



Universidad
de Oviedo

SENSORES INERCIALES: GIRÓSCOPOS Y ACELERÓMETROS

Curso de Verano 2007/2008

**Diseño de sistemas portátiles para la
monitorización del movimiento**

ACELERACIÓN

INTRODUCCIÓN

- ¿Qué es la aceleración?
- ¿En qué unidades se expresa?
- ¿Qué es un “g”?



ACELERACIÓN

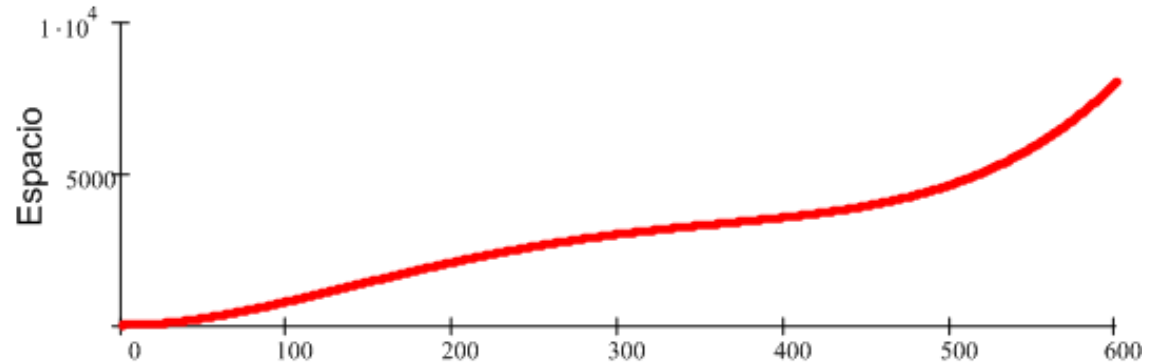
INTRODUCCIÓN

- Aceleración de la gravedad 1 g
- Pasajero de un coche en curva 1 g
- Pasajero de coche en bache 2 g
- Coche de Fórmula 1 en curva 3 g
- Bobsled en curva 5 g
- Pérdida de conciencia 7 g
- Transbordador espacial 10 g

