

Sistema de transmisión de RF de señales biomédicas para aplicaciones en telemedicina

RF biomedical signals transmission system for telemedicine applications

J. R. Cárdenas-Valdez , M. J. García-Ortega , Á. H. Corral-Domínguez , P. J. Campos-Hernández 

TECNM/IT de Tijuana, Blvd. Industrial s/n, Cd. Industrial, Tijuana 22435, Baja California, México.

Resumen

En este trabajo de investigación se desarrolla un sistema de radio frecuencia (RF) bajo modulación QPSK para la transmisión de señales biomédicas como EMG y ECG en la banda de los 2 GHz. El sistema se implementa mediante un transceptor que opera en aplicaciones 4G mediante un transceptor dual. Las señales se adquieren mediante la tarjeta de adquisición ECG/EKG y electrodos de superficie, el manejo y tratamiento de la señal se realiza en lenguaje C, a la modulación digital se le implementa un filtro pasa bandas cuadrático en la tarjeta ARRADIO+SocKit. La implementación desarrollada es una aportación a los trabajos de Telemedicina para la era pospandemia, el sistema hace una evaluación espectral de la calidad de la constelación QAM, así como el análisis espectral de la invasión de bandas adyacentes. Como trabajo futuro se pretende emigrar tumbó a la 5G en un transceptor que opere en las bandas de los 3-6 GHz.

Palabras Clave: EMG, QPSK, Pospandemia, RF, Telemedicina.

Abstract

In this research work, a radio frequency (RF) system under QPSK modulation is developed for the transmission of biomedical signals such as EMG and ECG in the 2 GHz band. The system is implemented through a transceiver that operates in 4G applications through a dual transceiver. The signals are acquired by means of the ECG/EKG acquisition card and surface electrodes, the management and treatment of the signal are carried out in C language, and a quadratic bandpass filter is implemented in the digital modulation on the ARRADIO+SocKit card. The implementation developed is a contribution to Telemedicine work for the post-pandemic era. The system makes a spectral evaluation of the quality of the QAM constellation, as well as the spectral analysis of the invasion of adjacent bands. As future work, it is intended to migrate to 5G in a transceiver that operates in the 3-6 GHz bands.

Keywords: EMG, QPSK, Post-pandemic, RF, Telemedicine.

1. Introducción

La pandemia actual trae consigo un incremento exponencial en la población con alguna patología o enfermedad que requiere monitoreo y tratamiento oportuno, aunado a eso en México se tiene una alta tasa de enfermedades crónicas como isquémicas del corazón y alta presión del 30.81% de tasa de morbilidad. Por lo que el monitoreo de pacientes requiere del uso de la tecnología para aplicaciones, transmisión digital y análisis clínicos (Serhani, 2020), esto incluye el uso de diversos dispositivos inalámbricos para el manejo de la información e implementación en dispositivos de hardware (Gamboa, 2019), además de adquisición de señales biomédicas y clasificación para determinar las patologías existentes en los pacientes, basado en sensado de electromiografía (EMG)

(Crusaley 2019). Los problemas de señales cardiacas producen a nivel mundial el 31% de las causas de muerte, ya sea de forma directa o relacionada, por lo que el manejo de señales de información de tipo electrocardiograma (ECG) es crucial durante el monitoreo de un paciente. Para los casos particulares de pacientes con patologías de enfermedades crónicas como isquémicas del corazón y alta presión se requiere de un monitoreo exhausto de diversas horas en un hospital o en el hogar del paciente, en estos casos es importante mantener la información completa al momento de determinar algún diagnóstico (Tsai, 2012). En la últimas dos décadas el incremento en el sensado muscular ha sido un tema con un repunte debido al desarrollo de tarjetas y dispositivos embebidos en el mercado, la señal de tipo ECG otorga gran cantidad de información al momento de hacer conversiones de

*Autor para la correspondencia: jose.cardenas@tectijuana.edu.mx

Correo electrónico: jose.cardenas@tectijuana.edu.mx (José Ricardo Cárdenas-Valdez), manuel.garciao@tectijuana.edu.mx (Manuel de Jesús García-Ortega), angel.corral@tectijuana.edu.mx (Ángel Humberto Corral-Domínguez), paul.campos@tectijuana.edu.mx (Paul Javier Campos-Hernández)

la actividad corporal a voltaje en la tarjeta de recepción (Hung, 2003).

