

# IMPLEMENTACIÓN DE DECODIFICADORES DE BAJO COSTE DE RADIOBALIZAS DEL SISTEMA COSPAS-SARSAT.

Francisco Cabrera Almeida  
Aventino Rivero Camino

Javier Marcello Ruiz  
Aitxiber Ramón Armas

Departamento de Señales y Comunicaciones  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
e-mail: fcabrera@dsc.ulpgc.es  
fmarcello@dsc.ulpgc.es

**Abstract-** The Cospas-Sarsat Programme assist search and rescue activities on a worldwide basis by providing accurate, timely, and reliable alert and location data in case of a distress. The System is composed of radiobeacons, which transmit signals during distress situations; satellites in geostationary and low-altitude Earth orbits; ground receiving stations and mission control centers. To ensure the effectiveness and reliability of this System, radiobeacons have to accomplish the Cospas-Sarsat standards and have to be periodically checked using expensive radiobeacon decoders. This paper presents a low cost implementation of a radiobeacon decoder based on a multipurpose FM receiver (avoiding the need to use coherent digital demodulators), an amplifier, a Schmitt Trigger, a microcontroller and a PC. A graphical user interface has also been developed to extract and display all the relevant information included in the radiobeacon digital message. The excellent performance of this low cost system has been validated using commercial radiobeacon decoders.

- El segmento espacial, compuesto por alrededor de una decena de satélites, ubicados en órbitas de baja altura y en la geostacionaria, que detectan, procesan y retransmiten la señal recibida desde las radiobalizas.
- El segmento terreno, integrado por las distintas estaciones terrenas (LUT), que se encargan de recibir y procesar las señales procedentes de los satélites Cospas-Sarsat y por los centros de control de la misión (MCC), responsables del análisis de la información y del aviso a los centros coordinadores de rescate (RCC) del país donde se haya producido el siniestro.

## I. INTRODUCCIÓN

Garantizar la seguridad de las personas y mercancías se está erigiendo en uno de los mayores retos tecnológicos de estos últimos años. Dentro de este contexto se creó el Cospas-Sarsat [1], que es un programa internacional de búsqueda y salvamento que emplea plataformas espaciales para detectar y localizar a las personas que, encontrándose en peligro, hayan activado una radiobalizas de emergencia. Para la consecución de este objetivo un total de 37 países cooperan actualmente para implementar, mantener, coordinar y operar un sistema por satélite capaz de detectar señales de socorro. Fue gestado en 1982 por Francia, Estados Unidos, Canadá y la extinta Unión Soviética y hasta la fecha más de 17.000 personas han sido localizadas y rescatadas con vida gracias a este Programa.

El sistema Cospas-Sarsat se compone básicamente de los 3 elementos que se indican a continuación (ver figura 1):

- El segmento de usuario, formado por las radiobalizas (ELTs para uso aéreo, EPIRBs para uso marítimo y PLBs para uso personal) que son activadas, bien manual o automáticamente, en caso de que exista una situación de emergencia.



Fig. 1. Elementos del Sistema Cospas-Sarsat

Desde 1992 España coopera activamente como proveedor del segmento terreno, aportando desde su Estación de Maspalomas (INTA) tres LUTs y un MCC.

La elevada eficacia de este sistema radica en gran medida en garantizar que las radiobalizas de emergencia se ajustan a las especificaciones Cospas-Sarsat. Por ello, periódicamente, los organismos marítimos, aeronáuticos y civiles competentes en cada país verifican el correcto estado de las mismas mediante unos equipos denominados comprobadores de radiobalizas. Desafortunadamente el coste de estos equipos es elevado y existen en el mercado internacional pocos fabricantes. En este marco, el presente artículo describe una implementación de bajo coste de un equipo capaz de recibir, demodular y decodificar las señales procedentes de radiobalizas Cospas-Sarsat.

En el siguiente apartado se hace una breve reseña de las características técnicas y de codificación de las radiobalizas, para seguidamente abordar la implementación hardware y software del prototipo.

## II. RADIOBALIZAS DE 406 MHz

Para poder hacer uso de los satélites de Cospas-Sarsat, la radiobaliza de emergencia debe transmitir en una frecuencia de 121.5 MHz, 243.0 MHz ó 406.025 MHz. Las dos primeras frecuencias ya existían con anterioridad a la creación del Programa, pero debido a problemas de imprecisión en la localización y a su falta de identificación han remitido su uso considerablemente hasta tal punto que cesará su recepción por parte del Cospas Sarsat en febrero del año 2009.



