



UNIVERSIDAD TECNICA  
FEDERICO SANTA MARIA



## Documento de diseño

### “Contador de pasos en escaleras”

Fecha	Revisión	Autor	Comentario
07/10/2023	1.0	Paula Cartagena Sebastián Castillo Sebastián Madariaga Juan Piñeiro	Creación y desarrollo de documento
30/10/2023	1.1	Paula Cartagena Sebastián Castillo Sebastián Madariaga Juan Piñeiro	Cambios de componentes a utilizar Cambio diagrama de bloques Cambio presupuesto y comentarios

## Índice

<b>1. Introducción.</b>	<b>2</b>
<b>2. Funcionalidades Identificadas.</b>	<b>3</b>
2.1. Principales funcionalidades que debe cumplir el sistema . . . . .	3
<b>3. Elementos Identificados.</b>	<b>3</b>
3.1. . . . .	3
<b>4. Diseño de hardware propuesto.</b>	<b>4</b>
4.1. Diagrama de bloques . . . . .	4
4.2. . . . .	4
<b>5. Diseño de firmware propuesto.</b>	<b>5</b>
5.1. Detalle de drivers . . . . .	5
5.2. Diagrama de flujo . . . . .	6
5.3. Detalle por módulo . . . . .	6
<b>6. Pruebas</b>	<b>7</b>
6.1. Prueba sobre elementos . . . . .	7
6.1.1. Prueba 1: Prueba de geófono . . . . .	7
6.1.2. Prueba 1: Prueba de geófono . . . . .	8
6.2. Prueba sobre funcionalidades . . . . .	8
6.2.1. Prueba 1 : Mensaje de Inicio . . . . .	8
6.2.2. Prueba 2 : Prueba ADC . . . . .	8
<b>7. Cronograma</b>	<b>9</b>
<b>8. Costos</b>	<b>9</b>

## Índice de figuras

1. Diagrama de Bloques . . . . .	4
2. Diagrama de flujo funcionamiento . . . . .	6

## 1 Introducción.

El sistema tiene la capacidad de contar la cantidad de pasos que se producen en una escalera mediante la detección de vibraciones capturadas por un geófono. Este dispositivo pasivo genera corriente eléctrica cuando capta vibraciones en su entorno, que en este caso es una escalera. Estas señales se digitalizan mediante un Convertidor Analógico a Digital (ADC) y luego se les aplica la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para su filtrado y comparación con el estándar definido como "paso humano". Esto se logra mediante el análisis de los armónicos de frecuencia presentes en la señal. Si la señal cumple con los requisitos establecidos por el dispositivo, se lleva un registro de la cantidad de pasos ocurridos, junto con una marca de tiempo que indica el período de uso del equipo, es decir, desde el momento en que se conecta. Esta información, que incluye el número de pasos y la marca de tiempo, se envía en tiempo real en formato .csv al computador al que esté conectado a través de USB. Para reiniciar el conteo de pasos y la marca de tiempo, el dispositivo cuenta con un botón de reset.

### **Consideraciones:**

El dispositivo se alimenta exclusivamente a través de un puerto USB de un computador, ya sea de USB-A o USB-C. Cuenta con un LED indicador de conexión que señala si está recibiendo energía, pero no garantiza una comunicación adecuada con el computador. Es responsabilidad del usuario verificar que la configuración de la comunicación esté correctamente ajustada de acuerdo al puerto COM de su portátil. Si se conecta a la red eléctrica mediante una caja de alimentación, el dispositivo pierde su funcionalidad principal.

Además, el dispositivo cuenta con un segundo LED que se enciende al recibir una señal de vibración proveniente del geófono. Este LED no indica la detección de un paso, sino simplemente la presencia de vibración, independientemente de su origen.

Es importante destacar que el dispositivo no almacena ningún tipo de dato. Sin embargo, cuenta con un pequeño búfer para almacenar el contador de pasos en caso de que se detecte una señal antes de que se pueda enviar la información al computador. La detección y el conteo de pasos son la prioridad, pero en caso de que este búfer se llene, se enviará toda la información a través de USB, sin importar si se pierde información, para evitar interrupciones. El dispositivo asume que la conexión con el computador siempre es satisfactoria y, por lo tanto, enviará datos incluso si no está abierta la API para recibir información.

Es importante tener en cuenta que el dispositivo no garantiza la eliminación de falsos positivos, sino que evalúa la señal conforme a los criterios establecidos. El contador de pasos se puede utilizar en cualquier tipo de escalera, incluyendo las de concreto.

