

Sistemas Basados en Microprocesador

Bloque 3

Integración y desarrollo de una aplicación: Sintonizador de Frecuencia Modulada (FM)

Introducción y objetivos del diseño

El objetivo de este diseño es desarrollar una aplicación completa basada en la tarjeta NUCLEO STM32F429Zi a partir de unas especificaciones generales. Para poder realizar este diseño se necesita conocer cada uno de los elementos abordados (hardware y software) en los bloques anteriores de la asignatura. Además, los estudiantes deberán analizar el funcionamiento y utilizar de forma autónoma algunos elementos no estudiados hasta el momento e incluirlos en la aplicación propuesta.

Como se comprobará más adelante, la especificación del diseño es muy abierta para que se puedan tomar decisiones durante el desarrollo del mismo. Todas aquellas cuestiones que no estén claramente especificadas pueden implementarse del modo que se considere más oportuno, aplicando criterios basados en la simplicidad del diseño y la usabilidad del sistema.

Al igual que en prácticas anteriores, se propondrán algunos ejercicios opcionales que podrán realizarse por parte de los alumnos en función del tiempo disponible y que tendrán influencia sobre la calificación final de la asignatura.

Descripción del sistema

El diseño que se pretende desarrollar es un controlador para gestionar un sintonizador integrado de radio que trabaja en frecuencia modulada comercial (FM). Este sistema permitirá al usuario escuchar las distintas estaciones que se distribuyen a través del espectro asignado (87.50 MHz – 108.00 MHz). Además de controlar e interactuar con el circuito sintonizador (RDA5807M), el sistema proporcionará distintos mecanismos que permitan al usuario cambiar los parámetros típicos que se encuentran en un receptor de radio de este tipo (volumen, frecuencia sintonizada, memorización de emisoras, etc), además de poder visualizar dichos parámetros de acuerdo a las especificaciones que más adelante se detallan.

Los elementos que se utilizarán para el desarrollo de esta aplicación pueden observarse en la Figura 1. Además de los elementos ya utilizados en la asignatura hasta el momento, pueden observarse el chip sintonizador de FM RDA5807M (cedido en préstamo por el Departamento), conectado a uno de los buses I2C de la tarjeta NUCLEO STM32F429Zi, así como otros elementos disponibles en la tarjeta de aplicaciones (*mbed App Board*): *joystick* de 5 gestos para el control de la aplicación, que será conectado a entradas GPIO; potenciómetro para control de volumen que será conectado a un canal del ADC; zumbador conectado a una salida PWM (señal modulada en anchura del pulso) de un *Timer* y sensor de temperatura LM75B conectado a otro de los buses I2C. Además, se incorporará otro canal de comunicaciones serie (enrutado por el USB de depuración STLink) con el PC para visualización de tramas. Con el fin de escuchar las emisoras sintonizadas, se recomienda utilizar auriculares estéreo con un conector Jack-macho de 3,5 mm (tres-cuatro polos).

