

MEDICIÓN DEL MOMENTO DE INERCIA DE UN ANILLO Y UN DISCO IMPLEMENTANDO UN ACELERÓMETRO EN UNA MESA ROTATORIA

Measurement of the inertia's moment of a ring and a disk implementing an accelerometer on a rotating table

RESUMEN

El proyecto que explica el presente artículo, consiste en la medición del momento de inercia de un disco y un anillo utilizando un acelerómetro. Este proceso experimental le permite al estudiante comprender que existen diversas posibilidades a la hora de solucionar un problema y trabajar en ellas para buscar una mayor precisión y efectividad en el resultado final. Este experimento se ha realizado tomando como variable la aceleración, de esta manera se entenderán las múltiples opciones que se presentan cuando de resolver un problema científico se trata. Además el estudiante observará la precisión de medida de este instrumento en comparación con el cronómetro manual y otros experimentos donde usan como variable el tiempo. También permitirá al estudiante comprender fácilmente el fenómeno de inercia ya que al interactuar con el experimento podrá aterrizar e interiorizar el concepto.

PALABRAS CLAVES: Acelerómetro, física, inercia, medición, transductores

ABSTRACT

Project explaining this article consists of moment of inertia of a disc and a ring using an accelerometer measurements. This experimental process enables students to understand that to solve a problem you can search multiple paths and work with the most appropriate, since this experiment has been taking as variable time, this way means the multiple options presented a scientific problem is. Also the student you will notice this instrument compared with the manual stopwatch measurement accuracy. It will also allow students easily understand the phenomenon of inertia to interact with the experiment may land and internalize the notion.

KEYWORDS: Physics, inertia, transducers, accelerometer, measurement.

1. INTRODUCCIÓN [1][2] y [3]

Es de vital importancia la física experimental ya que toda teoría tiene fundamentada su validez en la constatación con la evidencia experimental, la cual está soportada en últimas por la medición de variables físicas. Además permite la apropiación del conocimiento teórico de una manera más amena y sencilla debido a que se aprende mejor interactuando con el fenómeno.

Como experiencia en la vida académica los conceptos en los cuales se utiliza la experimentación quedan más claros y nunca se olvidan. Por ello lo importante del proyecto que se presenta en este artículo es que también busca fomentar la experimentación usando nuevas tecnologías y por ende nuevas guías para la experimentación, que permita al estudiante lograr los

objetivos respetando los pasos comprendidos en el método científico.

No se puede descartar que en la vida académica los conceptos en los cuales se utiliza la experimentación quedan más claro y nunca se olvidan.

En este caso se tratará el tema de momento de inercia que trataremos de la siguiente manera:

Siempre se ha conocido, a través de la historia que Newton observó, que para introducir una variación en el movimiento de un cuerpo es necesario ejercer sobre él una fuerza. Esa fuerza que había que hacer era directamente proporcional a la aceleración a la que se quiere someter al cuerpo y a una constante intrínseca para cada cuerpo. Esa constante resultó ser la masa. Así que se puede decir que la masa es una resistencia que opone un cuerpo a que cambien su estado de movimiento. De este

Leonardo Fabio Herrera
Lic. Matemáticas Física
Universidad Tecnológica de Pereira
leofaherrera@yahoo.es

Jhon Jairo Valero Valero
Lic. Matemáticas Física
Universidad Tecnológica de Pereira
jhonvava@yahoo.es

Hugo Armando Gallego Becerra
Magister en Física
Profesor asociado. Depto de Física
Universidad Tecnológica de Pereira
hugo@utp.edu.co

Fecha de Recepción: 17 de junio de 2010

Fecha de Aceptación: 13 de Agosto de 2010

modo, una fuerza es $F = ma$, y cuanto mayor sea la masa, más grande será la fuerza necesaria para variar su movimiento.

También se ha conocido, que en un movimiento en rotación ocurre algo similar. Cuando queremos variar la velocidad de rotación de un cuerpo, es decir, la velocidad angular, nos encontramos con que tenemos que ejercer una fuerza proporcional a una constante, que en cierto modo viene a expresar la resistencia de ese objeto a que cambie su estado de rotación.

Así como en un movimiento lineal es la masa, en un movimiento de rotación, esa constante es la inercia, I . La inercia de un cuerpo depende de dos variables: de la masa que tiene, y de la distancia a la que se encuentra del eje de rotación. La inercia no es, por tanto, una propiedad intrínseca del cuerpo, pues varía según esté más o menos lejos del eje entorno al que gira. La fuerza necesaria para variar un movimiento de rotación es $F = mr^2a$, donde m es la masa, r el radio de rotación y a la aceleración angular. $I = mr^2$ y por tanto $F = Ia$.

