

4 Sensor medidor de Aceleración. ACELERÓMETRO

Las técnicas convencionales para detectar y medir la aceleración se fundamenta en el primer principio descubierto por Newton y descritos en su Principio de Newton en 1687. La aceleración constante de una masa implica una fuerza $F = m \cdot a$, donde F es la fuerza, a es la aceleración y m es la masa.

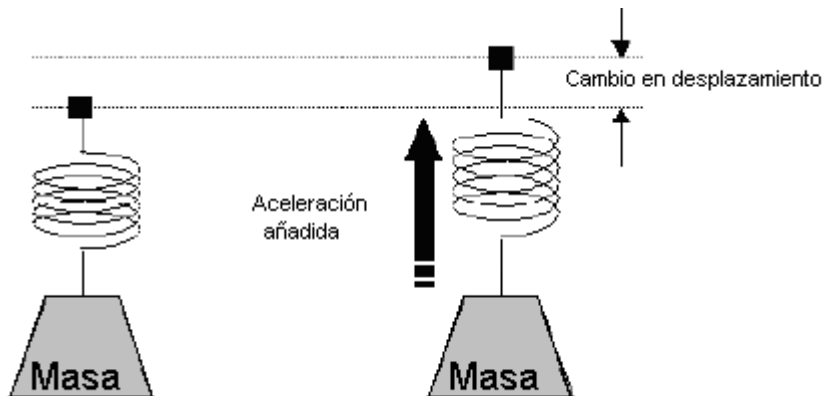


Fig. 8 Principio de la aceleración

Muchos acelerómetros operan detectando la fuerza ejercida en una masa por una imitación elástica. Considerando un sistema mecánico simple, que consiste en una masa fija m , con un muelle con una rigidez k (constante). Si la masa se desplaza una distancia x , la aceleración debida a la fuerza restauradora del muelle es $F = k \cdot x$.

Substituyendo en la ecuación de Newton, encontramos que $a = k \cdot x / m$ y podemos derivar la magnitud de la aceleración observando el desplazamiento x de la masa fija. Este principio fundamental se utiliza hasta en el más sofisticado y caro acelerómetro electromecánico; así también trabajan los modernos acelerómetros micro mecanizados. La Aceleración es el cambio de la velocidad. La unidad de medida es: **m/s²**, aunque podemos encontrarnos referencias de acelerómetros cuyo rango de actuación sea de varios g, donde **g** se define como $1g = 9.8m/s^2$.

La medida de la aceleración es muy utilizada últimamente gracias a las excelentes prestaciones de los sensores desarrollados para ser aplicados en sistemas de seguridad en automoción como en el caso del airbag. Los primeros sensores de aceleración eran unos sistemas muy complejos y no muy fiables que se basaban en la medida de los desplazamientos de una masa inercial sujeta a la aceleración con resortes que contrarrestaban el efecto de la fuerza generada por la masa.

Otras variables que llevan implícita la medida de la aceleración son los sensores de impacto que se caracterizan por la detección de fuertes aceleraciones en cortos períodos de tiempo como en el caso de los sensores de choque que disparan los airbag.

4.1 Definición Acelerómetro

Los sensores utilizados para medir la aceleración se denominan **acelerómetros**. Un acelerómetro como se intuye por su nombre es un instrumento para medir la aceleración de un objeto al que va unido, lo hace midiendo respecto de una masa inercial interna.

Los acelerómetros son sensores inerciales que miden la segunda derivada de la posición. Un acelerómetro mide la fuerza de inercia generada cuando una masa es afectada por un cambio de velocidad.

Existen varios tipos de tecnologías (piezo-eléctrico, piezo-resistivo, galgas extensométricas, láser, térmico ...) y diseños que aunque todos tienen el mismo fin pueden ser muy distintos unos de otros según la aplicación a la cual van destinados y las condiciones en las que han de trabajar.

Hay dos parámetros principales a la hora de escoger el medidor adecuado, los rangos de funcionamiento de temperatura y frecuencia. Otros parámetros importantes pueden ser el tamaño, si tienen más funciones, la resistencia a golpes y por supuesto el precio.



Fig. 9 Diferentes tipos de acelerómetro (marca Honeywell)

Los acelerómetros han pasado de estar dedicados a un uso industrial (medir vibraciones y oscilaciones) y de investigación a estar presentes en muchos aparatos cotidianos, veremos algunos ejemplos de ellos (Wii, Footpod, portátiles, ...)

4.2 Tipos de Acelerómetros

[6]

4.2.1 Acelerómetros mecánicos

Emplean una masa inerte y resortes elásticos. Los cambios se miden con galgas extensiométricas³, incluyendo sistemas de amortiguación que evitan la propia oscilación.

