

		INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO	VERSIÓN: 3.0 ELAB: 20/04/2018 U.REV: 23/5/2023
SUSTANTIVO FORMATO Código: FOR.DO31.02	MACROPROCESO: 01 DOCENCIA PROCESO: 03 TITULACIÓN 01 TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR / TITULACIÓN	Página 1 de 20	
PERFIL Y ESTUDIO DE PERFIL DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR / TITULACIÓN			



PLAN	<input type="checkbox"/>
DOCUMENTO	<input type="checkbox"/>
MANUAL	<input type="checkbox"/>
INSTRUCTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>
PROCEDIMIENTO	<input type="checkbox"/>
REGLAMENTO	<input type="checkbox"/>
ARTÍCULO	<input type="checkbox"/>

INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE PERFIL DE PROYECTO DE GRADO



PERFIL DE PROYECTO DE TITULACIÓN

CARRERA: ELECTRÓNICA

TEMA: Diseño y construcción de un sintetizador analógico educativo como herramienta de aprendizaje en electrónica analógica

Elaborado por:

MORENO JARRIN ENZO LUCIANO

Tutor: Ing. Pangay Orosco Henry Gabriel

Fecha: (29/01/2026)

Índice de Contenidos

1.	<i>El problema de investigación</i>	5
1.1	Formulación y planteamiento del Problema	5
1.2	Objetivos	6
1.2.1	Objetivo general	6
1.2.2	Objetivos específicos	6
1.3	Justificación	7
1.4	Alcance	7
1.5	Métodos de investigación	8
1.6	Marco Teórico	8
1.6.1	Síntesis Analógica y Principios de Funcionamiento	8
1.6.2	Oscilador Controlado por Voltaje (VCO)	9
1.6.3	Filtro Controlado por Voltaje (VCF)	10
1.6.4	Secuenciador Analógico basado en CD4016	10
1.6.5	Amplificadores Operacionales TL074	11
1.6.6	Temporizador NE555	12
1.6.7	Transistor BC547	12
1.6.8	Aplicación Educativa y Aprendizaje Práctico	13
1.6.9	Proyección Tecnológica y Emprendimiento	13
2	<i>Aspectos Administrativos</i>	14
2.1	Recursos técnicos y materiales	14

2.2	Viabilidad	14
2.2.1	Financiera	14
2.2.2	Operativa	14
2.2.3	Técnica.....	15
2.3	Cronograma	15
3.	<i>Bibliografía</i>	16

Índice de Figuras

Figura 1.1 Imagen de un módulo oscilador controlado por voltaje (VCO) analógico utilizado en sintetizadores.	9
Figura 1.2 Tomas de osciloscopio del filtro VCF en diferentes configuraciones de corte y resonancia.	10

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Tabla de materiales	14
Tabla 2.2 Tabla de Cronograma	15

1. El problema de investigación

1.1 Formulación y planteamiento del Problema

En el campo de la enseñanza de la electrónica, gran parte del aprendizaje se limita a la teoría y a prácticas con circuitos elementales. Sin embargo, pocos proyectos permiten aplicar de forma integral los conocimientos de amplificación, filtrado, control de voltaje y modulación. En Ecuador, la falta de equipos educativos desarrollados localmente y la dependencia de instrumentos importados encarecen el acceso a herramientas prácticas de aprendizaje.

Paralelamente, el desarrollo de la música electrónica y del movimiento DIY (Hazlo Tu Mismo) ha generado una creciente demanda de sintetizadores analógicos, tanto con fines educativos como artísticos. Sin embargo, la oferta nacional de estos dispositivos es inexistente.

El proyecto busca cubrir esa brecha mediante el diseño y construcción de un sintetizador analógico educativo que, además de servir como recurso pedagógico para estudiantes de electrónica o aficionados, constituya la base tecnológica para el desarrollo de una futura línea de instrumentos electrónicos fabricados en el país.

El dispositivo se compone de tres módulos principales: un VCO (oscilador controlado por voltaje), un VCF (filtro controlado por voltaje) y un secuenciador analógico, todos alimentados con una fuente simple de 9 V y contruidos con componentes comunes (TL074, NE555, BC547). Este diseño permitirá comprender de manera práctica los fundamentos de la síntesis analógica, el procesamiento de señales y la interacción entre módulos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar y construir un sintetizador analógico educativo que sirva como prototipo funcional y base tecnológica para el desarrollo de una futura línea de instrumentos electrónicos nacionales, integrando módulos de oscilador, filtro y secuenciador, orientados a la enseñanza y a la producción local.

