

# CONESCAPANHONDURAS2025paper5.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

---

## Document Details

### Submission ID

trn:oid:::14348:477770349

### Submission Date

Jul 31, 2025, 11:58 PM CST

### Download Date

Aug 1, 2025, 1:06 PM CST

### File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper5.pdf

### File Size

329.3 KB

3 Pages




1,638 Words

9,248 Characters

# 13% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 13%  Internet sources
- 2%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags




### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 13%  Internet sources
- 2%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	www.coursehero.com	2%
2	Internet	cienciayturismo.org	2%
3	Internet	uk.bestreviews.guide	1%
4	Internet	dev.sandiegored.com	1%
5	Internet	issuu.com	1%
6	Internet	elregionalcoatepec.com	<1%
7	Internet	www.quironsalud.com	<1%
8	Internet	www.msdmanuals.com	<1%
9	Internet	dayofdifference.org.au	<1%
10	Internet	todorespondio.es	<1%
11	Internet	www.paho.org	<1%

12	Internet	www.psicologia.com	<1%
13	Internet	www.ubuy.sv	<1%
14	Internet	cdn.mediavalet.com	<1%
15	Internet	www.savalnet.com.py	<1%

# ESP-AudioFit: Filtro Auditivo

**Resumen**— Este artículo proporciona un análisis de prototipo para el déficit auditivo en las personas, se basa en el procesamiento digital de señales (DSP) utilizando un ESP32, que permite aplicar un filtro a la señal de audio captada por un micrófono.

**Palabras clave:** SP32, audición, déficit, filtro.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, con la llegada de las tecnologías emergentes, el campo del diagnóstico médico está atravesando una fase de desarrollo, incorporando herramientas y técnicas innovadoras para la detección y el tratamiento temprano de enfermedades.

El déficit auditivo es también conocido como hipoacusia, es la pérdida de la capacidad de oír. Puede ser leve, moderada, grave o profunda. Más del 5% de la población mundial (430 millones de personas) padece una pérdida de audición y requiere rehabilitación. Actualmente existen dispositivos que mejoran el problema de la hipoacusia sin embargo no son totalmente personalizables al usuario debido a que hay rangos de frecuencia que varía con respecto a las personas debido a su edad y el desarrollo del déficit auditivo.[1]

El artículo presenta un nuevo dispositivo llamado “ESP-AudioFit”, diseñado para ayudar y mejorar la calidad de vida a las personas, con un sistema totalmente personalizable y a un bajo costo, lo cual implementa un filtro pasa banda ajustable con respecto a las señales de audio que son totalmente analógicas que posteriormente deben convertirse en señales digitales para su procesamiento y con ello se utiliza un conversor analógico-digital (ADC) en el ESP32, que toma muestras de la señal a una frecuencia determinada y se puede ajustar con respecto a la necesidad del usuario, siendo así frecuencias bajas y altas.

## II. MARCO TEORICO

El déficit auditivo se caracteriza por la incapacidad de escuchar sonidos, esto genera dificultad para comunicarse con otros, desarrollo tardío del lenguaje en los niños, aislamiento social, sensación de soledad y frustración. [2].

El interés de generar un prototipo que trabaje con los diferentes tipos de frecuencia no solo es una aplicación práctica, sino que también tiene un impacto positivo en la calidad de vida de las personas con déficit auditivo.

Las personas con problemas auditivos tienen dificultades para escuchar ciertas frecuencias. Un filtro paso banda ajustable permitiría: Mejorar la percepción de sonidos importantes (voces, alarmas, música), reducir ruidos innecesarios o molestos, adaptar la respuesta del sistema a cada usuario según sus necesidades auditivas.

Por la parte económica, los audífonos comerciales con procesamiento digital de señales pueden ser costosos (desde \$500 hasta \$5000 USD). Este proyecto busca crear una alternativa económica con ESP32 y componentes accesibles. Permitir que más personas tengan acceso a una mejora auditiva

sin gastar demasiado, ser una opción personalizable y de código abierto. Este tipo de innovación contribuye a la inclusión de personas con discapacidades auditivas, dándoles herramientas para mejorar su calidad de vida y comunicación con el entorno.

### A. Funcionamiento esperado

Primera etapa: Captura de señal de audio

Un micrófono con amplificador (ej. MAX9814) captura la señal acústica del entorno.



Fig. 1 MAX9814

Segunda etapa: Conversión Analógica-Digital (ADC).

Se aplica el teorema de Nyquist, la cual indica que la tasa de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia más alta que se quiera procesar, por lo tanto, se realiza un muestreo a una tasa adecuada (ej. 10 kHz a 20 kHz) y se obtiene un valor discreto que representa la amplitud del sonido en cada instante.