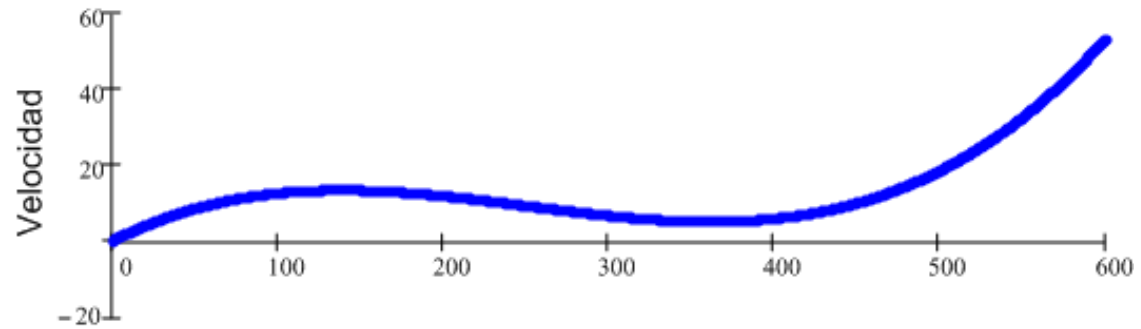


ACELERACIÓN INTRODUCCIÓN

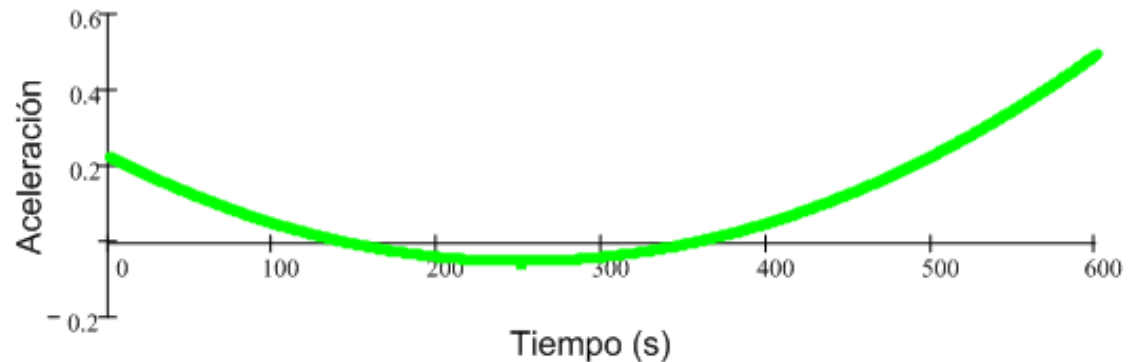
$$\text{Espacio} = x$$



$$\text{Velocidad} = \frac{dx}{dt}$$

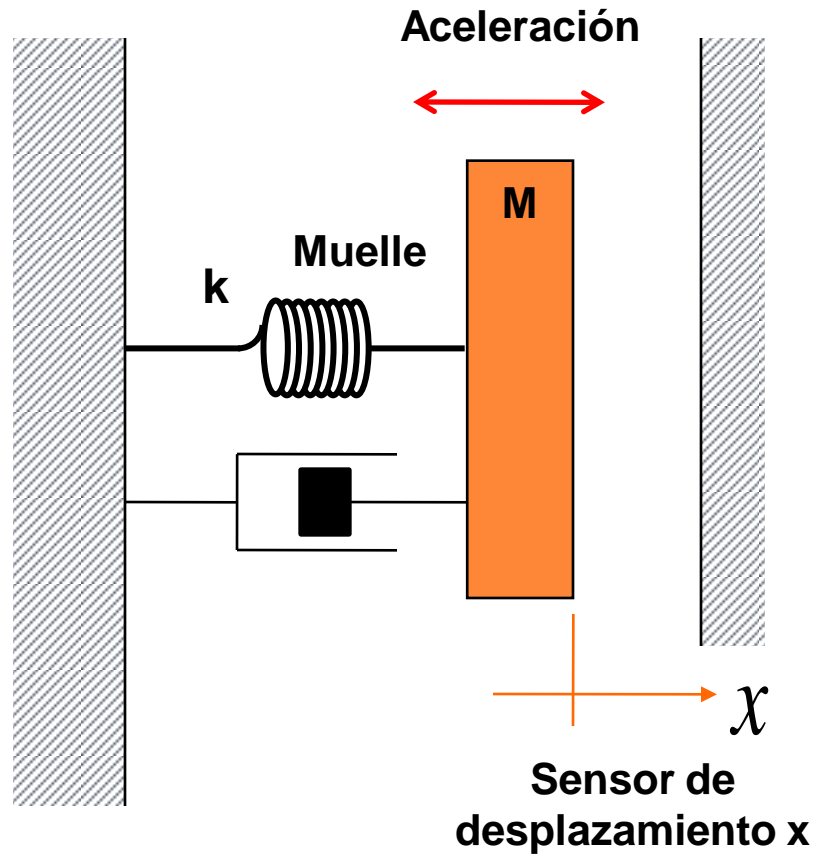


$$\text{Aceleración} = \frac{d^2x}{dt^2}$$



ACELERÓMETROS

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



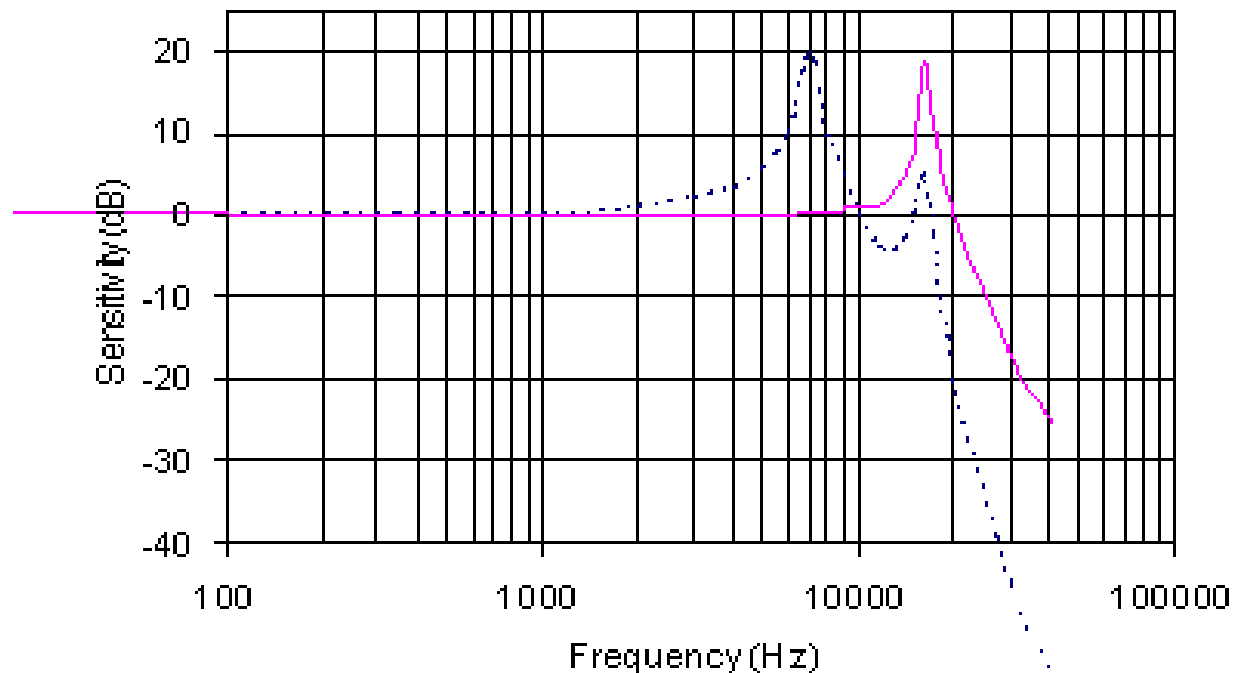
$$kx = ma$$



ACELERÓMETROS

RESPUESTA EN FRECUENCIA

XL105 Sensitivity vs. Frequency



--- XL105 on PC Board — XL105 on PC board, Glued down



ACELERÓMETROS

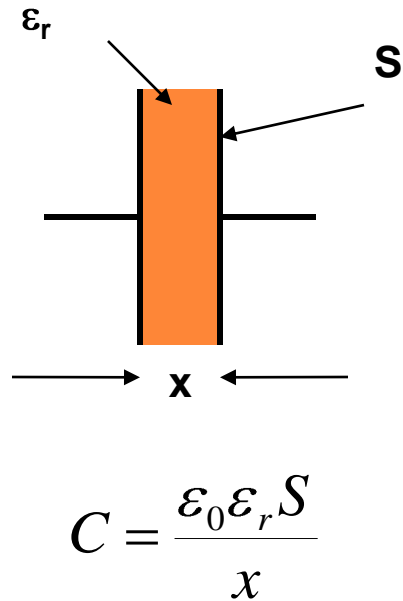
TIPOS

- Según el sensor de desplazamiento
 - Capacitivos
 - Piezoeléctricos
 - Piezorresistivos
 - Otros: transferencia de calor, efecto Hall, LVDT, ...

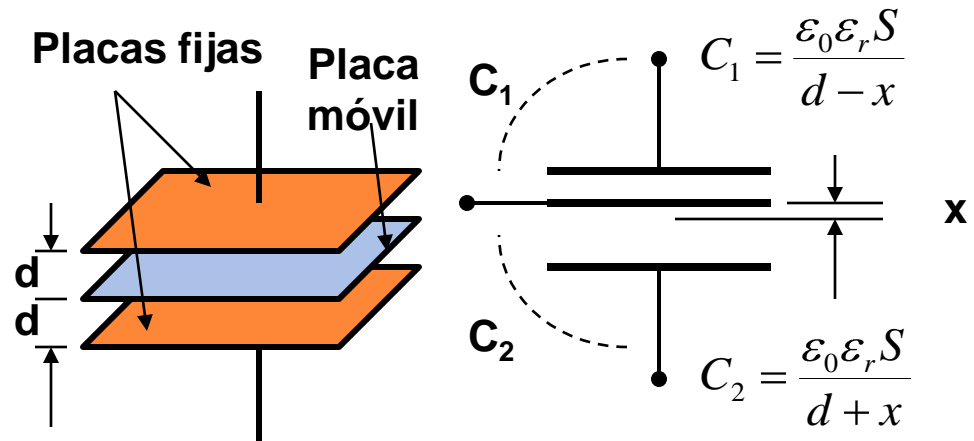


ACELERÓMETROS CAPACITIVOS

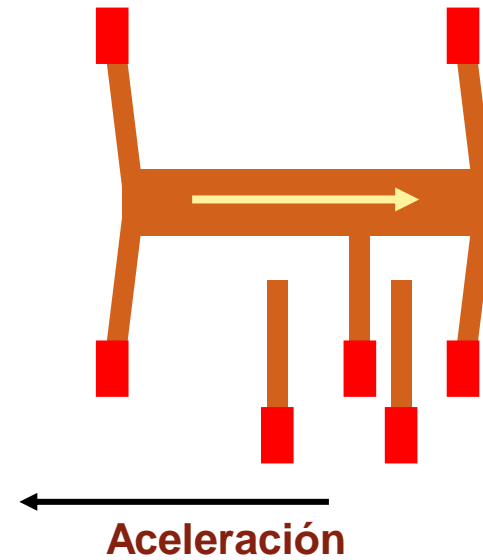
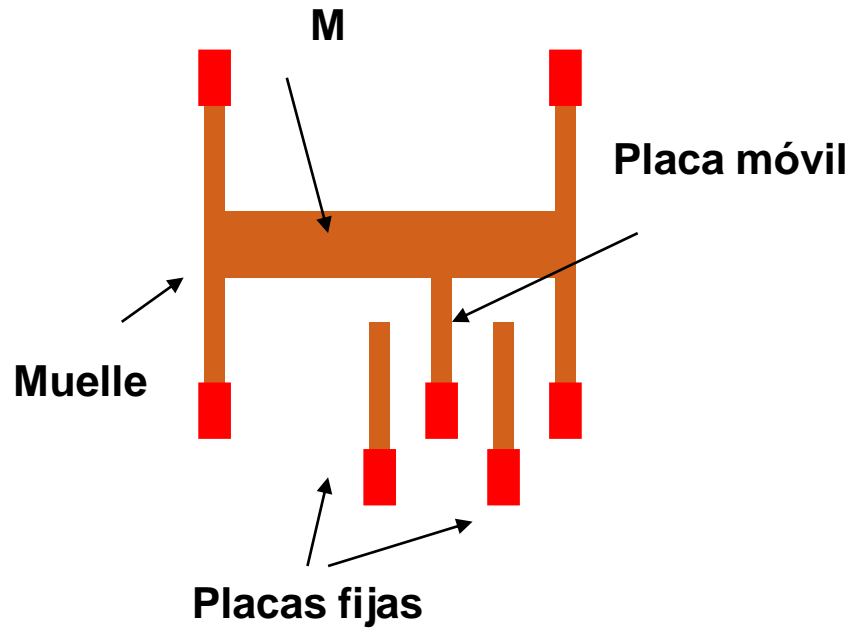
○ Simple