Existen diversos trabajos en el estado del arte relacionados a las aplicaciones y manejo de señales biomédicas, en (Bhaleras, 2019) se desarrolló un sistema de encriptamiento para aplicaciones en la telemedicina diseñado para la detección de regiones de una señal ECG comparada contra una base de datos. En (Cárdenas-Valdez, 2020) se desarrolló un sistema clasificador basado en soporte de máquinas vectoriales (SVM) para señales ECG bajo 30 pruebas con una alta precisión de más de 93% de los casos para detección de las ondas de QT Corta. En (Dinashi, 2022) se desarrolla un método para la compresión de información de EMG, así como reconstrucción de la señal transmitida para procesos de codificación y decodificación de información. En (Sunitha, 2015) se desarrolla un sistema de implementación en hardware mediante VHDL para análisis y clasificación de señales ECG.

Uno de los casos bajo prueba y análisis es el envío de señales con distintos segmentos diferentes de longitud de onda QT, la onda PQRST, van unidas entre sí por una línea isoelectrica; y cada onda representa una etapa diferente del latido del corazón, es posible distinguir la existencia de síndromes para diagnosticar y proveer un tratamiento eficaz. Dentro de las enfermedades que es posible detectar con el uso del electrocardiograma destacan los síndromes de QT corta y QT larga (Rudic, 2014), síndrome de Brugada (Leslie, 2010) y el síndrome Wolff-Parkinson-White (Surawicz, 2009).

Este artículo se divide en las siguientes secciones, en la Sección 2 se describe la metodología de la implementación realizada, así como la implementación en hardware, en la Sección 3 se muestran los resultados obtenidos de la transmisión y recepción de la señal QPSK. Finalmente, en la Sección 4 se muestran las conclusiones del trabajo desarrollado.

2. Desarrollo

En este trabajo de investigación se realizó el proceso de adquisición de señales biomédicas de EMG, mediante el sistema embebido ECG/EKG con electrodos de superficie de contacto. En la Figura 1 se observan dos paquetes de información a transmitir almacenadas como variables del repositorio médico de datos libres como PyshioNet, en este caso en particular se seleccionan dos trenes de señales digitalizadas para ser moduladas y transmitidas en la banda de los 2 GHz mediante modulación QPSK con la finalidad de desarrollar una propuesta para aplicaciones de RF en la era pos-Covid. En este caso las señales comprenden 12 periodos con 5 mil muestras, las señales son discretizadas con una resolución de 14 Bits por lo que cada periodo comprende 16384 partes por evento.

Cuando se verifican sistemas de transmisión de datos inalámbricos mediante RF generalmente se utiliza equipo de medición como analizador vectorial de señales (VSA) para medir y caracterizar señales que van a operar en la banda de lo 2 GHz. Sin embargo, el sistema transceptor permite tener control total de los esquemas de modulación QPSK e ir escalando en órdenes de n-QAM más complejas. El sistema transmisor basado en QPSK que se muestra en la Figura 2 consiste

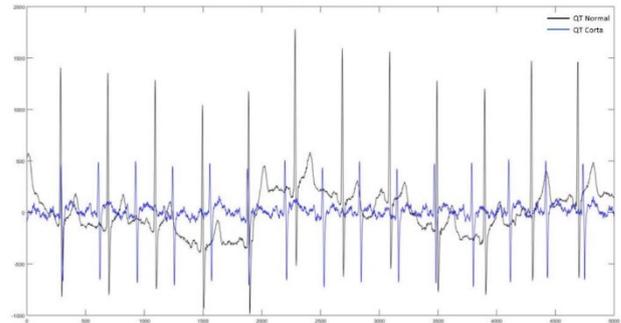


Figura 1: Ondas ECG, QT corta (azul) y QT largas en la etapa del transmisor.

