



INFORME DE LABORATORIO

Autores: Juan Manuel Correa Jiménez, Valentina Restrepo Jaramillo

Laboratorio de Acondicionamiento de Señales

Departamento de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones

Práctica de Aceleración

1. Introducción

La medición y análisis de la aceleración desempeñan un papel fundamental en la comprensión y caracterización de los movimientos de objetos en el mundo físico. La aceleración, como una magnitud vectorial que describe la tasa de cambio de la velocidad de un objeto, es esencial en campos que van desde la física y la ingeniería hasta la navegación y la robótica. En esta práctica de laboratorio, se llevó a cabo un estudio detallado de la aceleración utilizando el sensor MMA7260, un acelerómetro de tres ejes, y el módulo de Sistema de Adquisición de Datos (DAQ) NI USB-6008.

El objetivo de esta práctica fue explorar y comprender cómo los objetos responden a las fuerzas que actúan sobre ellos, y cómo estas fuerzas se traducen en aceleraciones en diferentes direcciones. A través de mediciones precisas de aceleración, se analizaron los cambios en la velocidad y la orientación de un sensor sometido a movimientos y aceleraciones específicas. Esto permitió una evaluación detallada de la relación entre la aceleración y la orientación espacial, así como la identificación de posibles factores que influyen en las mediciones.

2. Marco Teórico

2.1 Aceleración

La aceleración es una magnitud vectorial que describe la tasa de cambio de la velocidad de un objeto en movimiento. En términos técnicos, la aceleración se define como la derivada de la velocidad con respecto al tiempo. En el

Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad de medida de la aceleración es el metro por segundo cuadrado (m/s^2). En la práctica, la aceleración se mide utilizando dispositivos o sensores llamados acelerómetros.

Los acelerómetros miden la aceleración en términos de fuerza g , donde $1 g$ es igual a la aceleración debida a la gravedad en la Tierra, aproximadamente 9.81 m/s^2 .

La mayoría de los acelerómetros, incluyendo los MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), utilizan una masa suspendida en un resorte, conocida como masa de prueba. En los acelerómetros MEMS, la desviación de la masa se detecta a través de la capacitancia variable o la resistencia eléctrica que cambia cuando la masa se desplaza. Esto es posible gracias a los micro puentes y microestructuras en el dispositivo MEMS.

2.2 Sensor MMA7260Q

El sensor MMA7260Q, implementado en esta práctica es un acelerómetro MEMS diseñado para medir la aceleración en una o más direcciones. Este sensor tiene tres ejes de medición: X, Y y Z, lo que permite medir la aceleración en tres direcciones distintas. Es un sensor muy útil en aplicaciones que requieren la medición de la aceleración en una variedad de ejes.

El sensor MMA7260 funciona mediante el uso de la fuerza que ejerce la aceleración en masas suspendidas en micropuentes, lo que genera una señal eléctrica proporcional a la aceleración. Esta señal se puede amplificar y convertir en una señal eléctrica que es proporcional a la aceleración en términos de g . El sensor se comunica generalmente a través de una interfaz analógica.

El sensor MMA7260Q puede configurarse para medir diferentes rangos de aceleración, lo que lo hace versátil para una variedad de aplicaciones. También suele incluir

funciones de filtrado y amplificación incorporadas para obtener una señal más limpia y precisa [1].

Su rango de operación está entre 2.2 y 3.6 voltios, es de bajo costo y es altamente sensible a cambios.

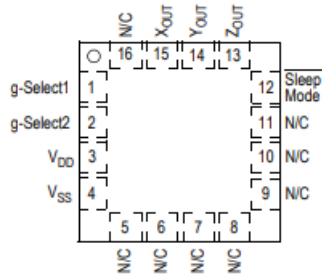


Figura 1 Sensor MMA7260Q Pinout

2.3 Sistema de Adquisición de datos

Un DAQ es un dispositivo que se utiliza para adquirir y registrar datos de sensores y otros dispositivos en tiempo real. Consiste en una combinación de hardware y software que permite la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos en diversos experimentos y aplicaciones. Un DAQ típico incluye componentes como amplificadores, convertidores analógico-digitales (ADC), entradas y salidas digitales, y software para el control y análisis de datos. Los DAQ son esenciales en laboratorios y entornos de pruebas para medir y registrar datos de sensores de una manera precisa y confiable. Para esta práctica se implementará el DAQ USB 6008 de National Instruments, que posee entradas analógicas, digitales y una resolución de 12 bits [2].

