



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TIJUANA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**Ing. Sistemas Computacionales  
Semestre Enero-Junio 2020**

**Proyecto Final  
Interfaz de Cuerpo Conectado**

Lenguajes de Interfaz  
(SCC-1014SC6B)

Cerón Uribe Arturo	17211506
Monroy Lopez Ariel Alejandro	17212158
Ontiveros Lara Claudia Sarahi	17212167
Olivas Calderon Cinthia Guadalupe	17212165
Alexis Gonzalez Ochoa	

**René Solís Reyes**

# Contenido

**Introducción**

**Hardware**

**Componentes**

**Funcionamiento de software**

**Calibración del sensor empaquetado**

**Aplicaciones**

**Conclusión**

**Bibliografía**

# Introducción

Diagnóstico de pulso, un método de diagnóstico no invasivo, es uno de los métodos de diagnóstico más ampliamente usado en la medicina tradicional china (TCM por sus traducción en inglés), y sus ventajas únicas son significantes en el diagnóstico de enfermedades crónicas. En el diagnóstico de pulso, hay tres regiones de la arteria radial llamadas Cun, Guan y Chi. Los físicos de la TCM ponen sus dedos en la muñeca del paciente y ejercen diferentes fuerzas estáticas en las tres regiones. Usualmente, el rango de las fuerzas estáticas está dividido en tres segmentos, llamados Fu, Zhong y Chen, los cuales significan que la fuerza estática es ligera, media y pesada, por separado. Con el desarrollo de sensores y manufactura de tecnología, más y más tipos de sensores modernos, tales como piezoresistivos, piezoeléctricos, fotoeléctricos y ultrasónicos, han sido aplicados para optimizar los sistemas de obtención de ondas de pulso. Como resultado, varios parámetros, incluyendo precisión de detección, frecuencia de actualización, y sensibilidad, han sido grandemente mejorados.

En los recientes años, muchos estudios enfocados en diseño de sensores en la TCM, y dispositivos de diagnóstico de pulso han cambiado de sonda única, sonda triple a cinco sondas. Entre estos estudios, algunas investigaciones pueden medir las ondas de pulso bajo diferentes fuerzas estáticas y calcular la profundidad y frecuencia. Sin embargo, la mayoría de ellos aún no puede medir el ancho de las ondas de pulso dado que todas las sondas están ubicadas a lo largo de la arteria radial. Con el propósito de obtener la anchura de la onda de pulso, es necesario desarrollar un arreglo de sensores de dos dimensiones con alta sensibilidad, amplio rango y excelente credibilidad.

Para resolver los problemas mencionados anteriormente, un sistema tridimensional de obtención señal de pulso de muñeca, basado en un flexible conjunto de sensores de presión con un sistema micro-electro-mecánico (MEMS por su traducción en inglés) fue propuesto en este estudio.

Un circuito acondicionado fue diseñado para el procesamiento de la señal de pulso. Un convertidor analógico-digital integrado en un microprocesador fue utilizado para convertir la señal analógica a una señal digital, la cual fue después transmitida a una computadora. Un algoritmo fue desarrollado para calcular el ancho de la onda de pulso y la amplitud de la misma. Fueron realizados experimentos para validar la precisión de los sensores y la efectividad del sistema. Los resultados mostraron que el conjunto de sensores tuvieron buena precisión y repetibilidad y el sistema propuesto no solo obtuvo los pulsos de onda bajo diferentes fuerzas estáticas, por tanto el sistema propuesto pudo medir la profundidad, sino que también pudo medir la anchura del pulso de onda.

# Hardware

Esto es lo que tiene la arquitectura del dispositivo:

