

INSTRUMENTACION

TEMARIO

1. Introducción a la toma de medidas en sistemas físicos
2. Sensores y Transductores
3. Acondicionamiento de la señal: amplificación, normalización y filtrado
4. Sistemas de adquisición y conversión de datos

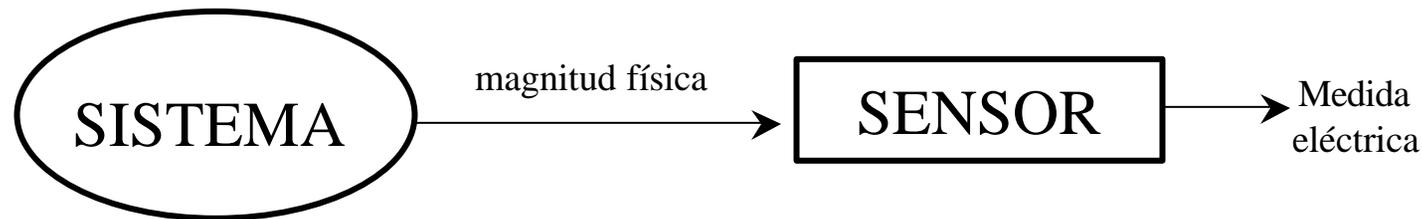
Tema 1. Introducción a la toma de medidas en sistemas físicos

- Introducción
- Finalidad de la toma de medidas en un sistema físico
- Tipo de señales a obtener con un sensor/transductor
- Etapas en la obtención de una medida
- Clasificación de los sensores
- Características de los sensores
- Características estáticas
- Características dinámicas
- Influencia del sensor sobre la magnitud a medir

Introducción

SENSOR:

elemento encargado de medir una magnitud cualquiera en un sistema físico



Ejemplos de magnitudes a medir:

- Temperatura, caudal, nivel de un depósito, velocidad de un giro de un motor,...

Introducción

En general, sensor = transductor

Transductor: dispositivo que convierte una señal física en otra señal física de otro tipo.

Sensor: dispositivo que convierte una señal física en una señal eléctrica

En robótica,

sensor = transductor de entrada (obtención de la información)

Actuador o accionamiento = transductor de salida (conversión de la energía)

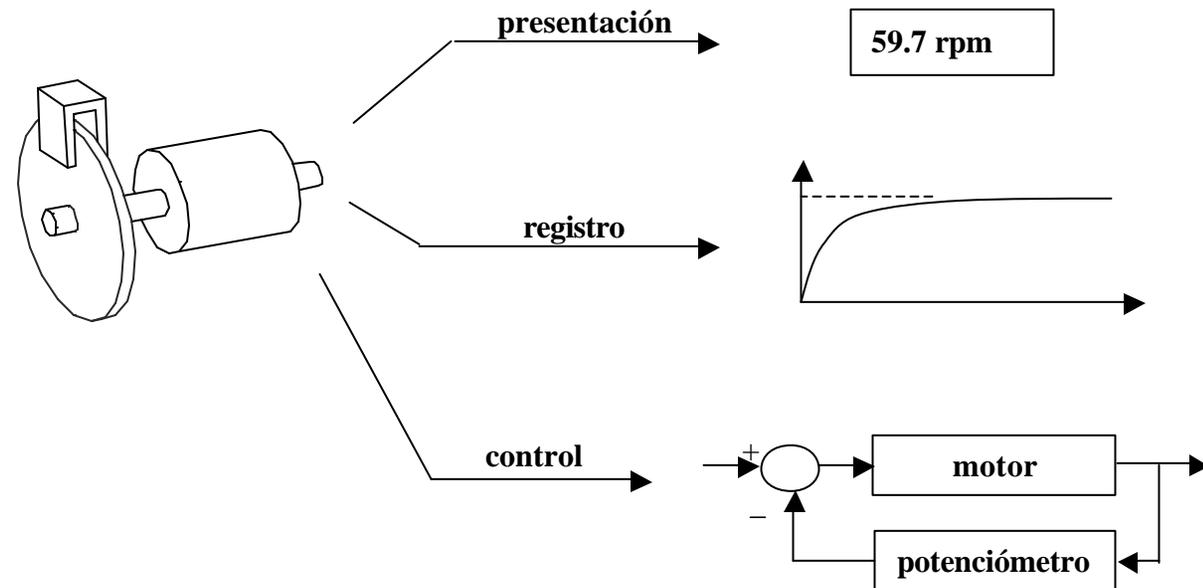
Finalidad de la toma de medidas de un sistema físico

Presentación: las medidas se muestran mediante un indicador analógico o digital

Registro: los valores que toma un determinado parámetro son almacenados.

