

freq

fine

lin fm

exp fm

pwm

pw

Departamento de Arte y Cultura

Licenciatura en Artes Electrónicas

Trabajo Final de Grado

Sistema Modular 473

Diseño y creación de un
instrumento electrónico

Esteban Bas

2021

UNTREF

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE TRES DE FEBRERO

Departamento de Arte y Cultura

Trabajo Final de Grado presentado para obtener el título de Licenciado en Artes

Electrónicas de la Universidad Nacional de Tres de Febrero:

Sistema Modular 473

Diseño y creación de un instrumento electrónico

Alumno: Esteban Andrés Bas

DNI: 36070512

Tutor: Mg. Martín Matus Lerner

Diciembre 2021 | Caseros. Buenos Aires. Argentina

Resumen/Abstract

El presente trabajo surge a partir del deseo de aportar a la comunidad académica mis conocimientos y experiencias en el mundo de la creación de instrumentos musicales electrónicos. El mismo comprende un registro escrito e imágenes sobre el diseño y la creación del instrumento denominado "473", Un sintetizador analógico modular realizado entre los meses de enero y agosto del año 2021. Además del sistema modular el trabajo incluye la creación de una interfaz de control alternativa diseñada para trabajar con dicho instrumento.

Este escrito cuenta con una reseña histórica sobre la creación y el desarrollo de los pioneros en este campo. Luego se profundiza en los sintetizadores analógicos del tipo modular, cuáles son sus características y puntos claves para su desarrollo. Antes de comenzar con el diseño y la creación, se indaga en el formato Eurorack. Este formato es el estándar utilizado en el desarrollo de este instrumento.

Posteriormente se prosigue el diseño y la creación del instrumento y su interfaz, mediante esquemas, imágenes y fotografías, se explican los pasos necesarios para poder materializarlo. Una vez finalizado el sistema modular, se detallan las conexiones y parámetros de cada uno de los módulos que comprenden el instrumento en sí.

Palabras clave

Luthería electrónica, Sintetizador, Electrónica, DIY.

Agradecimientos

A mi compañera de vida Hebe Ibañez, a mi madre, Lilia y a mis hermanos, Alejandro, Darío y Lucía, por su amor y su apoyo infinito.

A mi tutor, Martin Matus Lerner, por sus aportes y orientación para lograr este proyecto.

A las docentes de Seminario de Artes Electrónicas, Gabriela Golder, Lucía Kuschnir y Micaela Paz por sus consejos y buena predisposición en la cursada

A mi hermano Darío, por su ayuda con los renders e impresiones 3d.

A mi hermana Lucia, por sus increíbles fotos.

A Marcelo y Gabriela Lombardo, por su cariño y su ayuda incondicional.

A mis compañerxs y amigxs de la Universidad, en especial a Tomás De Mattey, Matías Glomba, Juan Pégola, Alejandro Rosenblat y Horacio Toloza, personas claves en estos últimos años de carrera.

A Ernesto Romeo, por abrirme las puertas al mundo de la síntesis sonora.

A la Universidad Nacional de Tres de Febrero, a sus docentes y a todos los que se dedican a garantizar la educación pública.

Dedicado a la memoria de mi padre, Sergio Ramón Bas.

Contenido

Introducción	6
Objetivos	7
Generales	7
Específicos	7
Estado de la cuestión	7
Breve reseña histórica	8
Sistemas modulares	11
Eurorack	13
Desarrollo del instrumento -473-	15
Gabinete	16
Fuente de alimentación y distribución	17
Módulos	18
Plaquetas.	18
Montaje de componentes	23
Paneles Frontales	27
Desarrollo de Interfaz de Control -181-	35
Descripción de los módulos	40
VCO	40
MIXER	41
VCF STEINER	42
VCF MINIMOOG	43
VCA	44
LFO	45
S&H	46
ADSR	47
-181-	48
PANNER MIXER	49
Vista del instrumento terminado	51
Reflexiones finales	55
Bibliografía	56
Links recomendados	56
Anexos del proyecto	57

Introducción

La creación de instrumentos electrónicos y procesadores sonoros ha sido parte de mi vida y mi carrera artística y profesional dentro y fuera del ámbito universitario desde hace más de 10 años. Personalmente encuentro en la luthería electrónica un espacio lleno de innovación y grandes ideas para la producción de arte sonora y musical, al cual con este trabajo realizo mi aporte.

Con el fin de retribuir una pequeña parte de todo el conocimiento obtenido gracias a la educación pública y gratuita, decidí que este trabajo sea el registro y la documentación de la experiencia en el diseño y la creación de un instrumento electrónico sonoro.

Comenzando con una reseña histórica sobre antecedentes y precursores, se busca establecer un camino en el mundo de la creación de instrumentos electrónicos. Se hace énfasis en los sistemas modulares, entender cuáles son sus características y posibilidades será fundamental para poder desarrollar un instrumento de estas características. Luego se continúa por el diseño, se opta por un estándar de los más usados dentro de este tipo de instrumentos y se adaptan formatos y circuitos electrónicos con el fin de satisfacer dicho estándar. Además del instrumento se diseña una interfaz de control alternativa para el mismo con el fin de ampliar las posibilidades sonoras de este. Por medio de fotografías, esquemas e ilustraciones se exponen los pasos y técnicas necesarias para materializar los diseños del instrumento y la interfaz de control.

Objetivos

Generales

- Describir en forma detallada el proceso en el diseño y la creación de un instrumento musical electrónico y su interfaz de control.

Específicos

- Aportar al campo de la creación de instrumentos musicales electrónicos un desarrollo propio.
- Invitar a cada leyente a ser partícipe de esta disciplina ya sea recreando este mismo instrumento o usándolo de inspiración o referencia para crear nuevos.

Estado de la cuestión

En los últimos 15 años, la creación de instrumentos electrónicos sonoros y musicales ha crecido exponencialmente. Cada vez más artistas sonoros en todo el mundo optan por instrumentos creados por ellxs mismxs, ya sea por una decisión económica o por tener un mayor control sobre las posibilidades que un instrumento puede ofrecer. Por otro lado, muchos de artistas deciden comprar instrumentos electrónicos y procesadores a pequeños productores en vez de optar por las grandes marcas reconocidas históricamente. Al elegir esto, se logra un contacto más directo con lxs fabricantes y adaptar sus productos para satisfacer sus necesidades artísticas.

La creación de instrumentos electrónicos y procesadores permite el uso de cualquier tipo de herramientas y soluciones, desde las más simples y económicas hasta tecnologías más avanzadas. En este campo cualquier idea o proyecto puede ser posible, la transdisciplinariedad con otras ramas permite concretar ideas e inventos de los más originales. La mayoría de las personas involucradas son artistas, diseñadores, tecnicxs, científicxs, amateurs y profesionales, con un sentido de comunidad e ideas de compartir manifestables. Gracias a internet y las

conexiones cualquier persona en interesada puede ingresar en este campo sin ningún problema, ya que la mayoría de los diseños y circuitos están al alcance de todos, desde los más simples para principiantes hasta circuitos más complejos y avanzados.

Un ejemplo claro del sentido de comunidad en esta disciplina es el caso de NIME (New Interfaces for Musical Expression: Nuevas Interfaces para la Expresión Musical). Esta conferencia internacional reúne a investigadores y artistas sonoros de todo el mundo para compartir sus conocimientos y trabajos desde hace 20 años. Actualmente, NIME posee una red de investigación en Latinoamérica con el fin de proveer recursos, tutoriales e información para sus miembros. Esta red se encuentra en búsqueda de consolidar una comunidad en la región y así organizar encuentros y eventos dentro del territorio.

Breve reseña histórica

Para comenzar a hablar acerca de instrumentos electrónicos, primero debemos indagar que entendemos por cada uno sus términos. El término luthería se remonta hacia el siglo XV a la disciplina que comprende la creación artesanal de laudes. Luego de los años el término comprendía cualquier instrumento de cuerda. A lo largo de la historia esta disciplina fue abarcando más categorías y funciones para finalizar con la designación de la disciplina encargada del diseño, la creación y el mantenimiento de todo instrumento sonoro, ya sea de cuerda, percusión o viento.¹ Entendemos a la electrónica como la ramificación de la física aplicada que estudia la transmisión de flujos de electrones. Haciendo una distinción con la rama dedicada electricidad, en la electrónica el uso de semiconductores es una característica clave en esta ciencia.

A fines de siglo XIX y comienzos del siglo XX el manejo de la electricidad comienza a tener un rol esencial en la creación de nuevos inventos. Esta novedad también alcanzó el campo de la música, trayendo una gama nueva de instrumentos nunca concebidos. Estos nuevos instrumentos desarrollados en la primera mitad del siglo pasado los clasificaremos en tres categorías utilizando como criterio la manera en cual generan el sonido.

¹ Matus Lerner Martin (2018). Luthería electrónica: origen y primeros instrumentos. Sul Ponticello. Revista on-line de música y arte sonoro. <https://bit.ly/2Ji3q10>

La primera categoría son los instrumentos electroacústicos, aquí la generación de sonido se produce a partir de un elemento móvil cuyas vibraciones son captadas por algún tipo de transductor magnético generando señales eléctricas que luego son amplificadas. Dentro de esta categoría podemos tomar ejemplos de instrumentos populares como la guitarra eléctrica el piano eléctrico Rhodes entre otros.

Luego tenemos los Instrumentos electromecánicos que a diferencia de los instrumentos anteriores la injerencia del mecanismo en el sonido no es de manera directa. el instrumento pone en movimiento una serie de mecánicos que realizan patrones, estos patrones producen variaciones eléctricas que luego son amplificadas. Dentro de este grupo de instrumentos, el sistema mayormente empleado consta de ruedas dentadas que mediante un transductor electromagnético induce variaciones de tensión al girar. La cantidad de ranuras por segundo en cada rueda genera la frecuencia de la nota a producirse. Luego con algún dispositivo del control, mayormente un teclado temperado, se activa la reproducción del sonido de dichas ruedas. El instrumento más icónico y popular de esta categoría fue el órgano Hammond creado en 1935.

Como tercera y última categoría se hacen presentes a los instrumentos electrónicos. En esta categoría la generación de audio se obtiene concretamente mediante circuitos electrónicos ya sean analógicos o digitales y no mediante mecanismos o elementos vibrantes. Dentro de sus exponentes más famosos se encuentran los sintetizadores en todas sus variantes y ramificaciones. En este escrito nos centraremos en esta tercera categoría, veremos que inventos y desarrollos hicieron posible el diseño y la creación de este tipo de instrumentos sonoros.

El elemento clave para nuestra categoría es la invención del transistor en 1947 junto con la investigación y desarrollo de los semiconductores. Este nuevo dispositivo creado por John Bardeen, William Shockley y Walter Brattain, en su versión más simple consta de tres capas. Una de ellas, actúa como aislante o conductor al ser excitada eléctricamente, permitiendo así el paso o la obstrucción de electricidad de las otras dos capas².

Los semiconductores dentro de la electrónica permitieron la creación de nuevos dispositivos capaces de generar y modificar audio, como osciladores filtros y amplificadores. Estos dispositivos junto con grabadores y reproductores de cinta magnética fueron piezas claves en el nacimiento de los primeros estudios y laboratorios de música concreta y

² Robert L. Boylestad y Louis Nashelsky (2009). Electronic devices and circuit theory. 10th edition. Pearson Education, Inc.

electrónica durante las décadas del cincuenta y sesenta, aportando conceptos, ideas y estéticas al campo sonoro sin precedentes³.

