

# Informe de proyecto

Generador de ruido rosa



Instrumentos y Mediciones Electrónicas, Ingeniería de  
Sonido, UNTREF

Profesor: David Kadener

Ayudante: Leandro Roldan

Estudiantes: Lautaro Filgueira  
Jonathan Freidkes

1<sup>er</sup> Cuatrimestre 2017 - Caseros, Buenos Aires, Argentina.

## Introducción

El presente informe trata las experiencias de diseño, construcción y medición de un generador de ruido rosa en el marco de la materia con objeto de ser utilizado por los estudiantes de la carrera, principalmente en mediciones electrónicas, acústicas y electroacústicas.

Es amplia la aplicación del ruido rosa en el marco de la ingeniería de sonido, ya que en forma similar al ruido blanco, se produce excitación de muchas frecuencias en simultáneo que sirve para visualizar respuestas de sistemas de banda ancha. A diferencia del ruido blanco, el rosa tiene un filtrado de 3 dB por octava descendente desde la frecuencia mínima (20 Hz) hasta la mayor de uso (20 KHz), es decir que a mayor frecuencia, mayor atenuación. Esto provoca que la señal contenga energía constante, analizado por bandas de octava en todo el espectro, convirtiéndola en una de las señales principales en medición de altoparlantes, micrófonos, recintos, entre otros.

A través de la investigación de circuitos ya implementados y el diseño propio de etapas, se busca construir un generador con características propias de los usados en laboratorio, principalmente en cuanto a su control de ganancia: un control variable en forma continua y otro con pasos de 10 dB de diferencia. Se diseña inicialmente cada etapa del circuito, se mide y verifica su funcionamiento y luego se analiza el circuito completo. Se observa en la Figura 1 el diagrama en bloques que describe la estructura del generador.

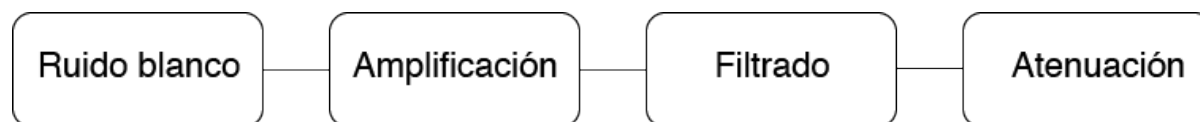


Figura 1: Diagrama en bloques del generador de ruido rosa

## Diseño y medición

### Ruido blanco

Para la generación del ruido blanco, se eligió un diodo Zener polarizado *en inversa*, es decir operando en condición de ruptura. Es conocido que en esta condición la juntura P-N genera un ruido blanco de ancho de banda considerable, alrededor de los cientos de MHz.

Entonces, para la medición de esta etapa, se preparó un circuito auxiliar de amplificación para la medición de este ruido en distintos diodos. Simplemente con un amplificador operacional NE5532 alimentado con  $\pm 9$  V realimentado con ganancia variable de entre 6 dB y 34 dB (2 y 52 veces) para obtener un nivel de señal más cómodamente manejable por el instrumental empleado, en el orden de los milivolt.

Se verifica inicialmente la ganancia de tensión aportada por el amplificador con el fin de poder calcular luego el nivel de señal dado por los diodos medidos. Para ello se conecta el generador de señales a la entrada del circuito y se mide antes y después del sub-circuito con milivoltímetro. La misma conexión se utiliza para la medición de ruido blanco, reemplazando el generador de señales por el diodo Zener a medir. En todos los casos se verifican las señales con osciloscopio, como se muestra en la Figura 2.