## **2 Funcionalidades Identificadas.**

### **2.1 Principales funcionalidades que debe cumplir el sistema**

- Detectar señales (vibraciones) con un geófono.
- Digitalizar señal analógica capturada para calcular FFT de ésta.
- Filtrar espectro en frecuencia de señal capturada para evaluar si es un paso humano.
- Llevar cuenta de la cantidad de pasos humanos identificados con su marca de tiempo.
- Transmitir información en formato .csv vía USB.

## **3 Elementos Identificados.**

### **3.1**

- Microcontrolador STM32F103C8
- (1) Geófono
- (1) Botón de reset PTS526
- (1) ADS1246IPWR
- (1) Regulador de Voltaje: Torex Semiconductor XC6206P332MR-G.
- (2) Leds;
  - 1- LED BLANCO: indicador de encendido del dispositivo APA2107QWF
  - 2- LED ROJO: indicador de detección de vibración (Geófono) C %SMF-RJE-CT0BB2.
- (1) Conector USB-C: USB4105-GF-A

## 4 Diseño de hardware propuesto.

### 4.1 Diagrama de bloques

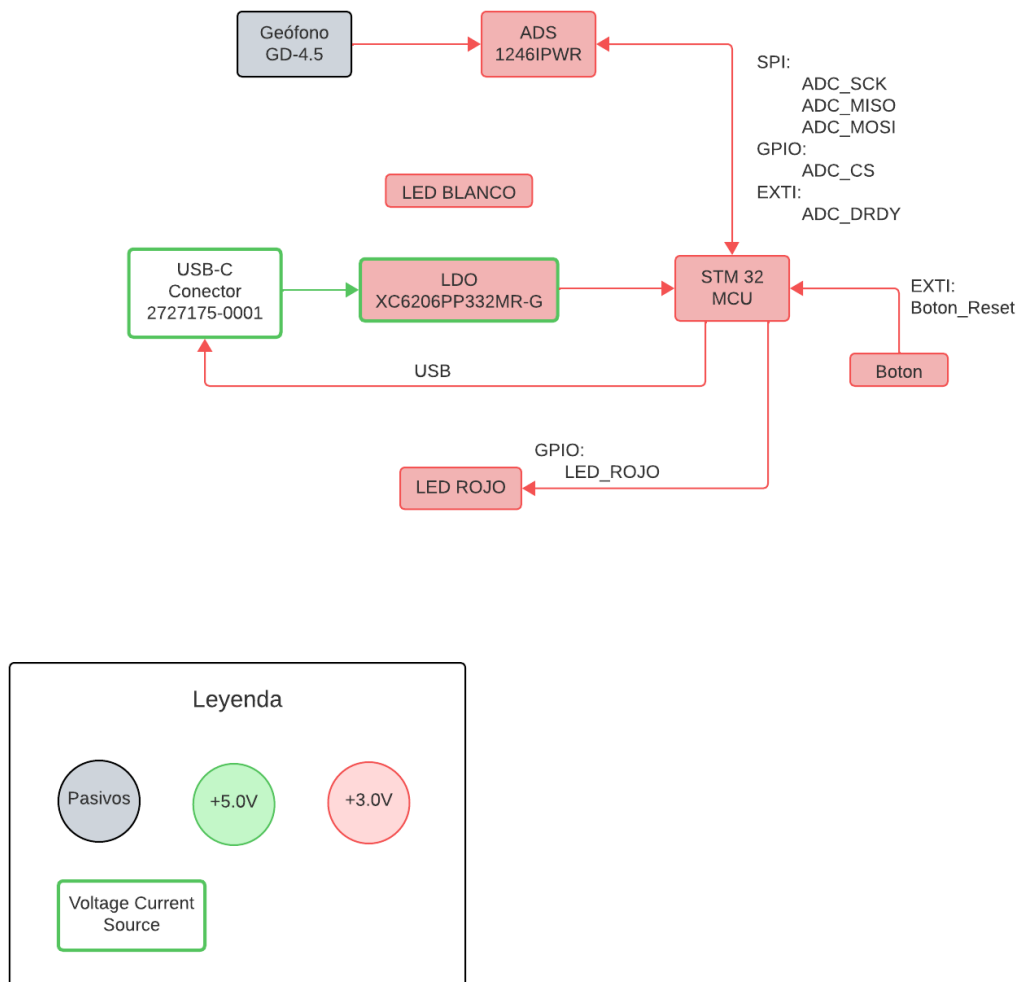


Figura 1: Diagrama de Bloques

### 4.2

- **Geófono:** Componente pasivo, el cual genera una corriente cuando se produce una vibración en el medio físico con el cual tiene un contacto directo.
- **Botón de reset:** Componente de interacción con el usuario, el cual setea en 0 la cantidad de pasos y reinicia el timer del MCU para llevar marca de tiempo.
- **LED BLANCO:** Señal de luz que indica la correcta alimentación del dispositivo.
- **LED ROJO:** Señal de luz que indica la captura de la señal analógica (vibraciones) por el geofono.

