



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOLTER DE EKG CON MEMORIA SD”

Jefferson Cunalata¹, Leonardo Hernández², M.Sc. Miguel Yapur³

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)

Escuela superior politécnica del litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo vía Perimetral Km. 30.5, Guayaquil - Ecuador

jealcuna@gmail.com¹, lhernandezmendoza@hotmail.com², myapur@espol.edu.ec³

Resumen

En este trabajo se describe el diseño y construcción de un Holter de EKG, el cual permite obtener las señales cardiacas de un paciente y almacenarlas en una memoria SD, durante un tiempo relativamente largo, con el afán de permitirle hacer sus tareas diarias mientras el dispositivo realiza su objetivo. Además de esto, las señales almacenadas en la memoria serán tratadas mediante un software, para ser mostradas en una computadora para que un médico especialista las estudie y pueda emitir un diagnóstico.

Abstract

This project describes the EKG Holter design and construction, with this medical device you can get patients heart signals and storage them in a SD card during a relative long time and permit do the daily chores while the device work. Additionally, the stored signals will be processed with a software to be displayed in a computer in order to be studied by a cardiologist and emit a diagnostic.

Introducción

En los últimos años, la tecnología ha avanzado a pasos agigantados, y con esto, distintas áreas han sido enormemente beneficiadas.

La medicina es una de las áreas que ha progresado significativamente, debido al vital aporte de la electrónica y de la computación. Tal es así, que siglos atrás se consideraba imposible obtener información de estructuras anatómicas o funciones fisiológicas sin requerir de métodos dolorosos y peligrosos para el paciente.

1. Conceptos Fundamentales

1.1 Electrocardiografía

La electrocardiografía consiste en la medición de la actividad eléctrica del corazón [1]. Para poder realizar dicha medición es necesario adquirir las señales provenientes del sistema eléctrico del corazón; esto es posible por medio de electrodos, los cuales son dispositivos que permiten convertir las corrientes iónicas en corrientes electrónicas y viceversa, para de esta forma lograr procesarlas en un equipo llamado electrocardiógrafo.

1.2 Derivaciones cardíacas

Las derivaciones bipolares recogen la diferencia de potencial entre dos extremidades y son una representación del corazón en el plano coronal [2].

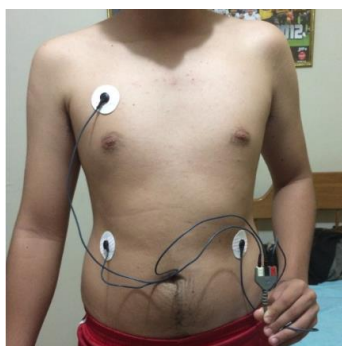


Figura 1.1 Colocación de electrodos para la derivación bipolar D2

1.3 El monitor Holter

El Holter es un instrumento médico utilizado para registrar la actividad eléctrica del corazón por un tiempo prolongado [3]. El paciente lo lleva puesto mientras realiza sus actividades normales de rutina por un tiempo de 24 o 48 horas [3]. Este examen es de gran utilidad para el médico cuando se presentan ciertas situaciones determinadas: Desmayos, palpitaciones o infartos [4]. También es de suma utilidad en el estudio de arritmias, miocardiopatías y en la evaluación de la efectividad de fármacos [4].

2. Descripción del circuito analógico

2.1 Buffer con pre-filtro

Este proceso tiene dos objetivos: Disminuir las interferencias electromagnéticas presentes en la señal proveniente del paciente y acoplar dicha señal para la siguiente etapa que corresponde al amplificador de instrumentación.

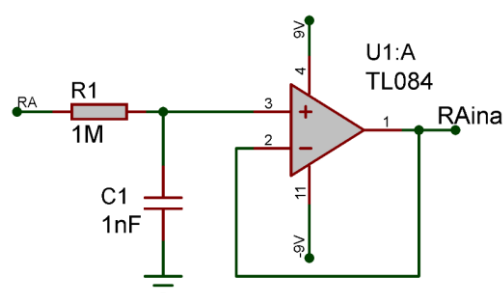


Figura 2.1. Circuito buffer con pre-filtro

2.2 Amplificador de instrumentación

Se utilizó el circuito integrado INA129, el mismo que se encarga de rechazar la señal común, presente en sus entradas y de esta forma reducir considerablemente el ruido, además de amplificar ligeramente la señal con una ganancia de 10.

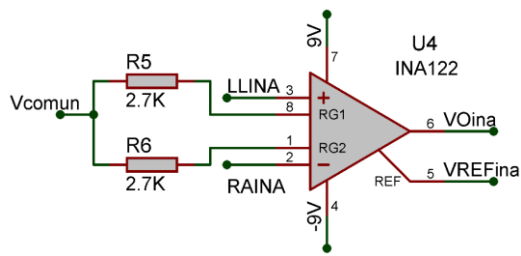


Figura 2.2. Circuito amplificador de instrumentación

2.3 Removedor de corrimiento de la línea base

Esta etapa tiene como objetivo eliminar el corrimiento de la línea base, el mismo que es un ruido de muy baja frecuencia, inferior a 0.5 Hz. Este ruido es muy común ya que se produce por el movimiento de los músculos del paciente al realizar acciones como respirar.