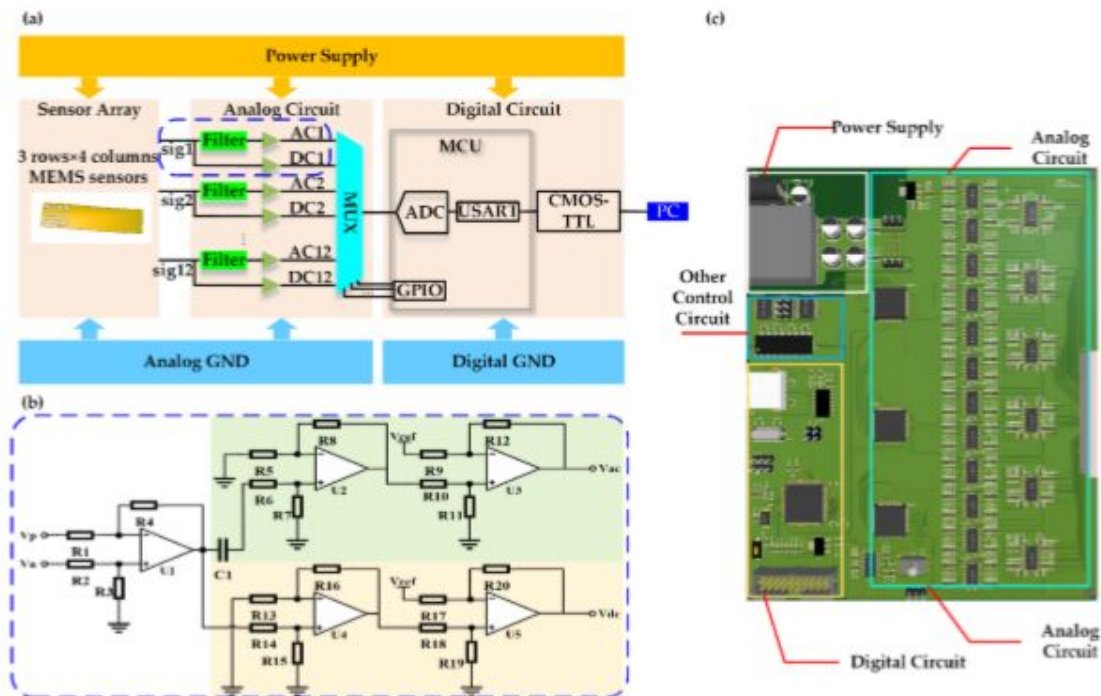


Figure 3. Schematic diagram of the circuit system. (a) Circuit system function diagram; (b) Detailed design in the blue dash frame in (a); (c) Printed circuit board layout view.

El sistema de circuito está compuesto por un circuito analógico y un circuito digital; su diagrama esquemático se muestra en la Figura. Cada conjunto compuesto por 12 sensores emitió 12 señales diferenciales, luego cada uno de ellos se filtró y amplificó, generando una señal de voltaje de CA ( $V_{ac}$ ) y una señal de voltaje de CC ( $V_{dc}$ ). En la unidad de microcontrolador (MCU), los ADC eran demasiado pocos para muestrear señales de 24 canales (señales de 12  $V_{ca}$  y 12  $V_{CC}$ ) al mismo tiempo. Como solo se usó un ADC para recolectar señales de 24 canales, el multiplexor convirtió las señales en una señal y se sondearon las señales de 24 canales para muestreo. Cada vez que se

completaba el sondeo, una trama de datos formada por las 24 señales muestreadas eventualmente se transmitía a la PC. La frecuencia de muestreo del sistema era tan alta como 218 Hz, mucho más alta que la señal de onda de pulso.

## **Componentes**

Un sensor de presión es un instrumento compuesto por un elemento detector de presión con el que se determina la presión real aplicada al sensor (utilizando distintos principios de funcionamiento) y otros componentes que convierten esta información en una señal de salida.

Sensores: son dispositivos MEMS diseñados para medir cambios en el ambiente. Estos microistemas incluyen sensores químicos, de movimiento, inerciales, térmicos y ópticos.

Chip sensor de presión MEMS, que se usa ampliamente en entornos de presión atmosférica no corrosivos, no conductores y tiene buena repetibilidad y largo plazo estabilidad. El rango de medición es más extenso que el rango de variación de la fuerza estática, y el areade del sensor es lo suficientemente pequeña como para obtener una matriz de alta densidad.

El conjunto de sensores transduce la presión en una señal de voltaje. La señal detectada se divide en fuerza estática y onda de pulso dinámico a través de un filtro de paso bajo, y luego se amplifican por separado. Finalmente, las señales se transmiten al terminal y se restauran a una onda de pulso 3D en tiempo real, el ancho y la amplitud bajo diferentes fuerzas estáticas se calcularán y se mostrarán en la GUI inmediatamente después.

Los datos del mundo real son analógicos. Por lo tanto, los sensores suelen proporcionar datos analógicos en forma de voltaje (por ejemplo, 0V-5V) y la mayoría de las veces estos datos se transforman posteriormente en datos digitales.

En una aplicación inteligente, los datos de los sensores pueden ser analizados por el cerebro de una unidad de microcontrolador (MCU) que es una unidad central de procesamiento (CPU). Pero la CPU sólo puede entender la información digital. Por lo tanto, es necesario tener un convertidor de analógico a digital (ADC) como interfaz entre los datos del sensor y la CPU para transformar la información analógica en información digital.

Existen muchos tipos de arquitecturas ADC en el mercado (por ejemplo, flash, registro de aproximación sucesiva, canalización y sigma-delta).

Al estar leyendo las especificaciones creemos que estos fueron algunos de los componentes que utilizaron: el ADuC7023 que es un microcontrolador (MCU) de 16 bits/32 bits con convertidores de analógico a digital (ADC) multicanal de 12 bits y memoria Flash/EE en un solo chip. EL ADC consiste de hasta 12 entradas de extremo único. Cuatro entradas adicionales están disponibles pero son multiplexadas con los cuatro pines de salida del DAC. El ADC puede operar en modo de entrada única o diferencial.

