



Ingeniería de Sonido

Circuitos Electrónicos II

Trabajo Final – Análisis de un compresor

Estudiantes:

Almaraz, Juan – almaraz43493@estudiantes.untref.edu.ar

Noviembre de 2022

Docente:

Caudet, Norberto – norbertocaudet@gmail.com

Índice General

1. Introducción	4
2. Desarrollo del circuito	4
2.1. Etapa de entrada	4
2.2. Detector de RMS	Error! Bookmark not defined.
2.3. Amplificador controlado por tensión	Error! Bookmark not defined.
2.4. Etapa de salida	7
2.5. Luminaria	8
3. Diseño del circuito impreso	10
4. Bibliografía	12

Índice de Figuras

FIGURA 1. ESQUEMÁTICO DE LA ETAPA DE ENTRADA.	4
FIGURA 2. ETAPA DE VCA UTILIZANDO EL THAT 4301.	5
FIGURA 3. MÓDULO RMS DEL THAT 4301.	6
FIGURA 4. CONTROL DE UMBRAL DE COMPRESIÓN.	6
FIGURA 5. CONTROL DE RATIO Y RELEASE.	7
FIGURA 6. ETAPA DE SALIDA DEL COMPRESOR.	8
FIGURA 7. INTERRUPTOR DE LINK.	8
FIGURA 8. INDICADOR DE NIVEL DE ENTRADA Y SALIDA.	9
FIGURA 9. INDICADOR DE COMPRESIÓN.	10
FIGURA 10. PLACA FRONTAL DEL COMPRESOR.	10
FIGURA 11. CANAL IZQUIERDO DEL COMPRESOR.	11

1. Introducción

El objetivo de esta monografía es analizar el circuito de un compresor estéreo, el cual utiliza principalmente IC's de la marca 'THAT'. Estos integrados se caracterizan por tener bajo ruido y baja distorsión, resultando en componentes ideales para su implementación en un procesador de dinámica.

El compresor cuenta con una etapa de entrada que recibe una señal de línea balanceada y la convierte en una señal desbalanceada. Esta etapa cuenta con un IC THAT 1240 [1]. Luego la señal pasa a un potenciómetro que actúa como un control de volumen de entrada, y llega a la etapa de compresión, la cual tiene como corazón al THAT 4301 [2]. Este integrado consiste de un VCA junto con un detector RMS, teniendo también tres amplificadores operacionales de propósito general. En esta etapa se conectan cuatro potenciómetros que funcionan como controles de Threshold, Ratio, Attack y Release. Luego la señal pasa por un potenciómetro que controla el nivel de salida. Finalmente, en la etapa de salida, se encuentra un operacional para compensar la atenuación de las etapas anteriores, y un THAT 1646 [3], el cual se encarga de balancear la señal que sale del compresor.

El compresor cuenta con leds indicadores de nivel de entrada, salida y compresión. Se incluye también un botón de Link, el cual aplica la compresión del canal izquierdo a los dos canales cuando está activado. Por otro lado, se implementará una alimentación de ± 18 V para todas las etapas, representadas como VCC y VEE en el esquemático.

En la siguiente sección se analiza el funcionamiento del circuito mediante el análisis del esquemático utilizado. Luego se detalla el procedimiento para el diseño del circuito impreso, realizado en el software *Altium designer*.

Al final de la monografía se presenta una lista de materiales para la construcción del compresor.

2. Desarrollo del circuito

2.1. Etapa de entrada

En la Figura 1 se puede ver el circuito utilizado para la etapa de entrada. El THAT 1240 se usa para desbalancear la señal, no presenta ninguna atenuación ni refuerzo con respecto a la señal de entrada.