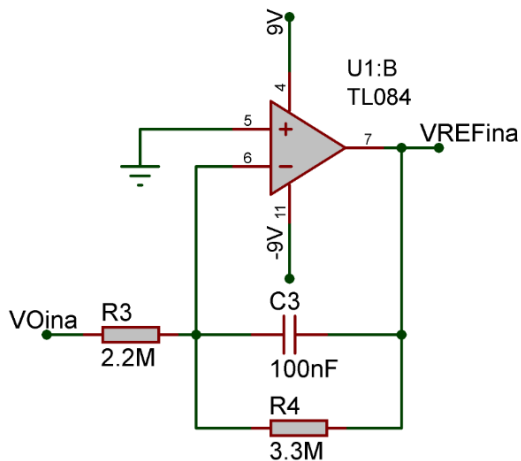


Figura 2.3. Circuito removedor de corrimiento de la línea base

2.4 Retroalimentación de la pierna derecha

El objetivo de este circuito de realimentación es atenuar el ruido de 60 Hz proveniente de las líneas de distribución eléctrica; este ruido es captado por el paciente debido a que el cuerpo humano actúa como una antena.

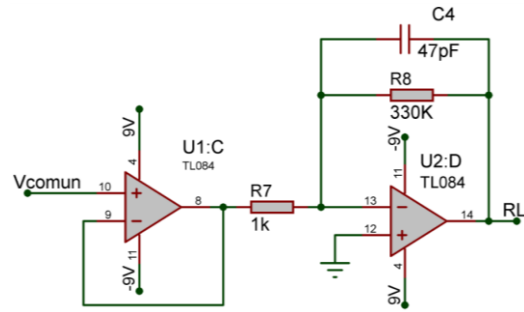


Figura 2.4. Circuito de retroalimentación de la pierna derecha

2.5 Filtro pasa-altos

Esta etapa corresponde a un filtro activo pasa-altos de segundo orden, con frecuencia de corte 0.17 Hz y ganancia unitaria, cuyo objetivo es eliminar el nivel DC presente en la señal.

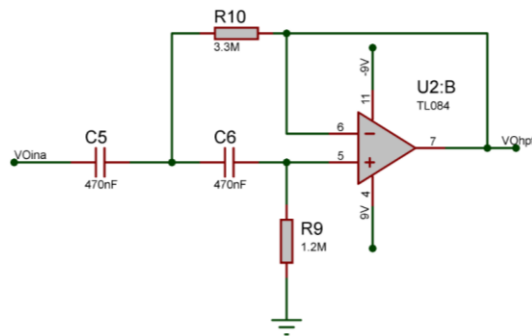


Figura 2.5. Circuito del filtro pasa-altos

2.6 Amplificador

Esta etapa se encarga únicamente de amplificar la señal; sin embargo, es necesario considerar que la señal resultante no debe superar los 5V de amplitud.

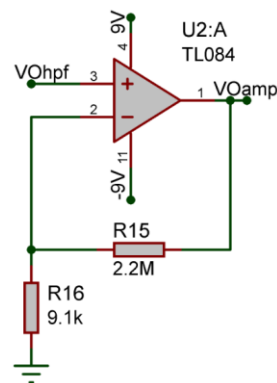


Figura 2.6. Circuito amplificador

2.7 Filtro pasa-bajos

En esta etapa la señal ingresa a un filtro activo pasa-bajos de segundo orden tipo Butterworth con frecuencia de corte 40 Hz, debido a que es necesario contar con una banda de paso plana para no alterar las bajas frecuencias presentes en la señal.

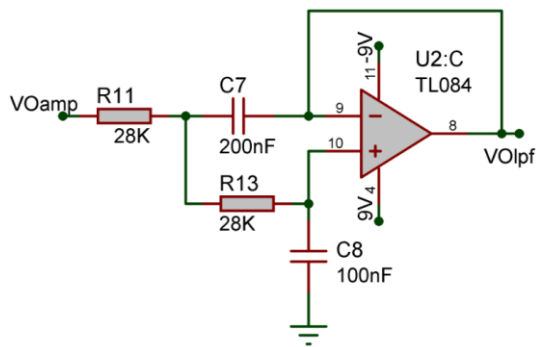


Figura 2.7. Circuito del filtro pasa-bajos

2.8 Filtro rechaza-banda

Esta etapa es fundamental debido a que reduce considerablemente el ruido de 60 Hz que se encuentra inmerso dentro de la señal cardiaca. La etapa está conformada por dos filtros rechaza-banda de tipo twin T que se conectan en cascada.

