

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ECUALIZADOR GRÁFICO DE 8 BANDAS

PACS: 43.38.-p

Romo, William; Herrera Martínez, Marcelo
Universidad de San Buenaventura,
Carrera 8 H n.º 172-20 | PBX: (57) 1- 667 1090
Bogotá, Colombia
mherrera@usbbog.edu.co

Resumen

Un ecualizador está formado por una conexión de filtros en paralelo donde cada uno de ellos se encarga de modificar la respuesta en frecuencia de una parte la banda audible. Este artículo presenta un diseño del ecualizador de 8 (ocho) bandas y algunos resultados objetos de la prueba tras finalizar el montaje.

Introducción

El presente artículo muestra el proceso detallado para llevar a cabo la construcción del ecualizador gráfico de 8 bandas, el diseño y la elaboración de un ecualizador gráfico de 8 bandas. Un ecualizador gráfico principalmente se reconoce como un dispositivo electrónico activo (o pasivo) conformado por filtros conectados en paralelo, cada uno de frecuencia y ancho de banda fijo, pero con la posibilidad de variar su nivel (Millán, 2012). Partiendo de este concepto nos propusimos, a través del método presentado a continuación, diseñar y construir un ecualizador gráfico con ganancias de ± 12 dB en cada banda.

Estructura para la realización de filtros

Con el fin de reducir el número de amplificadores operacionales en los circuitos de los filtros Sallen-Key, se idearon una serie de estructuras capaces de materializar una función cuadrática con polos imaginarios con un solo amplificador operacional. Su formato de conexión básico se encuentra representada por la figura. No. 1.

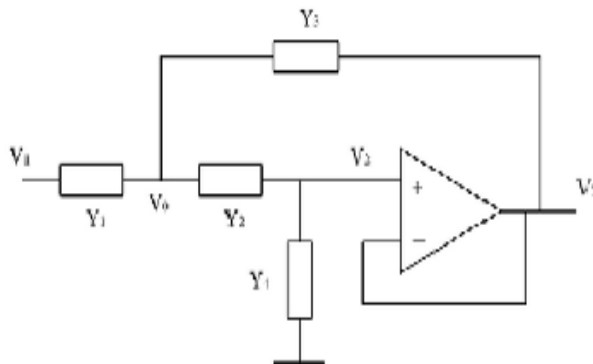


Fig.1. Circuito de la forma Sallen-Key

Existen métodos de síntesis para desarrollar los circuitos, la técnica de resistencia o capacitancia constante fue la escogida para diseñar fácilmente estos filtros. La forma de los filtros pasa altos y pasa bajo son en esencia las mismas, la diferencia entre uno y otro es el orden de conexión de sus componentes, condensadores y resistores.

PROCESO DE DISEÑO

La idea básica, sobre la que se planteó el diseño, fue crear un sistema de filtros pasa banda con control de ganancia, conectados en paralelo, como lo ilustra la figura No. 3. Los filtros pasa banda, son formados por dos filtros conectados en serie, pasa-bajo y pasa-altos respectivamente. Estos son filtros tipo-Butterworth, de segundo orden estructura Sallen-Key.

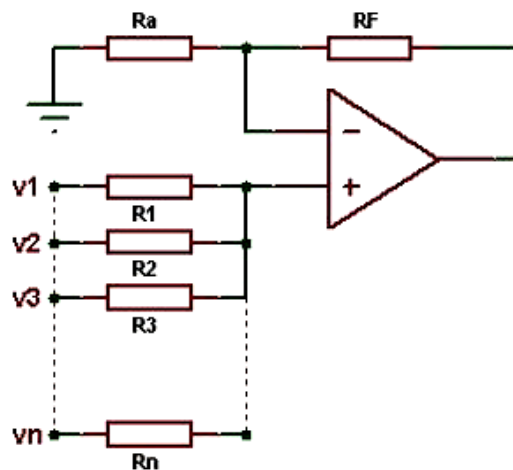


Fig.2. Circuito Sumador no inversor con amplificador operacional.

