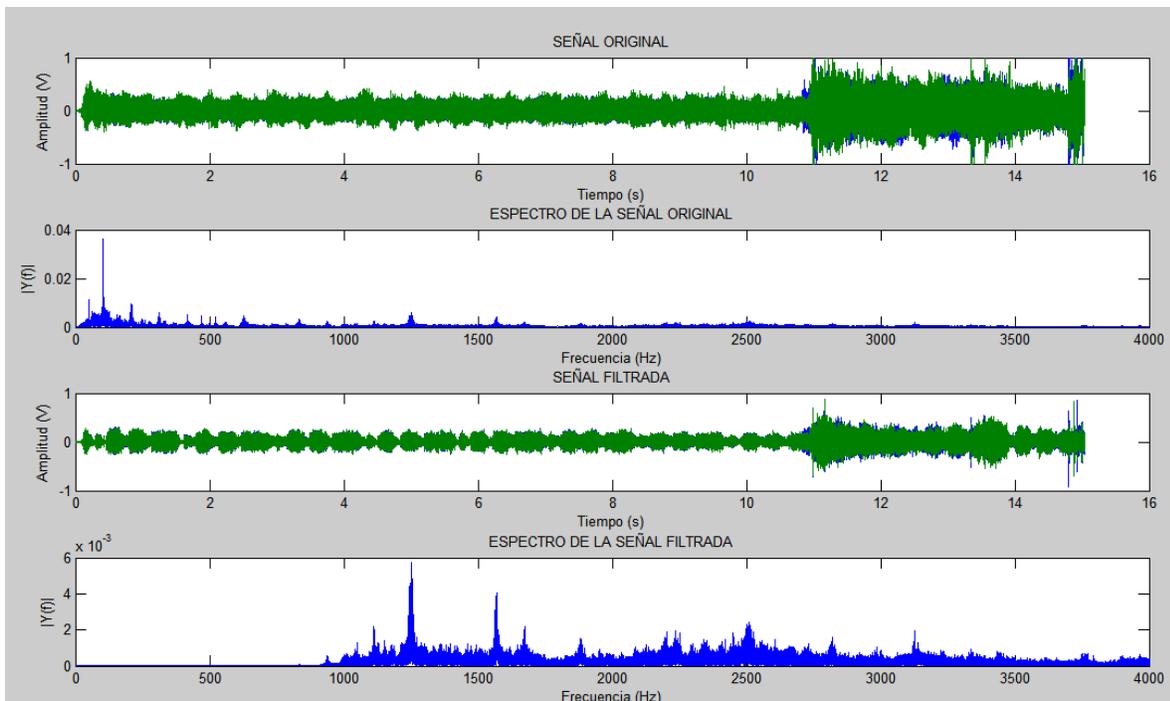


Fig. 5 gráfica y espectro de la señal filtrada, filtro pasa-altas

```

titulo='FILTRO PASA ALTAS';

% Frecuencia normalizada

fNorm = 1000 / (fs/2);

[b,a] = butter(10, fNorm, 'high');

```

```
%Trazado de la respuesta en Magnitud
```

```
subplot(221)
```

```
plot(w,20*log10(abs(H)));
```

```
grid on;
```

```
title ([titulo, ' Respuesta en magnitud']);
```

```
xlabel('Frecuencia (Hz)');
```

```
ylabel('H(f) db')
```

```
xlim([0 5e3])
```

```
title ([titulo, ' Respuesta en fase']);
```

```
xlabel('Frecuencia (Hz)')
```

```
ylabel('ángulo de H rad')
```

```
xlim([0 5e3])
```

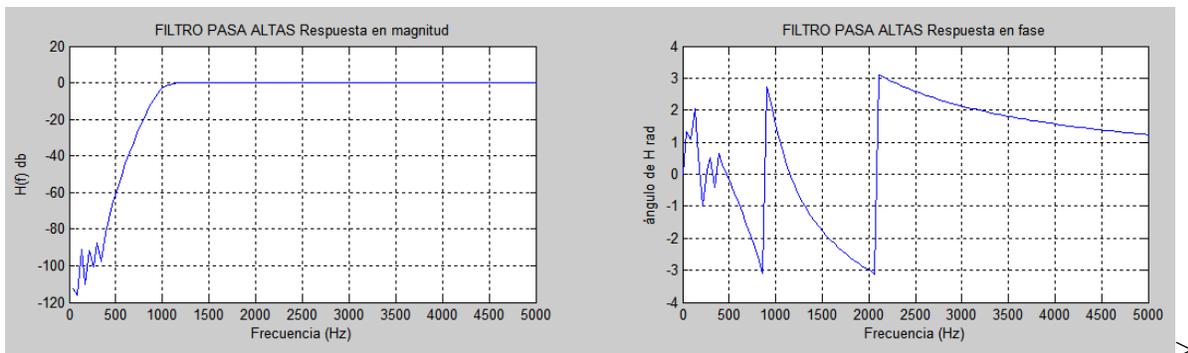


Fig. 6 Respuesta en magnitud y fase, filtro pasa-altas

```
%Respuesta al impulso
```

```
subplot(223)
```

```
[y_eje,tt]= impz(b,a,60);
```

```
stem(tt,y_eje);
```

```
title ([titulo, ' Respuesta al impulso']);
```

```
xlabel('n')
```

```

ylabel('h[n]')

%Ploteo de los polos y ceros

z= roots(b); % Ceros

p = roots(a); % Polos

subplot(224)

zplane(z,p)

title('Polos y ceros')

legend('Ceros','Polos')

```

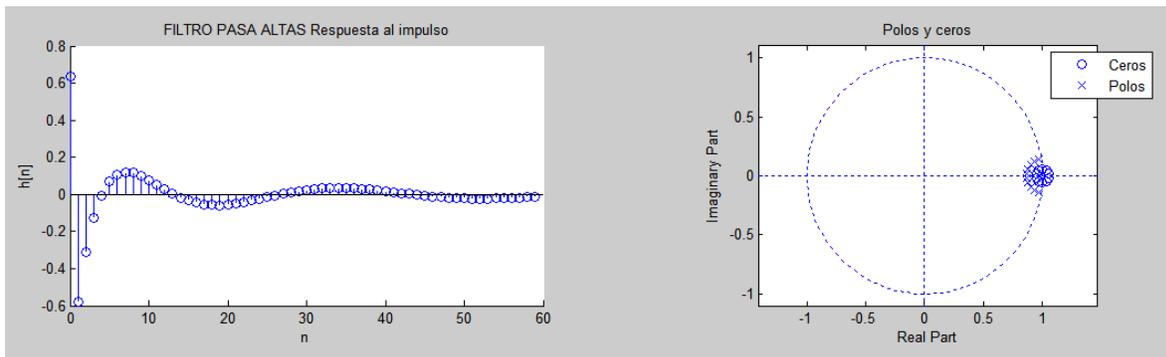


Fig. 7 Respuesta al impulso gráfica y polos y ceros, filtro pasa-altas

Reproducción de audio de entrada y salida

```

disp('Audio de entrada')
wavplay(0.2*y,fs)
disp('Audio de salida (señal filtrada)')
wavplay(0.2*y_Low,fs)

```

Filtro Pasa-bandas

Filtro pasa-bandas con frecuencias de corte de 2khz a 3 khz

% Frecuencias normalizadas

```

titulo='FILTRO PASA BANDA';

```

```

Wp = [2e3 3e3]/(fs/2); Ws = [1.5e3 3.5e3]/(fs/2);

```

```

Rp = 3; Rs = 40; % Rizado de la banda de paso y de parada (s)

```

```

[n,Wn] = buttord(Wp,Ws,Rp,Rs);% Orden del filtro y frecuencia de corte óptima

[b,a] = butter(n,Wn);    % Coeficientes del filtro

title('SEÑAL ORIGINAL')% Título

xlabel('Tiempo (s)')    % Etiqueta del eje X

ylabel('Amplitud (V)') % Etiqueta del eje Y

% xlim([0 20])        % Límite de la señal

%% Reproducir la señal de audio

% wavplay(0.1*y,fs)

%% FFT de la señal

subplot(412)

% Llamado a la función que calcula la FFT

fft_signal(y,fs);title('ESPECTRO DE LA SEÑAL ORIGINAL')

xlim([0 4e3])

%% Filtrado de la señal

% Graficación de la señal en el tiempo

subplot(413)

plot(t,y_Low)

title('SEÑAL FILTRADA')

xlabel('Tiempo (s)')

ylabel('Amplitud (V)')

% xlim([0 20/f0])

% Graficación de la señal en frecuencia

subplot(414)

% Llamado a la función que calcula la FFT

```

```
fft_signal(y_Low,fs);title('ESPECTRO DE LA SEÑAL FILTRADA')
```

```
xlim([0 4e3])
```

```
[H,w]=freqz(b,a,512,fs);
```