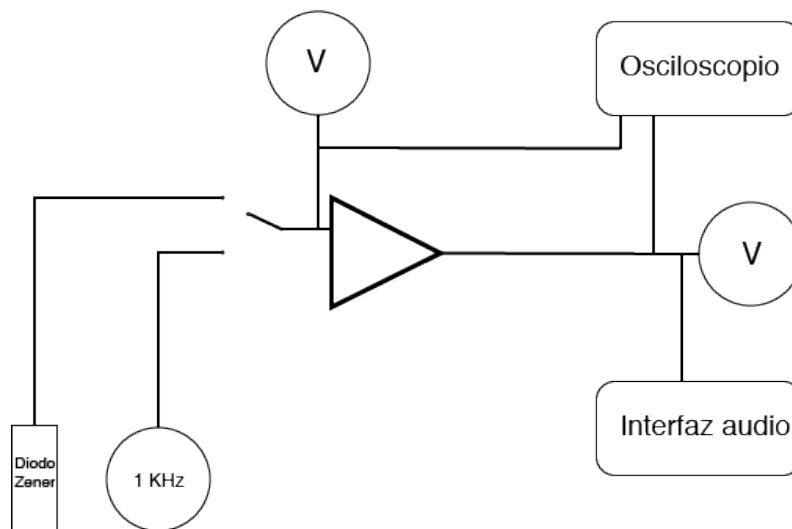


Figura 2: Diagrama en bloques de medición de ruido blanco.

En el caso de la medición del ruido del diodo, también se conectó la interfaz de audio para registro y análisis de espectro. A través del análisis en el osciloscopio por FFT (*Fast Fourier Transform*, Transformada rápida de Fourier) se observa un espectro regular en frecuencia que se condice con lo analizado en la computadora a través del espectrograma de la señal registrada, que se muestra en la Figura 3.

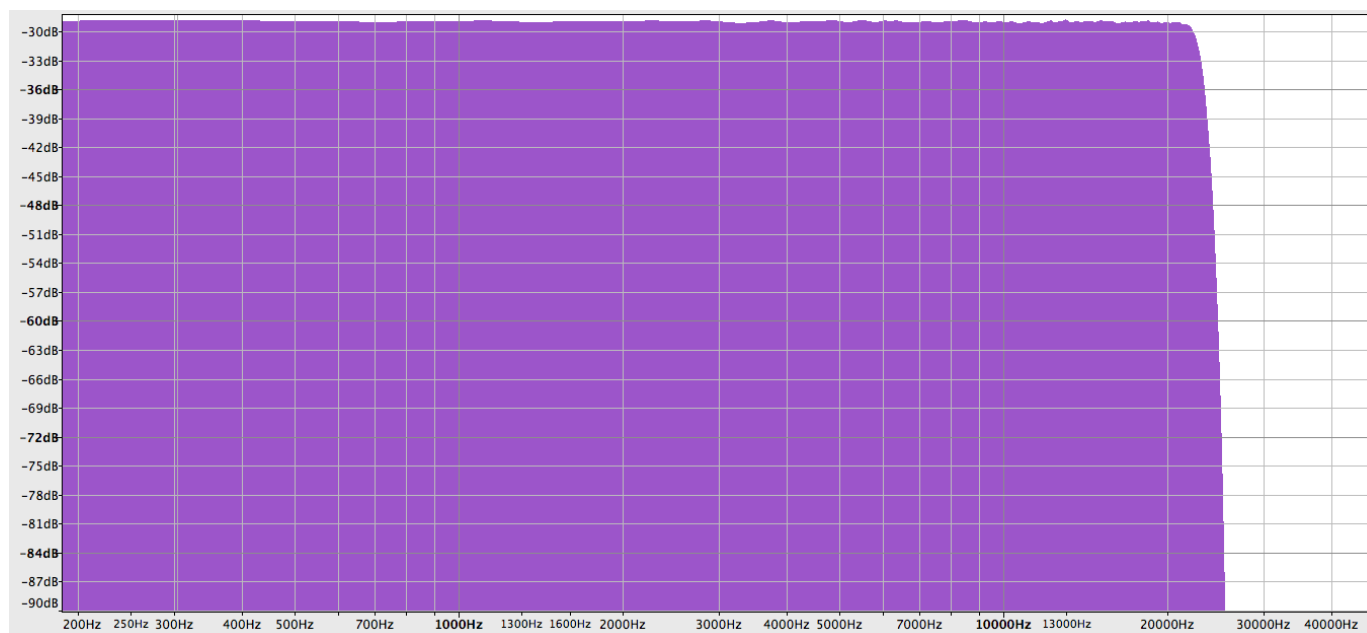


Figura 3: Espectro del ruido blanco medido del diodo Zener.