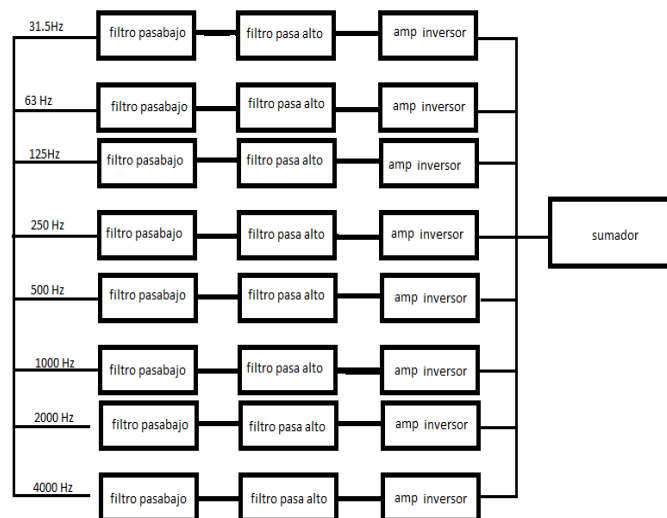


Fig.3. Diagrama de bloques idea de diseño para el ecualizador gráfico de 8 bandas

Como primer paso, identificamos las frecuencias centrales (F_r) de cada banda, segunda columna tabla 3, que representan el máximo punto de amplitud de la banda de paso del filtro pasa-banda, formado por la conexión en cascada o serie de los filtros pasa-bajo y pasa-alto. La

frecuencia inferior F_{inf} (1), valores columna 1 de la tabla 3, será la frecuencia de corte de los filtros pasa-altos y la frecuencia superior F_{sup} (2), valores columna 3 de la tabla 3, será la frecuencia de corte de los filtros pasa-bajos.

$$F_l = Fr \sqrt{2} \quad (1)$$

$$F_s = Fr^2 \sqrt{2} \quad (2)$$

Conociendo las frecuencias inferiores y superiores, para cada banda de octava, el paso a seguir es calcular los valores de los elementos que componen los filtros pasa-altos y pasa-bajos, resistores y condensadores respectivamente.

Diseño para filtros pasa-bajos

Con las ecuaciones convencionales de diseño de filtros, se calculan los valores de resistores y condensadores obtenidos son descritos en la tabla 1:

Tabla 1. Valores resistores y condensadores por banda para cada filtro pasa bajas.

Fr (Hz)	C1	C2	R1-R2 (Ω)
31.7	50nF	25nF	100 K
65	25nF	12 nF	100K
125	10 nF	12 nF	120K
250	5nF	2nF	120K
500	318pF	159pF	1M
1K	159pF	79pF	1M
2K	79pF	39,7pF	1M
4K	39pF	20pF	1M

Diseño de filtros paso-altos

La frecuencia de corte F_r , para cada uno de los filtros paso-bajos, es la frecuencia inferior F_{inf} (1) de cada banda, ver tabla 2.

Tabla 2. Frecuencias centrales, superiores e inferiores, por bandas de octava.

Banda (Hz)	Frecuencia superior (Hz)
31.5	22
63	44
125	88
250	177
500	355
1000	710
2000	1420
4000	2480

Con las ecuaciones convencionales se calcula el valor de cada uno de los condensadores para formar los filtros. El procedimiento matemático se encuentra contenido en la parte de anexos al final del documento. Finalmente los valores de resistores y condensadores obtenidos son:

Tabla 3. Valores resistores y condensadores por banda para cada filtro pasa altas.

Banda	C1	R1 (Ω)	R2 (Ω)
31.7	220nF	22790	45573
65	220nF	11497	22990
125	220nF	5788	11576
250	220nF	2894	5787
500	220nF	1447	2990
1K	220nF	723	1446
2K	220nF	361	723
4K	220nF	181	362

Simulación y prueba de los filtros análogos

La idea general de la conexión en serie de los filtros es crear un filtro pasa-banda. En el proceso de simulación se pudo comprobar que efectivamente los filtros diseñados, por independiente, se comportan como pasa-altos y pasa bajos y, lo más importante, que en conexión en serie genera un filtro pasa-banda.

