



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño y construcción de un vectocardiógrafo y visualización de la señal mediante el software Labview

Peter Orlando Chiquito Indacochea⁽¹⁾, Nancy Patricia Sumba Zhongor⁽²⁾, Giselle Estefanía Velásquez Figueroa⁽³⁾,
Msc. Miguel Eduardo Yapur Auad⁽⁴⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

pchiquit@espol.edu.ec⁽¹⁾, npsumba@espol.edu.ec⁽²⁾, giesvela@espol.edu.ec⁽³⁾, myapur@espol.edu.ec⁽⁴⁾

Resumen

El corazón es el órgano principal del sistema circulatorio, el cual se encarga de suministrar, por medio de un bombeo constante, sangre a todo el organismo; y como cualquier otro órgano, en cualquier momento de la vida de una persona puede presentar problemas debido a diferentes factores que se pueden o no controlar, como la edad, una mala rutina de alimentación, enfermedades congénitas, fumar en exceso, falta de actividad física, entre otros.

El presente trabajo corresponde a la construcción y estudio de un vectocardiógrafo, el mismo que permite analizar el comportamiento de las corrientes iónicas que pasan a través del músculo cardíaco, lo cual es representado por un fasor, formando de esta manera un muestreo del cambio en el tiempo del vector cardíaco, debido a la variación de las corrientes iónicas que circulan por el corazón.

Palabras Claves: Corazón, construcción, vectocardiógrafo, corrientes iónicas, vector cardíaco.

Abstract

The heart is the main organ in the circulatory system, which provides blood to the body through constant pumping; and as any other organ, at any time during the life of a person, it can show problems due to different factors that may or may not be controllable such as age, poor eating routine, congenital diseases, excessive smoking, lack of physical activity and others.

This paper deals on the construction and study of a vectocardiograph, which allows the analysis of the ion currents' behavior that pass through the heart muscle, which is represented by a phasor, therefore getting a sampling of the change in the heart vector, as a function of time due to the variation of the ion currents that circulate through the heart.

Keywords: Heart, construction, vectocardiograph, ion currents, heart vector.

1. Introducción

La vectocardiografía es un tema de vital importancia en los tiempos actuales dado que las enfermedades cardíacas son un mal tan presente en nuestro medio que nos presentan la necesidad de contar con métodos alternativos, aun cuando los conocidos son excelentes para llegar a un diagnóstico

médico acertado para dar el tratamiento que corresponde.

2. Aspectos generales

Se empezará estudiando los inicios de la vectocardiografía y en este caso se hace el estudio por medio de la Red de Frank; a partir del entendimiento

de ese proceso se hará el análisis de las señales que se obtienen, como se originan, las etapas por las cuales atraviesan cada una de ellas, los resultados posibles y su respectivo análisis.

2.1. Electrocardiografía

Es un método clínico para diagnosticar enfermedades del corazón, basado en la actividad eléctrica cardíaca. Muestra gráficamente el registro de los potenciales eléctricos durante un periodo de tiempo. Se produce una repolarización y una despolarización en cada célula, lo cual permite una diferencia de voltaje.

2.2. Vectocardiografía

La vectocardiografía es un método complementario de la electrocardiografía, que consiste en la proyección en un mismo plano, de las resultantes de la suma algebraica de todos aquellos vectores instantáneos obtenidos en un mismo ciclo cardíaco.

En la vectocardiografía se distinguen tres planos en los cuales se proyectan vectores, que representan fuerzas, con direcciones definidas cuya combinación nos ayudará a obtener una configuración espacial esperada para, a través de ésta, poder llegar a una conclusión.

2.3. Diferencia entre VKG y EKG

La electrocardiografía proporciona información escalar respecto del vector cardíaco, donde las derivaciones del plano frontal incluyen tanto derivaciones bipolares como unipolares.

Por otro lado la vectocardiografía utiliza el método de Frank para mostrar una representación gráfica en 3D de los planos cardíacos frontal, sagital y horizontal.

2.4. Origen de la señal del VKG

Durante el ciclo eléctrico del corazón se generan múltiples vectores instantáneos y éstos se pueden representar con un solo vector resultante, que representa la corriente eléctrica que circula a través del corazón y es denominada fuerza eléctrica y varía constantemente en magnitud y dirección. La línea que une las puntas de los vectores resultantes se denomina bucle o lazo del vector.