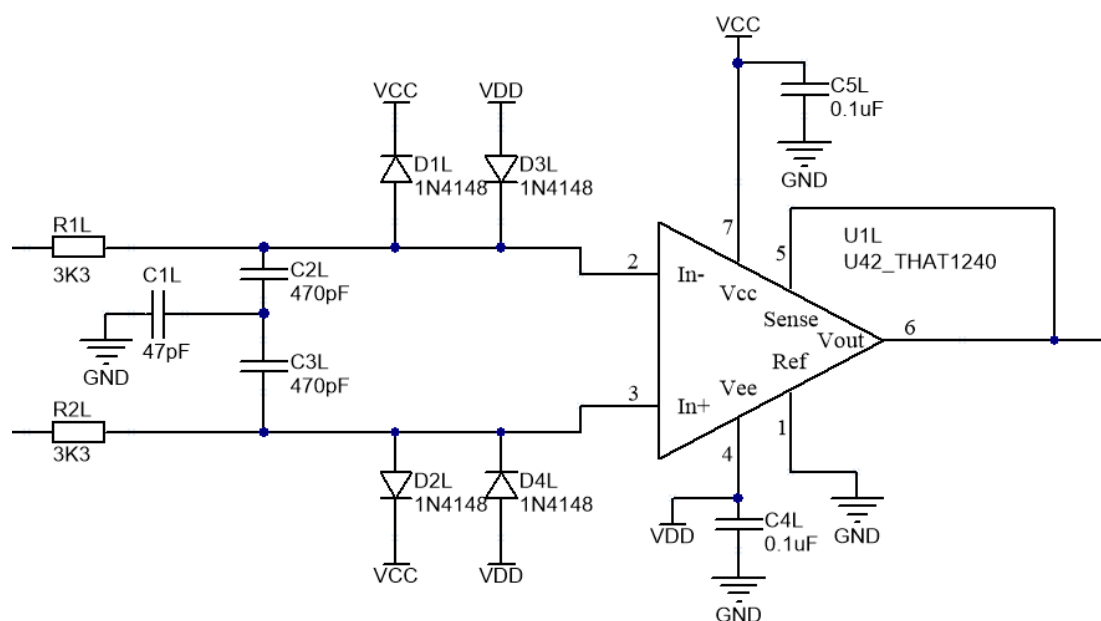


Figura 1. Esquemático de la etapa de entrada.

Los capacitores C1L, C2L y C3L protegen a la entrada del operacional contra descargas estáticas. Los diodos también cumplen la función de proteger la entrada, evitando que se ingrese con tensiones mayores a las de alimentación. Los capacitores C5L y C4L se encargan de filtrar las fuentes que alimentan al operacional.

2.2. Amplificador controlado por tensión

Una vez que la señal se encuentra desbalanceada, se conecta al potenciómetro P1L, el cual funciona como un control de nivel de entrada. Como se mencionó en la introducción, la etapa de VCA y detector de RMS están controladas por el IC THAT 4301. En la Figura 2 se puede ver la porción del circuito que corresponde a la etapa de VCA, sin el detector RMS funcionando.

El capacitor C7L cumple la función de desacople de continua, y la ganancia del operacional que sale del VCA se calcula con las resistencias R9L y R15L. Al ser iguales, la ganancia es unitaria. C15L es necesario ya que aporta a la estabilidad del sistema.

Los componentes que se encuentran conectados al terminal 14 del IC cumplen la función de compensar pequeños desajustes de simetría dentro de la etapa de VCA. VR2L es un preset que se debe ajustar hasta encontrar en la salida el mínimo THD posible cuando se ingresa con una señal de 1 V @ 1 kHz.

