



Universidad  
Nacional  
de Quilmes



Escuela  
Universitaria  
de Artes

Escuela Universitaria de Artes

Licenciatura en Música y Tecnología

Directora de la carrera: Constanza Sánchez

## PLAN DE TESIS DE GRADO

# “DESARROLLO DE UN SINTETIZADOR DE AUDIO ANALÓGICO - DIGITAL SEMIMODULAR PROGRAMABLE OPEN SOURCE DIY”

Autor: Joan Benito Britez

DNI: 35.610.031

Legajo: 22.834

Director de Tesis: Mg. Martín Matus Lerner

Fecha: 23 de marzo de 2022

## RESUMEN

El presente plan de tesis tiene por objetivo desarrollar un sintetizador semi modular analógico - digital. El sintetizador estará conformado por diversos módulos a dividir en dos grupos, un módulo digital programable multifunción y una serie de módulos analógicos que no solo complementan y expanden las capacidades del módulo digital, sino que además funcionan en conjunto independientemente del módulo digital. El sintetizador debe poder otorgar la variedad y calidad sonora para ser utilizado en producciones musicales y diseño sonoro, a la vez que el proceso de ensamblado de módulos permite el acercamiento al entendimiento del funcionamiento de los sintetizadores ya sea a estudiantes o usuarios novatos de sintetizadores de audio.

Donde sea posible, se priorizará la elección de herramientas y componentes libres (Open Source) y de fácil acceso, así como soluciones que permitan mantener un bajo costo de producción.

## JUSTIFICACIÓN

La elección del tema a desarrollar en esta investigación surge de la intención de fomentar el cruce entre los aspectos artísticos y tecnológicos dentro de la producción sonora y musical de manera que, a través de la construcción y programación de un sintetizador de audio se promueva la formación de artistas - tecnólogos que puedan valerse del conocimiento científico tanto como de sus criterios artísticos a la hora de encarar una producción sonora.

Si bien la oferta comercial de sintetizadores de audio, tanto modulares, como semi modulares y no modulares es amplia, la mayoría de estos productos ocultan su funcionamiento del usuario, ya que para utilizarlos no es necesario conocer las operaciones electrónicas ni la programación interna del equipo, sino que basta con accionar la interfaz de usuario de una manera intuitiva para generar sonido. Aunque este acercamiento intuitivo a un sintetizador lo hace más accesible a los usuarios, falla en abrir la caja negra<sup>1</sup> de la tecnología que permita cuestionar el funcionamiento y la construcción de los sintetizadores que podría dar lugar a innovaciones en el terreno del desarrollo, experimentación y construcción de los mismos.

Gracias a la cultura DIY y Maker se han popularizado también los kits comerciales de armado de sintetizadores, tanto de código y hardware propietario como abierto, en este último ámbito, las comunidades de open hardware y open source han crecido con el objetivo de compartir y alentar el conocimiento y la experimentación para optimizar y crear nuevos

---

<sup>1</sup> Se utiliza el término “caja negra” desde el punto de vista tecnológico, como un sistema que se estudia únicamente en función de sus entradas y salidas, sin tener en cuenta el funcionamiento interno. Pero además, con la acepción que tiene dentro del ámbito de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad, en el cual el proceso de *cajanegrizar* es “el camino mediante el cual el trabajo científico o técnico se vuelve invisible a causa de su propio éxito. Cuando una máquina funciona eficientemente o un hecho está establecido con firmeza, uno sólo necesita concentrarse en los beneficios que genere y no en su complejidad interior. Así, paradójicamente, sucede que la ciencia y la tecnología cuanto más éxito obtienen más opacas se vuelven.” (Latour, 1999)

desarrollos en el campo de la síntesis de audio. En Argentina existen varios desarrolladores de sintetizadores analógicos y digitales, sin embargo, pocos de ellos, comparten sus proyectos dentro del pensamiento Open Source y Open Hardware. En línea con los movimientos de hardware hacking y la cultura DIY, se desea realizar un dispositivo de bajo costo y con acceso público, compartiendo todos los diagramas electrónicos de los circuitos realizados, para motivar su desarrollo e incentivar la formación de artistas - tecnólogos. Este sintetizador, a diferencia de desarrollos similares estará compuesto por un módulo digital programable.

