

Análisis y Diseño de Circuitos Analógicos II

Proyecto final de materia:
Mixer Analógico de dos canales



Integrantes:

- Barco, Valentín
- Arroyo, Gastón

Introducción

En el siguiente informe se desarrollará el proceso que se llevó a cabo para realizar un mixer analógico de dos canales. El mismo consta de dos ecualizadores de tres bandas, dos filtros controlados por voltaje, una etapa master, una etapa de potencia y una fuente, la cual es la encargada de energizar las etapas anteriormente mencionadas. Los esquemáticos y diseños de PCB de cada una de ellas se encuentran referenciados al final de este documento.

Para el diseño y armado de estos circuitos fueron utilizados dos softwares, KiCad y Fritzing, con los cuales se pudieron obtener tanto los esquemáticos como los diseños de PCB.

Desarrollo

Diagrama de Bloques del diseño

En esta sección se comenzará mostrando un diagrama de bloques que engloba toda la cadena de audio del mixer, en la siguientes secciones se presentará cada bloque con más detalle.

Como se puede ver en la siguiente figura, la señal de audio ingresa por una entrada RCA y circula a través del ecualizador (EQ), luego pasa por un multiplexor, en el cual multiplexa entre el canal pasado por un filtro pasa altos y el audio directo que viene del EQ, una vez pasada esta etapa, es sumada con la señal de audio del otro canal y es amplificado para ser enviado a la salida

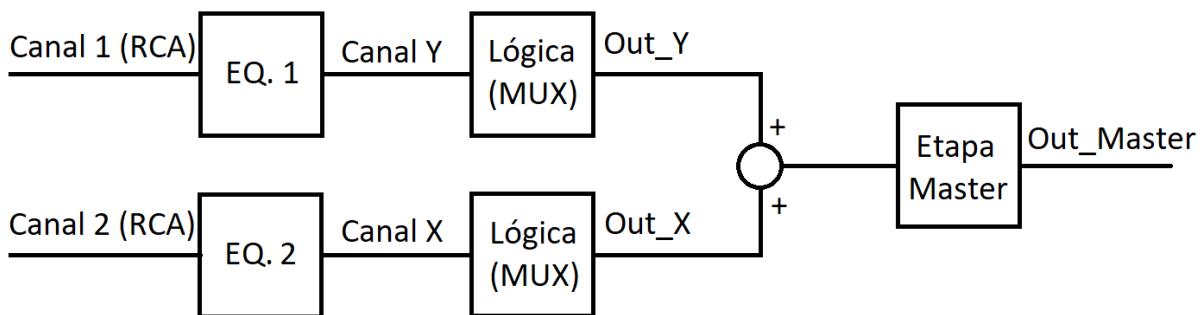


Figura 1: Diagrama de bloques del Mixer

Ecualizador de tres bandas

En este bloque se trató de lograr que la señal sea dividida en tres bandas de frecuencia diferentes, las cuales fueron implementadas con filtros pasa banda multi realimentados.

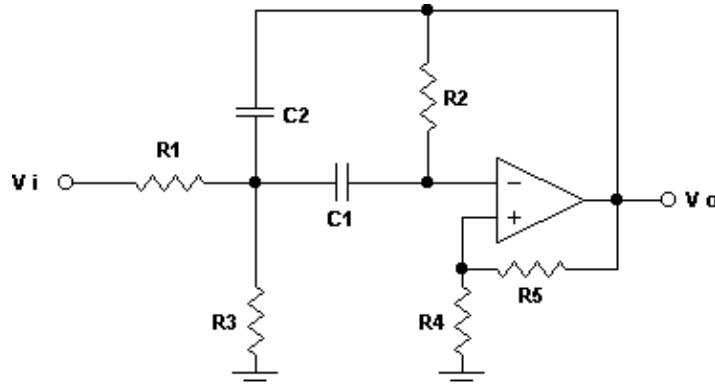


Figura 2: Filtro pasa banda

$$C = C1 = C2$$

$$BW = \frac{1}{2\pi R_3 C} \text{ Ancho de banda}$$

$$fm = \frac{1}{(2\pi R_1 C)} * \sqrt{\frac{1}{M R_1 R_3}} \text{ Frecuencia media}$$

$$Am = \frac{-R_3}{2R_1} \text{ Ganancia}$$

$$M = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Con estas ecuaciones y teniendo los anchos de banda y las frecuencias medias de cada una de las campanas, se calculó los valores de cada componente.

Luego como cada uno de estos filtros generaba una inversión y una atenuación diferente en de la señal, se procedió a pasar por un amplificador inversor el cual se ajustó de tal manera de equilibrar las 3 bandas y lograr una respuesta lo más plana posible.

Por último se suman las 3 Bandas a través de un sumador inversor de ganancia unitaria.