○ Diferencial

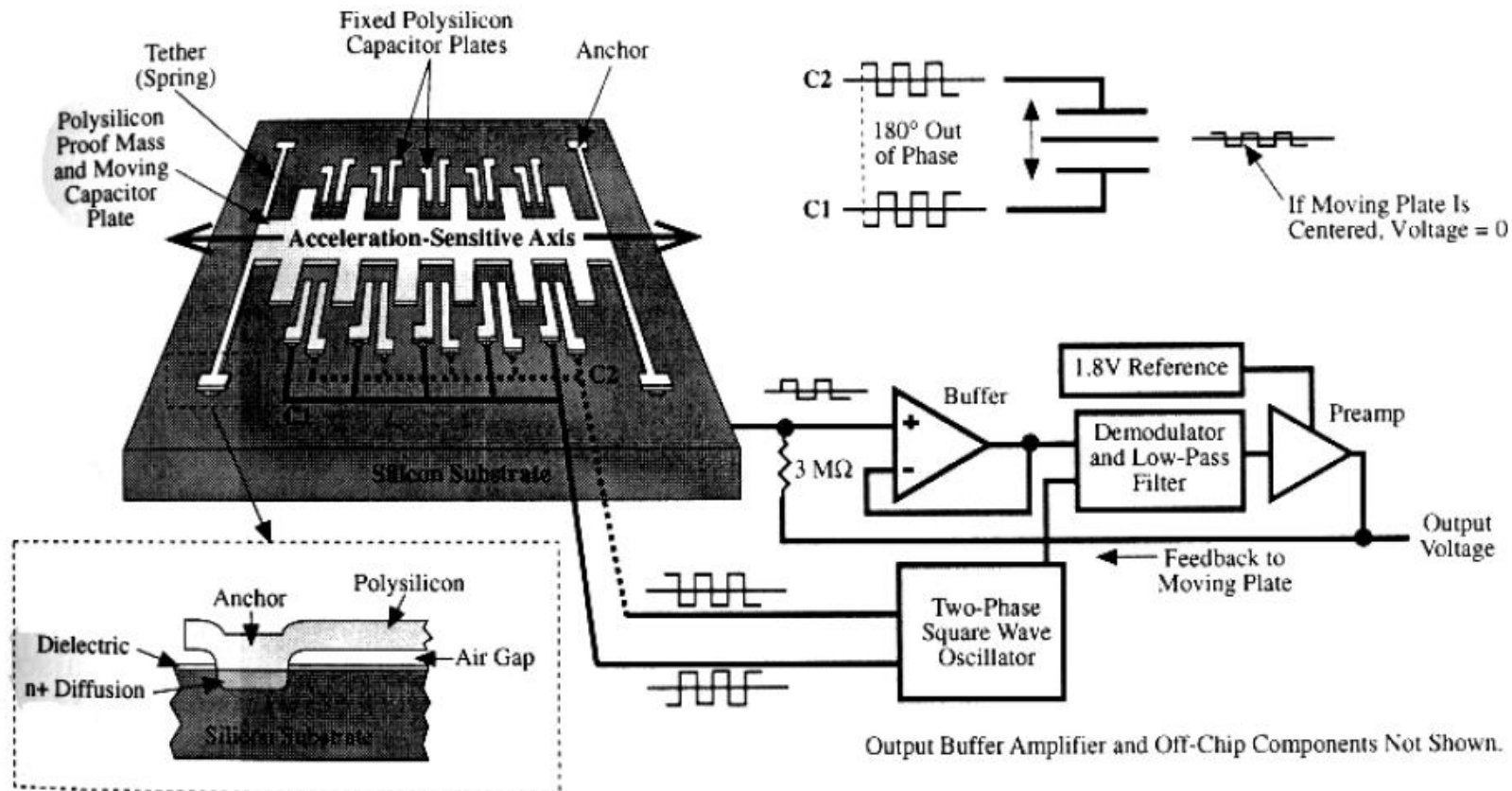


ACELERÓMETROS CAPACITIVOS

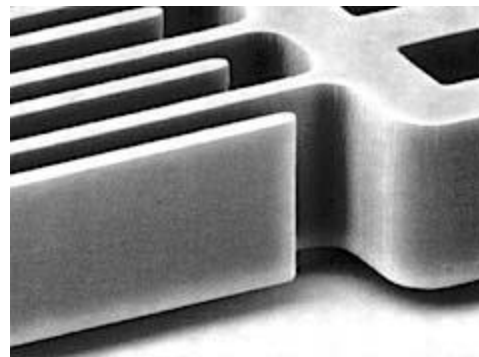
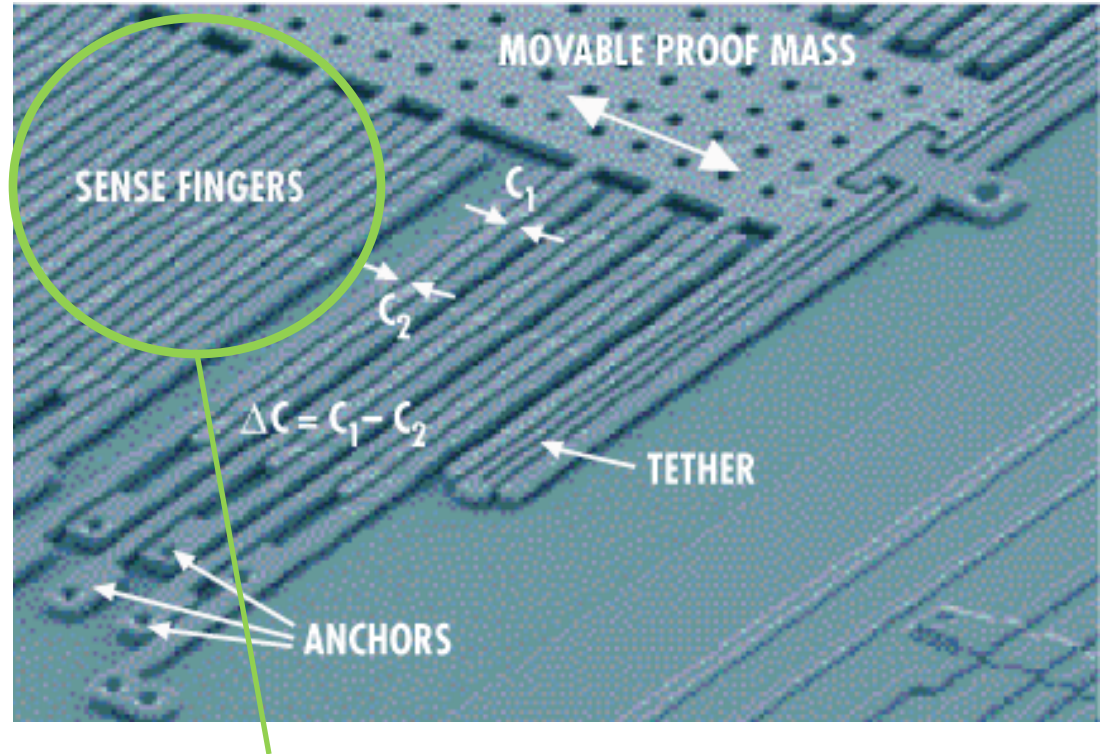