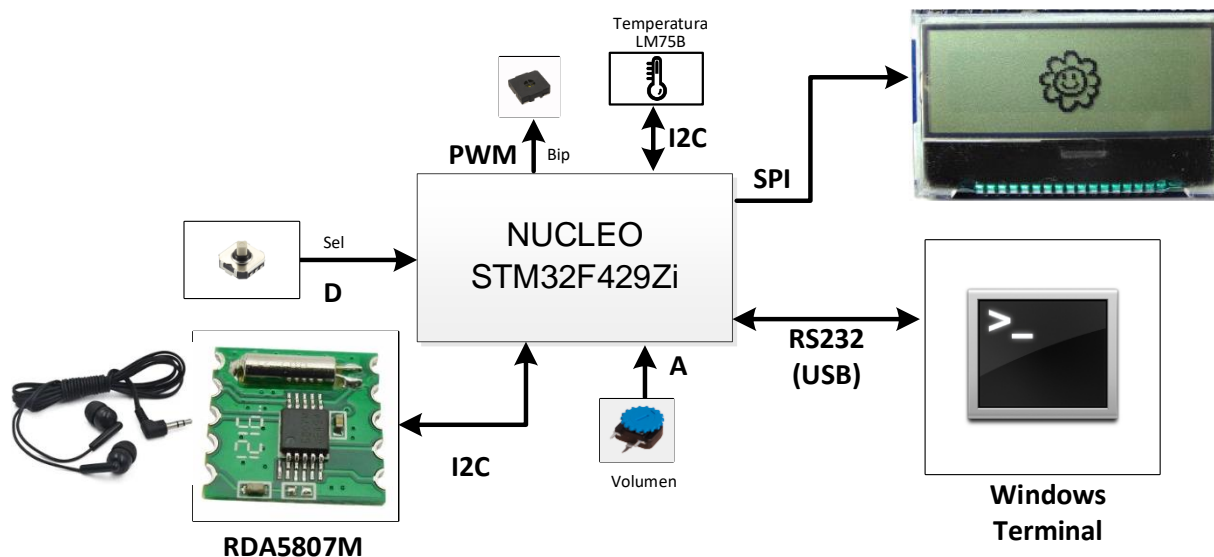


Figura 1. Esquema general del sistema

Especificaciones

El funcionamiento del sistema debe responder a las siguientes especificaciones:

- Es obligatorio el uso del sistema operativo CMSIS RTOSv2 (RTX). La aplicación se construirá en torno a varios hilos/timers que tendrán que dar soporte a una o varias funcionalidades del sistema.
- En todo momento el sistema debe mantener la hora con una resolución de un segundo. Con la misma cadencia se adquirirá y se representará la temperatura, cuando corresponda.
- Para poder interactuar con el sistema, se utilizará el joystick y el usuario visualizará el estado del sistema a través del LCD. La gestión del joystick debe ser tal que se eliminen los posibles rebotes que genere y además se emitirá un “bip” por el zumbador cada vez que se realice una pulsación. Cualquier interacción con el circuito sintonizador (frecuencia, búsqueda de emisoras, volumen, etc.) se realizará haciendo uso de la comunicación I2C entre el RDA5807M y el microcontrolador.
- Para seleccionar el volumen del sistema, se utilizará el potenciómetro POT_2 de la tarjeta de aplicaciones. De esta forma el usuario podrá elegir uno de los posibles niveles de audio que el circuito de radio permite.
- El sistema tendrá cuatro modos de trabajo: REPOSO, RADIO MANUAL, RADIO MEMORIA, PROGRAMACIÓN DE HORA. Se podrá cambiar de modo en cualquier momento mediante una **pulsación larga** (se considera una pulsación larga aquella que dura más de 1 segundo) del botón CENTER del joystick. El sistema, tras un reset, arrancará en modo REPOSO.

- **Modo REPOSO.**

En este modo se presentará en el LCD la temperatura ambiente y la hora tal y como se indica en la Figura 2. Tras un *reset* el reloj marcará las 00:00:00. En este modo el sintonizador RDA5807M debe permanecer apagado. En este modo sólo se atenderá a una pulsación larga del botón CENTER del *joystick*, que hará que el sistema pase a modo RADIO MANUAL.

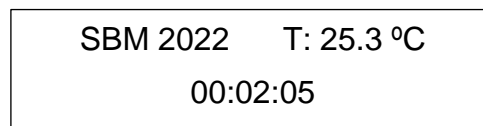


Figura 2. LCD en modo REPOSO

- **Modo RADIO MANUAL.**

En este modo el sistema responderá a las pulsaciones del joystick de la siguiente manera:

- a. Right → Se selecciona y sintoniza una frecuencia mayor en 100 kHz a la actual.
- b. Left → Se selecciona y sintoniza una frecuencia menor en 100 kHz a la actual.
- c. Up → Se dispara una búsqueda automática para una frecuencia mayor a la actual (SEEKUP).
- d. Down → Se dispara una búsqueda automática para una frecuencia menor a la actual (SEEKDOWN).
- e. Center (pulsación larga) → Se sale de este modo y el sistema pasa a modo RADIO MEMORIA.

En este modo debe representarse en el display la siguiente información:

- Hora del sistema - Temperatura
- Frecuencia sintonizada – Nivel de volumen.

No se define el formato de presentación y cada grupo podrá elegir el que prefiera siempre que se represente la información referida.

