

## SISTEMA DE ADQUISICIÓN MULTICANAL PARA SEÑALES PPG

Jalife Chavira Jaime Misael, Corral Martínez Luis Francisco, Trujillo Schiaffino Gerardo,  
Garduño Wilches Ismael, Salas Peimbert Didia Patricia y Anguiano Morales Marcelino  
Instituto Tecnológico de Chihuahua  
Ave. Tecnológico #2909, Chihuahua, Chih., México, 31310,  
Tel., (614)-201-2000  
jmjalife@itchihuahua.edu.mx, lfcorral@itchihuahua.edu.mx

### RESUMEN

Se presenta el desarrollo de un sistema multicanal de adquisición de datos para seis señales fotopletismográficas (PPG). El sistema cuenta con una etapa de acondicionamiento de señal así como una etapa de digitalización mediante la tarjeta de adquisición de datos NI- USB 6009. Se elaboró una interfaz gráfica de usuario en LabView que despliega de manera simultánea las seis señales y además las registra para su posterior procesamiento. El sistema fue probado y demostró la capacidad de adquisición simultánea de seis señales PPG a un bajo costo.

Palabras Clave: PPG, Multicanal, LabView, Simultánea

### ABSTRACT.

We present the development of a multichannel data acquisition system for six simultaneous photoplethysmographic (PPG) signals. The system includes two stages: signal conditioning and digitalization through the data acquisition card NI USB-6009. A graphical user interface was developed to display simultaneously the six PPG signals. The system was tested and it demonstrated the ability of multiple PPG signal acquisition at low cost.

Keywords: PPG, Multichannel, LabView, Simultaneous

### 1. INTRODUCCIÓN

La técnica de PPG es ampliamente utilizada hoy en día para el monitoreo del pulso cardíaco y monitoreo de la saturación de oxígeno en la sangre, tanto en ambientes hospitalarios como ambulatorios [1]. Sin embargo, esta técnica ha sido estudiada recientemente [2,3] con fines de diagnóstico de obstrucciones vasculares periféricas, encontrándola viable para el diagnóstico de padecimientos relacionados con el sistema vascular. La principal ventaja que presenta esta técnica para el diagnóstico de este tipo de enfermedades es su bajo costo, en comparación de otros métodos de diagnóstico por imagen o de análisis de laboratorio. Los estudios PPG para el diagnóstico de enfermedades vasculares generalmente utilizan señales simultáneas bilaterales PPG. De aquí la importancia de desarrollar un sistema de adquisición con la capacidad de extraer seis señales de manera simultánea que fuera amigable con el usuario, no invasivo y fácil de transportar, sin comprometer la sensibilidad del dispositivo.

Tomando estas consideraciones en cuenta en este trabajo se desarrolló un sistema de adquisición de seis señales PPG que incluye el software de adquisición en LabView® y el hardware con dos etapas la de acondicionamiento y la de digitalización en la cual se utilizó la tarjeta NI-USB 6009. En la figura 1 se muestra un diagrama general del sistema de adquisición.

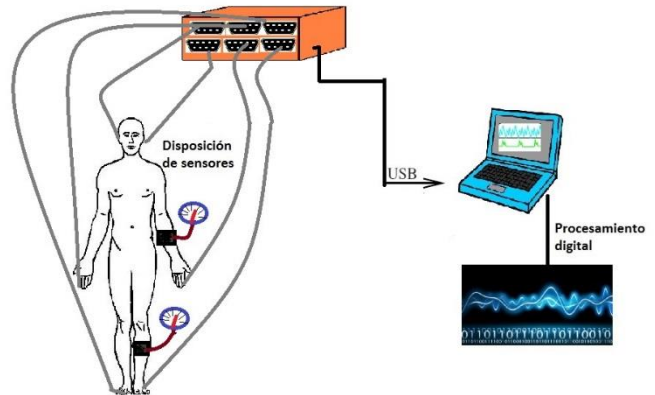


Figura1. Diagrama del sistema de adquisición.

### DISEÑO DE HARDWARE

#### 1.1. Materiales

Amplificador Operacional dual MCP6002 (Micorchip E.U.A.), Filtro Buterworth pasabajas 8vo. Orden Max 291 (Maxim integrated E.U.A.), NI-USB 6009 (NI E.U.A.), Lab VIEW (NI E.U.A.) Sensores de oximetría de pulso Nellcor™ Adult SpO2 Sensor, DS-100, Pulse Sensor™.