Control: la medida de un parámetro es utilizada en un bucle de control

Ejemplo: servomotor





Tipo de señales a obtener con un sensor transductor

Transductor: convierte una señal física de cualquier tipo en otra señal de un tipo distinto



Los transductores normalmente utilizados para la toma de medidas son aquellos cuya señal de salida $y(t)$ es de tipo eléctrico: tensión, intensidad, frecuencia,...

Las razones son 2:

- las señales eléctricas se pueden usar fácilmente para registro, visualización y control (*son prácticas*)
- la variación de cualquier magnitud física de un objeto siempre produce una variación en alguna característica eléctrica (*son fáciles de obtener*)

Tipo de señales a obtener con un sensor transductor

Un **transductor ideal** debería ofrecer una señal eléctrica de salida $y(t)$ proporcional (lineal) a la magnitud que se desea medir $x(t)$:

$$y(t) = K \cdot x(t)$$

Normalmente esto no se consigue y la relación entre la magnitud a medir y la señal eléctrica generada no es proporcional sino que obedece a una expresión más complicada:

$$y(t) = f[x(t)]$$

Esto complica la obtención de la medida a partir del valor de la señal eléctrica.
(A veces es necesario utilizar tablas)

Etapas en la obtención de una medida

La mayoría de las veces, la obtención de una medida no se puede lograr en una sola etapa.