En este tipo de acelerómetro, una (o más) galgas extensométricas hacen de puente entre la carcasa del instrumento y la masa inercial, la aceleración produce una deformación de la galga que se traduce en una variación en la corriente detectada por un puente de Whetstone, la deformación es directamente proporcional a la aceleración aplicada al acelerómetro.

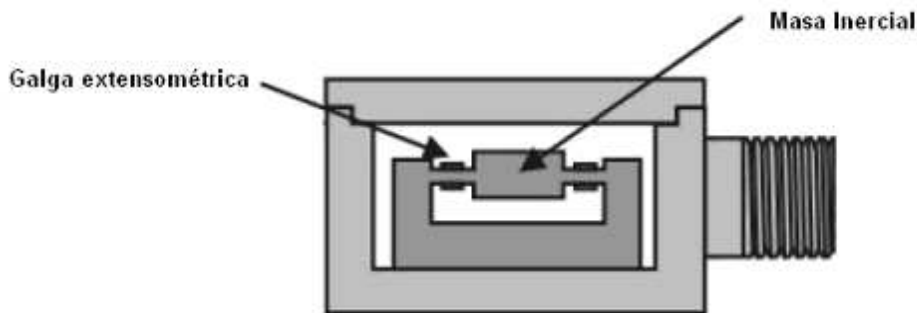


Fig. 10 Esquema Acelerómetro Mecánico

4.2.2 Acelerómetros piezoeléctricos

Su funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico. La palabra piezo de origen griego significa “apretar”, por lo que se puede deducir su comportamiento: una deformación física del material causa un cambio en la estructura cristalina y así cambian las características eléctricas. Su principal inconveniente radica en su frecuencia máxima de trabajo y en la incapacidad de mantener un nivel permanente de salida ante una entrada común.

³ Galgas Extensiométricas: Es un dispositivo electrónico que aprovecha el efecto piezorresistivo para medir deformaciones. Ante una variación en la estructura del material de la galga se producirá una variación de su resistencia eléctrica. Los materiales que suelen utilizarse para realizar galgas son aleaciones de Cobre y níquel, platino y silicio.

El funcionamiento de este tipo de acelerómetros se basa en las propiedades de los cristales piezo-eléctricos. Estos cristales cuando son sometidos a alguna fuerza producen una corriente eléctrica, a causa de la variación de su estructura cristalina.

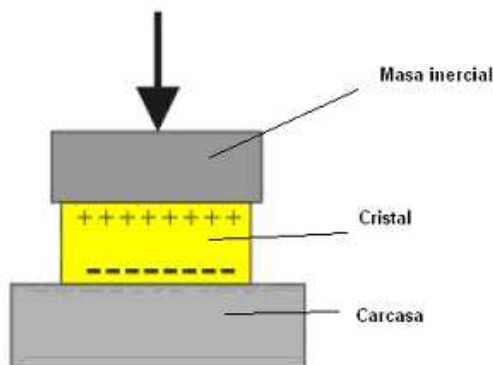


Fig. 11 Diagrama de un acelerómetro piezo-eléctrico

Así que poniendo un cristal de este tipo entre la carcasa (unida al objeto cuya aceleración se quiere medir) y una masa inercial se producirá una corriente cuando ocurra una aceleración ya que la masa ejercerá una fuerza sobre el cristal. Midiendo esta corriente podremos calcular la aceleración, bien directamente si se trata de un acelerómetro de salida de corriente (culombios/g) o bien convirtiéndola a un voltaje de baja impedancia si se trata de un acelerómetro de salida de voltaje (ejemplo IEPE).

A la hora de utilizar este tipo de sensores para medir la aceleración podemos encontrar diversos tipos en el mercado con distintos valores de sensibilidad, alcance de la medida, banda de frecuencia de uso, etc., aunque la mayoría suelen ser de dos tipos, los sensores propiamente dichos y los que incorporan un amplificador.

Los sensores piezoeléctricos pre-amplificados van siendo cada vez más habituales por la comodidad de su uso, ya que producen un valor de tensión proporcional a la excitación aplicada en la salida del amplificador y su comportamiento resulta independiente del conexionado exterior puesto que carga y resistencia de entrada del amplificador se mantienen constante siempre. Este tipo de sensores precisa alimentación.

Los sensores piezoeléctricos propiamente dichos no incorporan más que el dispositivo sensor, careciendo de una salida tan cómoda como los anteriores.

4.2.3 Acelerómetros piezoresistivos

Un acelerómetro piezo-resistivo a diferencia de uno piezo-eléctrico utiliza un sustrato en vez de un cristal piezo-eléctrico, en esta tecnología las fuerzas que ejerce la masa sobre el sustrato varían su resistencia, que forma parte de un circuito que mediante un puente de Whetstone mide la intensidad de la corriente. La ventaja de esta tecnología respecto a la piezo-eléctrica es que pueden medir aceleraciones hasta cero Hz de frecuencia.