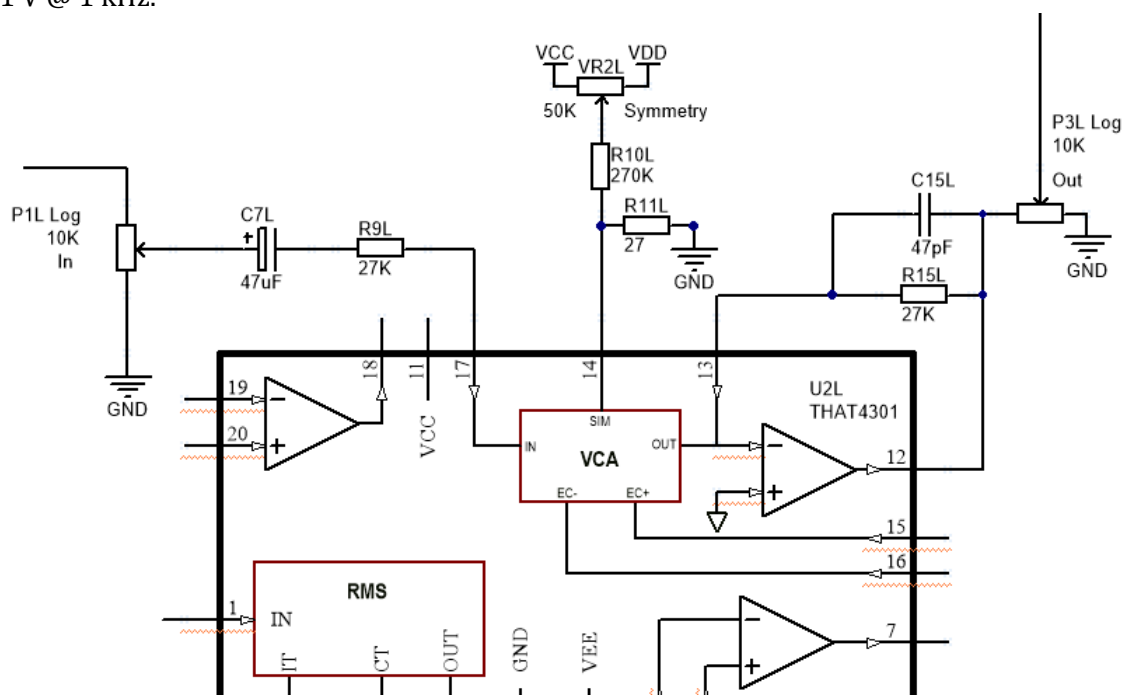


Figura 2. Etapa de VCA utilizando el THAT 4301.

La tensión que controla la ganancia del VCA, es una tensión negativa e ingresa al terminal EC-. Cuanto mayor sea la tensión en EC-, mayor será la atenuación producida por el VCA.

2.3. Detector RMS

En la Figura 3 se encuentra las conexiones del módulo del detector RMS del circuito integrado. Tiene cuatro conexiones: In, IT, CT y Out.

Del potenciómetro P1L, la señal llega al terminal In, pasando por un capacitor de desacople y una resistencia de 10K. Como existe una masa virtual en la entrada del detector RMS, C6L y R6L determinan la frecuencia de corte inferior de la señal que ingresa.

En el terminal IT se debe establecer una corriente que va a definir la referencia de 0 dB del detector. Es decir, establece a qué valor de corriente de entrada se corresponde un nivel de salida de 0 V. El fabricante utiliza una resistencia no variable conectada a IT, por lo tanto, la corriente es fija. Esta se calcula para obtener las mejores condiciones de ruido, pero en este caso se optó por colocar un potenciómetro que va a permitir variaciones en el ataque, el cual se calcula con la corriente que ingresa a IT y el capacitor C9L conectado a CT mediante la ecuación 1.

$$\tau = 0.026 * \frac{C_T}{I_T} \quad (1)$$

Para esta configuración se obtienen tiempos de ataque entre 1 y 15 ms aproximadamente.

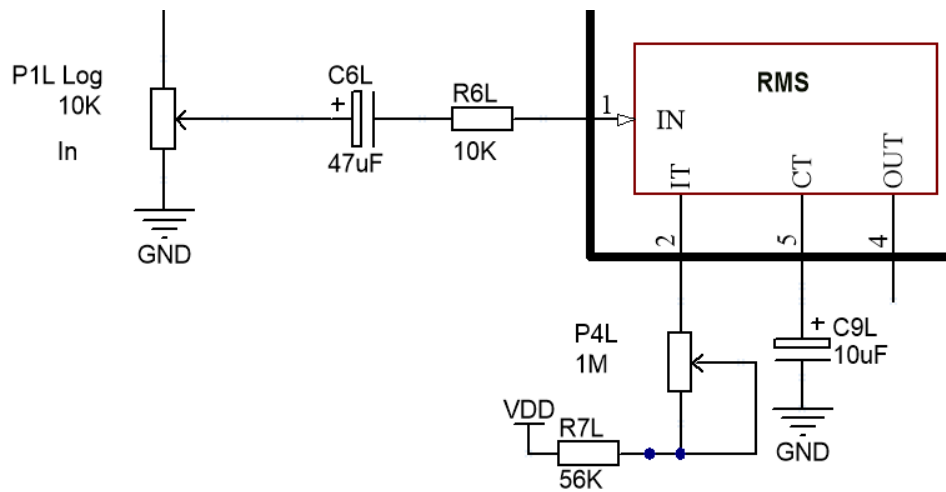


Figura 3. Módulo RMS del THAT 4301.

Luego, en la Figura 4 se puede ver la etapa que determina el umbral a partir del cual el compresor comienza a actuar.