## **ESTADO DEL ARTE**

En 1964 Robert Moog desarrolla un sistema para generación y procesamiento de señales de audio, que a diferencia de otros dispositivos de principios de siglo utilizaba semiconductores en lugar de válvulas de vacío. El sistema de Moog está formado por dispositivos para la generación y procesamiento de señal controlados por voltaje. Además, Moog plantea que este sistema puede ser utilizado como instrumento o como modificador para otras fuentes de audio. Este aparato es lo que conocemos como sintetizador, está concebido como un instrumento en sí para ser operado en tiempo real y en ámbitos performáticos. Alrededor de la misma época en el otro extremo de Estados Unidos, en San Francisco, el ingeniero Donald Buchla desarrolla un sintetizador controlado por voltaje realizado en base a módulos. La diferencia que se destaca entre los sintetizadores de Buchla y Moog es que el sintetizador de Moog integra a su funcionamiento un control logarítmico de 1 volt por octava para controlar la altura de las notas, este tipo de control de teclado es clave para la estandarización del paradigma de sintetizador y la popularización de los desarrollos de Moog.

En latinoamérica, también en la década de los 60, el ingeniero mexicano Raul Pavón Sarrelangue diseña y construye el Omnifón, un sintetizador controlado por voltaje que además contaba con una serie de filtros tímbricos y un generador de ruido blanco. En Europa entre 1964 y 1965 se desarrollan otros sintetizadores controlados por voltaje, el Synket de Paolo Ketoff y el DIMI de Erkki Kurenniemi.

La década del 1970 trae consigo la miniaturización de sistemas modulares en equipos semi-modulares. En 1970 se presenta el más popular de ellos, el Minimoog Model D, el primer dispositivo disponible al público general. La idea del Minimoog, es la integración de diversos módulos ya probados en el primer sintetizador Moog de manera que el aparato fuera simplificado, descartando los cables de conexionado externos entre módulos e integrando en la misma carcasa los módulos y un teclado, además la estabilidad de la afinación era mejor que en el Moog original. En la misma década se presentan otros dispositivos semimodulares, como el ARP 2600, un sintetizador compacto que provee la flexibilidad de un sintetizador modular en formato valija e incluye un amplificador y dos parlantes, los módulos están integrados, pero a diferencia del Minimoog, se puede anular el conexionado interno y generar nuevas conexiones entre módulos a través del sistema estándar de control de voltaje.

Además de los sintetizadores comerciales, en 1973, en la revista Practical Electronics de septiembre de ese año se encuentra el detalle de plano e instrucciones de

construcción para un sintetizador controlado por voltaje casero. Este es uno de los primeros antecedentes de esquemáticos públicos detallados.

Con la introducción de los microprocesadores a fines de la década de 1970 se delinean los primeros sintetizadores analógicos - digitales. En 1975, Tony Furse desarrolla el Quasar M8, este sintetizador es capaz de ejecutar una polifonía de 8 voces, utilizaba el proceso de síntesis FFT<sup>2</sup> editable en una pantalla. Además puede ejecutarse con un teclado de cuatro octavas o con un secuenciador digital y sus programas pueden ser guardados en una memoria.

El primer sintetizador completamente digital es el Synclavier I de 1978 creado por Jon Appleton, Sydney Alonso y Cameron Jones, es un módulo de síntesis FM<sup>3</sup> sin teclado y programable a través de una computadora, en el Synclavier II se añade a la capacidad de síntesis FM, la posibilidad de síntesis Aditiva y un secuenciador de 32 canales, el primer aparato musical apuntado a ser autosuficiente para componer, ejecutar y grabar sonido.

El primer sintetizador digital accesible y de éxito comercial es el Yamaha DX7 de 1983, un sintetizador FM programable, incluye el protocolo MIDI y tiene la capacidad de guardar programas. El DX7 cumple con el paradigma de la mayoría de los sintetizadores digitales de su período: un teclado integrado, todos sus sonidos son accesibles a través de menús y botones, los programas y sonidos del sintetizador son preestablecidos de fábrica, e intentan emular instrumentos acústicos y electrónicos y por último, la tecnología es propietaria de los fabricantes y el hardware interno no es accesible a los usuarios, de manera que la dificultad para modificarlos y personalizarlos se ve incrementada.

En 1995 Dieter Döpfer comercializa el Doepfer Modular A-100 consistente de módulos analógicos e híbridos, en un formato que denomina Eurorack, dando lugar a una revalorización de los sistemas modulares de síntesis y potenciado por el diálogo entre el protocolo digital MIDI y los VCO.

Junto con este renovado interés por los sistemas modulares, la proliferación de foros de internet a principios de los 2000 facilitó el intercambio de datos y la expansión de la comunidad DIY y Open Hardware y Open Source. Aparecen sitios web como Music From Outer Space<sup>4</sup> de Ray Wilson Yusrnth<sup>5</sup> de Yves Usson. Ambos se basan en planos anteriores de Moog y otros fabricantes pero con la idea de compartir los circuitos en línea con el pensamiento del open hardware.

