



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIPLOMADO EN LINUX EMBEBIDO



Proyecto: Medición de pulso cardíaco

Autores:

Víctor Hugo García Ortega

Ricardo Balderas Paredes

Introducción

En este proyecto se describe la medición de pulso cardíaco de forma remota en pacientes. El proyecto se plantea a realizarse en la Raspberry Pi 3. La arquitectura del sistema se muestra en la ilustración 1.

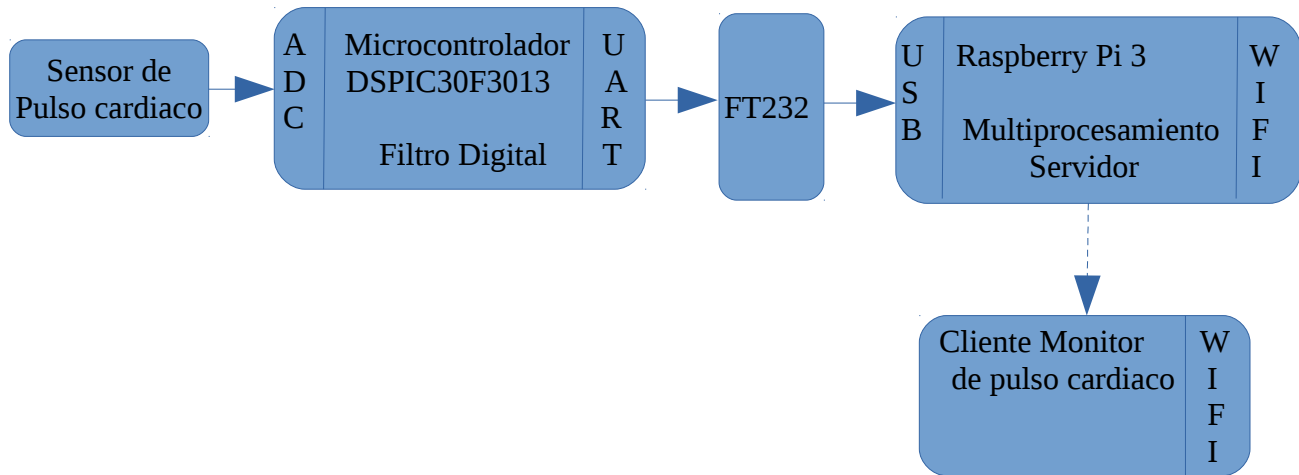


Ilustración 1: Arquitectura del Sistema Propuesto

La explicación de cada bloque se presenta a continuación:

1. El sensor de pulso cardíaco es un sensor de la compañía “pulse sensor”, el cual trabaja con 3.3v y entrega la señal de pulso cardíaco con un rango dinámico de 0v a 3.3v.
2. La señal de pulso cardíaco tiene un ancho de banda de 120Hz, por lo que de acuerdo al teorema de muestreo debe ser digitalizada como mínimo a 240Hz. La norma médica indica que debe usarse una frecuencia de muestreo de 512Hz con una resolución mínima de 12 bits en el convertidor analógico digital (ADC). Por esta razón se utiliza un controlador digital de señales (DSC) de 16 bits de la compañía Microchip, el DSPIC30F3013, el cual tiene un ADC de 12 bits que convierte la entrada usando la técnica de aproximaciones sucesivas y trabaja hasta a 200ksps (miles de muestras por segundo). La señal digitalizada de pulso cardíaco es filtrada digitalmente para eliminación de ruido usando la unidad DSP incluida en el DSC. Posteriormente las muestras digitalizadas son enviadas usando la interfaz UART hacia la tarjeta Raspberry Pi 3. El UART se configura a una velocidad de 9600 baudios. Con esta velocidad se transmite 960 bytes por segundo, la cual es una velocidad adecuada puesto que nosotros estaremos enviando 512 bytes por segundo.
3. Como se conecta por USB a la tarjeta Raspberry Pi 3 se utiliza un FT232 de la compañía FTDI, el cual es convertidor UART-USB.

4. La tarjeta Raspberry Pi 3 recibe los datos digitales de pulso cardíaco y realiza el procesamiento de la señal. Este procesamiento consiste en dos algoritmos:

a) Ventaneo de la señal. Este algoritmo utiliza una ventana Hamming para eliminar el efecto Gibbs que se produce al digitalizar una señal analógica.

Matemáticamente: $v[n] = a_0 - a_1 \cos(2\pi n/(N-1))$

Donde: $a_0 = 0.53836$, $a_1 = 0.46164$

b) Cálculo de la frecuencia de la señal. Este algoritmo consiste en el cálculo de la función de autocorrelación, la cual permite determinar la frecuencia fundamental en señales cuasi periódicas. La señal de pulso cardíaco es una señal de este tipo.

$$\text{Matemáticamente: } r_{xx}(l) = \frac{\sum_{n=l}^{N-1} x(n)x(n-l)}{N-l}$$

Un punto interesante acerca de esta ecuación es que, computacionalmente hablando, la misma es completamente paralelizable, debido a que los resultados de la ecuación en cierto punto son independientes de los resultados anteriores; por lo que en un procesador multinúcleo se puede calcular de forma paralela y obtener el resultado de una forma más rápida y aprovechando las capacidades otorgadas por la tarjeta que elegimos. Con llamadas al sistema de linux, fork, se realiza la evaluación de forma paralela usando 4 procesos, puesto que Raspberry Pi 3 tiene 4 núcleos. La obtención de resultados de cada proceso se realiza mediante una tubería, pipe, en el proceso padre. Para mandar el resultado final se plantea usar un servidor con sockets para mandar de forma remota el resultado al personal médico correspondiente.

5. Finalmente se plantea un cliente que permita leer el resultado de pulso cardíaco y mostrar el resultado.