El multiplexor (MUX) es un circuito combinacional que tiene varios canales de datos de entrada y solamente un canal de salida. Sólo un canal de la entrada pasará a la salida y este será el que haya sido escogido mediante unas señales de control.

La cantidad de líneas de control que debe de tener el multiplexor depende del número de canales de entrada.

## Funcionamiento de software

El sistema de adquisición consiste en un arreglo de módulos sensoriales en la muñeca, que recibe señales, entran al circuito condicional donde es procesado y terminan en el GUI (Graphical User Interface) en la terminal o CPU.

En el microprocesador está integrado un convertidor análogo a digital que convierte las señales que recibe en señal analógica o señal digital.

El dispositivo utiliza con un circuito digital que funciona gracias a la resistencia ARM del sensor, al que se le otorga 5k ohm, donde al realizar el proceso del circuito, R1 y R3 son capaces de obtener la señal del voltaje que produce el sensor sin causar ninguna distorsión. C1, R6 y R7 tienen la tarea de mandar un filtro de alta capacidad de resistencia.

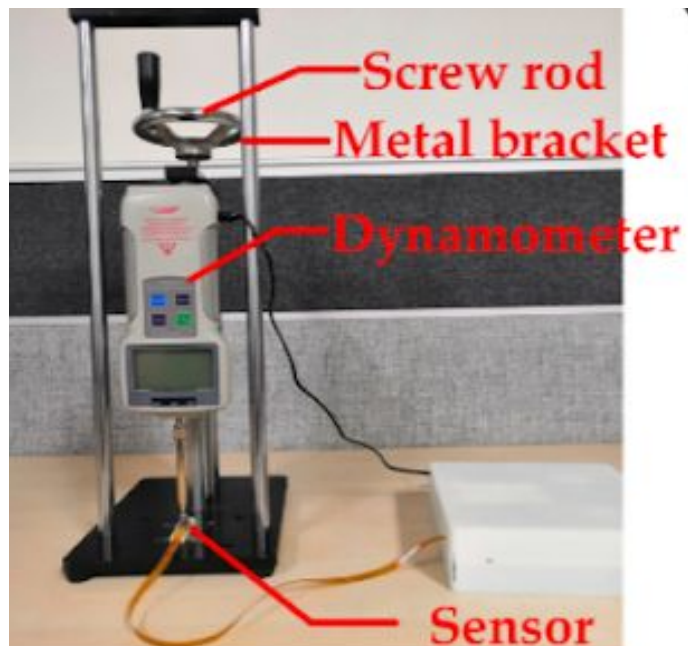
El dispositivo requiere estar conectado a una computadora a la cual se le mandarán las señales de la pulsera desde el microcontrolador en forma de estructuras de datos. Los datos constan de señales de 24 canales que se almacenarán en el buffer del equipo, después se restaurarán en 2 tipos diferentes de señales, 12 de fuerza estática y 12 de ondas de pulso dinámico para procesarlo más a fondo en el programa, donde se le aplicará un filtro para poder remover las distorsiones que consiste de 50Hz de poder de frecuencia como interferencia a las señales, esto se realiza para remover la línea base de impresión y después poder mostrar la gráfica del pulso 3D. La razón por la cual los 50Hz de poder de frecuencia funcionan como filtro es porque la fórmula que se utiliza para calcular las ondas no calcula el ancho y amplio de la pulsera y esta frecuencia muestra una correcta interpolación cúbica correcta en las direcciones "x" y "y".



## Calibración del sensor empaquetado

Fue necesario que se empleara un equipo de calibración para hacer una prueba del sensor usando ciertas condiciones estándares, y así probar su rendimiento. Lo que se pudo notar fue que la salida de voltaje del sensor variaba dependiendo de la presión que se le fuera ejercida; puesto de otra forma, si se trataba de una presión leve o fuerte, la linealidad de ésta se esfumaba en condiciones reales.