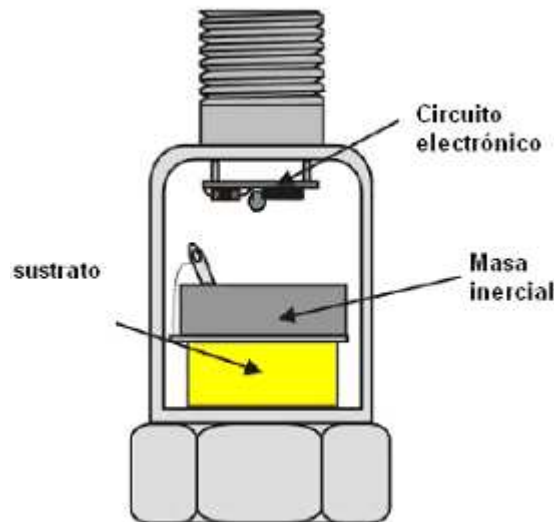


Fig. 12 Diagrama de un acelerómetro piezo-resistivo

4.2.4 Acelerómetros capacitivos

Modifican la posición relativa de las placas de un microcondensador cuando está sometido a aceleración. El movimiento paralelo de una de las placas del condensador hace variar su capacidad. Los acelerómetros capacitivos basan su funcionamiento en la variación de la capacidad entre dos ó más conductores entre los que se encuentra un dieléctrico, en respuesta a la variación de la aceleración.

Los sensores capacitivos en forma de circuito integrado en un chip de silicio se emplean para la medida de la aceleración. Su integración en silicio permite reducir los problemas derivados de la temperatura, humedad, capacidades parásitas, terminales, alta impedancia de entrada, etc.

Cuando se observa el sensor micromecanizado parece una "H". Los delgados y largos brazos de la "H" están fijos al sustrato. Los otros elementos están libres para moverse, lo forman una serie de filamentos finos, con una masa central, cada uno actúa como una placa de un condensador variable, de placas paralelo.

La aceleración o desaceleración en el eje "SENSOR", ejerce una fuerza a la masa central. Al moverse libremente, la masa desplaza las minúsculas placas del condensador, provocando un cambio de capacidad. Este cambio de capacidad es detectado y procesado para obtener un voltaje de salida.

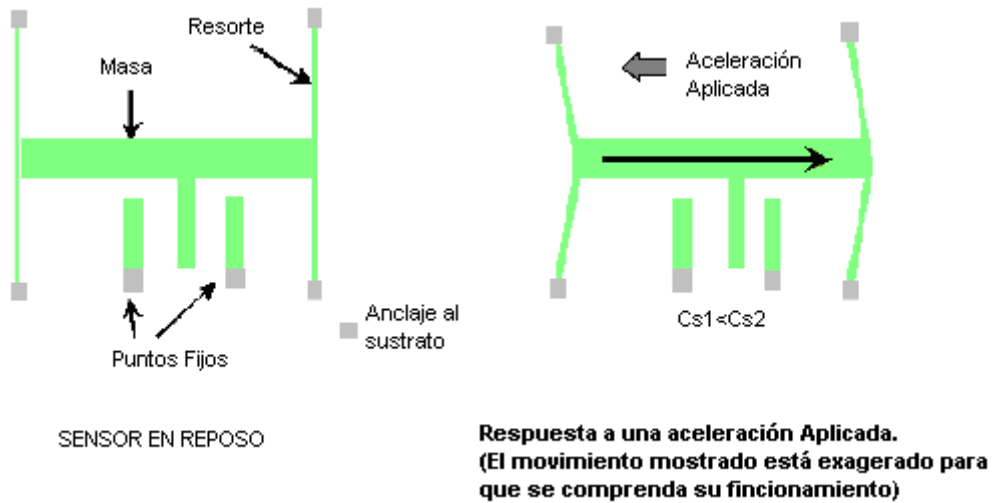


Fig. 13 Esquema Acelerómetro Capacitivo

El dispositivo realmente trabaja en un lazo de control electrónico de fuerza/balanceo. Este lazo de control evita el movimiento de la masa en aceleración, por la aplicación de una fuerza igual pero opuesta creada por la aplicación de un voltaje en las placas del condensador. Este voltaje aplicado es directamente proporcional a la aceleración.

En este tipo de acelerómetros el elemento que conecta la masa inercial con la carcasa es un condensador. Una de las paredes está fija, pegada a la carcasa y la otra a la masa. Cuando ocurre una aceleración la masa presiona el condensador variando el grosor entre pared y pared. Midiendo la capacitancia del condensador podemos calcular la aceleración. Este tipo de acelerómetros son extremadamente resistentes, pueden soportar aceleraciones de 30000g lo cual permite usarlo en mediciones de aceleración de proyectiles de cañón.