En el terreno Open Source, desde 2009 Emilie Gillet de Mutable instruments diseña y desarrolla diversos circuitos Open Source y Open Hardware. Sus primeros diseños están basados en placas de desarrollo Arduino y son sintetizadores de escritorio en formato kit para ensamblar. Desde 2013 diseña y comercializa módulos de Eurorack basados en diversas placas de desarrollo (Arduino, STM32) bajo el mismo concepto de Open Source y Open Hardware (Gillet, 2021)

---

<sup>2</sup> Fast Fourier Transform (Transformada Rápida de Fourier)

<sup>3</sup> Síntesis por modulación de frecuencias

<sup>4</sup> <http://musicfromouterspace.com/>

<sup>5</sup> <https://yusrnth.net/>

En Brasil, el productor Arthur Joly desarrolla desde principios de los 2000 diversos sintetizadores DIY, entre ellos se encuentra el Reco-Synth Educativo, un sintetizador semimodular construido en una única pieza con 8 módulos integrados. No es Eurorack, los osciladores no son de 1v/oct y el patching se da por medio de cables banana. Está pensado para ser simple, experimental, educativo y que permita un acercamiento intuitivo. Los módulos del Reco-Synth Educativo están basados en desarrollos previos de Ray Wilson.

En Argentina diversos fabricantes también se dedican a replicar y experimentar con sintetizadores analógicos y digitales, sin embargo, pocos de ellos son Open Source u Open Hardware. Desde 2014 Sistemas Modulares Núcleo diseñan y fabrican líneas completas de módulos 5U y Eurorack (VCO, VCA, ADSR). Desde el mismo año Guido Salaya desarrolla el sintetizador Apollo, controlado por VCO pero con capacidad de almacenamiento de programas.

En 2018 Weird Electronics comienza a desarrollar módulos de circuitos originales basados en placas Raspberry Pi. Desde 2020, Kevin Olivella de Olivella modular desarrolla módulos eurorack con diseños propios y ofrece algunos de ellos en formato DIY.

Entre los desarrollos más recientes se destacan los sintetizadores basados en placas de desarrollo STM32 y Attiny85 de Ernesto Gigliotti de Tortoise Instruments, los DS-Keys, DS-Drum y DS-Patch de 2021<sup>6</sup>. Si bien los desarrollos de Tortoise toman elementos de sintetizadores previos, no son copias, y por el momento no son open source ni open hardware

## OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es desarrollar y construir un sintetizador de audio semi modular, analógico - digital.

Objetivos específicos:

- Desarrollar un instrumento con una interfaz de usuario que sea intuitiva.
- Realizar el desarrollo utilizando recursos de código abierto, tanto de hardware como de software.
- Aportar a la comunidad DIY y Open Hardware, haciendo de distribución pública los diagramas electrónicos de los distintos módulos, exponiendo las problemáticas y los resultados para su posterior análisis y mejoras.

## METODOLOGÍA

La metodología para realizar este proyecto se divide en tres etapas.

---

<sup>6</sup> <http://tortoiseinstruments.com.ar/index.html>

#### Etapa 1:

- Recopilar bibliografía referente al tema de estudio.
- Realizar el estudio preliminar de la bibliografía recopilada.
- Recopilar, estudiar y adaptar esquemas electrónicos de diferentes módulos de síntesis analógica de audio para la posterior selección de los circuitos a utilizar en el diseño del prototipo definido.
- Recopilar, estudiar y adaptar esquemas electrónicos y código para el módulo de síntesis digital de audio basados en la placa de desarrollo STM32F103C.

#### Etapa 2:

- Desarrollar el código para programar el sintetizador digital.
- Armar los circuitos electrónicos seleccionados para la producción del primer prototipo y realización de las pruebas iniciales para analizar los resultados de sus funciones
- Documentar y registrar en video, audio y fotografía, las pruebas iniciales.

#### Etapa 3:

- Realizar diferentes pruebas con los módulos a fin de definir cuáles serán los elementos del prototipo final (dispositivo).
- Diseñar la interfaz física del dispositivo.
- Montar los módulos para la construcción del dispositivo.
- Documentar y registrar en video, audio y fotografía, las pruebas finales.
- Realizar un informe final del proyecto.

#### CRONOGRAMA DE TRABAJO

Etapa	Objetivos	Duración
1	Estudio de la bibliografía recopilada.	3 meses
	Estudio de los esquemas electrónicos recopilados.	

	Diseño de prototipo.	
2	Obtención de los elementos y componentes necesarios para el armado de los módulos del prototipo.	5 meses
	Armado de los circuitos electrónicos seleccionados.	
	Desarrollo del código del sintetizador digital.	
	Realización de pruebas iniciales del prototipo y documentación del proceso.	
3	Realización de pruebas finales y documentación de los resultados.	4 meses
	Selección de los módulos de síntesis más apropiados.	
	Diseño de la interfaz del dispositivo.	
	Montaje del dispositivo.	
	Evaluación de los resultados y escritura del informe final.	