Gracias al abaratamiento de los costos en los componentes electrónicos junto con la introducción del transistor de silicio reemplazando a las válvulas de vacío, nuevos desarrollos e inventos vieron la luz a comienzos de los 60s. En 1964, Robert Moog presenta su invento en la exposición de la Audio Engineering Society (AES), el primer sintetizador modular de venta al público. El cual consistía en diferentes módulos que realizaban funciones específicas, que al conectarlos entre sí con cables externos generaban una amplia paleta de sonidos.

Un elemento clave para estos nuevos instrumentos fue el control por voltaje, un desarrollo creado en paralelo por Robert Moog junto con Herbert Deutsch en New York y por Donald Buchla en San Francisco. Dicho desarrollo, basado en una implementación de Harold Bode, permite con un voltaje determinado cambiar en tiempo real diferentes parámetros del sonido. Previamente a este desarrollo, si se deseaba, por ejemplo, para variar la frecuencia de un sonido, primero era necesario grabar el sonido en una cinta magnética y luego aumentar o disminuir la velocidad de reproducción de la cinta.

Este nuevo desarrollo permitió que un oscilador, a través de una señal de control que se le ingresara, variara su rango tonal en varias octavas. De manera similar, al aplicarlo a un amplificador podría recorrer todo el rango dinámico de la audición humana. La nueva implementación permitía que una señal de control, en este caso el voltaje, modifique parámetros como lo son la frecuencia y la intensidad. A partir de este desarrollo, todos sus diseños comienzan a tener un estándar único que luego excederá la marca y comenzará a ser un estándar universal, el estándar de volts por octava. Al aplicar un volt a la entrada de un oscilador este duplicará su frecuencia inicial, es decir la nota aumentará una octava⁴. El desarrollo también incluyó la señal gate (puerta) permite indicar cuándo encender o apagar un parámetro.

En resumen, el nuevo estándar permitió, entre otras cosas, poder controlar la afinación y el volumen del sintetizador con un teclado temperado, similar al que se encuentra

³ Matus Lerner Martin (2018). Luthería electrónica: sintetizadores e instrumentos musicales digitales (II). Sul Ponticello. Revista on-line de música y arte sonoro. <https://bit.ly/33G5Xcx>

⁴ Trevor Pinch y Frank Trocco (2002). Analog Days: The Invention and Impact of the Moog Synthesizer (p.viii). U.S: Harvard University Press.

en un piano o un órgano. Al ser controlado por un teclado, el nuevo instrumento atrajo la atención de público por fuera del ámbito académico y científico.

En la costa opuesta a Moog, Donald Buchla junto a los compositores Ramon Sender y Morton Subotnick, desarrollaron nuevos dispositivos para hacer música electrónica. El invento de Buchla, el Buchla's Box, un sintetizador modular con una impronta diferente. Su control no era a través de un teclado convencional sino una interfaz con sensitiva al tacto que, dependiendo de la presión ejercida, modificaba diferentes parámetros del sonido⁵.

Sistemas modulares

Una singularidad compartida entre los sintetizadores expuestos en la sección anterior es la propiedad de ser modulares. En un sistema modular tanto físico como virtual, cada uno de sus módulos por separado realiza determinadas funciones. Dependiendo de la conexión mediante cables que se realice entre los distintos módulos obtendremos los sonidos del sintetizador.



1.Imagen. Roland System 700. Sintetizador analógico modular.

⁵ Trevor Pinch y Frank Trocco (2002). Analog Days: The Invention and Impact of the Moog Synthesizer (p.viii). U.S: Harvard University Press.

Existen muchos tipos diferentes de módulos, cada uno con entradas, salidas y controles, dependiendo de su grado de complejidad. Comúnmente cada módulo en su frente cuenta con perillas, llaves y deslizadores para su configuración. Los módulos mayormente utilizados en este tipo de sintetizadores son los siguientes:

VCO Voltage Controlled Oscillator [Oscilador controlado por voltaje]: Este módulo proporciona una señal eléctrica comúnmente dentro del rango audible generando tonos con diferentes formas de onda. Como su nombre lo indica, contiene entradas de control que permiten modificar la frecuencia y otros parámetros.

VCA Voltage Controlled Amplifier [Amplificador controlado por voltaje]: Cuenta con al menos una entrada y una salida. Su función es la de variar la amplitud (volumen) de una señal. También contiene una entrada de control que permite modificar la amplitud de la señal

VCF Voltage Controlled Filter [Filtro controlado por voltaje]: Su función es atenuar el volumen a partir de una determinada frecuencia. Sus modelos más típicos son LP: Low Pass el cual atenúa frecuencias agudas, HP: High Pass atenúa frecuencias graves, BP: Band Pass permite el paso de una banda de frecuencia establecida. Como su nombre lo indica puede ser controlado por voltaje.

Mixer [Mezcladora]: Su función es la de sumar señales tanto sonoras como de control. Cuenta con al menos dos entradas y una o más salidas. La amplitud de cada señal de entrada es variable mediante un control.

LFO Low Frequency Oscillator [Oscilador de baja frecuencia]: Genera ondas de frecuencias bajas, comúnmente por debajo del umbral sonoro. Se utiliza como control de otros módulos. Por ejemplo, al aplicarlo a un oscilador variamos la frecuencia de este generando un vibrato. Este módulo puede o no ser controlado por voltaje.

EG Envelope Generator [Generador de envolventes]: Genera una señal que permite modificar otros módulos como osciladores, filtros o amplificadores. A menudo configurado como ADSR (Attack (ataque), Decay (Decaimiento), Sustain (sostenimiento), Release (liberación)). Al ser disparado produce una transición de voltaje en el tiempo dependiendo los parámetros configurados en sus controles,

S&H Sample and Hold [Muestra y Retención]: Captura un voltaje en su entrada, ese voltaje es retenido hasta su señal de reloj vuelve a indicarse capturando un voltaje nuevo. La salida de este módulo se utiliza habitualmente para controlar otros.

Eurorack

A la hora de desarrollar el sintetizador modular, una característica a definir es su formato. Si bien existen varios formatos posibles para trabajar con estos tipos de instrumentos, son mayormente dos los que proliferan frente al resto, 5U y Eurorack.

El formato para desarrollar el instrumento es Eurorack, presentado originalmente por la empresa por Doepfer Musikelektronik. Si bien este formato compacto fue presentado a mediados de los 90s, en los últimos años se impuso como estándar en el mercado, muchos luthieres electrónicos y fabricantes clásicos de sintetizadores han adoptado este formato para la creación de sus módulos. Hoy en día existen módulos de sintetizador de las más variadas características, desde rediseños de circuitos analógicos creados por los pioneros, hasta complejos circuitos que integran tecnologías digitales e híbridas. Todos respetando las características y tamaños de este formato.

La arquitectura y el diseño simple del estándar permite a personas interesadas crear y modificar sus propios módulos o gabinetes, incluso algunos fabricantes ofrecen sus módulos a precios más accesibles en formatos de kit para armar.

Sus características principales son:

- La altura de los módulos es 133,35 mm o 5,25 pulgadas, equivalente a 3U (tres unidades de rack).
- El largo puede variar entre los distintos módulos, pero debe respetar medidas en HP. Cada HP es equivalente a 5,08 milímetros o 0,25 pulgadas.
- Los conectores para entradas, salidas y control deben ser del tipo Jack 3.5mm.
- La tensión de alimentación para cada módulo es +/- 12v (Con la inclusión de 5v. extras para determinados módulos).
- El conector de alimentación es del tipo IDE de 10 pines en los módulos y 16 pines en el distribuidor de la fuente de tensión.



2. Imagen. Módulo VCO Moog 921 [5u] junto a Módulo Plaits Mutable Instruments [Eurorack]

Desarrollo del instrumento -473-

Luego de leer y analizar la bibliografía recomendada, se comienza para el diseño macro de instrumento y se desarrolla una estrategia de trabajo para poder materializarlo. Basándose en la búsqueda sonora final, se decide la creación de un sistema modular.

Este tipo de sintetizadores no cuenta con un timbre o color predefinido, sino que depende de las interconexiones que se realicen entre los módulos. Esta característica sumada a la numerosa cantidad de entradas de control en cada módulo amplía aún más la gama de sonidos que se pueden lograr.

En un sintetizador modular el sonido resultante se construye o se destruye en base a las conexiones y decisiones que se tomen sobre este. Aunque en oportunidades es posible encontrarse con resultados no esperados, que en ciertos casos suelen ser tan interesantes como los buscados.

Se opta por catorce módulos en formato Eurorack, razón por la cual, parte del trabajo a realizar es el rediseño y la adaptación de dichos módulos en este formato. Además de los módulos, es necesario también el gabinete y la fuente de alimentación para los mismos. Si bien, estos podían haber sido adquiridos, se opta por construirlos también.

Los módulos elegidos son:

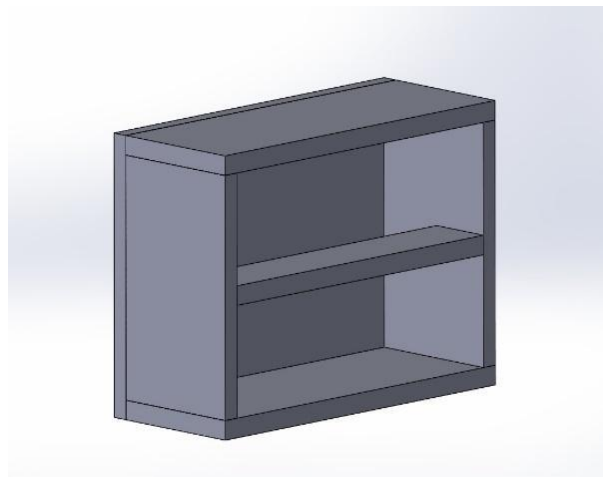
- 3 VCO: Oscilador controlado por voltaje.
- 2 VCA: Amplificador controlado por voltaje.
- 1 VCF: Filtro controlado por voltaje multibanda basado en el diseño de Steiner-Parker. Este filtro tiene la posibilidad de ser pasa bajos, pasa altos o pasa banda.
- 1 VCF: Filtro pasa bajos controlado por voltaje basado en el diseño creado por Moog.
- 1 Mixer: Mezcladora de 4 entradas con control independiente.
- 1 Mixer + Output monitor Stage: Mezcladora de 4 entradas con paneo de cada canal paneo controlado. Más un ecualizador de dos bandas, vúmetro indicador de volumen y salida de línea y auriculares.
- 2 VC- LFO: Oscilador de baja frecuencia controlado por voltaje
- 2 EG: Generador de envolvente.
- 1 -S & H: Muestra y retención.

Todos los módulos elegidos están basados en diseños creados por Yves Usson⁶. En su sitio web, el ingeniero ofrece de manera abierta y gratuita, distintos circuitos de sintetizador analógico junto con sus cableados e indicaciones para poder realizarlos. Los diseños ofrecidos están en formato 5U, así que parte del trabajo es rediseñar los mismos para poder cumplir con los estándares del formato Eurorack.

Además del sintetizador, se opta también por el diseño y la creación de una interfaz de control alternativa con salidas de control por voltaje y “gate” para interactuar con entradas de control del sintetizador.