Tercera etapa: Aplicación del Filtro Paso Banda.

la señal está en el dominio digital, se aplica un filtro IIR (Infinite Impulse Response). Es un tipo de filtro digital que calcula la salida de un sistema en función de muestras de entrada y salida pasadas. Se utilizaría el filtro pasa banda para eliminar frecuencias no deseadas.

Cuarta etapa: Ajuste de Frecuencia de Corte con Botones.

Se usan dos botones para ajustar las frecuencias de corte del filtro, al presionar los botones, se recalculan los coeficientes del filtro IIR en tiempo real y los valores se muestran en una pantalla OLED para referencia del usuario.

Quinta etapa: Visualización de Parámetros en Pantalla LED

La pantalla OLED muestra en tiempo real los valores de las frecuencias de corte y se actualiza cada vez que el usuario cambia la configuración con los botones.

Sexta etapa: Salida de la Señal Procesada.

La señal filtrada puede transmitirse a un amplificador de sonido para ser escuchada en audífonos o bocinas.

Para ello se utilizaría el módulo.



Fig. 2 PCM5102a

1

### B. Cálculos utilizados para el desarrollo del proyecto

Este proyecto se basa en la implementación digital de un **filtro pasa banda IIR** (filtro de respuesta infinita al impulso), el cual permite dejar pasar señales dentro de un cierto rango de frecuencias y rechazar las que están fuera de él.

#### B.1 Modelo matemático del filtro IIR de segundo orden

La ecuación en diferencias que define un filtro IIR de segundo orden es:

$$y[n] = b_0x[n] + b_1x[n-1] + b_2x[n-2] - a_1y[n-1] - a_2y[n-2]$$

Donde:

- $x[n]$ : muestra de entrada en el instante  $n$
- $y[n]$ : muestra de salida en el instante  $n$
- $b_0, b_1, b_2$ : coeficientes del numerador
- $a_1, a_2$ : coeficientes del denominador

Esta ecuación es una forma discreta del sistema y representa un sistema **LTI** (lineal, tiempo invariante).

#### B.2 Transformación desde el dominio continuo al discreto

Si se diseña un filtro pasa banda en el dominio analógico (continua) con frecuencias de corte, se necesita discretizarlo para implementarlo en el ESP32.

Se hace mediante:

- **Normalización** de las frecuencias respecto a la frecuencia de muestreo:

$$f_{norm} = \frac{f_{cut}}{f_s/2}$$

#### B.3 Cálculo de coeficientes

Para un filtro con:

- Frecuencia de muestreo:  $f_s=8000$  Hz
- Frecuencia de corte baja:  $f_L=500$  Hz
- Frecuencia de corte alta:  $f_H=3000$  Hz

Se obtienen coeficientes normalizados (por ejemplo):

$$b_0 = 0.0675; b_1 = 0.1350; b_2 = 0.0675; a_1 = -1.1429; a_2 = 0.4128;$$

#### B4. Proceso de señal digital

1. La señal de audio  $x[n]$  se captura desde un ADC (conversor analógico a digital) del ESP32. Luego:
2. Se pasa por el filtro IIR con la ecuación anterior.
3. La salida  $y[n]$  es la señal filtrada.
4. Esta salida puede:
  - Visualizarse en una pantalla LCD.
  - Enviarse al puerto serie.
  - Reconvertirse a analógica usando un DAC (conversor digital a analógico).

### C. Funcionamiento logrado

Para el proyecto ESP-AudioFit: Filtro Auditivo se ha logrado con éxito capturar la señal de audio, siento esta el ruido ambiente o la voz de una persona, teniendo la señal analógica proveniente del emisor deseado, se ha convertido a digital para el muestreo de dicha señal siendo filtrada y logrando eliminar las frecuencias no deseadas. Se ajusta la frecuencia de corte mediante botones para recalcular los coeficientes del filtro.

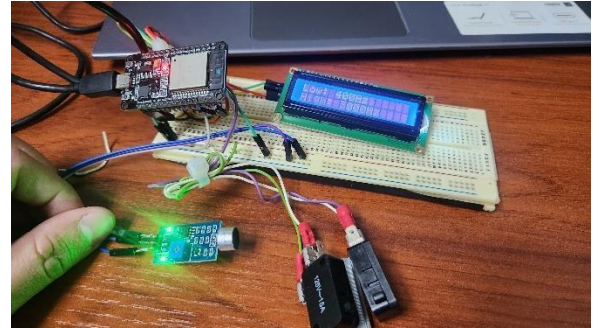


Fig. 3 Captura de señal de audio

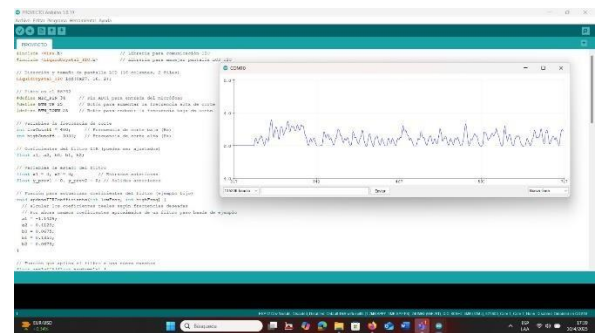


Fig. 4 Procesamiento de señal

### D. DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL CIRCUITO

Simular este proyecto en un entorno virtual presenta ciertas dificultades técnicas debido a la limitada compatibilidad de módulos complejos en los simuladores tradicionales, como Proteus, Tinkercad o Wokwi. Algunos de los obstáculos más relevantes incluyen:

La falta de soporte completo para el microcontrolador ESP32, ya que muchos simuladores están optimizados para plataformas más básicas como Arduino Uno o Mega.