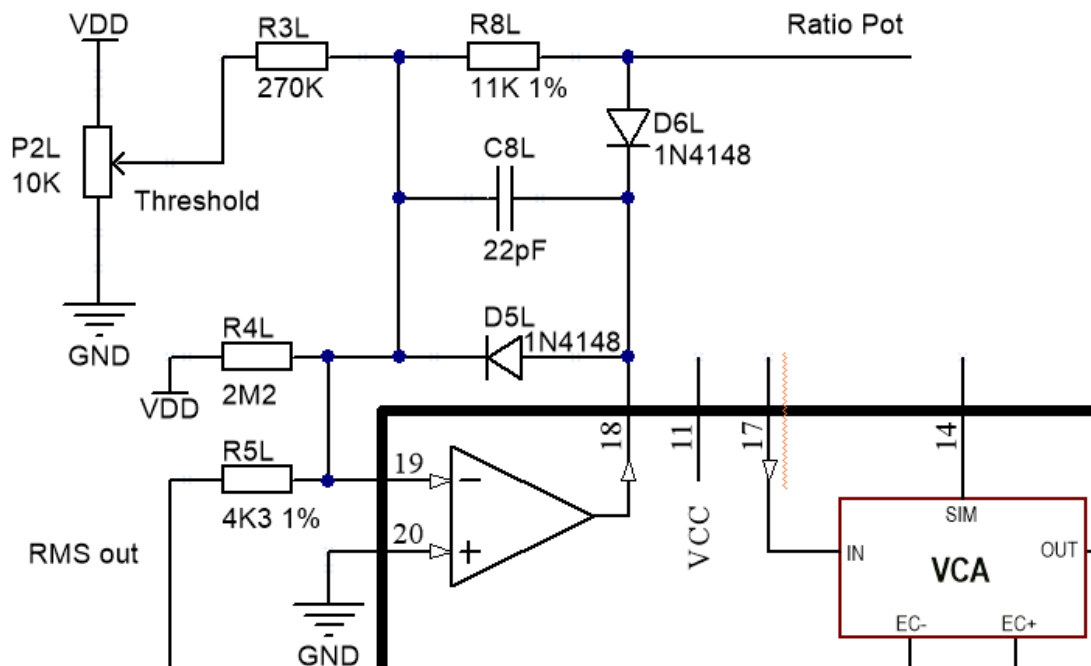


Figura 4. Control de umbral de compresión.

La señal que sale del detector RMS ingresa a través del resistor R5L a la entrada inversora de uno de los operacionales que incluye el integrado. Esta etapa establece un nivel de umbral que, cuando la señal de entrada lo supera, establece una ganancia de 2.5 veces aproximadamente. Cuando la señal no supera el umbral, la ganancia es de 0 dB.

El principio de funcionamiento de esta etapa se centra en la polarización de D6L. Cuando la señal en la entrada inversora es positiva, la salida es negativa, por lo cual el diodo se polariza y la ganancia de esta etapa se define a partir de R8L y R4L. Cuando la entrada es negativa, la salida es positiva, por lo tanto, el diodo D5L se polariza y pone en corto la realimentación, resultando en una ganancia de 0 veces.

El potenciómetro de Threshold establece una corriente contraria en R5L, la cual deberá ser superada por la señal que viene del detector RMS para polarizar el diodo D6L.

Una vez que se obtiene una tensión negativa a partir de la etapa del Threshold, esa tensión pasa por el potenciómetro de Ratio. Si el potenciómetro se encuentra al mínimo de su recorrido, no existe señal a la entrada del operacional U8LA que se ve en la Figura 5. Esta señal es la que controla el VCA, por lo tanto, con el potenciómetro de Ratio al mínimo la relación de compresión es 1:1. Cuando el potenciómetro se encuentra al máximo, toda la tensión que sale de la etapa de Threshold pasa al U8LA.

C21L junto con R38L y P6L controlan el tiempo de Release del compresor. Cuando la tensión negativa que sale del control de Threshold toma el valor de 0 V (lo cual sucede cuando el detector RMS envía una tensión por debajo del umbral ajustado), el capacitor mantiene una tensión que tarda entre 33 ms y 1 s en atenuarse completamente.

Luego la señal pasa por el segundo operacional del integrado, cuya ganancia está dada por los resistores R12L y R14L. Esta ganancia es de 0.4 veces, la cual compensa la ganancia de la etapa de Threshold.