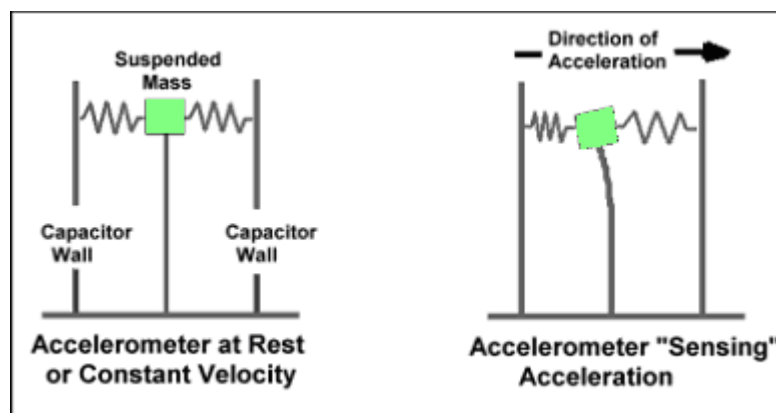


Fig. 14 Esquema del principio de funcionamiento de un acelerómetro de condensador.

4.2.5 Acelerómetros Térmicos

Se trata de un nuevo acelerómetro basado en la convección termal. Este tipo de acelerómetro posee un diseño de tecnología MENS muy simple y práctico al mismo tiempo; simplemente utilizando un sustrato de silicio en el cual se hace un hueco para meter una pequeña resistencia que hace de calentador, con dos termopares⁴ en los extremos. Con esta estructura conseguimos que se forme una cavidad de aire caliente, llamamos burbuja, sobre los termopares.

La principal característica de estos dispositivos es que tienen sólo un elemento móvil, la burbuja diminuta de aire caliente, herméticamente sellado dentro de una cavidad existente en el encapsulado del sensor. Cuando una fuerza externa como el movimiento, la inclinación, o la vibración es aplicada, la burbuja de aire caliente se mueve de una forma análoga al mismo. El cambio de estado dentro de la cavidad del integrado, produce un voltaje que es función de la diferencia de temperatura y que tras ser amplificado, condicionado, se proporciona como salida el valor de un voltaje absoluto.

Para el diseño de estos acelerómetros debemos crear una zanja en la superficie del silicio que conforma el sustrato del sensor. Colocamos un calentador, resistencia de silicio, suspendida en el centro de la zanja generada. Colocamos dos termopares a ambos lados del calentador de forma que queden simétricos respecto a este, teniendo como resultado una configuración muy similar a la que presenta el puente de Wheatstone.



Fig. 15 Componentes del sensor y ejes de referencia de las variables asociadas.

Es necesario además, tener en cuenta al encapsular que debemos dejar una cavidad de aire, o burbuja, sobre la que se producirá la variación de las condiciones de temperatura al producirse movimiento. Este cambio de temperatura entre los termopares creará una señal diferencial que será amplificada y condicionada según las aplicaciones para las que este diseñado el acelerómetro, obteniéndose como salida del mismo

⁴ Un **termopar** es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la **diferencia de temperatura** entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

4.2.5.1 Principio de Funcionamiento

Como el aire que se encuentra en el interior de la burbuja posee un gradiente de temperatura, y, sabiendo que la densidad del aire caliente es menor que la del aire frío, cualquier cambio del movimiento del sensor hace que el aire refrigerado fuerce a la masa de aire caliente a desplazarse hacia el lateral de la cavidad en el sentido de la aceleración. Este movimiento de las masas de aire crea un diferencial de temperatura que recogen los termopares y la amplificación de esta señal produce una salida que permite caracterizar la naturaleza del movimiento, choque o inclinación, así como la dirección de la fuerza aplicada. La dirección puede ser horizontal o vertical (el ángulo de inclinación/inclinación en relación con la gravedad de la tierra)

El funcionamiento del sensor se muestra en la Fig. 16 Acelerómetro en reposo alimentado. y en Fig. 17 Efecto de Aceleración. La secuencia de funcionamiento comienza con el sensor alimentado y en reposo, donde debido a la acción del calentador se ha generado una masa de aire caliente en el centro de la cavidad.

Cuando el dispositivo esta en reposo y alimentado, el calentador crea un núcleo de aire caliente en el centro, el perfil de temperatura/distancia en la Fig. 16 muestra la temperatura máxima directamente encima del calentador sin la aceleración o la inclinación. Esto crea una masa de aire cálido centrado en el elemento de calentador.

En los ejes situados sobre la grafica podemos comprobar, además, el gradiente de temperatura que se genera, de forma que la temperatura máxima del centro de la cavidad va disminuyendo de forma simétrica hacia ambos extremos de la misma de forma que ambos termopares tienen en la misma temperatura, y no se generara ninguna señal diferencial dentro del sistema.

