

SISTEMA DE ADQUISICIÓN REMOTO PARA LA MEDIDA DE ELECTROCARDIOGRAMAS EN MEDIOS ACUÁTICOS

J. Hernández, M. Rodríguez, F. Rosa, A. Ayala y S. Rodríguez

Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas
Universidad de La Laguna
jonas@jet.es

ABSTRACT

This paper presents a remote acquisition system for electrocardiogram measurements of divers and free-marine mammals, simultaneously with the temperature and pressure of aquatic media in which they are.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema implementado posee dos grandes bloques o partes: La primera de ellas, que denominaremos *Sistema de Adquisición Autónomo* (SAA), funciona de modo independiente sobre el sujeto donde se van a realizar las medidas. El SAA consta de una fuente de alimentación, un circuito acondicionador de señal que adapta todos los parámetros analógicos para su transformación a valores digitales, un sistema de transmisión que permite enviar los datos vía radio y una tarjeta microcontroladora encargada de gestionar, mediante un software de control implementado al efecto, todo el proceso de adquisición, compresión, almacenamiento y transmisión de los datos. El segundo bloque es el denominado *Sistema de Procesamiento y Presentación* (SPP). Este, está formado por un sistema de recepción vía radio el cual recibe los datos del SAA y un ordenador personal encargado de administrar, mediante un software desarrollado a tal fin, la recepción, descompresión, almacenamiento y visualización de los datos adquiridos.

2. SISTEMA AUTÓNOMO

Debido a que las medidas se han de realizar bajo el agua, se hace necesario el diseño e implementación de un prototipo electrónico (SAA) capaz de operar en este medio marino, para lo cual toda la circuitería fue cuidadosamente encerrada en una caja hermética. El SAA, está formado por tres bloques principales:

- Un sistema microcontrolador que se encarga, mediante un software desarrollado para tal fin, de controlar la adquisición, almacenamiento y transmisión de los datos. Este software consiste en un programa que puede estar en estado de adquisición (donde se adquieren, comprimen y almacenan las muestras) o bien en estado de transmisión (donde se transmiten los datos al SPP). Para cambiar de un estado a otro, la microcontroladora tiene que saber si el sistema se encuentra sumergido o no. Para ello, el SAA posee dos sensores independientes basados en dos transductores de infrarrojo [1] que detectan la presencia de líquido sobre sus superficies.

- El sistema acondicionador de señal, que adapta las señales analógicas (ECG, temperatura y presión) a los canales de entrada del conversor analógico-digital del microcontrolador. Este, está formado por un conjunto de tres circuitos, uno para cada una de las señales analógicas que se desean medir [2, 3 y 4]. Para el ECG se utiliza un bioamplificador [5], mientras que para la presión y la temperatura son usados acondicionadores de señal.
- El sistema de transmisión se encarga de enviar los datos adquiridos por el SAA a la estación base donde se encuentra el SPP. Para realizar este proceso, se ha implementado un sistema de transmisión "Transmisor-Receptor" donde el primero se encuentra físicamente en el SAA, mientras el segundo lo hace en el SPP. El sistema transmisor está conectado al puerto RS232 de la micro y está basado en un módulo que opera en la banda de UHF (433.92 MHz), emplea modulación FSK, transmite con una potencia de salida de 9dBm y permite alcanzar una velocidad de transmisión de 28400 baudios, que es la máxima permitida por las características de la micro.

Todos los datos empaquetados, son enviados al sistema de procesamiento y presentación. Este, está formado por un ordenador portátil con un software encargado de gestionar la recepción, descompresión, almacenamiento y presentación de los datos. Con él, existe un receptor que opera también a una frecuencia de 433.92MHz y que está basado en un receptor de FM superheterodino (de doble conversión) que envía los datos captados al puerto serie del portátil previa transformación de los niveles TTL a los niveles RS232 con los que trabaja el puerto serie.

La figura 1 muestra el diagrama de bloques del sistema implementado.

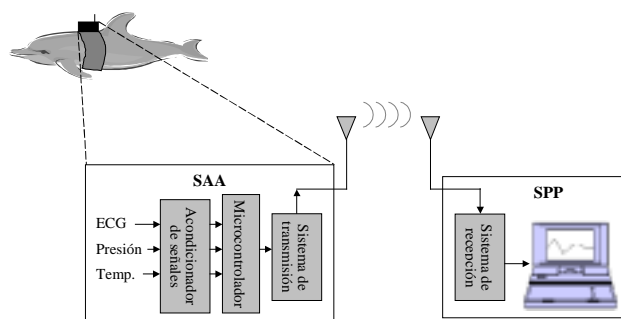


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de adquisición

3. SOFTWARE

- El software del SAA reside en la microcontroladora y es el encargado de gestionar los procesos de adquisición y transmisión de datos. El programa comienza con una "inicialización". Una vez concluida, si el SAA se encuentra fuera del agua, y además en la memoria hay almacenado un paquete de datos preparado, se procederá a efectuar la transmisión del mismo. En el caso de que no se cumplan ninguna de estas dos condiciones simultáneamente, se realizará la adquisición de otro nuevo paquete. Una vez finalizado cualquiera de estos dos procesos, o que se haya salido de ellos por inmersión del SAA durante la transmisión, o porque la memoria disponible de la microcontroladora se haya llenado durante la adquisición, se vuelve nuevamente al inicio.