Fig. 2. Radiobalizas Cospas-Sarsat

Las radiobalizas de 406 MHz, como las de la figura 2, transmiten una ráfaga de 5 W de potencia durante aproximadamente 0.5 segundos cada 50 segundos. La portadora de 406.025 es muy estable (para garantizar elevada precisión en la localización doppler) y está modulada en fase por un mensaje digital que proporciona información como el país de registro, identificación del barco o avión y opcionalmente localización si se obtiene a partir de un circuito de navegación GPS/GLONASS integrado o externo.

Estas balizas deben garantizar unas especificaciones técnicas muy estrictas de acuerdo con los estándares Cospas-Sarsat [2], [3] y [4].

Para satisfacer los requerimientos de precisión en la localización de los diferentes usuarios (marítimos, aeronáuticos y personales), se han creado diversas opciones de codificación agrupadas en 2 protocolos, los de usuario y los de localización. En cualquier caso la disposición de los bits es la que se muestra en la figura 3, donde se aprecia que, como preámbulo, los datos van precedidos por una portadora sin modular de 160 ms. de duración, 15 bits puestos a 1 para permitir el sincronismo de bit y una palabra de 9 bits (000101111) para el sincronismo de trama (cabe reseñar que para verificar el estado de una radiobaliza sin que la transmisión sea considerada como una situación de peligro,

ésta se activa en modo TEST generando una ráfaga con la palabra de sincronismo 011010000). Tras el preámbulo se dispone de 61 bits (PDF-1) para incluir la información deseada. Esta información está protegida mediante un código BCH con capacidad de corrección de hasta 3 errores.

En caso de necesitarse más campos para incluir otra información adicional o para dar mayor precisión a la localización se dispone de un segundo campo de datos (PDF-2) de 26 bits, que está protegido por otro código bloque BCH que añade la redundancia necesaria para permitir corregir hasta 2 errores.

## III. IMPLEMENTACIÓN HARDWARE

Las radiobalizas de 406 MHz usan una modulación digital de fase con una desviación de  $\pm 1.1$  rad [2]. El hecho que el salto de la desviación de fase no sea de  $\pi$  radianes como en una PSK convencional, permite realizar un tipo de demodulador alternativo.

De esta forma, no es necesario realizar un demodulador coherente mediante un bucle de costas que sería bastante costoso y laborioso. Sabiendo la relación existente entre la modulación de fase y la modulación de frecuencia, podemos plantear un demodulador indirecto de fase a partir de un demodulador de FM y un integrador tal y como se muestra el esquema de la figura 4. En este esquema se muestra un receptor AR5000 multibanda de propósito general y que nos va a servir como entrada de nuestro decodificador.

Tal y como se ha indicado con anterioridad, tras su paso por el amplificador, la señal es aplicada a un circuito comparador de Schmitt que transforma la señal recibida en una señal cuadrada con niveles de tensión estables y que dependen de la tensión de alimentación con el que ha sido suministrado.

Básicamente, el comparador de Schmitt es un comparador regenerativo con realimentación positiva que presenta dos tensiones de comparación a la entrada, en función del estado de la salida.



Fig. 4. Sistema Decodificador

	SINCRONISMO DE BIT	SINCRONISMO DE TRAMA	PRIMER CAMPO DE DATOS PROTEGIDO (PDF-1)				BCH-1	SEGUNDO CAMPO DE DATOS PROTEGIDO (PDF-2)	
			Bit de formato	Bit de protocolo	Código de país	Identificación ó identificación + posición	Código BCH de 21 bits	Datos de posición y suplementarios o datos de protocolo nacional	Código BCH de 12 bits
Portadora sin modular (160 msg)	Patrón de sincronismo de bit	Patrón de sincronismo de trama	25	26	27-36	37-85	86-106	107-132	133-144
Posición de bit	1-15	16-24	25	26	27-36	37-85	86-106	107-132	133-144
	15 bits	9 bits	1 bit	1 bit	10 bits	49 bits	21 bits	26 bits	12 bits

Fig. 3. Formato general del mensaje de 406 MHz

Una vez se ha obtenido la trama de bits en banda base, ésta se envía al microcontrolador PIC16F873 para la realización de tres funciones específicas:

- Almacenamiento de los datos de la trama de la radiobaliza en la memoria del microcontrolador.
- Comprobación de que la señal proveniente de la radiobaliza corresponde a un formato adecuado.
- Envío de los bits almacenados a través de la UART por la interfaz RS232 al PC para su visualización.

