

# Real-Time Audio Processor

*Memoria del proyecto*

RUBÉN AGUSTÍN

DAVID ANDRINO

ESTELA MORA

FERNANDO SANZ

Ingeniería de Sistemas Electrónicos  
Primavera 2024

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Especificaciones iniciales del sistema a diseñar y construir . . . . .	1
1.2. Especificaciones finales del sistema diseñado y construido . . . . .	1
<b>2. Desarrollo de subsistemas</b>	<b>2</b>
2.1. Subsistema de alimentación . . . . .	2
2.2. Subsistema de audio . . . . .	2
2.3. Módulo de radio . . . . .	2
2.4. Módulo MP3 . . . . .	2
2.5. Módulo NFC . . . . .	3
2.6. Entre Dos Tierras . . . . .	3
2.7. Módulo RTC . . . . .	3
<b>3. Software</b>	<b>4</b>
3.1. Interfaz de usuario . . . . .	4
3.2. Interfaz web . . . . .	4
3.2.1. Configuración General . . . . .	4
3.2.2. Página Radio . . . . .	4
3.2.3. Página MP3 . . . . .	5
3.2.4. Procesamiento de Audio . . . . .	5
3.3. Interfaz táctil . . . . .	5
<b>4. Depuración y test</b>	<b>7</b>
4.1. Pruebas software . . . . .	7
4.2. Pruebas hardware . . . . .	7
<b>5. Presupuesto final</b>	<b>8</b>
<b>6. Equipo de trabajo</b>	<b>9</b>
<b>7. Acrónimos utilizados</b>	<b>10</b>

# Índice de figuras

1. Sintonizador FM RDA5807M . . . . .	2
2. Reproductor MP3 YX5300 . . . . .	3
3. Página Principal . . . . .	4
4. Página Radio . . . . .	5
5. Página MP3 . . . . .	5
6. Página Filtros . . . . .	6

## 1. Introducción

### 1.1. Especificaciones iniciales del sistema a diseñar y construir

El proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de procesamiento de audio en tiempo real con un sistema centrado en un microprocesador.

El sistema permitirá entrada de audio a través de un módulo de radio FM y la lectura de canciones de una tarjeta microSD externa. Tras capturar dicho audio, se le aplicará un procesamiento digital implementado mediante la librería CMSIS DSP y se reproducirá por un altavoz o unos auriculares.

La interacción con el sistema se realizará a través de una pantalla táctil o una interfaz web, la cual requiere conexión a través de Ethernet. Dicha interfaz permite seleccionar la entrada de audio, controlar el volumen y ecualización de audio y elegir la salida. Además, permite controlar la emisora de radio sintonizada.

El sistema almacenará los parámetros seleccionados (entrada, salida y filtros) y una lista de emisoras favoritas en la tarjeta microSD, los cuales se cargarán al iniciar el equipo.

El sistema será completamente autónomo, contando con una batería con su correspondiente circuitería de carga, protección y medición de consumo. Se ofrecerá información sobre la batería en la interfaz gráfica del sistema. Además, el sistema contará con un modo de bajo consumo para alargar la duración de dicha batería.

Para la selección de canciones se permitirá el uso de tarjetas NFC preconfiguradas con canciones o emisoras preconfiguradas, para la interacción sin interfaz gráfica. Por último, el sistema utilizará el RTC integrado en la placa para mantener la hora y el protocolo SNTP para la sincronización.

### 1.2. Especificaciones finales del sistema diseñado y construido

## 2. Desarrollo de subsistemas

Para este proyecto hemos desarrollado dos subsistemas analógicos propios, sobre dos PCB distintas, una de alimentación y un amplificador de audio. Además, hemos utilizado tres subsistemas ya existentes para la recepción de audio, la reproducción de música en MP3 y la lectura de información NFC de un dispositivo móvil.

### 2.1. Subsistema de alimentación

### 2.2. Subsistema de audio

### 2.3. Módulo de radio

El modelo de radio elegido ha sido el Sintonizador FM RDA5807M, mostrado en la Figura 1, utilizado anteriormente en la asignatura de Sistemas Basados en Microprocesadores.