Como se observa, el ruido generado es muy regular en frecuencia, con diferencias de fracción de decibeles en todo el espectro audible. Al ser analizado con una interfaz de sonido, alrededor de 24 KHz se nota la presencia del filtro *antialias*, con lo cual se puede analizar el ruido generado con ese límite superior.

Al obtener un nivel de ruido superior en el diodo zener de 12 V respecto de los otros medidos 8 y 6.3 V, se decide elegir el modelo 1N4742 por disponibilidad en la Universidad.

Inicialmente se diseñó el subcircuito de amplificación para medición con dos amplificadores operacionales en cadena para obtener una ganancia total de 50 dB aproximadamente, pero al observar un comportamiento muy irregular con el primer diodo, se optó por conservar una sola etapa. Esto logró menor amplificación, pero mayor estabilidad en la señal, menor saturación y la posibilidad de medir su espectro satisfactoriamente.

## Amplificación

Para la etapa de amplificación de ruido se utilizó una configuración simple, similar a la del sub-circuito para medición de ruido blanco. Se calcula su ganancia a través de la ecuación:

$$G_v (dB) = 20 \log \left( \frac{R_2 + R_{14}}{R_3} \right) \quad (1)$$

Se obtiene así un total máxima de 34 dB, considerando  $R_{14}$  un potenciómetro variable que podría dar una ganancia mínima de 6 dB en su posición de 0 ohm, debido a la presencia de la resistencia  $R_2$ . Se muestra en la Figura 4 la configuración final de esta etapa.

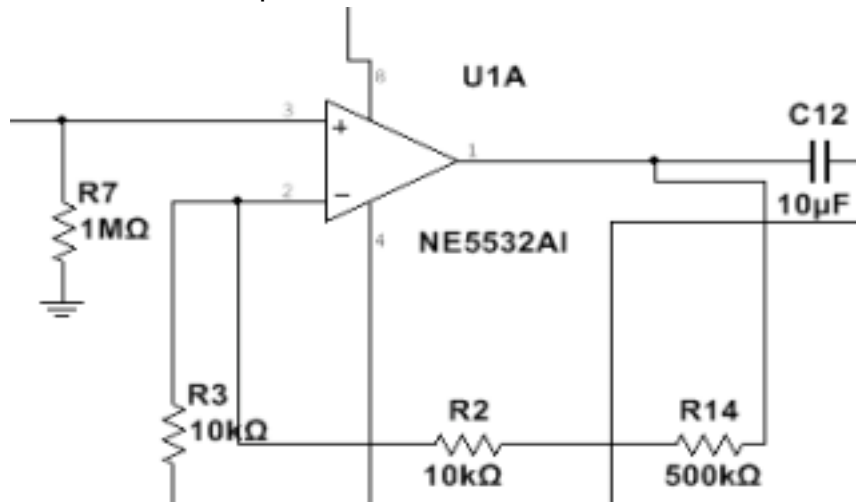


Figura 4: Etapa de amplificación del generador de ruido rosa.

Se utiliza  $R_7$  para fijar la impedancia de entrada al amplificador, que será el diodo Zener y  $C_{12}$  servirá para el desacople de corriente continua que pueda circular hacia la siguiente etapa.

Al igual que en el caso de medición de amplificación del sub-circuito para la medición de ruido blanco mostrado anteriormente, para la verificación de la ganancia de esta etapa, se montó una disposición como la mostrada en la Figura 2, verificando la señal de entrada dada por un generador GW Instek GAG-810 a través del milivoltímetro GVT-427B en la entrada del amplificador y en su salida.

## Filtrado

El diseño del filtro fue rescatado de un circuito propuesto por Rod Elliott hallado durante la etapa de investigación, que presenta la características necesarias y fue intercalado para lograr transformar el ruido blanco en rosa, con el filtro característico de -3 dB por octava en todo el espectro. Como los valores de resistores necesarios fueron muy complicados de conseguir en el plazo necesario, se optó por asociar resistencias para reemplazar los valores. La Figura 5 muestra el resultado de la combinación de componentes necesitada para la realización del generador.