1.2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar un módulo VCO (oscilador controlado por voltaje) utilizando temporizadores 555, capaz de generar diferentes formas de onda controlables por voltaje.
- Implementar un módulo VCF (filtro controlado por voltaje) de dos polos (12 dB/octava) utilizando amplificadores operacionales TL074 y transistores BC547, con control de resonancia y corte.
- Diseñar un secuenciador analógico que permita el control dinámico del VCO mediante pasos de voltaje programables.
- Integrar los módulos en una estructura modular y reproducible, adecuada para talleres educativos y demostraciones prácticas.
- Evaluar el desempeño de cada módulo mediante mediciones de frecuencia, forma de onda, respuesta en frecuencia y estabilidad.
- Documentar el proceso de diseño, simulación, montaje y pruebas como base para el desarrollo futuro de sintetizadores y equipos de audio

1.3 Justificación

El proyecto tiene un enfoque técnico-práctico orientado al desarrollo de un dispositivo funcional y educativo, pero también representa el punto de partida para la creación de una futura línea de instrumentos electrónicos nacionales. Este primer sintetizador analógico busca demostrar que es posible diseñar y fabricar en el país equipos de audio de calidad profesional, aplicando principios de electrónica analógica y diseño modular.

El dispositivo está concebido como una herramienta educativa que permita a estudiantes y aficionados experimentar con osciladores, filtros y secuenciadores, comprendiendo de forma práctica el funcionamiento interno de un sintetizador. Al mismo tiempo, su desarrollo sienta las bases para la consolidación de una empresa enfocada en la innovación, diseño y manufactura de instrumentos musicales electrónicos accesibles y personalizables.

Este proyecto combina así la formación técnica con la visión emprendedora, integrando investigación, diseño, prueba y documentación, con el fin de aportar al desarrollo tecnológico y cultural del país desde la electrónica aplicada al sonido.

1.4 Alcance

El alcance del proyecto incluye:

- Diseño esquemático y simulación de los módulos VCO, VCF y secuenciador.
- Construcción y prueba de prototipos en protoboard.
- Diseño y fabricación de PCB de cada módulo.
- Integración de los módulos en un solo equipo funcional.
- Evaluación técnica del funcionamiento del sintetizador y documentación completa.
- El proyecto no contempla aún la producción masiva ni la integración digital (como control MIDI), limitándose al desarrollo analógico. Sin embargo, establece las bases conceptuales y técnicas para futuras versiones de mayor complejidad.

1.5 Métodos de investigación

- Método experimental: construcción y prueba directa de los módulos en laboratorio.
- Método analítico: revisión de resultados de simulación frente a mediciones reales.
- Método comparativo: contraste de rendimiento entre diseño teórico y prototipo funcional.
- Método aplicado: desarrollo de un producto con finalidad práctica y educativa.
- La investigación combina la medición objetiva (frecuencia, amplitud, respuesta del filtro) con el análisis subjetivo del sonido generado, integrando teoría electrónica con experimentación práctica.

1.6 Marco Teórico

1.6.1 Síntesis Analógica y Principios de Funcionamiento

La síntesis analógica consiste en generar y modificar señales eléctricas para producir sonidos. Se basa en el uso de circuitos electrónicos —no software— para manipular directamente voltajes y corrientes que representan las ondas sonoras. (Thomas, 2014).

Los sintetizadores analógicos se estructuran en módulos que cumplen funciones específicas:

- **VCO (Voltage Controlled Oscillator):** genera señales periódicas de frecuencia variable.
- **VCF (Voltage Controlled Filter):** modifica el contenido armónico de una señal según un voltaje de control.
- **Secuenciador analógico:** genera una serie de voltajes que controlan de forma automática los parámetros del sintetizador.

El presente proyecto integra estos tres módulos para construir un sintetizador educativo y funcional, orientado al aprendizaje práctico de electrónica analógica y al desarrollo de una base tecnológica para instrumentos musicales electrónicos nacionales.

1.6.2 Oscilador Controlado por Voltaje (VCO)

El VCO es el generador principal de la señal de audio. En este proyecto, se implementa con temporizadores NE555 configurados como osciladores astables, capaces de producir ondas cuadradas y rampas (Texas Instruments, 2020; Horowitz & Hill, 2015).