- **Modo RADIO MEMORIA.**

En este modo el sistema responderá a las pulsaciones del joystick de la siguiente manera:

- a. Up → Se dispara una búsqueda automática para una frecuencia mayor a la actual (SEEKUP).
- b. Down → Se memoriza la frecuencia que en ese momento esté sintonizada.
- c. Right → Se selecciona y sintoniza la siguiente frecuencia memorizada.
- d. Left → Se selecciona y sintoniza la anterior frecuencia memorizada.
- e. Center (pulsación larga) → Se sale de este modo y el sistema pasa a modo PROGRAMACION DE HORA.

El sistema dispondrá de 16 frecuencias memorizadas, que se manejarán a modo de “buffer circular”.

En este modo debe representarse en el display la siguiente información:

- Hora del sistema - Temperatura
- Nro, Memoria - Frecuencia sintonizada – Nivel de volumen.

- **Modo PROGRAMACION DE HORA.**

En este modo el sistema permitirá establecer las variables del reloj *horas*, *minutos* y *segundos*. Además, permitirá borrar por completo la memoria de emisoras. En este caso las pulsaciones del joystick se gestionarán de la siguiente manera:

- a. Right/Left → Permite seleccionar horas, minutos, segundos o borrado de memoria (BM) de emisoras.
- b. Up/Down → Permite incrementar/decrementar la variable seleccionada y poner a 1 o a 0 la variable BM.
- c. Center (pulsación larga) → Se actualizan las variables del reloj del sistema y, si se ha cambiado BM a 1, se borrará la memoria de emisoras. Se sale de este modo y el sistema pasa a modo REPOSO.

En este modo debe representarse en el display la siguiente información:

- hh:mm:ss BM:0/1

- f) Cualquier comando enviado a través del bus i2c al sintonizador RDA5807M deberá ser enviado además por la línea serie (UART) al terminal "Teraterm" del PC para su visualización. Se debe emplear el siguiente formato para los mensajes enviados:

HH:MM:SS---> Trama_de_12_Bytes

Por ejemplo, para la trama que realiza la inicialización del sintonizador el mensaje mostrado en el Teraterm debe ser, suponiendo que han pasado 3 minutos y 25 segundos desde que se arrancó la ejecución del sistema:

00:03:25---> C0 04 00 00 01 00 84 D4 40 00 00 00

Todos los registros de configuración que permiten controlar vía i2c el circuito sintonizador deben ser consultados en su manual ("[RDA5807M datasheet v1.8\(2014\).pdf](#)").

Estas especificaciones se deben implementar de manera obligatoria para superar el diseño. Todos aquellos detalles que no estén descritos previamente pueden ser implementados a criterio del estudiante aplicando fundamentalmente principios de usabilidad para la aplicación.

La calificación máxima que puede obtenerse implementando las opciones básicas de estas especificaciones es de 8 puntos. Puede obtenerse una calificación superior implementando alguna de las mejoras que se indican en un apartado posterior.

Conexiones del sistema

Como puede comprobarse del análisis de las especificaciones del sistema, el mismo estará compuesto por cuatro elementos diferentes: 1) la tarjeta NUCLEO STM32F429Zi, que incorpora el microcontrolador; 2) la tarjeta *mbed app board*, que proporciona el LCD, el joystick, el zumbador, el sensor de temperatura, y el potenciómetro; 3) la tarjeta con el chip “RDA5807M”, que permite la reproducción de estaciones de radio FM y 4) el PC al que llegan las tramas serie del sistema.

Las conexiones entre todos estos elementos deben realizarse OBLIGATORIAMENTE siguiendo las indicaciones proporcionadas en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Tabla 1. Conexiones entre la *mbed app board* y la tarjeta NUCLEO STM32F429Zi

