

Cálculo de frecuencias en signos vitales por medio de la Transformada de Fourier

Señales de signos vitales capturadas mediante componentes electrónicos

1st Alejandro Antonio Castillo Gil

Carpa de Melquiades

Universidad del Valle

Santiago de Cali, Colombia

castillo.alejandro@correounivalle.edu.co

Abstract—This document briefly describes and explains how to make acquisition of vital signs data for further processing. After processing this data, Fourier Transform will be used to calculate multiple frequencies that were caught by the receptors. Then, a discrimination umbral is established to select the dominant frequencies from each signal.

Index Terms—signs, acquisition, frequencies, fourier, processing

I. INTRODUCCIÓN

En este documento se reafirmará la importancia del cálculo en la rama de la medicina, al recurrir a la transformada de Fourier para el posterior calculo de las distintas frecuencias capturadas por medio de módulos electrónicos diseñados para la tarea de detectar algunos de los signos vitales, tales como, el pulso o la frecuencia cardíaca.

II. MARCO TEÓRICO

A. Signos Vitales

1) *Pulso Cardíaco*: La definición del pulso cardíaco y los procesos químico-eléctricos que suceden dentro del corazón, se obtuvieron en [1] y se explicarán a continuación:

El nodo sinoauricular (SA) es el marcapasos normal del corazón. Se encuentra en la pared auricular derecha, cerca de la entrada de la vena cava superior Fig.1, generando ondas de excitación regulares que se propagan rápidamente a través de la pared de ambas aurículas. En el nodo atrioventricular (AV) cerca del margen posterior del tabique interauricular, la onda de excitación se retrasa (durante la sístole auricular) antes de que la excitación pase al haz de His. El haz principal de His se divide en una rama derecha y otra izquierda que pasan por ambos lados del tabique interventricular para excitar el miocardio ventricular izquierdo y derecho más o menos simultáneamente. Los cambios en la excitación auricular o ventricular o la conducción AV alteran la frecuencia y el ritmo cardíacos. La contracción sistólica del ventrículo izquierdo expulsa sangre hacia la aorta y produce una onda de pulso que se desplaza a lo largo de las arterias a una velocidad que depende de la fuerza de eyección y las propiedades elásticas

de la pared arterial. La frecuencia y regularidad del pulso está determinada por el ritmo de la despolarización eléctrica cardíaca y la contracción muscular.

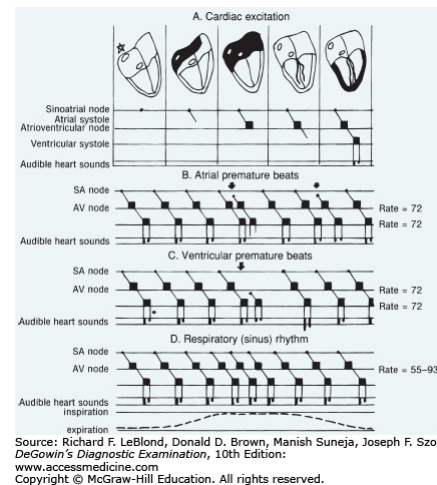


Fig. 1. Disturbios de la tasa y el ritmo cardíaco.

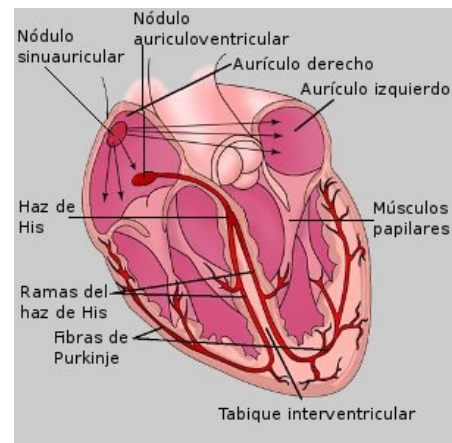


Fig. 2. Estructura del Corazón [2]

1.El diagrama de Fig.1 ilustra la propagación de la excitación sobre el corazón. El estímulo comienza en el nodo SA y se extiende por las paredes de las aurículas, llegando finalmente al nodo AV, donde hay un breve retraso. El estímulo luego desciende por el haz de His por sus dos ramas a lo largo de la pared derecha e izquierda del tabique interventricular hasta el vértice, que se extiende desde allí hasta el músculo de los ventrículos derecho e izquierdo. Las aurículas se contraen antes de que el impulso salga del nodo AV; la sístole ventricular ocurre cuando el impulso se ha extendido por las paredes de las cámaras inferiores. Tenga en cuenta que los sonidos del corazón que resultan de la sístole ventricular son los únicos signos físicos perceptibles de este proceso.

