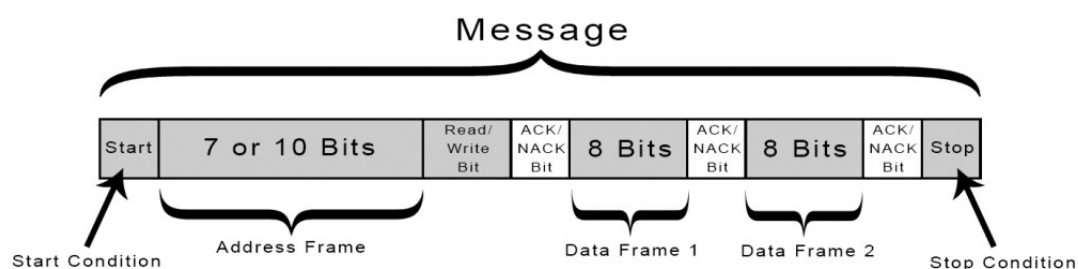


# Ejercicio 1.a: explique el funcionamiento del protocolo I2C

Las siglas I2C hace referencia a Inter-Integrated Circuit. Es un bus que se utiliza para la comunicación interna entre diferentes partes de un circuito.

Funcionamiento: los datos se transfieren en mensajes. Los mensajes se dividen en marcos de datos. Cada mensaje tiene una trama de dirección que contiene la dirección binaria del esclavo y una o más tramas de datos que contienen los datos que se transmiten. El mensaje también incluye condiciones de inicio y parada, bits de lectura/escritura y bits ACK/NACK entre cada trama de datos:



**Condición de inicio:** la línea SDA cambia de un nivel de voltaje alto a un nivel de voltaje bajo antes de que la línea SCL cambie de alto a bajo.

**Condición de parada:** la línea SDA cambia de un nivel de voltaje bajo a un nivel de voltaje alto después de que la línea SCL cambia de bajo a alto.

**Trama de dirección:** una secuencia de 7 o 10 bits única para cada esclavo que identifica al esclavo cuando el maestro quiere hablar con él.

**Bit de lectura/escritura:** un solo bit que especifica si el maestro está enviando datos al esclavo (nivel de voltaje bajo) o solicitando datos (nivel de voltaje alto).

**Bit ACK/NACK:** cada cuadro en un mensaje va seguido de un bit de reconocimiento/no reconocimiento. Si se recibió con éxito un marco de dirección o un marco de datos, se devuelve un bit ACK al remitente desde el dispositivo receptor.

## Direccionamiento:

El maestro envía la dirección del esclavo con el que quiere comunicarse a todos los esclavos conectados a él. Luego, cada esclavo compara la dirección enviada desde el maestro con su propia dirección. Si la dirección coincide, envía un bit ACK de bajo voltaje al maestro. Si la dirección no coincide, el esclavo no hace nada y la línea SDA permanece alta.

### **Bit de lectura/escritura:**

El marco de dirección incluye un solo bit al final que informa al esclavo si el maestro quiere escribirle datos o recibir datos de él. Si el maestro quiere enviar datos al esclavo, el bit de lectura/escritura es un nivel de voltaje bajo. Si el maestro solicita datos del esclavo, el bit es un nivel de voltaje alto.

### **El marco de datos:**

Después de que el maestro detecta el bit ACK del esclavo, la primera trama de datos está lista para enviarse.

La trama de datos siempre tiene una longitud de 8 bits y se envía con el bit más significativo primero. Cada trama de datos es seguida inmediatamente por un bit ACK/NACK para verificar que la trama se haya recibido con éxito. El bit ACK debe ser recibido por el maestro o el esclavo (según quién envíe los datos) antes de que se pueda enviar la siguiente trama de datos.

Una vez que se han enviado todas las tramas de datos, el maestro puede enviar una condición de parada al esclavo para detener la transmisión. La condición de parada es una transición de voltaje de bajo a alto en la línea SDA después de una transición de bajo a alto en la línea SCL, con la línea SCL permaneciendo alta.

### **Pasos para la transmisión de datos de I2C:**

1. El maestro envía la condición de inicio a cada esclavo conectado al cambiar la línea SDA de un nivel de voltaje alto a un nivel de voltaje bajo antes de cambiar la línea SCL de alto a bajo.
2. El maestro envía a cada esclavo la dirección de 7 o 10 bits del esclavo con el que se quiere comunicar, junto con el bit de lectura/escritura.
3. Cada esclavo compara la dirección enviada por el maestro con su propia dirección. Si la dirección coincide, el esclavo devuelve un bit ACK bajando un bit la línea SDA. Si la dirección del maestro no coincide con la propia dirección del esclavo, el esclavo deja la línea SDA alta.
4. El maestro envía o recibe la trama de datos.
5. Después de que se haya transferido cada trama de datos, el dispositivo receptor devuelve otro bit ACK al remitente para reconocer la recepción exitosa de la trama.
6. Para detener la transmisión de datos, el maestro envía una condición de parada al esclavo cambiando SCL alto antes de cambiar SDA alto.

### **Maestro único con varios esclavos:**

Debido a que I2C usa direccionamiento, se pueden controlar múltiples esclavos desde un solo maestro. Con una dirección de 7 bits, están disponibles 128 ( $2^7$ ) direcciones únicas. El uso de direcciones de 10 bits es poco común, pero proporciona 1024 ( $2^{10}$ ) direcciones únicas.

### **Múltiples maestros con múltiples esclavos:**

Se pueden conectar varios maestros a un solo esclavo o a varios esclavos. El problema con varios maestros en el mismo sistema surge cuando dos maestros intentan enviar o recibir datos al mismo tiempo a través de la línea SDA. Para resolver este problema, cada maestro necesita detectar si la línea SDA está baja o alta antes de transmitir un mensaje. Si la línea SDA está baja, esto significa que otro maestro tiene el control del bus y el maestro debe esperar para enviar el mensaje. Si la línea SDA es alta, es seguro transmitir el mensaje.