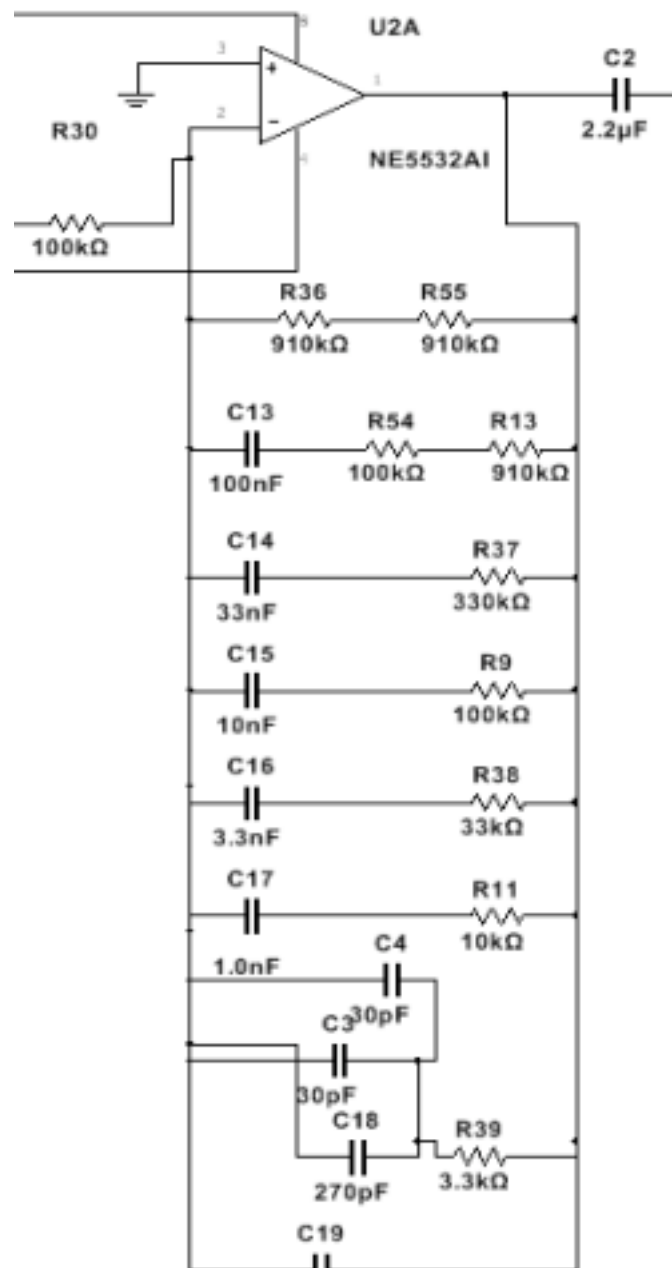


Figura 5: Filtro de ruido blanco.

De manera análoga a las mediciones anteriores, con el generador de señal en la entrada y medición con milivoltímetro antes y después de la etapa, se logra trazar la curva mostrada en la Figura 6. Se encuentra que solamente 8 de los 31 centros de tercio de octava muestran un corrimiento superior al 20% del valor buscado.

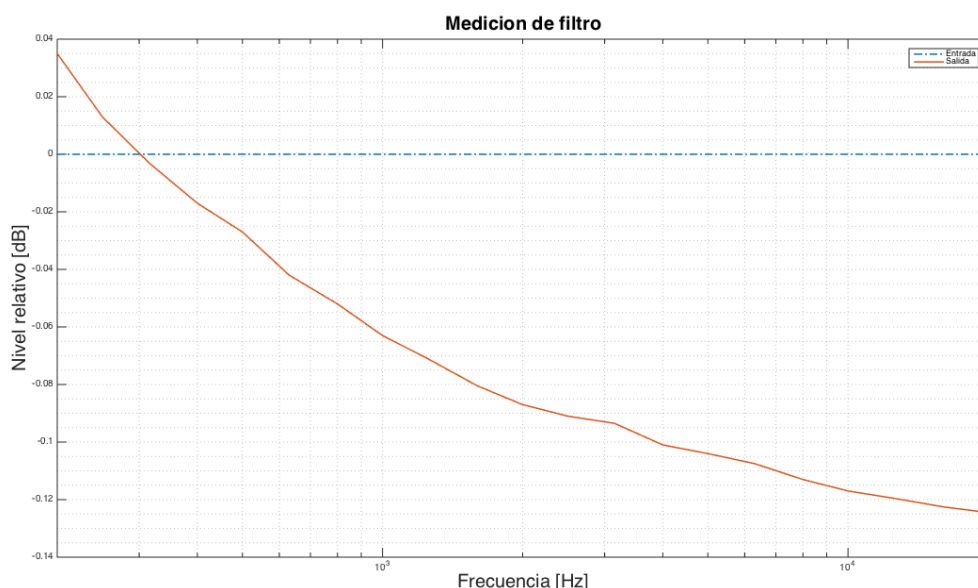


Figura 5: Curva medida filtro de 3 dB por octava.