Gabinete

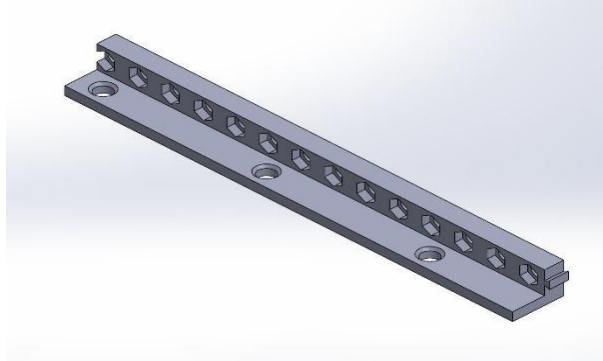
El gabinete fue realizado en madera terciada y forrado con cuerina ecológica. Se colocaron esquineros metálicos de protección más una manija reforzada para su traslado. Su tamaño comprende dos hileras de 418 milímetros de largo por 130 milímetros de alto.



3. Ilustración. Render del gabinete diseñado. El tamaño de este permite alojar dos filas de 86 HP.

⁶ Sitio web de Yves Usson (http://yusynth.net/index_en.php)

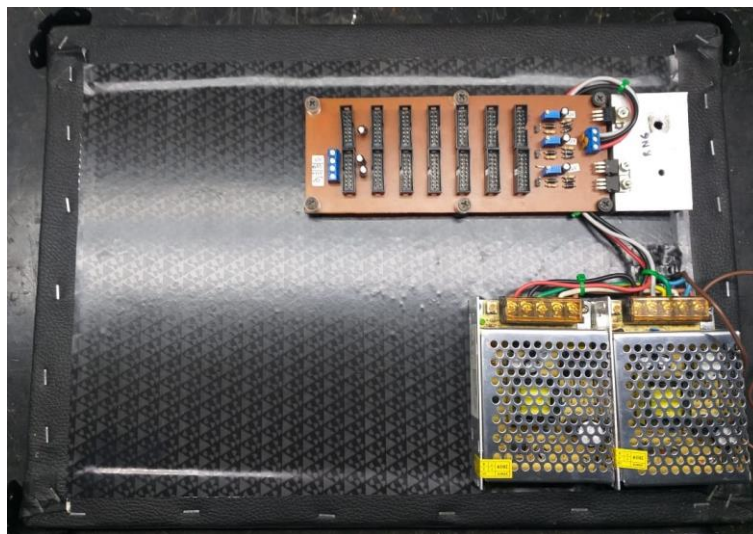
Para montar los módulos dentro del gabinete, se colocaron rieles impresos en 3d diseñados exclusivamente para el proyecto. Estos comprenden las medidas para colocar tornillos Allen y tuercas M3 (medida estándar para Eurorack).



4. Ilustración. Render del riel para montaje de módulos diseñado para el gabinete

Fuente de alimentación y distribución

Los módulos utilizan una tensión de +/- 12v. por lo cual es necesario una fuente de alimentación con punto medio. Se utilizaron dos fuentes conmutadas de tres amperes. Los reguladores y la distribución de la alimentación fueron creados en base a un diseño de Ray Wilson. La placa del distribuidor se realizó utilizando el mismo procedimiento que las placas de los módulos.



5. Imagen. Fuente de alimentación y distribuidor montado en tapa trasera del gabinete.

Ambas fuentes de alimentación obtienen tensión a través de un conector del tipo Interlock ubicado en el panel trasero del gabinete.

Cada módulo se conecta al distribuidor con un cable plano con fichas del tipo IDE de 10 pines en el módulo y 16 pines en el distribuidor.



6. Imagen. Cable IDE para alimentación de módulos de sintetizadores en formato Eurorack

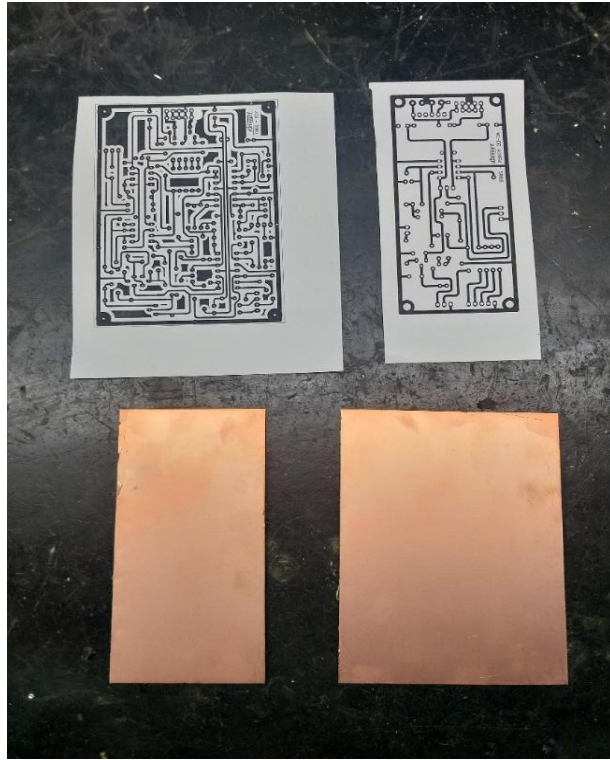
Módulos

Plaquetas.

Las plaquetas de los catorce módulos se realizan con el mismo procedimiento, a continuación, se detalla cómo realizar el VCO. Este procedimiento se aplica para cualquiera de los módulos restantes o para otros módulos nuevos.

Yves Usson, en su página ofrece el circuito PCB (Printed Circuit Board) listo para transferir, por lo cual es necesario imprimirlo con una impresora láser en tóner sobre papel parafinado especial para circuitos electrónicos. En caso de ser la primera vez en realizar un circuito electrónico de este tipo, se recomienda imprimir copias extras en caso de que la transferencia no salga perfecta en el primer intento.

Una vez impreso, es necesario contar con una placa de cobre con las medidas suficientes para la impresión, se corta la placa excediendo unos milímetros más que el dibujo.



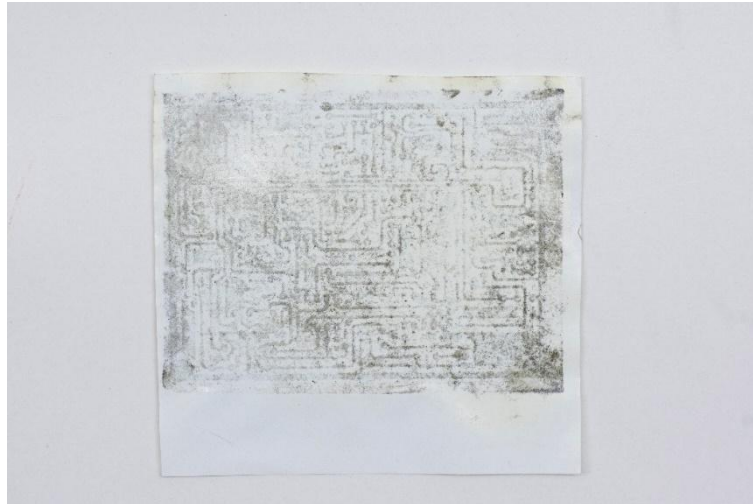
7. Imagen. 2 PCB impresos junto a las placas sin pulir

Antes de realizar la transferencia, pulir con una esponja de acero la placa de cobre aplicando leve fuerza y siempre en un mismo sentido. Se coloca la cara impresa del papel sobre el lado del cobre de la placa, se sujeta la misma con cinta para que quede firme.



8. Imagen. Placa sujeta al papel que contiene el PCB.

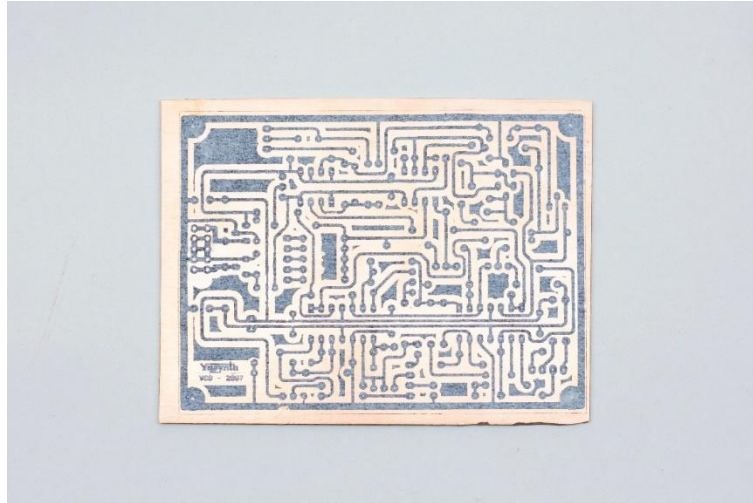
Para la transferencia del circuito, es necesario una plancha hogareña a 140 °C (la temperatura utilizada para algodón o lino). Se aplica la plancha con fuerza sobre el papel cubriendo toda la superficie. Con esta acción, el tóner se transfiere sobre la placa de cobre replicando el dibujo en modo espejo.



9. Imagen. Placa luego de ser planchada.

Una vez finalizado y luego de enfriar, se retira la cinta de sujeción. Se coloca la placa en un recipiente con agua durante unos minutos, con el motivo de deshacer el papel, para acelerar el proceso se acompaña con un cepillo de cerdas suaves aplicando presión suavemente.

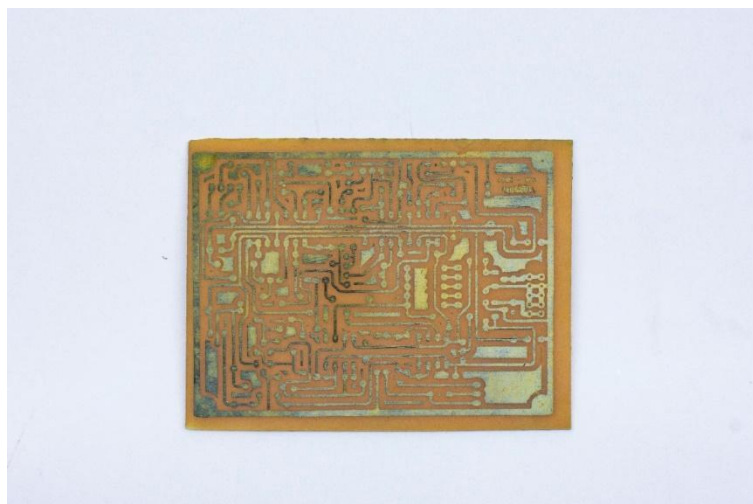
Se retira la placa del agua y se verifica que el PCB se haya transferido completo sobre la placa, todas las pistas deben transferirse sobre la placa. En caso de que el trabajo haya quedado mal, con la esponja de acero se remueve la transferencia y se comienza otra vez desde el primer paso.