Dicho modelo se comunica con el microcontrolador mediante el protocolo I2C. El sintonizador cuenta con un decodificador MPX, salida de audio stereo y un rango de sintonización de 87 MHz a 108 MHz debido a nuestra situación geográfica.

En cuanto a la señal de audio de salida, hemos encontrado que presenta una componente continua de 1.65V y una amplitud máxima del mismo valor.

Este módulo cuenta con una cola de mensajes por la que recibe los comandos deseados del módulo principal y dependiendo de dicho comando recibido, el sintonizador ejecutará las ordenes recibidas.

Todas las características de dicho sintonizador FM se han obtenido del datasheet ofrecido por el fabricante.

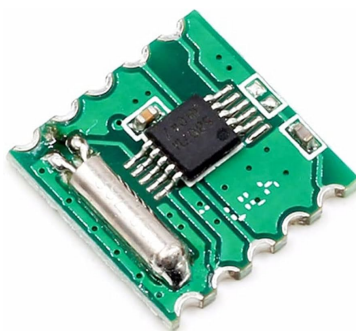


Figura 1: Sintonizador FM RDA5807M

### 2.4. Módulo MP3

El modelo de MP3 seleccionado ha sido el YX5300, el cual se muestra en la Figura 2.

Este reproductor se comunica con el microcontrolador mediante UART, con una velocidad de 9600 bps. También cuenta con una frecuencia de muestreo de 48 kHz y soporta tanto el formato MP3 como el formato WAV. Este modelo cuenta con un socket de tarjeta microSD en la cual se introducen las canciones, en los formatos antes mencionados, que se deseen reproducir. Dicha tarjeta deberá estar en formato Fat16 o Fat32 y tener como máximo 32G de almacenamiento.

En cuanto a la señal de audio obtenida a la salida del reproductor, podemos observar una salida bipolar entrada en 0V. Este comportamiento es totalmente inesperado ya que, al estar alimentado entre 3.3V y 0V, es extraño que la señal de salida pueda presentar valores negativos. Esto ha supuesto un gran problema en la unificación con el resto de módulos. Dicho problema y su solución serán comentados más adelante en este documento.

Este módulo cuenta con una cola de mensajes por la que recibe los comandos deseados del módulo principal y dependiendo de dicho comando recibido, el reproductor MP3 ejecutará las ordenes recibidas.

Todas las características del reproductor MP3 se han obtenido del datasheet ofrecido por el fabricante.

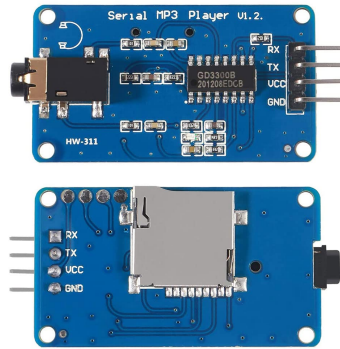


Figura 2: Reproductor MP3 YX5300

## 2.5. Módulo NFC

## 2.6. Entre Dos Tierras

## 2.7. Módulo RTC

El principal objetivo de este módulo es mostrar la hora y la fecha actual en el sistema. Esto se consigue mediante el periférico RTC del propio microcontrolador.

Dicho reloj se ha configurado para que se conecte al oscilador interno LSE, que cuenta con una frecuencia de 32.768kHz. Debido a esta frecuencia, se ha configurado el periférico con unos valores `AsynchPrediv = 127` y `SynchPrediv = 255` para obtener un periodo de 1 segundo.

Por otra parte, para obtener la hora actual, se ha optado por utilizar una sincronización con un servidor mediante SNTP.

También se ha configurado el RTC para generar una interrupción mediante una alarma con una frecuencia de 1Hz. En el callback de dicha alarma, se informa a este módulo, mediante una flag, que debe indicar al módulo principal, la fecha y la hora actuales. Dicha comunicación se realiza mediante una cola de mensajes. Esta interacción esta protegida mediante un mutex, de manera que esté protegido de problemas de concurrencia.