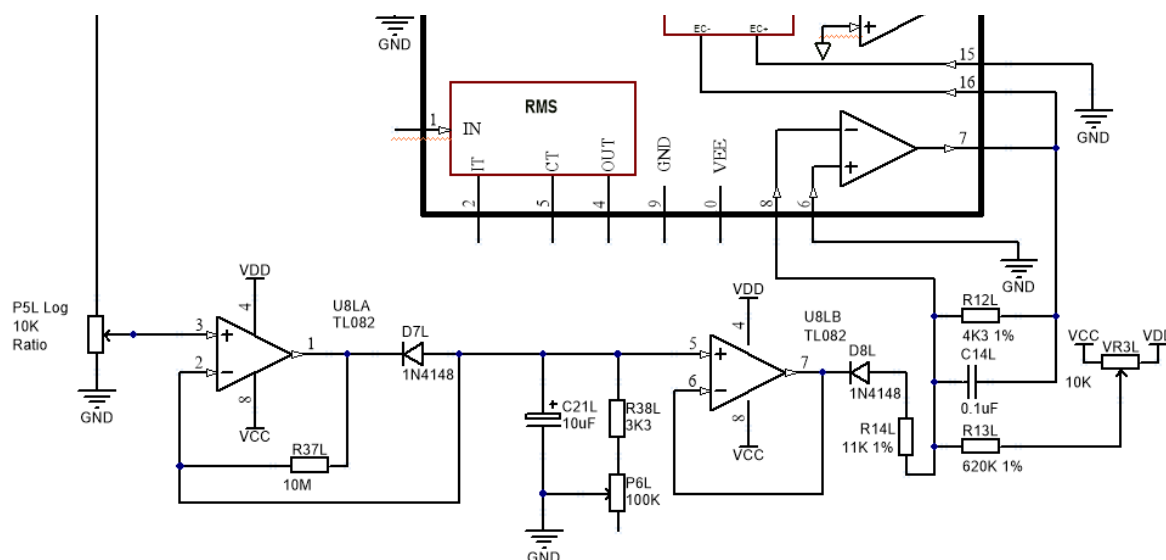


Figura 5. Control de Ratio y Release.

Por otro lado, el preset VR3L es un control que establece un valor fijo de ganancia o atenuación.

2.4. Etapa de salida

Una vez que la señal sale del VCA, pasa por un potenciómetro que actúa como control de nivel en la salida (P3L en la Figura 6). El operacional NE5534 tiene una ganancia de 30 dB aproximadamente para compensar por la atenuación de etapas anteriores. Por un lado, el VCA

puede obtener una atenuación de hasta -20 dB. Por otro lado, se busca que los potenciómetros de entrada y salida tengan a la mitad del recorrido su posición por defecto. Por lo tanto, cada potenciómetro presenta una atenuación de -6 dB.

Finalmente se encuentra el THAT 1646, el cual cumple la función de balanceo de la señal que será enviada a la salida del compresor. El Relay que se puede ver en la Figura 6 se utiliza para desactivar el canal izquierdo y el derecho con un único interruptor.

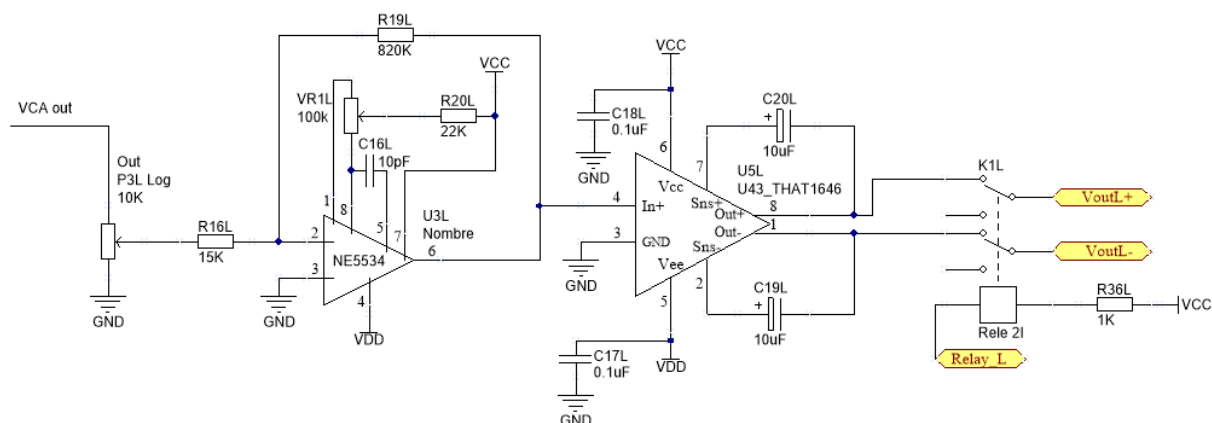


Figura 6. Etapa de salida del compresor.

2.5. Link de canales

Una función muy útil que se suele implementar en los compresores, es la de poder utilizar una única señal para controlar la compresión de los dos canales. Para realizarlo, se utilizó un switch que interrumpe el camino de la etapa de control del canal derecho y toma la señal de control del canal izquierdo. En la Figura 7 se puede ver un esquema de la conexión del switch.