Resumiendo: el momento de inercia viene a ser, en cierto modo, la oposición de un cuerpo a que cambie su estado de movimiento rotatorio

1.1 Acelerómetro. Como el eje central para cumplir con la medición del momento de inercia de un anillo y un disco es el acelerómetro, entonces se explicará a continuación en qué consiste.

Un acelerómetro es un dispositivo versátil y de gran aplicación en el campo de la electrónica y la Física, siendo el más común el piezoeléctrico por compresión, el cual se basa en el principio de que, cuando se comprime un retículo cristalino piezoeléctrico, se produce una carga eléctrica proporcional a la fuerza aplicada.

Estos elementos piezoeléctricos están hechos regularmente de circonato de plomo y generalmente se encuentran comprimidos por una masa, sujeta al otro lado por un muelle y todo el conjunto dentro de una caja metálica.

Si este conjunto es sometido a vibración, dicho dispositivo se ve sometido a una fuerza variable, proporcional a la aceleración de la masa: Por tanto debido al efecto piezoeléctrico se desarrolla un potencial variable que será proporcional a la aceleración. Este potencial variable se puede leer recurriendo a un osciloscopio o un voltímetro.

El piezoeléctrico junto con los circuitos eléctricos asociados se puede usar para la medida de velocidad y desplazamiento además de la determinación de formas de onda y frecuencia. Su gran ventaja radica especialmente

en que, este tipo de transductor se puede hacer tan pequeño que su influencia sea despreciable sobre el dispositivo vibrador. El intervalo de frecuencia típica es de 2 Hz a 10 KHz.

En instrumentación se utiliza básicamente, para detectar defectos en máquinas rotativas, prediciendo por ejemplo el mal estado de un rodamiento o cojinete antes de que se provoque la avería. Para las bombas impulsoras de líquidos, captan fenómenos cuyas características pulsan a unas frecuencias características.

Para medir la aceleración en varias dimensiones se puede recurrir a los acelerómetros, de tal manera que sea posible medir la aceleración en cada eje. Esta ventaja permite medir la inclinación de un cuerpo, puesto que es posible determinar con el acelerómetro la componente de la aceleración provocada por la gravedad que actúa sobre el cuerpo.

Un caso típico de aplicación el iPhone, también es usado para determinar la posición de un cuerpo, pues al conocerse su aceleración en todo momento, es posible calcular los desplazamientos que tuvo. Si se conoce la posición y velocidad original del cuerpo bajo análisis, y sumando los desplazamientos medidos se determina la posición. Siendo un caso típico de aplicación de este caso el Wiimote.

Actualmente es posible construir acelerómetros de dos ejes (X, Y), en un solo chip de silicio, incluyendo dentro del mismo, la parte electrónica que se encarga de procesar las señales.

El principio de operación del dispositivo, acelerómetro e inclinómetro MEMSIC 2125 está basado en el traspaso térmico, por convección natural.

2. METODOLOGÍA [4][5] y [6]

Para este proyecto y con el objetivo de buscar mecanismos didáctico e innovadores, para las diferentes aplicaciones que resultan en el tema de momento de inercia, se recurrió a las herramientas que ofrece la electrónica actual, en este caso a los microcontroladores PIC 18F452, ya que con ellos, y con base a un programa establecido, se puede obtener la información para tal fin. Por lo anterior hacemos la descripción de los elementos más significativos en el proyecto.

2.1 Microcontrolador 18F452

El microcontrolador 18F452 es fabricado por MicroChip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 18F452 posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy eficiente y práctico (figura 1).

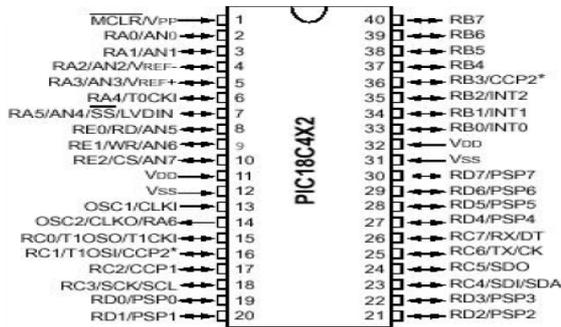


Figura 1. PIC 18F452

2.2 Acelerómetro

El acelerómetro utilizado fue el MMA7260Q, cuya figura y características técnicas se muestran a continuación.

