

MONITOR DE SIGNOS VITALES CON COMUNICACIÓN WIRELESS PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DESARROLLADO EN LABVIEW Y LA TARJETA MYRIO-1900

Héctor García Estrada^a, Brandon Sánchez Magaña^a, Amaranta Isabel Rivas Reyes^a, María G. Ramírez Sotelo, Agustín I. Cabrera Llanos^a

Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, México, CDMX aicllbuda@yahoo.com

RESUMEN

Se presenta el diseño y desarrollo de un monitor de signos vitales con conexión inalámbrica destinado para una unidad de cuidados intensivos considerando las variables de electrocardiografía, oximetría, neumografía, temperatura, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y saturación parcial de oxígeno. Este proyecto funciona en tres etapas: adquisición de las señales, procesamiento y transmisión. Se diseñaron circuitos de adquisición, así como también se procesaron las señales mediante la tarjeta myRIO-1900 programada en LabVIEW. Posteriormente se obtuvo la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la saturación parcial de oxígeno. Finalmente, la transmisión de la información se realizó mediante una red Wi-Fi generada con la myRIO mediante direccionamiento IP y programando una interfaz en LabVIEW para su despliegue gráfico en una PC.

Palabras clave: LabVIEW, myRIO, Wi-Fi

ABSTRACT

This project presents the design and development of a vital signs monitor, with Wireless connection, destined for an intensive care unit. It considers next variables: electrocardiography, pulse oximetry, pneumography, body temperature, heart rate, respiration rate, and partial oxygen saturation. The stages that make up the project are three: data acquisition, signal processing, and transmission. We designed data acquisition circuits. Also, signal processing was carried out by acquisition board myRIO-1900, that was programming on LabVIEW environment. Subsequently, we got heart rate, respiration rate, and partial oxygen saturation. Finally, data transmission was done by WiFi network, generated with the acquisition board myRIO-1900, and IP address. The results are shown on a LabVIEW interface that was programmed previously.

Keywords: LabVIEW, myRIO, Wi-Fi

2. INTRODUCCIÓN

1.1 Monitor de signos vitales

En el área de la salud es de gran importancia el conocer a cada instante la evolución fisiológica del paciente, lo cual permite a médicos y enfermeras valorar las condiciones generales y específicas de este y tomar decisiones con base a esa información. Ante esta necesidad, surgió un avance tecnológico conocido como monitor de signos vitales.

Los monitores de signos vitales dependiendo de su configuración, adquieren, amplifican, procesan, registran y despliegan señales y/o información numérica para varios parámetros fisiológicos. Las variables por medir suelen depender del uso que se le dará al monitor, así como de las especificaciones técnicas¹.

- Monitor de signos vitales Básico: los parámetros que despliega son electrocardiograma, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva y oximetría de pulso.
- Monitor de signos vitales Avanzado: los parámetros que despliega son electrocardiograma, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva, presión invasiva, oximetría de pulso, cinografía, monitoreo de segmento ST, y en algunos casos se agregan los parámetros de índice biespectral, gasto cardíaco, espirometría y otros parámetros de acuerdo con la especialidad en la que se instale.

En caso del monitor desarrollado, a excepción de la medición de la presión arterial no invasiva, se cumple los requisitos de un monitor de signos vitales básico.

1.2 NI myRIO-1900

La tarjeta de adquisición y control de señales NI myRIO-1900, es un dispositivo de diseño embebido, el cual cuenta con múltiples entradas y salidas para adquisición y envío analógicas y digitales, canales de audio, una alimentación de salida, entre otras cosas. Esta se conecta a un ordenador por medio de un cable tipo USB o mediante una red inalámbrica propia. La tarjeta de control NI myRIO-1900 posee tres puertos principales, los cuales son nombrados mediante las letras A, B y C de los cuales, los dos primeros son conocidos como puertos de expansión (MXP) mientras que el último es llamado puerto del mini sistema (MSP). Estos cuentan con una descripción del tipo de señales que pueden recibir o emitir².

¹ Secretaria de Salud. (2005, enero). CENETEC. Retrieved from Guía Tecnológica No. 13: Monitor de Signos Vitales.: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/13gt_monitores.pdf

² National Instruments. (2018, febrero 27). Manuales de Productos. Retrieved from National Instruments: <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047c.pdf>

1.3 LabVIEW

El uso de la tarjeta myRio-1900 permite una facilidad de programación en el software LabVIEW el cual, es un lenguaje grafico de programación, utilizado como estándar en el desarrollo de aplicaciones de test y medida, control de instrumentación y sistemas de adquisición de datos (Virtual Instrument). National Instruments ha ido desarrollando desde hace 5 años nuevas áreas estratégicas, relacionadas con nuevos campos de trabajo como Simulación, Diseño de Control, sistemas embebidos en tiempo real (FPGAs, DSPs, microprocesadores), algoritmos matemáticos avanzados, entre otras cosas.