La ausencia de bibliotecas funcionales para periféricos específicos como:

- El módulo de micrófono con amplificador (MAX9814)
- La pantalla LCD con adaptador I2C, que requiere librerías como LiquidCrystal\_I2C.
- Componentes de audio y procesamiento digital en tiempo real, que son difíciles de representar correctamente en un entorno simulado.

Debido a estas limitaciones, no fue posible realizar una simulación completa y funcional del sistema. Sin embargo, se generó una representación visual del circuito utilizando una herramienta de inteligencia artificial, la cual permitió ilustrar de manera clara las conexiones reales entre el ESP32, la pantalla LCD, el módulo de

micrófono y los botones de control.

Esta visualización cumple la función de apoyar la comprensión del diseño físico, a pesar de las restricciones técnicas del entorno de simulación.

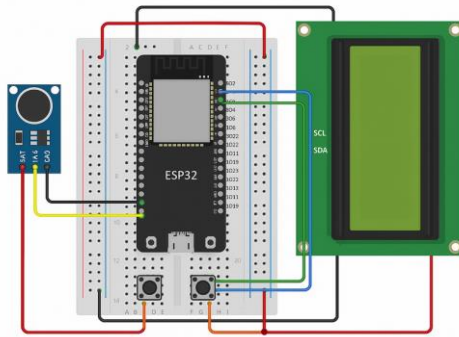


Fig. 4 Esquema visual del proyecto[4].

## CONCLUSIONES

En el transcurso de este proyecto, se llevó a cabo el diseño, implementación y prueba de un sistema digital para filtrar señales acústicas, utilizando un filtro pasa banda IIR integrado en un ESP32. El propósito principal fue poner en práctica conceptos de análisis de señales y sistemas discretos, aplicándolos a un caso real con impacto social: optimizar la percepción auditiva en personas con pérdida auditiva.

Mediante el diseño del circuito, la programación del sistema y las pruebas realizadas, se logró obtener una señal de salida filtrada de manera efectiva. Esto quedó demostrado en las gráficas generadas con el plotter de la interfaz de arduino, que evidenciaron que el sistema responde adecuadamente a las frecuencias deseadas, eliminando el ruido y los componentes fuera del rango establecido.

Asimismo, se exploró la integración de diversos módulos, como pantallas LCD, micrófonos analógicos y DACs internos del SP32, además del cálculo y ajuste de coeficientes para filtros digitales. Estas actividades contribuyeron al desarrollo de habilidades prácticas en electrónica y programación embebida.

Este proyecto representó una excelente oportunidad para aplicar conocimientos teóricos en un contexto práctico, fomentando la creatividad, el razonamiento lógico y el enfoque hacia objetivos concretos. Como futuros ingenieros, este trabajo nos permitió observar cómo la tecnología puede ofrecer soluciones efectivas a problemas humanos. Además, abre posibilidades para mejorar, escalar o adaptar el sistema a aplicaciones más avanzadas, como audífonos inteligentes o dispositivos personalizados de asistencia auditiva.

## REFERENCIAS

- [2] *Deficiencia auditiva (hipoacusia) en niños - Salud infantil - Manual MSD versión para público general.* (s.f.). Manual MSD versión para público general. <https://www.msmanuals.com/es/hogar/salud-infantil/trastornos-de-los-oidos-la-nariz-y-la-garganta-en-niños/deficiencia-auditiva-hipoacusia-en-niños>
- [3] *AZDelivery Max9814 Microphone AGC Amplifier Board - El Salvador / Ubuy.* (s.f.). Ubuy. El Salvador <https://www.ubuy.sv/en/productuk/FAXPDJKZK-azdelivery-max9814-microphone-agc-amplifier-board-2-7v-5-5v-auto-gain-control-amplifier-40db-50db-60db-compatible-with-esp8266-esp32-and-arduino>
- [4] Eduardo Chávez, *Esquema visual del proyecto: sistema de filtrado auditivo con ESP32*, generado con asistencia de inteligencia artificial, mayo 2025.
- [5] *PCM5102A.* (s.f.). Analog | Embedded processing | Semiconductor company | TI.com. <https://www.ti.com/product/es-mx/PCM5102A>