10. Imagen. Tóner transferido hacia la placa de manera correcta

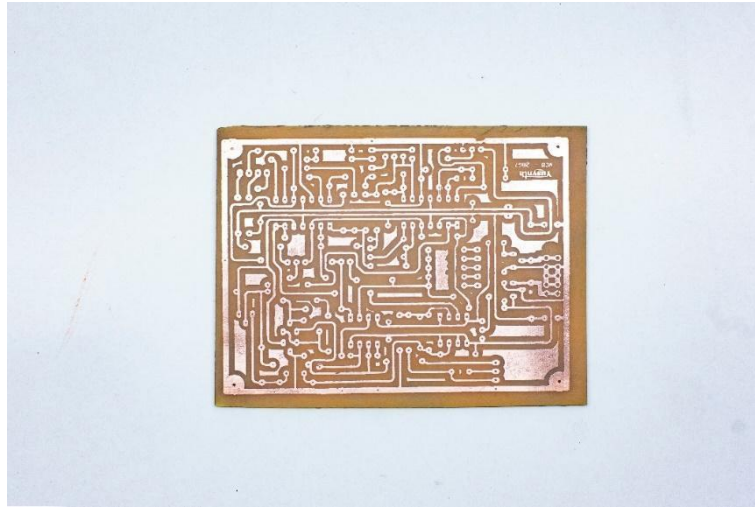
Para la siguiente tarea, es necesario medio litro de percloruro férrico. Este compuesto químico se adquiere en tiendas de electrónica. Antes de realizar esta tarea, leer atentamente las instrucciones y recomendaciones de su fabricante. Utilizar tapabocas, guantes y gafas de seguridad durante su manipulación.

En un recipiente plástico se coloca con cuidado el percloruro férrico y se sumerge la placa dentro de este. Con este paso, todo el cobre de la placa que no contenga pistas de la impresión es removido por el percloruro dejando expuesto el plástico de la placa. Con ayuda de una pinza, cada cinco minutos se mueve la placa y se verifica visualmente el resultado.



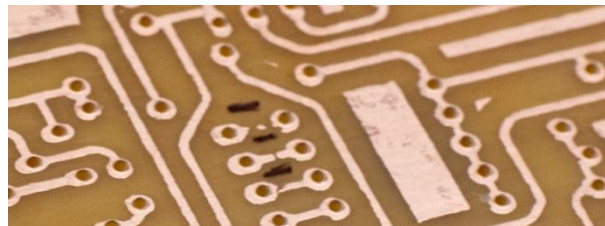
11. Imagen. Placa luego del proceso químico

Una vez finalizado el proceso se limpia con agua la placa y dejar secar, luego con la esponja de acero se pule la placa nuevamente dejando expuestas las pistas de cobre.



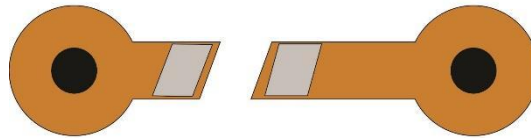
12. Imagen. Placa pulida.

Se revisa visualmente todas las pistas del circuito asegurándose que ninguna se encuentre cortada. Otra manera de verificar si una pista está cortada, es utilizando un multímetro en la funcionalidad de continuidad, colocando las puntas de este en los extremos de la pista a medir. Si la pista se encuentra en buen estado, el multímetro emitirá un sonido indicando la continuidad en la misma, si la misma está cortada no emitirá sonido alguno.



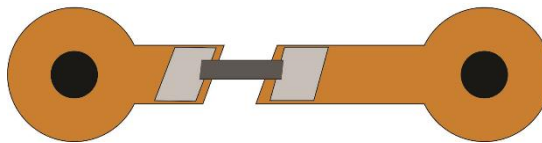
13. Imagen. Detalle de dos pistas cortadas antes de ser reparadas.

En caso de que se encuentre cortada se repara la misma con el siguiente procedimiento. Sobre la pista cortada con un soldador para electrónica calentar cercano al corte de la pista y aplicar una pequeña cantidad de estaño. Realizar el mismo procedimiento en el otro extremo de la pista.



14. Ilustración. Pista cortada con estaño en los extremos.

Luego colocar un alambre de acero de 0.5mm en ambos extremos del corte, calentar con el soldador logrando la unión sobre la pista cortada.



15. Ilustración. Pista reparada con alambre y estaño.

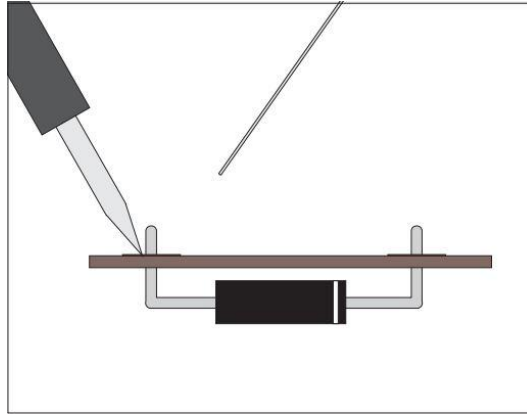
Una vez la placa lista, con una broca de 1mm se agujerea en los puntos indicados de las pistas, donde luego se colocarán los componentes del circuito. Asegurar realizar todos los agujeros.

Montaje de componentes.

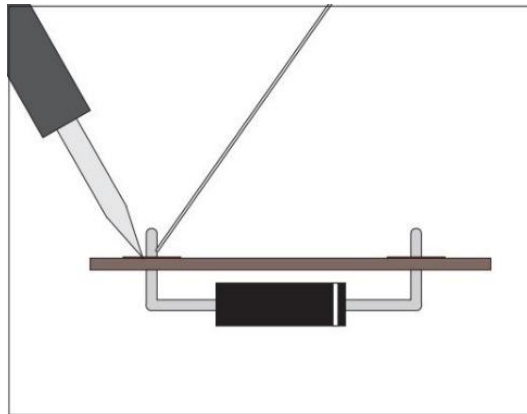
Para montar los componentes en la placa, es necesario contar con las siguientes herramientas: Soldador, pinza de punta, alicate para electrónica, estaño de 0.7 milímetros.

Dependiendo de las características de los componentes electrónicos, algunos tienen polaridad, es decir, que a la hora de montarlos en la placa se debe respetar el sentido de conexión. Se comienza el montaje con los componentes más pequeños, como diodos Zener, luego se continúa con los componentes siguientes en tamaño como resistencias, luego con capacitores, etc. Se utilizan zócalos para los circuitos integrados, ya que resulta más fácil su manipulación y reemplazo en caso de ser necesario. Se utiliza como guía las indicaciones del diseñador del circuito, se colocan de a uno cada componente en sus respectivos puntos. Si el componente lo requiere, con ayuda de una pinza se doblan sus terminales a noventa grados, luego se sueldan como se detalla a continuación en las ilustraciones.

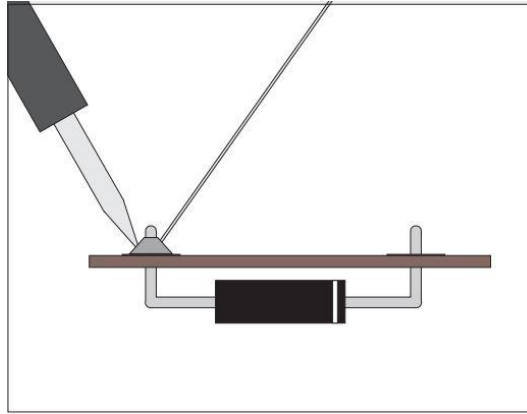
Del lado del cobre de la placa, calentar la isla de cobre donde se colocó la terminal del componente y aplicar estaño, de modo de dejar la misma cubierta y pareja. Realizar dicha tarea en todas las terminales del componente.



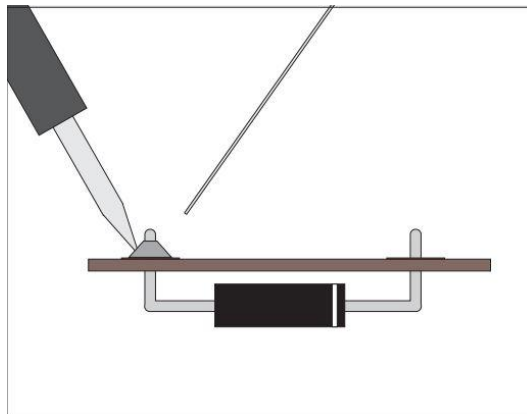
16. Ilustración. Indicación. Con el soldador calentar la isla de cobre y la terminal del componente



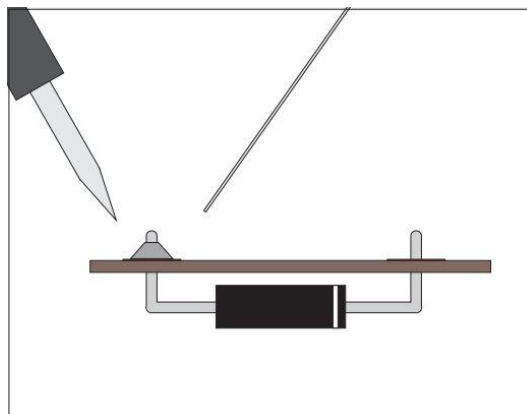
17. Ilustración. Indicación. Aplicar el estaño.



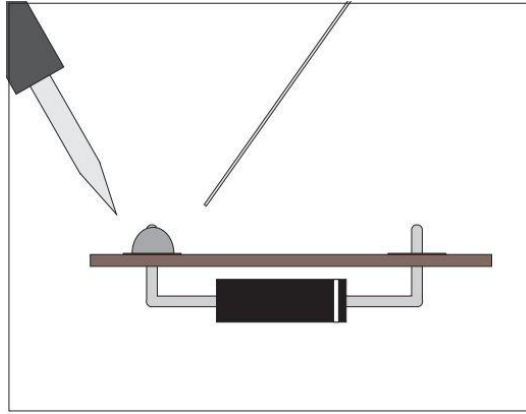
18. Ilustración. Indicación. Derretir el estaño sobre toda la isla y la terminal



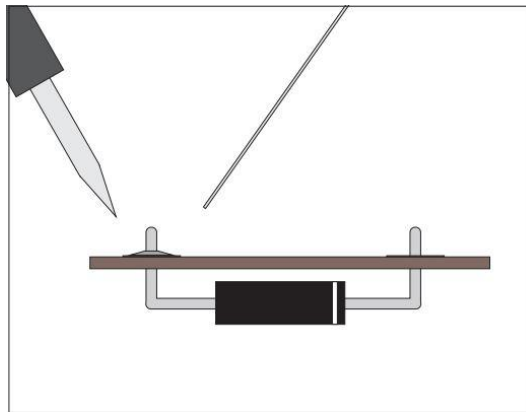
19. Ilustración. Indicación. Retirar estaño