En primer lugar, debemos sincronizarnos con la señal demodulada procedente de la baliza para discriminar ésta de posibles fuentes de ruido. Para ello se realiza un submuestreo sobre los bits iniciales programados en código Manchester.

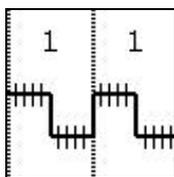


Fig. 5. Sobremuestreo en los primeros bits

Hay que considerar que si ya se ha realizado el submuestreo correctamente tal y como se muestra en la figura 5, se está recibiendo sin lugar a dudas la señal procedente de la radiobaliza. A continuación se procede a verificar la trama de sincronismo que siempre empieza por cero y un byte (208 en decimal (D0H), tal y como especifica en [2] para la emisión de un TEST.

Una vez se comprueba que el conjunto de bits anteriormente mencionados coincide con el sincronismo de trama que establece el formato de señal emitida por la radiobaliza, se procede a almacenar los datos que realmente contienen la información que posteriormente se decodificarán en el ordenador.

Por último, esta trama recibida es enviada al PC a través de la UART del microcontrolador. Para ello es necesario realizar la conversión de niveles de TTL a RS232 a través del MAX232 de *Maxim*. En la figura 6 se muestra la placa definitiva realizada en donde se observan cada uno de los elementos comentados.

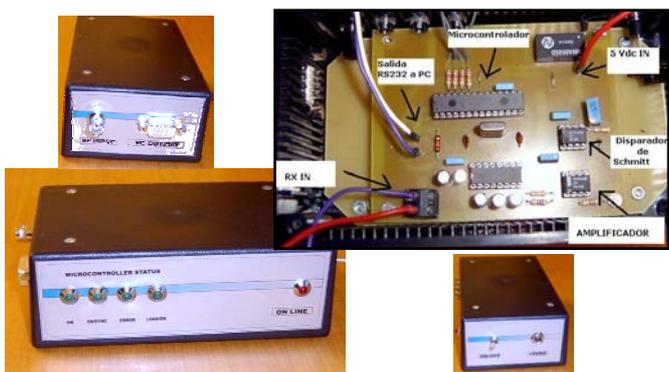


Fig. 6. Placa decodificadora implementada

#### IV. APLICACIÓN SOFTWARE

El interfaz de usuario desarrollado en *Visual Basic* [5] tiene como objetivo el mostrar, de una forma fácil y accesible, tal y como se ha comentado, el contenido de la trama enviada por la radiobaliza de Emergencia EPIRB al ser activada tras pulsar el botón de TEST.



Fig. 7. Estructura de la interfaz de usuario

La estructura de la interfaz es muy sencilla e intuitiva tal y como se observa en la figura 7. Dispone de un módulo de comunicaciones para conectarse con la UART del PC y tiene la misión de decodificar la trama binaria recibida desde el microcontrolador. Si la trama recibida no cumple los cánones estipulados, no se mostrará nada por pantalla.

Una vez que la señal es decodificada, se le da la opción al usuario de guardar la información recibida en formato ASCII para su posterior visualización.

La decodificación de cada uno de los campos de bits que aparecen en la figura 3 puede ser en algunos casos una tarea muy sencilla puesto que son uno o dos bits los que hay que decodificar o una tarea no tan sencilla como en el código de país.

Para ello se ha optado por realizar una base de datos externa al programa en la que se ha estructurado los diferentes códigos existentes asociándolo a cada uno de los países registrados según establece la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). De esta forma, se puede añadir cualquier registro adicional sin necesidad de acceder al código fuente de la aplicación.

#### V. RESULTADOS

Los resultados de este prototipo se han obtenido usando el receptor multibanda AR5000 sintonizado a la frecuencia de 406.025 MHz y usando un ancho de banda de filtro de FI de 30 KHz. En la figura 8 se observa como es la señal demodulada tras el receptor de FM. Se observa como antes de mandar la trama de 280 mseg, existen 160 mseg de portadora sin modular.