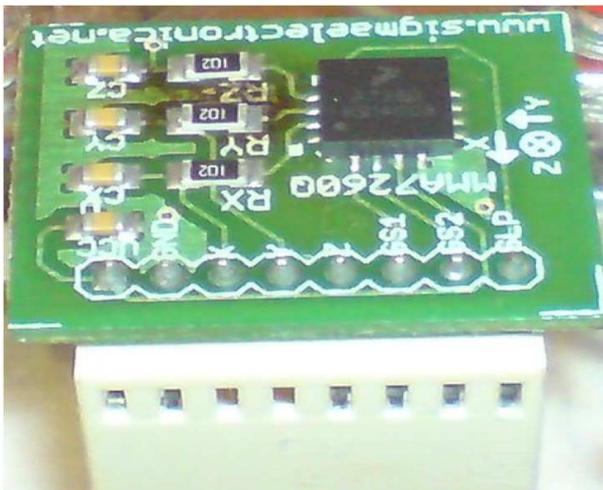


Figura 2. Acelerómetro MMA7260Q

2.2.1 Características técnicas.

- Fabricante: Freescale Semiconductor
- Tipo: Acelerómetro de tres ejes x, y, z.
- Es un acelerómetro diseñado para medir la aceleración en los tres ejes.
- Permite seleccionar uno de estos rangos: 1.5g, 2g, 4g, 6g. Siendo el de mejor sensibilidad el de 1.5g.
- Su consumo de corriente es muy bajo: 500µA, en su condición de trabajo. Se puede llevar a un estado de reposo (sleep) en el cual consume 3µA.
- Su voltaje de alimentación nominal es de 3.3v.

Algunas aplicaciones: Medición de inclinación, en los juegos wi y joystick, celulares para el manejo de la posición de pantalla, automóviles, robótica.

2.3 diagrama de pines del acelerómetro

Es un circuito integrado de soldadura superficial, de 12 pines. En la figura 3 se observa que los pines 1 y 2 son los pines de selección de rangos digitales.

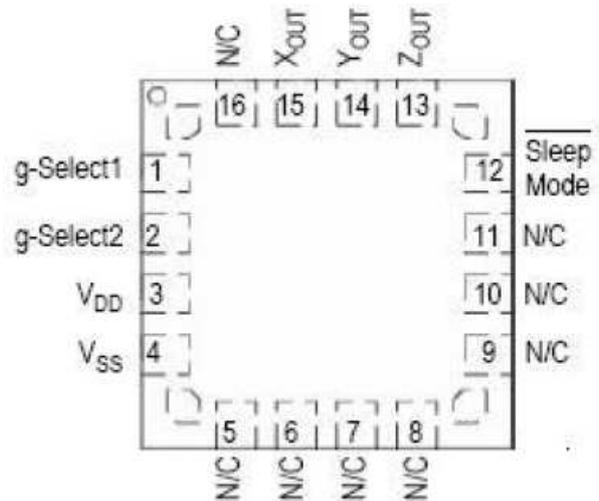


Figura 3. Pines del acelerómetro

Estos pines de selección son escogidos de acuerdo a la siguiente tabla.

GSELECT 2 GSELECT 1	RANGO (g)	SENSIBILIDAD (mV/g)
00	1.5	800mV/g
01	2.0	600
10	4.0	300
11	6.0	200

Tabla 1. Rangos digitales

Los demás pines tienen las características siguientes:

- Pin#3: +Vcc
- Pin#4: Vss o GND
- Pines 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11: no conexión
- Pin#12: /modo sleep, activo con cero lógico
- Pin#13: eje z, salida de voltaje analógico correspondiente al eje z.
- Pin#14: eje y.
- Pin#15: eje x.
- pin#16: no conexión.

Finalmente el diagrama simplificado del funcionamiento del acelerómetro se muestra en la figura 4.

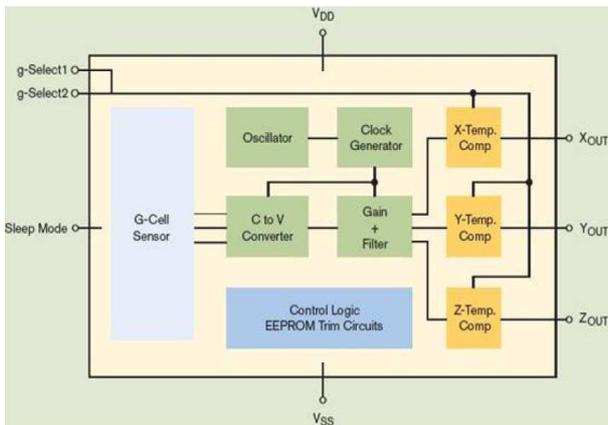


Figura 4. Diagrama simplificado

Una vez aclarado estos conceptos entonces, se realiza el montaje del transmisor de datos el cual se encarga de leer las señales del acelerómetro.