Figura 3: Ecualizador de 3 bandas

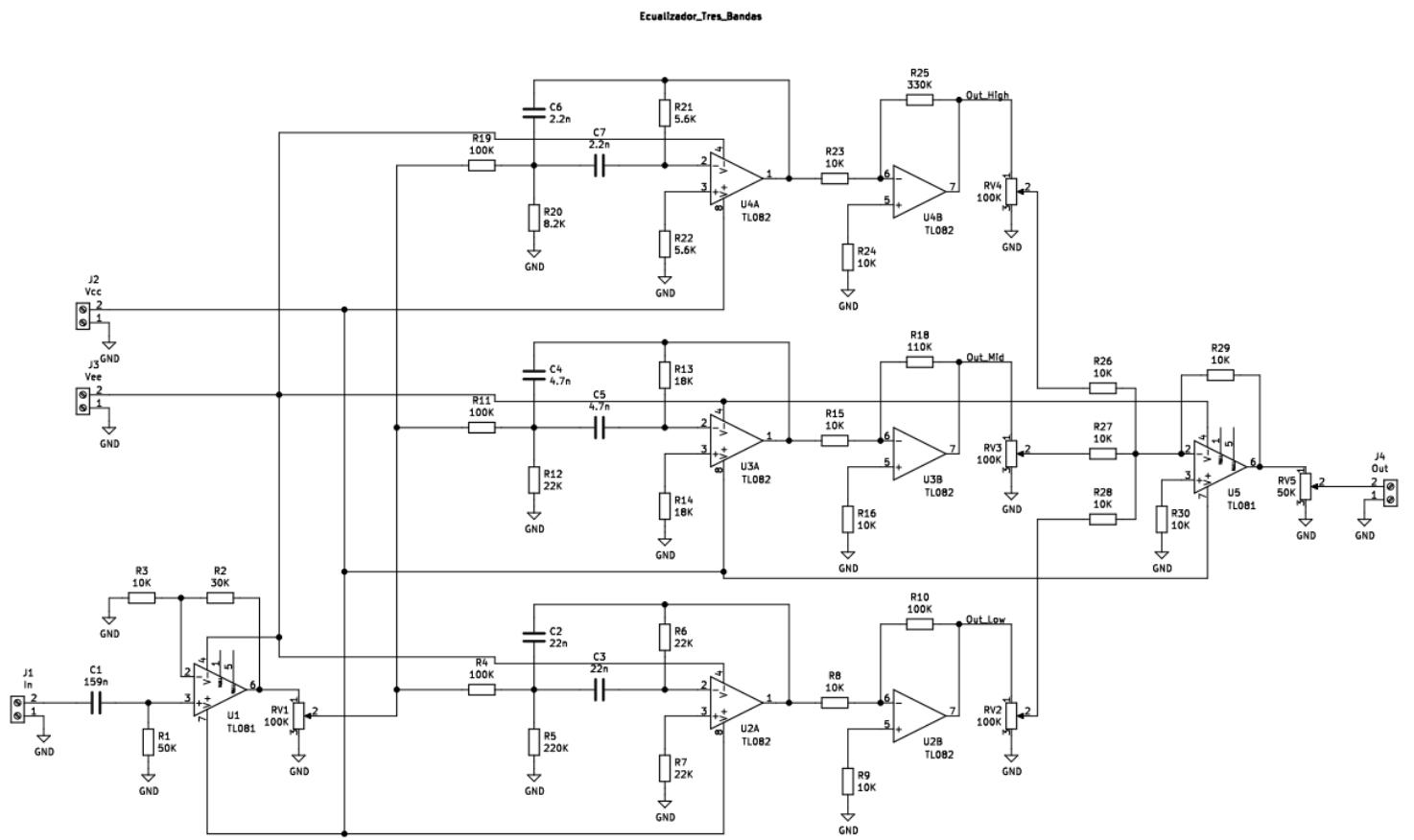


Figura 4: Esquema del ecualizador de 3 bandas

Se utilizan además 2 potenciómetros uno para controlar la ganancia de entrada al canal y el otro siendo este un potenciómetro deslizable logarítmico para la elegir cuanta señal vamos a meter en la mezcla.

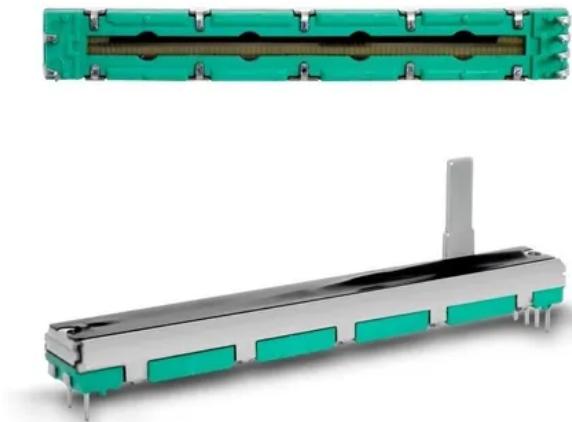


Figura 5: Potenciómetro deslizable logarítmico

Simulaciones en LTSpice:

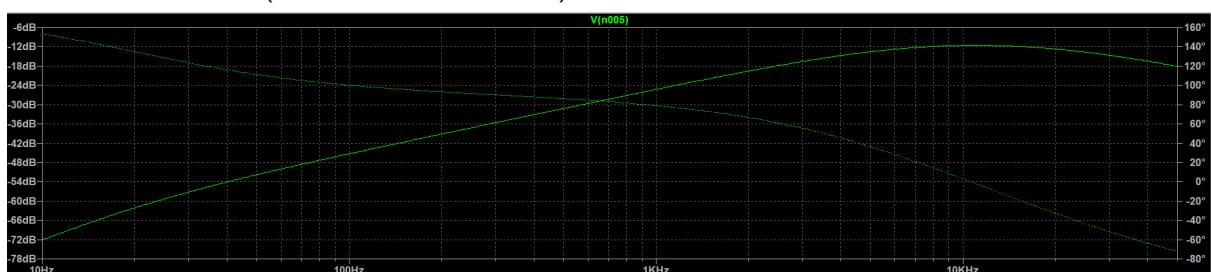
Frecuencias bajas (50 Hz - 600 Hz):



Frecuencias medias (950 Hz - 3500 Hz):

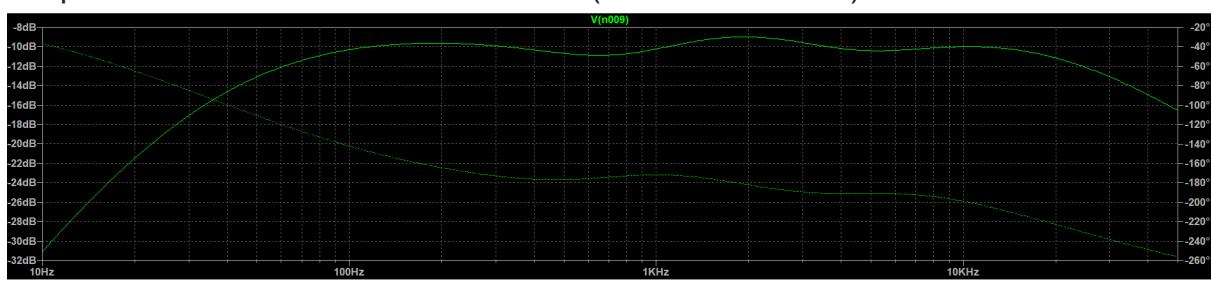


Frecuencias altas (5500 Hz - 19500 Hz):



La suma total de estas tres bandas da como resultado una respuesta en frecuencia casi plana.

Respuesta en frecuencia del ecualizador (50 Hz - 19500 Hz):