20. Ilustración. Indicación. Retirar soldador, lograr una soldadura pareja y limpia

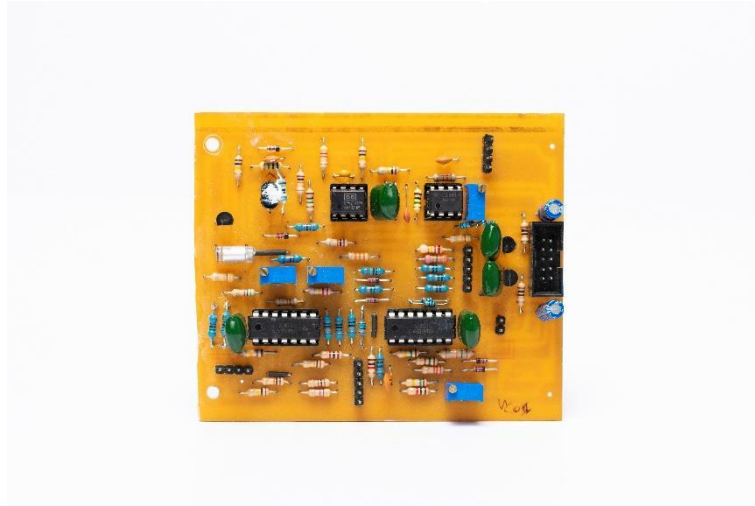


21. Ilustración. Soldadura con exceso de estaño

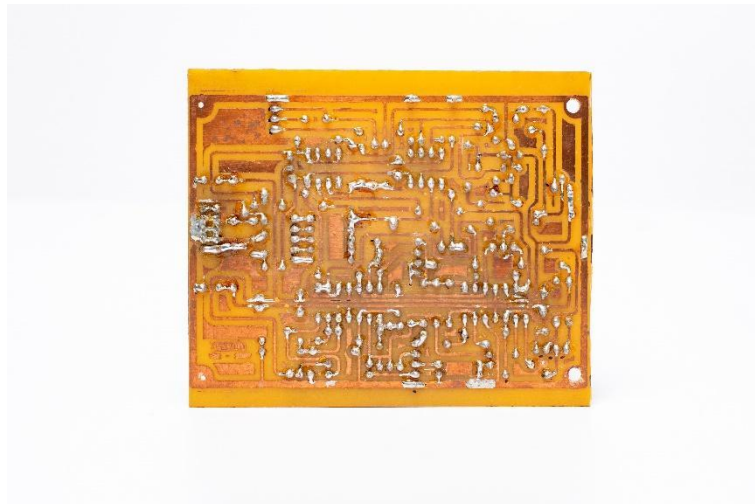


22. Ilustración. Soldadura con poco de estaño

Una vez finalizado el soldado, con el alicate se corta el sobrante de las terminales. Repetir esta tarea para todos los componentes y conectores de la placa. En los puntos donde luego irán los cables se colocan terminales del tipo “pin”.



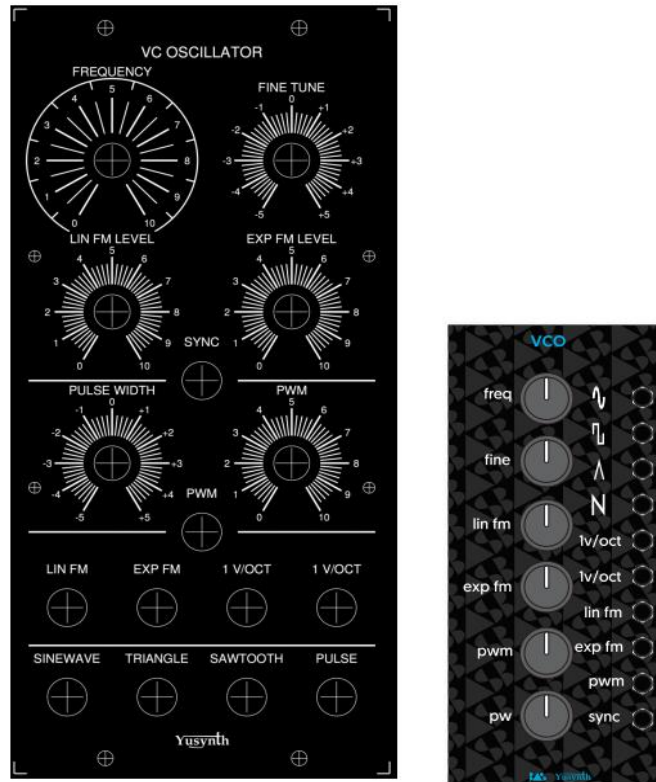
23. Imagen. Placa con componentes montados.



24. Imagen. Placa con componentes montados.

Paneles Frontales

El diseño original de los módulos usados en este sintetizador comprende un formato de 5U, es decir, que sus paneles tienen de alto 222.25 milímetros. Como el gabinete cumple con los estándares de Eurorack parte del trabajo a realizar es el rediseño de los paneles frontales a 133,35 milímetros. Dependiendo el número de perillas y conectores de cada módulo, se adaptó el ancho de los paneles. La serigrafía de los frentes fue realizada en Corel DRAW e impresa en vinilo autoadhesivo.



25. Ilustración. Izq. Panel frontal original de módulo VCO [5U]. Der. rediseño personal del panel para Eurorack [3U]

Cada frente materializado se realiza en placas de aluminio de 1 mm de espesor. Una vez cortado el alto y el ancho, se utiliza la serigrafía en papel como referencia para realizar las perforaciones donde luego se montarán los componentes.



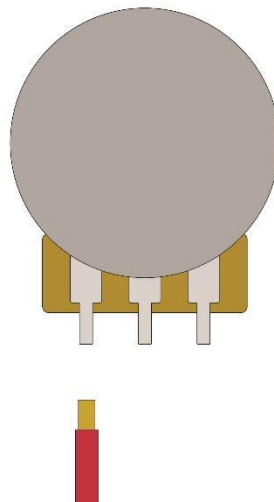
26. Imagen. Frente de aluminio cortado y perforado.

Con todas las perforaciones realizadas, se pega sobre el frente la serigrafía autoadhesiva y se colocan todos componentes (potenciómetros, conectores y llaves). La placa se sujeta al frente con soportes de aluminio a noventa grados montados con tornillos.

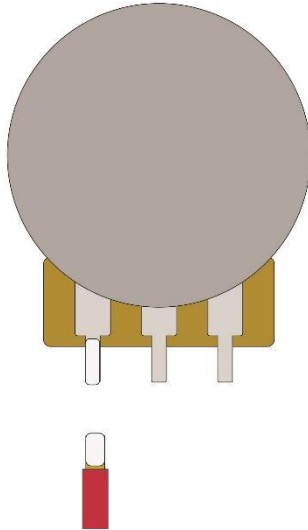


27. Imagen. Frente con serigrafía, componentes montados y cables.

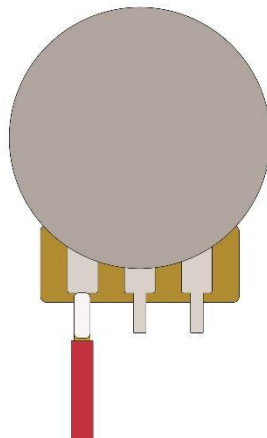
Se sueldan los cables que unen el frente con la placa, para eso utilizar cable de 1.5mm o similar. Se recomienda utilizar cable multicolor para su fácil identificación. Para soldar cable se realiza el siguiente procedimiento. Con una pinza se quita la vaina del cable dejando entre 2 o 3 milímetros de cobre. Se calienta con el soldador y se aplica estaño. Luego se calienta la terminal del componente y se aplica estaño. Una vez ambas partes estañadas, se calientan y se unen.



28. Ilustración. Potenciometro y cable con punta sin vaina.

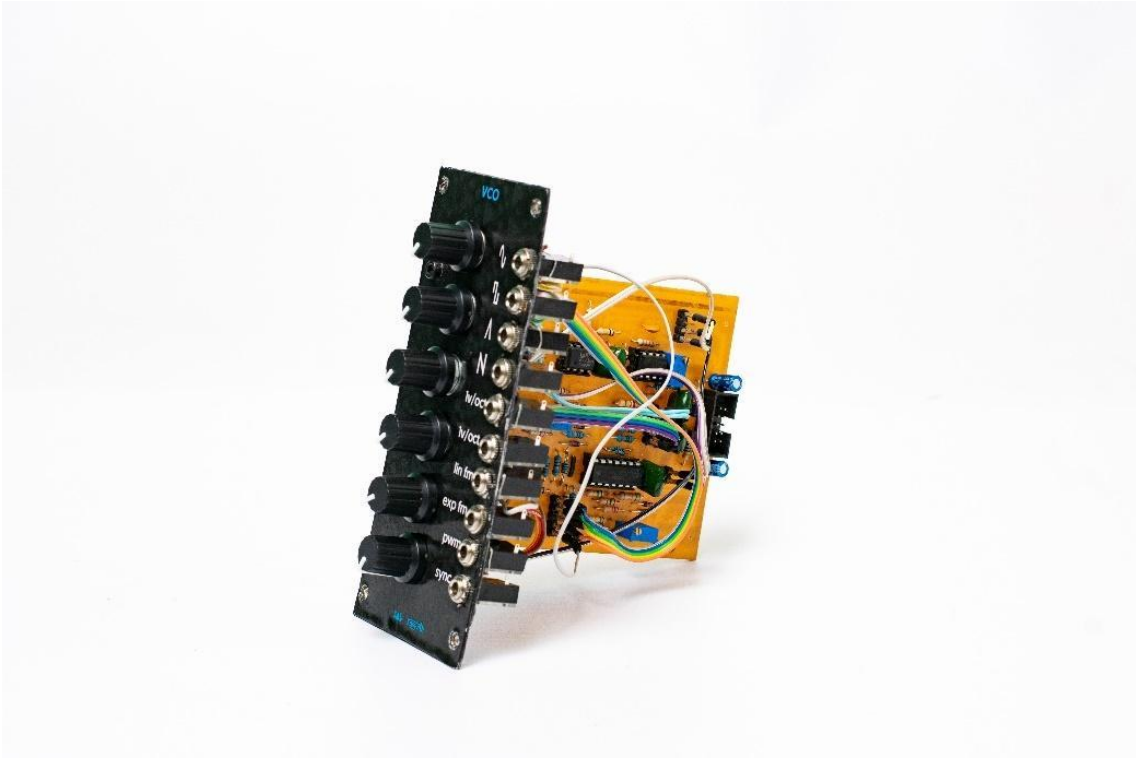


29. Ilustración. Potenciómetro y cable con estaño

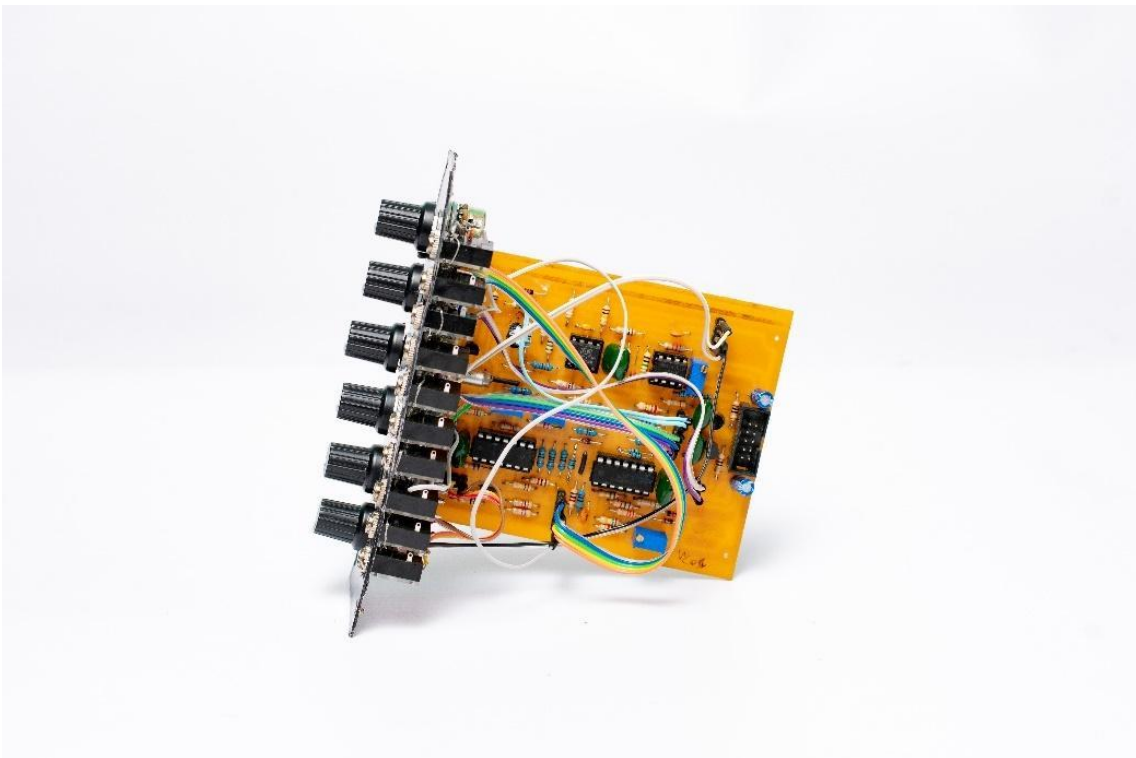


30. Ilustración. Potenciómetro y cables soldados.

Se conectan todos los cables del frente en sus respectivos pines de la placa. Para finalizar, se realizan los ajustes y calibraciones detallados en el sitio de su creador.