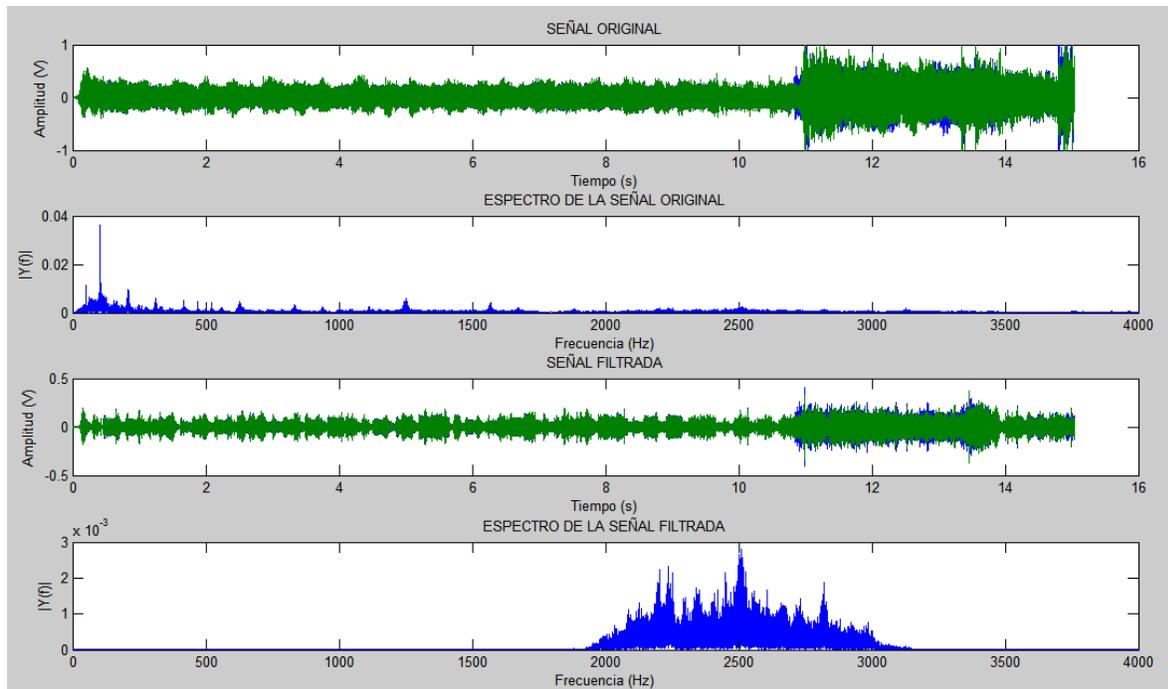


Fig. 8 gráfica y espectro de la señal filtrada, filtro pasa-banda

```
grid on;
```

```
title ([titulo, ' Respuesta en magnitud']);
```

```
xlabel('Frecuencia (Hz)');
```

```
ylabel('H(f) db')
```

```
xlim([0 5e3])
```

```
% Respuesta en fase
```

```
subplot(222)
```

```
plot(w,angle(H));
```

```
grid on;
```

```

title ([titulo,' Respuesta en fase']);

xlabel('Frecuencia (Hz)')

ylabel('ángulo de H rad')

xlim([0 5e3])

```

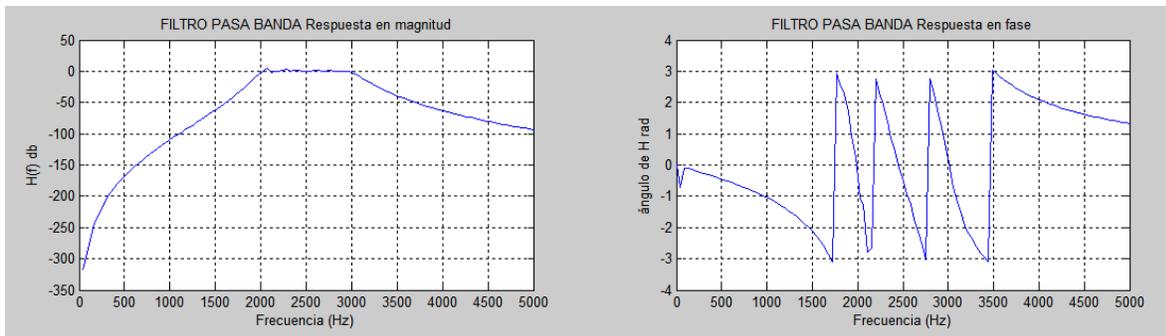


Fig. 9 Respuesta en magnitud y fase, filtro pasa-banda

%Respuesta al impulso

```

subplot(223)

[y_eje,tt]= impz(b,a,60);

stem(tt,y_eje);

title ([titulo,' Respuesta al impulso']);

xlabel('n')

ylabel('h[n]')

%Ploteo de los polos y ceros

z= roots(b); % Ceros

p = roots(a); % Polos

subplot(224)

zplane(z,p)

title('Polos y ceros')

legend('Ceros','Polos')

```

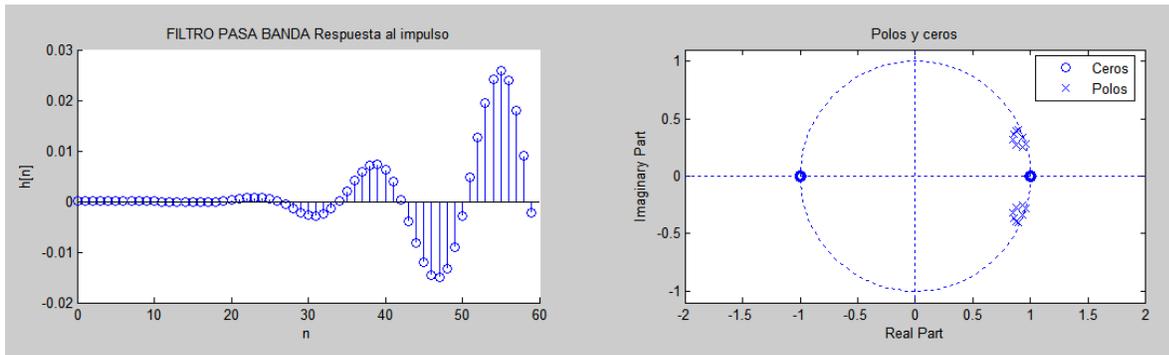


Fig. 10 Respuesta al impulso y polos y ceros, filtro pasa-banda

Reproducción de audio de entrada y salida

```
disp('Audio de entrada')
wavplay(0.2*y,fs)
disp('Audio de salida (señal filtrada)')
wavplay(0.2*y_Low,fs)
```

TABLA I
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tipo de Referencia Bibliográfica	Ejemplo
Libro	[Mitra-Procesamiento digital de señales]
Libro	[Proakis-Digital signal processing]
Material del curso en Moodle	[Omar Longoria Procesamiento Digital de señales P.2012]
sitio web	[https://www.mathworks.com/help/]

B. DISEÑO DE SISTEMAS ANALOGICOS BASADOS EN DISPOSITIVOS COMERCIALES

ITESO – DESI – Maestría en Diseño Electrónico

DISEÑO ELECTRÓNICO PARA APLICACIONES COMERCIALES



Proyecto

Amplificador Marshall JCM600 de bulbos de 60Watt de Salida

**CARLOS ARMANDO GARIBAY GARIBAY
DIEGO IVAN ROMERO GONZALEZ**

Amplificador Marshall JCM600 de bulbos 60Watt

Marshall JCM600 de 1998, hecho en Inglaterra. 4 bulbos 12AX7 en el pre y 2 EL34 en el post, 60 Watts a 8 o 16 Ohms. Levanta perfectamente un Gabinete 4x12. Cuenta con reverberación de resorte Accutronics y controles independientes de ganancia para cada canal (Clean y Lead). Este es un modelo raro y escaso, su sonido está entre un JCM900 y un JCM800, tiene un canal limpio cálido y brillante como el del Plexi y un canal lead con un gain con cuerpo como el del JCM800, con un pedal booster se puede lograr una distorsión muy parecida a la de este último.

Características:

2 canales independientes con ecualizador, 1 canal limpio, 1 canal saturado, reverb de tanque, control master de volumen y efectos, send y return para loop de efectos, Salidas para bocinas de 8 y 16 ohm