La frecuencia de salida se determina por el valor del capacitor y las resistencias del circuito RC. (Texas Instruments, 2020).

Mediante el uso de potenciómetros o transistores como elementos variables, se permite controlar la frecuencia de oscilación con un voltaje externo, lo que posibilita la modulación del tono y la creación de efectos sonoros característicos. (Wilson, 2013; Synthtopia, 2012).



Figura 1.1 Imagen de un módulo oscilador controlado por voltaje (VCO) analógico utilizado en sintetizadores.

1.6.3 Filtro Controlado por Voltaje (VCF)

El VCF (Voltage Controlled Filter) modifica el contenido espectral de la señal proveniente del VCO. En este proyecto se emplea un diseño de dos polos (12 dB/octava), utilizando amplificadores operacionales TL074 y transistores BC547 (Texas Instruments, 2022; Horowitz & Hill, 2015).

Esta modulación controlada por voltaje es una de las bases de la síntesis sustractiva, donde una señal rica en armónicos (producida por el VCO) es esculpida mediante el filtro para obtener diferentes timbres (Thomas, 2014; Wilson, 2013).

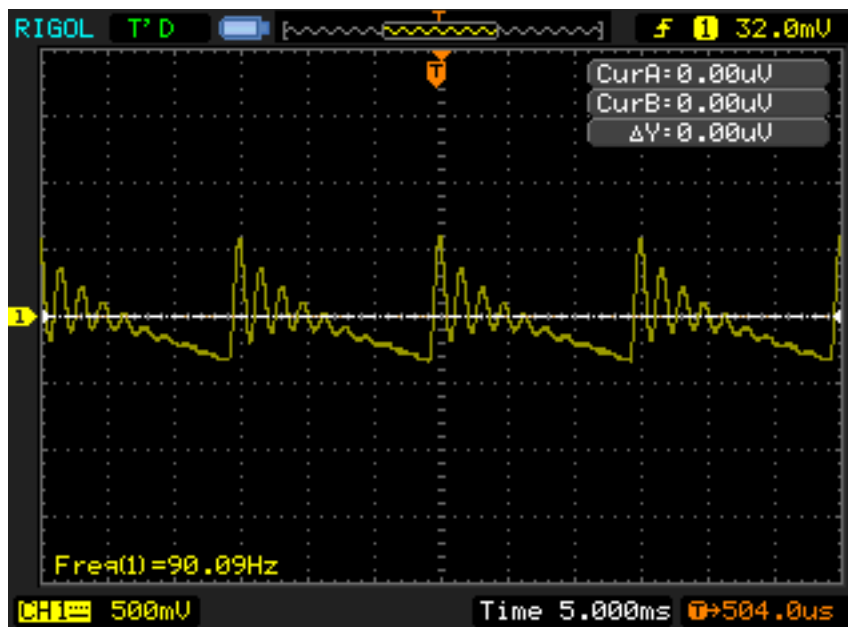


Figura 1.2 Tomas de osciloscopio del filtro VCF en diferentes configuraciones de corte y resonancia.

1.6.4 Secuenciador Analógico basado en CD4016

El secuenciador analógico es el módulo encargado de generar una serie de voltajes que controlan el VCO o el VCF de forma automática y repetitiva (Wilson, 2013; Thomas, 2014).

En este proyecto, el secuenciador se implementa con el CD4016, un circuito integrado CMOS que contiene cuatro interruptores bilaterales controlados digitalmente. Cada interruptor puede conducir señales analógicas o digitales cuando su entrada de control recibe un nivel alto (lógico “1”).

El CD4016 actúa como un conjunto de puertas analógicas, que permiten seleccionar de manera secuencial distintos voltajes preajustados mediante potenciómetros. El avance de cada paso se controla con una señal de reloj generada por un temporizador, lo que produce un patrón cíclico de voltajes que modulan al VCO.

El funcionamiento básico es el siguiente:

1. Cada canal del CD4016 conmuta un potenciómetro con un valor de voltaje determinado.
2. Una señal de reloj activa secuencialmente las puertas del CD4016.
3. El voltaje de salida varía según el potenciómetro activo, generando una secuencia de control.

Este sistema permite construir secuencias rítmicas o melódicas sin necesidad de un microcontrolador, manteniendo un enfoque completamente analógico. Su simplicidad lo convierte en un circuito ideal para enseñanza, ya que permite observar cómo señales digitales controlan procesos analógicos.