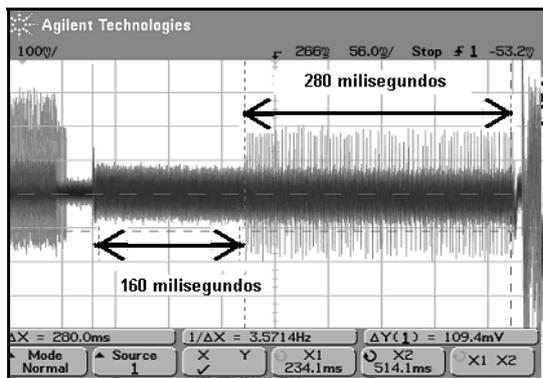


Fig. 8. Trama tras el demodulador de FM.

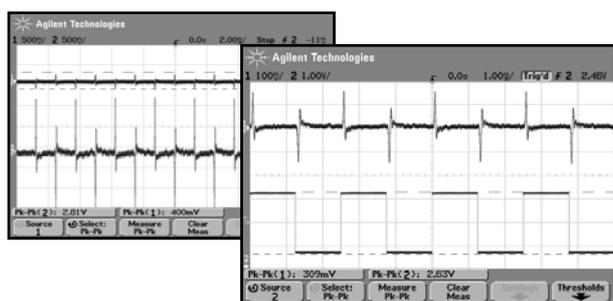


Fig. 9. Integración de la señal en banda base

En la figura 9 se distingue por un lado el efecto de pasar la señal por el amplificador y por otro al pasar por el comparador Schmitt, comprobándose una señal limpia y sin errores.

Para comprobar la verosimilitud de la señal resultante, que se ve en una pantalla como la que se muestra en la figura 10, se hicieron pruebas con diferentes comprobadores de radiobalizas comerciales en el mercado como el ARG5410 de Sartech y TRONDEC de Jotron. En ambos casos, se observó como la señal resultante es idéntica a la obtenida por estos receptores comerciales.

Las medidas con los sistemas comerciales deben hacerse situando la radiobaliza muy cerca de estos, debido a que estos receptores tienen un filtro de RF muy acentuado. Al trabajar nosotros con un receptor multifuncional, no ha sido necesario esta premisa. Existen medidas satisfactorias con separaciones en recintos cerrados del orden de más de 20 metros.



Fig. 10. Interfaz de usuario

## VI. CONCLUSIONES

Tras un estudio exhaustivo de los distintos elementos que conformarían el sistema decodificador a llevar a cabo, se ha conseguido implementar una placa decodificadora que interprete la trama de datos enviada por una radiobaliza de emergencia tras la activación en la misma del botón de TEST.

El uso del decodificador implementado unido al demodulador multifuncional FM permite tener receptores de muy bajo coste, sin necesidad de implementar demoduladores digitales coherentes.

Teniendo en cuenta que es necesaria la creación de un interfaz de usuario que permita visualizar el contenido del mensaje digital enviado por la radiobaliza de emergencia EPIRB, se ha creado un programa en Visual Basic que permite, de forma clara y concisa, la interpretación de dichos datos.

Se ha validado la fiabilidad de estos datos mediante la comprobación de estos con receptores comerciales, dando resultados completamente idénticos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a las empresas Hispano Radio Marítima S.A. y a NAUTICAL Luis Arbulu S.L. por prestarnos sus comprobadores de radiobalizas durante la fase de verificación de los datos decodificados.

## REFERENCIAS

- [1] [www.cospas-sarsat.org](http://www.cospas-sarsat.org)
- [2] C/S T.001 - Specification for Cospas-Sarsat 406 MHz Distress Beacons, Issue 3 - Revision 5
- [3] C/S T.007 - Cospas-Sarsat 406 MHz Distress Beacon Type Approval Standard, Issue 3 - Revision 10
- [4] C/S G.005 - Cospas-Sarsat Guidelines on 406 MHz Beacon Coding, Registration and Type Approval, Issue 2 - Revision 1
- [5] *Aitxiber Ramón Armas*, "Implementación de un sistema decodificador de Radiobalizas COSPAS SARSAT a 406 MHz." ULPGC, 2004.