En la Tabla 1 se pueden observar los valores de capacitores utilizados en el circuito medidos por el puente GW LCR 819.

Valor comercial	Tecnología	Frecuencia [Hz]	Capacidad [pF]	D	Resistencia [Ω]	
					Serie	Paralelo
1.5 nF	Poliestireno	100	1458.7	0.0002	65	over
		1k	1457.4	0.0001	13	over
		10k	1457.2	0.0004	4	over
1 nF		100	963.2	0.0007	430	over
		1k	962.8	0.0002	30	over
		10k	962.5	0.0004	6.7	over
3.3 nF		100	3283.7	0.0001	20	over
		1k	3283.1	0.0001	4	over
		10k	3282.9	0.0004	2	over
100 nF		100	101700	0.0004	6	over
		1k	101600	0.0009	1	1.8M
		10k	101510	0.0031	0.5	50.5k
10 uF	Electrolítico	100	12577n	0.1166	15	1k
		1k	10.56u	0.1902	2.8	82
		10k	6.48u	0.5665	1	4.3
10 nF	Poliestireno	100	10402	0.0015	230	over
		1k	10369	0.0039	59	3.9M
		10k	10279	0.0092	14	1.66M
33 nF		100	34299	0.002	92	over
		1k	34169	0.0039	18	1.2M
		10k	33902	0.0085	4	55.16k

33 nF		100	32040	0.0017	82	over
		1k	31685	0.0037	18	1.3M
		10k	31702	0.0088	4.3	57.55

Tabla 1: Valores de capacitores medidos.



## Atenuación

Al diseñar un generador usualmente aplicado en mediciones de audio y electroacústica, se busca en el diseño una impedancia de salida de 600 ohm, valor clásico y usual en estas aplicaciones. Es por eso que se recurre al diseño dado por un generador TRIO AG-203 en su etapa de salida, que tiene un atenuador por pasos de 10 dB, desde 0 hasta -50 dB con impedancia de salida constante de 600 ohm, que se muestra en la Figura 6.

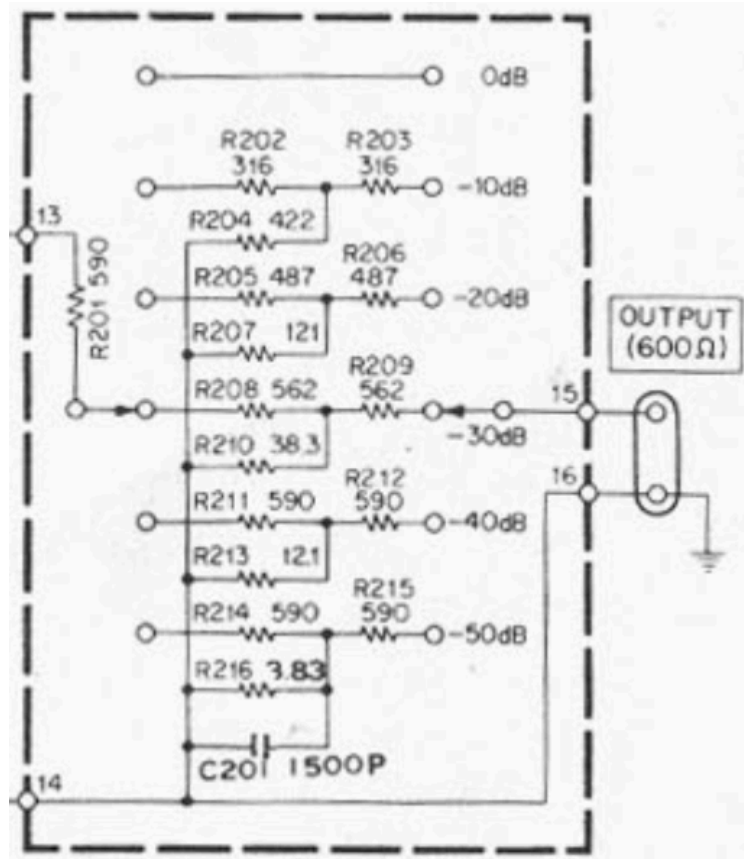


Figura 6: Atenuador de 10 dB con salida 600 ohm.