LabVIEW cuenta con una caja de herramientas exclusivas para la tarjeta myRIO-1900, en la cual encontramos los bloques de adquisición o generación de las señales, ya sean de tipo analógicas o digitales.

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño del circuito

Se diseñó y construyó un circuito impreso en placa por software, considerando las etapas de cada una de las variables a medir en nuestro monitor. El circuito contempla tres alimentaciones separadas, una de ± 15 V para el módulo de filtro del ECG y el acondicionador de señal de neumografía, otra de ± 9 V para el circuito de amplificación del ECG y una de 5 V para el oxímetro de pulso y los transductores de temperatura.

Las señales del sensor de pulso y el medidor de temperatura se toman de manera directa y se ingresan a la myRIO, mientras que la señal de ECG y de neumografía se someten a un proceso de acondicionamiento, de manera que ambas se trabajen adecuadamente por la myRIO.

2.1.1 Diseño del canal de ECG

En el diseño y desarrollo del canal de ECG se contemplaron tres módulos: amplificación y pre filtrado, adecuación y aislamiento y filtrado de la señal. Para la amplificación y pre filtrado se utilizó un amplificador de instrumentación AD620 con un arreglo en la ganancia realizado en un circuito RC como se muestra en la Figura 1.

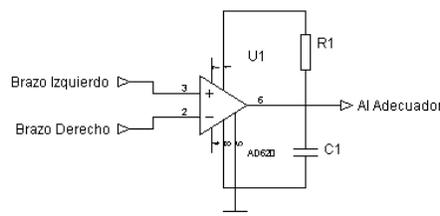


Figura 1. Circuito de amplificación para el canal de ECG

El arreglo RC que se colocó modifica la función de transferencia, generando un filtrado pasa banda en la ganancia como se puede observar en la ecuación 1.

$$G(s) = 1 + \frac{49.4k\Omega C s}{RGCs + 1} \quad (1)$$

En el caso del módulo de adecuación y aislamiento se utilizó un amplificador diferencial para colocar la señal en los parámetros de operación del opto acoplador utilizado (4N25), para la transferencia de la señal se polarizó el transistor del 4N25 como emisor común obteniendo la señal de la base del transistor como se puede observar en la Figura 2.

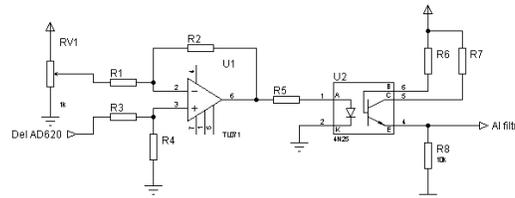


Figura 2. Circuito de adecuación y aislamiento

El circuito utilizado para la filtración fue de tipo notch, similar al que se muestra en la Figura 3, logrando un filtrado rechaza banda a 60 Hz con un ancho de banda de rechazo de 6 Hz, eliminando el ruido de la línea.

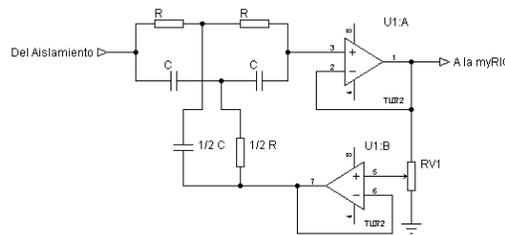


Figura 3. Filtro de topología notch

La adquisición de la señal de ECG por la myRIO se programó en uno de los canales diferenciales debido a la capacidad de estos para leer valores de voltaje negativos. Una vez digitalizada la señal, se le aplicaron tres filtros: pasa bajas a 150 Hz, pasa altas a 0.5 Hz y rechaza banda a 60 Hz. Las frecuencias de corte de los filtros pasa bajas y pasa altas se determinaron debido a que las señales de interés de un ECG en un adulto se encuentran entre el ancho de banda de 0.5 a 120Hz, con un intervalo de hasta 50Hz³.

³ Kligfield, P., Gettes, L. S., Bailey, J. J., Childers, R., Deal, B. J., Hancock, E. W., Mirvis, D. M. (2007). Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Journal of the American College of Cardiology, 1109-1127.

2.1.2 Señal de Pletismografía parcial de oxígeno no invasiva

Para la medición de la pletismografía y la saturación parcial de oxígeno se empleó el oxímetro de pulso Pulse Sensor modelo SEN-11574⁴, este funciona mediante una fuente de luz y un fototransistor. Cuando el sensor se encuentra en contacto con la punta del dedo hay un cambio en la reflexión de la luz cuando la sangre es impulsada a través de los tejidos generando una señal analógica fluctuante. Esta señal es medida por la myRIO mediante un canal analógico referenciado a tierra.