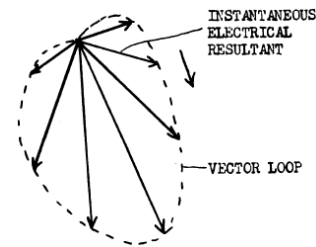


Figura 1. Origen de la señal VKG [1]

El sistema de colocación de electrodos en vectocardiografía permite determinar la actividad eléctrica que surge en el corazón y se lo puede dividir en tres diferentes componentes X, Y y Z que actúan en ángulos rectos entre sí.

- Plano frontal
- Plano sagital
- Plano horizontal

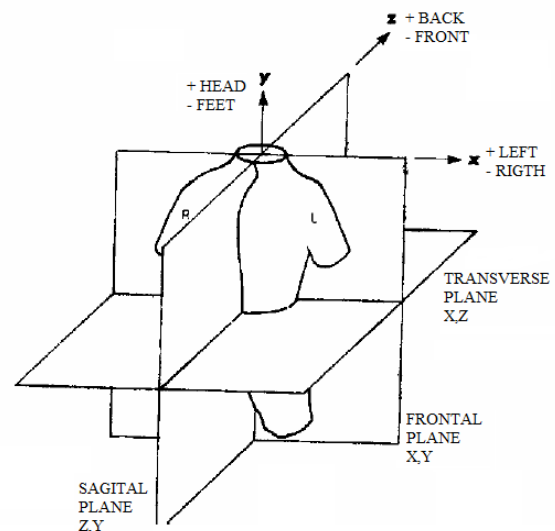


Figura 2. Planos del vectocardiograma [2]

3. Etapas del circuito

La señal receptada por los electrodos pasa a la red de Frank la cual da como resultado tres señales. Cada una de las señales pasa a través de una etapa de pre amplificación la cual cuenta con un integrado AD-620, la salida va a un seguidor de voltaje el que debido a la alta impedancia a la entrada, aísla la salida con respecto a la señal de entrada. A continuación la señal pasa por un filtro pasa-alto, un filtro pasa-bajo y un filtro notch que elimina ruidos dentro del circuito. Por último la señal pasa por un amplificador inversor en el que la señal de salida es inversa a la señal de entrada. Estas tres señales que se obtienen luego serán procesadas para tener los resultados que se busca.

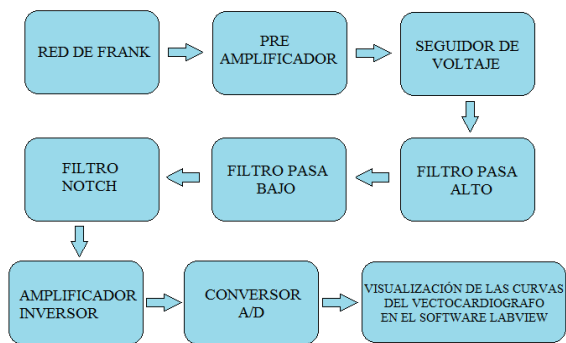


Figura 3. Diagrama de bloque del vectocardiógrafo

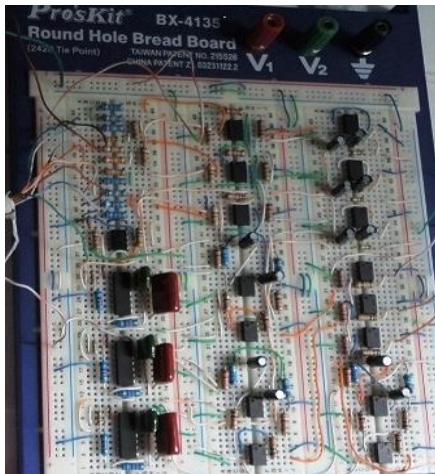


Figura 4. Circuito del vectocardiógrafo

3.1. Elección del software que permitirá visualizar las ondas

Se eligió el Software Labview (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) debido a que cuenta con un excelente entorno de trabajo y es de fácil programación.