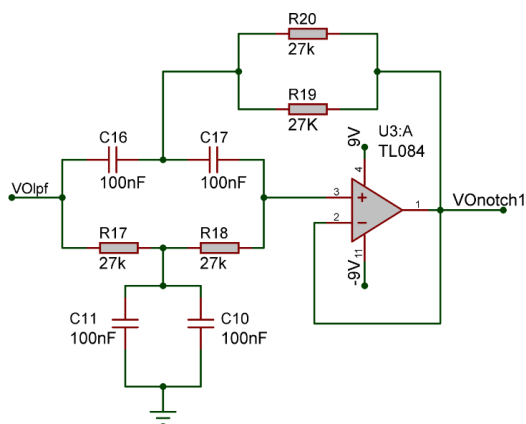


Figura 2.8. Circuito del filtro rechaza-banda

2.9 Acoplamiento DAC

La última etapa del circuito analógico tiene como objetivo escalar la señal para su conversión de analógico a digital. Es

necesario que la señal esté limitada entre 0V y 5V.

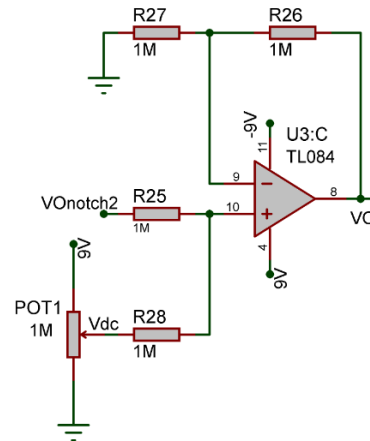


Figura 2.9. Circuito del acoplamiento DAC

3. Descripción de la etapa digital

3.1 Diagrama de bloques

El siguiente diagrama hace referencia a una descripción de manera general de cómo está conformada la parte digital y cuáles son sus etapas.

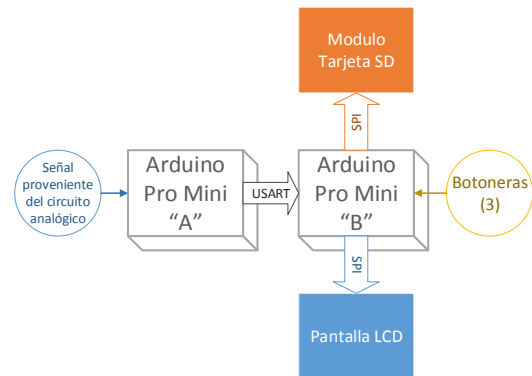


Figura 3.1. Diagrama del bloques de la etapa digital

3.1 Digitalización

En este proceso interviene la señal proveniente de la etapa digital y el Arduino Pro Mini "A". Se realiza la conversión de la señal cardiaca del mundo analógico al mundo digital, tomando una muestra cada 5ms hasta completar 100 muestras.

3.2 Sincronización de muestras

En este proceso intervienen el Arduino Pro Mini "A" y "B". El "A" envía las 100 muestras recolectadas hacia el "B" mediante comunicación USART a una tasa de 115200 baudios.

3.3 Grabar muestras en memoria SD

En este proceso interviene el Arduino Pro Mini "B". Se graban las 100 muestras en la memoria SD y se genera un archivo llamado DATALOG.txt.

3.4 Mostrar muestras en la pantalla LCD Nokia

En este proceso interviene el Arduino Pro Mini "B". Se grafica en la pantalla LCD una de cada seis muestras obtenidas con el fin de poder visualizar al menos un periodo completo de la señal.

4. Resultados

Al finalizar este proyecto, se obtuvo un instrumento de bajo costo y de alto rendimiento que permite visualizar el electrocardiograma de un paciente durante largos periodos de tiempo.

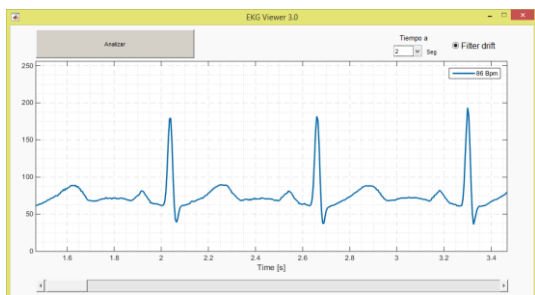


Figura 4.1 Electrocardiograma mostrado en el Software EKGViewer

5. Conclusiones

El poder computacional y las pequeñas dimensiones de los microcontroladores hizo posible digitalizar, estandarizar, grabar y mostrar la señal cardiaca en un equipo portátil, mientras que La globalización y el desarrollo comunitario han fomentado la creación de módulos electrónicos, permitiendo disminuir la complejidad de los proyectos y alcanzar los resultados deseados en tiempos relativamente cortos.

Es así como se logró construir un equipo económico y de gran rendimiento, cuyos costos finales se encuentran muy por debajo de la mitad de un Equipo Holter comercial.

6. Bibliografía

- [1] Universidad de Alcalá, Electrocardiografía, <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electrocardiografia.pdf>, fecha de consulta Febrero 2015
- [2] Centro nacional de información de ciencias médicas, Las derivaciones del electrocardiograma, http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pdvedado/franco_02.pdf, fecha de consulta Febrero 2015
- [3] U.S. National Library of Medicine, Monitor Holter, <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003877.htm>, fecha de consulta Febrero 2015
- [4] David Saceda, Holter, <http://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/cuando-se-hace-un-holter-12059>, fecha de consulta Febrero 2015