Al igual que en el caso del filtro, los valores de los resistores no son usuales, por lo que se utilizaron combinaciones serie-paralelo para llegar a estos.

## Circuito completo

La Figura 7 muestra la estructura final del circuito desarrollado.

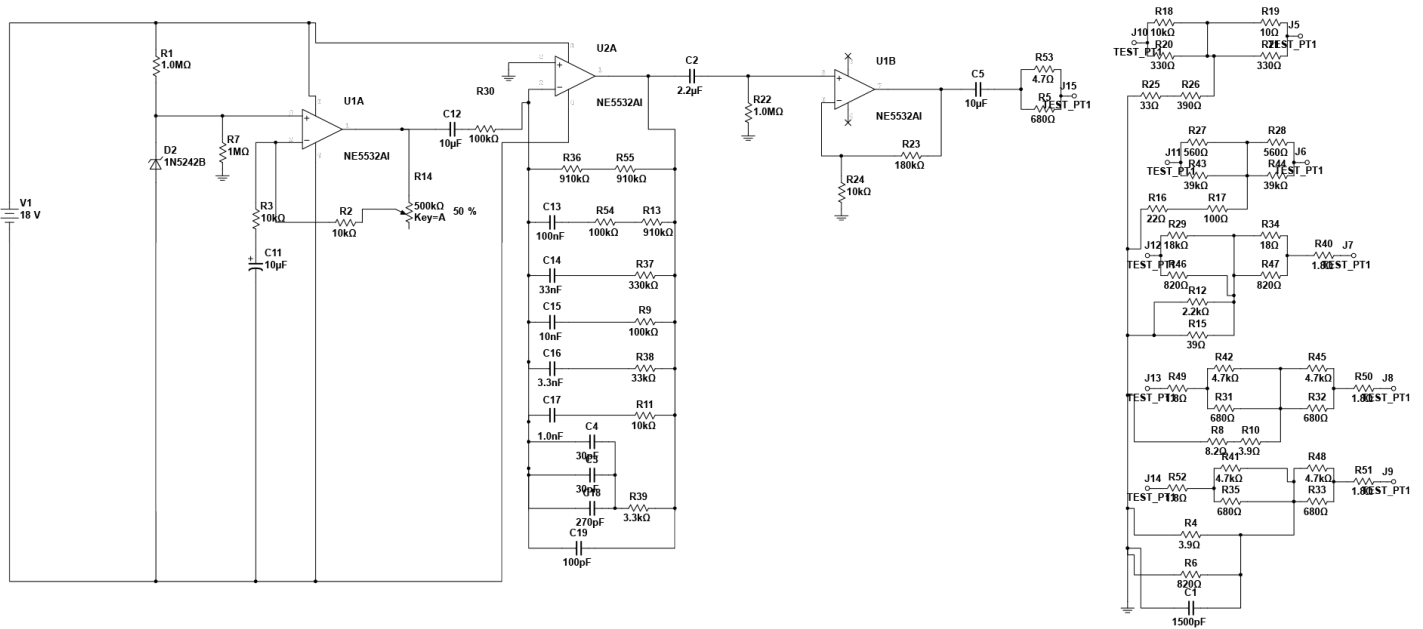


Figura 7: Esquemático final de generador de ruido rosa.

Con la ayuda de la compatibilidad del software de diseño y simulación utilizado (Multisim) y el programa de diseño de PCB Ultiboard, se decidió también realizar el diseño de la plaqueta de montaje del generador, mostrada en la Figura 8.