2. El latido prematuro auricular se representa como originado fuera del nodo SA, un latido ectópico. A esto le sigue una breve pausa compensatoria que normalmente no se puede detectar.

3. Un latido ventricular ectópico con una pausa compensatoria detectable.

4. Arritmia respiratoria o sinusal. Hay una aceleración de la frecuencia cardíaca cerca de la altura de la inspiración; Esta aceleración se origina en el nodo SA. En cualquier disritmia, los sonidos cardíacos de un latido después de un intervalo más corto son a menudo más débiles de lo normal; los latidos después de una pausa anormalmente larga son más fuertes de lo normal.

2) *Ritmo Cardíaco*: La frecuencia cardíaca [3] es uno de los "signos vitales" o los indicadores importantes de la salud en el cuerpo humano. Mide la cantidad de veces por minuto (BPM) que el corazón se contrae o late.

La velocidad de los latidos del corazón varía como resultado de la actividad física, las amenazas a la seguridad y las respuestas emocionales. La frecuencia cardíaca en reposo es la que tiene una persona cuando está relajada Fig.3.

Si bien es cierto que una frecuencia cardíaca normal no garantiza que una persona esté libre de problemas de salud, es un punto de referencia útil para identificar una variedad de enfermedades.

HOMBRES: VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	86 o más	70 - 84	62 - 68	60 o menos
30 - 39	86 o más	72 - 84	64 - 70	62 o menos
40 - 49	90 o más	74 - 88	66 - 72	64 o menos
50 o más	90 o más	76 - 88	68 - 74	66 o menos

MUJERES: VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	96 o más	78 - 94	72 - 76	70 o menos
30 - 39	98 o más	80 - 96	72 - 78	70 o menos
40 - 49	100 o más	80 - 98	74 - 78	72 o menos
50 o más	104 o más	84 - 102	76 - 82	74 o menos

Fig. 3. Referencias en pulsaciones por minuto (ppm).

B. Herramientas de procesamiento

1) *Arduino*: Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Esta está dirigida a cualquiera que realice proyectos interactivos. Se usará un Arduino UNO Fig.4, que es una plaqueta comercial que consta de varias entradas y salidas analógicas y digitales, además de venir con un procesador ATmega328 de 8 bits. Gracias a esto y a su amplia gama de módulos se eligió a Arduino como herramienta central para la interpretación de las señales obtenidas por el sensor de pulso y el monitor de ritmo cardíaco.

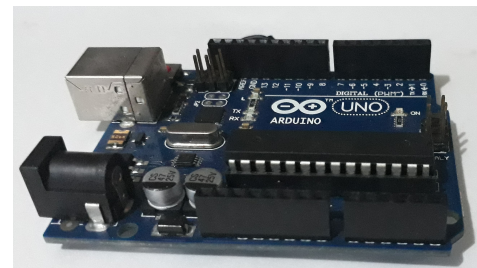


Fig. 4. Arduino UNO.