ACELERÓMETROS CAPACITIVOS

ACONDICIONAMIENTO

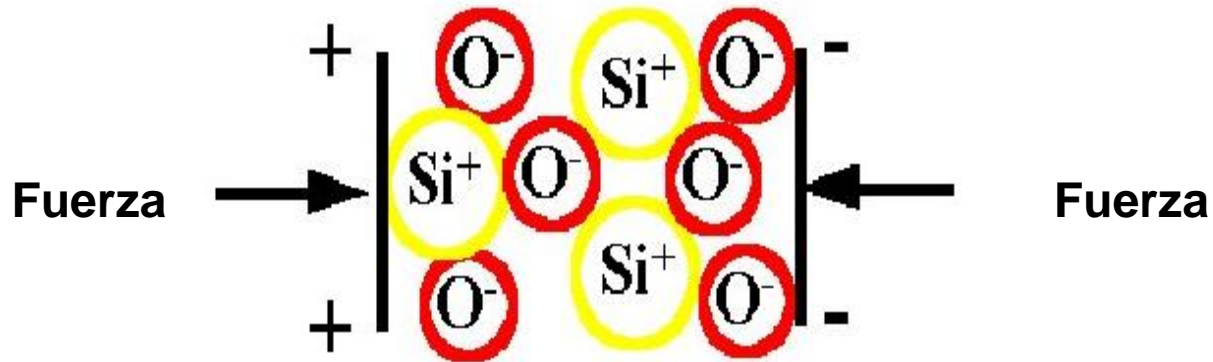


ACELERÓMETROS CAPACITIVOS



ACELERÓMETROS PIEZOELECTRICOS

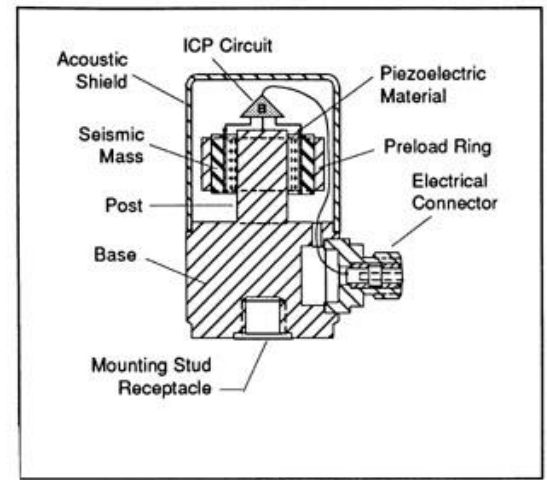
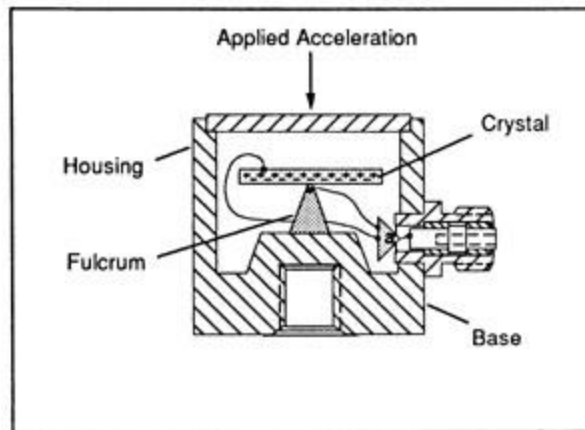
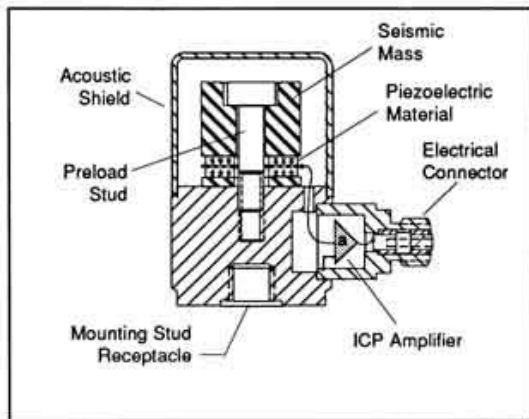
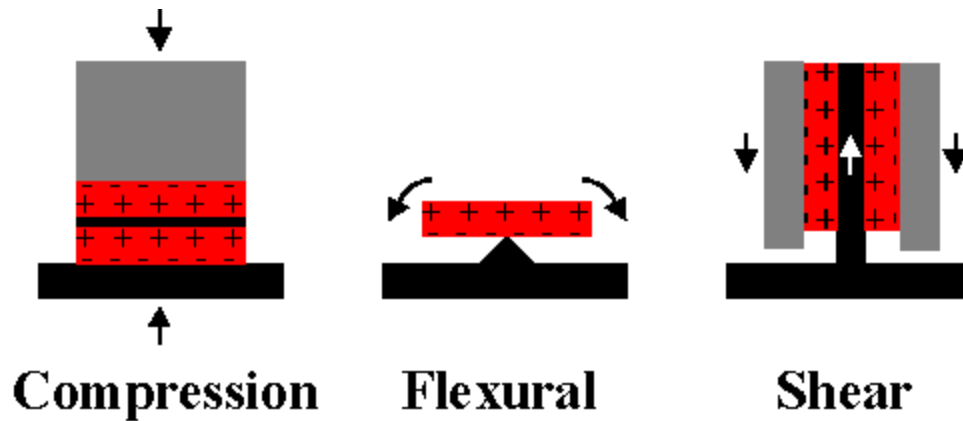
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



Cuarzo	Cerámicos
<ul style="list-style-type: none">♦ Elevada sensibilidad en tensión♦ Muy buena estabilizada a largo plazo♦ No es piroeléctrico♦ Coeficiente de temperatura bajo	<ul style="list-style-type: none">♦ Elevada sensibilidad en carga♦ Gran variedad de formas y tamaños♦ Pueden llegar a temperaturas de hasta 540°C♦ Son piroeléctricos♦ Variaciones acusadas con la temperatura

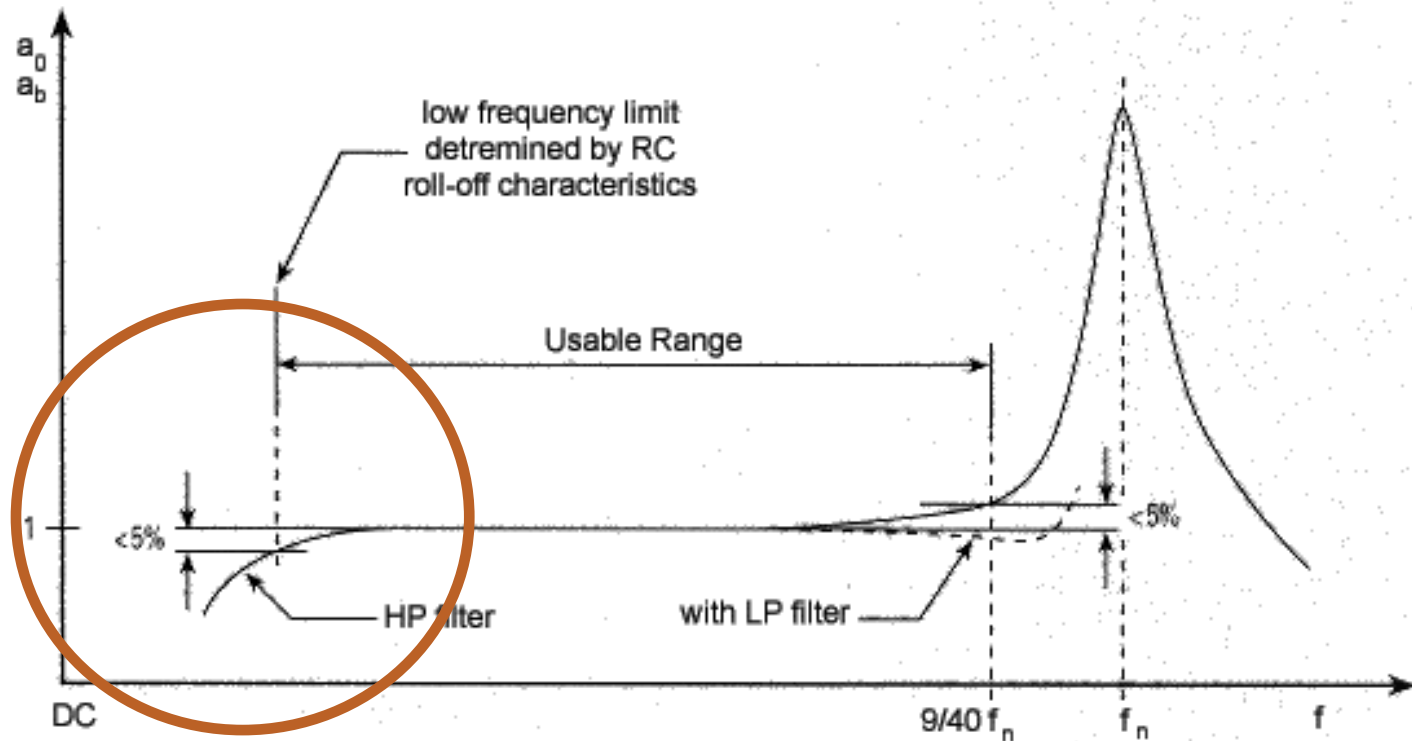
ACELERÓMETROS PIEZOELÉCTRICOS

TIPOS



ACELERÓMETROS PIEZOELÉCTRICOS

RESPUESTA EN FRECUENCIA



ACELERÓMETROS PIEZOELÉCTRICOS

CARACTERÍSTICAS

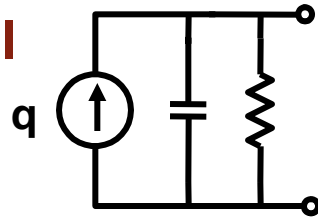
- **Sólo son posibles medidas dinámicas**
- **La carga generada es del orden de pC**
- **Tiempos de subida muy reducidos (del orden de microsegundos)**
- **Se pueden llegar a medir frecuencias de decenas kHz**
- **Coeficientes de temperatura 0,01 a 0,05%/°C (típ.)**
- **Suelen presentar derivas del cero**
- **Sensibilidad elevada**
- **Robustez**