Labview cuenta con librerías subrutinas y funciones comunes usadas en la programación pero anexo a ello se han expandido una infinidad de aplicaciones en las cuales se tiene la adquisición de datos, comunicaciones de tipo serie, control de instrumentación y de sistemas embebidos, aplicaciones médicas y además permite la interacción con otros tipos software y hardware.

Tiene beneficios tales como:

- Gran flexibilidad en el sistema el mismo que permite realizar cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Los usuarios pueden desarrollar soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.

3.2. Adquisición y visualización de la señal VKG en el software

El Software Labview cuenta con VIs que permiten adquirir y enviar señales para lo cual se debe previamente configurar los bloques de adquisición dependiendo del hardware que se haya escogido. En el presente proyecto el hardware de adquisición seleccionado es la Tarjeta de Adquisición de National Instrument NI USB-6009.

En Labview el bloque de adquisición de la señal se lo conoce como DAQ Assistant en cuya configuración se debe seleccionar los puertos de entradas o salidas de la DAQ dependiendo si se desea adquirir o generar la señal, se debe considerar también el tipo de señal sea esta analógica o digital. En este caso en particular la señal de entrada es de tipo analógica de voltaje en la cual se seleccionaron 3 puertos ya que son los que se requieren para el análisis de las curvas del vectocardiograma, estas señales son adquiridas del circuito electrónico y cuya conversión A/D lo hace internamente la tarjeta.



Figura 5. Tarjeta de Adquisición

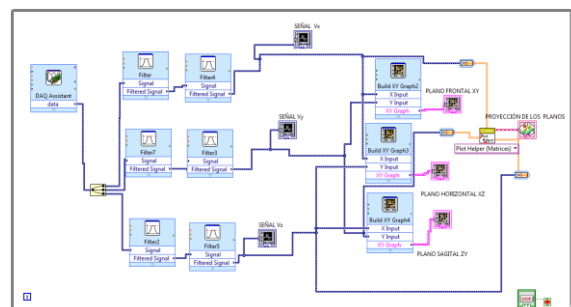


Figura 6. Diagrama de bloque en Labview

3.3 Cables para conexión del paciente al equipo

Se usaron los cables del electrocardiógrafo (Fig. 7) que cuentan con un apantallamiento que evita el ingreso de ruido en la señal y contiene 10 conectores tipo clip de las cuales para este proyecto solo se utilizan 8 que van colocados según la red de Frank (Fig.8), estos cables tienen una resistencia interna de 20K usada como protección para evitar un ingreso de corriente no deseada.

Los cables tienen como salida un conector DB15 (Fig.9), donde los pines que se usaron van detallados a continuación:

- V1: pin 12 conectado al electrodo A.
- V2: pin 1 conectado al electrodo C.
- V3: pin 2 conectado al electrodo E.
- V4: pin 3 conectado al electrodo I.
- V5: pin 4 conectado al electrodo M.
- V6: pin 5 conectado al electrodo H.
- LL: Pin 11.
- RL: Pin 14



Figura 7. Cables

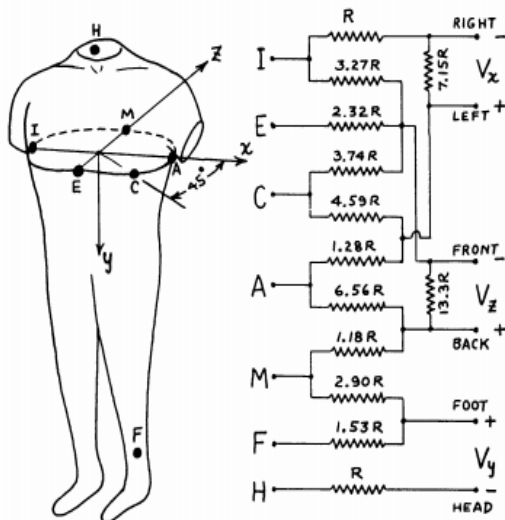


Figura 8. Colocación de los electrodos según la Red de Frank [6]

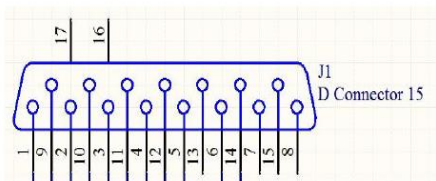


Figura 9. Pines del conector db15

3.4. Alimentación del equipo

Se utiliza una fuente dual de +12 voltios y -12 voltios DC debido a que los circuitos integrados funcionan con esos valores de voltaje.