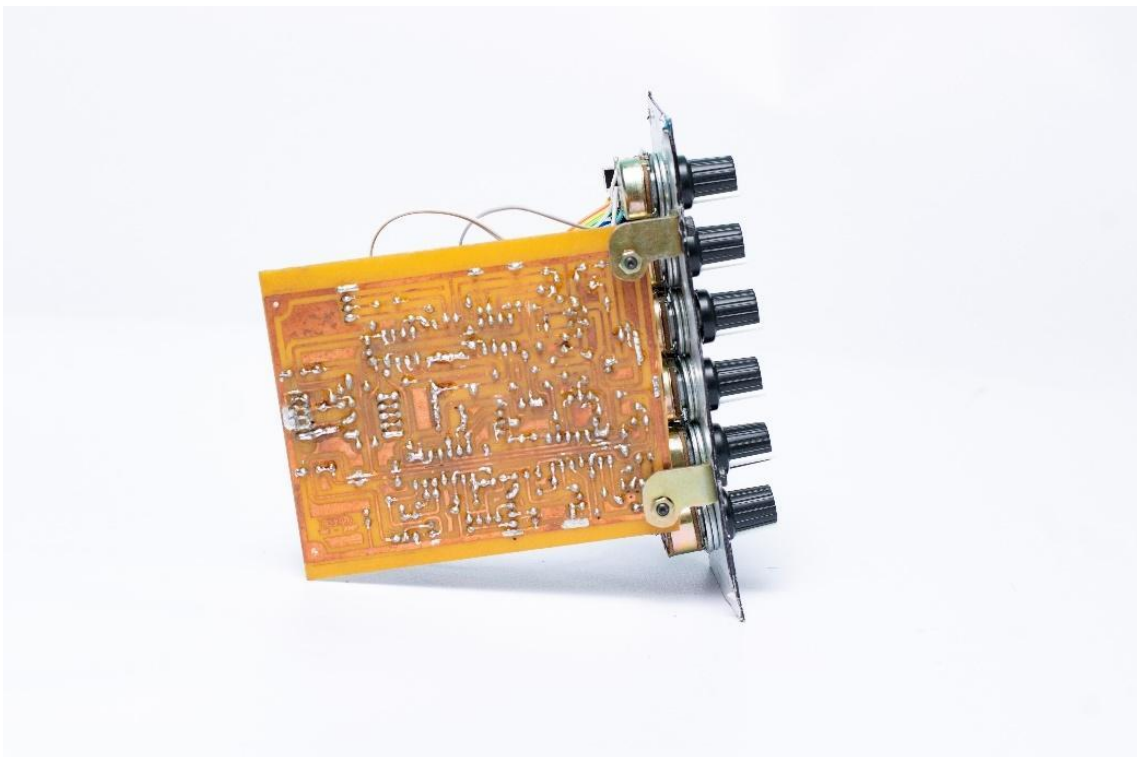
31. Imagen módulo terminado



32. Imagen módulo terminado



33. Imagen módulo terminado



34. Imagen módulo terminado

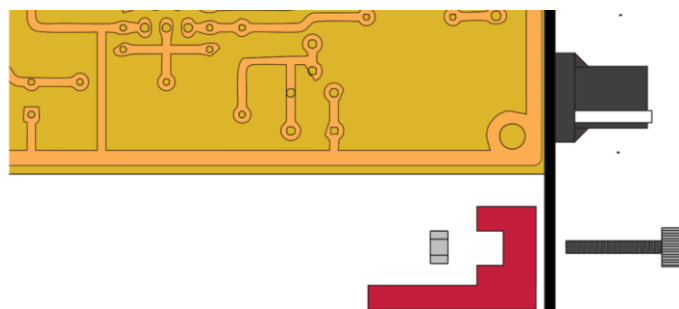
Montaje en gabinete.

Se conecta la alimentación eléctrica del módulo desde el distribuidor hacia el módulo con el cable IDE.



35. Ilustración. Cable de alimentación Eurorack.

Para montar el módulo al gabinete, primero se colocan las tuercas dentro de los huecos de los rieles superior e inferior. Luego se coloca el módulo sobre los rieles y sujetarlo con los tornillos.



36. Ilustración. Montaje módulo en riel. Tuerca, riel, módulo y tornillo.

Este procedimiento aplica para todos los módulos del sintetizador.

Desarrollo de Interfaz de Control -181-

Además del sintetizador modular, se opta también por la creación de una interfaz de control alternativa de diseño propio. La cual permite ampliar la capacidad de control del sistema. Al igual que en los módulos expuestos en el capítulo anterior, existe una gran variedad de interfaces para controlarlos.

Para poder interactuar con este tipo de instrumentos sonoros, la interfaz debe transformar la señal de entrada en al menos uno de estos dos tipos de señal de control:

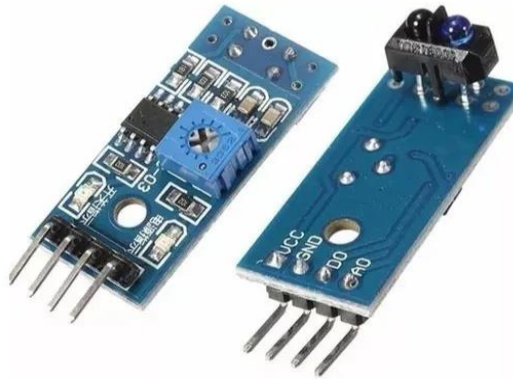
- Control por Voltaje (CV), esta señal permite controlar módulos de sintetizador analógico mediante el uso de Voltaje entre 0 y 5v.
- Control de Gate/Puerta, este tipo de señal consta de dos estados, 0v o 5V, permite controlar o “disparar” módulos como Envolvertes, Controlar pasos de secuenciadores o Sample and Hold.



37. Diagrama. Interfaz de control.

Antes de comenzar con el diseño se investiga y analiza sobre interfaces de control para instrumentos sonoros electrónicos. Cuáles son las maneras de interactuar con estos, y cuáles son los resultados que se obtienen.

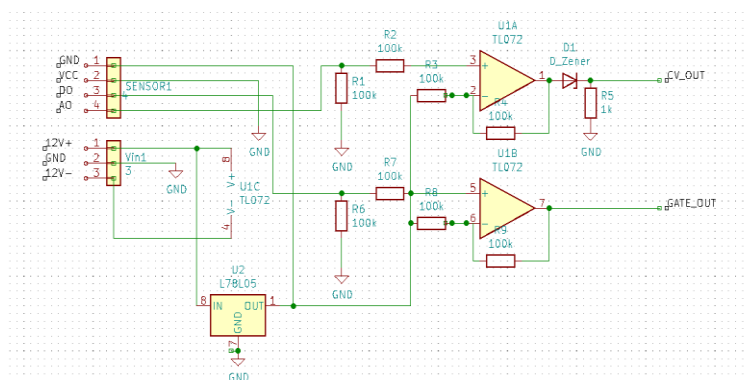
Se opta por un diseño compuesto por tres elementos de entrada, dos sensores proximidad y una palanca del tipo joystick. Por lo cual el desarrollo de la interfaz consiste en transformar la señal de estos elementos en señales de control. Luego de realizar pruebas con múltiples sensores de proximidad se optó por sensores ópticos TCRT5000.



38. Imagen. Sensor de proximidad TCRT5000.

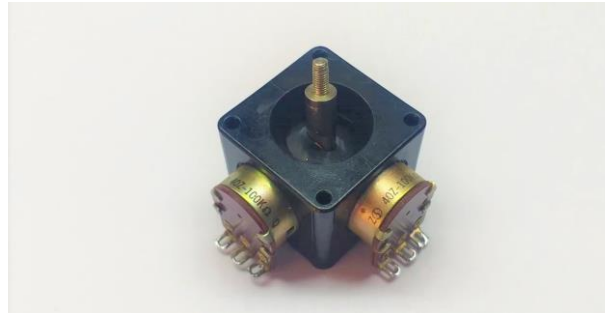
La decisión por este modelo de sensor está basada en tres aspectos: La operación del sensor es mediante 5v, tanto en su alimentación como en sus salidas, posee una salida analógica, la cual se puede utilizar para el control por voltaje, y una salida digital, para utilizarse como salida de gate/puerta.

El desafío aquí es que tanto la salida analógica como la digital del sensor son inversamente proporcionales a lo que precisa para trabajar con el instrumento. Es decir, la señal analógica del sensor al estar en reposo entrega 5v en su salida y si algún objeto se acerca al mismo, la señal gradualmente se va reduciendo a 0v. El mismo comportamiento ocurre con la salida digital cuando está en reposo entrega 5v y al detectar algún objeto entrega 0v. A raíz de esto, se diseña un circuito electrónico que permite realizar la inversión de ambas señales.



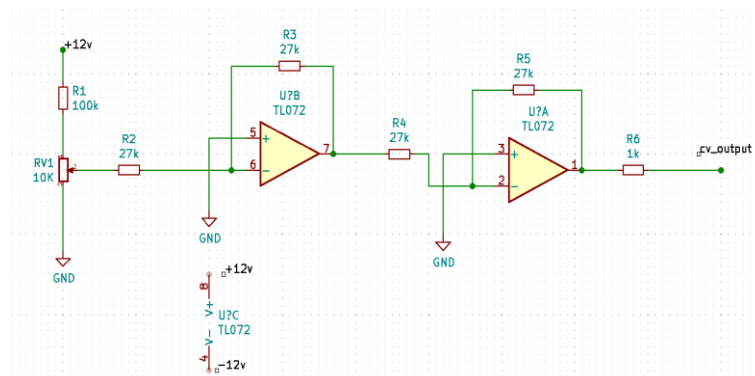
37. Ilustración. Esquema electrónico de la interfaz. Sección sensores.