1.6.5 Amplificadores Operacionales TL074

El TL074 es un amplificador operacional cuádruple de bajo ruido, alta impedancia de entrada y excelente respuesta lineal. En este proyecto se utiliza principalmente en el módulo VCF y en las etapas de mezcla y amplificación del sintetizador (Texas Instruments, 2022). Su configuración JFET en la entrada ofrece una alta estabilidad y bajo ruido, características fundamentales para mantener la pureza del audio analógico. Además, puede funcionar con

alimentación simple de 9 V, lo cual facilita su integración en entornos educativos sin requerir fuentes simétricas (Horowitz & Hill, 2015; Texas Instruments, 2022).

1.6.6 Temporizador NE555

El NE555 es uno de los circuitos integrados más versátiles y usados en electrónica. Funciona como oscilador, generador de pulsos o temporizador (Texas Instruments, 2020; Horowitz & Hill, 2015). En el sintetizador se aplica en dos funciones principales:

- Como VCO, generando señales de audio.
- Como reloj del secuenciador, controlando el avance de los pasos del CD4016.

Su estabilidad y simplicidad lo hacen ideal para circuitos analógicos educativos, demostrando los principios de carga y descarga de capacitores, la generación de ondas cuadradas y el control de frecuencia mediante resistencias variables (Wilson, 2013; Texas Instruments, 2020).

1.6.7 Transistor BC547

El BC547 es un transistor NPN de propósito general, empleado para control de corriente y modulación de voltaje (Horowitz & Hill, 2015).

En el VCF actúa como un elemento variable que modifica la frecuencia de corte dependiendo del voltaje aplicado a su base. Este principio de control analógico permite diseñar filtros dinámicos sin necesidad de componentes digitales o caros controladores especializados (Wilson, 2013).

1.6.8 Aplicación Educativa y Aprendizaje Práctico

Desde el punto de vista formativo, el sintetizador permite aplicar múltiples conceptos de electrónica analógica en un solo sistema: osciladores, filtros, transistores, amplificadores operacionales, control por voltaje y temporización.

Cada módulo del sintetizador como el vco, vcf y secuenciador puede ser analizado individualmente, lo que facilita su uso en talleres o laboratorios. Los estudiantes pueden medir señales en puntos clave del circuito, observar las formas de onda con el osciloscopio y comprender cómo pequeñas variaciones de voltaje alteran la frecuencia o el timbre del sonido.

Esta estructura modular también favorece la reparación, modificación y personalización del sistema, fomentando la curiosidad técnica y la creatividad aplicada.

1.6.9 Proyección Tecnológica y Emprendimiento

El desarrollo de este sintetizador representa el primer paso en la consolidación de una línea de instrumentos electrónicos analógicos nacionales. La empresa dB Repair, dedicada al mantenimiento y diseño de equipos de audio, proyecta con este prototipo la posibilidad de crear dispositivos modulares accesibles y reproducibles, tanto para uso educativo como musical.

La documentación generada servirá como base para futuras versiones con control digital (por ejemplo, MIDI o microcontroladores), ampliando las capacidades del sistema y posicionando el proyecto como una iniciativa de innovación tecnológica local.

2 Aspectos Administrativos

2.1 Recursos técnicos y materiales

Materiales	Descripción	Cantidad	Marca
Computador	Macbook Pro M4 con los programas Fusion 360, Proteus	1	Apple
Osciloscopio	Es instrumento de medición que permite visualizar y analizar señales eléctricas en función del tiempo.	1	Hantek
Estación de Soldar	Baku 936	1	Baku
Componentes Electrónicos	Resistencias, Circuito Integrados, Capacitores, Potenciómetros,		
Material para prototipado	Protoboard	4	
Impresora 3D	Ender 3 V3 SE	1	Creality

Tabla 2.1 Tabla de materiales

2.2 Viabilidad

2.2.1 Financiera

El proyecto se sostiene mediante autogestión y recursos personales. El costo de materiales es bajo, utilizando componentes comunes y herramientas ya disponibles en el laboratorio.

2.2.2 Operativa

Se realizará en el laboratorio de electrónica de dB Repair, equipado con los instrumentos

necesarios. El tiempo de desarrollo se distribuye entre diseño, prototipado, pruebas y documentación.