#### 1.2. Acondicionamiento de la señal

El primer amplificador del MCP6002 se utiliza como amplificador de transimpedancia [4], el cual tiene una corriente de polarización de entrada de aproximadamente 19 pA que lo hace ideal para la conversión de corriente a voltaje ya que la corriente de salida del fotodiodo es de unos cuantos microamperios. Este amplificador fue alimentado unipolarmente a un nivel de 5Volts. La ganancia que se le asignó a esta etapa es dependiente del canal ya que se requieren amplificaciones distintas para la señal proveniente de sensor ubicado en el dedo de un pie y para la señal del sensor ubicado en el dedo de la mano. Lo anterior se hace necesario ya que la intensidad del led de ambos sensores es fija, sin embargo la cantidad de tejido por transiluminar en el dedo del pie es mucho mayor, por lo que en este caso se produce una menor fotocorriente. El circuito esquemático se puede observar en la figura. 2. La expresión matemática para determinar el voltaje de salida se da en la ecuación (1):

$$A_{rc} = \frac{v_o}{i_1} = -R_2 \quad (1)$$

$$v_0 = (R_2)(i_1)$$

$$v_0 = (330k\Omega)(1\mu A) = 330mV$$

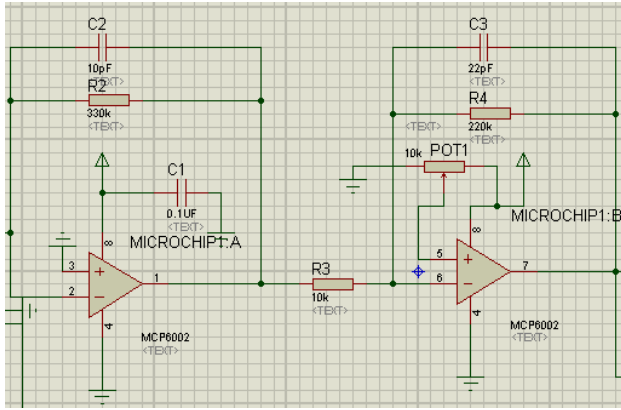


Figura 2. Amplificador de Transimpedancia.

La siguiente etapa de acondicionamiento de señal consta de un amplificador inversor cuya ganancia quedó determinada en la ecuación (2):

$$A = \frac{R_4}{R_3} = \frac{220k\Omega}{10k\Omega} = 22 \quad (2)$$

Después de obtener la señal amplificada se utilizó un filtro antialiasing (Butterworth pasabajas) para evitar frecuencias armónicas no deseadas en la señal digitalizada. Se utilizó el circuito integrado MAX 291 [5] con la configuración de fuente unipolar que se muestra en la figura 3.

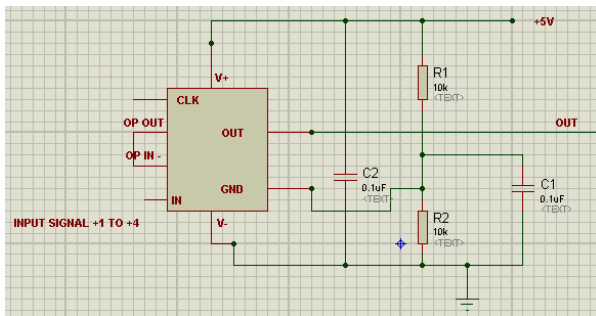


Figura 3. Configuración del Filtro MAX 291.

El circuito integrado MAX291 tiene la ventaja de que se alimenta con 5 volts. Se utiliza un capacitor externo para generar una señal de reloj utilizando un oscilador interno y así generar la frecuencia de corte deseada. La ecuación (3) para la elección del capacitor que de una frecuencia de corte de 30Hz quedo de la siguiente manera:

$$f_{osc}(kHz) = \frac{10^5}{3C_{osc}(pF)} \quad (3)$$

$$3 = \frac{10^5}{3C_{os}(pF)}$$

$$C = 11111.1111 pF$$

El valor comercial más cercano es de 10000 pF.

### 1.3. Fabricación

Después de concluir con el diseño de la etapa de acondicionamiento del sistema, se desarrolló el circuito impreso para el montaje de los componentes. La tablilla del circuito fue diseñada en el software Ares Proteus y fue fabricada en el laboratorio de instrumentación y control del Instituto Tecnológico de Chihuahua. El prototipo final con los componentes montados se muestra en la figura 4.

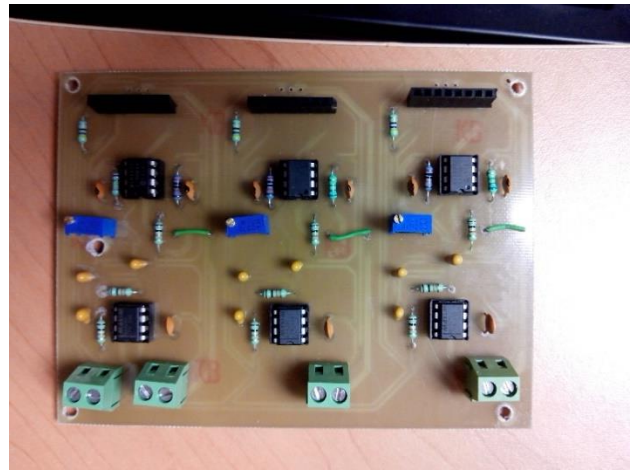


Figura 4. Prototipo de tablilla con los componentes armados.

Cada tablilla tiene la posibilidad de acondicionar tres canales de los sensores Nellcor™ Adult SpO2 Sensor, DS-100, para la adquisición de seis señales PPG y se fabricaron dos tablillas. Para un mejor uso del sistema las tablillas se montaron dentro de un gabinete al cual se le añadieron seis conectores tipo DB9 para hacerlo compatible con los sensores comerciales. El prototipo final del sistema multicanal de adquisición de señales PPG se muestra en la figura 5. En este mismo gabinete se incluyó la tarjeta USB-6009 con la cual se digitalizan las señales PPG.