		Pin mbed app board	STM32F429	NUCLEO STM32F429Zi
VCC	+ 3.3V	DIP40	+ 3.3V	CN8.7 / +3.3V
GND	GND	DIP1	GND	CN8.11 / GND
LCD (SPI)	MOSI	DIP5	PA7	CN7.14 / D11
	SCK	DIP7	PA5	CN7.10 / D13
	CS	DIP11	PD14	CN7.16 / D10
	A0	DIP8	PF13	CN10.2 / D7
	RESET	DIP6	PA6	CN7.12 / D12
Joystick	Down	DIP12	PE12	CN10.26 / D39
	Left	DIP13	PE14	CN10.28 / D38
	Center	DIP14	PE15	CN10.30 / D37
	Up	DIP15	PB10	CN10.32 / D36
	Right	DIP16	PB11	CN10.34 / D35
Zumbador	PWM	DIP26	PA3	CN9.1 / A0
Temperature (I2C)	SCL	DIP27	PB8	CN7.2 / D15
	SDA	DIP28	PB9	CN7.4 / D14
LED RGB	R	DIP23	PD13	CN10.19 / D28
	G	DIP24	PD12	CN10.21 / D29
	B	DIP25	PD11	CN10.23 / D30
Potenciómetro		DIP20	PC0	CN9.3 / A1

Tabla 2. Conexiones entre el circuito RDA5807M y la tarjeta NUCLEO STM32F429Zi¹

RDA5807M		STM32F429	NUCLEO STM32F429Zi
Rojo	VCC	+ 3.3V	CN8.7 / +3.3V
Negro	GND	GND	CN8.11 / GND
Azul	SCL	PF1	CN9.19 / D69
Verde	SDA	PF0	CN9.21 / D68

¹ Se proporciona en Moodle un fichero binario para probar el funcionamiento y conexionado del sintonizador RDA5807M.

Módulos software del sistema

El software del sistema debe desarrollarse de manera modular, de forma que cada uno de los módulos que componen el mismo se encargue de la gestión de un aspecto determinado (tarea, periférico, sensor, funcionalidad, etc). Además de los módulos específicos, deberá desarrollarse un módulo principal que se encargará de la gestión y sincronización de todos ellos. Cada uno de los módulos específicos debe ser autocontenido y tendrá únicamente interacción con el módulo principal, sin posibilidad de ninguna comunicación directa entre módulos específicos que no esté controlada por el módulo principal.

El software correspondiente a cada uno de los módulos debe estar recogido en un fichero que contenga el código (.c) y un fichero de cabecera (.h).

Se proporciona en Moodle un proyecto con un ejemplo de un módulo de salida (LEDs de la tarjeta NUCLEO) y el programa de test que verifica su funcionamiento.

Para el desarrollo de la versión básica del sistema con las especificaciones obligatorias se proponen los siguientes módulos, cuya estructura se muestra en la Figura 3.