- **Puerto USB-C:** Puerto de conexión del dispositivo, a través de este se alimenta eléctricamente y además genera comunicación USB con Computador.
- **ADC** Debe digitalizar la señal capturada por geófono, el ADS1246IPWR, cumple con los requisitos necesarios para tomar las muestras rápidamente y digitalizar con suficiente resolución para analizar espectralmente.
- **Regulador de Voltaje** Componente electrónico para mantener estable el voltaje en 3.3V.
- **STM32 MCU** Microcontrolador serie STM32F103C8 embebido a PCB que debe cumplir con las siguientes funciones:
  - Generar conexión con PC para transmitir los datos tomados.
  - Calcular FFT de señal capturada.
  - Filtrar señal espectral para comparar con criterios definidos.
  - Resetear programa con Boton.

## 5 Diseño de firmware propuesto.

### 5.1 Detalle de drivers

- **arm\_math.h** Driver para poder calcular la FFT de la señal capturada. Disponible en CMSIS para STM32.
- **usb\_device.h** Driver para poder generar comunicación con PC.
- **ti-ads124x.h** Driver para comunicar MCU con ADC mediante SPI.

## 5.2 Diagrama de flujo

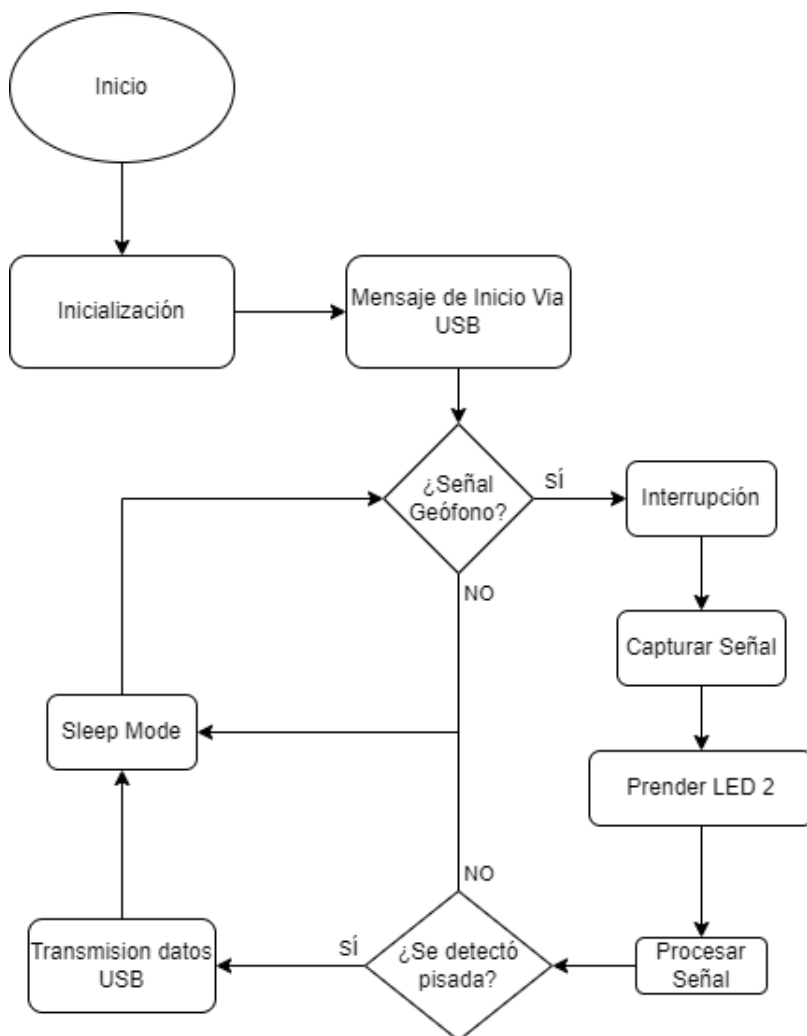


Figura 2: Diagrama de flujo funcionamiento

## 5.3 Detalle por módulo

- **Inicialización:** Al inicializar el dispositivo, indicado por su LED1 de encendido, ocurre la inicialización del Firmware del dispositivo, es decir todos los componentes y periféricos correspondientes.
- **Mensaje de Inicio** Se envía un mensaje "Bienvenidos a Steptrack" mediante transmisión ,*USB*, indicando que el dispositivo ha inicializado correctamente el Firmware y se encuentra operativo para su funcionamiento.