Figura 10. Fuente dual +12v y -12v

4. Instrumentación

Se hace referencia a uno de los dispositivos más importantes llamados electrodos, los cuales sirven para la adquisición de los biopotenciales eléctricos del corazón, siendo su selección y colocación uno de los procedimientos claves para obtener una señal lo más confiable posible, con una mínima deformación; para ello se debe considerar su forma y material con los que han sido fabricados.

4.1. Electrodo descartable

Los materiales con los que se construyen estos electrodos son Plata y aleación de Níquel Plata. Debido a su fácil adherencia a la piel permiten una mejor adquisición de la señal y tienen la ventaja de ser reusables lo cual hace que este tipo de electrodos sean más usados para estas pruebas.



Figura 11. Electrodo descartables

4.2. Señales del VKG obtenidas mediante el software

Se muestran las señales V_x , V_y y V_z (Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14) que se obtienen a la salida de la red de Frank, estas señales van a ser usadas para la formación de las curvas del vectocardiograma y serán proyectadas en los diferentes planos: frontal, horizontal y sagital (Fig. 15, Fig. 16, Fig. 17), y por último, se observa la proyección de la curva del VKG en los tres planos XYZ.

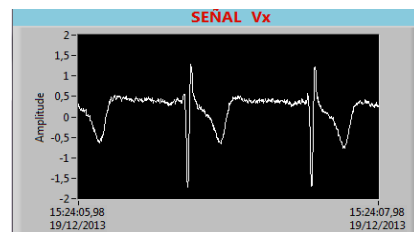


Figura 12. Señal V_x

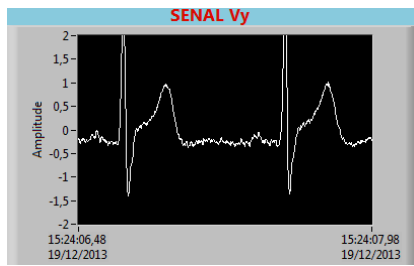


Figura 13. Señal Vy

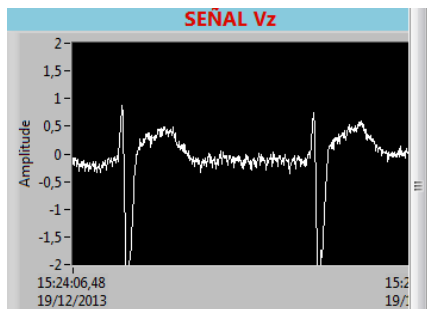


Figura 14. Señal Vz

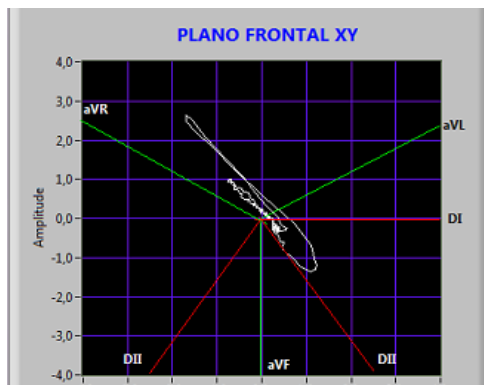


Figura 15. Curvas del vectocardiógrafo plano frontal XY

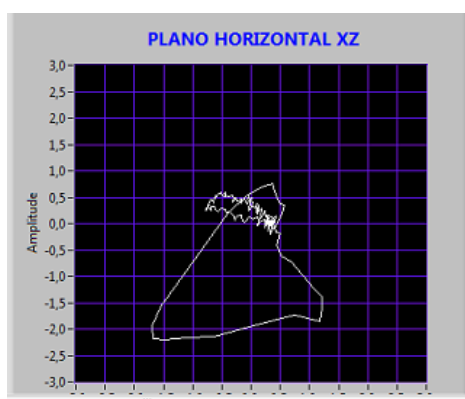


Figura 16. Curvas del vectocardiógrafo plano horizontal XZ

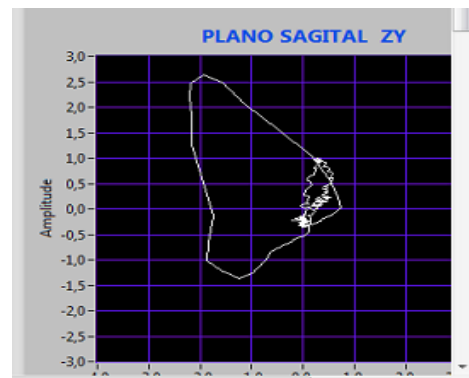


Figura 17. Curvas del vectocardiógrafo plano sagital ZY

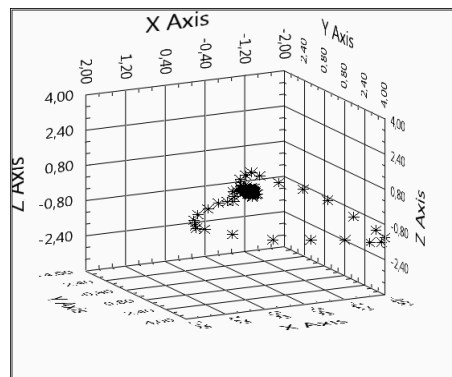


Figura 18. Proyección del VKG

5. Conclusiones

En el diseño del circuito electrónico se utilizaron filtros analógicos y digitales (pasa-banda y notch) con lo que se logró obtener una mejora en la calidad de la señal logrando disminuir el ruido de forma notoria.

Para la construcción del circuito se utilizaron elementos apropiados para aplicaciones médicas como son el AD820 y AD620 y debido a que presentan características tales como bajo ruido en la entrada, permiten adquirir señales de buena calidad.