3. Procedimiento Experimental y Resultados

Para el procedimiento experimental se comenzó con la conexión física de los elementos. El sensor MMA7260Q en su presentación de chip viene dispuesto en un módulo o PCB para esta práctica, por lo que solo fue necesario alimentar por cableado al módulo. Esta disposición del sensor en el módulo permite que tenga las salidas a través de una bornera, GND y una señal para cada uno de los ejes (X, Y, Z). Estas salidas se conectaron al DAQ USB 6008, las señales para cada uno de los ejes del sensor MMA7260Q se

conectaron a los pines analógicos del DAQ AI0, AI1 y AI2, correspondiendo a X, Y y Z respectivamente. Luego de haber dispuesto la conexión física de los elementos se acondicionó la señal recibida en LabView, el software propio del DAQ a través de un proyecto que fue previamente cargado y corregido para visualizar mejor los resultados. Es importante notar que el DAQ del archivo cargado en LabView debe reemplazarse por uno nuevo para evitar inconvenientes al ejecutar el programa.

Al ejecutar el programa, se comienza a ejercer una aceleración manual al módulo que contiene el acelerómetro, se mueve en los tres ejes y se gira en todas las direcciones posibles con velocidad controlada.

La figura 2 muestra el cambio en los ángulos para la prueba, la figura 3 muestra la aceleración.

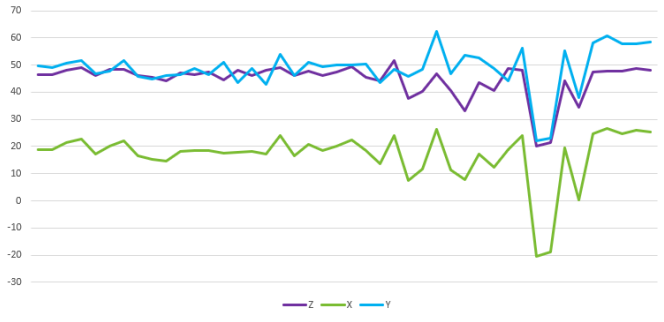


Figura 2 Respuesta para los ángulos

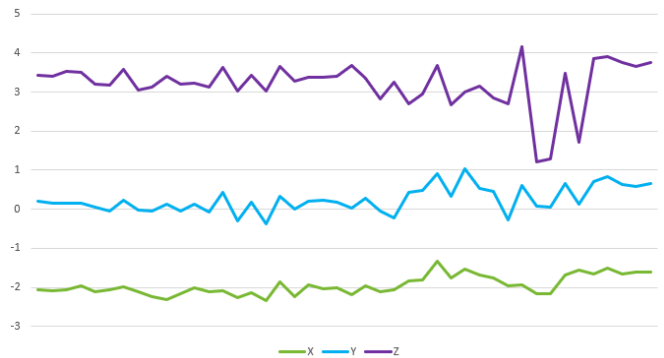


Figura 3 Respuesta para la aceleración

4. Discusión de Resultados

Los valores de la figura 3 representan la aceleración en las tres dimensiones o eje (X, Y, Z), estos valores numéricos representan la magnitud de la aceleración en unidades de g o m/s^2 . Así mismo, la dirección horizontal corresponde al eje X, la dirección perpendicular a X es Y, finalmente la dirección vertical corresponde al eje Z.

Cada uno de estos valores (direcciones y ejes) pueden variar según la calibración del sistema de adquisición de datos, pero para esta práctica se tomaron los mencionados anteriormente por convención.

Se observa también en la figura 3 (aceleración) una semejanza en algunos instantes de tiempo para los ejes Y y Z, esto se debe a que al mover el sensor hacia adelante y atrás (eje Y) se variaba también un poco su altura (eje Z), mientras que la parte horizontal se controló para estos mismos instantes, posteriormente sí se observa una variación en Z bastante brusca, esto es porque el sensor fue intervenido con un movimiento hacia arriba y abajo. También se observa que ninguno de los tres ejes se sobrepone sobre los demás, esto es porque para las pruebas se tomó un punto diferente al de referencia (0,0,0) y esto otorgó un offset a estos valores. Este fenómeno es mucho más visible para el eje Z, ya que en todo momento se sujetó el módulo con el sensor MMA7260Q y se aumentó su altura.