III. MEDICIÓN DE SIGNOS VITALES

A. Electrocardiograma

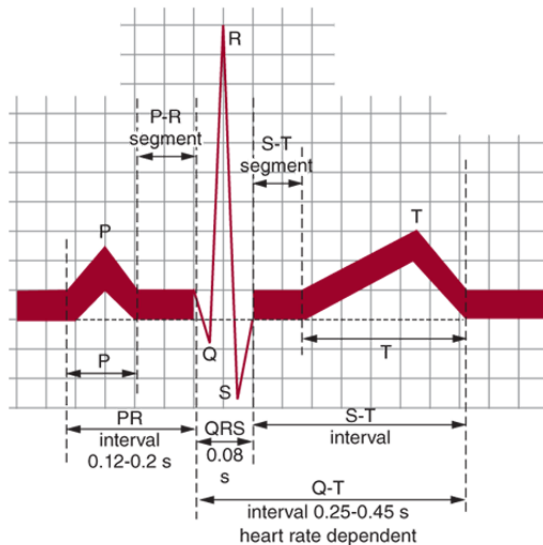
Las corrientes eléctricas (despolarización y repolarización) generadas en el corazón pueden medirse mediante un electrocardiograma (ECG) [4]. Las corrientes eléctricas del corazón se propagan a través de los tejidos que rodean el corazón hasta la superficie de la piel. El ECG utiliza 2 electrodos que se colocan en la piel en lados opuestos del corazón. El ECG es una herramienta de diagnóstico clínico útil que se utiliza para medir la actividad eléctrica del corazón en condiciones normales y anormales.

B. Oxímetro de Pulso

La oximetría de pulso es la técnica no invasiva más utilizada para controlar la función respiratoria y aprovecha las diferencias en las propiedades de absorción de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada. A longitudes de onda de 660 nm, la oxihemoglobina refleja la luz más efectivamente que la desoxihemoglobina, mientras que lo contrario es cierto en el espectro infrarrojo (940 nm).

Un oxímetro de pulso Fig.6 pasa ambas longitudes de onda de la luz a través de un dígito perfundido, como un dedo, y se registra la intensidad relativa de la transmisión de la luz en estas dos longitudes de onda. De esta información, se deriva el porcentaje relativo de oxihemoglobina.

Dado que las pulsaciones arteriales producen cambios físicos en la intensidad de la luz transmitida, el oxímetro de pulso está diseñado para detectar solo la luz de intensidad alterna. Esta característica permite distinguir las saturaciones de O₂ en sangre arterial y venosa.



Source: Adel Elmoselhi:
Cardiology: An Integrated Approach
Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved.

Fig. 5. Nomenclatura de las deflexiones, intervalos y segmentos del electrocardiograma normal.

Las pulsaciones arteriales se identifican mediante pletismografía (medición de cambios en la presión y el volumen de diferentes partes del cuerpo), lo que permite correcciones para la absorción de la luz mediante tejido y sangre venosa no pulsante.



Fig. 6. Oxímetro de pulso.

IV. ADQUISICIÓN DE DATOS

A. Pulso

Ya que no se dispone de un oxímetro, que es el dispositivo ideal y profesional para medir este signo vital, se recurrió a un Pulse Sensor modelo SEN_0386 Fig.7 para la adquisición de datos del pulso. Este modulo o sensor es muy útil al momento de medir el pulso ya que, además de que cuenta con una salida confiable gracias a su filtro para el ruido y su etapa de amplificación, es un dispositivo pequeño y portable, sin

mencionar que es muy compatible con Arduino, dispositivo que se usara para interpretar la señal recibida por el sensor.



Fig. 7. Pulse Sensor.

B. Ritmo Cardíaco

Como un Electrocardiograma es demasiado costoso, para la adquisición de los datos del ritmo cardíaco se recurrió a un módulo especializado para esta tarea, dicho modulo es el Monitor de ritmo cardíaco AD8232, módulo que, por suerte, también es muy compatible con Arduino. Además este modulo viene con tres electrodos Fig.8, uno para el lado derecho, otro para el lado izquierdo y una "tierra".

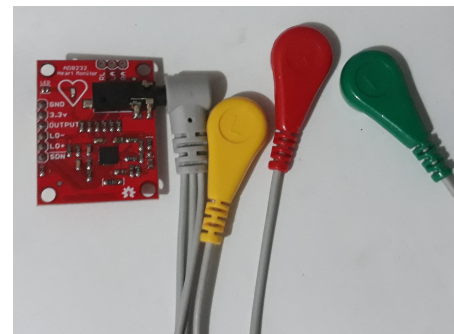


Fig. 8. Monitor de ritmo cardíaco AD8232.