La PCB se realizó sobre una placa de 10x20

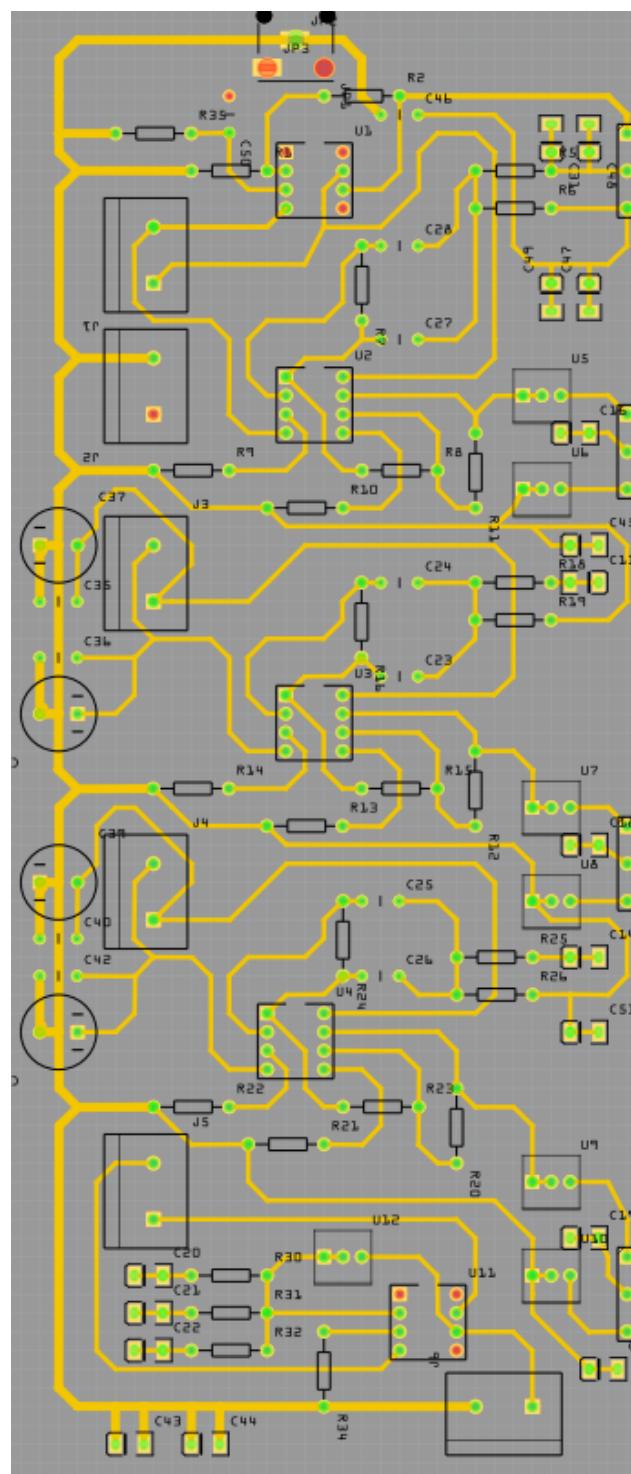


Figura 5: PCB de ecualizador de 3 bandas

Filtro controlado por voltaje (VCF)

En los mixers comerciales, se utilizan filtros pasa altos con frecuencia de corte variable. Para realizar esto, se decidió utilizar un amplificador operacional de transconductancia LM13700. Este filtro permite regular la frecuencia de corte mediante el potenciómetro RV3.

Como dicho integrado traía dos de estos amplificadores, se pudo realizar un filtro para cada canal.

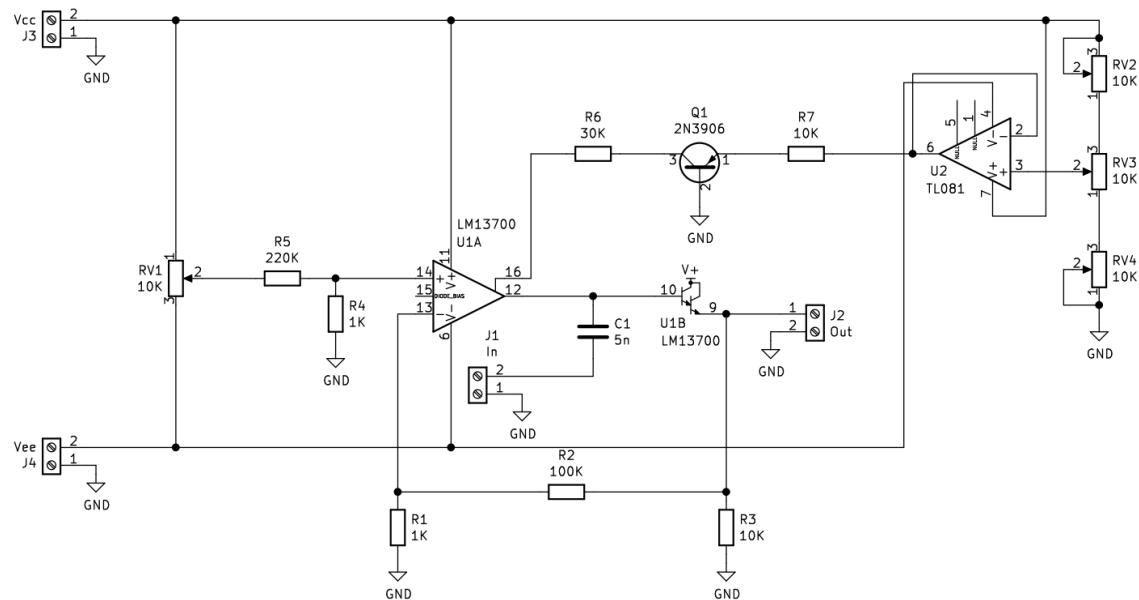


Figura 6: Esquema del filtro controlado por voltaje

Lógica MUX

Luego se realizó una lógica con multiplexores para poder decidir si activar el filtro del canal o no. Para ello se utilizó un multiplexor analógico de dos canales (HCF4052)

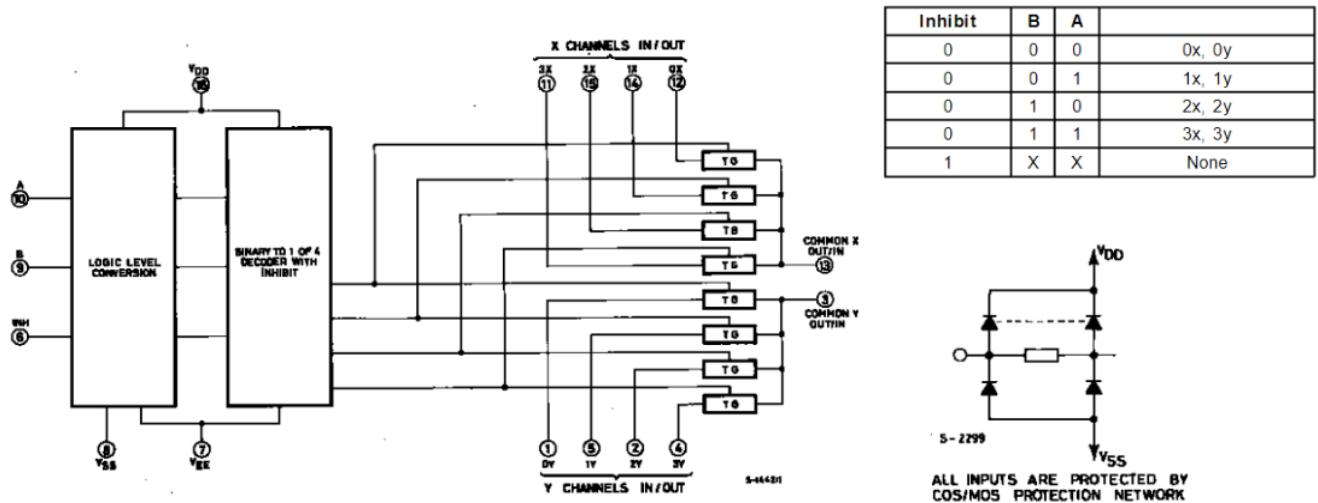


Figura 7: Multiplexor analógico de 2 canales

Este se implementó con la siguiente lógica:

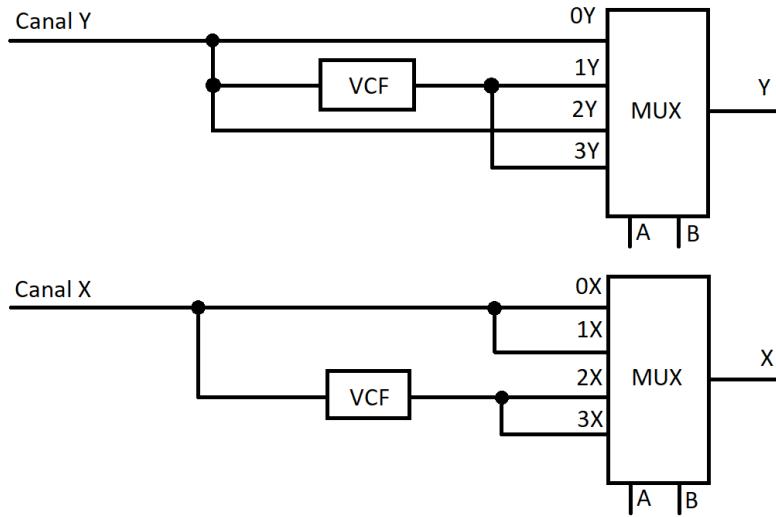


Figura 8: Lógica de multiplexores

Podemos ver que en el caso de apretar ambos botones las señal del canal X y del Canal Y pasan por sus respectivos filtros, y si apretamos aislado cualquiera de los dos botones, solo pasa uno de los canales por su filtro.

La PCB fue realizada sobre una placa de 10x10

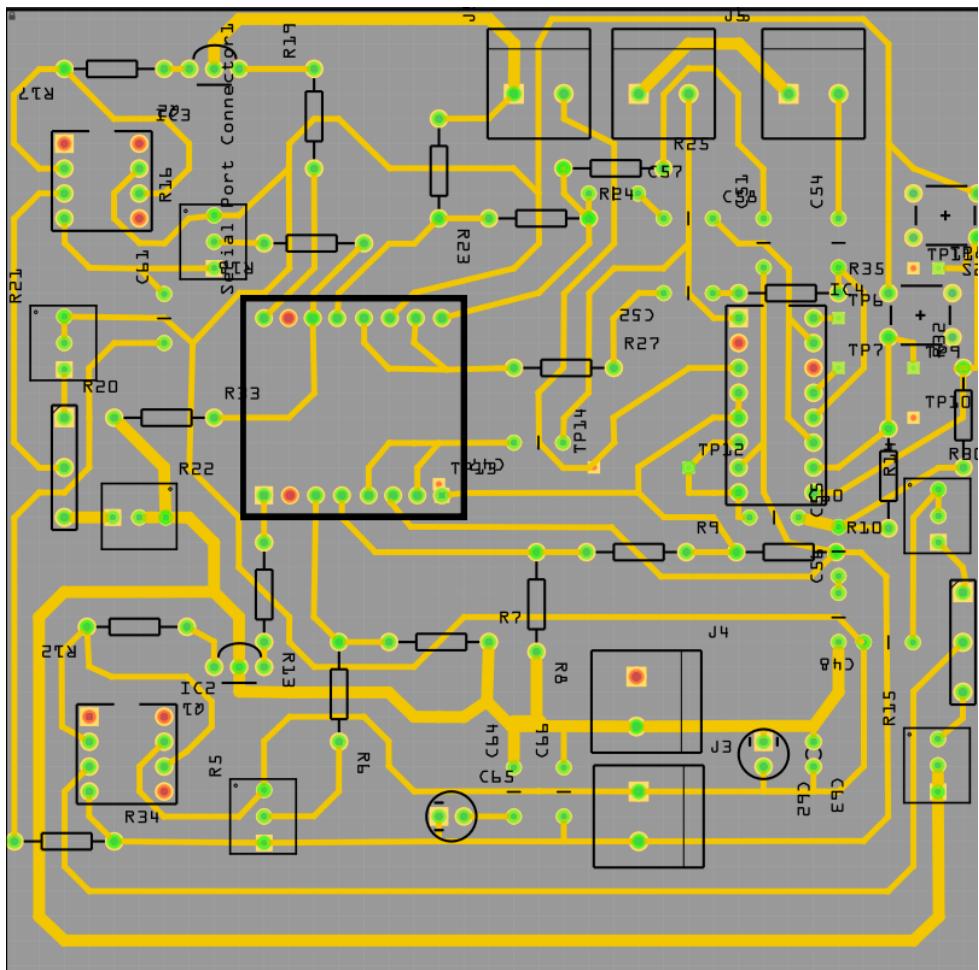


Figura 9: PCB de lógica mux

Etapa Master

En esta etapa simplemente se tuvieron dos objetivos, realizar la suma de las salidas de los filtros con una etapa sumadora, y luego a ese resultado separarlo en dos salidas las cuales se les realiza una amplificación y se direccionan hacia la salida master y la salida booth cada una con su correspondiente ganancia. Teniendo cada una de ellas un potenciómetro a la salida para controlar el volumen, la salida master es la cual entrará a la etapa de potencia para ser amplificada, mientras que la salida booth tiene como objetivo los parlantes de la cabina, para que se escuche solo en esa zona.