En este bloque de herramienta se define la etapa para el envío de datos y parámetros de la transmisión QPSK del sistema a través de la configuración que se especifica en el dispositivo ADI. En la Figura 3 se muestra el bloque de herramientas del sistema AD9361 para indicar los parámetros de control de la operación. En esta etapa se asigna la dirección IP, que enlaza la computadora personal (PC) con la plataforma bajo prueba, en número de entradas de datos de canales, el tamaño de los datos de entrada del canal, el número de canales de salida y tamaño de los paquetes de datos.

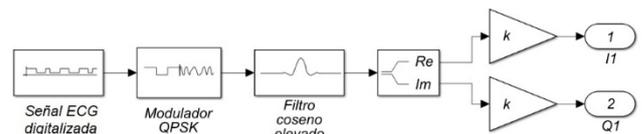


Figura 2. Etapa del transmisor de RF, ARRADIO

La plataforma experimental considera la transmisión de datos en modulación QPSK de una señal de ECG, en este caso se considera un transceptor dual de canales 2x2, el sistema se pasa mediante un filtro de tipo FIR que opera con una frecuencia portadora de 2.40 GHz, para una tasa de muestreo de 22 Bits como señal de salida, como se observa en la Figura 4. En este caso para el transceptor de RF AD9361, se envía mediante LINUX los datos al FPGA-SoC. La operación de la tarjeta contiene un balun para en un rango de operación de 2.4-2.5 GHz para anchos de banda del orden de hasta 50 MHz.

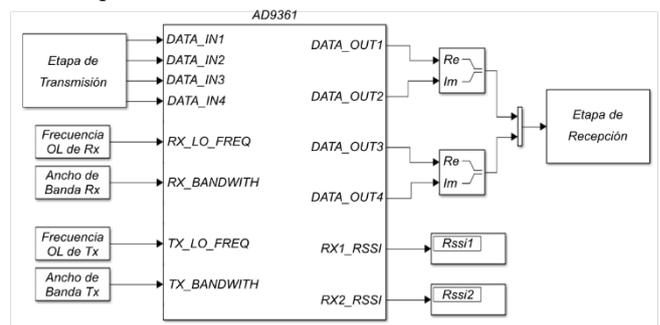


Figura 3. Desarrollo de la etapa de transmisión, mediante el bloque de herramientas del AD9361.

Para desarrollar esta operación se realiza la adquisición de datos mediante la tarjeta ECG/EKG la cual de modulada como se observa en la Figura 2, para enlazarlo a la etapa del bloque de herramientas asignada para el transceptor de RF que se muestra en la Figura 3.

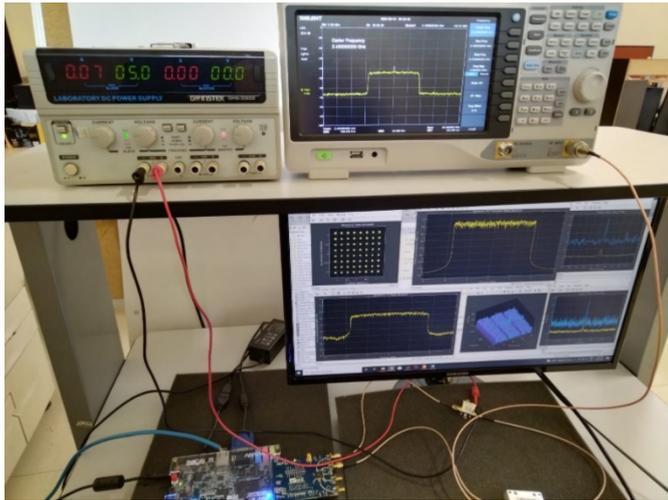


Figura 4: Plataforma experimental de la tarjeta Cyclone V FPGA SoC-Kit, AD9361 Transceptor de RF Agile con frecuencia portadora de 2.40 GHz.