- **¿Señal del Géofono?:** Este modulo es la abstracción de que el geófono está en posición para detectar vibraciones. Si no hay señal en el géofono este permanece en *sleep mode*, esperando que se detecte señal.
- **Interrupción** Si el géofono capta una señal se produce una interrupción en el sistema.
- **Capturar Señal:** Al producirse la interrupción el ADC digitaliza la señal para luego mediante SPI, ser leída por el MCU.
- **Prender LED 2:** Se enciende LED2 que indica que el géofono capturó una señal.
- **Procesar Señal:** Se aplica la transformada de Fourier Rápida, FFT para poder tener el espectro en frecuencia de la señal captada. Mediante técnicas de DSP, se filtra la señal para detectar los componentes en frecuencia de la señal, para determinar si cumple con los criterios establecidos.
- **¿Se detectó pisada?:** Si la señal cumple con las características, se aumenta el contador de pasos y se guarda la marca de tiempo del sistema esto en formato .csv. Esta marca es el tiempo en ms en que se captó la pisada, desde que se inició el sistema. Si no se detecta pisada se va a *Sleep mode*.
- **Transmisión datos USB:** Al detectar la pisada, se envía la información al PC conectado, esto mediante *USB*.
- **Sleep Mode:** El sistema se queda en modo bajo consumo en caso de no detectar vibraciones.

Como alternativa a 2, se plantea, generar la captura de señal mediante *polling*, la cual puede generar varios problemas en tema de eficiencia del dispositivo, como el no captar señales debido a latencia del código.

Además se menciona que el boton de reset genera una interrupción de mayor prioridad que la del géofono, el cual setea el contador de pasos en 0, y se reinicia el tiempo del sistema. Al tratarse de una interrupción que no participa directamente en el flujo del funcionamiento se describe brevemente.

## 6 Pruebas

### 6.1 Prueba sobre elementos

#### 6.1.1. Prueba 1: Prueba de geófono

Con el objetivo de probar el correcto funcionamiento del geófono se conectara un multímetro para medir su corriente . El geófono al ser perturbado por una vibración genera una corriente , ya sea por un movimiento en su bobina sometida a su campo magnético (geófono de bobina móvil) o una deformación en su material piezoelectrico (transducción piezoelectrica).



### **6.1.2. Prueba 1: Prueba de geófono**

Dentro de la PCB se incluirá un LED, que tendrá como función de indicador cuando el MCU detecte una señal captada por el geófono.

## **6.2 Prueba sobre funcionalidades**

### **6.2.1. Prueba 1 : Mensaje de Inicio**

Al iniciar el dispositivo , el microcontrolador mandará un mensaje hacia el ordenador enlazado con este vía USB. Dicho mensaje dirá “Bienvenidos a Steptrack”, indicando que el dispositivo ha inicializado correctamente el Firmware y se encuentra operativo para su funcionamiento.

### **6.2.2. Prueba 2 : Prueba ADC**

Para probar todo el rango de lectura del ADC y el correcto funcionamiento de este, se utilizará un potenciómetro para medir todo el rango de valores del voltaje de salida del microcontrolador de 0 a 3.3V. Se enviará una señal USB desde el PC a la MCU para que este mande en tiempo real (vía USB a PC) la lectura del ADC. EL potenciómetro debe ser girado dentro todo su rango permitido para cambiar su resistencia, generando diferentes valores analógicos de voltaje y con ello el ADC generara diferentes valores digitales dentro del rango de resolución del ADC.

## 7 Cronograma

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Diseño industrial	X			
Diseño esquemático	-	X	X	X
Diseño PCB	-	-	X	X
Compra de componentes	-	-	X	X
Compra y envío de PCB	-	-	X	X
Integración	-	-	-	-
Desarrollo de firmware	-	-	-	-
Pruebas	-	-	-	-

Tabla 1: Cronograma - 1

	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Diseño industrial				
Diseño esquemático				
Diseño PCB				
Compra de componentes				
Compra y envío de PCB				
Integración	-	-	X	X
Desarrollo de firmware	X	X		
Pruebas	-	-	X	X

Tabla 2: Cronograma - 2

## 8 Costos

Componentes	Descripción	Por 1 unidad	Precio unitario por 100 unidades
MCU	STM32F103C8T6	\$6.42	\$4.79790
Botón de reset	Botón de reset	\$0.24	\$0.22
ADC	ADS1246IPWR	\$7.62000	\$5.69900
Led rojo	LED rojo	\$0.19	\$0.17
Led blanco	LED blanco	\$0.27	\$0.23
Conector USB-C	USB-C SMT	\$0.81000	\$0.55910
Regulador de voltaje	XC6206P332MR-G	\$0.8	\$0.5
Costo de envío	Tarifa única	\$30	\$30
Total		\$50.25	-

Tabla 3: Cotización

Los valores anteriormente provistos en la tabla son en Dolares(USD), se puede considerar la siguiente conversión de pesos chilenos a dolar con fecha 07/01/2023 como:  $1USD = 909,69CLP$ .