La figura 2 entrega información acerca de los ángulos de los ejes o, en otras palabras, su inclinación respecto al punto de referencia. Para esta parte de los resultados de la prueba, sí se observa la superposición de un eje sobre otro (ejes Y y Z), esto se da porque las componentes de estos ejes no se encontraban cerca a su punto de referencia, el módulo estaba dispuesto de forma horizontal, por lo que tendría una rotación de 90° respecto a Y y Z. Así mismo, en el eje X hay un pequeño offset debido que, durante la prueba, no se mantuvo el módulo inclinado a 0° o perfectamente alineado con la horizontal.

Se observa también una semejanza en los grandes cambios de ángulos en los tres ejes, esto puede deberse al acoplamiento entre ejes, este fenómeno es común en sistemas sujetos a aceleraciones que afectan la orientación del objeto en múltiples direcciones.

5. Conclusiones

- Se observó una notoria correlación entre las variaciones en los ejes X, Y y Z, lo que sugiere un acoplamiento entre los ejes durante la agitación. Este fenómeno, conocido como crosstalk, se atribuye a las fuerzas internas y a las interacciones de aceleración en múltiples direcciones.
- Se hizo hincapié en la importancia de una calibración avanzada para minimizar errores sistemáticos y mejorar la precisión de las mediciones. El proceso de calibración incluyó la caracterización de la respuesta del sensor a diferentes niveles de aceleración en cada eje, teniendo en cuenta factores como la sensibilidad, la linealidad y las unidades de medida a implementar, ya que tanto aceleración como ángulos poseen variedad de unidades de medida.
- La sensibilidad del sensor MMA7260, expresada en mV/g , desempeña un papel fundamental en la precisión de las mediciones. Se observó que la variabilidad en la sensibilidad entre distintos ejes podría dar lugar a diferencias en la respuesta del sensor ante una misma aceleración.
- Para ambos resultados (aceleración y ángulos) se observó que nunca se tuvo una respuesta estrictamente lineal en el tiempo, la señal presentó una tendencia variante, lo que verifica la sensibilidad del sensor ante pequeños cambios.

6. Bibliografía

- [1] Freescale Semiconductor, "MMA7260Q Datasheet", 2005.
- [2] National Instruments, "NI USB-6008 Datasheet", 2008.

7. Lista de Figuras

Figura 1 Sensor MMA7260Q Pinout

Figura 2 Respuesta para los ángulos

Figura 3 Respuesta para la aceleración

Práctica de Humedad

1. Introducción

La humedad es una propiedad esencial en la ciencia y la ingeniería que describe la cantidad de vapor de agua presente en el aire o en una sustancia específica. La medición precisa de la humedad es fundamental en una amplia variedad de aplicaciones técnicas y científicas, desde el control de climatización hasta la fabricación de productos y la investigación científica. En este contexto, se llevó a cabo una práctica de laboratorio para explorar la medición de humedad utilizando el sensor TDK CHS-MSS, un sensor capacitivo de alto rendimiento.

El propósito de esta práctica es evaluar las capacidades del sensor TDK CHS-MSS en la medición de la humedad relativa del aire y su respuesta ante cambios en las condiciones de humedad generados por diferentes fuentes de humedad. Para lograrlo, se realizaron pruebas específicas que incluyeron la aproximación de un algodón mojado al sensor y el uso de un compresor de aire para modificar las condiciones de humedad en el entorno controlado del laboratorio.

2. Marco Teórico

2.1 Humedad

La humedad se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en el aire o en una sustancia dada. Es una propiedad física que caracteriza la cantidad de agua en forma gaseosa en relación con el aire seco. La humedad atmosférica, por ejemplo, es crucial en la climatología y la meteorología, ya que afecta directamente las condiciones climáticas y la formación de nubes y precipitación. Se expresa comúnmente en porcentaje, lo que representa la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de saturación del agua a una temperatura y presión dadas. La humedad del aire es un parámetro crítico en una amplia gama de aplicaciones, desde la climatización y la meteorología hasta la fabricación de productos electrónicos y farmacéuticos.

Existen variedad de métodos para medir la humedad, tales como la capacitancia, que se basa en la variación de la

capacitancia eléctrica de un sensor debido a la adsorción o desorción de moléculas de agua en su superficie. Un sensor de humedad capacitivo consta de dos placas paralelas con un dieléctrico entre ellas. La cantidad de agua en el aire afecta la constante dieléctrica del dieléctrico y, por lo tanto, la capacitancia del sensor. Esta variación de capacitancia se convierte en una medida de humedad.