ACELERÓMETROS PIEZOELÉCTRICOS

ACONDICIONAMIENTO

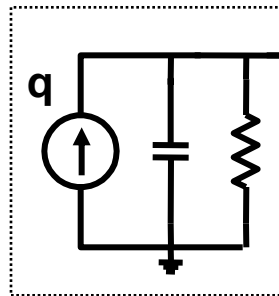
Modelo habitual



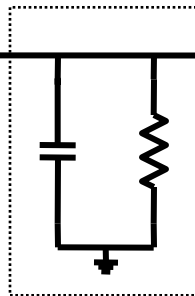
Ejemplo: Sensor de presión
Kistler 6001. $q=1\text{pC/psi}$
 $C=10\text{pF}$

Amplificación de tensión

$$i = \frac{dq}{dt}$$

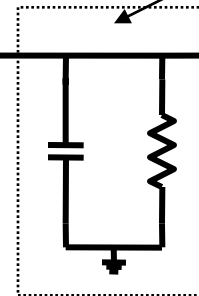


Sensor



Cableado

ej. Cable
coaxial 50pF/m



Amplificador

Resistencia entrada y
capacidad de entrada

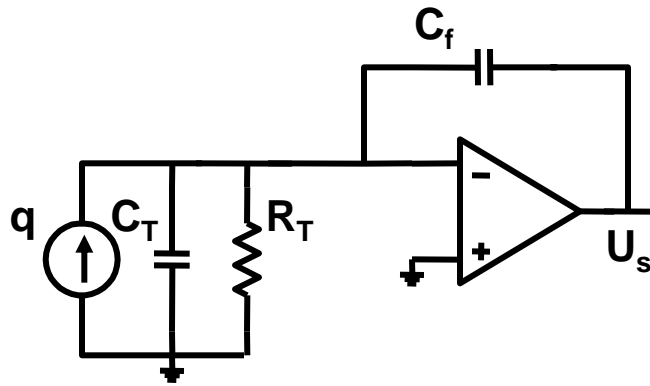
La medida estaría muy condicionada por los parásitos



ACELERÓMETROS PIEZOELÉCTRICOS

ACONDICIONAMIENTO

Amplificación de carga (convertidor carga-tensión)



C_T: Capacidad sensor+cable+amplificador

R_T: Resistencia sensor+cable+amplificador

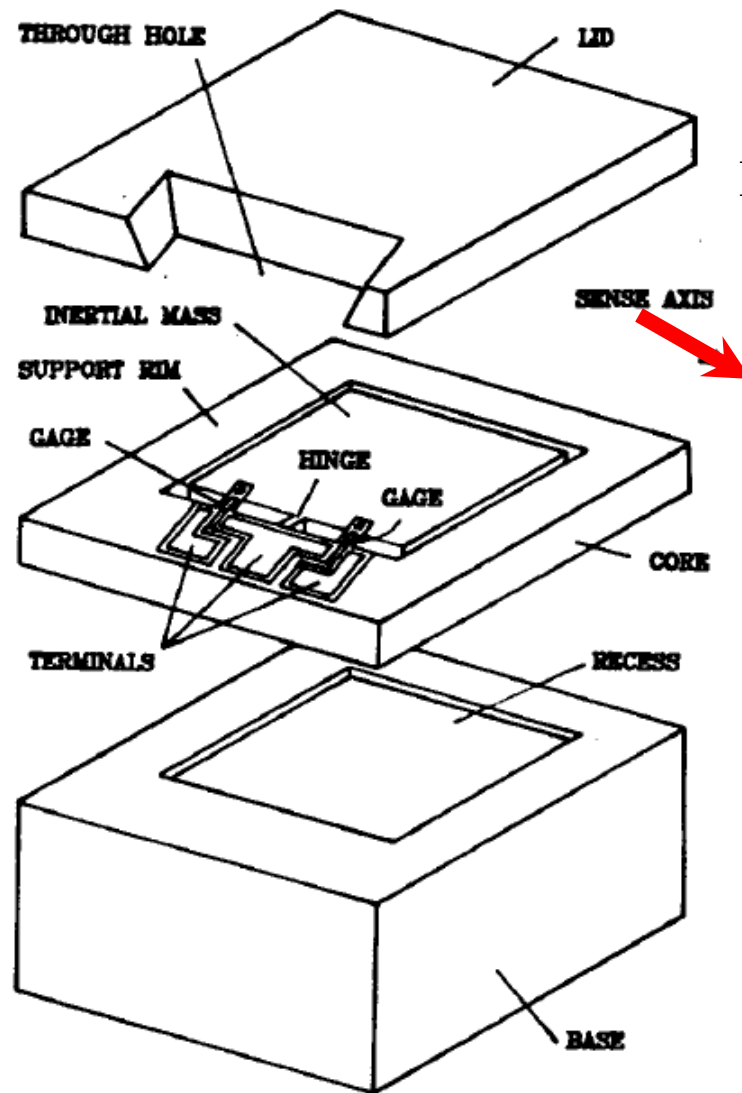
$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$U_s = -\frac{1}{C_f} \int i \cdot dt = -\frac{1}{C_f} q$$

!!! Independiente de C_T y de R_T !!!