Cuando el acelerómetro esta en reposo (equilibrio) el aire calido produce un gradiente de temperatura entre el calentador y los termopares que forman el sensor. En este estado, la temperatura a ambos lados es igual, y por tanto la gráfica resultante es simétrica. La masa de aire cálido esta centrada en la barra de calentador.

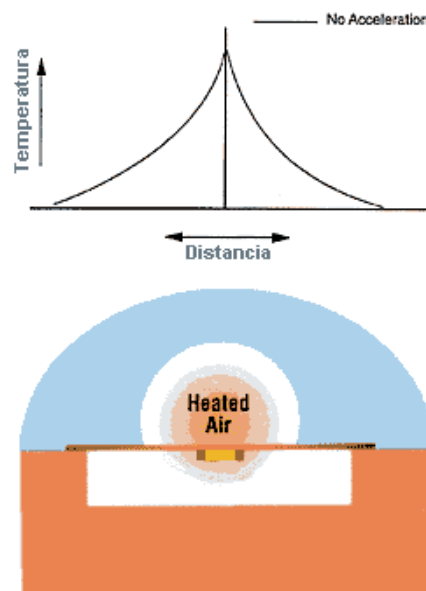


Fig. 16 Acelerómetro en reposo alimentado.

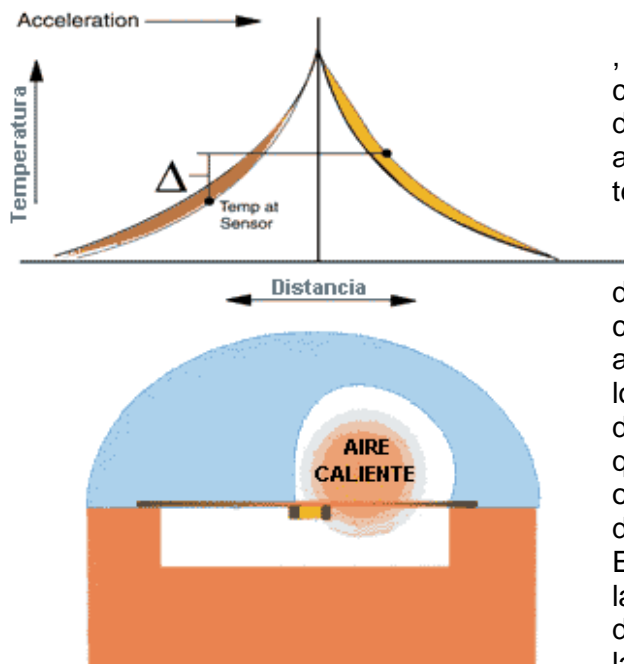


Fig. 17 Efecto de Aceleración
La aceleración hace que el aire cálido se mueva en la misma dirección que la fuerza aplicada, induciendo un cálculo diferencial de temperaturas, entre los termopares.

Cuando ocurre una aceleración, por convección, el aire frío desplaza al caliente, el núcleo de aire caliente se desplaza en la misma dirección que la aceleración, esto crea un diferencial de temperatura entre los termopares.

La Fig. 17 ilustra el resultado del diferencial de temperatura (Δt) cuando se aplica al dispositivo una aceleración (ó desaceleración). Sobre los ejes se muestra un perfil asimétrico de la temperatura ocurrido por la fuerza que el aire frío ejerce sobre el cálido, obligándolo a desplazarse hacia la derecha, sentido de la aceleración. Esto cambia el estado de equilibrio de la burbuja y se desarrolla un cálculo diferencial de temperaturas que afecta las resistencias de termopar produciendo una salida que puede ser utilizada para determinar la aceleración o la inclinación.

4.2.6 Acelerómetros micromecánicos (MEMS)

Los avances en tecnología electromecánica micro de los sistemas (MEMS) han permitido la detección del movimiento o los sensores de inercia, conocidos como acelerómetros, para ser puesto en ejecución en muchos usos para las varias industrias.

Los acelerómetros están entre los primeros productos de micro sistemas (MST/MEMS) desarrollados, surgieron en el final de la década de 1980. Sin embargo, para alcanzar un éxito comercial necesitó el desarrollo que surgió durante las décadas de los 70, 80, hasta la del 90 con aplicaciones principalmente en los mercados de la automoción y aeronáutica. Los sensores micrómetro-clasificados miden el movimiento tal como aceleración, vibración, choque, inclinación, e inclinación. Actualmente, con la tecnología muy madura, fabricación en volúmenes muy elevados y a un bajo costo, los acelerómetros están en la mejor posición para moverse con éxito hacia otras aplicaciones, tales como el área médica, industrial y de transporte.

Con relación a la tecnología básica, distinguimos tres categorías principales de acelerómetros de MEMS: el **capacitivo de silicio**, el **piezorresistivo** y, finalmente, los **acelerómetros térmicos**. Hasta el momento, los acelerómetros capacitivos de silicio dominaban ampliamente el mercado.