3. Resultados

Para desarrollar esta operación se realiza la adquisición de datos mediante la tarjeta ECG/EKG la cual de modulada como se observa en la Figura 2, para enlazarlo a la etapa del bloque de herramientas asignada para el transceptor de RF que se muestra en la Figura 3. La constelación QPSK representada Esta constelación representa la distorsión en fase y en amplitud del sistema, la señal digitalizada es empaquetada en bloques de 2 bits y se modulan con cambios de amplitud, en esta etapa no se observa distorsión en amplitud debido a la naturaleza del tipo de modulación que solo hace cuatro etapas de defasamiento con la misma potencia de transmisión. La diferencia que se nota es ruido de fase en el rango de -110 a 110 dBc.

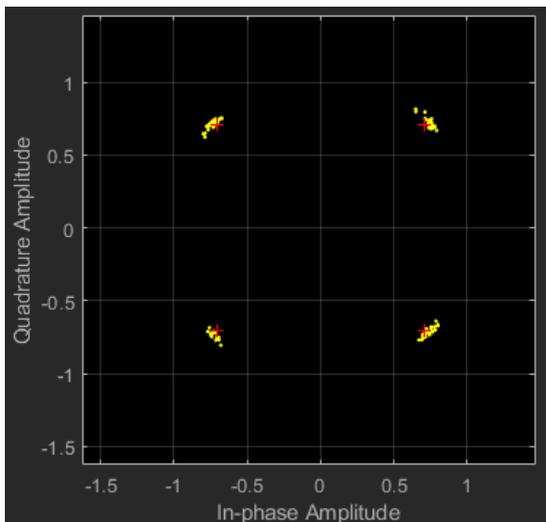


Figura 5. Monitores de la constelación espectral QPSK transmitida.

En la Figura 6 se observa el transmisor en el dominio de la frecuencia, en este caso de tiene una potencia máxima de 2 dBm en la portadora con un ancho de banda de 250 KHz, en el caso del receptor en la Figura 7 se observa una potencia en el receptor de -5 dBm en la portadora, el ancho de banda de recepción es de 100 KHz debido a la etapa de filtro de coseno elevado de la etapa del transmisor, y al momento de la

demodulación, la trama de datos recibida en el receptor es menor que la generada en el transmisor.

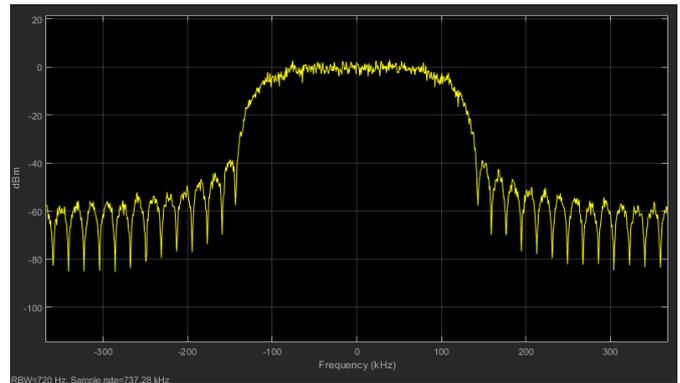


Figura 6. Ancho de banda QPSK de 30 MHz del transmisor AD9361.

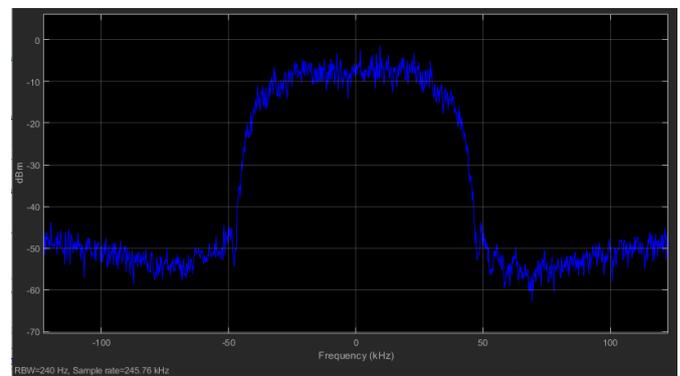


Figura 7. Ancho de banda QPSK de 30 MHz del receptor AD9361.