El joystick XY de la interfaz de control se encargará de controlar una señal del tipo CV en cada uno de sus ejes. Se opta también por un diseño basado en amplificadores operacionales. Cada eje del joystick es una resistencia variable la cual controlará cuanto voltaje entregue este circuito integrado.



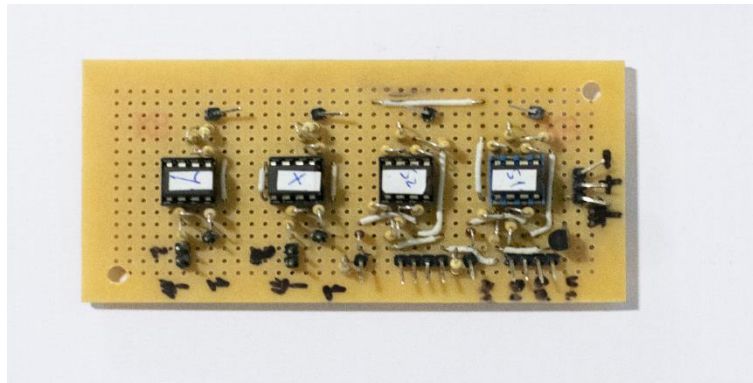
38. Imagen. Joystick XY Compuesto por dos potenciómetros de 100 kilo ohms.

Para el eje X, en el extremo izquierdo deberá entregar 0v. y en el extremo derecho 5v. variando gradualmente entre ambos extremos. Para el eje Y, el mismo comportamiento (0v. hacia abajo y 5v. hacia arriba). Se realiza el siguiente diseño en cada uno de los ejes.



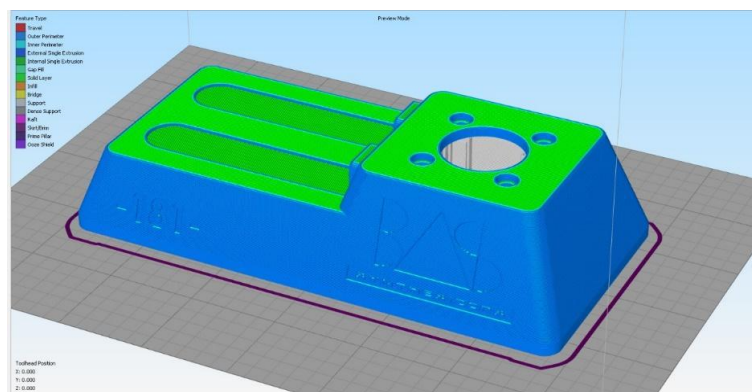
38. Ilustración. Esquema electrónico de la interfaz. Sección joystick.

Para implementar el circuito de sensores y el joystick se trabaja sobre una placa del tipo PCB experimental de 10 cm por 5cm.



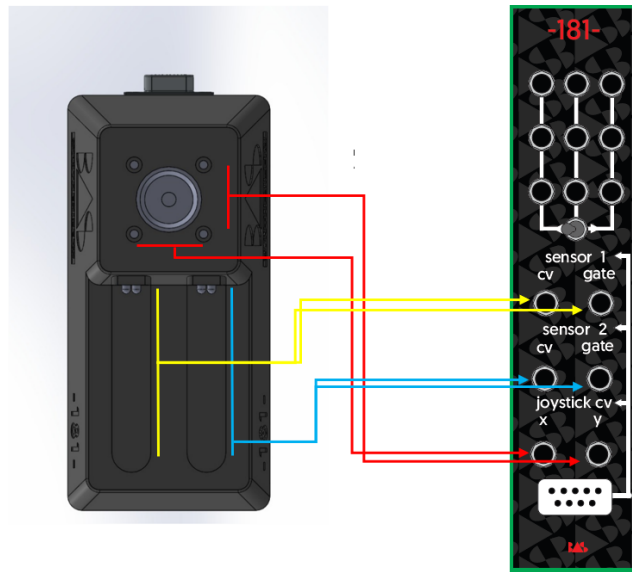
39. Imagen. Plaqueta electrónica de la interfaz de control.

Se procede con el diseño del chasis que contenga los tres sensores junto a sus circuitos correspondientes. Luego se materializa con una impresora 3D.



40. Ilustración. Render 3d del chasis de la interfaz de control.

La interfaz cuenta con seis salidas de control. Dos salidas de CV correspondientes al joystick y una salida de CV y Gate para cada uno de los dos sensores de proximidad. Se opta por colocar estas salidas en el sintetizador modular, creando así un nuevo frente. La conexión entre el nuevo frente y la interfaz es a través de un cable con conectores del tipo DB9, por el cual viajan las señales de control junto con la alimentación necesaria. En conjunto con las seis salidas se agrega tres múltiples pasivos de tres conectores que cumplen la función de llevar una señal a más de un punto específico.



41. Ilustración. Render 3d de la interfaz de control junto con su módulo de conexiones.



42. Imagen. Interfaz de control -181- finalizada.

Descripción de los módulos

En esta sección se detallan todos los módulos que conforman el sintetizador, sus parámetros de ajustes y puntos de conexión.

VCO



[1] Freq: Ajuste de frecuencia del oscilador.

[2] Fine: Ajuste fino de la frecuencia del oscilador (+/- 1 tono).

[3] Lin FM: Ajuste de entrada de señal de control (g).

[4] Exp FM: Ajuste de entrada de señal de control (h).

[5] Pwm: Ajuste de entrada de señal de (i).

[6] Pw: Ajuste de ancho de pulso de señal cuadrada.

[a] Sin: Salida de señal senoide.

[b] Square: Salida de señal cuadrada.

[c] Tri: Salida de señal triangular.

[d] Ramp: Salida de señal rampa.

[e] 1v/oct: Entrada de control del oscilador bajo el estándar 1V/oct.

[f] 1v/oct: Entrada de control del oscilador bajo el estándar 1V/oct.

[g] Lin FM: Entrada para modular el oscilador linealmente.

[h] Exp FM: Entrada para modular el oscilador exponencialmente.

[i] PWM: Entrada para modular el ancho de pulso de señal cuadrada.

[j] Sync: Entrada para reiniciar el ciclo de la señal.

MIXER



[a] In 1: Entrada de señal 1.

[b] In 2: Entrada de señal 2.

[c] In 3: Entrada de señal 3.

[d] In 4: Entrada de señal 4.

[1] Level 1: Ajuste de nivel de señal de entrada 1.

[2] Level 2: Ajuste de nivel de señal de entrada 2.

[3] Level 3: Ajuste de nivel de señal de entrada 3.

[4] Level 4: ajuste de nivel de señal de entrada 4.

[e] Out +: Salida de señal.

[f] Out -: Salida de señal con fase invertida.

[z] Level: Indicador de amplitud de señal.

44. Ilustración. Módulo MIXER del sistema modular -473-.

VCF STEINER



[1] Freq: Ajuste de punto de corte del filtro.

[2] Res: Ajuste de resonancia del filtro.

[3] Ctrl lvl 1: Ajuste de entrada de señal (1).

[4] Ctrl lvl 2: Ajuste de entrada de señal (2).

[5] In lvl: Ajuste de señal de entrada (4).

Response

[a] Lp: El filtro permite el paso de frecuencias graves.

[b] Bp: El filtro permite el paso de un determinado rango de frecuencias.

[c] Hp: El filtro permite el paso de frecuencias agudas.

[d] Ap: El filtro permite el paso de todas las frecuencias.

[e] Ctrl 1: Entrada de control del punto de corte de filtro.

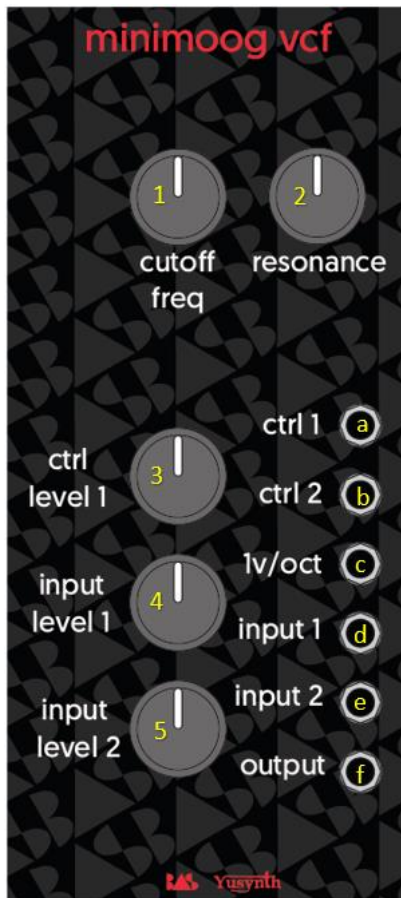
[f] Ctrl 2: Entrada de control del punto de corte de filtro.

[g] 1v/oct: Entrada de control del filtro bajo el estándar 1V/oct.

[h] Input: Entrada de señal al filtro.

[i] Output: Salida de señal del filtro.

VCF MINIMOOG



[1] Cutoff freq: Ajuste de punto de corte del filtro.

[2] Resonance: Ajuste de resonancia del filtro.

[3] Ctrl level 1: Ajuste de entrada de señal (1).

[4] Input level 1: Ajuste de señal de entrada (4).

[5] Input level 2: Ajuste de señal de entrada (5).

[a] Ctrl 1: Entrada de control del punto de corte de filtro.

[b] Ctrl 2: Entrada de control del punto de corte de filtro.

[c] 1v/oct: Entrada de control del filtro bajo el estándar 1V/oct.

[d] Input 1: Entrada de señal.

[e] Input 2: Entrada de señal.

[f] Output: Salida de señal del filtro.

46. Ilustración. Módulo Moog VCF del sistema modular -473-

VCA



[1] Gain: Ajuste de amplitud final.

[2] Input 1: Ajuste de amplitud de señal de entrada.

[3] Control 1: Ajuste de entrada de control (1).

[a] Ctrl 1: Entrada de control de amplitud.

[b] Ctrl 2: Entrada de control de amplitud.

[c] In 1: Entrada de señal.

[d] In 2: Entrada de señal.

[e] Output: Salida de señal.

[f] Output: Salida de señal.

[z] Level: Indicador de amplitud máxima.

47. Ilustración. Módulo VCA del sistema modular -473-

LFO



[1] Selector de velocidad de oscilador.

[x] Indicador de velocidad.

[2] Rate: Ajuste de frecuencia.

[3] Pw: Ajuste de ancho de pulso de señal cuadrada.

[4] Fm level: Ajuste de entrada de control (1).

[a] Fm: Entrada de control para modular la frecuencia del oscilador.

[b] Sync in: Entrada para reiniciar el ciclo de la señal.

[c] Sawtooth: Salida de señal diente de sierra.

[d] Square: Salida de señal cuadrada.

[e] Tri: Salida de señal triangular.

[f] Ramp: Salida de señal rampa.

48. Ilustración. Módulo LFO del sistema modular -473-

S&H



[Z] Indicador de velocidad del reloj.

[1] Sample rate: Ajuste de la velocidad del reloj interno para el muestreo.

[2] Slew rate: Ajuste de barrido de frecuencias entre cada muestreo tomado.

[3] In/ext: Controla si el reloj a utilizar es el interno o el externo.

[a] Clock i/o: Entrada o salida de reloj.

[b] In: Entrada de señal para tomar muestras (al no usar conecta con ruido blanco).

