Título de la práctica

Índice

[1 Introducción 1](#_Toc93341919)

[2 Funcionamiento del programa 2](#_Toc93341920)

[2.1 Diagrama de bloques 2](#_Toc93341921)

[2.2 ESP32 3](#_Toc93341922)

[3 Distribución del trabajo 3](#_Toc93341923)

# Introducción

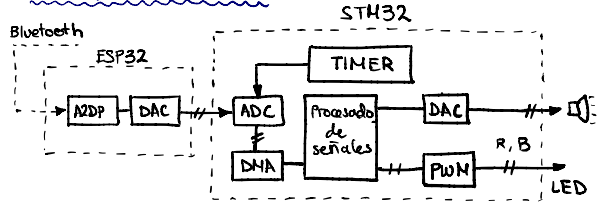
El objetivo del trabajo es el diseño en STM32CubeIDE y la implementación en el microprocesador STM32F407 de un filtrado de audio y separación de frecuencias graves y agudas con la placa STM32 conectada a través de Bluetooh mediante la placa ESP32.

El programa cuenta con las siguientes opciones:

* **Filtro paso bajo:** Audio filtrado a través de un filtro paso bajo (250Hz) para eliminar los sonidos agudos de la señal introducida. Los sonidos agudos del audio serán representados además visualmente por un LED de color rojo.
* **Filtro paso alto:** Audio filtrado a través de un filtro paso banda (2kHz) para eliminar los sonidos graves de la señal introducida. Los sonidos agudos del audio serán representados además visualmente por un LED de color azul.
* **Filtro left and right:** Audio filtrado a través de un filtro paso bajo (20 kHz) para eliminar el ruido a altas frecuencias que puede provocar interferencias en la señal introducida. Además, este filtro hace cumplir el teorema del muestreo necesario para realizar este programa.

# Funcionamiento del programa

## Diagrama de bloques



El programa cuenta con un total de 8 entidades, distribuidas en 2 entidades para la gestión de entrada realizada por la placa de Bluetooh ESP32, 4 entidades para el funcionamiento del programa y 2 entidades para la gestión de salida.

* **Gestor de entradas:** El gestor de entradas funciona con la librería A2DP de la empresa “Espressif” para recibir la señal de audio a través del protocolo I2S y un conversor DAC de 8 bits para transformar la señal digital de la ESP32 a una señal analógica captada por la STM32, ya que la señal analógica ha sido la opción más viable y manejable para realizar este proyecto (la señal de salida por I2S está mezclando los bits del volumen con los bits de la señal de audio y tiene mucho ruido interno).
* **Funcionamiento del proyecto:** La señal analógica vuelve a ser transformada a digital para conectarse al DMA. Se trata de un DMA circular a modo de buffer de entrada que recibe la señal de audio a través de una interrupción general. Esta interrupción procesa la señal a través del filtro aplicado y se la pasa al gestor de salidas.
* **Filtrado de audio:** Se utilizan filtros de respuesta infinita (menos retardos) para construir las señales, y como se gobiernan las interrupciones de la DMA con un temporizador a 84kHz se puede saber la frecuencia de muestreo necesaria para construir estos filtros. La acción de filtrado se lleva a cabo en el callback “ConvCpltInterrupt( )” que llama la DMA cada vez que se ha guardado una medida en el buffer.
* **Gestor de salidas:** El gestor de salidas cuenta con un conversor DAC para transmitir la señal de audio a través de un altavoz y también dos temporizadores PWM para transmitir esta señal a los LEDs.

## ESP32

El ESP32 es una placa que incorpora un microchip y comunicaciones por bluetooh y Wifi. Soporta comunicaciones como UART, I2C, I2S y también tiene incorporados convertidores DAC. Como el uso de esta placa es ajeno a la asignatura, la programación se ha solucionado con una libería de uso público de Espressif, la A2DP, que cuenta con programas para transmitir y recibir audio por bluetooth usando tanto el protocolo I2S como el conversor DAC interno. Esta placa es fácilmente programable descargando los drivers de la ESP32 en el compilador de Arduino y programando los ejemplos de la librería directamente a la placa, y así se construye el convertidor de I2S a dos canales  
(L y R) de señal analógica que necesita este proyecto.

# Distribución del trabajo

La distribución del trabajo se ha dividido por bloques principalmente, aunque todos han intervenido en todas las partes del trabajo con el objetivo de aumentar la lluvia de ideas de la entidad, su correcto funcionamiento y sus futuras ampliaciones.

**David Abad Pérez** se ha dedicado principalmente al diseño y a la programación de la interrupción HAL\_ADC\_ConvCpltCallback(ADC\_HandleTypeDef \*AdcHandle) que realiza el procesado de las señales y la interrupción para cambiar el filtro de la señal de audio.

**Abel Bagúe Madrigal** se ha dedicado principalmente a la búsqueda de los parámetros para los filtros de audio aplicados y el diseño de las funciones de filtro paso bajo, alto, left y right.

**Jesús Marcos Torero** se ha dedicado principalmente a la configuración de la placa Bluetooh ESP32 a través de la librería A2DP utilizando los protocolos I2S y a la comprobación del programa con el microchip ESP32 ya que era el único miembro del grupo que disponía de este chip.

Por otro lado, las mejoras realizadas por el equipo fueron la introducción de un botón para cambiar el filtro aplicado y los LEDs para comprobar visualmente el filtrado del audio y la separación de los sonidos graves y agudos

Por último, los problemas resueltos han sido la introducción de un DMA circular para poder transmitir los datos de 2 en 2 de forma continua, la introducción del filtro paso bajo a 20kHz para eliminar el ruido y por último poner un temporizador a las interrupciones de la DMA para bajar la ƒ a 80kHz y poder hacer un filtro normalizado.