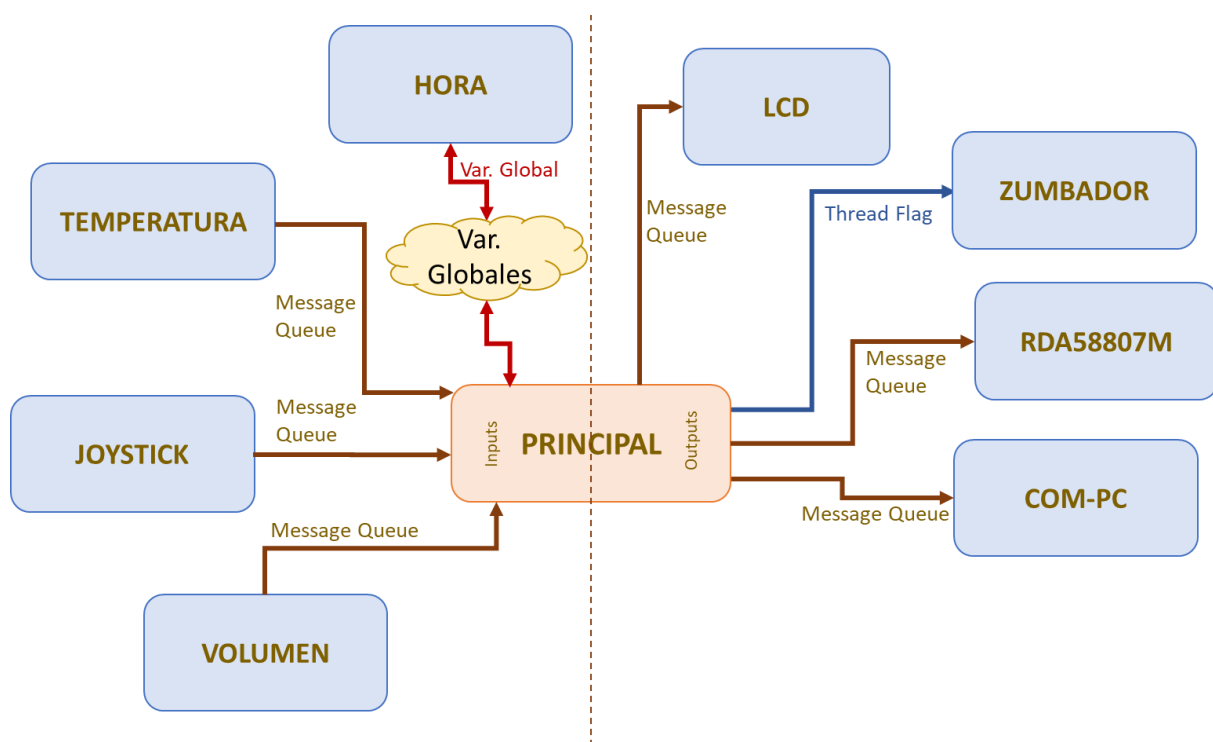


Figura 3. Estructura de los módulos que componen la aplicación

Módulo HORA	Módulo encargado de la gestión del reloj del sistema
Entrada	Ninguna
Salida	Método de sincronización: Variables Globales
	Actualiza las variables globales “horas”, “minutos” y “segundos”
Ficheros	clock.c y clock.h

Módulo TEMPERATURA	Módulo encargado de la lectura de la temperatura proporcionada por el sensor LM75B conectado al bus I2C
Entrada	Ninguna
Salida	Método de sincronización: Message Queue Envía un mensaje con la temperatura medida cada segundo
Ficheros	temp.c y temp.h (código de ejemplo en mbed)

Módulo JOYSTICK	Módulo encargado de detectar e identificar una pulsación en el joystick
Entrada	Ninguna
Salida	Método de sincronización: Message Queue Cada vez que se detecta una pulsación se envía un mensaje a una cola de mensajes con información de la tecla pulsada y si la pulsación ha sido normal o larga
Ficheros	joystick.c y joystick.h

Módulo VOLUMEN	Módulo encargado de detectar cambios en el nivel de volumen
Entrada	Ninguna
Salida	Método de sincronización: Message Queue Cada vez que se detecta un cambio de volumen se envía un mensaje a una cola de mensajes con información del nuevo nivel de volumen seleccionado
Ficheros	vol.c y vol.h (código de ejemplo en Moodle)

Módulo LCD	Módulo encargado de representación de información por el LCD conectado al bus SPI
Entrada	Método de sincronización: Message Queue Thread leyendo de cola de mensajes con la información que debe representarse en el LCD y la línea en que debe representarse
Salida	Ninguna
Ficheros	lcd.c y lcd.h

Módulo ZUMBADOR	Módulo encargado de generar un pitido en el zumbador mediante la generación de una señal PWM
Entrada	Método de sincronización: Thread Flags Thread a la espera de un flag que indique que hay que generar un pitido con unos valores de frecuencia, ciclo de trabajo y duración predeterminados
Salida	Ninguna
Ficheros	pwm.c y pwm.h

Módulo RDA5807M	Módulo encargado de gestionar el funcionamiento del sintonizador conectado al bus i2c
Entrada	Método de sincronización: Message Queue

	Thread leyendo de una cola de mensajes la información del comando que se debe enviar mediante i2c al sintonizador
Salida	Ninguna
Ficheros	rda5807m.c y rda5807m.h (código de ejemplo en mbed)

Módulo COM-PC	Módulo encargado de la comunicación con el PC a través de la línea serie integrada en el USB
Entrada	Método de sincronización: Message Queue Thread leyendo de cola de mensajes con la información que se debe enviar al PC (Teraterm)
Salida	Ninguna
Ficheros	com.c y com.h

Módulo PRINCIPAL	Módulo principal del sistema que se encarga de coordinar todos los demás. Es el módulo que decide las acciones a tomar en función del estado del sistema y de la información que reciba del resto de los módulos
Entradas	Métodos de sincronización: Message Queue y Variables Globales Todas las salidas del resto de los módulos
Salidas	Métodos de sincronización: Message Queue y Thread Flags Todas las entradas al resto de los módulos
Ficheros	principal.c y principal.h

Mejoras del sistema (opcionales)

Con el fin de obtener un sistema con más prestaciones y de esta forma poder optar a una mejor calificación del trabajo, cada estudiante puede implementar, de manera opcional, una o varias de las mejoras que se describen a continuación.

