



Índice

- Introducción
- Análisis de sensores
- Circuito electrónico
- Comunicación inalámbrica
- Software de medición
- Medidas de aceleración
- Resultados
- Programación temporal
- Conclusiones



Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Objetivo

Analizar la bondad de los sensores de aceleración como sensores para medir el desplazamiento de un objeto en movimiento a partir de su aceleración

Herramientas

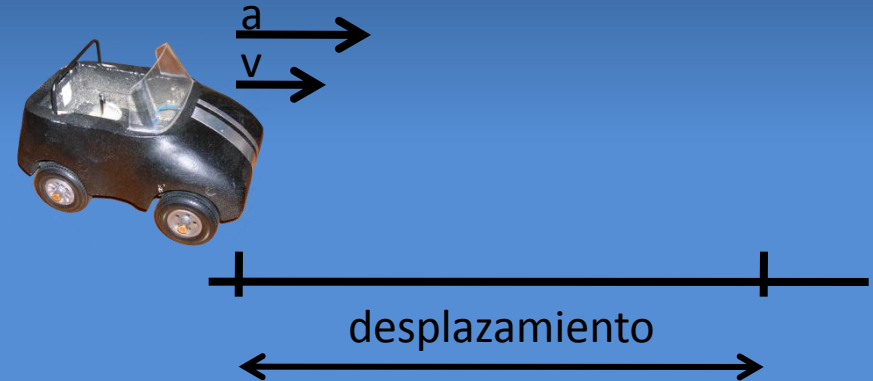
Sensores de aceleración

Circuito de control

Escenario de medición

Tratamiento de datos → integración

Análisis de los datos



$$v = \int a(t) dt$$

$$d = \int v(t) dt$$

Marco del proyecto

Realización del proyecto dentro de un programa de prácticas en el Konst, Kultur och Kommunikaiton, K3 en Malmö (Sweden)

Investigación de interés para el grupo TECNODISCAP

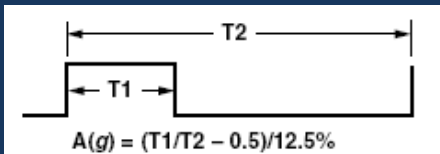
Sensores de aceleración → Acelerómetros

Parallax



MX2125

Salida digital PWM



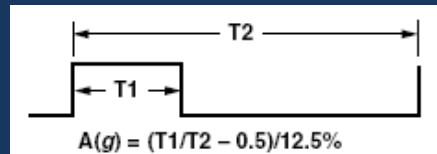
- 2 ejes de medición
- Rango medición ± 2 g
- Sensibilidad 12.5 %/g
- Nivel de offset 50%

Analog devices



ADXL202

Salida digital PWM



- 2 ejes de medición
- Rango medición ± 2 g
- Sensibilidad 12.5 %/g
- Nivel de offset 50%

Freescale semiconductor



MMA7260

Salida analógica

- 3 ejes de medición
- Rango medición ajustable
 ± 1.5 g / ± 2 g / ± 4 g / ± 6 g
- Sensibilidad
800 mV/g - 600 mV/g - 300 mV/g - 200 mV/g
- Nivel de offset 1.65V

$$1 \text{ g} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Circuito electrónico

Circuito sensores integrados

Sensores



MX2125

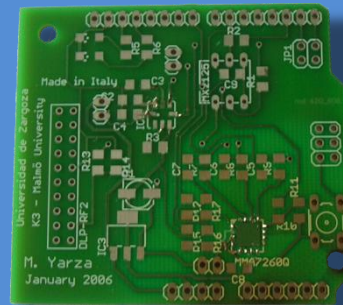


ADXL202



MMA7260

Caracterización de sensores



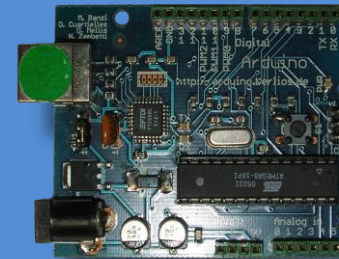
Integración del circuito en la placa de control Arduino



Programación del firmware

Circuito de control Basado en microcontrolador

ATMEGA8



Arduino
www.arduino.cc

Plataforma de desarrollo de hardware libre

Circuito final sensores + arduino



- Diseño completo del circuito como parte del proyecto
- Fabricación PCB profesional
- Posibilidad de seleccionar el sensor de medición
- Comunicación inalámbrica con el ordenador (ZigBee)