Los fabricantes que usan **capacitivos micromecanizados** en la superficie o en masa, como **DI, Bosch, Denso, Freescale, Analog Devices, Colibrys, VTI**, lideraron el mercado automotor.

Hasta 2009, la estimativa es que la porción de los sensores piezorresistivos y térmicos crezca de forma significativa, estimulado por las nuevas aplicaciones de los acelerómetros en áreas de consumo.

En las Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20 y Fig. 21 se muestran estructuras de los acelerómetros capacitivos de dos fabricantes diferentes.



Fig. 18 Acelerómetros de Analog

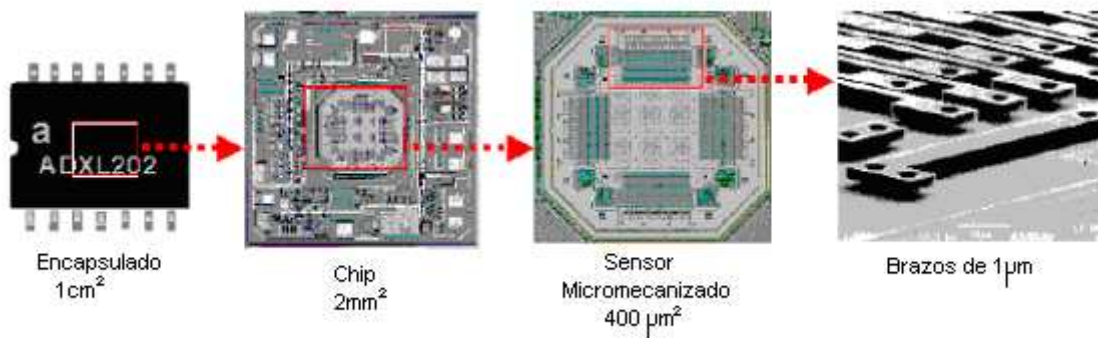


Fig. 19 Esquemático del interior de un Acelerómetro Analog

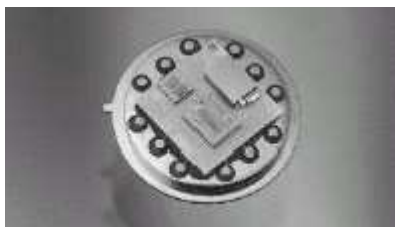


Fig. 20 Acelerómetro MS7000 antes del encapsulado. Colibrys

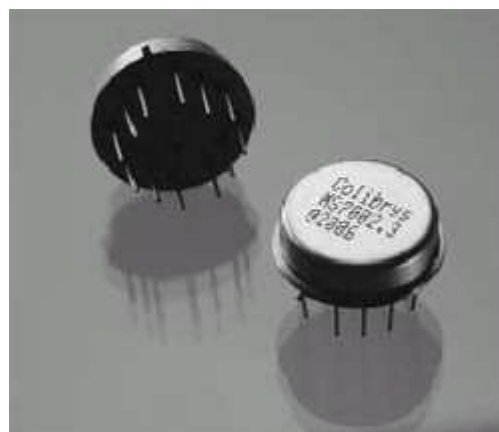


Fig. 21 Acelerómetro MS7000 Colibrys

Los acelerómetros térmicos (hasta ahora solamente de MEMSIC) son particularmente competitivos.

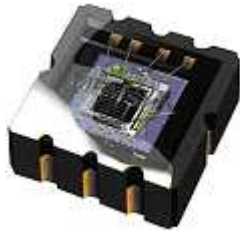


Fig. 22 Acelerómetro MEMSIC

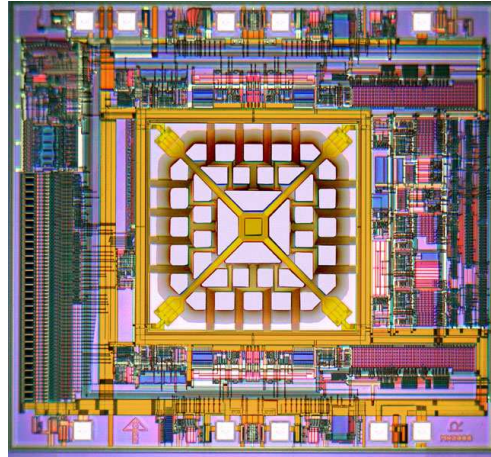


Fig. 23 Vista interior Acelerómetro MEMSIC.

Los acelerómetros piezorresistivos son muy adecuados para acelerómetros compactos de tres ejes. Los productos menores usan el abordaje piezorresistivo de empresas japonesas como Hitachi Metals y Hokuriku.