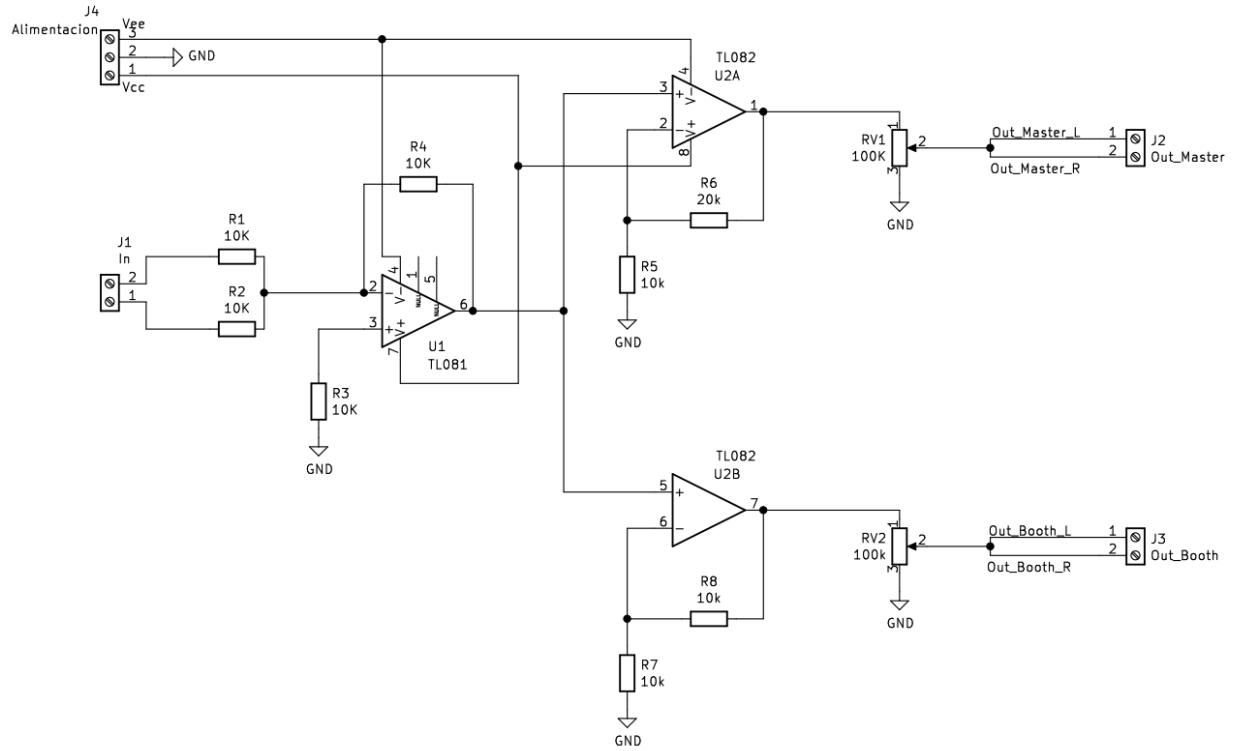


Figura 10: Esquema de etapa master

Etapa Potencia

Inicialmente para esta etapa se planteó una configuración tipo clase AB, con una potencia de salida de 8W RMS.

Para el diseño de la misma se utilizó fuente partida de $\pm 20V$, siendo del esquemático $V_P = 20V$ y $V_N = -20V$. Además, cuenta con una fuente de corriente tipo espejo para alimentar la etapa de polarización y los Darlington del clase AB, en cuya alimentación se colocaron un diodo entre V_P y los emisores de los transistores, y un capacitor de $1000\mu F$ para disminuir el ripple. Además, se le colocó preset multivuelta en serie a la resistencia de referencia para poder ajustar el valor de corriente de salida.

Luego para la etapa de polarización, se utilizó un divisor resistivo entre colector y emisor del transistor de polarización, y dichas resistencias conectadas a un potenciómetro multivuelta a la base, de manera que pudiésemos controlar la tensión de polarización a la cual se encuentran los Darlington aumentando o disminuyendo la tensión V_{CE} . Dichos valores de resistencia y potenciómetro se calcularon basándose en una caída aproximada de cada juntura base-emisor de los Darlington de 1,2 V, por lo cual la tensión V_{CE} del transistor de polarización debía estar a 2,4 V aproximadamente. Con estos valores, se calcularon las resistencias y el potenciómetro de manera que la tensión V_{CE} se encuentre entre 1,7 V y 3,4 V en

caso de que en la práctica la tensión necesaria para la polarización fuese distinta del valor estimado. Además, se agregó un capacitor entre colector y emisor, de manera que una vez el capacitor esté cargado, ambas tensiones se muevan juntas.

Por otra parte, también contaba con protecciones de corriente a la salida, cuyo valor de corriente máxima rondaba 1,45 A. Se eligió dicho de manera que sea ligeramente mayor a la corriente nominal de salida de la etapa en máxima potencia.

Finalmente, para el clase AB, se utilizó una configuración tipo Darlington con transistores BJT con un valor de beta alto para poder lograr una mayor corriente a la salida y no saturar al amplificador operacional que alimenta a los mismos.

A partir de este diseño, se realizaron pruebas de laboratorio, en las cuales no se obtuvieron los resultados esperados. Realizando varias pruebas, pudimos concluir que el problema se encontraba en la fuente de corriente la cual, en primer lugar no brindaba el valor de corriente esperado a la salida ya que la influencia de los valores de beta de cada transistor del espejo fue mucho más grande de la esperada. Además la misma sufría de embalaje térmico y hacía que la corriente a la salida de la misma aumente, subiendo la tensión del nodo de colector del transistor de polarización que al estar conectado con un capacitor al emisor, la tensión de este nodo también aumentaba. A su vez el emisor estaba conectado a la salida del operacional, lo cual hacía que la tensión de salida de la etapa también aumente.

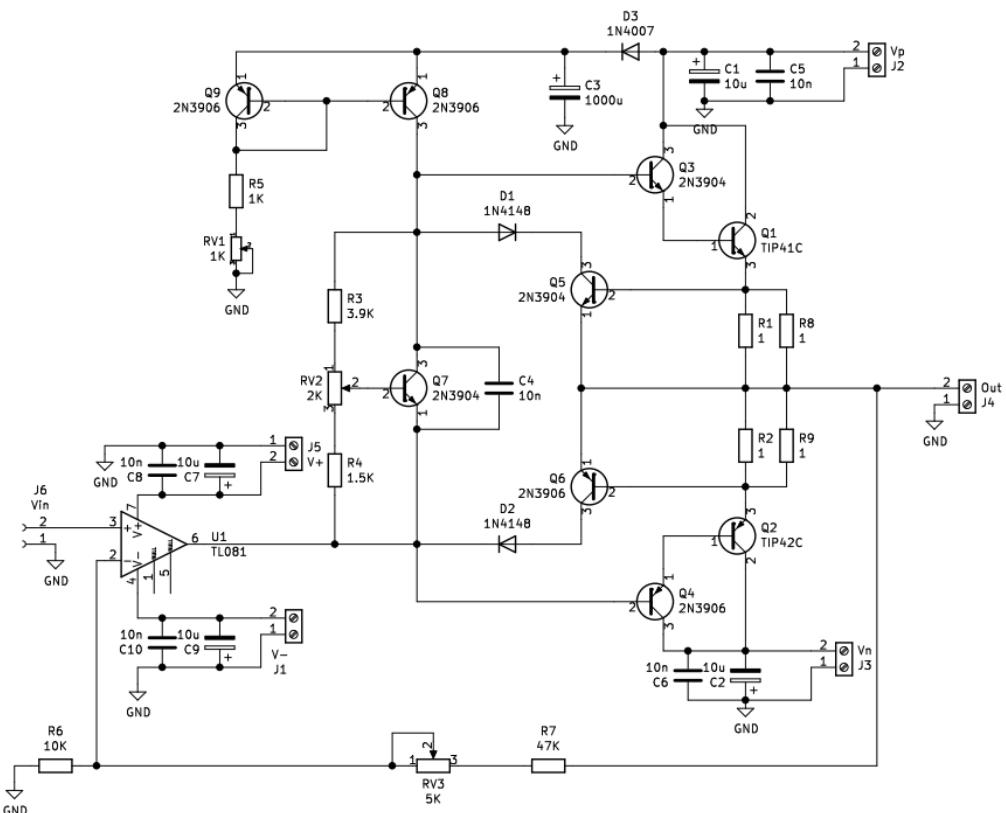


Figura 11: Esquema de amplificador clase AB

Debido al tiempo restante para la entrega del proyecto, se optó por realizar una etapa de potencia tipo clase B.