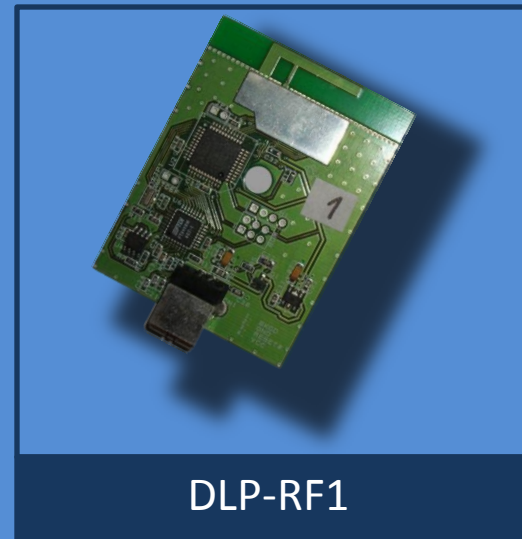
Comunicación inalámbrica ZigBee



Protocolo de comunicación ZigBee

- Protocolo abierto IEEE 802.15.4 → Bajo precio
- Diseñado para redes de sensores → Domótica
- Bajo consumo energético
- Sencillez de implementación

Módulos ZigBee empleados DLP-DESIGN



Integración de la comunicación ZigBee con el circuito de sensores diseñado



Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Diseño del software de medición