Figura 5. Gabinete del prototipo final con las seis entradas DB9.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 2.1. Software de adquisición

Se desarrolló un software de adquisición de datos para la digitalización de las señales PPG en LabView® para lo cual se utilizó la función Daq Assistant [6]. Para cada uno de los canales se anidaron en un ciclo While Loop, el asistente se configuró para realizar una adquisición de muestras en modo continuo y la frecuencia de muestreo se estableció en 1KHz. Una vez adquiridas, las señales son desplegadas en una gráfica por cada canal. Además de ser desplegadas las gráficas, se empleó la función de Write Biosignal del Biomedical Tool-Kit de LabView® que almacena la señal de cada canal en un archivo. Una vez almacenadas las señales, éstas pueden emplearse para su posterior procesamiento y análisis. La figura 6 muestra el diagrama a bloques del programa.

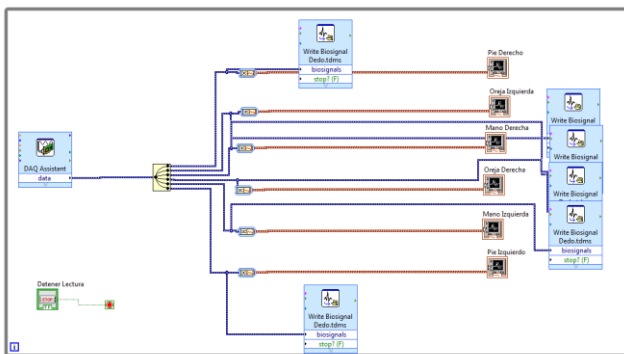


Figura 6. Diagrama a bloques del Software de Adquisición.

### 3.2 Adquisición de las señales.

El hardware de adquisición entrega cada una de las seis señales PPG con su referencia de tierra, las cuales se conectaron a los canales de la tarjeta NI-USB-6009, AI0 para oreja Izquierda, AI4 para oreja derecha, AI1 para mano derecha, AI5 para mano Izquierda, AI2 para pie derecho y AI6 para pie izquierdo. El equipo desarrollado permite la adquisición simultánea de seis señales PPG de una manera eficiente sin distorsión por ruido. En la figura 7 se muestra la interfaz de usuario con las señales desplegadas, tomadas de un voluntario.

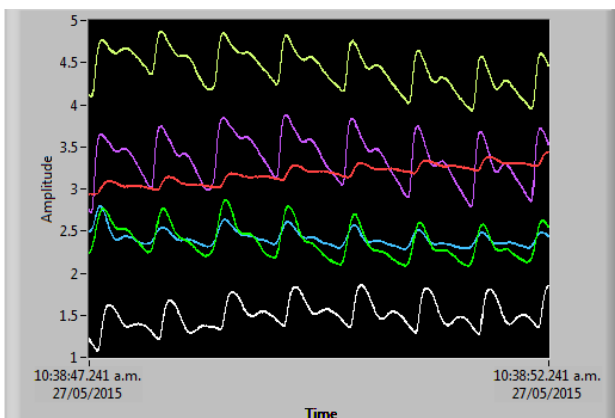


Figura 7. Señales desplegadas en el panel frontal.

## 3. CONCLUSIONES

Este estudio presenta el diseño de un sistema de adquisición simultánea de seis señales PPG utilizando la tarjeta NI-USB 6009. El software para controlar el equipo se desarrolló en Labview®, el cual en su panel frontal despliega las seis gráficas de las señales PPG adquiridas. Este sistema puede ser utilizado para el posterior procesamiento de las señales con fines de diagnóstico clínico, ya que demostró ser versátil y amigable con el usuario. En la figura 8 se muestra a un voluntario cuando se le realizaron las mediciones con el sistema.



Figura 8. Fotografía de voluntario con los sensores.

## 4. REFERENCIAS

- [1] Aymen A. Alian, Kirk H. Shelley "Photoplethysmography: Analysis of the Pulse Oximeter Waveform" in Monitoring technologies in acute care environments, 1<sup>st</sup>, Jesse M. Ehrenfeld, Maxime Cannesson, Ed. New York: Springer, 2014, pp. 165-178.
- [2] Chien-Ming et al. "Synchronizing chaotification with support vector machine and wolfpack search algorithm for estimation of peripheral vascular occlusion in diabetes mellitus Chien". Biomedical Signal Processing and Control, vol.9, pp. 45-55, January 2014.
- [3] Allen J., "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement." *Physiol. Meas.* vol.28, pp.R1-R39, Jan 2007.
- [4] Zhang Feng "Pulse Oximeter Design Using Microchip's dsPIC® Digital Signal Controllers (DSCs) and Analog Devices." Microchip 2013 MAX 291, Data Sheet, Maxim Integrated™ 2010 San Jose CA
- [5] Trujillo Gerardo, Salas Didia. 2014. Apuntes Fundamentos de LabVIEW™, pp. 184-213.