2.2.3 Técnica

La viabilidad técnica está garantizada por la experiencia previa del autor en reparación de equipos de audio profesional y diseño de circuitos analógicos. La complejidad del proyecto es acorde al nivel tecnológico de la carrera.

2.3 Cronograma

Fase	Octubre	Enero	Febrero	Marzo
Selección del tema	■			
Elaboración del perfil		■		
Cotización de equipos			■	
Adquisición de equipos			■	
Prototipado			■	
Pruebas de funcionamiento				■
Elaboración del proyecto final				■

Tabla 2.2 Tabla de Cronograma

3. Bibliografía

- Datasheet NE555, Texas Instruments. (2020). Horowitz, P., & Hill, W. (2015). *The art of electronics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Thomas, D. (2014). *Analog synthesizers: Understanding, performing, buying—from the legacy of Moog to software synthesis*. Focal Press.
- Texas Instruments. (2022). *TL074 low-noise JFET-input operational amplifier* [Datasheet].
- Texas Instruments. (2020). *NE555 precision timer* [Datasheet].
- Wilson, R. (2013). *Make: Analog Synthesizers: Make Electronic Sounds the Synth-DIY Way*. Make Community, LLC.
- Music From Outer Space. (2012). *Noise Toaster kit parts list*.
- Synthtopia. (2012, August 10). *The MFOS Noise Toaster – Synth DIY project by*
- Wilson, R. (s. f.). *Music From Outer Space: Synth DIY* [Esquema de oscilador controlado por voltaje (VCO)]. <https://musicfromouterspace.com>
- Wilson, R. (s. f.). *Music From Outer Space: Synth DIY* [Tomas de osciloscopio del filtro controlado por voltaje (VCF)]. <https://musicfromouterspace.com/index.php?MAINTAB=SYNTHDIY&VPW=1502&VPH=697>

CARRERA: ELECTRÓNICA**FECHA DE PRESENTACIÓN:**

29 - 01 - 2026
DÍA MES AÑO

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO:

Moreno Jarrin Enzo Luciano (1717094922)

TITULO DEL PROYECTO:

Diseño y construcción de un sintetizador analógico educativo como herramienta de aprendizaje en electrónica analógica

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

CUMPLE

NO CUMPLE

- OBSERVACIÓN Y DESCRIPCIÓN

- ANÁLISIS

- DELIMITACIÓN.

- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

CIENTÍFICO

- FORMULACIÓN PREGUNTAS/
AFIRMACIÓN DE INVESTIGACIÓN

PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS:**GENERALES:**

REFLEJA LOS CAMBIOS QUE SE ESPERA LOGRAR CON LA INTERVENCIÓN
DEL PROYECTO

SI

NO

ESPECÍFICOS:

GUARDA RELACIÓN CON EL OBJETIVO GENERAL PLANTEADO

SI

NO

JUSTIFICACIÓN:	CUMPLE	NO CUMPLE
IMPORTANCIA Y ACTUALIDAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BENEFICIARIOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FACTIBILIDAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALCANCE:	CUMPLE	NO CUMPLE
ESTA DEFINIDO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MARCO TEÓRICO:		
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	SI	NO
DESCRIBE EL PROYECTO A REALIZAR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TEMARIO TENTATIVO:	CUMPLE	NO CUMPLE
ANTECEDENTES, FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ANÁLISIS Y SOLUCIONES PARA EL PROYECTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
APLICACIÓN DE SOLUCIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TIPO DE INVESTIGACIÓN PLANTEADA		
<ul style="list-style-type: none"> • OBSERVACIONES: La investigación combina la medición objetiva (frecuencia, amplitud, respuesta del filtro) con el análisis subjetivo del sonido generado, integrando teoría electrónica con experimentación práctica. 		
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADOS:		

OBSERVACIONES:

Se utilizará 4 métodos:

Método experimental, método analítico, método comparativo, método aplicado

CRONOGRAMA:

OBSERVACIONES: -----

FUENTES DE INFORMACIÓN: -----

RECURSOS:

CUMPLE

NO CUMPLE

HUMANOS

ECONÓMICOS

MATERIALES

PERFIL DE PROYECTO DE GRADO

Aceptado

Negado

el diseño de investigación por las
siguientes razones:

a) -----

b) -----

c) -----

ESTUDIO REALIZADO POR EL ASESOR:

NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR: Ing. Pangay Orosco Henry Gabriel

29 - 01 - 2026

FECHA DE ENTREGA DE INFORME