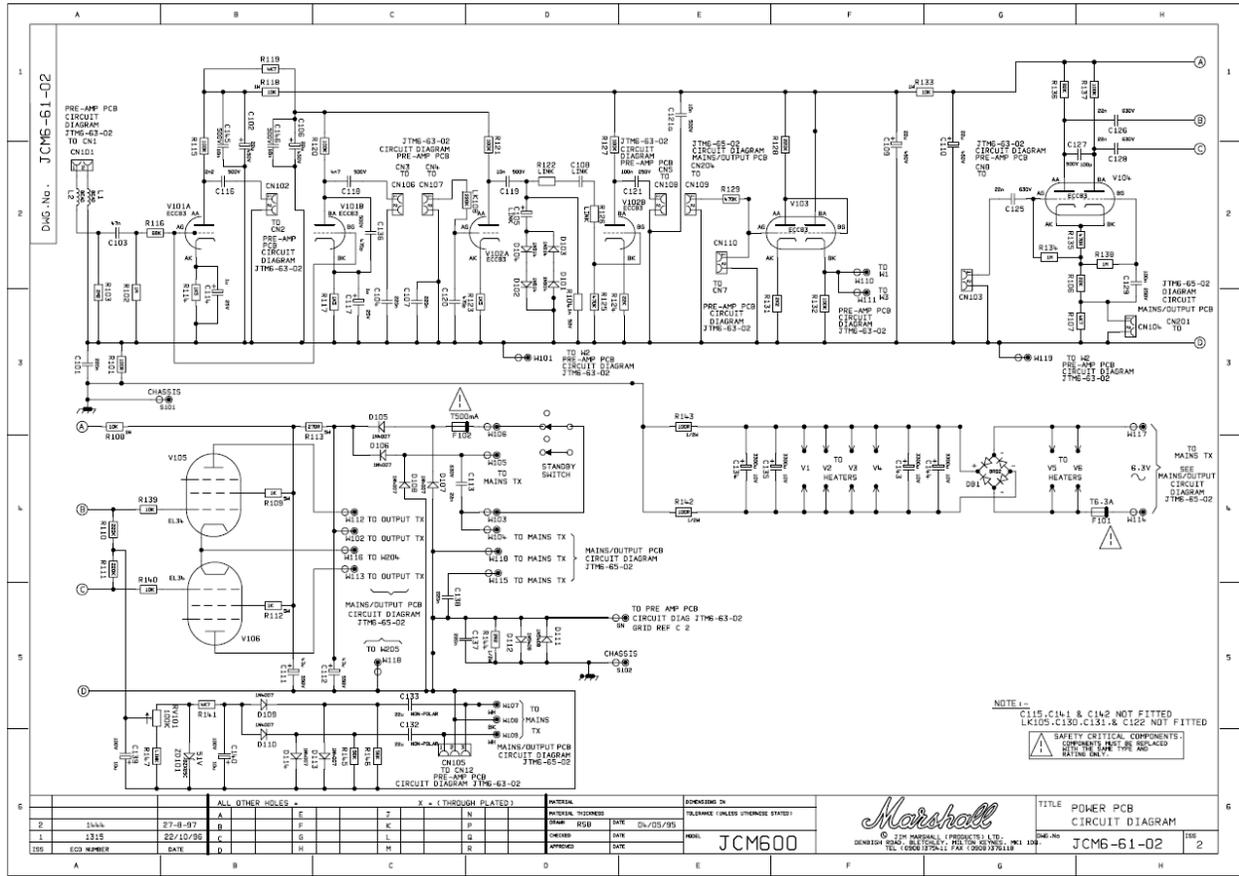


La idea es construir un amplificador replica del amplificador marshall, con todas sus características originales, debido a que la escasez del mismo lo hace muy caro y difícil de conseguir

Esquemáticos:

Los esquemáticos están libres en la red por lo cual nos basaremos en los mismo para la construcción del amplificador que consta de 3 etapas, 1: pre amplificador y potencia, 2: Fuente y rear PCB, 3: Etapa de reverb y cambio de canales, estas se muestran a continuación.

Etapa de pre amplificador y potencia:



BOM

Value	Comment	Quantity	Price (unit)	partial cost	Newark PN	Reference Designator
100K	1/2W	12	0.008	0.096	28X2100	R115 R120 R121 R127 R132 R137 RV101 R201 R216 R211 R15 R30
100R	1/2W	7	0.008	0.056	28X2097	R101 R24 R25 R23 R22 R143 R142
10k	1W	3	0.023	0.069	28X2267	R118 R133 R108
10k	1/2W	15	0.008	0.12	28X2099	R139 R140 R210 R212 R46 R17 R39 R42 R28 R37 R38 R32 R33 R34 R9
10M	1/2W	1	0.008	0.008	28X2102	R7
10R	1/2W	2	0.008	0.016	28X2096	R218 R217
12K	1/2W	2	0.006	0.012	28X2105	R40 R41
150R	1W	1	0.025	0.025	50R9861	R44
1K	1/2W	1	0.008	0.008	28X2098	R31
1K5	5W	2	0.235	0.47	45P3981	R109 R112
1K5	1/2W	4	0.008	0.032	28X2110	R114 R117 R123 R2
1M	1/2W	6	0.006	0.036	28X2101	
1n	50v	1		0		R104
200K	1/2W	1	0.028	0.028	29X2372	R128
220k	1/2W	2	0.008	0.016	28X2123	R110 R111
220n		1		0		R204
22K	1/2W	3	0.008	0.024	28X2122	R124 R106 R36
22R	1/2W	1	0.008	0.008	28X2119	R19
270R	1W	1	0.027	0.027	84R1605	R43
270R	5W	1	0.073	0.073	16R1961	R113
270R	1/2W	1	0.008	0.008	28X2125	R206
2K2	1/2W	1	0.008	0.008	28X2121	R131
2K7	1/2W	2	0.018	0.036	95W5955	R203 R3
2M2	1/2W	4	0.008	0.032	28X2124	R103 R209 R215 R11
2R2	1/2W	1	0.018	0.018	95W5958	R144
33K	1/2W	2	0.008	0.016	28X2130	R6 R13
3K3	1/2W	2	0.018	0.036	95W5971	R201a R29
470K	1/2W	5	0.005	0.025	28X2139	R125 R4 R8 R10 R8a
470R	1/2W	4	0.008	0.032	28X2136	R135 R207 R213 R20
47K	1/2W	4	0.008	0.032	28X2138	R12 R16 R27 R35
4K7	1/2W	4	0.008	0.032	28X2137	R119 R107 R141 R14
560R	1/2W	1	0.008	0.008	28X2143	R204
56K	1/2W	4	0.008	0.032	28X2144	R145 R146 R202 R1
68k	1/2W	1	0.008	0.008	28X2150	R116
82K	1/2W	1	0.008	0.008	28X2154	R136

Value	Comment	Quantity	Price (unit)	partial cost	Newark PN	Reference Designator
100n		5	0.018	0.09	27X7694	C21 C49 C18 C17 C15
100n	250v	2	0.018	0.036	27X7694	C121 C129
100p	500v	1	0.675	0.675	14M5151	C127
100p		3	0.035	0.105	27X7681	C2 C7 C23
10n	500v	4	0.396	1.584	57K8732	C145 C146 C119 C121o
10n		3	0.032	0.096	27X7648	C202 C207 C30
10u	100v	2	0.028	0.056	02P3468	C139 C140
1n		1	0.033	0.033	27X7684	C37
1u	25v	2	0.035	0.07	03M2927	C114 C117
220n		19	0.035	0.665	27X7709	C101 C104 C107 C138 C137 C201 C203 C205 C206 C44 C43 C35 C36 C10
220p	500v	1	0.484	0.484	53M7938	C3
220u	35v	3	0.046	0.138	02P4266	C42 C32 C33
22n	630v	8	0.182	1.456	32R8853	C126 C128 C125 C113 C4 C50 C10 C11
22u	450v	4	0.496	1.984	84M4590	C102 C106 C109 C110
22u	NonPolar	2	0.062	0.124	21C0773	C133 C132
22u	25v	3	0.021	0.063	84M4581	C41 C48 C47
2n2	500v	1	0.142	0.142	95B5799	C116
2n2	50v	1	0.088	0.088	27X7708	C50
2n2		1	0.034	0.034	95C0856	C40
2u2	63v	1	0.055	0.055	85R5451	C34
3300u	10v	4	0.171	0.684	84M4925	C134 C135 C143 C144
3n3		1	0.029	0.029	92K3274	C22
470p	500v	2	0.06	0.12	04X3179	C136 C12
470p		2	0.046	0.092	27X7715	C120 C31
470u	35v	2	0.128	0.256	65R2836	C25 C24
47n		2	0.036	0.072	27X7719	C103 C18
47u	550v	2	4.5	9	66W3001	C111 C112
4n7	500v	1	5.68	5.68	09R2460	C118
4n7		2	0.033	0.066	95C1075	C39 C28
68n		1	0.043	0.043	95C1117	C20
LINK		4		0		C105 C108 C14 C26
REMOVED		1		0		C29

Value	Comr	Quantity	Price (unit)	partial cost	Newark PN	Reference Designator
1N914		4	0.13	0.52	58K9617	D104 D103 D102 D101
1N4007		14	0.017	0.238	67R2155	D105 D106 D110 D102 D114 D113 D108 D107 D3 D5 D2 D4 D6 D1
1N5408		2	0.084	0.168	42K2941	D112 D111
BR62		1	0.848	0.848	19T8961	DB1
bead		2		0		L2 L1
220K		1		0		LK108
BI LED		1	0.496	0.496	74M7436	Led1
500mA	250V	1	0.244	0.244	95M6613	F102
6.3A		1	0.06	0.06	95M6600	F101
250mA	250V	2	0.361	0.722	95M6608	F1 F2
LM348		1	0.212	0.212	63K5647	IC1a IC5a
TL071		1	0.212	0.212	08F9265	IC2a IC4a
M5201		1		0		IC3
S2-PC MonoP		3		0		JS204 JS203 JS205 JS206
SW201		1		0		
BC184		3	1.41	4.23	06M7367	TR1 TR202 TR201
MPSA13		2	0.102	0.204	26K4618	TR2 TR3
ECC83		4		0	07H3941	V101 V102 V103 V104
EL34		2	19.99	39.98	54X7938	V105 V106
B22K		1		0		VR201
BZX85C	51V	1	0.021	0.021	18M1932	ZD101
TOTAL BOM COST				73.63		

Para el chasis la opción más viable tanto por costo y por ahorro de trabajo para adecuarlo tiene un costo aproximado de 20 dlls, de un amplificador Marshall de la serie MG <http://www.ebay.com/itm/Marshall-MG-amp-chassis-FOR-PARTS-OR-REPAIR-/191746976628?hash=item2ca502ab74:g:chUAAOSwAYtWHYKT>

Un cajón para un amplificador Marshall JCM800 a un precio aproximado de 150 dlls <http://www.ebay.com/itm/rawcab-head-cabinet-for-a-marshall-jcm-800-Lead-series-chassis-project-/301806623579?hash=item4645139b5b:g:0McAAOxyLm9TDVtH>

Lo cual podría ser más barato si lo mandamos a hacer especialmente (custom made) para nuestro proyecto.