Posteriormente se organiza la mesa rotatoria adecuadamente y se procede a los ensayos del instrumento; luego se monta el equipo referido y se toman las mediciones, con el acelerómetro.

Del análisis experimental de los datos, se deduce, que tan confiable es el instrumento y teniendo en cuenta este proceso se procede a realizar una guía didáctica de laboratorio para el fácil desarrollo y entendimiento del mismo, además una guía para tener en cuenta los cuidados y recomendaciones con el equipo.

2.3 Diagrama electrónico. A continuación la figura 5 muestra la forma de conexión del microcontrolador con la pantalla de cristal líquido y el acelerómetro. El programa realizado fue hecho en lenguaje C.

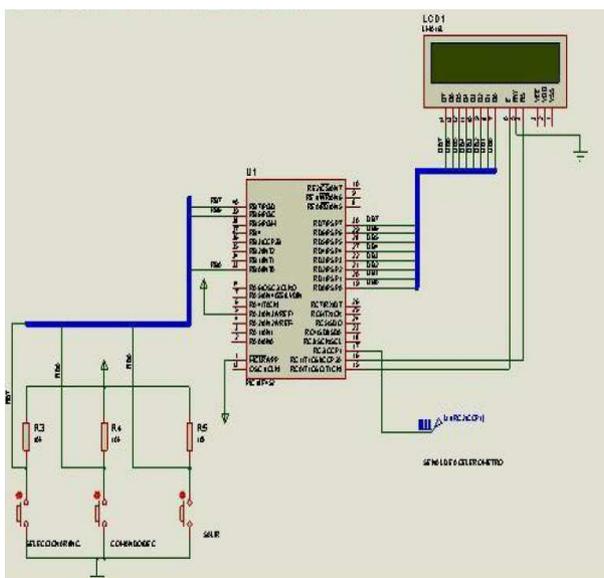


Figura 5. Diagrama electrónico

2.4 Montaje del experimento

En la figura 6 se observa, el circuito impreso ubicado dentro de una caja en acrílico en la cual se ve el circuito electrónico donde el microcontrolador programado se encarga de leer las señales que envía el acelerómetro MMA7260Q, estas señales son codificadas y enviadas a una pantalla de cristal líquido de 16 por 2 caracteres donde se presenta la información de una forma clara.

Esta caja tiene cuatro entradas, la primera es la alimentación del circuito 3.3v, la segunda tierra, la tercera lee la aceleración en el eje z y la cuarta lee la aceleración en el eje y(x).

Además consta de tres suiches que sirven para la toma de datos y para la orientación en el manejo del menú. Adicionalmente cuenta con una resistencia variable encargada de darle el brillo a la pantalla.

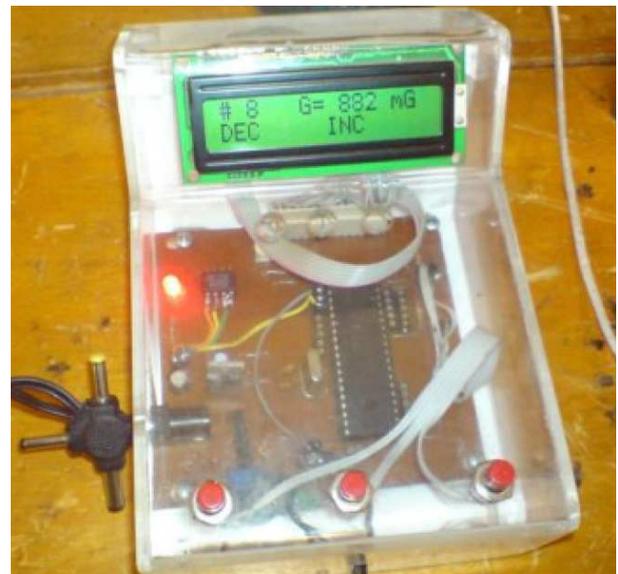


Figura 6. Circuito final

En la cruceta metálica (Figura 7) se pone el anillo o el disco, luego se cuelga una masa a la cuerda que va sujeta al tambor de la cruceta la cual hace girar el disco con su peso.