## 3. Software

### 3.1. Interfaz de usuario

Hemos desarrollado dos interfaces de usuario, una sobre una web y otra sobre una pantalla táctil.

### 3.2. Interfaz web

Para la interacción con el sistema, hemos diseñado un servidor web mediante el lenguaje html, estilizado mediante css y con algunas funciones creadas mediante JavaScript.

El servidor web cuenta con 4 páginas web diferentes, una principal, una para gestionar la radio, otra para gestionar el reproductor MP3 y otra para gestionar el procesamiento de audio. En todas estas páginas, en la esquina superior derecha, se encuentra la fecha y la hora del sistema. Todas estas páginas se explican a continuación.

#### 3.2.1. Configuración General

Esta página web cuenta con una sección llamada "Camino de Audio", la cual cuenta con 4 botones que nos permiten seleccionar tanto la entrada, Radio o MP3, tanto la salida de audio, Auriculares o Altavoz.

También cuenta con una sección llamada "Bajo Consumo" que cuenta con tan solo un botón que nos permitirá poner el microcontrolador en modo bajo consumo.

Por último, cuenta con una sección llamada "Consumo", que contiene un widget que nos permite visualizar de forma dinámica en consumo medido en el sistema.

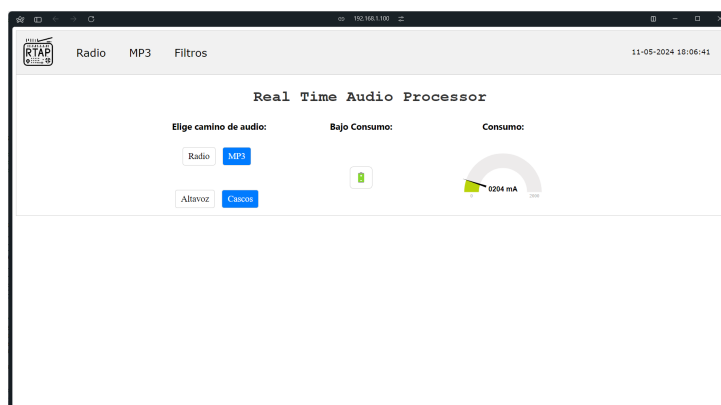


Figura 3: Página Principal

#### 3.2.2. Página Radio

Esta página web cuenta con una primera sección llamada "Sintonizar una frecuencia" la cual nos permite introducir la frecuencia que deseamos sintonizar en el recuadro blanco. Luego, mediante el botón Sintonizar, podremos sintonizar dicha frecuencia en el Sintonizador FM.

A continuación, se encuentra una sección llamada "Seek", en la cual se encuentran dos botones. El primero, que contiene una flecha hacia arriba, nos permite realizar un SeekUp, es decir, sintonizar una frecuencia mayor con más potencia que la frecuencia que estuviera sintonizada. De forma análoga, el otro botón, ilustrado mediante una flecha hacia abajo, nos permite realizar un SeekDown, es decir, sintonizar una frecuencia menor, pero que tenga más potencia que la frecuencia sintonizada en ese momento.

La siguiente sección llamada "Volumen", contiene un slider horizontal que nos permite seleccionar el volumen de la señal de audio. También encontramos un botón de mute, es decir, situar el volumen a 0.

Por último, encontramos la sección "Salida", la cual cuenta con dos botones que nos permiten seleccionar la salida de audio deseada entre Altavoz o Auriculares.

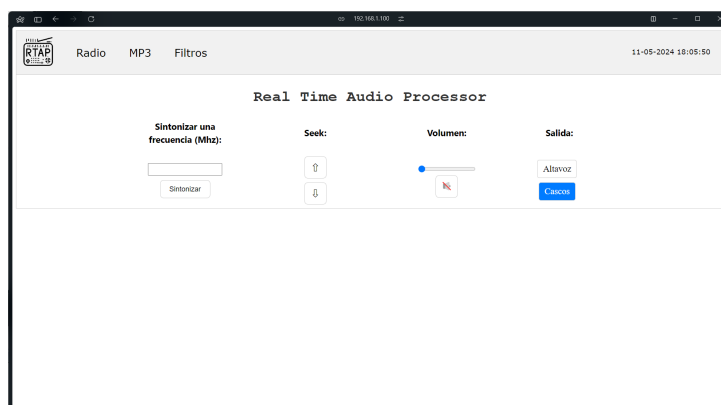


Figura 4: Página Radio

### 3.2.3. Página MP3

En primer lugar, nos encontramos con una sección llamada "Canciones", la cual cuenta con un menú desplegable con lista, con sus correspondientes nombres, de las posibles canciones. Junto a dicho menú, se cuenta un botón que nos permite confirmar la canción seleccionada.