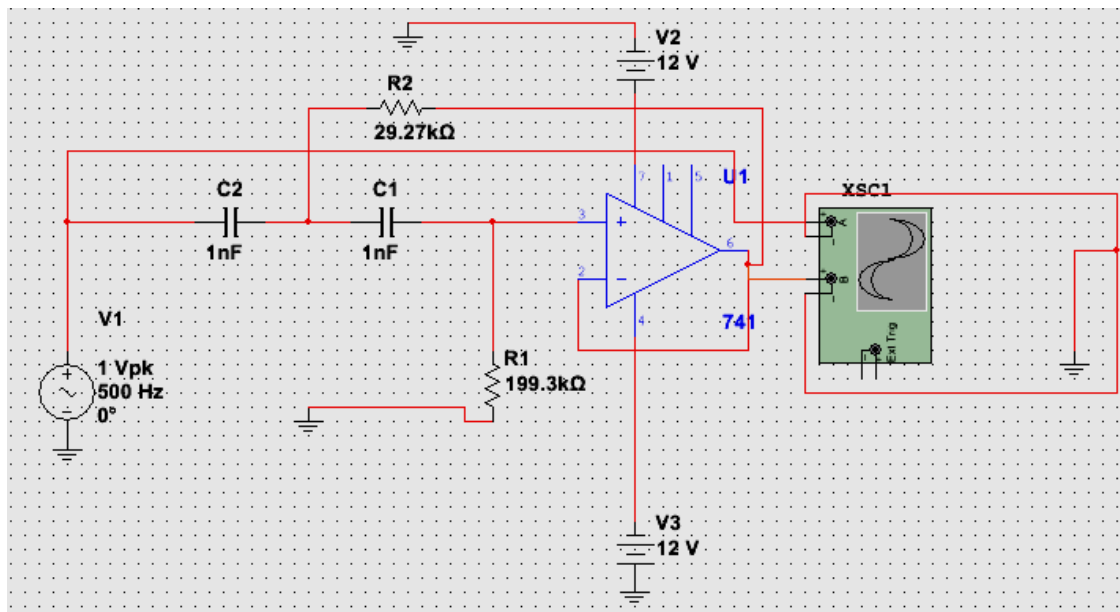


Fig.4. Simulación filtro pasa-altos estructura Sallen-Key

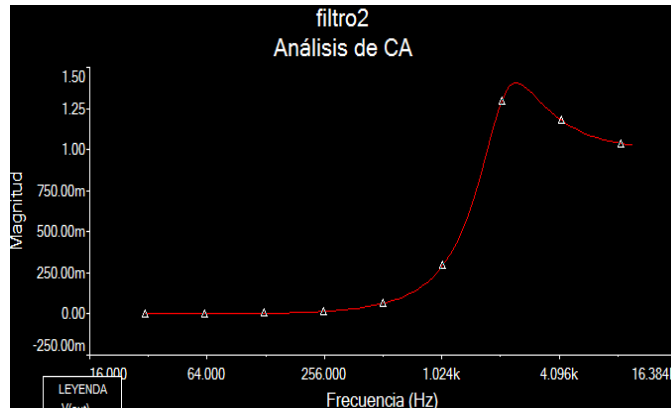


Fig.5. Análisis de la respuesta del filtro pasa alto en corriente alterna

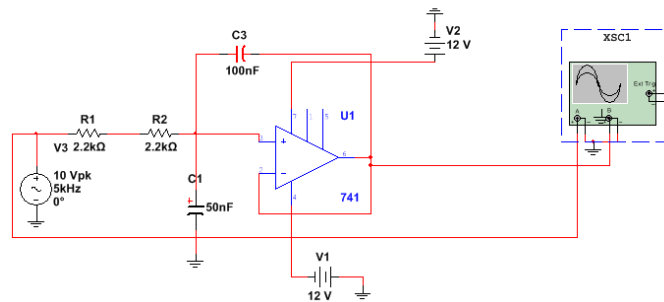


Fig.6. Simulación filtro pasa-bajos estructura Sallen-Key

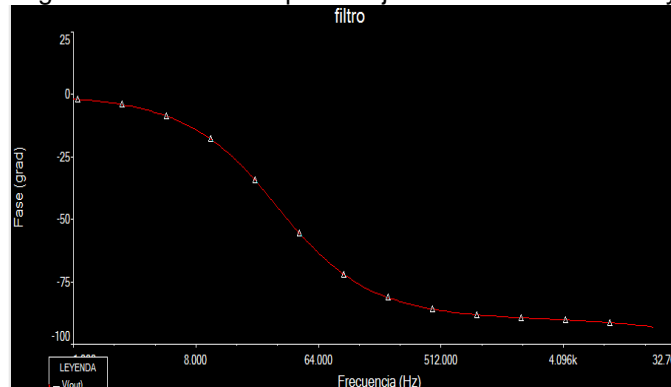


Fig.7. Análisis de la respuesta del filtro pasa-bajo en corriente alterna

Las Fig.4 y Fig.6, muestran el circuito para los filtros paso-alto y paso-bajo, y las Fig. 5 y Fig. 7, su respuesta en corriente alterna. Lo que muestra, la efectividad del filtrado de señales, a partir de la frecuencia de corte con la que fueron diseñados.