Esta etapa tiene el mismo formato que la anterior, pero sin la fuente de corriente y etapa de polarización ya que las mismas son las que polarizan los Darlington de salida, característica perteneciente a la clase A.

Finalmente se volvieron a realizar pruebas en el laboratorio, obteniendo resultados positivos, por lo que se optó por utilizar esta configuración.

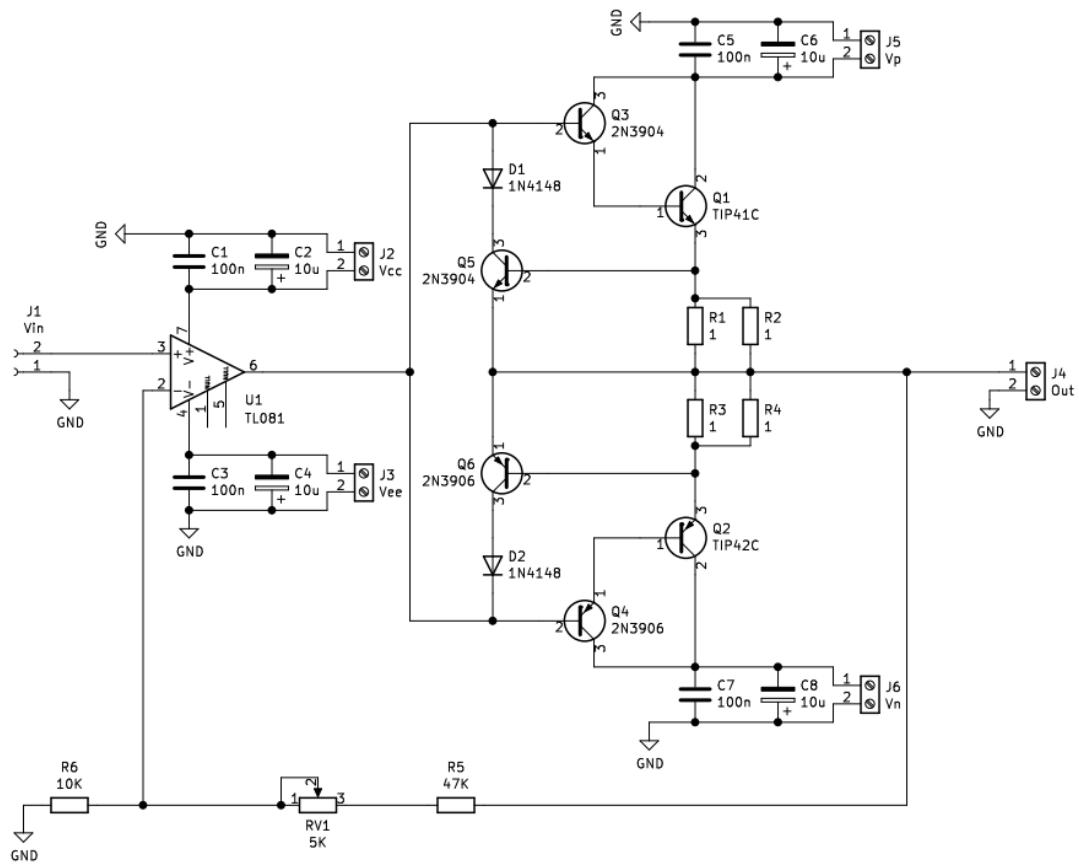


Figura 12: Esquema del amplificador clase B

La PCB fue realizada sobre una placa de 10x5

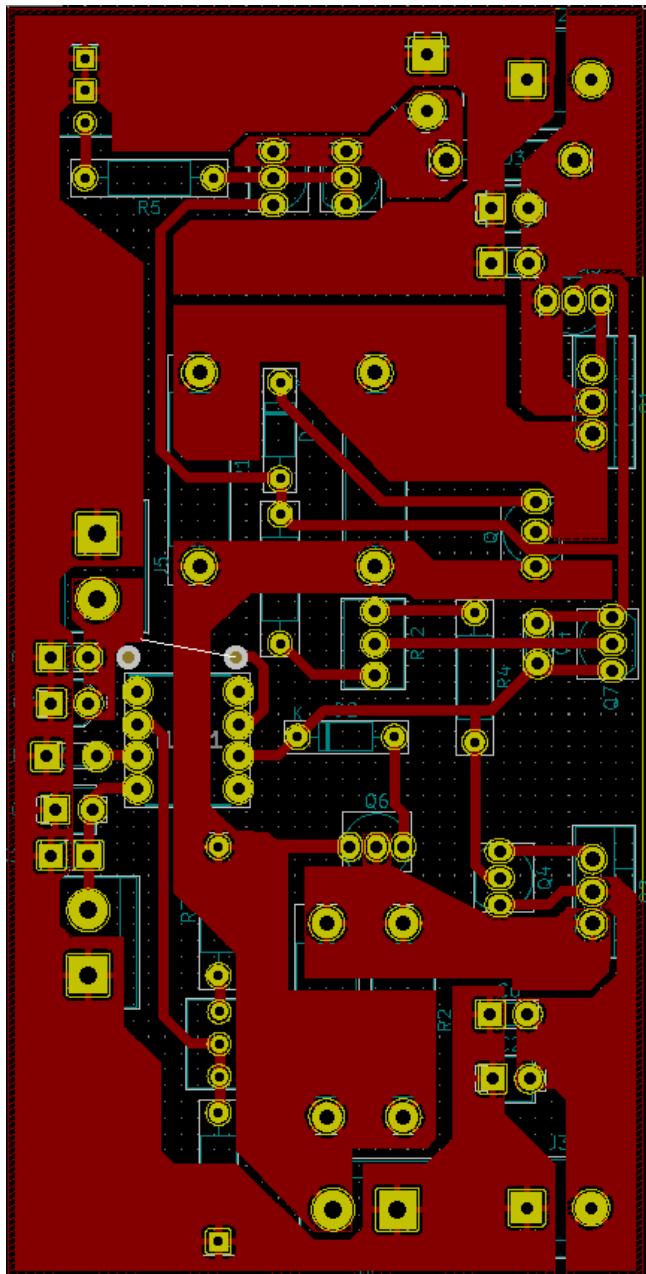


Figura 13: PCB de amplificador clase AB que luego fue modificado a B

Etapa de Fuente

El desarrollo de esta etapa tuvo dos finalidades, proveer de alimentación a la etapa de potencia y a los amplificadores operacionales. Para ello se planteó un diseño en el cual la entrada sería la salida del lado secundario del transformador de 220V a 15 +15 de 1A , por lo que inicialmente se encuentra una etapa de rectificación con el puente de diodos y capacitores de $2200 \mu\text{F}$. Luego de dicha etapa cabe mencionar que se colocaron borneras, una para cada salida del rectificador, de manera que se pueda alimentar la etapa de potencia y, en el caso que se desee reemplazar el

transformador por el que posee la cátedra que ya está rectificado, poder entrar allí mismo.