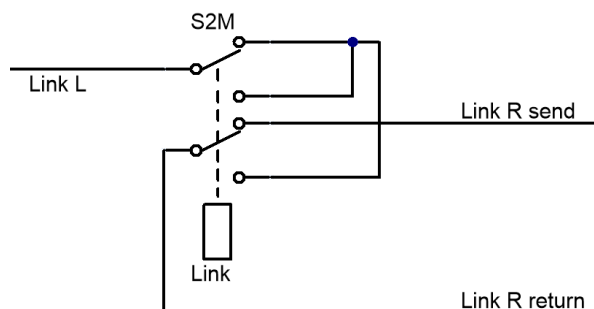


Figura 7. Interruptor de Link.

Cuando el interruptor se encuentra en la posición que se ve en la imagen, la señal de control del canal derecho es utilizada para la compresión en el canal derecho, mientras que la señal de control del canal izquierdo es utilizada para la compresión del canal izquierdo. Cuando se cambia de posición el switch, se utiliza la señal del canal izquierdo para la compresión de ambos canales.

2.6. Luminaria

Cada indicador está formado por 4 LED que se encienden de acuerdo al nivel de señal que existe en la entrada. El primer indicador cuenta con un switch para elegir entre la entrada y la salida del compresor. Es decir, no se puede monitorear la salida a la entrada y la salida del compresor en simultáneo. El otro indicador recibe la señal de la etapa de control (justo después del control de reléase), y da una idea de la compresión que está realizando el compresor en ese momento. No son indicadores precisos, únicamente sirven para verificar rápidamente si está

funcionando correctamente el compresor.

En la Figura 8 se puede ver el indicador de nivel de entrada y salida. Primero se encuentra un switch que permite elegir entre la entrada y la salida. Luego se encuentra un operacional en configuración inversora que presenta una ganancia de 5 dB.

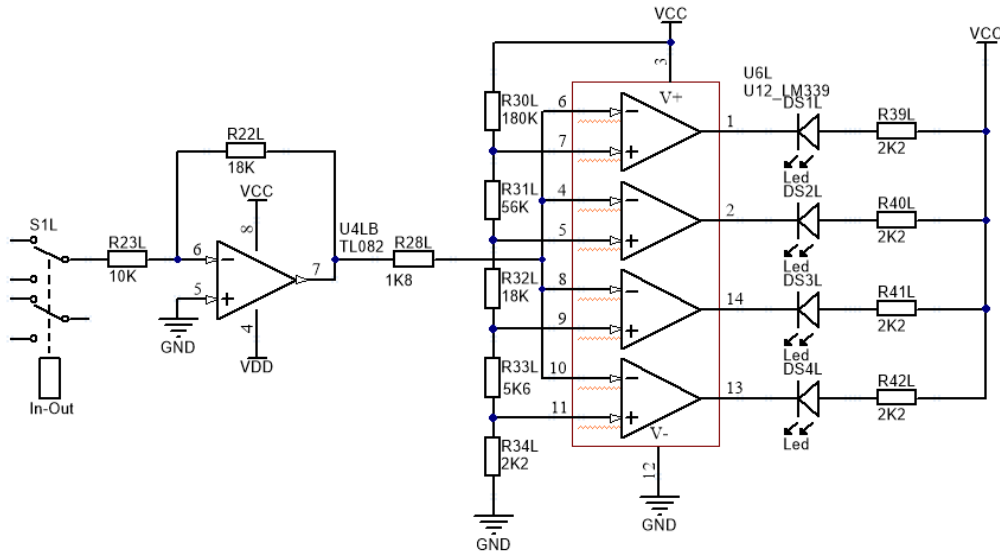
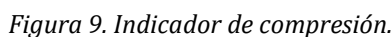


Figura 8. Indicador de nivel de entrada y salida.

Luego se encuentra el LM339 que está compuesto por cuatro operacionales. Cada operacional tiene una tensión aplicada en la entrada positiva. La señal que ingresa a la entrada negativa deberá superar dicha tensión para que el LED se ilumine. Cuando la tensión en el terminal positivo del operacional es mayor que la tensión en el terminal negativo, la salida del operacional está a VCC, por lo tanto, no circula corriente por el LED. Cuando el terminal negativo está a mayor potencial que el terminal positivo, la salida está a masa, lo que resulta en el LED encendido.

La configuración que se ve en la Figura 7 está calculada para que los leds se enciendan a +10 dBV, 0 dBV, -10 dBV y -20 dBV.

En la Figura 9 se puede ver el indicador de compresión. El funcionamiento es similar al mencionado anteriormente para la etapa de entrada y de salida. Los cambios en los valores de las resistencias se deben a que la señal que toma de la etapa de control es menor a la señal que puede haber en la entrada o en la salida del compresor. Es por eso que la ganancia del primer operacional es mayor, y las tensiones aplicadas a los terminales positivos también son menores.