TABLA 2
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tipo de Referencia Bibliográfica	Ejemplo
Sitio web	[http://www.newark.com/]
Sitio web	[https://marshallamps.com/history/]
Sitio web	[http://drtube.com/library/schematics/69-marshall-schemas#JCM600]



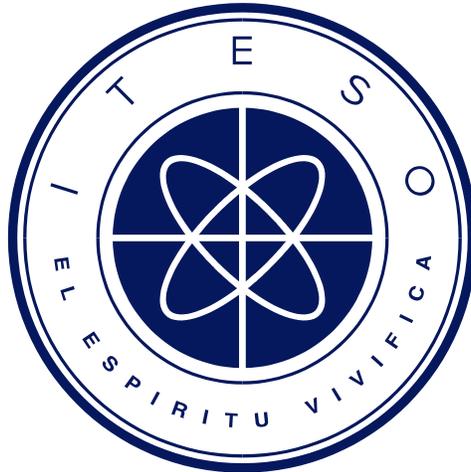
Foto del Amplificador Marshall JCM600

C. TALLER DE DISEÑO DE PCBS

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

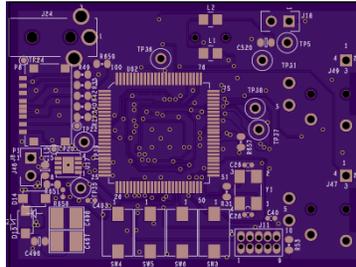
Maestría en Diseño Electrónico

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, SISTEMAS E INFORMÁTICA



TALLER DE DISEÑO DE PCBS

Reporte de Proyecto Final

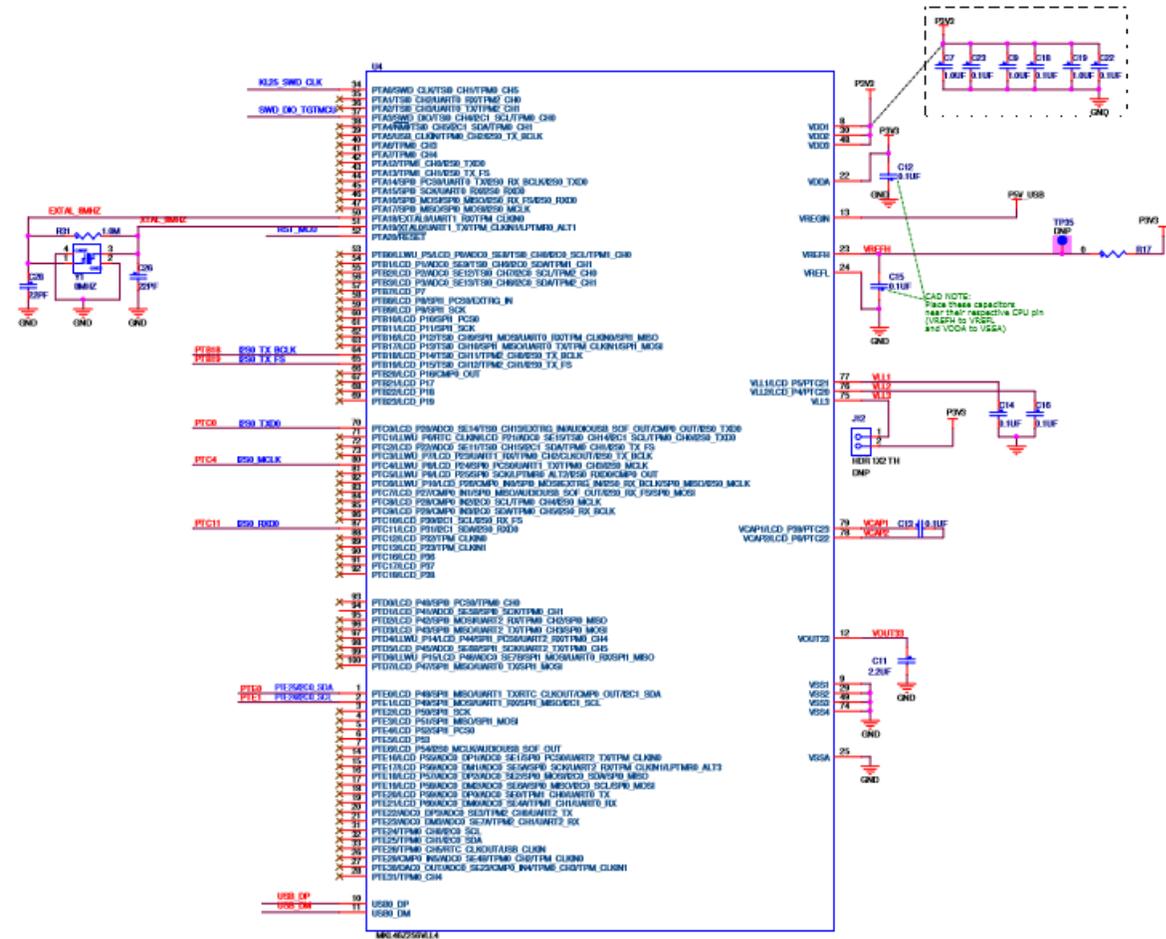


Carlos Armando Garibay Garibay

**Profesor: Rafael del Rey
Jorge Paredes**

Guadalajara, Jalisco. Mayo 2015

Como primer paso empezamos con el diagrama esquemático, el cual empezamos a analizar y vemos a nivel macro los elementos que contiene como son el MCU, el regulador de voltaje, el puerto USB, el conector de programación SWD, el códec de audio, el micro SD holder, los jacks de audio, así como capacitores de desacoplo, un botón de reset y el cristal del MCU

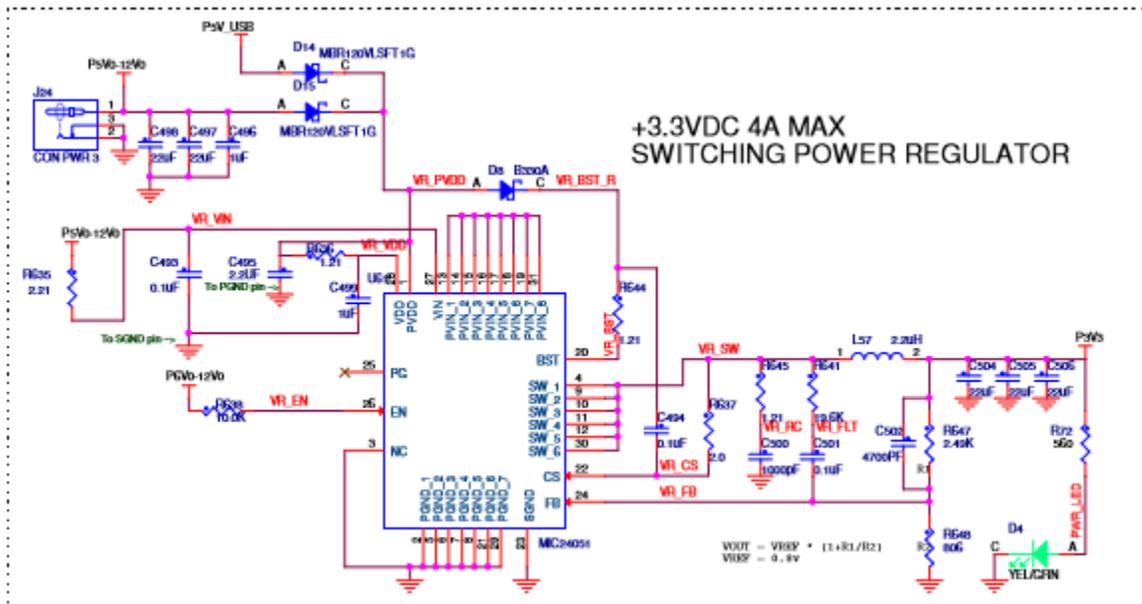


Primer bloque de diagrama esquemático

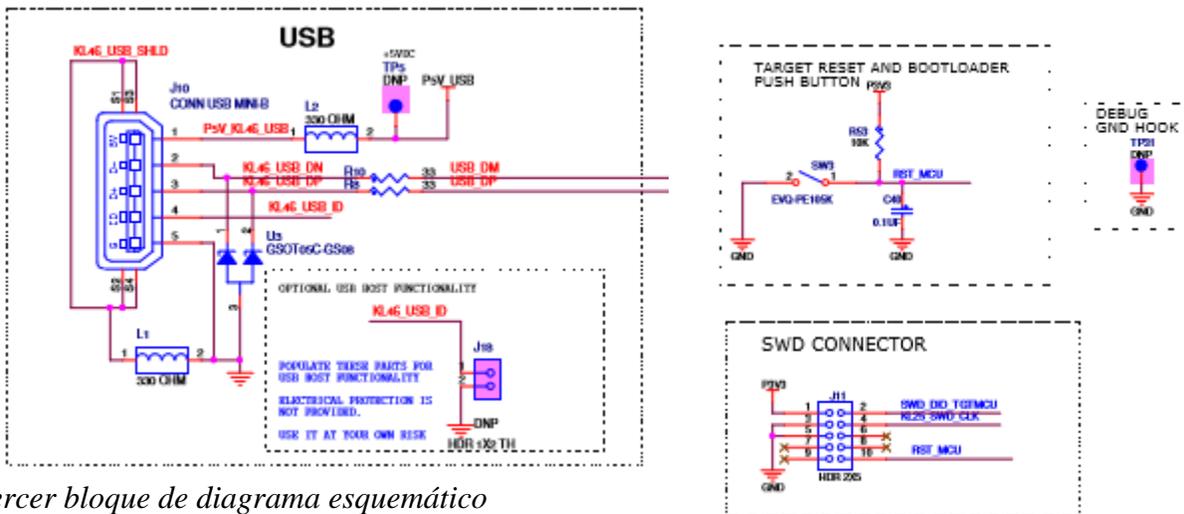
El agrupar los componentes nos servirá debido que al hacer el Placement podremos hacerlo por bloques y colocar los componentes lo más cercano posible a su próxima conexión