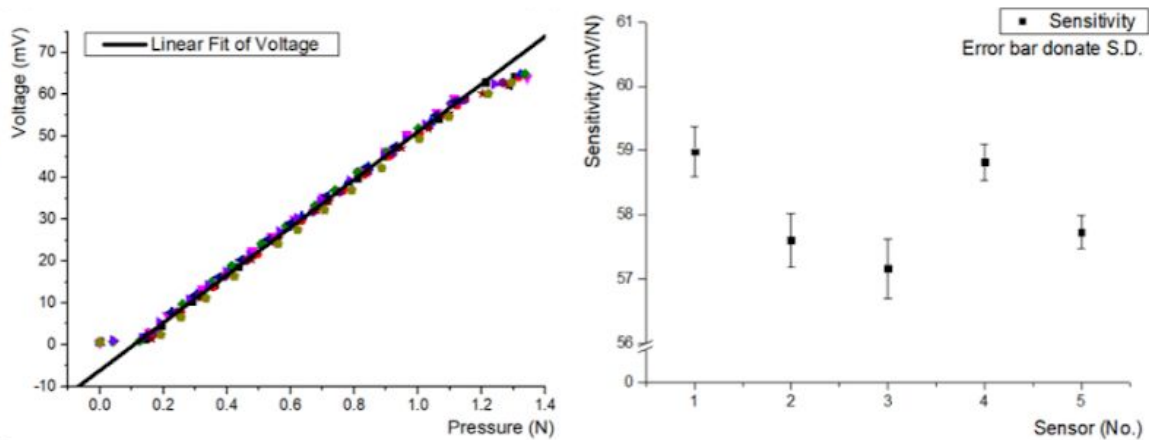
En dicho experimento se realizó un ajuste manual del atornillo de la varilla en un soporte de metal, en donde el control deslizante en el riel guía se movió hacia arriba y abajo, este control tiene un dinamómetro fijado que cuando contacta con el sensor hace posible que la interacción entre el dinamómetro y el sensor se puedan medir de forma directa.



Con el fin de realizar el testeo se utilizaron 6 sensores, los cuales fueron probados 10 veces, además de que para poder ajustar los datos de prueba en el trazo directo e inverso (linealmente) se usó el método de mínimos cuadrados, para obtener la línea de regresión, que representa la sensibilidad en cada sensor.

El diámetro de la superficie de contacto entre el sensor MEMS y el El sensor del dinamómetro era de aproximadamente 4 mm, y el rango efectivo de presión

era de aproximadamente 0.1-1.15 N, por lo que el rango de presión que el sensor pudo detectar fue de aproximadamente 7.96–91.51 KPa. La sensibilidad promedio de los seis sensores fue de aproximadamente 58.06 mV / N, y el La desviación estándar de la sensibilidad de los seis sensores fue de 0,71 mV / N.



# Aplicaciones

Este proyecto tiene como objetivo principal crear un dispositivo que nos dé la señal de pulso de muñeca en 3D para tener un diagnóstico médico del ancho de pulso. Esta investigación está basada en medicina tradicional china, con el pulso chino evaluamos directamente la salud de todo el organismo. Vemos como están todos los órganos, vemos si hay estancamiento de sangre, flema, humedad, frío, etc.

Durante más de 2.000 años los médicos chinos han confiado en el diagnóstico por el pulso para identificar patrones de desarmonía en el organismo.

Los pulsos se hallan directamente vinculados a las actividades de los órganos, de la sangre, entre otras cosas. Por lo que es fácil darse cuenta que la propuesta tiene mucho que aportar, sobre todo al área médica, ya que optimizaría muchos procesos haciendo que el tiempo en atender pacientes de forma general sería mucho más rápido a través del pulso, además de brindar precisión con los resultados obtenidos. Incluso sin ir más allá, perfectamente sería una buena inversión para tener en casa y así mantenernos en total sintonía sabiendo nuestro estado de salud. El fácil uso de la pulsera hace que no se requiera tener mucho conocimiento para utilizarla, por lo que amplía su medio de propagación y aplicación a todo aquel que desee saber sobre datos básicos de salud, incluso podría funcionar si se aplica en un ambiente escolar, sin importar que sea dirigido a alguna especialidad médica.

# Conclusión

A pesar de que el proyecto no pudo ser realizado de manera práctica, debido a una serie de circunstancias, que por la contingencia que estamos pasando, por la falta de material, la falta de lugares donde adquirirlos, la falta de poder adquisitivo, etc. y la dificultad misma del proyecto, fue que se determinó su realización meramente teórica.

Este proyecto nos dejó un gran conocimiento sobre el manejo de las ondas de pulso, y la gran importancia de conocerlas y saber utilizarlas mediante el dispositivo que fue planteado (un sistema 3D de adquisición de pulso de onda). Al final de la investigación realizada, nos dimos cuenta sobre cuánta información nos es posible obtener mediante las ondas recibidas en el dispositivo 3D, y la importancia de la información obtenida para la detección de diversas enfermedades, es para nosotros un completo misterio, pero incluso podría ser utilizada para monitorear las ondas de pulso en pacientes con Covid-19, para estar así monitoreando su frecuencia cardíaca y ver qué información nos podría brindar de ellos, todo esto es una idea nuestra.

## **Bibliografía**

Chen, Chuanglu, Li, Zhiqiang, Zhang, Yitao, Zhang, Shaolong, Hou, Jiena, Zhang, Haiying. (2019). A 3D Wrist Pulse Signal Acquisition System for Width Information of Pulse Wave. En Sensors(12, vol 20.). China: MDPI.