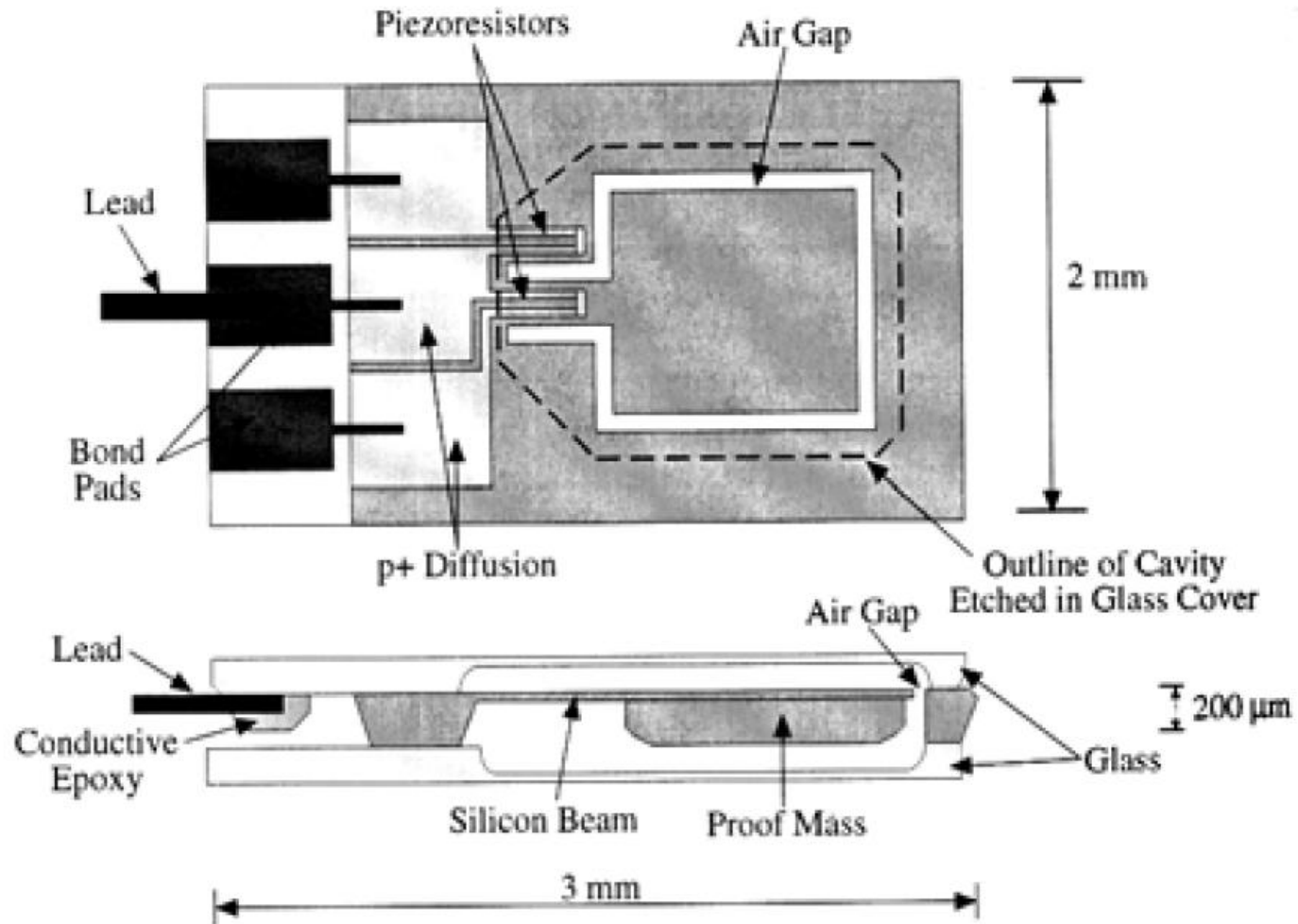
ACELERÓMETROS PIEZORRESISTIVOS



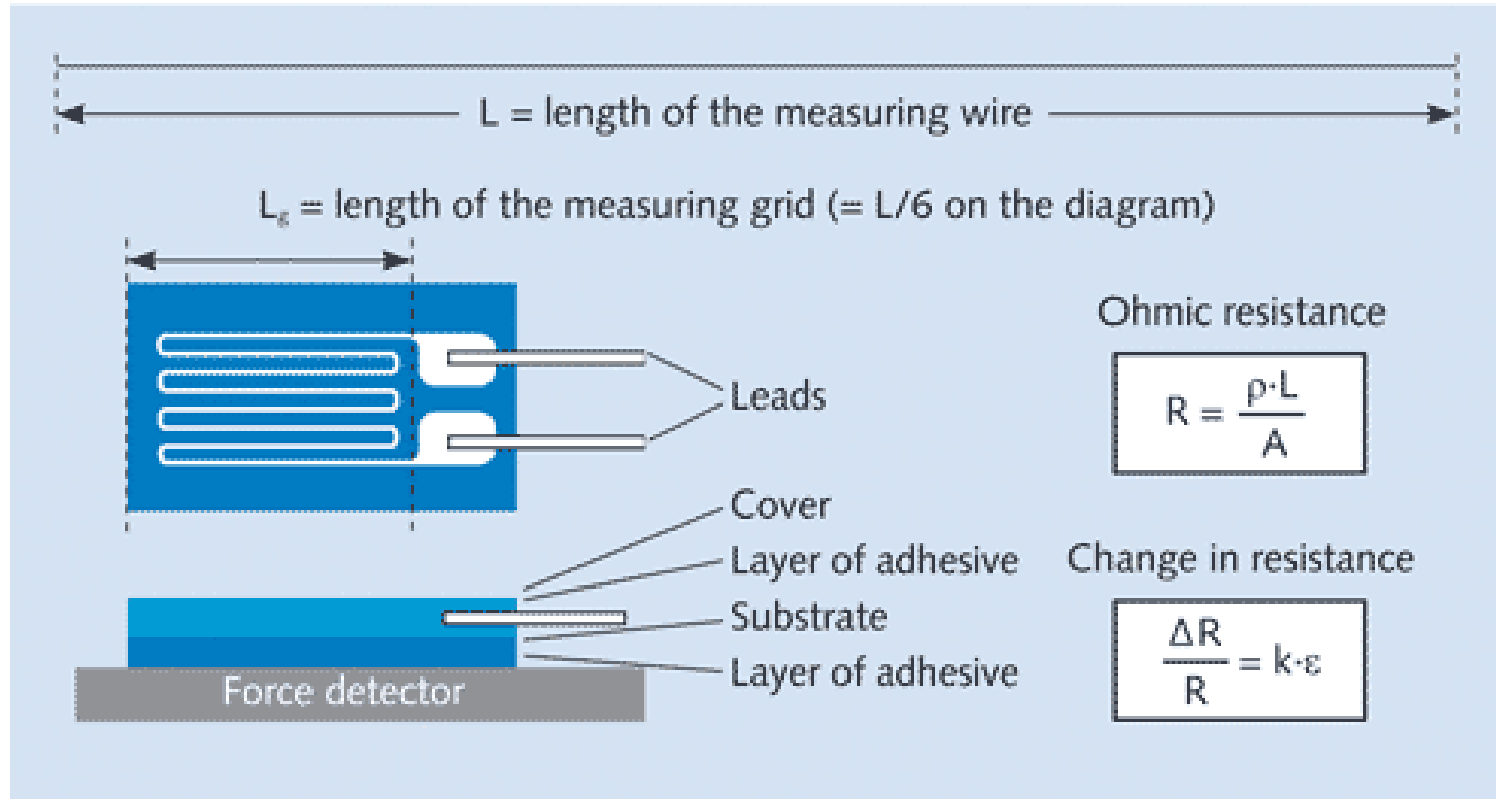
Desde DC hasta 13 kHz



ACELERÓMETROS PIEZORRESISTIVOS



ACELERÓMETROS PIEZORRESISTIVOS



APLICACIONES



Tilt



Inertial Acceleration



Shock and Vibration

**Mobile phones
and PDAs**



**Portable
media players**



**Toys and
games**



**Audio and
video devices
Laptop and
pocket PCs**



Automotive



Home appliances



**Sports and
health**

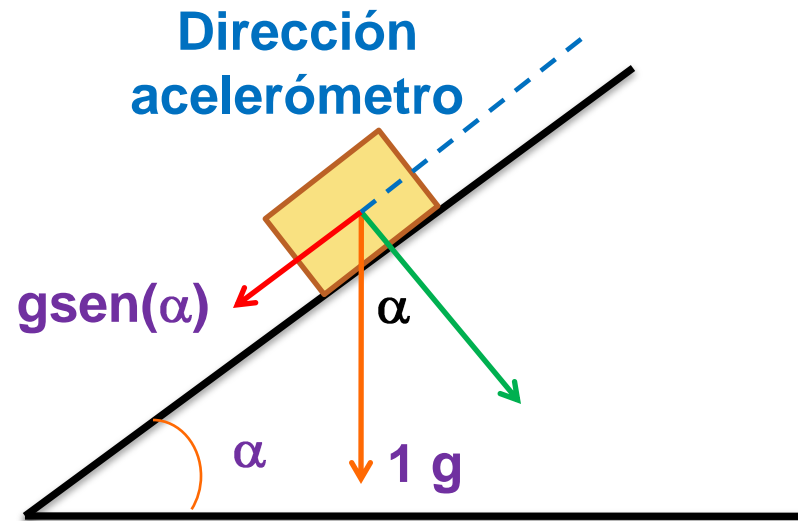


**Home security
systems**



ACELERÓMETROS

EJEMPLO – MEDIDA DE INCLINACIÓN

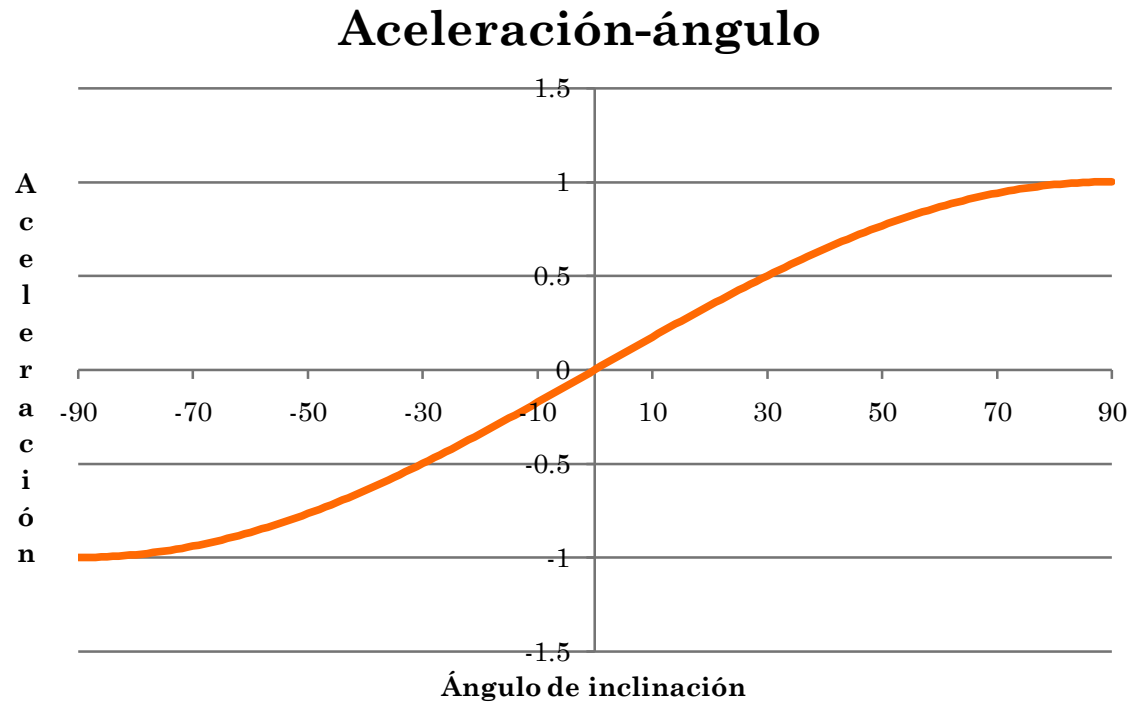


$$\alpha = \arcsin(A)$$



ACELERÓMETROS

EJEMPLO – MEDIDA DE LA INCLINACIÓN



ACELERÓMETROS

EJERCICIOS

- Obtener los parámetros más importantes de un acelerómetro a partir de las hojas de características
- Indicar cómo se modifica el ancho de banda del acelerómetro
- Indicar cuánto varía la tensión que proporciona si se utiliza como inclinómetro y se pasa de una inclinación de 0° a 1° , ¿y si pasa de 89° a 90° ?