La implementación de estas mejoras puede suponer modificaciones tanto en el código como en la estructura de los módulos ya desarrollados, por lo que se sugiere encarecidamente que se realice una copia de seguridad del sistema con las especificaciones básicas antes de acometer las posibles mejoras.

Cada una de las mejoras implementadas correctamente puede suponer un incremento máximo de la calificación del valor indicado.

Mejoras propuestas:

- Manejo del LED RGB. La tarjeta de aplicaciones incorpora un LED tricolor que puede ser excitado mediante tres señales PWM distintas. Se propone una iluminación variable de intensidad de uno de los colores en función del volumen que el usuario haya seleccionado (+1 punto).
- Programación de la hora del sistema desde el PC. Se podrá programar la hora del reloj del sistema mediante el envío de una trama desde el PC (preferiblemente utilizando macros del Teraterm) a través del canal serie que conecta este con el microcontrolador (+1 punto).
El formato de la trama será el siguiente:
HORA hh:mm:ss, donde *hh* son horas, *mm* minutos y *ss* segundos
- Memorización automática de emisoras. Se trata de proveer al sistema de un mecanismo que permita realizar un barrido completo de todo el espectro de FM y memorice automáticamente las 16 estaciones que mejor señal capte el sintonizador. Para ello puede utilizarse una “pulsación larga” de una de las posiciones del joystick (+2 puntos).
- Interfaz gráfica. Se modificará toda la interfaz para que el control de toda la aplicación se realice con menús que aparecen en el LCD y que se pueden ir seleccionado mediante los gestos del joystick (+1 punto).
- Envío de la pantalla completa del LCD al Teraterm. Toda la información visualizada en el LCD, relativa al estado y los distintos elementos en cada uno de ellos, se mostrará en el terminal del PC. Debe elegirse el formato y la cadencia que se considere más adecuada en cada momento (+1 punto).
- Control del sistema desde el Teraterm. Se trata de permitir que el sintonizador responda mediante el envío de comandos desde el terminal del PC. Por poner un ejemplo, desde el PC es posible subir el volumen o pasar a la siguiente emisora. Se pueden implementar distintos menús para informar al usuario, de las distintas opciones, y mediante la pulsación de alguna tecla en el PC, realizar la acción deseada (+2 puntos).

Realización del diseño (IMPORTANTE)

Para la realización de este bloque de la asignatura (Bloque 3) se dispone de 7 sesiones presenciales más una sesión de evaluación. La evaluación se realizará en la **última sesión presencial (jueves, 22 de diciembre)**, si bien puede realizarse con anterioridad, previa solicitud al profesor de su grupo de laboratorio y siempre que se haya entregado tanto los proyectos como la documentación requerida con anterioridad.

Para afrontar con garantías el diseño, éste debe dividirse en una serie de hitos que permitan ir comprobando el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos que se vayan desarrollando.

Se deberán realizar entregas en Moodle con el progreso del diseño. Deben entregarse proyectos completos que demuestren el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos que se van desarrollando.

El calendario de entrega de módulos verificados es el siguiente:

Fecha	Módulos
Miércoles, 30/11/2022, 21:00	LCD, JOYSTICK, HORA
Miércoles, 7/12/2022, 21:00	TEMPERATURA, RDA5807
Miércoles, 14/12/2022, 21:00	COM-PC, VOLUMEN, ZUMBADOR
Miércoles, 21/12/2022, 21:00	Proyecto FINAL y memoria técnica

Adicionalmente a la implementación del diseño es necesario tener en cuenta que se debe entregar una memoria técnica al finalizar el diseño, siguiendo el modelo que se encuentra en Moodle ("*B3_Plantilla_Memoria.docx*").

La **memoria**, junto al proyecto de **Keil μ Vision de la aplicación final**, deberán subirse a Moodle antes del **miércoles, 21 de diciembre de 2022, a las 21:00 horas.**