Desarrollado en Processing

Toma de datos



Integración



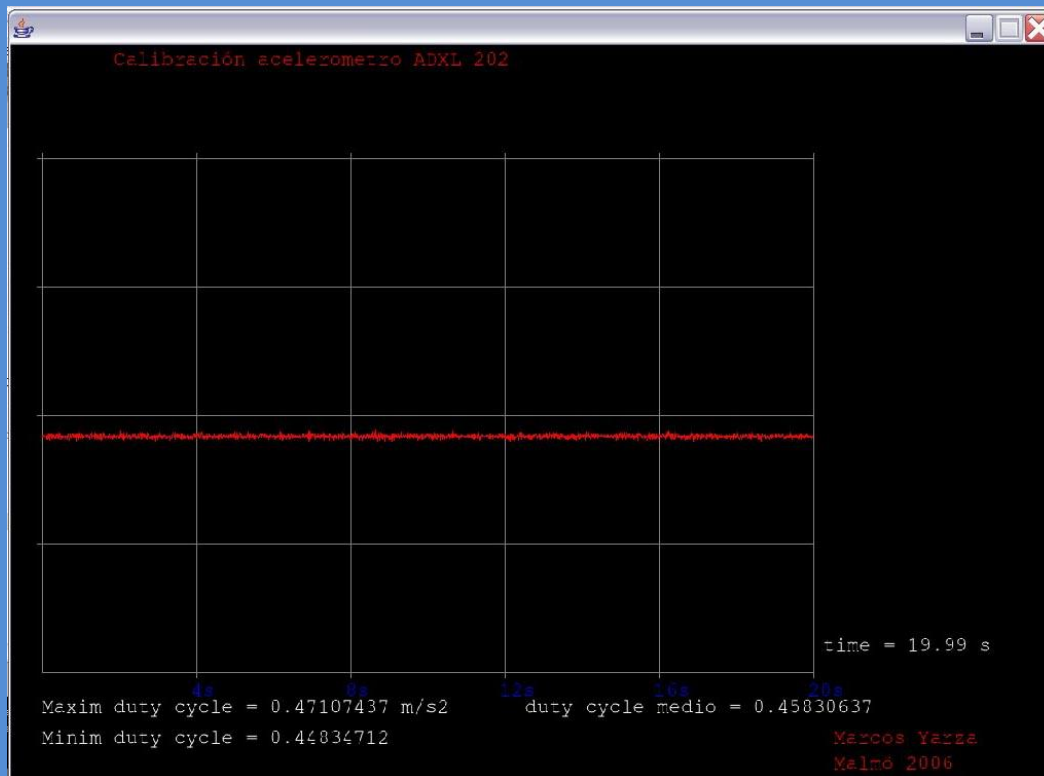
Representación
gráfica



Almacenamiento
en fichero

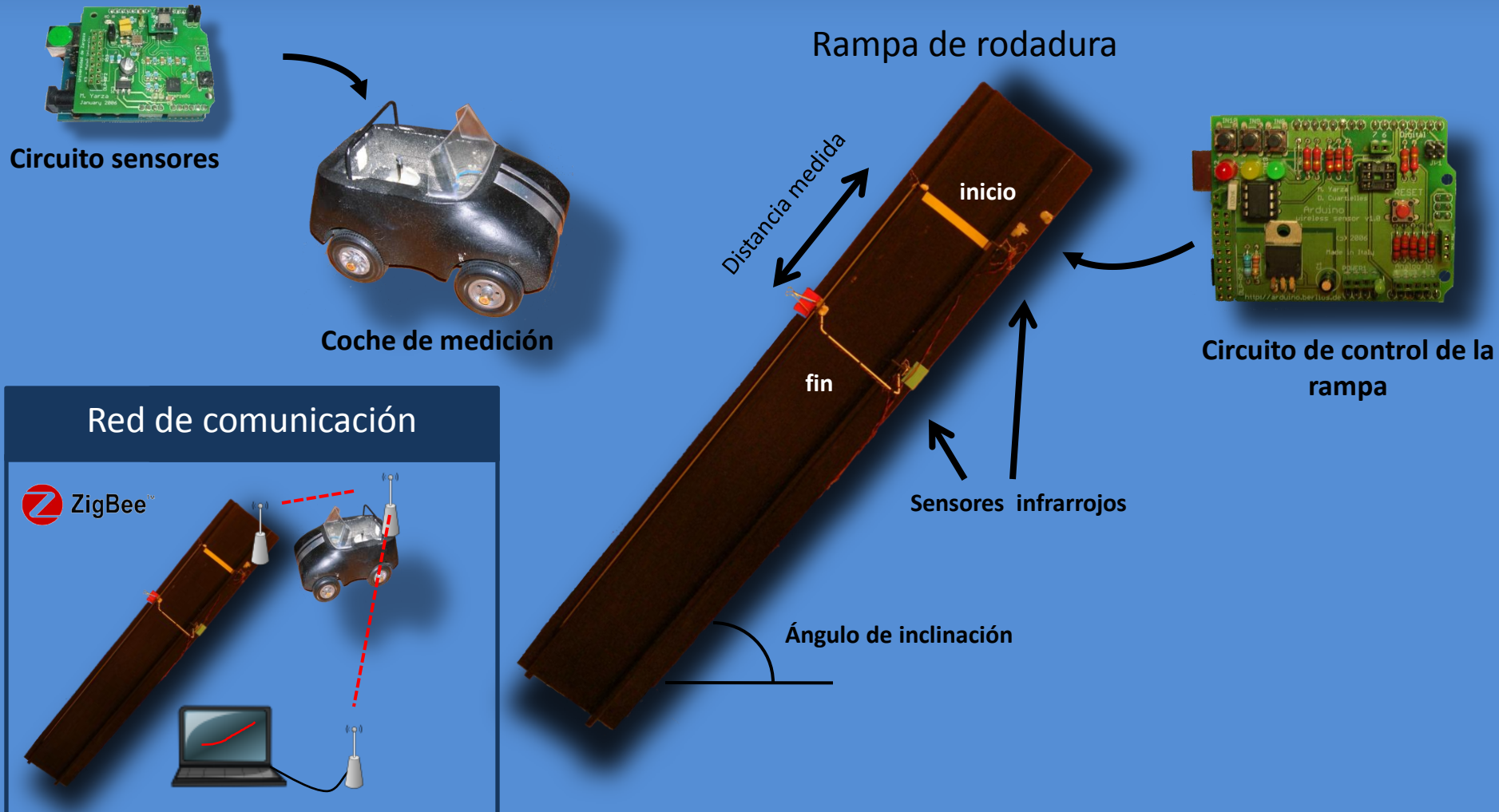
Captura de pantalla

Fichero de texto



```
calADXL202_1 - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
0 - 0.0 - 0.4597938
1 - 0.01 - 0.4607438
2 - 0.02 - 0.45773196
3 - 0.03 - 0.46058092
4 - 0.04 - 0.46090534
5 - 0.05 - 0.46106556
6 - 0.06 - 0.45867768
7 - 0.07 - 0.45867768
8 - 0.08 - 0.45773196
9 - 0.09 - 0.45661157
10 - 0.1 - 0.45679012
11 - 0.11 - 0.45884773
12 - 0.12 - 0.45247933
13 - 0.13 - 0.4580777
14 - 0.14 - 0.45360824
15 - 0.15 - 0.46106556
16 - 0.16 - 0.46201232
17 - 0.17 - 0.45790553
18 - 0.18 - 0.45643154
19 - 0.19 - 0.45041323
20 - 0.2 - 0.4626556
21 - 0.21 - 0.4597938
22 - 0.22 - 0.45995894
23 - 0.23 - 0.4607438
24 - 0.24 - 0.45454547
25 - 0.25 - 0.4626556
26 - 0.26 - 0.4607438
27 - 0.27 - 0.45773196
```