ACELERÓMETROS NAVEGADORES INERCIALES

- Integrado la aceleración obtenemos la velocidad

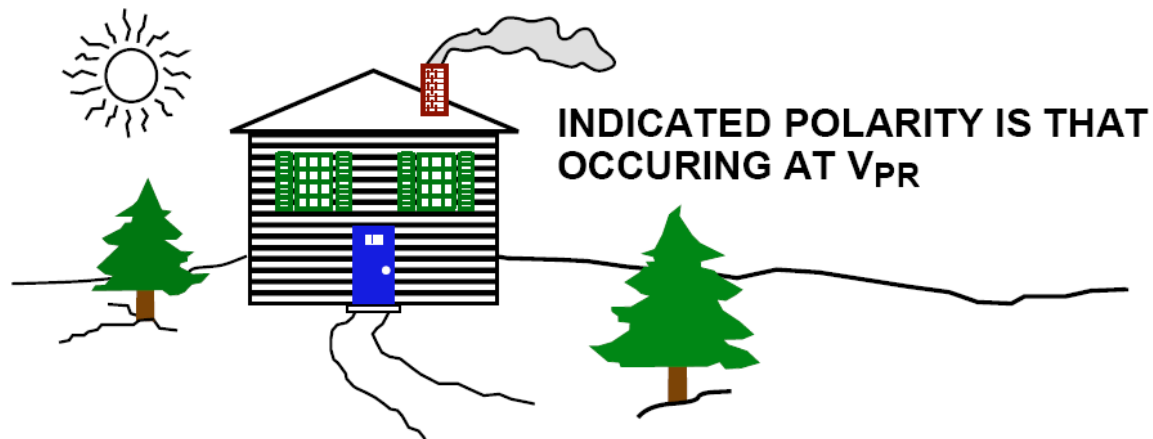
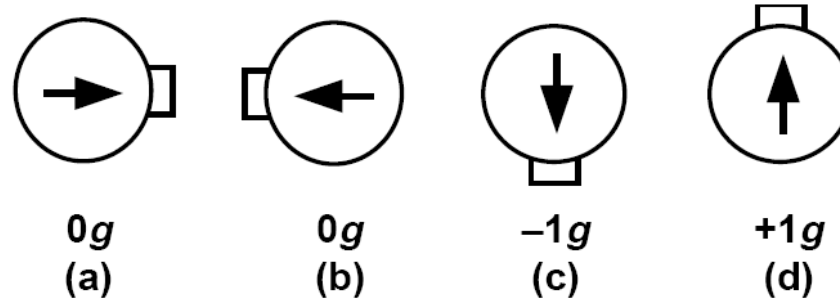
$$v \leftarrow \int_0^t a \leftarrow dt$$

- Integrando la velocidad obtenemos el espacio recorrido

$$x \leftarrow \int_0^t v \leftarrow dt = \int_0^t \int_0^t a \leftarrow dt$$



ACELERÓMETROS CALIBRACIÓN



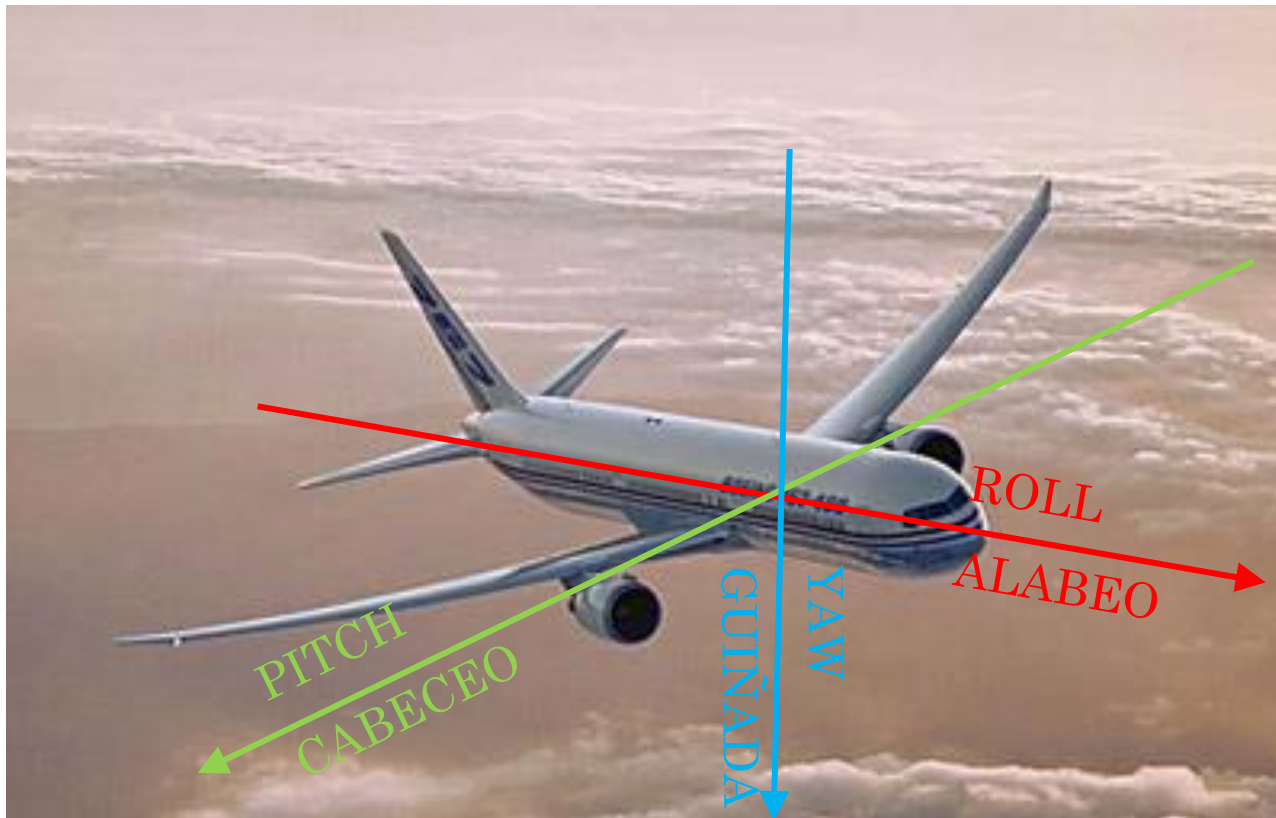
GIRÓSCOPOS

INTRODUCCIÓN

- ¿Qué miden?
- ¿En qué unidades se expresa el resultado?