Ya digitalizada la señal se somete a un proceso de filtrado digital con la finalidad de eliminar ruido de alta frecuencia. Posteriormente, de la señal de pletismografía se calcula la saturación parcial de oxígeno, a partir de la ley de Lambert-Beer (ecuación 2) donde a, b, c y d son constantes, R se obtiene a partir de la ecuación 3 aplicando el método de pico-valle.⁵

$$SPO_2 = 100 \frac{a - bR}{c - dR} \quad (2)$$

$$R = \ln \frac{V_{min}}{V_{max}} \quad (3)$$

2.2 Neumografía y temperatura

Para la obtención de la señal de neumografía y temperatura se usó el transductor LM35, el cual entrega una salida lineal de voltaje con respecto a temperatura a una razón de 10 mV por grado centígrado.

Para la temperatura se obtuvo la señal analógica directamente del sensor y se multiplica en el programa en LabVIEW para obtener el valor en grados centígrados. En lo que corresponde a la señal de neumografía, se le aplicó una ganancia a la señal del LM35 correspondiente por medio de un amplificador no inversor (Figura 4); esto se realizó debido a que la señal de neumografía se registró como los pequeños cambios de temperatura provocados por las inhalaciones y las exhalaciones.

⁴ World Famous Electronics llc. (2016). Pulse Sensor, Easy to use heart rate sensor and kit. Retrieved from Pulse Sensor: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0100/6632/files/Pulse_Sensor_Data_Sheet.pdf?14358792549038671331

⁵ Mazón, A., Rojas, S., Sánchez, E., Ramírez, G., & Cabrera, A. (2016). Oxímetro de pulso para monitoreo no invasivo aplicado en el monitoreo atletico. Retrieved from Memorias del VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud: http://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2016/documentos/memorias/MyT2016_024_E.pdf

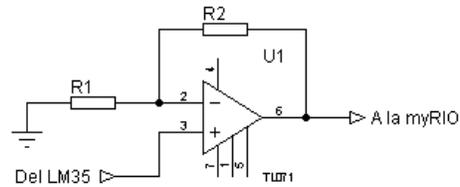


Figura 4. Amplificador no inversor

Después se establece la adquisición de la señal por medio de uno de los canales de entradas analógicas de la myRIO. Dicha señal es promediada y llevada a la siguiente etapa: la frecuencia respiratoria. Para ello se toma el valor máximo y mínimo dentro de un muestreo de 500 datos y se toma el promedio para delimitar el umbral que servirá como valor de referencia del contador. Esta operación se agrupa en una estructura regida por un temporizador de 30 s, almacenando todas las elevaciones de la señal detectadas y se multiplica este valor por 2 para obtener el número de respiraciones por minuto.

Creación de una red inalámbrica

Para crear una red Inalámbrica en una tarjeta myRIO-1900 es necesario contar con el programa NI-MAX, el cual nos permite conocer las configuraciones existentes en la tarjeta, así como modificarlas.

En ella podemos observar los sistemas remotos conectados a la computadora personal. En el apartado Ethernet Adapter usb0 (Primary) se despliega la dirección IP, así como la configuración de esta y la sub-máscara de la tarjeta (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5**).

Ethernet Adapter usb0 (Primary)	
Adapter Mode	TCP/IP Network
MAC Address	00:80:2F:21:B8:7E
Configure IPv4 Address	DHCP Only
IPv4 Address	172.22.11.2
Subnet Mask	255.255.255.248
Gateway	0.0.0.0
DNS Server	0.0.0.0
► More Settings	

Figura 5.thernet Adapter usb0 (Primary)

En el apartado Wireless Adapter wlan0 se tienen las configuraciones inalámbricas de la tarjeta, la cual da tres opciones de configuración. Para crear la red se selecciona la opción Create Wireless network, una vez seleccionada dicha opción se verifica que el país sea el correspondiente.



Figura 6. Creación de red inalámbrica en la my-RIO 1900

Posteriormente aparecerá la opción para configurar el nombre de la red, en donde se le asignará el nombre deseado y se podrá elegir el tipo de configuración de la dirección IP, DHCP Only, lo cual genera de manera automática la dirección IP y la sub-máscara, de la red creada (Figura 7).



Figura 7. Datos de red creada

2.2.1 Posicionamiento de electrodos y sensores

Para la determinación del correcto funcionamiento del proyecto, fue necesaria la realización de pruebas a distintos pacientes.

En la (Figura 8, P) **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el oxímetro de pulso conectado al dedo índice del paciente y fijado con velcro para evitar falsos contactos y alteraciones por movimiento.