**Glosario:**

**SDA (datos en serie)**: la línea para que el maestro y el esclavo envíen y reciban datos.

**SCL (Serial Clock)** – La línea que transporta la señal del reloj.

**ACK**: mensaje que el destino de la comunicación envía al origen de esta para confirmar la recepción de un mensaje.

**NACK**: mensaje del protocolo que se envía para informar que en la recepción de una trama de datos ha habido un error.

**Bibliografía:** <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/#:~:text=I2C%20is%20a%20serial%20communication,always%20controlled%20by%20the%20master.>

# Ejercicio 1.c: ¿Cómo funciona el integrado mcp3421 y como lo utilizaría para construir una shield de transducción resistiva?

## Funcionamiento mcp3421:

El MCP3421 es un convertidor A/D de alta precisión y bajo ruido de un solo canal con entradas diferenciales y hasta 18 bits de resolución en un paquete pequeño SOT-23-6. El voltaje de referencia de 2,048 V de precisión incorporado permite un rango de entrada de  $\pm 2,048$  V deferentemente (voltaje  $\Delta = 4,096$  V). El dispositivo utiliza una interfaz serial I2C y funciona con una sola fuente de alimentación de 2,7 V a 5,5 V. El dispositivo MCP3421 realiza la conversión a velocidades de 3,75, 15, 60 o 240 muestras por segundo (SPS) según los ajustes de bits de configuración controlables por el usuario mediante la interfaz serie I2C. Este dispositivo tiene un amplificador de ganancia programable (PGA) incorporado. La ganancia se puede configurar para x1, x2, x4 o x8 antes de que se lleve a cabo la conversión de analógico a digital. Esto permite que el dispositivo MCP3421 convierta una señal de entrada más pequeña con alta resolución. El dispositivo tiene dos modos de conversión: (a) Modo continuo y (b) Modo One-Shot. En el modo One-Shot, el dispositivo entra automáticamente en un modo de espera de baja corriente después de una conversión. Esto reduce el consumo de corriente durante los períodos de inactividad.

## Construcción de shield resistivo

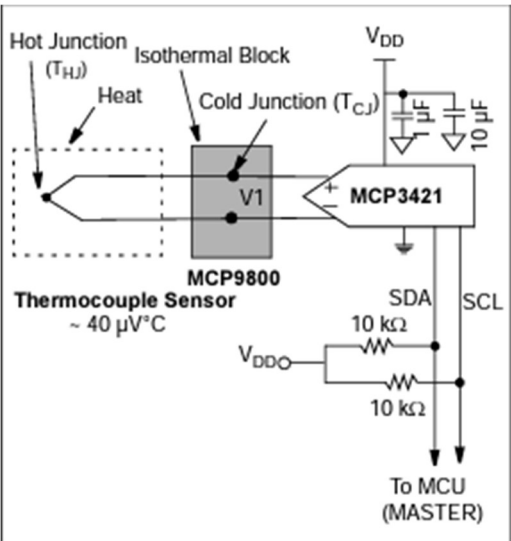


FIGURA 1

Detectable Input Signal Level =  $15.625\mu V/PGA$   
=  $1.953125\mu V$  for  $PGA = 8$

Input Signal Level after gain of 8:  
=  $(40\mu V/^{\circ}C) \cdot 8 = 320\mu V/^{\circ}C$

No. of LSB/ $^{\circ}C = \frac{320\mu V/^{\circ}C}{15.625\mu V} = 20.48$  Codes/ $^{\circ}C$

Where:  
1 LSB =  $15.625\mu V$  with 18-bit configuration

FIGURA 2

La Figura 1 muestra un ejemplo de medición de temperatura utilizando un sensor de termopar y el sensor de temperatura de silicio MCP9800. El MCP9800 es un sensor de temperatura de alta precisión que puede detectar la temperatura en el rango de -55 °C a 125 °C con una precisión de 1 °C. El sensor de termopar tipo K detecta la temperatura en la unión caliente (THJ) con respecto a la temperatura de la unión fría (referencia, TCJ). La diferencia de temperatura entre las uniones caliente y fría está representada por el voltaje V1. Este voltaje luego se convierte en códigos digitales por el MCP3421. En el circuito, el MCP9800 se utiliza para la compensación de unión fría. La MCU calcula la diferencia de las

temperaturas de unión fría y caliente, que es proporcional a la temperatura de unión caliente (THJ). Con termopar tipo K, puede medir la temperatura de 0°C a 1250°C grados. El rango de salida de escala completa del termopar tipo K es de aproximadamente 50 mV. Esto proporciona 40  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  (= 50 mV/1250°C) de resolución de medición. La ecuación de la figura 2 muestra el cálculo de medición para la señal del sensor de termopar utilizando el dispositivo MCP3421 con 18 bits y PGA = 8 configuraciones. Con esta configuración, puede detectar el nivel de la señal de entrada tan bajo como aproximadamente 2  $\mu\text{V}$ . El PGA interno aumenta el nivel de la señal de entrada ocho veces. La entrada de 40  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  del termopar se amplifica internamente a 320  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  antes de que tenga lugar la conversión. Esto da como resultado códigos de salida de 20,48 LSB/°C. Esto significa que hay unos 20 códigos de salida LSB (o unos 4,32 bits) por cada 1 °C de cambio de temperatura.

## **Bibliografía:**

<https://www.flowcodexchange.com/post/using-the-mcp3421-small-signal-ad-converter-for-precise-small-signal-measurements>

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/22003e.pdf>