## BIBLIOGRAFÍA INICIAL

- Ardila, A. E. A., Cepeda, G. A. C. (2013) Diseño y Construcción de un Sintetizador Análogo con Control Digital para Creación de Sonido Mediante Síntesis.
- Austin, K. (2016). A Generalized Introduction to Modular Analogue Synthesis Concepts. Montréal, Canada. Recuperado diciembre de 2021, de: [https://econtact.ca/17\\_4/austin\\_synthesis.html](https://econtact.ca/17_4/austin_synthesis.html)
- Crab, S. (2017). 120 Years of Electronic Music. The history of electronic music from 1800 to 2015. Disponible en: <http://120years.net>
- Gillet, E. (2017). Interview with designers: Émilie Gillet (Mutable Instruments). Approaching the unique module design philosophy of a popular manufacturer. Recuperado diciembre de 2021, de:

<https://en.clockfacemodular.com/blogs/waveguide/interview-with-designers-emilie-gillet-mutable-instruments>

- Kay, G., Kay, N. (2020). EssentialShield\_PCB. Recuperado diciembre de 2021, de: [https://github.com/FandSonthesizer/EssentialShield\\_PCB](https://github.com/FandSonthesizer/EssentialShield_PCB)
- Klein, M. (2020). Designing a classic transistor-VCA from scratch [archivo de video]. Recuperado diciembre de 2021, de: [https://www.youtube.com/watch?v=yMrCCx6uqcE&list=PLHeL0JWdJLvRVZeniuulktYO\\_OQs0UNKY](https://www.youtube.com/watch?v=yMrCCx6uqcE&list=PLHeL0JWdJLvRVZeniuulktYO_OQs0UNKY)
- Klein, M. (2020). DIY SYNTH VCF Part 1 [archivo de video]. Recuperado diciembre de 2021, de: <https://www.youtube.com/watch?v=3tMGNI--ofU&list=PLHeL0JWdJLvT1PAqW4TtvxtRoXyk741WM>
- Klein, M. (2020). DIY VCO Part 1: The analog oscillator core anyone can build [archivo de video]. Recuperado diciembre de 2021, de: <https://www.youtube.com/watch?v=QBatvo8bCa4&list=PLHeL0JWdJLvTuGCyC3qvx0RM39YvopVQN>
- Lanier Jr, C. D., & Rader, C. S. (2021). Synthesizers: an exploration into the iconicity of marketplace icons. *Consumption Markets & Culture*, 24(6), 596-610.
- Latour, B. (1999). *Pandora's hope: essays on the reality of science studies*. Harvard university press.
- Matus Lerner, M. (2018). *Luthería electrónica: origen y primeros instrumentos*.
- Matus Lerner, M. (2019). *Latin American NIMES: Electronic Musical Instruments and Experimental Sound Devices in the Twentieth Century*.
- Matus Lerner, M. (2020). *Dispositivos sonoros experimentales y luthería electrónica en América Latina en el siglo XX: antecedentes en Cuba, México y Argentina*.
- Moog, Robert A. (1965). "Voltage Controlled Electronic Music Modules". En: *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 13, Num. 3.
- Pavón Sarrelangue, R. (1981). *La Electrónica en la Música... y en el Arte*.



- Pinch, T., & Trocco, F. (1998). The social construction of the early electronic music synthesizer. *Icon*, 9-31.
- Pinch, T., & Trocco, F. (2004). *Analog days: The invention and impact of the Moog synthesizer*. Harvard University Press.
- Pinch, T. (2008). Technology and institutions: Living in a material world. *Theory and society*, 37(5), 461-483.
- Romeo, E. (2021). Los sintetizadores modulares en la contemporaneidad. Una mirada desde Latinoamérica. Recuperado diciembre de 2021, de: <https://www.reset-reset.co/los-sintetizadores-modulares-en-la-contemporaneidad-una-mirada-desde-latinoamerica/>
- Shaw, G. (1973). "Sound Synthesiser". *Practical Electronics*. Vol. 9 no. 2. p. 140. Recuperado diciembre de 2021 de: <https://worldradiohistory.com/UK/Practical-Electronics/70s/Practical-Electronics-1973-09.pdf>
- Surges, G. (2012). DIY Hybrid Analog/Digital Modular Synthesis. In NIME.
- Tarragona, M., Davoine, F., Eirea, G. (2014). The Synthesizer: a versatile active learning tool for electrical engineering. Attracting young people to engineering
- Wilson, R. (2013). *Make: Analog Synthesizers: Make Electronic Sounds the Synth-DIY Way*. Maker Media, Inc..
- Condley, W., Hill, A. W., & Guthaus, M. R. (2011, June). Advanced logic design through hands-on digital music synthesis. In 2011 IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education (pp. 17-20). IEEE.