Para el diseño del circuito impreso, se consideró el uso de una placa de 416 mm de largo y 100 mm de ancho. La distribución de los potenciómetros, switches y LEDs se realizó teniendo en cuenta que los mismos iban a estar directamente montados sobre la placa frontal del rack. En la Figura 10 se puede ver la distribución de los mismos.

En la Figura 11 se puede ver el diagrama de las pistas y los componentes del canal izquierdo del compresor. También se puede ver una representación 3D de los componentes montados en la placa.

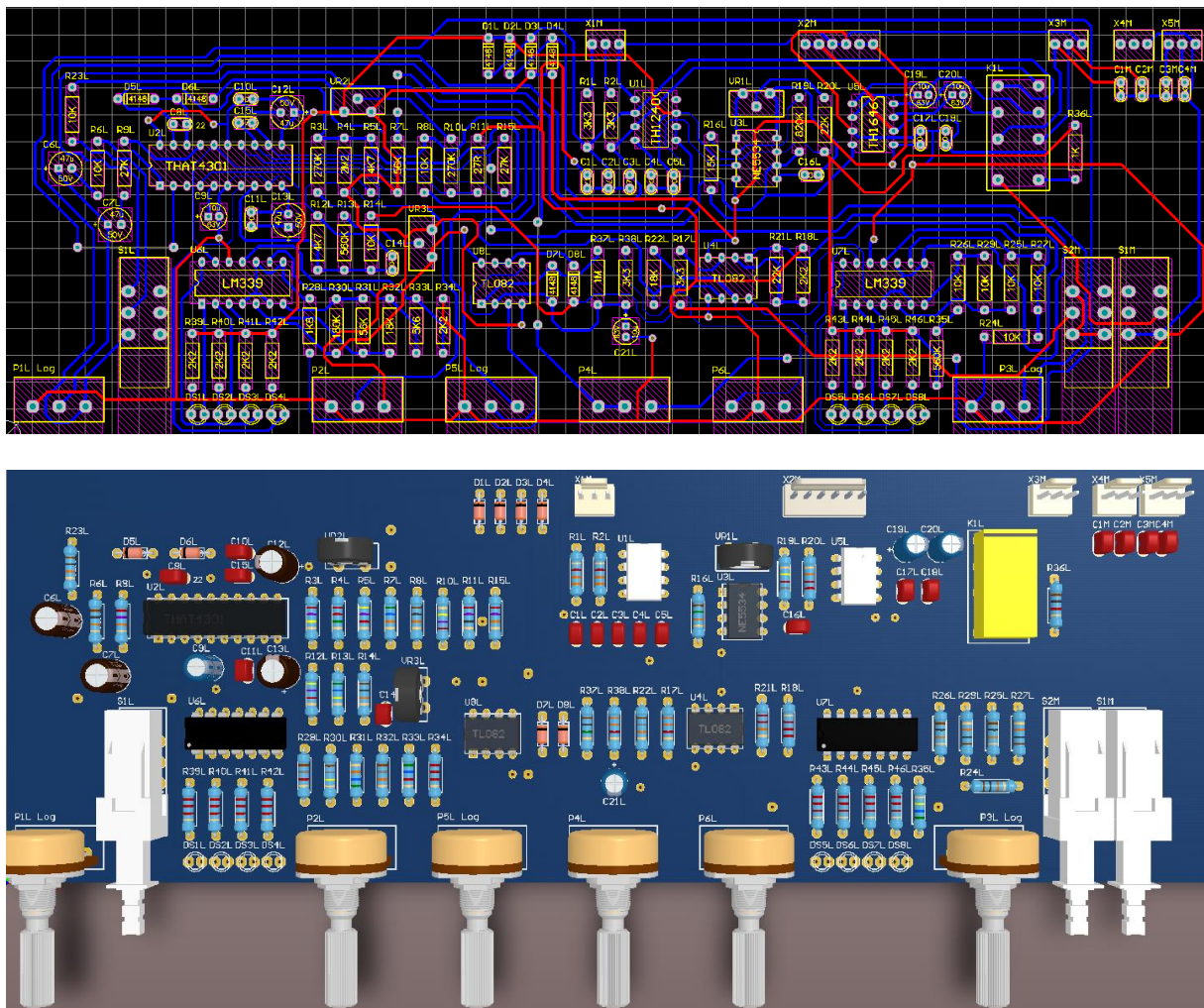


Figura 11. Canal izquierdo del compresor.