[c] Out: Salida de señal del módulo.

[d] White: Salida de ruido blanco.

[e] Pink: Salida de ruido rosa.

[f] Random: Salida de valores aleatorios.

49. Ilustración. Módulo S&H del sistema modular -473-

ADSR



[1] Attack: Ajuste del tiempo de ataque de la señal.

[2] Decay: Ajuste del tiempo de decaimiento de la señal.

[3] Sustain: Ajuste de la amplitud de señal luego del decaimiento.

[4] Release: Ajuste del tiempo de la señal en desvanecerse.

[5] Shot/long: Controla el tiempo total de la envolvente corto o largo.

[a] Gate: Entrada de control para activar el módulo.

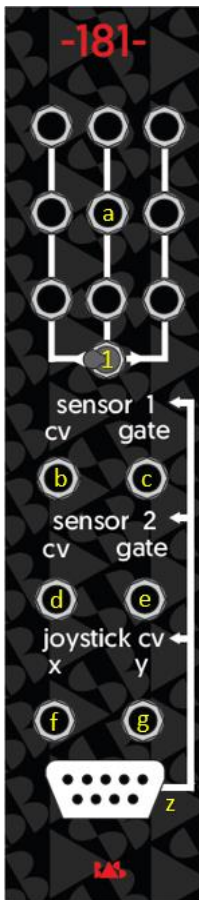
[6] Push: Botón para activar el módulo.

[b] Output +: Salida de la señal del módulo.

[c] Output -: Salida invertida de la señal del módulo.

[z] Led: Indicador de la señal de salida.

50. Ilustración. Módulo ADSR del sistema modular -473-



[a] Conectores pasivos para derivar o sumar señales.

[1] Permite unir conectores.

[b] Sensor 1 cv: Salida de control del voltaje del sensor 1 de la interfaz.

[c] Sensor 1 gate: Salida de gate del sensor 1 de la interfaz.

[d] Sensor 2 cv: Salida de control del voltaje del sensor 2 de la interfaz.

[e] Sensor 2 gate: Salida de gate del voltaje del sensor 2 de la interfaz.

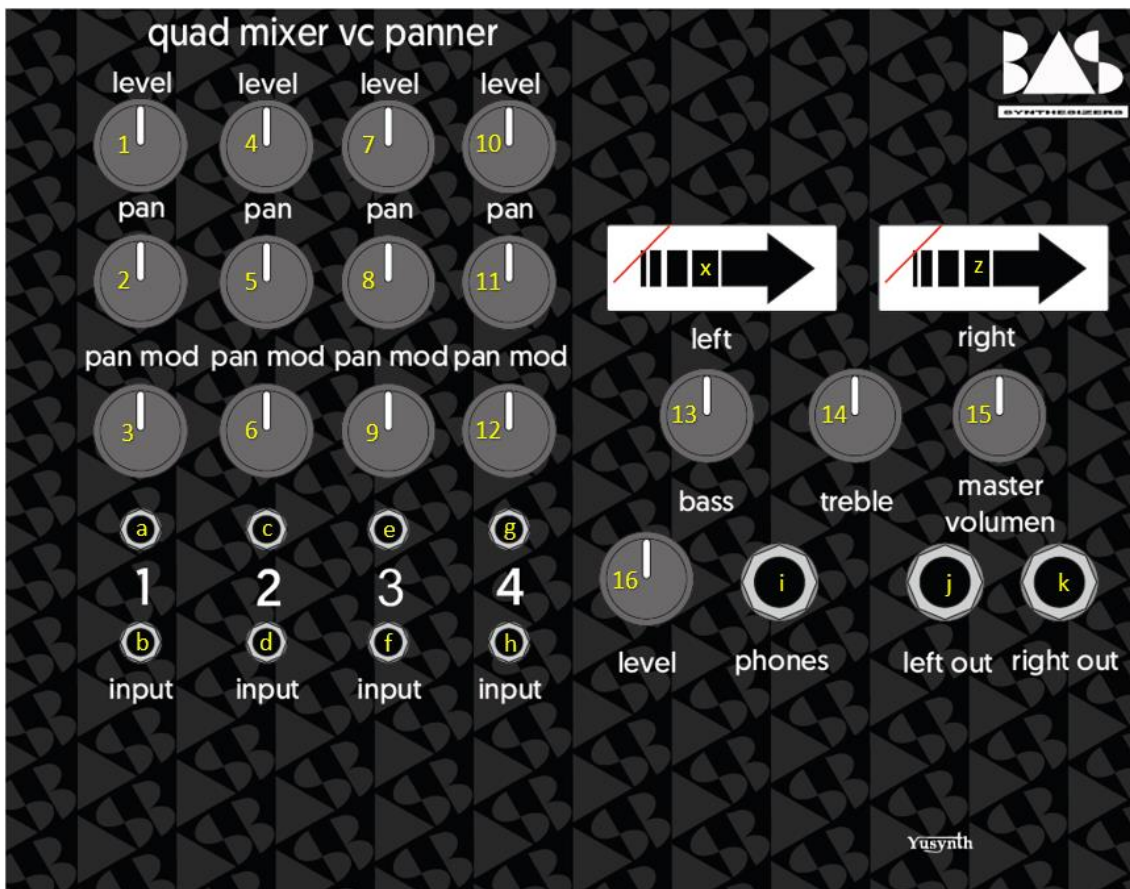
[f] Joystick CV X: Salida de control por voltaje del eje X del joystick (horizontal).

[g] Joystick CV Y: Salida de control por voltaje del eje y del joystick (vertical).

[z] Conector de la interfaz de control.

51. Ilustración. Módulo -181- del sistema modular -473-

PANNER MIXER



52. Ilustración. Módulo Quad Mixer VC Panner del sistema modular -473-

- [1] 1 level: Ajuste de volumen del canal 1.
- [2] 1 pan: Ajuste de paneo del canal.
- [3] 1 pan mod: Ajuste de señal de modulación de paneo.
- [a] 1: Entrada para modulación de paneo 1.
- [b] 1: Entrada de señal del canal.
- [4] 2 Level: Ajuste de volumen del canal.
- [5] 2 Pan: Ajuste de paneo del canal.
- [6] 2 Pan mod: Ajuste de señal de modulación de paneo.
- [c] 2 Entrada para modulación de paneo.
- [d] 2 Entrada de señal del canal.

- [7] 3 Level: Ajuste de volumen del canal.
- [8] 3 Pan: Ajuste de paneo del canal.
- [9] 3 Pan mod: Ajuste de señal de modulación de paneo.
- [e] 3 Entrada para modulación de paneo.
- [f] 3 Entrada de señal del canal.
- [10] 4 Level: Ajuste de volumen del canal.
- [11] 4 Pan: Ajuste de paneo del canal.
- [12] 4 Pan mod: Ajuste de señal de modulación de paneo.
- [g] 4 Entrada para modulación de paneo.
- [h] 4 Entrada de señal del canal.
- [13] Bass: Ajuste de graves de la señal final.
- [14] Treble: Ajuste de agudos de la señal final.
- [15] Master volume: Ajuste de volumen final.
- [i] Phones: Salida para auriculares.
- [k] Left out: Salida de señal de mixer canal izquierdo.
- [k] Right out: Salida de señal de mixer canal derecho.
- [16] Level: Ajuste de volumen de auriculares.
- [x] Indicador de volumen de canal izquierdo.
- [z] Indicador de volumen de canal derecho.

Vista del instrumento terminado



53. Imagen. Sintetizador Modular-473- finalizado. Frente.



54. Imagen. Sintetizador Modular-473- finalizado. Derecha



55. Imagen. Sintetizador Modular-473- finalizado. Derecha



56. Imagen. Interfaz de control -181- finalizada. Superior



57. Imagen. Interfaz de control -181- finalizada. Frente



58. Imagen. Interfaz de control -181- finalizado. Lado



59. Imagen. Sintetizador Modular -483- junto a Interfaz de Control -181- finalizado con cables de conexión.

Reflexiones finales

El diseño y la creación de instrumentos electrónicos es un espacio fascinante con mucho por explorar. Durante este proceso, fue necesario aprender, entender y reforzar conceptos sobre electrónica y síntesis sonora para poder materializar las ideas.

Uno de los puntos que llamó mi atención durante el proceso, es cómo el instrumento va mutando desde la idea original hasta su materialización. La manera en la que va cambiando y adaptándose en base a lo que es factible y lo que no, tomando características y personalidades que lo hacen único, al punto de olvidar como eran las ideas originales.

Personalmente, el resultado obtenido superó mis expectativas, el ser un tipo de instrumento tan amplio y variado que depende de las infinitas conexiones pude descubrir nuevas sonoridades y timbres que no las tenía en cuenta antes de comenzar el proyecto. Sumado a esto, al establecer al instrumento dentro de este estándar su capacidad de interacción con otros controladores, dispositivos y sintetizadores hizo aumentar aún más sus posibilidades.

Espero que ese trabajo sea motivación para el desarrollo de nuevos instrumentos o proyectos, ya sea por parte de colegas universitarios o fuera de este. Por mi parte, la luthería electrónica y la creación de dispositivos seguirán siendo elementos claves en mi carrera artística y profesional.

Bibliografía

- Blessing M. & Berdahl E. (2017). The JoyStyx: A Quartet of Embedded Acoustic Instruments. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, Aalborg University Copenhagen, pp. 271–274. <https://bit.ly/3lbRxdP>
- Boylestad R. & Nashelsky L. (2009). Electronic devices and circuit theory, 10th edition. Pearson Education, Inc.
- Dahlstedt, P. (2019). Taming and Tickling the Beast — Multi-Touch Keyboard as Interface for a Physically Modelled Interconnected Resonating Super-Harp. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, UFRGS, pp. 47–52. <https://bit.ly/3DbzR8h>
- Leib N. L. & Camci A. (2018). Triplexer: An Expression Pedal with New Degrees of Freedom. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, Virginia Tech, pp. 263–268. <https://bit.ly/3uGQAXi>
- Lerner Martin, M. (2018). Luthería electrónica: origen y primeros instrumentos (I). Sul Ponticello. Revista on-line de música y arte sonoro. <https://bit.ly/2Ji3q1O>
- Lerner Martin, M. (2018). Luthería electrónica: sintetizadores e instrumentos musicales digitales (II). Sul Ponticello. Revista on-line de música y arte sonoro. <https://bit.ly/33G5Xcx>
- Pinch T. & Trocco F. (2002). Analog Days: The Invention and Impact of the Moog Synthesizer. U.S: Harvard University Press.
- Wilson, R. (2013). Make: Analog Synthesizers. Maker Media, Inc.

Links recomendados

- <https://www.nime.org/archives/>
- <http://yusynth.net>
- <http://www.musicfromouterspace.com>
- <http://electro-music.com/forum/>
- <http://www.muffwiggler.com/forum/>

Anexos del proyecto

- Frentes de los módulos diseñados en formato Eurorack <https://bit.ly/3Dj4FnX>
- Gabinete Eurorack 86 HP x2 <https://bit.ly/3FfuKGh>
- Archivos KiCad del circuito de la interfaz de control -181- <https://bit.ly/3BgOyX6>
- Archivos de carcasa interfaz de control -181- para impresión 3D <https://bit.ly/2WGqePq>
- Frente Eurorack interfaz de control -181- <https://bit.ly/2ZT6V6J>