En la Figura 8 se muestran 16 periodos de la señal ECG transmitida, en este caso las relacionadas a las QT normal y QT corta, el sistema QPSK receptor contiene las etapas de control de ganancia automática, filtro cosenoidal, etapa de compensación de frecuencia y recuperación de tiempo.

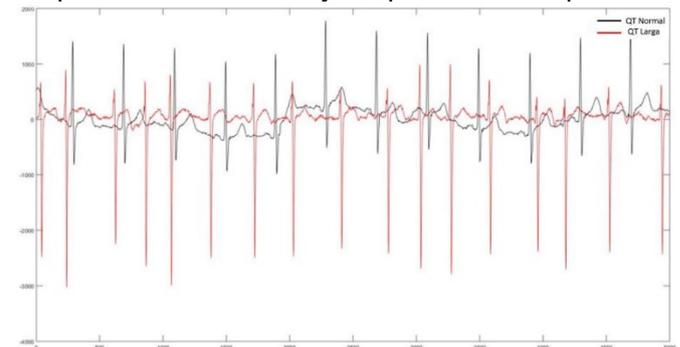


Figura 8: Ondas ECG QT corta (azul) y QT largas en la etapa del receptor.

Referencias

Serhani, H. T. Kassabi, E., Ismail, H., Nujum, A., (2020). ECG Monitoring Systems: Review, Architecture, Processes, and Key Challenges. *Sensors*, 20(6):1796, pp. 1-40.

Gamboa, D., Coria, L., Cárdenas, J. R. Ramírez, R., Valle, P. A., (2019). Hardware Implementation of a Non-Linear Observer for a Diabetes Mellitus Type 1 Mathematical Model. *Sensors*, 23(4), pp. 1475-1486.

Tsai, T., Hong, J., Wang, L., Lee, S., (2012). Low-Power Analog Integrated Circuits for Wireless ECG Acquisition Systems. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 16(5), pp. 907-917.

- Hung, K., Yuan-Ting Z., (2003). Implementation of a WAP-based telemedicine system for patient monitoring, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 7(2), pp. 101-107.
- Bhalerao, S., Ahmad Ansari, I., Kumar, A., Kumar Jain, D., (2019). A reversible and multipurpose ECG data hiding technique for telemedicine applications, *Pattern Recognition Letters*, 125, pp. 463-473.
- Reyes Crusaley, L. D. , Cárdenas-Valdez, J.R. Vázquez, G. E. García-Ortega, M. de J., Calvillo-Téllez, A., (2019). Sistema de clasificación SVM de señales electromiográficas extraídas en un sistema embebido. *Research in Computing Science*, 148(2), pp. 135-141.
- Cárdenas-Valdez, J. R., Valdez-Luis, D. García-Ortega, M. J., Corral-Domínguez, A. H., Galaviz-Aguilar, J. A., (2020). SVM Classifier and evaluation of muscle power of EMG signals and Python implementation, *International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE)*, pp. 20-22.
- Sunitha, N., (2015). Implementation using VHDL of an ECG signal using CSP, *International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies (ICCPCT-2015)*, pp. 1-4.
- Rudic, B., Schimpf, R. and Borggreffe, M. (2014). Short QT syndrome—review of diagnosis and treatment. *Arrhythmia & electrophysiology review*, 3(2), pp. 76-79.
- Leslie, L., Felmlee, N. (2010). Brugada syndrome. *Unmasking a silent killer, Nursing: Spring 2010*, 40, pp. 8-10.
- Surawicz, B., et, al. (2009). AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part III: intraventricular conduction disturbances: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology, *Journal of the American College of Cardiology*, 53(11), pp. 976-981.