También es importante localizar los CAD notes en ellos nos daremos cuenta de instrucciones específica que pide el diseñador para tener un desempeño óptimo de los componentes

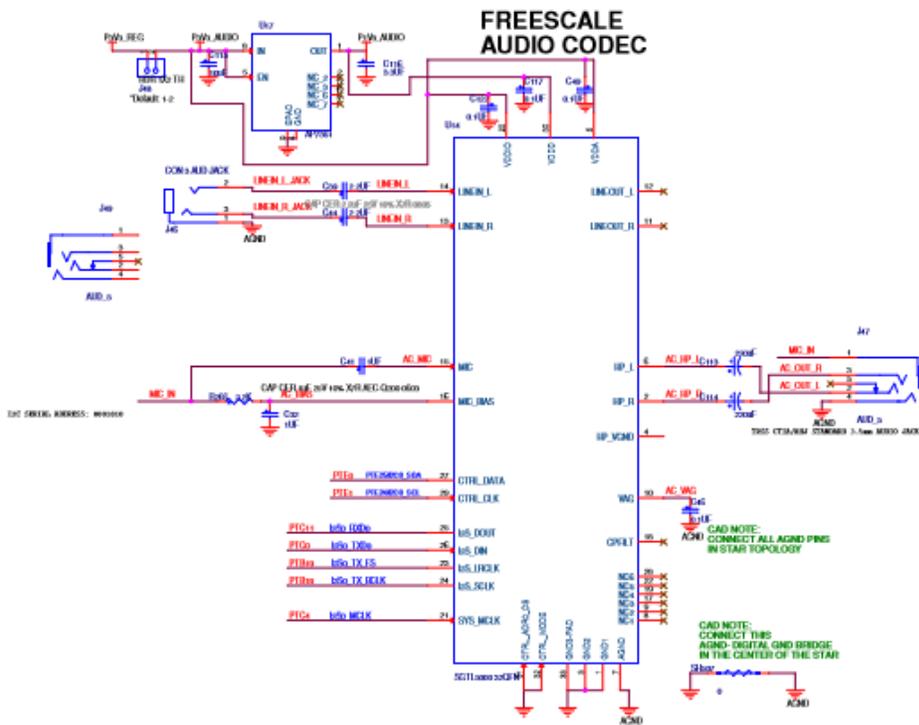
Una vez analizado el diagrama esquemático podemos proceder a importarlo a nuestro PCB, nuestro archivo de PCB nos fue proporcionado en el archivo SEED.brd el cual ya contiene el Outline con las dimensiones mecánicas a utilizar



segundo bloque de diagrama esquemático



tercer bloque de diagrama esquemático



cuarto bloque de diagrama esquemático

Teniendo la PCB fue necesario el siguiente paso de agregar los planos, se acordó que la mejor manera de realizar nuestro diseño sería un PCB de 4 *Layers* Teniendo 2 planos para *Placement* y *Ruteo* de señales, Un plano de voltajes y un plano de tierra.

Fue necesario establecer las reglas de ruteo de nuestro PCB, a través del *Constraint Manager* para indicar que tan gruesos deben de ser nuestros trazos, cual es la separación mínima entre trazos y hacia los componentes cual debe ser nuestro ángulo para cambio de dirección de *ruteo*, que tamaño deben ser las vías para hacer las conexiones entre planos y verificar que no se haya hecho una conexión errónea.

Allegro Constraint Manager (connected to PCB Designer 16.0) - [Spacing Constraint Sets: All Layers]

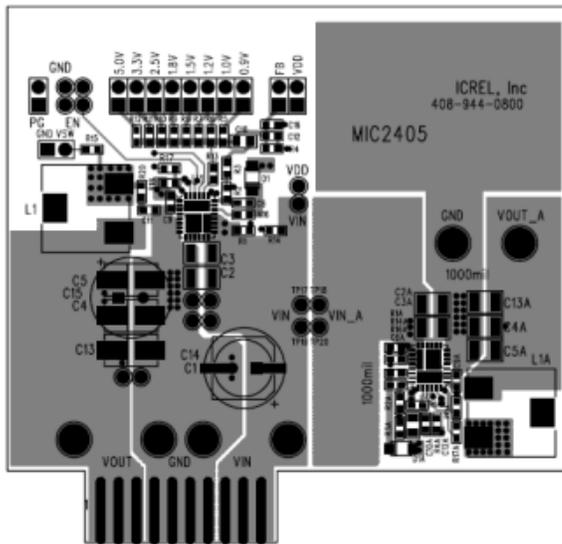
Calvin_18Julio

Type	Objects	Line To								
		Line	Thru Pin	SMD Pin	Test Pin	Thru Via	BB Via	Test Via	Shape	Bond Finger
		mil	mil	mil	mil	mil	mil	mil	mil	mil
Dsn	Calvin_18Julio	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
SCS	DEFAULT	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
SCS	2H_SL_2H_US	5.405...	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	5.405...	5.00
SCS	3H_SL_3H_US	8.165...	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	8.165...	5.00
SCS	4H_SL_4H_US	16.00...	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	16.00...	5.00
SCS	5H_SL_5H_US	13.00...	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	13.00...	5.00
Lyr	TOP	13.00	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	13.00	5.00
Lyr	L2_GND	5.00	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	5.00	5.00
Lyr	L3	20.00	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	20.00	5.00
Lyr	L4	20.00	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	20.00	5.00
Lyr	L5_VCC	5.00	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	5.00	5.00
Lyr	BOTTOM	13.00	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	13.00	5.00

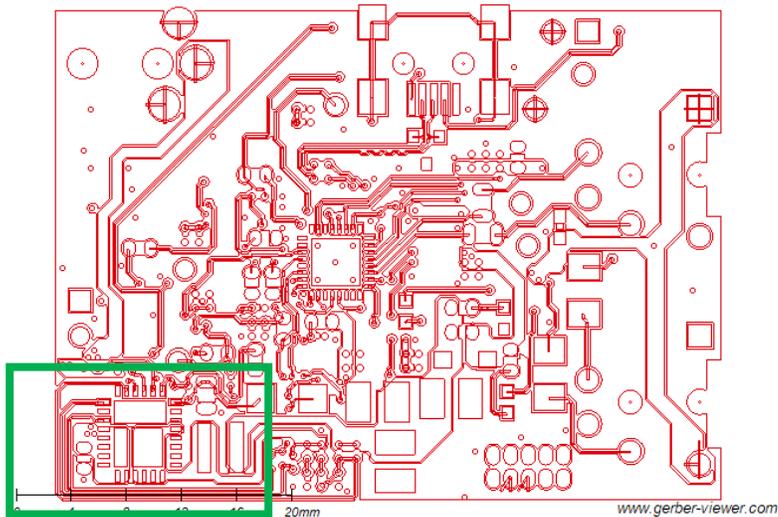
Ya con el diseño siendo importado hacia el PCB, comenzamos a hacer el *Placement*. de los componentes procurando colocar dichos componentes lo más cercano de su siguiente conexión para facilitar el ruteo de las señales y hacer uso más óptimo del espacio en PCB, es importante considerar las anotaciones que hace el Ingeniero de diseño eléctrico en los CAD notes

Posteriormente al *Placement* de los componentes se empieza a realizar el ruteo o conexión de los componentes, antes de esto es importante ver las recomendaciones de los fabricantes de los componentes y ver cuál es la mejor manera de realizar dichas conexiones con el ruteo sugerido por el mismo fabricante.