4. Bill of Materials

Comment	Description	Designator	Quantity
47uF	47 uF Electrolit Radial 50V	C1L, C1R, C3L, C3R, C11L, C11R, C12L, C12R	8
100pF	100pF Multicapa NP0 50Volt	C1M, C2M, C3M, C4M	4
47pF	47pF Multicapa NP0 50Volt	C2L, C2R, C16L, C16R	4
470pF	470pF Multicapa NP0 50Volt	C4L, C4R, C5L, C5R	4
22pF	22pF Multicapa NP0 50Volt	C6L, C6R	2
10uF	10 uF Electrolit Radial 63V	C7L, C7R, C14L, C14R, C20L, C20R, C21L, C21R	8
0.1uF	0.1uF Multicapa Y5V 50Volt	C8L, C8R, C9L, C9R, C10L, C10R, C13L, C13R, C15L, C15R, C18L, C18R, C19L, C19R	14
10pF	10pF Multicapa NP0 50Volt	C17L, C17R	2
1N4148	1N4148 Diodo Baja Señal	D1L, D1R, D2L, D2R, D3L, D3R, D4L, D4R, D5L, D5R, D6L, D6R, D7L, D7R, D8L, D8R	16
Led	LED 3mm	DS1L, DS1R, DS2L, DS2R, DS3L, DS3R, DS4L, DS4R, DS5L, DS5R, DS6L, DS6R, DS7L, DS7R, DS8L, DS8R	16
Rele 2I	Rele 2 Inversores	K1L, K1R	2
10K	Potenciometro Mono	P1L, P1R, P2L, P2R, P3L, P3R, P6L, P6R	8
1M	Potenciometro Mono	P4L, P4R	2
100K	Potenciometro Mono	P5L, P5R	2
3K3	3K3 1/4W 5%	R1L, R1R, R2L, R2R, R17L, R17R, R19L, R19R	8
270K	270K 1/4W 5%	R3L, R3R, R11L, R11R	4
2M2	2M2 1/4W 5%	R4L, R4R	2
4K7	4K7 1/4W 5%	R5L, R5R, R13L, R13R	4
10K	10K 1/4W 5%	R6L, R6R, R8L, R8R, R15L, R15R, R22L, R22R, R27L, R27R, R28L, R28R, R29L, R29R, R30L, R30R, R31L, R31R	18
56K	56K 1/4W 5%	R7L, R7R, R33L, R33R	4
27K	27K 1/4W 5%	R9L, R9R, R16L, R16R	4
10M	10M 1/4W 5%	R10L, R10R	2
27	27 1/4W 5%	R12L, R12R	2
560K	560K 1/4W 5%	R14L, R14R, R37L, R37R	4
15K	15K 1/4W 5%	R18L, R18R	2
2K2	2K2 1/4W 5%	R20L, R20R, R36L, R36R, R38L, R38R, R39L, R39R, R40L, R40R, R41L, R41R, R42L, R42R, R43L, R43R, R44L, R44R, R45L, R45R	20
820K	820K 1/4W 5%	R21L, R21R	2
22K	22K 1/4W 5%	R23L, R23R, R25L, R25R	4
18K	18K 1/4W 5%	R24L, R24R, R34L, R34R	4
1K8	1K8 1/4W 5%	R26L, R26R	2
180K	180K 1/4W 5%	R32L, R32R	2
5K6	5K6 1/4W 5%	R35L, R35R	2
1K	1K 1/4W 5%	R46L, R46R	2
In-Out	Llave Bisal 2 Inversores	S1L, S1R	2

Link	Llave Bisal 2 Inversores	S1M, S2M	2
TL082	TL082 Operac. Doble	U1L, U1R, U5L, U5R	4
U42_THAT1240	Balanced Line Receiver	U2L, U2R	2
THAT4301	THAT4301 VCA	U3L, U3R	2
Nombre		U4L, U4R	2
U43_THAT1646	Balanced Line Driver	U6L, U6R	2
U12_LM339	Quad Differential Comparators	U7L, U7R, U8L, U8R	4
50K	Preset Vertical	VR1L, VR1R	2
10K	Preset Vertical	VR2L, VR2R	2
100k	Preset Vertical	VR3L, VR3R	2
WF3	WF3	X1M, X3M, X4M, X5M	4
WF6	WF6	X2M	1

5. Bibliografía

- [1] THAT Corporation: *THAT 1240 Balanced Line Receiver IC* datasheet.
- [2] THAT Corporation: *THAT 4301 IC Dynamics Processor* datasheet.
- [3] THAT Corporation: *THAT 1646 Balanced Line Driver IC* datasheet.