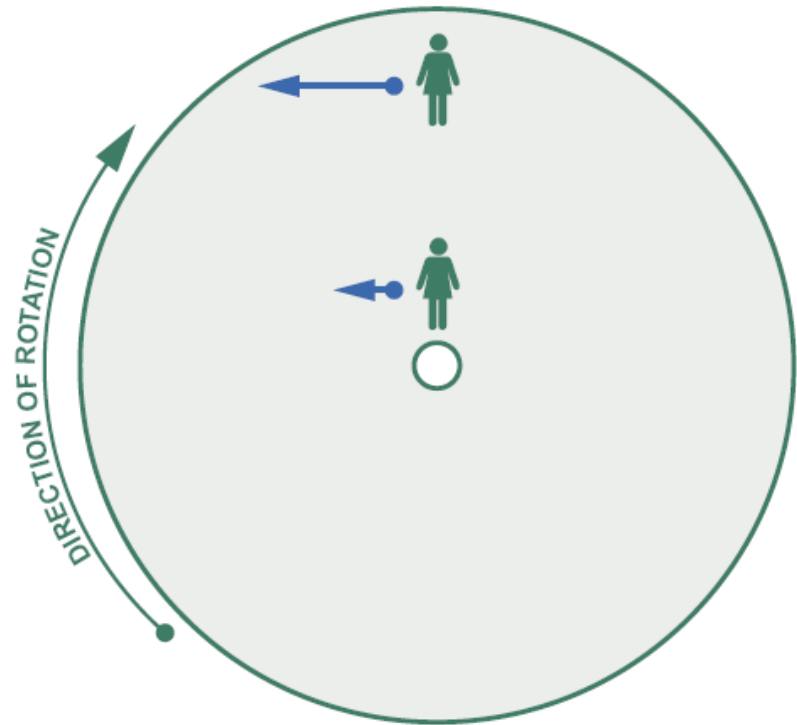


GIRÓSCOPOS REFERENCIAS



GIRÓSCOPOS

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (MEMS)

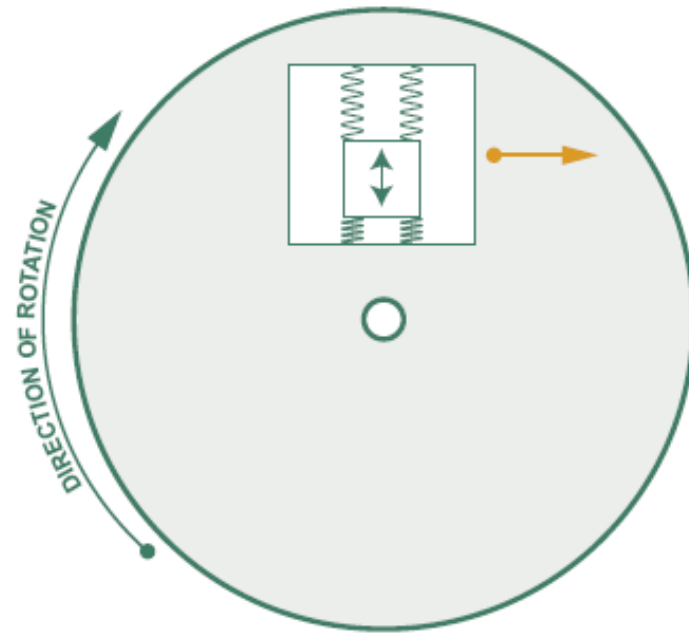
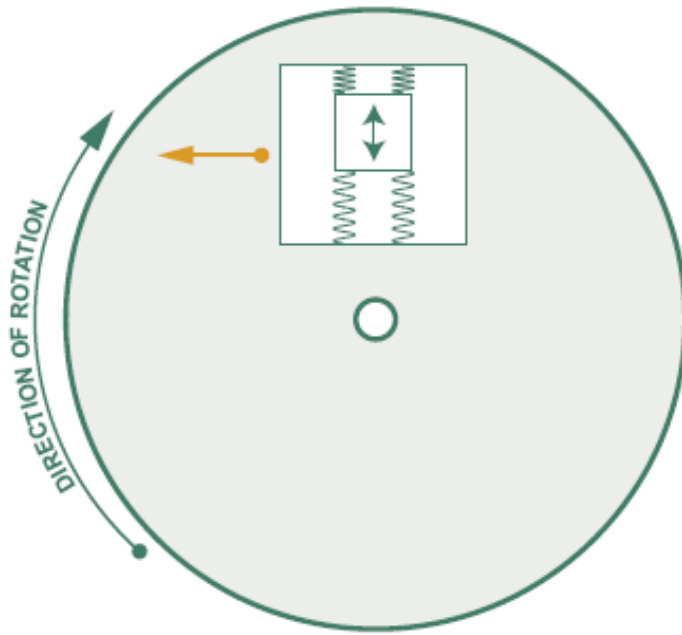


**Fuerza de
Coriolis**



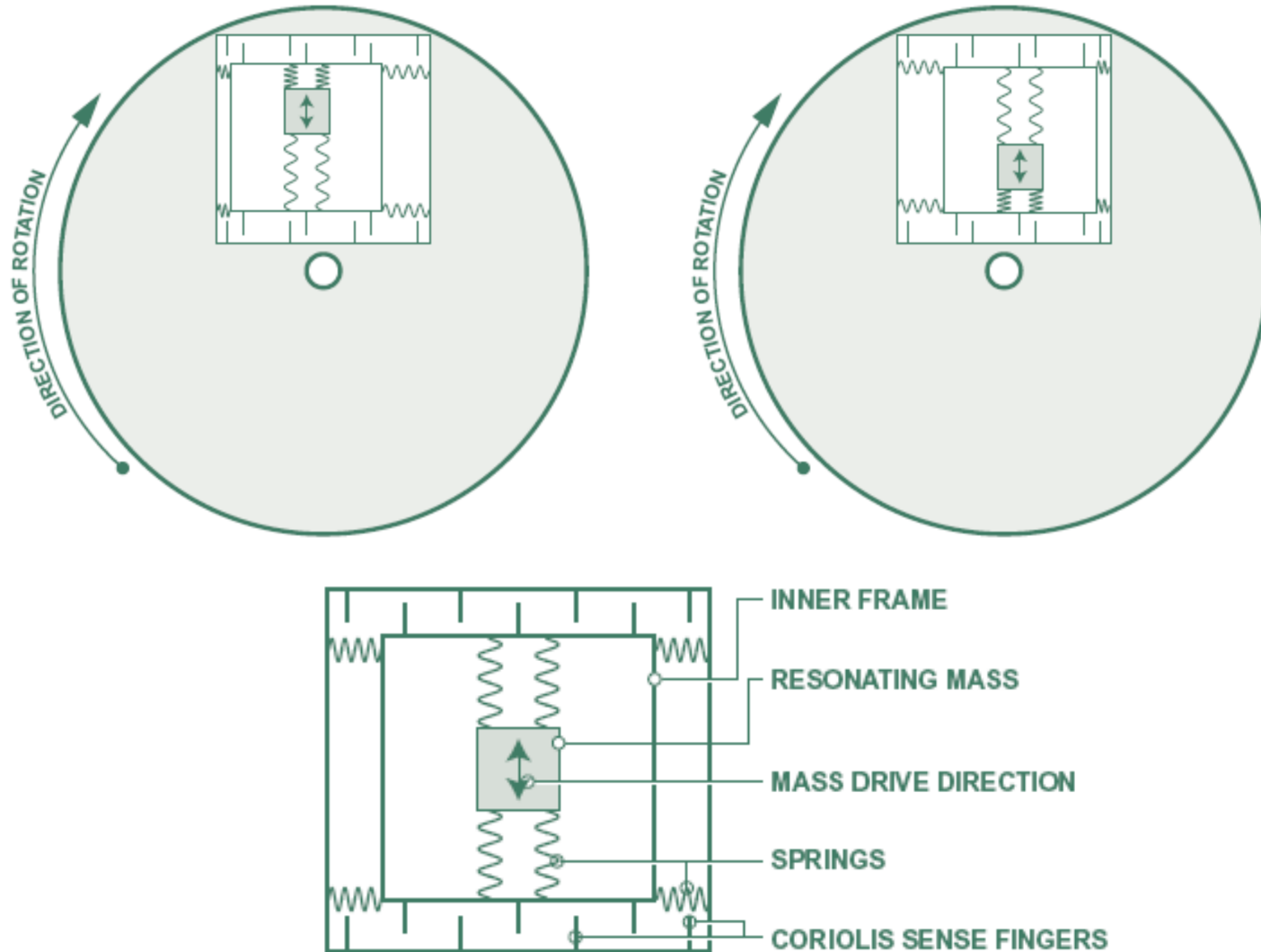
GIRÓSCOPOS

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (MEMS)



GIRÓSCOPOS

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (MEMS)



GIRÓSCOPOS

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (MEMS)