Diseño y construcción del escenario de medición





Medidas de aceleración

Escenario 1

Calibración del nivel de offset

- ▶ Sensor estático y en posición horizontal $\Rightarrow a = 0$
- ▶ Medida del sensor $\neq 0 \Rightarrow a_{\text{offset}}$
- ▶ 10 series de medidas de 2000 medidas
- ▶ Cálculo del valor medio
- ▶ Obtención del nivel de offset para cada sensor

$$a_{\text{real}} = a_{\text{medida}} - a_{\text{offset}}$$

Medidas de deriva

- ▶ Sensor estático y en posición horizontal $\Rightarrow d = 0$
- ▶ 10 series de medidas de 10 s de duración
- ▶ Cálculo del desplazamiento mediante el programa de integración

$$d_{\text{medida}} = \text{deriva del sensor} \neq 0$$

Escenario 2

Medidas de aceleración

- ▶ Sensor montado en el coche
- ▶ Movimiento por plano inclinado de inclinación conocida
- ▶ Inclinaciones 15° , 30° , 45°
- ▶ Para cada inclinación 5 medidas de desplazamiento

15°	10 cm	30°	10 cm	45°	10 cm
	20 cm		20 cm		20 cm
	30 cm		30 cm		30 cm
	40 cm		40 cm		40 cm
	50 cm		50 cm		50 cm

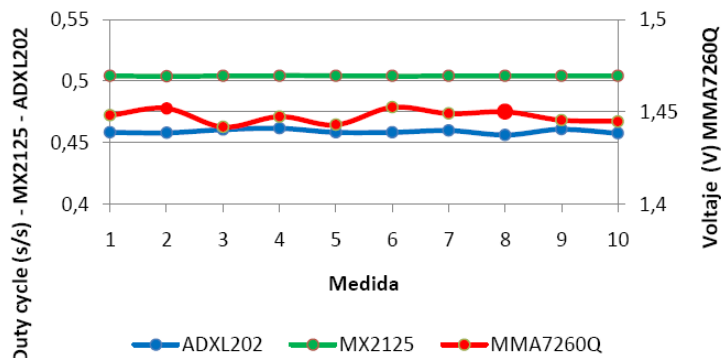


Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Resultados mediciones escenario 1

Datos calibración de nivel de offset

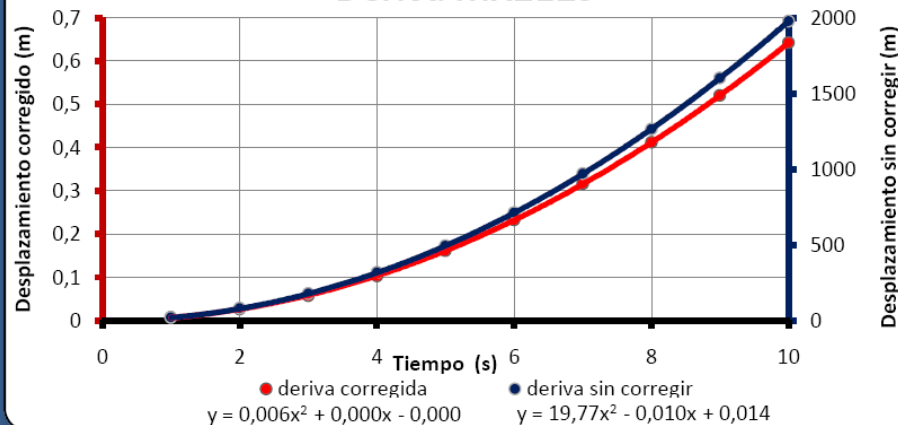


Valores de corrección de offset

MX2125	$a_{\text{offset}} = 39.54 \text{ m/s}^2$
ADXL202	$a_{\text{offset}} = 36 \text{ m/s}^2$
MMA7260	$a_{\text{offset}} = 17.74 \text{ m/s}^2$

	Desp. Sin corregir (10s)	Desp. Corregido (10s)
MX2125	1977 m	0.6417 m
ADXL202	1796 m	7.3308 m
MMA7260	886 m	0.5047 m

Deriva MX2125



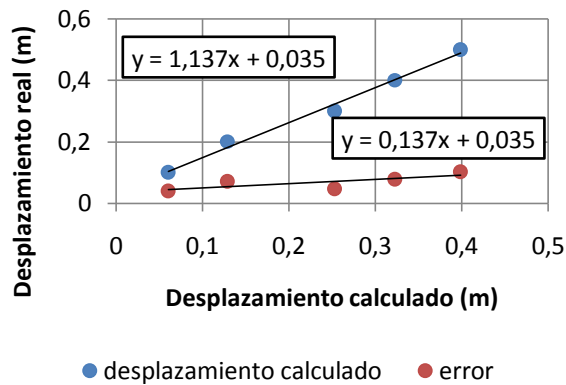


Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Resultados mediciones escenario 2