Seguido a ello, se encuentran dos reguladores de tensión ajustables (LM317 y LM337) uno que proveerá la tensión positiva de los operacionales y el otro la negativa respectivamente, ya que como se menciona en un principio se utiliza fuente partida. Los mismos cuentan en su terminal de ajuste con una resistencia y un preset multivuelta en serie de manera que la tensión a la salida de cada uno pueda ajustarse al valor deseado. Se eligieron estos reguladores debido a que la alimentación de los operacionales debía tener el menor ripple posible y además no tienen mucho consumo de corriente, por lo que se la consideró la opción más simple y funcional.

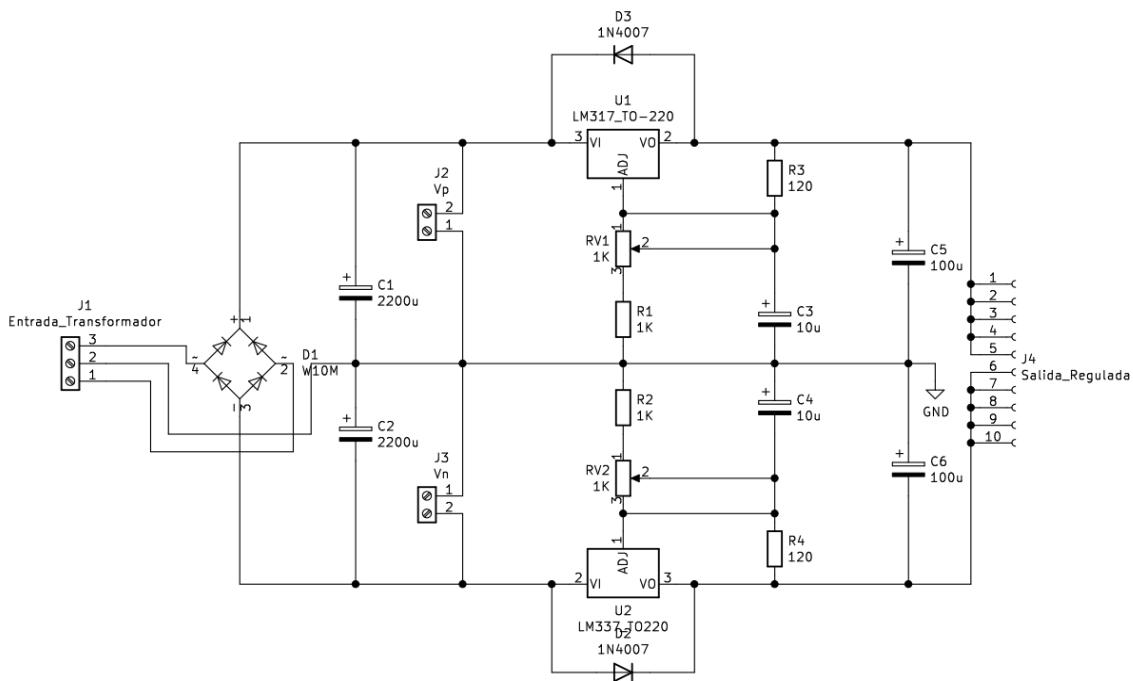


Figura 14: Esquema de fuente

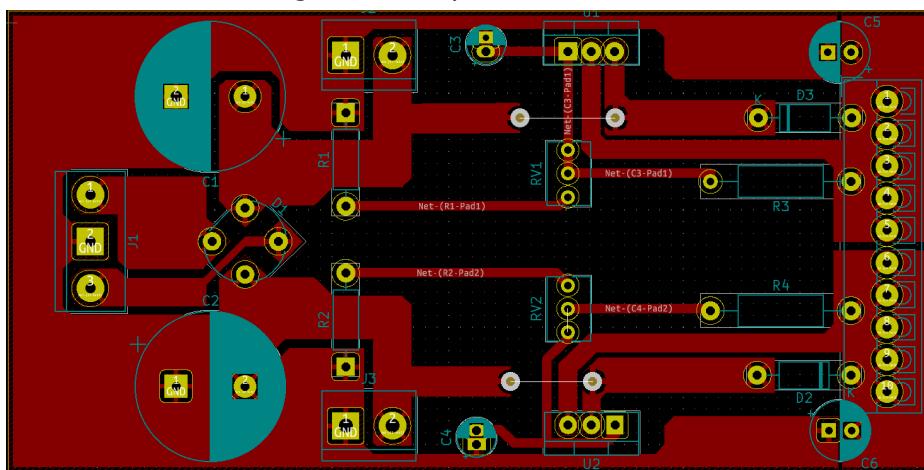
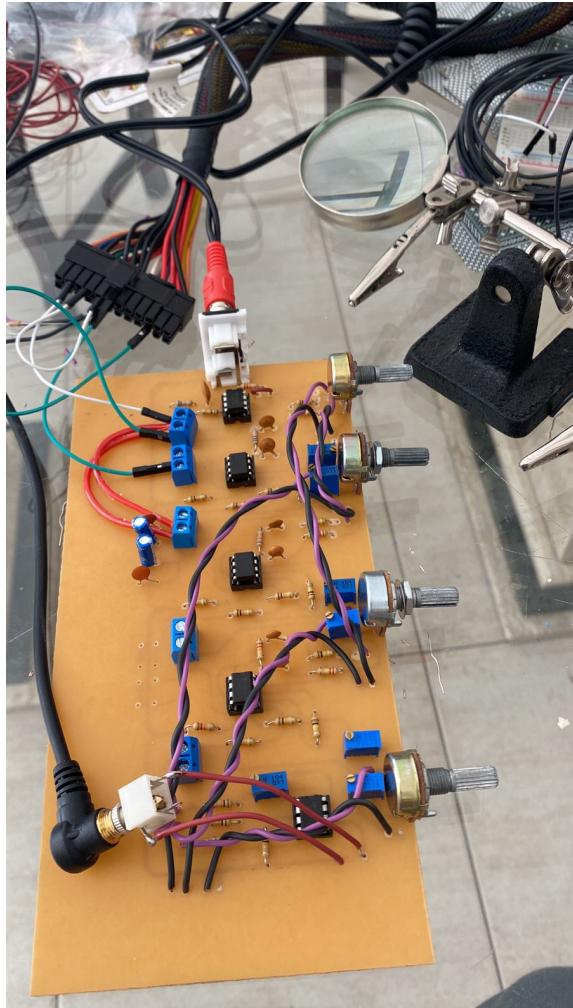
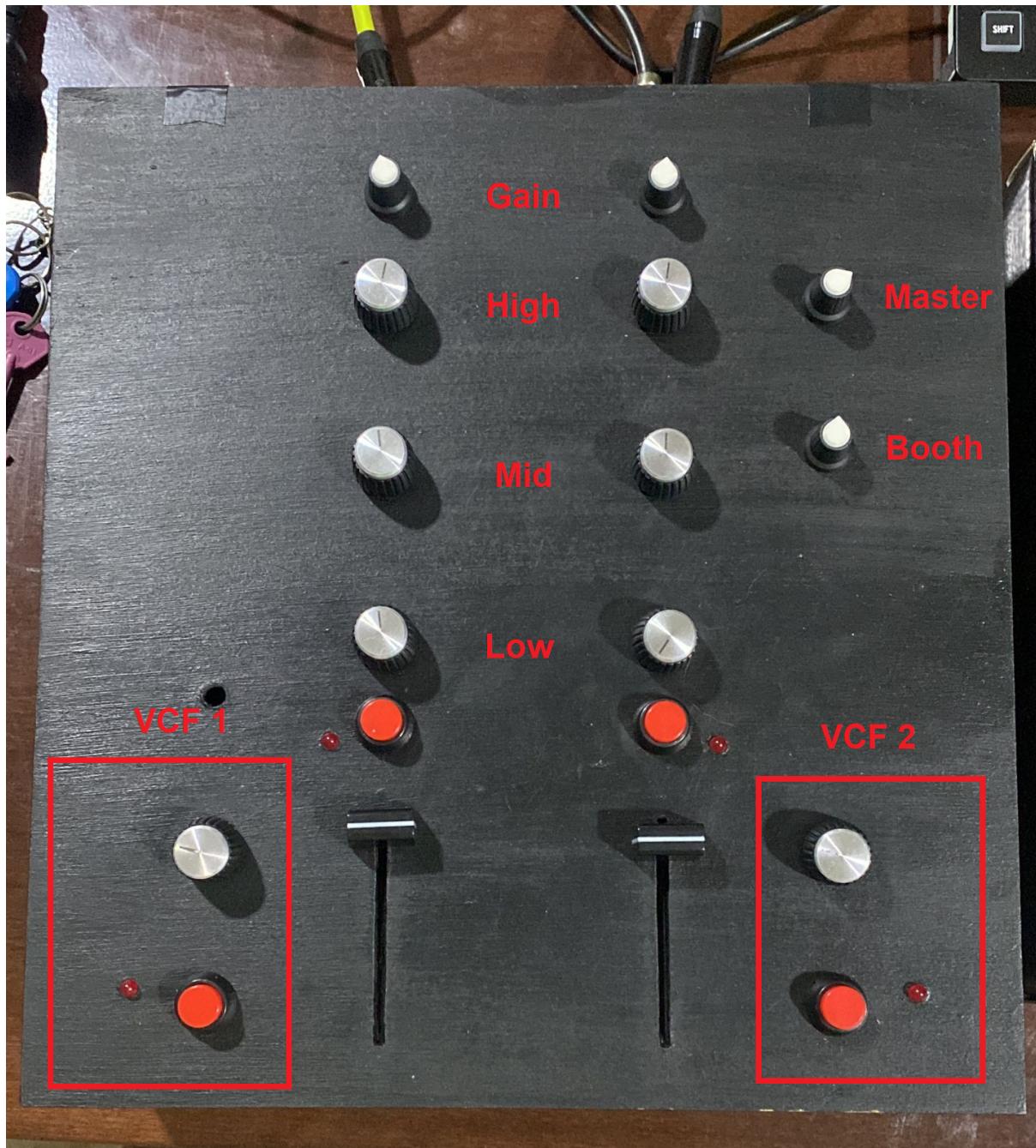