Los datos adquiridos se organizan en la memoria de la microcontroladora en forma de paquetes. Estos, están formados por una cabecera, donde se almacenarían la temperatura, presión, hora actual, longitud del mismo, número del paquete y un código CRC de toda la cabecera, más las muestras del ECG adquiridas.

Cuando el sistema entra en el estado de transmisión, envía al SPP la trama inicial o de sincronismo, el paquete adquirido y el código CRC de ambos. Antes de la transmisión de cada byte, se calcula su código Manchester y se transmiten los dos bytes que genera dicha codificación y se comprueba que el SAA no se ha sumergido. En caso de que ello suceda, se sale de la transmisión y se vuelve al principio del programa.

- El software implementado en el SPP se encarga de la visualización y procesado de los paquetes enviados desde el sistema autónomo y permite conocer el estado del proceso de adquisición. Los paquetes recibidos en el SPP conservan el mismo formato que en el SAA pero, a la hora de ser almacenados, se les asocia una nueva variable que especifica el estado en el que el paquete es recibido. El programa comienza con la iniciación, seguidamente, se activa el bucle para la recepción de los paquetes enviados por el SAA. En el caso de que ocurriese un error de sincronismo de trama o un error de "timeout" en la cabecera o en los datos, se detiene su captura y se vuelve al inicio. De no ser así, y no se produjese ningún error, se captura el paquete completo, se realiza la decodificación Manchester de sus datos y se marca su estado si hay un error de CRC en la cabecera o en los datos. Posteriormente, se guarda en disco la información y se muestra por pantalla el estado del paquete, su longitud y su número.

4. RESULTADOS

Todo el sistema de adquisición (SAA y SPP) ha sido probado satisfactoriamente en varias campañas de medida que se han realizado por el Grupo de Comunicaciones y el Departamento de Fisiología Animal, ambos de la universidad de La Laguna. En estas campañas se ha podido observar las variaciones que sufre el ECG en condiciones de apnea a diferentes profundidades. En la figura 2 se muestra el ECG correspondiente a un varón adulto tanto en superficie (figura 2.a) como sumergido a 5 metros de profundidad (figura 2.b). En la figura 3 puede observar la evolución de la profundidad (figura 3.a) y la temperatura (figura 3.b) durante tres inmersiones seguidas.

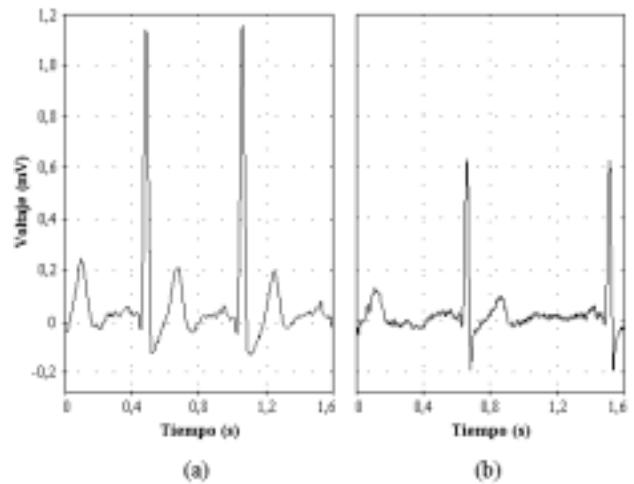


Figura 2. *Electrocardiograma adquirido. (a) Cuando el individuo está fuera del agua y (b) cuando está sumergido*

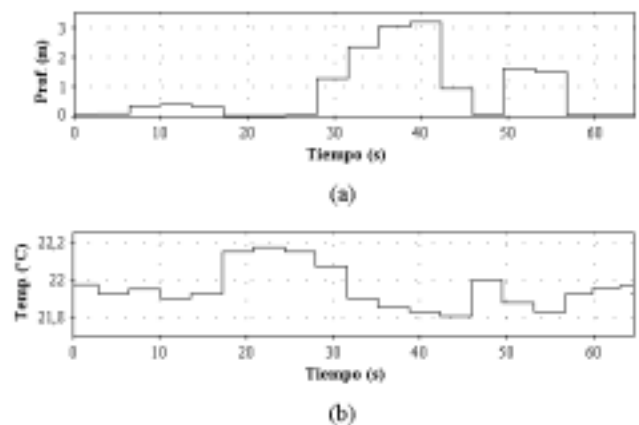


Figura 3. *Evolución temporal de la presión/profundidad (a) y de la temperatura (b)*

5. REFERENCIAS

- [1] I. Sinclair, "Sensors and transducers. Instrumentation techniques". ed. Newnes, pp182-209, 1995.
- [2] B. C. Nakra y K. K. Chaudhry, "Instrumentation measurement and analysis". MacGraw-Hill Publishing, pp. 107-174, 1984.
- [3] A. Creus Solé, "Transductores de temperatura, Transductores y medidores electrónicos", Serie Mundo Electrónico, Marcombo Boixareu Editores, pp.115-127, 1982.
- [4] A. Creus Solé, "Transductores de presión, Transductores y medidores electrónicos", Serie Mundo Electrónico, Marcombo Boixareu Editores, pp.69-77, 1982.
- [5] M. Rodríguez, A. Ayala, F. Rosa, F. Herrera, S. Rodríguez y M. Díaz-González, "Portable data acquisition system for EKG measurements in marine environments. Computer Methods and programs in Biomedicine, 62 pp. 145-152, 2000.