Desplazamiento MX2125 15°

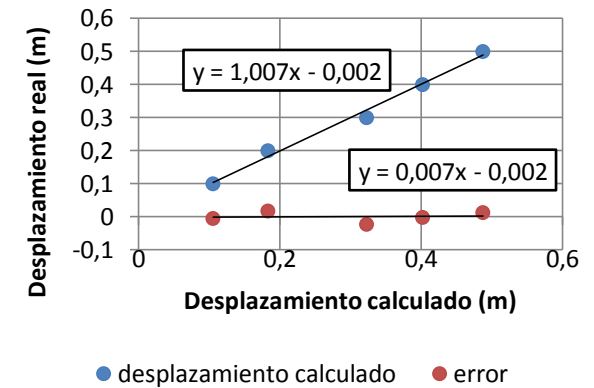


Función de corrección

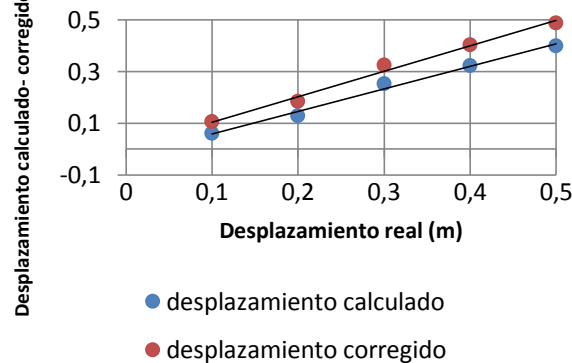
	a ₁	a ₂	a ₃	a _{MX2125}
MX2125	1,137	1,153	1,098	1,129
	b ₁	b ₂	b ₃	b _{MX2125}
	0,035	0,028	0,052	0,038

$$d_{\text{corregida}} = 1,129 \times d_{\text{medida}} + 0,038$$

Desplazamiento corregido MX2125 15°



comparación desplazamiento calculado desplazamiento corregido 15°





Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Resumen de resultados

Resultados mediciones escenario 1

Sensor MX2125

Nivel de offset $a_{\text{offset}} = 39.54 \text{ m/s}^2$
Deriva a los 10 s $d = 0.6417 \text{ m}$

Sensor ADXL202

Nivel de offset $a_{\text{offset}} = 36 \text{ m/s}^2$
Deriva a los 10 s $d = 7.3308 \text{ m}$

Sensor MMA7260

Nivel de offset $a_{\text{offset}} = 17.74 \text{ m/s}^2$
Deriva a los 10 s $d = 0.5047 \text{ m}$

Resultados mediciones escenario 2

Sensor MX2125

Función de corrección: $d_{\text{corregida}} = 1,129 \times d_{\text{medida}} + 0,038$
Error máximo: $\text{error}_{\text{máximo}} = 16,34\%$

Sensor ADXL202

Función de corrección: $d_{\text{corregida}} = 1,721 \times d_{\text{medida}} + 0,016$
Error máximo: $\text{error}_{\text{máximo}} = 42,32\%$

Sensor MMA7260

Función de corrección: $d_{\text{corregida}} = 1,37 \times d_{\text{medida}} + 0,046$
Error máximo: $\text{error}_{\text{máximo}} = 26,82\%$



Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Programación temporal



Desarrollo del proyecto en paralelo con el trabajo de asistente en el laboratorio de prototipado electrónico de la escuela de Arte y Diseño Interactivo de la Universidad de Malmö (Suecia)



Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Conclusiones

Análisis y caracterización de tres sensores acelerómetros

Diseño, construcción y puesta a punto de prototipos

Diseño y construcción de escenario de pruebas

Desarrollo del Software integración

Aprendizaje de nuevos sistemas Arduino, ZigBee, Processing

Futuro del proyecto

Aportación al proyecto educativo **Arduino** (www.arduino.cc)

Interés para la Universidad de Malmö

Posible incorporación en sistema de posicionamiento (TECNODISCAP)

Seguimiento de la línea de investigación en redes de sensores inalámbricas ZigBee





Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Demostración de funcionamiento del sistema



Análisis de acelerómetros comerciales como sensores para medir desplazamiento



Muchas gracias por su atención