El equipo cuenta también con una etapa de aislamiento (seguidor de voltaje) que se diseñó con el circuito integrado AD820, el cual ayuda a disminuir el riesgo de que el paciente sufra una descarga eléctrica y viajen corrientes directas al corazón; sin embargo, se concluye que este tipo de aislamiento no asegura completa protección, pero se pueden conseguir mejoras en el mismo.

6. Recomendaciones

Para facilitar el diseño de los filtros analógicos se recomienda usar herramientas de simulación como Proteus y Multisim. En lo que respecta a filtros digitales el software de programación Labview cuenta con un bloque de filtros (Filter) y, de acuerdo a su

aplicación, se deben seleccionar los parámetros correspondientes.

En relación a los circuitos integrados usados con fines biomédicos se recomienda leer correctamente el datasheet de los mismos para su correcto uso, de esta manera se evitarían pérdidas económicas.

El sistema de Frank indica que se deben colocar ocho electrodos, los mismos que deben estar limpios, ser de la misma marca, y para su correcta colocación se recomienda leer detenidamente el apartado correspondiente a éste (Fig. 8), en el cual se indica donde se deben ubicar.

Usar cables apantallados, trenzados, los cuales reducen la absorción del ruido eléctrico para la correcta obtención de la señal del paciente.

7. Bibliografía

- [1] Harry Abranison, MI. D. y C.R. Burton, *Clinical Spatial Vectorcardiography*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1938920/pdf/canmedaj00867-0002.pdf>
- [2] Peter Strung, *Biophysical, Measurements*, Ed. Tektronix, 1973..
- [3] Laboratorio de “Introducción a USB6009 con LabVIEW”, <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronic-a-ingenieria/interfaces-y-perifericos/2013/ii/guia-6.pdf>
- [4] Universidad de Sevilla, Tema 3: *Acoplamiento entre el aparato de electroterapia y el paciente: Factores a valorar - Electroodos de succión o de ventosa* http://ocwus.us.es/fisioterapia/electroterapia/temario/TEMA_3/page_11.htm, Copyright 2007
- [5] Laboratorio de Biomédica, *Instrumentación para Diagnóstico y Tratamiento Médico – Consideraciones al colocar electrodos* página 2, <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/biomedica-ingenieria/instrumentacion-para-diagnostico-y-terapia-medica/2013/ii/guia-1.pdf>
- [6] Frank Ernest, An accurate, Clinically Practical System For Spatial Vectocardiography, *Circulation*, Vol. 13 May 1956.