En la (Figura 8,N) **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede visualizar la conexión del sensor de neumografía en el labio superior adherido con microfibra y colocado en la boca de la fosa nasal.

Para la conexión al módulo del ECG, se emplean latiguillos conectados a un Jack 3.5 con electrodos de campana (Figura 8, E; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) conectados al paciente con base al triángulo de Einthoven para las derivaciones bipolares.

En la región axilar izquierda está colocado el sensor (Figura 8, T) para obtener el valor de la temperatura corporal de la piel del paciente.

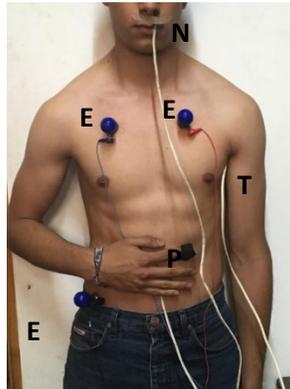


Figura 8. Conexiones conjuntas de los sensores

3 RESULTADOS

Se despliega en el panel frontal la interfaz desarrollada en LabVIEW de la monitorización de las señales fisiológicas como son: ECG, neumografía, pletismografía, como valor numérico la Frecuencia Cardíaca, Frecuencia Respiratoria y Saturación Parcial de Oxígeno y finalmente el indicador gráfico (termómetro) correspondiente al valor de la temperatura corporal (Figura 9).

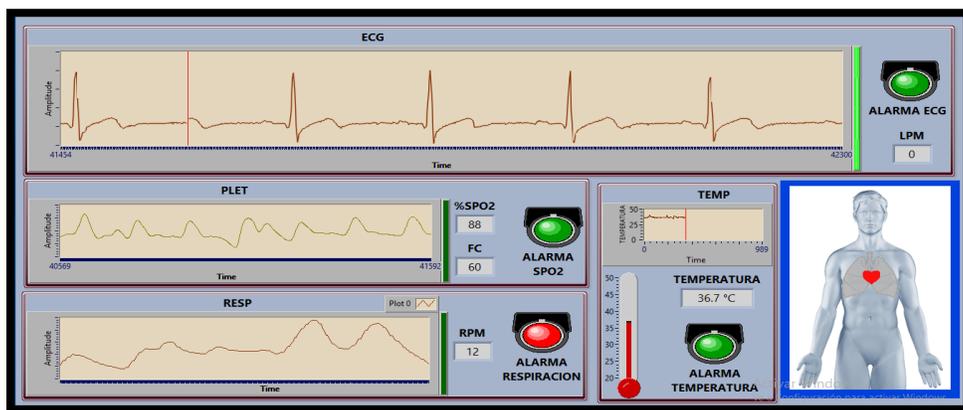


Figura 9. Se muestra la visualización de la adquisición de las señales

4. CONCLUSIONES

Se realizó un monitor de signos vitales en el cual se adquirieron, adecuaron y filtraron las señales fisiológicas tomadas de un paciente para visualizarlas en la interfaz de LabVIEW en tiempo real.

El módulo Wifi de la tarjeta my-RIO permite el envío de datos vía Wireless lo que posibilita la obtención a distancia de los parámetros del paciente.

La realización de este trabajo puede abrir paso a una central de monitoreo más extensa en la que se haga una transmisión de señales vía Wireless de distintos pacientes en tiempo real.

5. REFERENCIAS

- [1] Analog Devices. (2011). Low Cost Low Power AD620. Retrieved from Technical Documentation, Datasheets: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD620.pdf>
- [2] Kligfield, P., Gettes, L. S., Bailey, J. J., Childers, R., Deal, B. J., Hancock, E. W., Mirvis, D. M. (2007). Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. *Journal of the American College of Cardiology*, 1109-1127.
- [3] Mariela Jiménez Ortiz. (02 de junio de 2006). Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. Obtenido de <http://www.cenetec.salud.gob.mx>: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/24gt_centrales_monitoreo.pdf
- [4] Mazón, A., Rojas, S., Sánchez, E., Ramírez, G., & Cabrera, A. (2016). Oxímetro de pulso para monitoreo no invasivo aplicado en el monitoreo atlético. Retrieved from Memorias del VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud: http://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2016/documentos/memorias/MyT2016_024_E.pdf
- [5] World Famous Electronics llc. (2016). Pulse Sensor, Easy to use heart rate sensor and kit. Retrieved from Pulse Sensor: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0100/6632/files/Pulse_Sensor_Data_Sheet.pdf?14358792549038671331
- [6] Secretaria de Salud. (2005, enero). CENETEC. Retrieved from Guía Tecnológica No. 13: Monitor de Signos Vitales: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/13gt_monitores.pdf
- [7] National Instruments. (2018, febrero 27). Manuales de Productos. Retrieved from National Instruments: <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047c.pdf>