La Fig. 8, forma un filtro pasa-banda para la banda de 250 Hz, con los elementos de circuito calculados anteriormente y contenidos en las tablas 5 y 7 para dicha banda.

Finalmente probamos el montaje del filtro pasa-banda sumada a la etapa de ganancia, es decir al amplificador inversor.

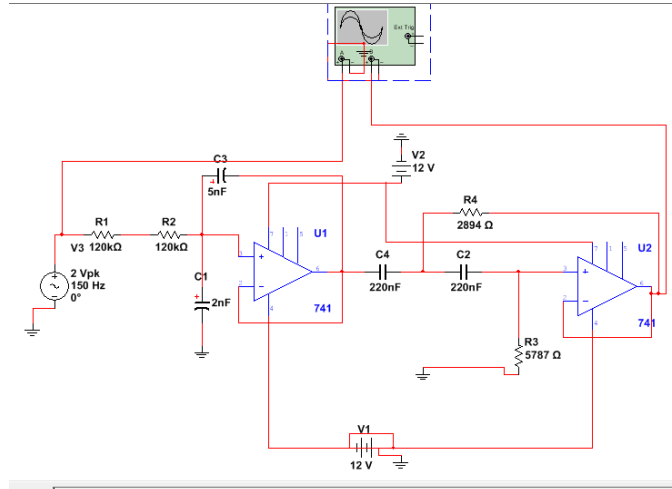


Fig. 8. Simulación filtro pasa-altos y pasa-bajos conectados en serie

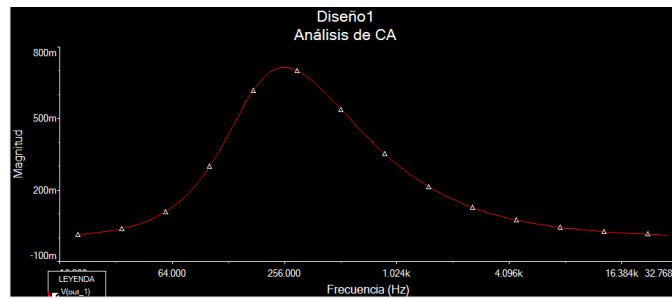


Fig. 9. Análisis de la respuesta del filtro pasa-banda en corriente alterna

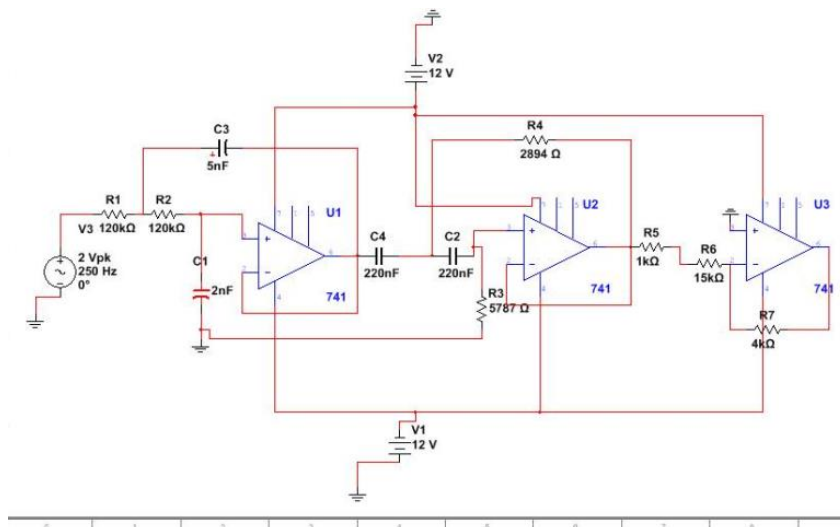


Fig. 10. Análisis de la respuesta del filtro pasa-bajo en corriente alterna

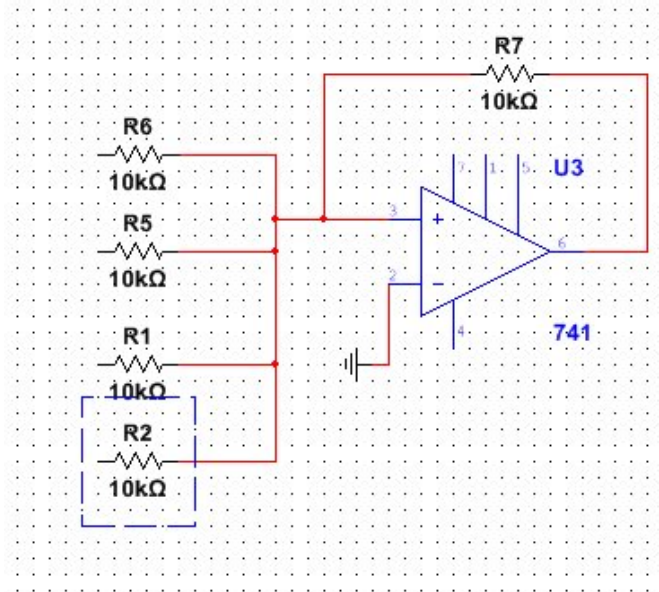


Fig. 11. Simulación etapa de suma

MONTAJE Y PRUEBA FINAL

Una vez verificamos que todos los filtros funcionarían correctamente en la simulación, se procede a la etapa de montaje y de prueba. Los resultados de la prueba con el osciloscopio se muestran en la Fig.12 y Fig.13.

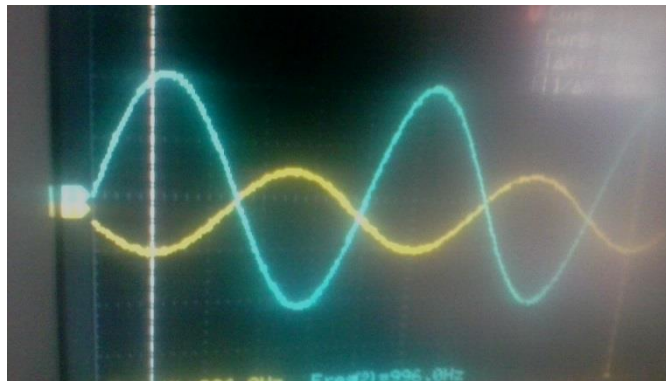


Fig.12. Resultado de la prueba del circuito, atenuación de la banda de octava



Fig.13. Resultado de la prueba del circuito amplificación de la banda de octava

Conclusiones

[1] Como se puede observar, a lo largo de la investigación, se determinó que el ecualizador gráfico es de gran importancia en el mundo del audio, debido a su fama y su uso en equipos de sonido caseros hasta grabaciones profesionales tanto en el campo musical como en el audiovisual.

[2] A través de la investigación, se puede observar de forma clara que el ecualizador procesa frecuencias para alterarlas con ciertos controles de parámetros de sonido, tanto la frecuencia como la atenuación y el ancho de banda, determinando una frecuencia central para cada banda, y un rango de frecuencias.