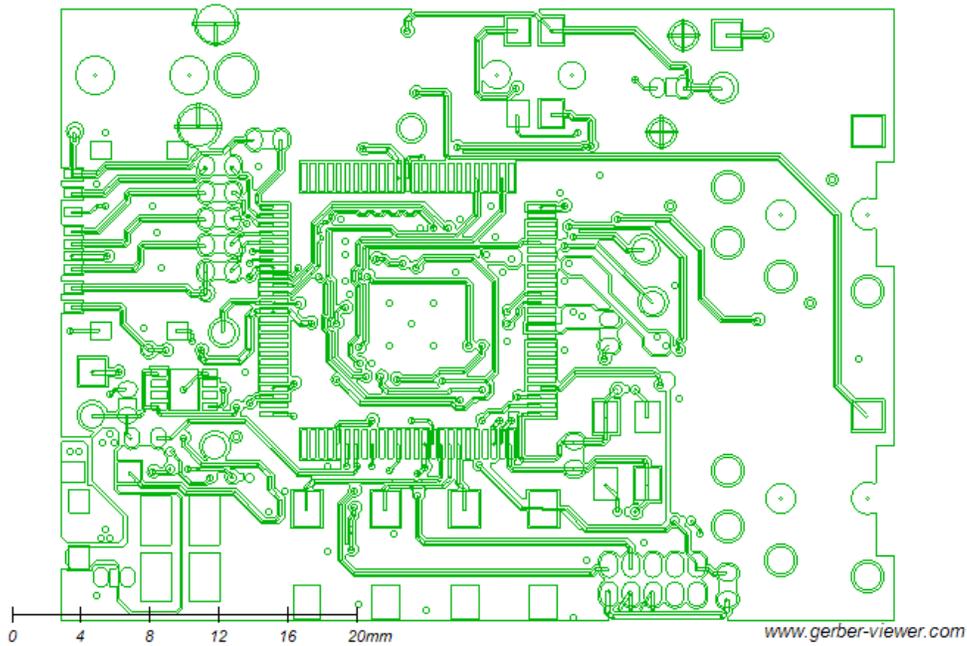
Para este caso en específico prestáremos especial atención al regulador de voltaje y trataremos de apegarnos a la recomendación del fabricante para el placement y ruteo



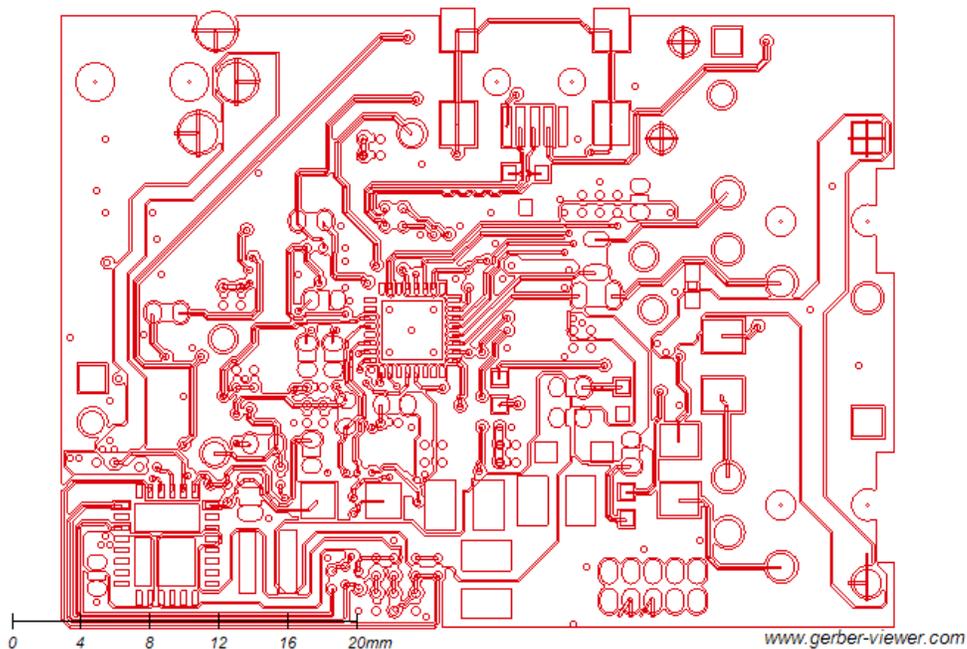
Para mi diseño coloque el Regulador de voltaje en la parte de bottom



Teniendo mi placement completo tanto en top como en bottom procedí a hacer el ruteo, mientras iba realizando el ruteo fui acomodando el plano 2 de power y deje todo el layer 3 como plano de GND

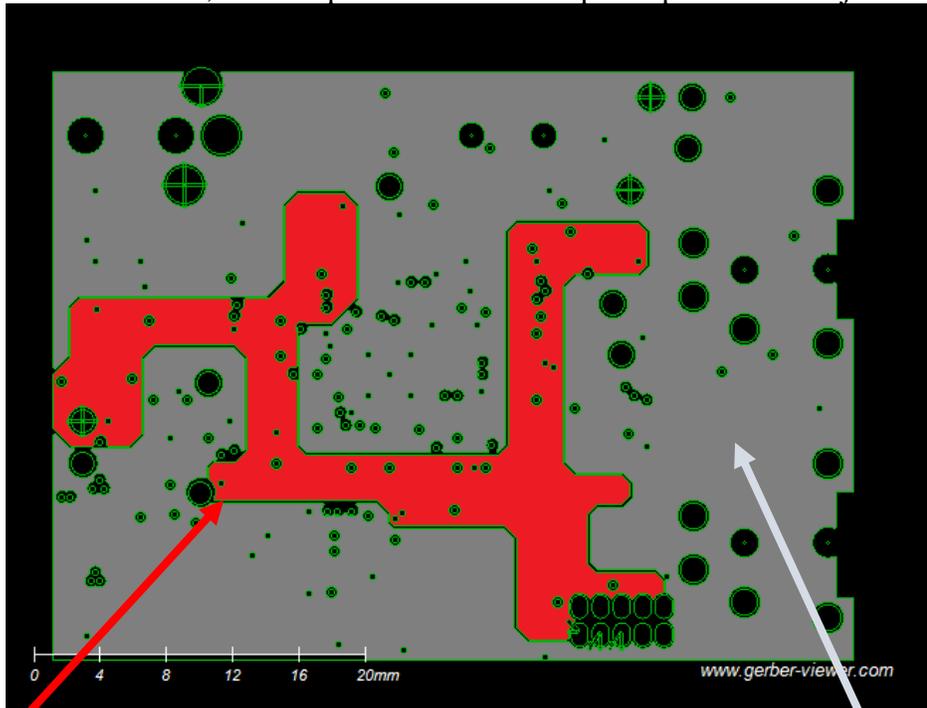


TOP



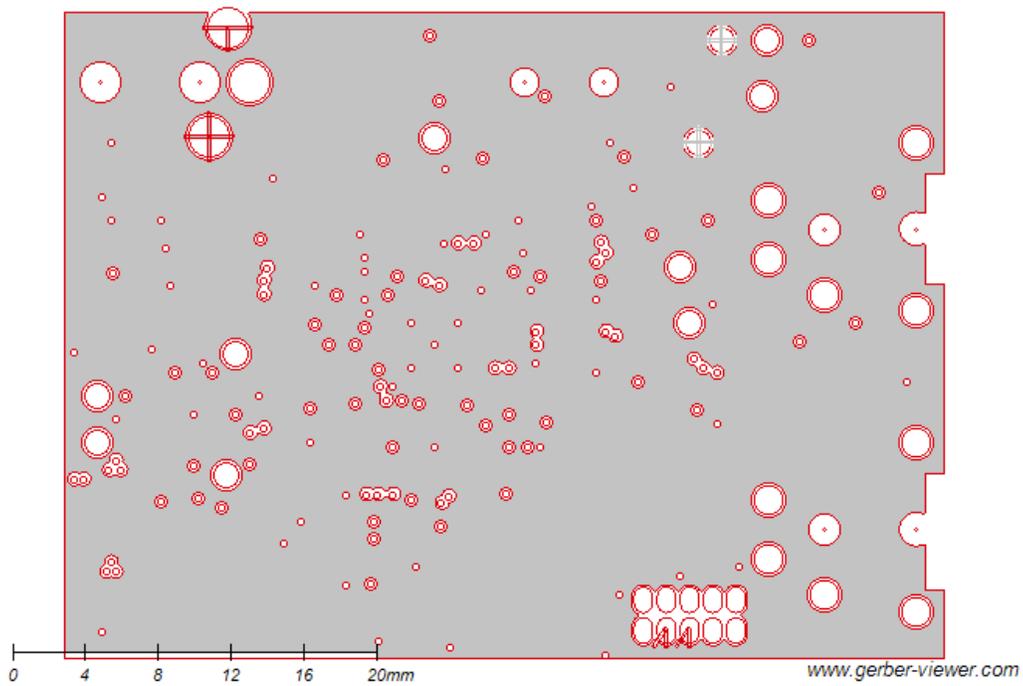
BOTTOM

Plano de Power, todo lo que no fue utilizado por el plano de voltaje lo rellene con GND