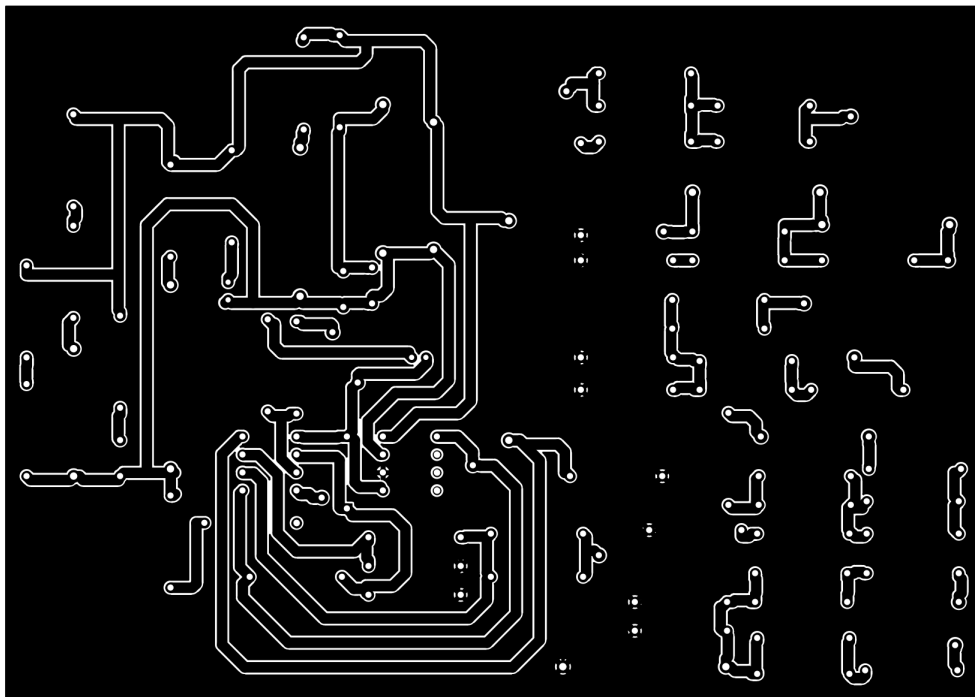


Figura 8: Diseño PCB.

Finalmente se realizan las mediciones del circuito completo con distintas atenuaciones a través de la captura por interfaz de audio y análisis de respuesta en software Smaart. La Figura 9 muestra los resultados correspondientes.

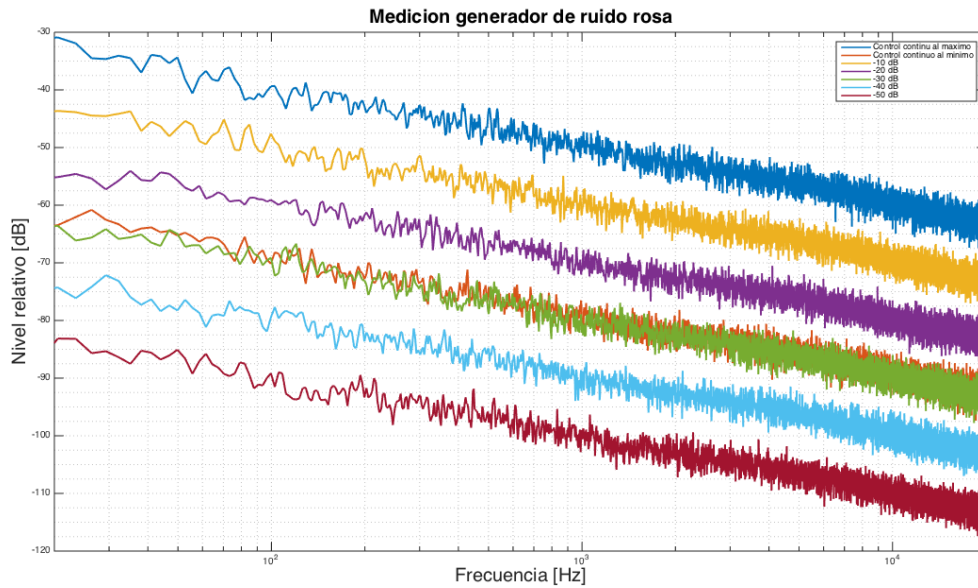


Figura 9: Medición de generador con atenuadores.