Fig. 24 Acelerómetro Hitachi

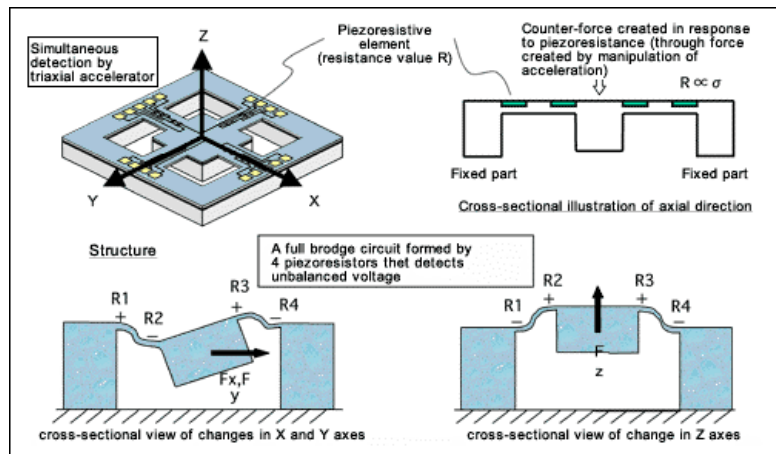


Fig. 25 Esquemático funcionamiento Acelerómetro Hitachi

4.3 Aplicaciones

La aceleración es una cantidad física fundamental, manifestada de muchas maneras gravedad, vibración, actividad sísmica, estos son algunos ejemplos. La medición de la aceleración de manera continua, exacta y a bajo coste, abre numerosas aplicaciones para los acelerómetros.

Los acelerómetros están siendo cada vez más atraídos hacia mercados diferentes del automotriz y de la aviación, donde pueden ser usados para medir la inercia. Ellos también miden la inclinación, característica que es usada principalmente para transportes, perforación, telemetría, navegación de ciegos u otras aplicaciones médicas o choques, usado también para mediciones sísmicas, monitoreo del estado de las máquinas. Detallamos algunos de estos ejemplos:

Los fabricantes de ordenadores portátiles buscan formas para hacer sus productos más seguros. Los elementos con más facilidades para dañarse son los dispositivos de almacenamiento masivo (con la consecuente pérdida de información almacenada), discos duros particularmente. El delicado mecanismo que lee y escribe información a los discos, flota sobre los discos; un movimiento repentino puede provocar fácilmente un problema, destruyéndose la información. Un acelerómetro puede detectar el "ataque del daño potencial", contrarrestar los choques y evitar que se dañe el disco.

Las aplicaciones militares incluyen ingeniosos sistemas de detonación para misiles y bombas. En este caso un acelerómetro forma parte del sistema difuso, la detección de impacto por la rápida desaceleración asociada. La continua variación de salida del acelerómetro sería rápidamente analizado, estableciendo el instante preciso en que la carga explosiva debe ser detonada produciendo el daño máximo sobre el objetivo.

También puede ser utilizado para monitorizar máquinas de salud, maquinas de rotación para mostrar las características de vibración; grietas o fatigas de las máquinas, monitorizando continuamente la vibración de una máquina, es posible avisar de algún fallo inminente

4.4 Elección del Acelerómetro Adecuado

En el mercado existen muchas posibilidades de sensores para medir la aceleración, la elección de uno de ellos depende de las características del sensor: los márgenes de valores de la aceleración que admite, capacidad para medir en continua o sólo en alterna, la máxima frecuencia a la que puede trabajar, los parámetros característicos del sensor...

La elección del acelerómetro adecuado se hará en función de los siguientes criterios:

- Frecuencia de trabajo o margen de frecuencias de uso.
- Los valores máximos y mínimos del nivel de la señal que esperamos.
- Consideraciones acerca de la forma de montaje, el espacio disponible, salida de los cables ...
- Otras consideraciones tales como la temperatura de trabajo, aspectos ambientales y de compatibilidad química o la necesidad de seguridad intrínseca.

En la siguiente tabla se resume las principales características de los distintos tipos de acelerómetros y sus aplicaciones.

| Tipo | Margen de Medida | Ancho de Banda | Ventajas e Inconvenientes | Aplicaciones |
|------------------|------------------|----------------|---|--|
| MENS | 1.5g – 250g | 0.1 – 1500 | -Alta Sensibilidad -Coste Medio -Uso sencillo -Bajas Temperaturas | -Impacto -ABS -Airbag -Uso en automoción |
| Piezoeléctricos | 0g – 2000g | 10 – 20000 | -Sensibilidad media -Uso complejo -Bajas temperaturas -No funcionan en continua | -Vibración -Impacto -Uso Industrial |
| Piezo-resistivos | 0g – 2000g | 0 – 10000 | -Respuesta en continua y alterna -prestaciones medias -Bajo coste -Tamaño y peso mínimos -Alta Sensibilidad | -Vibración -impacto -Automoción -Biodinámica -Ensayos en vuelo -Test de túneles de viento |
| Capacitivos | 0g – 1000g | 0 – 2000 | -Funciona en continua -Bajo ruido -Baja Potencia -Bajo coste | -Uso general -Uso industrial -Sistemas de Alarma -Mediciones Sísmicas |
| Mecánicos | 0g – 200g | 0 – 1000 | -Alta precisión en continua -Lentos -Alto coste | -Navegación inercial -Guía de misiles -Herramientas -Nivelación |