V. ALMACENAMIENTO DE SEÑAL:

A. Señal del Sensor de Pulso

Gracias al entorno de Arduino y a su plaqueta, se pudo obtener una lectura aceptable del sensor de pulso, la cuál se puede observar en Fig.9:

Al momento de estar obteniendo los datos mediante Arduino, se utilizó Python el cual es un lenguaje de programación muy conocido actualmente, el código hecho en Python Fig.10 permite almacenar los datos recogidos por el Arduino y almacenarlos en un archivo de bloc de notas ".txt" Fig.11, se debe tener en cuenta que estos valores estan entre 0 y 1023 ya que Arduino Uno tiene una resolución de 10 bits, es decir, 2 elevado a la décima potencia. Pero estos valores en la vida real son Voltajes, que varían de 0V a 5V lo que nos llevaría a tener que mapear esta señal si queremos una señal en volts.

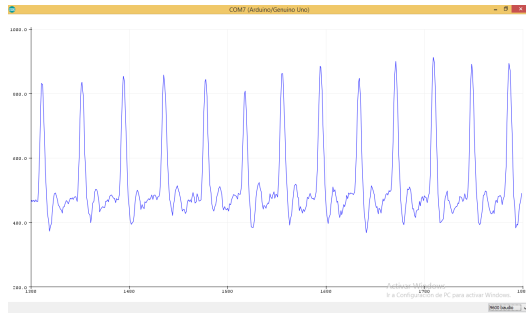


Fig. 9. Señal de pulso sin procesar.

```
import serial
from time import time

t_inicial = time();
intervalo = 40;
intervalo2=0;

serial_port = "COM7";
baud_rate = 9600;
write_to_file_path = "ejemplo.txt";

output_file = open(write_to_file_path, "w+");
ser = serial.Serial(serial_port, baud_rate)
flag = True;
i=0
while flag:
    line = ser.readline();
    line = line.decode("utf-8")
    print(line);
    output_file.write(line);
    i=i+1
    if (time()-t_inicial>intervalo):
        intervalo2=time()-t_inicial;
        flag =False

ser.close
```

Fig. 10. Código en Python para el almacenamiento de datos.

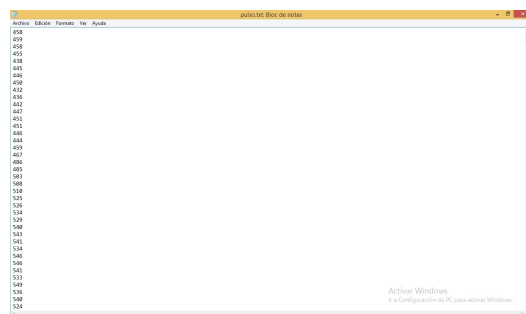


Fig. 11. Datos almacenados en un archivo ".txt".

Luego de probar con Jupyter, un entorno de Python, se llegó a la conclusión que no era muy compatible con Arduino y la lectura del puerto Serial así que, después se empezó a utilizar otro programa de código abierto llamado Kst, el cuál permite recibir los archivos directamente de un archivo en bloc de notas y, además de eso, mediante el algoritmo FFT (Fast Fourier Transform), permite ver las frecuencias más relevantes y en que intervalo se encuentran Fig.12.

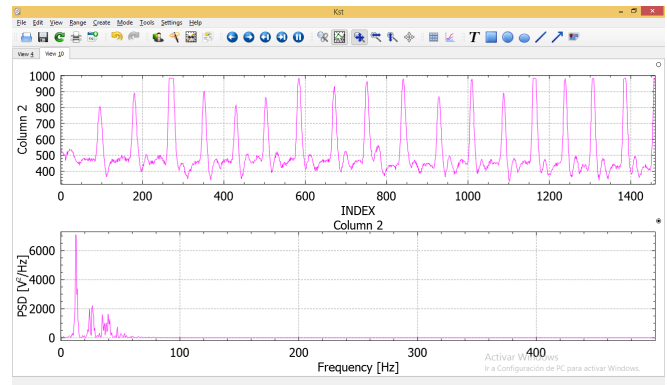


Fig. 12. Señal de pulso con Gráfica de una FFT.