El acelerómetro va colgado de la masa. Este acelerómetro a medida que la masa cae, va enviando los datos al microcontrolador el cual procesa la información mostrando en pantalla los datos tomados de la aceleración. Con este dato se mide la inercia del disco o del anillo



Figura 7. Montaje

3. CONCLUSIONES

Se construyó, adaptó y probó un instrumento electrónico para medir la aceleración en un equipo de medida de momento de inercia de un anillo y un disco tradicional, aplicando didácticamente el instrumento en la experimentación física.

Se diseñó una guía de laboratorio de tal manera que le permite al estudiante entender el concepto de momento de inercia, trabajar en la toma de datos y análisis de los mismos.

Al comparar el instrumento construido con el uso de un cronómetro manual y de un cronómetro digital que se construyó para la medida de la inercia, se pudo concluir que se mejoró, el intervalo en donde está el valor verdadero del (MOMENTO DE INERCIA).

En la tabla 2. se comparan las medidas de la inercia del disco, el anillo y la cruceta sola en forma teórica, con un instrumento digital, un cronómetro y lógicamente con el acelerómetro.

	Inercia de la cruceta (kgm^2)	Inercia del disco (kgm^2)	Inercia del anillo (kgm^2)
Resultado teórico		0,039 kgm^2	0,061 kgm^2
Cronómetro manual	0,00271 kgm^2	0,048 kgm^2	0,077 kgm^2
Instrumento digital	0,00269 kgm^2	0,047 kgm^2	0,076 kgm^2
Acelerómetro	0,00205536 kgm^2	0,038832521 kgm^2	0,057393661 kgm^2

Tabla 2. Datos comparativos.

En la tabla se observa que, con el acelerómetro se optimizó la medida del momento de inercia.

Cuando se calcula el momento de inercia experimentalmente, este depende de la aceleración, la cual se mide con el instrumento que cuenta con un margen de error reforzado por factores externos que influyen en la toma de datos.

Es importante insistir en que este proyecto es innovador, ya que se utiliza un acelerómetro para medir la inercia del disco y el anillo lo cual no había sido implementado anteriormente, permitiendo esto mostrar las múltiples opciones que se tiene a la hora de trabajar en proyectos de instrumentación.

La fabricación del instrumento es relativamente económica, ya que los materiales son de fácil acceso y de bajo costo.

3.1 Recomendaciones

Sería importante que en un próximo trabajo de investigación sobre el tema, se elabore un sistema que ayude a disminuir el error humano al momento de soltar la masa.

Diseñar el experimento para medir el momento de inercia para otros cuerpos.

El adaptador de voltaje debe estar a 12 voltios VCD.

Recuerde que para medir la Inercia del disco o del anillo se debe de restar la Inercia total con la inercia de la cruceta.

Estar pendiente en la toma de datos para evitar errores en las mediciones.

Al calcular el momento de inercia tener presente las unidades.

Tener precaución con la manipulación del disco y del anillo pues son pesados y pueden causar una lesión.

No ingerir alimentos ni bebidas mientras se esté trabajando en el experimento.

BIBLIOGRAFÍA

[1] SERWAY, Raymon, A., Física para ciencias e ingeniería, 6a. edición. Volumen I.

[2] RESNICK, Robert. HALLIDAY. David., Fundamentos de Física. Mexico, Grupo Patria Cultural, 2001.

[3] SERWAY Raymon A. Física, 2a edición. Suguoo Volumen.

[4] PALLAS,Ramón, Microcontroladores, Fundamentos y Aplicaciones con Pic. macombo ediciones técnicas.

[5] ANGULO, José. Microcontroladores Pic. Diseño práctico de aplicaciones.

[6] DOGAN, Ibrahim, Programación de microcontroladores PIC.

[7] CHARTE,Francisco, Ensamblador. edicion 2009.

[8] CEBALLOS, Javier,.Enciclopedia.Lenguaje C++ segunda edición,

[9] [Http://es.wikipedia.org/wiki/Momento de inercia.](http://es.wikipedia.org/wiki/Momento_de_inercia)

[10] [Http://es.fisica.udea.edu.co/Docs/inercia2.pdf.](http://es.fisica.udea.edu.co/Docs/inercia2.pdf)

[11] [Http://www.puntofotante.net/PROY LCD.htm.](http://www.puntofotante.net/PROY_LCD.htm)