Fig. 26 Tabla con principales características de los distintos fabricantes acelerómetros

De entre todos los fabricantes estudiados, elegimos como los más adecuados para nuestro diseño los acelerómetros capacitivos de Analog o STMicroelectrónica e incluso los acelerómetros térmicos de MEMSIC, ya que para todos ellos existía disponibilidad y se ajustaban a las prestaciones de nuestro diseño. Exponemos algunos de los modelos estudiados.

| Modelo | Fabricante | Rango de Aceleración | Tensión de Alimentación | Sensibilidad | Ancho de Banda | Package |
|------------|------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------|---------|
| ADXL 320 | ANALOG | ±5 g | 2,4 V - 6 V | 174 mV/g | 2,5kHz | CP-16 |
| ADXL210 | ANALOG | ±10 g | 3 V - 6 V | 40% /g | 6kHz | E-8 |
| ADXL 323 | ANALOG | ±3 g | 1,8 V - 3,6V | 300 mV/g | 1,6 kHz | LFCSP |
| MXA2300J/K | MEMSIC | ±1.5 g | 2,7 - 5,25 V | 300 mV/g | 30Hz | LCC8 |
| MXR2312G/M | MEMSIC | ±2.0 g | 3,00 V - 5,25 V | 312 mV/g | 17Hz | LCC8 |
| LIS2L06AL | ST | ±2g/±6g | 2,4 V - 5,25 V | 2g=Vdd/5 V/g 6g=Vdd/15 V/g | 100Hz | LGA8 |
| LIS2L02AS4 | ST | ±2g/±6g | 2,4 - 5,25 V | 2g=Vdd/5 V/g 6g=Vdd/15 V/g | 100Hz | SO24 |

Fig. 27 Tabla de características de distintos acelerómetros.

De entre todos ellos nos decidimos por los acelerómetros de ST Microelectronic, en concreto por el modelo LIS2L02AS4, que se ajusta a las prestaciones de diseño, con un rango de aceleración seleccionable, una sensibilidad suficiente para la aplicación, un encapsulado superficial que permite soldarlo en el laboratorio y una tensión de alimentación igual a la del microcontrolador elegido lo que evitará tener que alimentar la placa con dos tensiones diferentes, simplificando el diseño de la misma. Se darán más detalles de las características del sensor en la descripción de la placa de diseño y sus componentes, apartado 8.1.8 de este documento.

4.5 ST Microelectronic.

ST Microelectronics está hoy presente en el mercado con una gran diversidad de sensores de movimiento basados en tecnología MEMS explotando las propiedades mecánicas de silicio para crear estructuras basadas en sensores de movimiento.

La característica fundamental de ST Microelectronic a la hora de realizar los diseños de sus sensores es contar con dos elementos claves:

- **Sensores MEMS**, el silicio, elemento mecánico que detecta el movimiento
- **Interfaz de chip**, el IC que convierte el movimiento medido por el sensor en una señal analógica o digital

Por costo y la flexibilidad, ST ha optado por construir soluciones donde la mecánica del sensor y la interfaz IC de chip se alojan en el mismo encapsulado.



Fig. 28 Vista de Acelerómetros de ST

Los nuevos dispositivos de la compañía fueron desarrollados en base a la tecnología MEMS, o sistemas micro-electromecánicos, tecnología que combina elementos mecánicos, sensores, actuadores y dispositivos electrónicos a una escala microscópica, generalmente dentro del rango de los micrómetros a milímetros.

Los sistemas MEMS son básicamente una mejora en los procesos de fabricación, que permite ofrecer ventajas en cuanto a miniaturización, uso eficiente de potencia, alto rendimiento, portabilidad, y fácil interconexión con sistemas múltiples.



Fig. 29 Acelerómetro de tres ejes de ST

Esta tecnología encuentra aplicaciones en una gran diversidad de sectores como de las telecomunicaciones, el automotriz, la informática, electrónica de consumo, y demás dispositivos que utilicen sistemas automatizados como herramienta o producto.

De acuerdo con la compañía franco-italiana, la principal característica de sus nuevos acelerómetros es la reducción de su factor de forma, logrando además incrementar el rendimiento de los sensores. Disminuir las dimensiones, al mismo tiempo que se incrementa el rendimiento y se ofrece flexibilidad, abren una fascinante ventana de aplicaciones dentro de las industrias de cómputo y de electrónica de consumo para nuestros sensores basados en MEMS.