B. Señal del Monitor de ritmo cardíaco AD8232

Para recolectar esta señal se usó el mismo método que para el sensor de pulso, luego de obtener los datos con Arduino Fig.13, estos se almacenan con el programa de Python, para su posterior procesamiento.

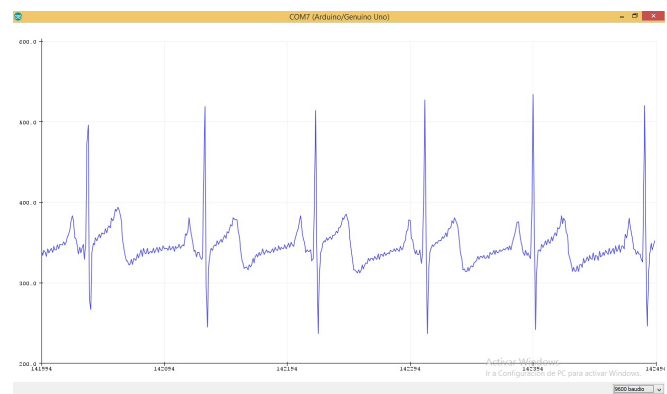


Fig. 13. Señal de AD8232 sin procesar.

VI. PROCESAMIENTO DE SEÑALES

A. Señal del sensor de Pulso

Aunque Jupyter no nos fue útil para el almacenamiento y gráfico en tiempo real de datos, este se fue muy práctico para el procesamiento de los datos ya almacenados en el archivo ".txt", así como el filtrado de frecuencias para la selección de las mas relevantes de la señal.

Gracias al código en lenguaje Python que se ejecuta en el entorno de Jupyter podemos, además de adquirir las frecuencias relevantes, analizarlas y así estimar un valor posible para el signo que estamos midiendo, en este caso el pulso, que puede estar variando entre unos 65 a 80 BPM. Se puede

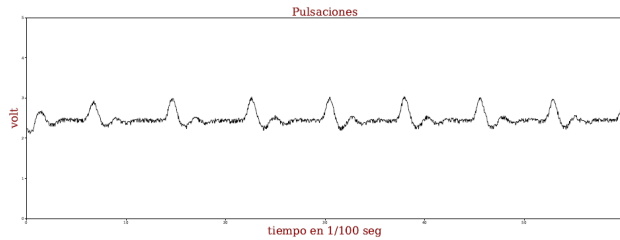


Fig. 14. Señal del sensor de pulso Procesada.

observar en Fig.14 que al procesar la señal se convirtieron los valores que se obtuvieron al principio (entre 0 y 1023), a una escala de 0 a 5 cuyas unidades son Volts.

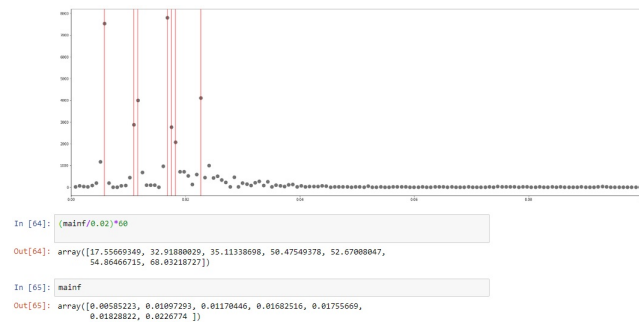


Fig. 15. Transformada de Fourier con Umbral para frecuencias relevantes de la señal.

Por último se puede observar en Fig.15 que existen algunas frecuencias que se acumulan en, por decirlo de alguna manera, zonas o bandas de frecuencias, luego de filtrar las frecuencias que se pueden considerar como ruido de la señal, se obtienen las frecuencias que podemos observar al final de Fig.15, tras una estimación del periodo de toma de muestras en el entorno de Arduino y una multiplicación por 60 para obtener la cantidad por minuto, podemos observar que algunos de los resultados obtenidos se podrían interpretar como el pulso, ya que están dentro de un rango razonable.