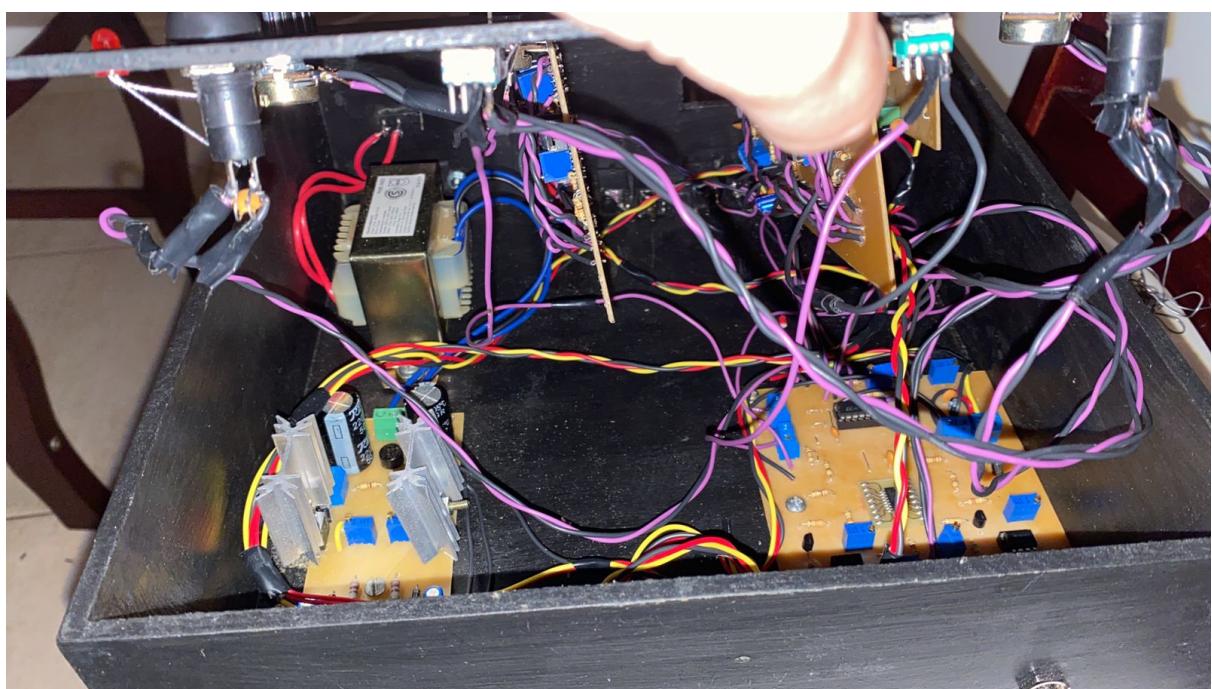
Figura 15: PCB de fuente

Armado



Producto Final





Conclusión

Con este proyecto aprendimos muchas cosas sobre cómo funciona un mixer analógico, también dio lugar a aprender cómo solucionar problemas a la hora de realizar las placas, ya que estas generalmente traen muchos inconvenientes. En este caso, los ecualizadores fueron difíciles de hacer andar ya que al ser tantas pistas, siempre alguna se saltaba o se cortaba.

Por otro lado las bandas de frecuencias del ecualizador se pueden mejorar notoriamente, ya que a la hora de sacar los graves, estos se lleva consigo la mayor parte de la música, dejando un volumen bajo, creemos que eso se debe a la frecuencia de corte superior de estas se encuentra muy alta.

A pesar de estas cosas, fue muy satisfactorio realizar este trabajo ya que es algo que tiene una utilidad muy grande y funciona bastante bien.