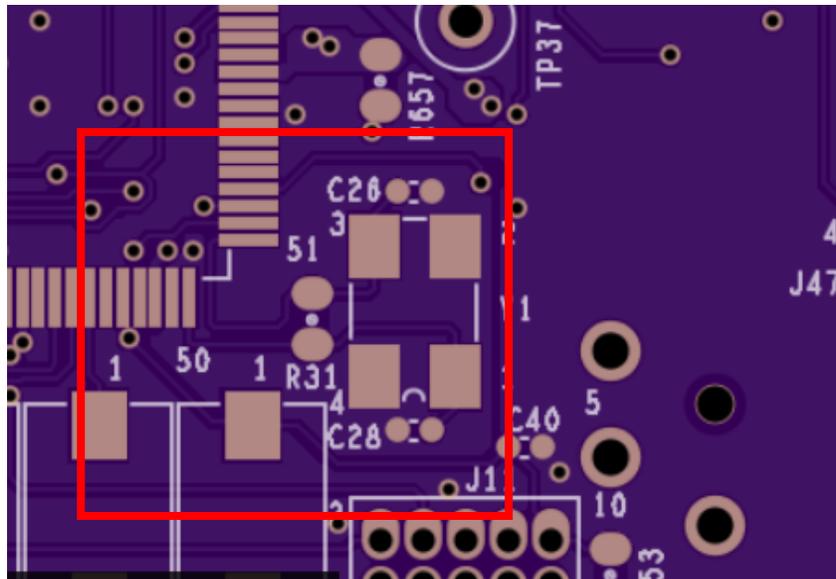
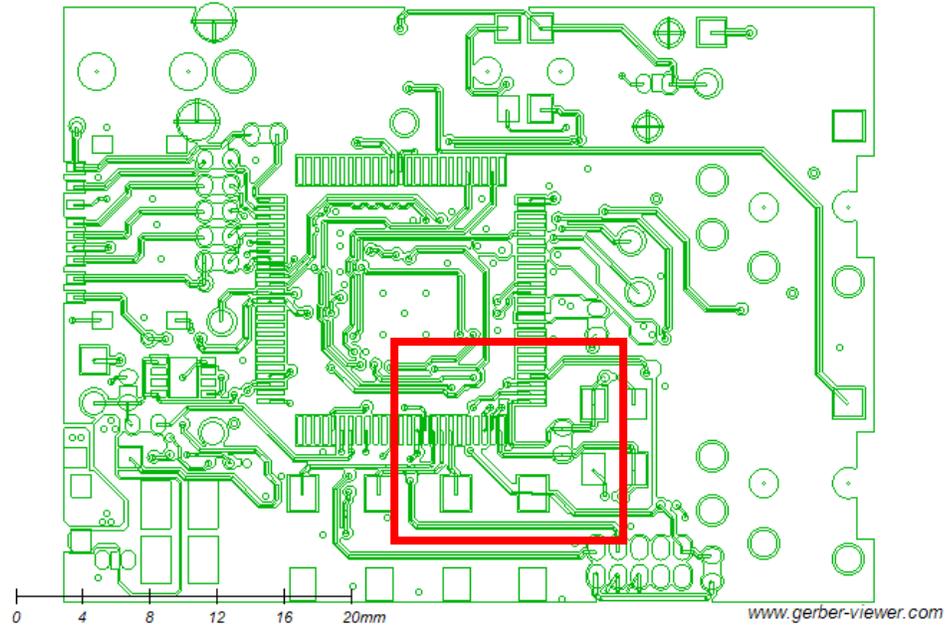
P3V3

GND

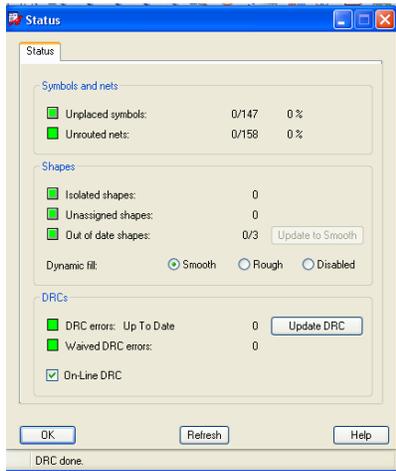


Layer 4 plano de GND

Algo que fue muy importante fue el ruteo del cristal en el cual se tuvo que hacer un length matching para que los trazos tuvieran la misma longitud y además aislar del todo el plano ruidoso de tierra para afectar lo menos posible la oscilación del crystal



Al haber concluido el diseño del PCB, se debe confirmar que no tengamos conexiones sin realizar y no tengamos violaciones a las reglas de ruteo de nuestras señales a través del DRC (*Design Review Check*) Report para confirmar que todo fue puesto y conectado de manera correcta y no tengamos problemas de conectividad y manufacturabilidad.



DRC Error Count Summary

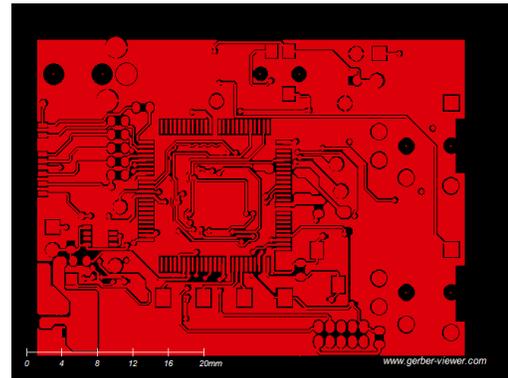
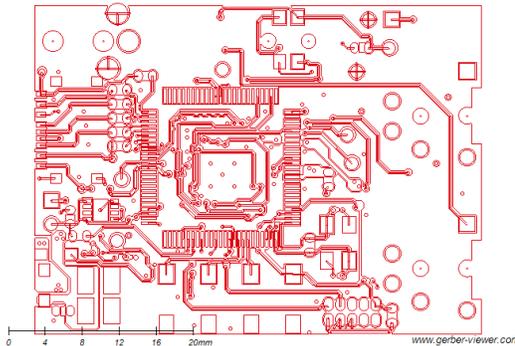
DRC Error Type	DRC Error Count
Total DRC Errors	0

Detailed DRC Errors

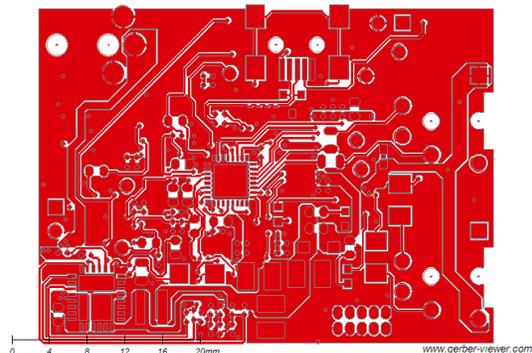
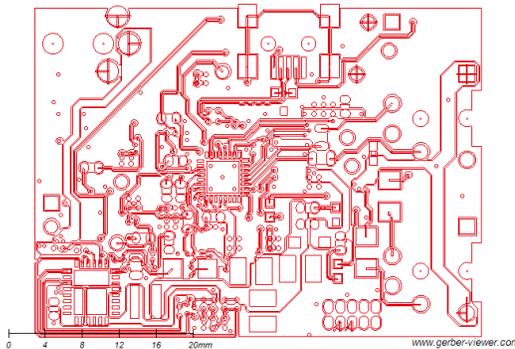
Constraint Name	DRC Marker Location	Required Value	Actual Value	Constraint Source	Constraint Source Type	Element 1	Element 2
-----------------	---------------------	----------------	--------------	-------------------	------------------------	-----------	-----------

Ya al haber confirmado la correcta conexión de nuestro PCB, se procede a generar los archivos de fabricación llamados también *Gerbers*, Los cuales son indispensables para poder mandar fabricar nuestra PCB con cualquier compañía de manufactura de PCBs

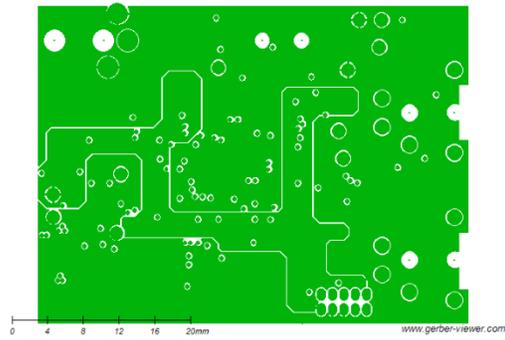
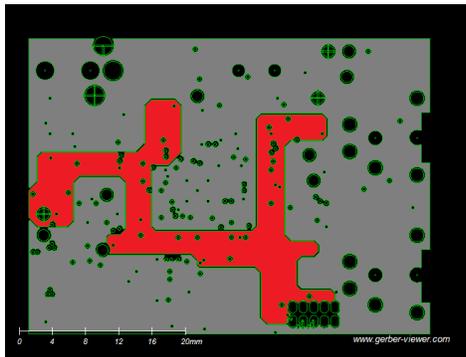
Top



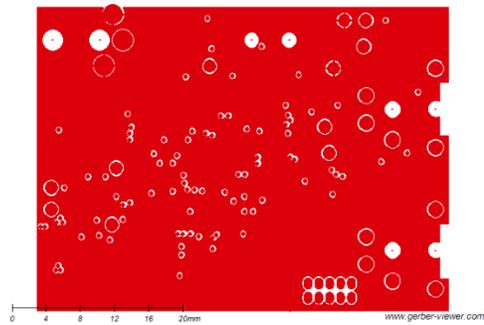
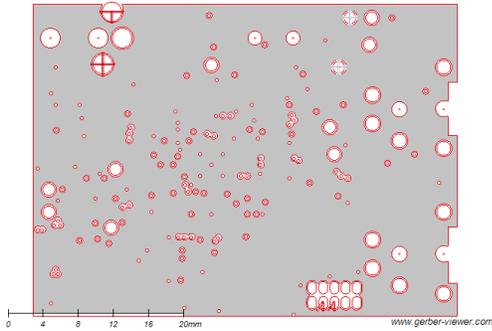
Bottom