A continuación, encontramos la sección denominada "Control" la cual cuenta con 4 botones. El primero, nos permite seleccionar la canción anterior a la canción actual. A continuación, nos encontramos con un botón que nos permite tanto pausar como continuar la reproducción de la canción actual. El siguiente botón nos permite seleccionar la siguiente canción de la lista. Por último, el botón de abajo, nos permite activar y desactivar la puesta en bucle de la canción actual.

De forma análoga a la página de la Radio, las siguientes dos secciones nos permiten modificar el volumen del sistema y la salida de la señal de audio.

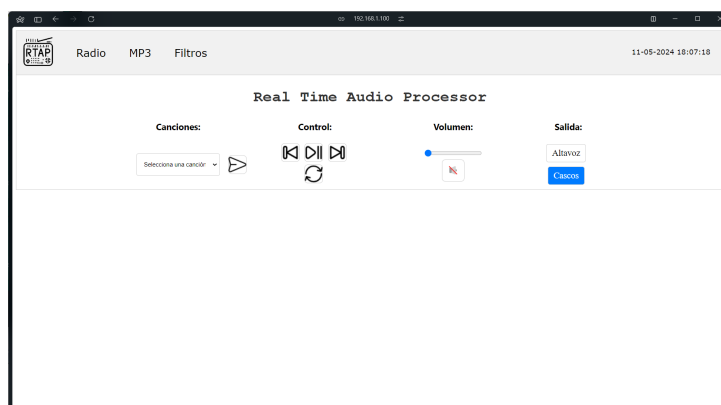


Figura 5: Página MP3

### 3.2.4. Procesamiento de Audio

La última página web se encarga de todo el procesamiento de audio. En primer lugar, nos encontramos con la sección llamada "Ecualizador", el cual nos permite elegir, mediante unos sliders vertiales, entre un rango de valores, la ecualización que se desee aplicar en las diferentes bandas posibles.

A continuación, en la sección denominada "Guardar Conf.", nos encontramos un botón que nos permite guardar la configuración de los distintos filtros en la tarjeta microSD conectada al sistema.

Por último, de la misma manera que en las dos anteriores páginas, nos encontramos los controles que nos permiten modificar el volumen del sistema y seleccionar la salida de audio.

## 3.3. Interfaz táctil

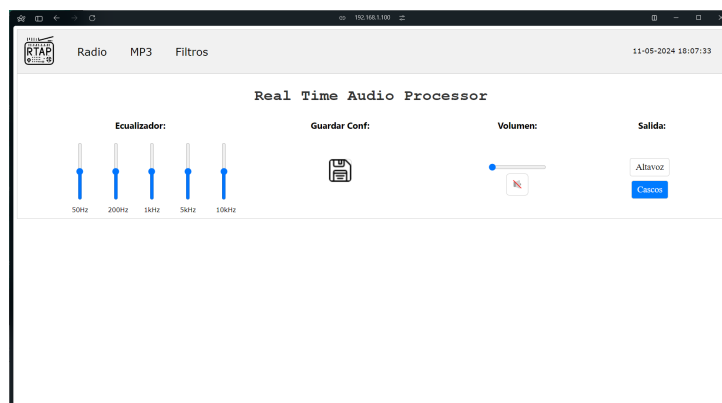


Figura 6: Página Filtros



## 4. Depuración y test

### 4.1. Pruebas software

### 4.2. Pruebas hardware

## 5. Presupuesto final

## 6. Equipo de trabajo

## 7. Acrónimos utilizados