Por otro lado, los sensores de humedad basados en resistencia utilizan un material sensible a la humedad que cambia su resistencia eléctrica en función de la cantidad de agua absorbida. Cuando el sensor está expuesto a una atmósfera húmeda, la resistencia cambia y se correlaciona con la humedad relativa del entorno.

2.2 Sensor TDK CHS-MSS

El TDK CHS-MSS es un sensor de humedad capacitivo de alto rendimiento diseñado para proporcionar mediciones precisas de humedad en una amplia gama de aplicaciones técnicas. Utiliza el principio de capacitancia para determinar la humedad del entorno en el que se encuentra.

El sensor CHS-MSS utiliza un dieléctrico que es sensible a la adsorción de moléculas de agua. Cuando el sensor se expone al aire, las moléculas de agua se adsorben en este dieléctrico, lo que cambia su capacidad eléctrica.

La integración de este sensor con un sistema de adquisición de datos (DAQ) permite la recopilación y registro de mediciones de humedad en tiempo real. En el contexto de este informe, se utilizó el mismo DAQ, el NI USB-6008, para capturar y analizar las mediciones de humedad proporcionadas por el sensor TDK CHS-MSS.

Este sensor opera con 5 voltios y en un rango de humedad del 5 al 95% ((mV)/%RH). Su comportamiento es totalmente lineal, tal como se observa en la figura 5, proporcionada por el fabricante [1]. Donde un 0% de humedad se entiende por no tener vapor de agua presente en

la muestra analizada y un 100% se entiende como la capacidad máxima de absorber agua que tiene la muestra.

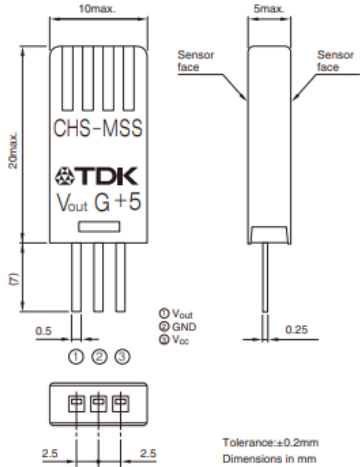


Figura 4 Sensor TDK CHS-MSS
Pinout y dimensiones

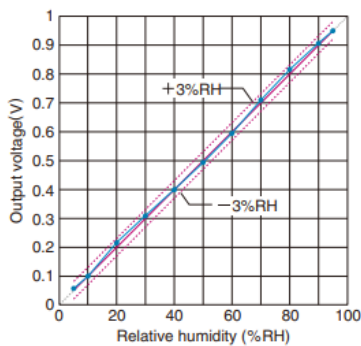


Figura 5 Gráfica Voltaje Vs Humedad Relativa

2.3 Sistema de Adquisición de datos

Un DAQ es un dispositivo implementado para adquirir y registrar datos de sensores y otros dispositivos en tiempo real. Consiste en una combinación de hardware y software que permite la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos en diversos experimentos y aplicaciones. Un DAQ típico incluye componentes como amplificadores, convertidores analógico-digitales (ADC), entradas y salidas digitales, y software para el control y análisis de datos. Los DAQ son esenciales en laboratorios y

entornos de pruebas para medir y registrar datos de sensores de una manera precisa y confiable.

Para esta práctica se implementará el DAQ USB 6008 de National Instruments, que posee entradas analógicas, digitales y una resolución de 12 bits [2].

3 Procedimiento Experimental y Resultados

Al igual que en la práctica de aceleración, el sensor necesario para esta práctica, TDK CHS-MSS, se encuentra dispuesto en una PCB que ofrece salidas GND y Vout, ya que su pin VCC está conectado directamente a la alimentación de dicha PCB. Estos pines se conectan al DAQ, se conecta Vout en el pin AI0 del DAQ.

En el software de LabView, se dispone un montaje sencillo que permite acondicionar la señal que llega del sensor TDK CHS-MSS tal como se muestra en la figura 6. Al recibir una respuesta en voltaje, debe acondicionarse por software para obtener una lectura deseada de humedad relativa, por lo que se multiplica por 100 para indicar las unidades de porcentaje de la misma, en una segunda parte del acondicionamiento se adiciona una constante de 49, este paso es necesario para alcanzar la humedad de la ciudad, que en el momento de la prueba era bastante alta debido a las lluvias y bastante baja en el lugar de la prueba (laboratorio) debido a su condición de ambiente aislado y con aire acondicionado. Por lo que primero se consultó la humedad de la ciudad para conocer el valor de la constante a sumar.