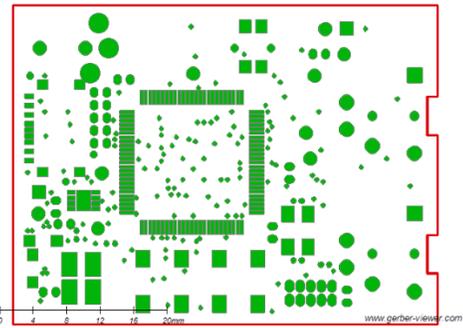
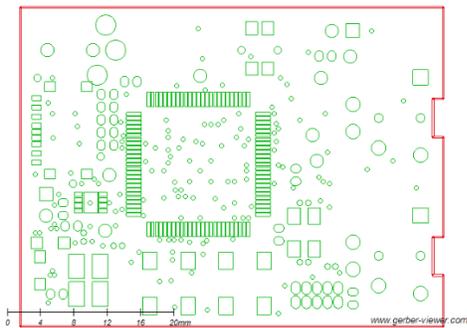
Power



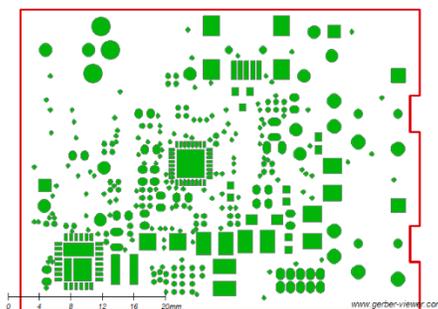
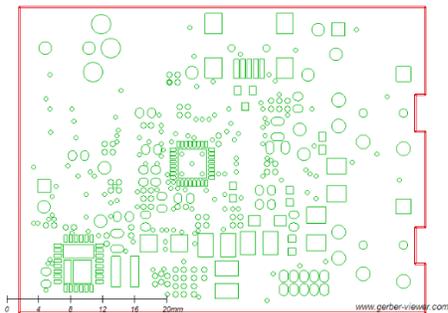
GND



SMTOP



SMBOTTOM



Los Archivos de Gerbers generados fueron los siguientes:

BOTTOM.GBL
DRILL.XLN
GND.G2L
OUTLINE.GKO
PWR.G3L
SMBOT.GBS
SMTOP.GTS
SSBOT.GBO
SSTOP.GTO
TOP.GTL

Con dichos Archivos se mandó fabricar el PCB, el fabricante escogido fue oshpark (<https://oshpark.com/>)

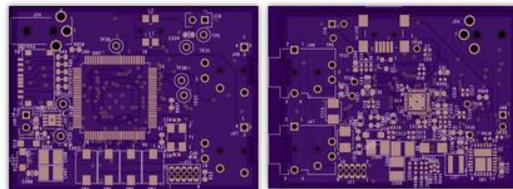
Carlos_Garibay_ITESO_KL46_Audio_codec

by  Charlie rocker.

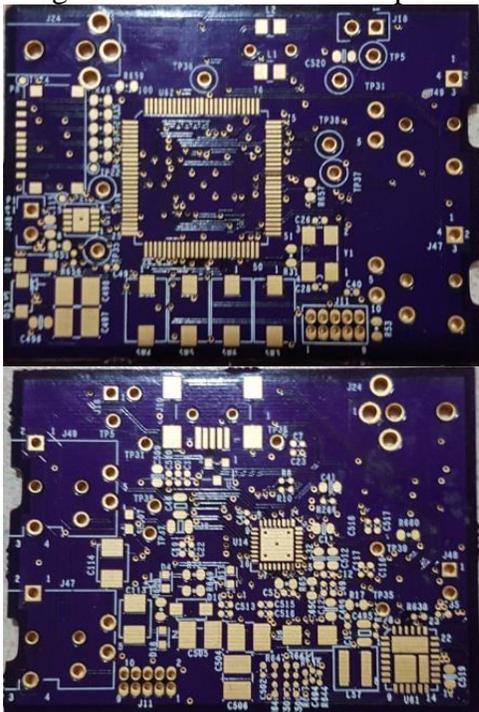
**4 layer board of 2.01x1.51 inches (51.00x38.30 mm).
Uploaded on April 15th, 2015 03:41.**

MP3 Player with Freescale Audio Codec

Actions: [Edit](#) [Delete](#) [Order board](#) [Start sharing](#)



Imágenes reales de la PCB después de recibirlas del fabricante



Y al final Obtuve el BOM para comprar los componentes

Item	Qty	Reference	Part	MFG_NAME01	MFG_PN01	DESCRIPTION
1	6	C7,C9,C19,C51	1.0UF	YAGEO AMERIC	CC0402KRX5R6BB1	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0402
2	1	C11	2.2UF	TAIYO YUDEN	LMK107B7225KA-T	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0403
3	11	C12,C15,C18,C	0.1UF	KEMET	C0402C104K8PAC	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0404
4	2	C26,C28	22PF	AVX	04025A220JAT2A	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0405
5	2	C32,C41	1UF	TDK	CGA3E1X7R1E105K	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0406
6	3	C39,C44,C495	2.2UF	AVX	08053C225KAT2A	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0407
7	4	C46,C49,C117,(0.1UF	KEMET	C0402C104K4RAC	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0408
8	2	C113,C114	220uF	AVX	TLNT227M010R13C	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0409
9	5	C115,C509,C51	10uF	TAIYO YUDEN	LMK107BJ106MAL7	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0410
10	1	C116	3.3UF	KEMET	C0402C335M7PAC	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0411
11	3	C493,C494,C50	0.1uF	MURATA	GRM155R71H104K	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0412
12	2	C496,C499	1uF	CAPAX TECHN	0603X105K250SNT	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0413
13	5	C497,C498,C50	22uF	MURATA	GRM32ER71E226K	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0414
14	1	C500	1000pF	CAPAX TECHN	0402X102J500SNT	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0415
15	1	C502	4700PF	CAL-CHIP	GMC04X7R472J50M	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0416
16	3	D4,D17,D18	YEL/GRN	Bright LED Elec	BL-HGE36D-TRB	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0417
17	1	D8	B330A	DIODES INC	B330A-13-F	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0418
18	3	D14,D15,D16	MBR120V	ON SEMICONDR	MBR120VLSFT1G	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0419
19	1	J8	CON micr	MOLEX	1050270001	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0420
20	1	J10	CONN US	TE Connectivit	1734035-2	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0421
21	1	J11	HDR 2X5	ANYTRONIC CC	0922S0205011N6T-	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0422
22	2	J18,J48	HDR 1X2	SAMTEC	TSW-102-07-G-S	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0423
23	1	J24	CON PWR	CUI Inc	PJ1-022	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0424
24	2	J47,J49	AUD_5	CUI STACK	SJ-43515TS	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0425
25	2	L1,L2	330 OHM	TDK	MPZ2012S331A	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0426
26	1	L57	2.2uH	coilcraft	XAL4020-222MEB	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0427
27	2	R8,R10	33	THYE MING TEC	CR-02FL6---33R	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0428
28	10	R17,R35,R37,R	0	VISHAY INTERT	CRCW06030000Z0E	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0429
29	1	R31	1.0M	BOURNS	CR0603-JW-105ELF	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0430
30	3	R53,R650,R651	10K	KOA SPEER	RK73B1JTTD103J	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0431
31	3	R72,R657,R658	560	KOA SPEER	RK73H1JTTD5600F	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0432
32	1	R266	2.2K	VENKEL COMP.	CR0402-16W-222JT	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0433
33	1	R635	2.21	KOA SPEER	RK73H1ETTP2R21F	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0434
34	3	R636,R644,R64	1.21	KOA SPEER	RK73H1ETTP1R21F	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0435
35	1	R637	2	KOA SPEER	RK73H1ETTP2R00F	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0436
36	2	R638,R656	10.0K	VISHAY INTERT	CRCW040210K0FKI	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0437
37	1	R641	19.6K	KOA SPEER	RK73H1ETTP1962F	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0438
38	1	R647	2.49K	BOURNS	CR0402-FX-2491GL	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0439
39	1	R648	806	KOA SPEER	RK73H1ETTP8060F	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0440
40	1	SH507	0	LAYOUT ELEME	LAYOUT ELEMENT	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0441
41	4	SW3,SW4,SW5	EVQ-PE1C	PANASONIC	EVQPE105K	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0442
42	7	TP5,TP31,TP35	TEST POIN	COMPONENTS	TP-105-01-09	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0443
43	3	TP20,TP22,TP2	TPAD_03C	NOTACOMPON	NOTACOMPONEN	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0444
44	1	U3	GSOT05C	VISHAY INTERT	GSOT05C-GS08	CAP CER 1.0UF 10V 10% X5R 0445

Conclusiones

Al principio del *Placement* y *ruteo* yo no tenía una clara estrategia para realizar mi diseño por lo cual al ir avanzando me di cuenta que me fui quedando sin espacio y aun con muchos componentes por colocar, de tal manera me di cuenta que lo mejor era volver a empezar nuevamente desde el principio, pero con un mejor plan de colocación de componentes lo cual posteriormente me hizo mucho más fácil y optima la conexión de mi PCB, así como tener el mejor aprovechamiento del espacio en tarjeta.

TABLA 3
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tipo de Referencia Bibliográfica	Ejemplo
Material del curso en Moodle	[Rafael del Rey diseño de PCBs MDE P2015]
Sitio web	[https://oshpark.com/]