[3] En la práctica, el ecualizador gráfico logra ser muy efectivo al seleccionar y trabajar un rango de frecuencias donde se necesita hacer algún ajuste de sonido específico, en este caso, el ecualizador de ocho bandas resulta ser muy exacto en las bandas que se pueden modificar, en este caso, bandas de 30 Hz, 60 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 1 KHz, 2KHz y 4KHz.

[4] Para concluir, se observa que el ecualizador gráfico es una ayuda bastante grande en el campo del audio, tanto musical como audiovisual, ya que éste tipo de dispositivos nos permiten modificar aumentando o reduciendo con gran exactitud la intensidad de una señal sobre la misma frecuencia.

Bibliografía

Juan Manuel Millán Esteller. Instalaciones de megafonía y sonorización. Editorial Paraninfo, 2012. Pág. 121-130.

Bob McCarthy, Sound Systems: Design and Optimization Modern techniques and tools for sound system design and alignment 2007. 486 páginas.

Savant, C., Roden, M., Carpenter, G. 1992 Diseño Electrónico Circuitos y sistemas. Adisson-Wesley.

Amplificadores operacionales y circuitos integrals lineales. Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll Pearson Educación, 1999.

Filtros Activos, Conceptos Básicos y Diseño J.I.Huircán.

Síntesis de redes impedancias y filtros. Gustavo Camps Valls, José Espí López, José Rafael Magdalena Benedito Delta Publicaciones, 2008.

Prácticas de la electrónica Paul B. Zbar, Albert Paul Malvino, Michael A. Miller Marcombo, 2001.