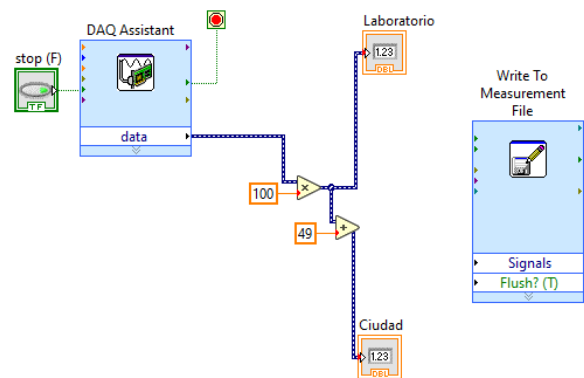


Figura 6 Montaje en LabView

En la figura 7 y 8 se observan los resultados de la prueba, tanto en gráfica como en valor numérico y se verifica la gran diferencia entre la humedad de la ciudad y la del laboratorio.



Figura 7 Gráfica de Humedad

Laboratorio	Ciudad
4,76282	53,7628

Figura 8 Resultado numérico de Humedad

4 Discusión de Resultados

Para la prueba, se tomó un valor de tiempo grande, es por esto que la resolución no es la misma que para las gráficas de aceleración, pero esto permitió documentar el valor constante de humedad en el ambiente local y las variaciones que esta tuvo debido a factores externos.

Tomando el eje X de la gráfica de la figura 7 como el tiempo en segundos, se tiene una primera elevación en la humedad entre los instantes 0 y 170 aproximadamente. Para este primer momento se acercó un algodón mojado al sensor, por lo que el sensor registró un pico de humedad a los pocos segundos, se comprueba con esto además la rápida respuesta del sensor. Para este pico, se observa una subida bastante inclinada debido al acercamiento instantáneo del algodón al sensor y un descenso como una curva suave debido a que este algodón dejó cierta humedad en el ambiente cercano al sensor luego de ser retirado, es por esto que el pico no es simétrico respecto a su punto más alto.

Luego de este primer momento, el sensor TDK CHS-MSS vuelve a mostrar valores estables de humedad, con pequeños picos debido a su alta sensibilidad. Para los valores de tiempo posteriores a $t = 1000$, se acercó al sensor un compresor de aire, se observa en la gráfica un decremento a modo de línea suave que indica una humedad bastante baja o un “aire seco”. Luego de esto se suspende la prueba. En este segundo momento puede notarse el comportamiento no lineal del compresor, ya que la gráfica refleja una curva y no una línea.

5 Conclusiones

- La respuesta del sensor ante sustancias con coeficientes de viscosidades diferentes variará, debido a que estas sustancias se evaporarán a diferentes velocidades, por lo que la humedad se liberará al aire de una forma más o menos gradual, por lo que tener este factor en cuenta para comprender mejor los resultados es indispensable.
- Los múltiples picos pequeños durante los valores de tiempo que no implicaron la prueba con el algodón y el compresor indican una sensibilidad alta del sensor TDK CHS-MSS.
- Acondicionar el ambiente en el que se realizará la prueba para mediciones sin “ruido” del mismo es crucial, aunque otra alternativa es eliminar este ruido como se hizo en la práctica para simular la humedad real del ambiente.
- La elección de un sensor capacitivo antes que uno resistivo se basa en múltiples factores que lo presentan como una opción más adecuada ante todo tipo de pruebas ya que respecto a los sensores resistivos, los sensores capacitivos tienden a ser más precisos por su principio de funcionamiento, tienen menores tiempos de respuesta, son más estables a lo largo del tiempo y son menos susceptibles a la contaminación y la acumulación de polvo.

6 Bibliografía

[1] TDK, "CHS-MSS Datasheet", 2016.

[2] National Instruments, "NI USB-6008 Datasheet", 2008.

7 Lista de Figuras

Figura 4 Sensor TDK CHS-MSS
Pinout y dimensiones

Figura 5 Respuesta para los ángulos

Figura 6 Montaje en LabView

Figura 7 Gráfica de Humedad

Figura 8 Resultado numérico de Humedad