B. Señal del Monitor de ritmo cardíaco

Ahora, tomando el ritmo cardíaco, se procedió de manera análoga ya que la señal se guarda en el mismo tipo de archivo que el de la señal del pulso. Luego de ejecutar el código en Jupyter, nos genera la gráfica de Fig.16, donde podemos observar que al igual que con el pulso, la escala fue llevada de 0V a 5V.

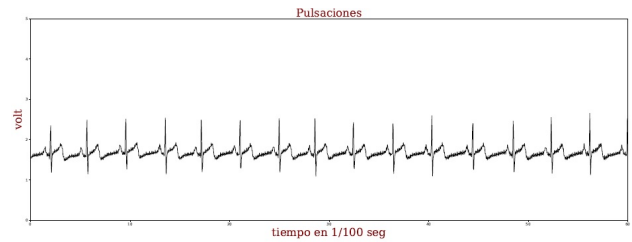


Fig. 16. Señal de AD8232 Procesada.

Podemos observar en Fig.17 que al igual que en Fig.15, obtenemos unas bandas de frecuencias usando un umbral un poco distinto del usado para el pulso, lo que podría llevarnos a dos caminos, el primero sería que filtráramos la señal de manera casi perfecta o, por el contrario, perder valiosa información sobre otras frecuencias que aparecen en un ecg normalmente, en nuestro caso nos vamos a centrar en lo que, por lógica se cree que es la frecuencia fundamental de la señal, la frecuencia cardíaca.

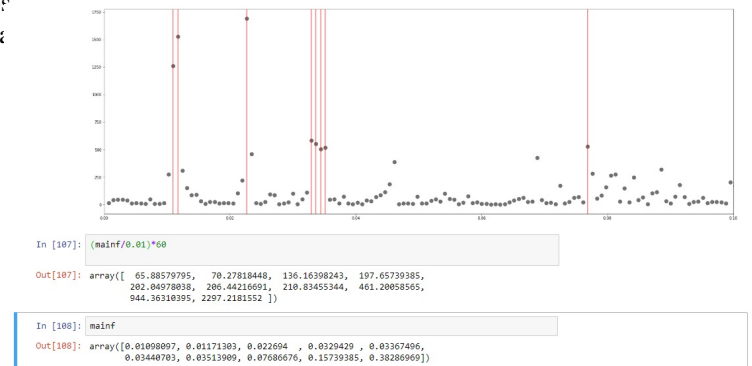


Fig. 17. Transformada de Fourier con Umbral para frecuencias relevantes de la señal.

VII. CONCLUSIONES

Del final de Fig.17 podemos concluir que las dos primeras frecuencias, pertenecientes a la misma banda de frecuencias, pueden corresponder a la frecuencia cardíaca, por otro lado, se observan otras frecuencias de las cuales no se logra tener una interpretación mas allá de que pueden ser ruido en la señal del Monitor AD8232, ya que las variables que afectan esta medición son demasiadas, incluso superiores a las del sensor de pulso, que con un entorno obscuro, mejora en un gran porcentaje la estabilidad de su lectura.

También se reafirma la importancia de los mecanismos tecnológicos y matemáticos en el ámbito de la salud, ya que estos, hoy en día, están muy ligados a esta área y son cruciales en momentos donde el hombre no puede hacer más que observar, gracias a los avances en estos mecanismos, por ejemplo, se pueden detectar fallas cardíacas oportunamente y así mismo comenzar un tratamiento adecuado antes de que este problema sea irreparable.

REFERENCES

- [1] DeGowin's Diagnostic Examination, 10e , Chapter 4: Vital Signs, Anthropometric Data, and Pain
- [2] <https://cardiologiaroca.com/sistema-electrico-del-corazon/>
- [3] <https://www.medicalnewstoday.com/articles/291182.php>
- [4] DeGowin's Diagnostic Examination, 10e, Chapter 4: Electrophysiology of the Heart
- [5] Harrison's Principles of Internal Medicine, 20e, Chapter 293: Approach to the Patient with Critical Illness