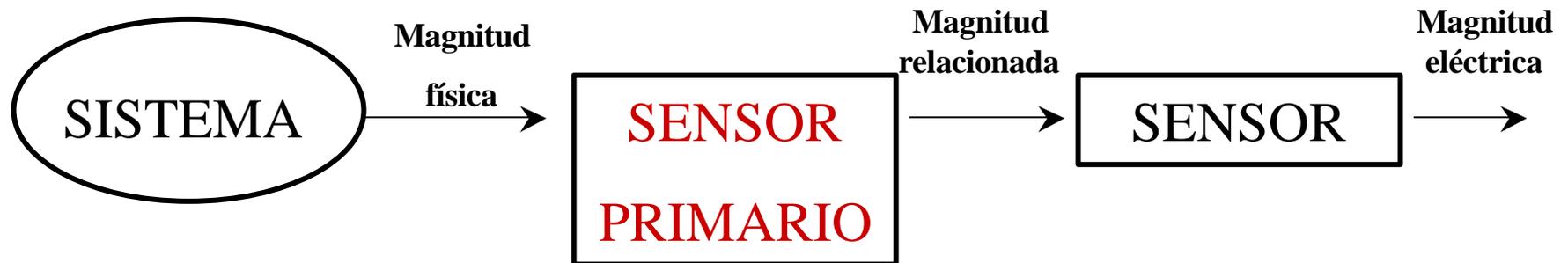
Procesos anteriores: sensores primarios

Procesos posteriores: acondicionamiento

Etapas en la obtención de una medida

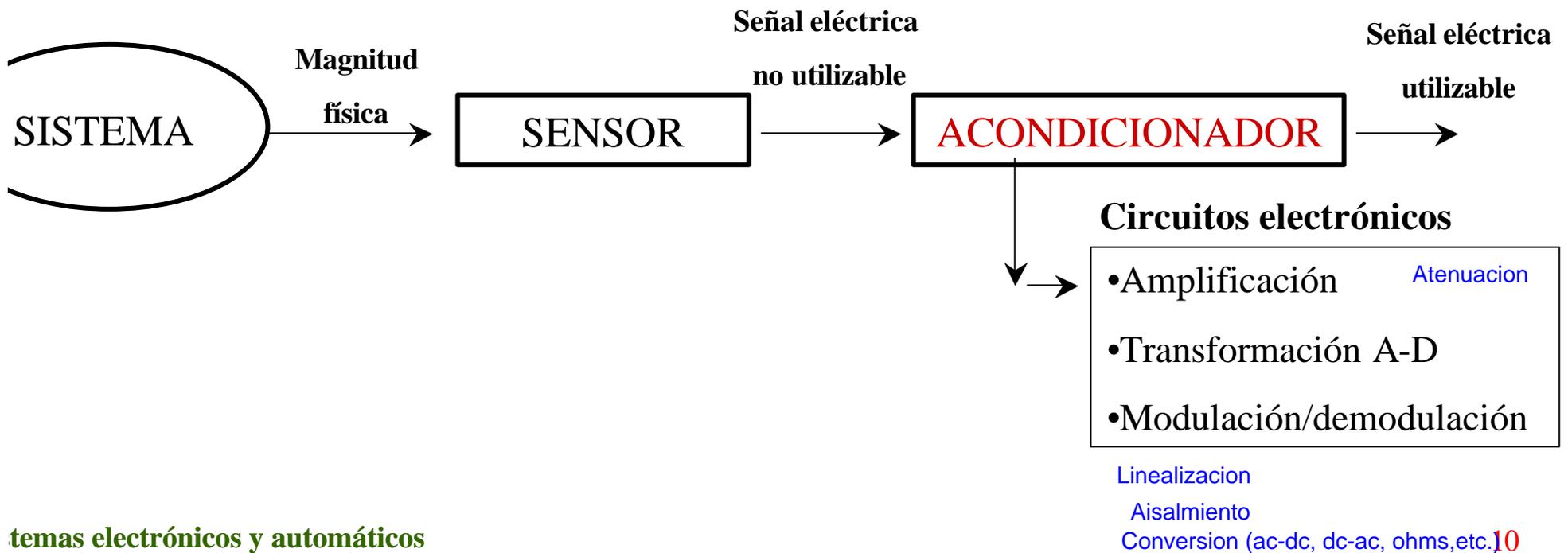
Procesos anteriores: **sensores primarios**

A veces, la magnitud a medir no es fácilmente traducible a una señal eléctrica y es más sencillo realizar un proceso previo:



Etapas en la obtención de una medida

Procesos posteriores: circuitos acondicionadores



Clasificación de los sensores

Existen diversas formas de clasificar los sensores:

- según la magnitud a medir:
 - posición, velocidad, aceleración, temperatura, fuerza, presión, caudal, nivel, humedad,..
- según el tipo de salida ofrecida:
 - analógicos, digitales, cuasidigitales
- según el principio de funcionamiento:
 - resistivos, capacitivos, inductivos, electromagnéticos, generadores, digitales, basados en semiconductores, basados en ultrasonidos,...



Clasificación de los sensores

Sensores	Magnitudes								
	Posición Distancia Desplazamiento	Velocidad	Aceleración Vibración	Temperatura	Presión	Caudal Flujo	Nivel	Fuerza	Humedad
Resistivos	Potenciómetros Galgas Magnetorresistencias		Galgas + masa- resorte	RTD Termistores	Potenciómetros + tubo Bourdon	Anemómetros de hilo caliente Galgas + voladizo Termistores	Potenciómetro + flotador Termistores LDR	Galgas	Humistor
Capacitivos	Condensador diferencial				Condensador variable + diafragma		Condensador variable	Galgas capacitivas	Dieléctrico variable
Inductivos y electromagnéticos	LVDT Corrientes Foucault Resolver Inductosyn Efecto Hall	Ley Faraday LVT Efecto Hall Corrientes Foucault	LVDT + masa- resorte		LVDT + diafragma Reluctancia variable + diafragma	LVDT + rotámetro Ley Faraday	LVDT + flotador Corrientes Foucault	Magneto-elástico LVDT + célula carga	
Generadores			Piezoeléctricos + masa-resorte	Termopares Piroeléctricos	Piezoeléctricos			Piezoeléctricos	
Digitales	Codificadores incrementales y absolutos	Codificadores incrementales		Osciladores de cuarzo	Codificador + tubo Bourdon	Vórtices			SAW
Uniones p-n	Fotoeléctricos			Diodo Transistor Convertidores T/I			Fotoeléctricos		
Ultrasonidos	Reflexión	Efecto Doppler				Efecto Doppler Tiempo tránsito Vórtices	Reflexión Absorción		

Características de los sensores

A considerar a la hora de elegir el sensor más adecuado para una aplicación

Características:

- **estáticas** : errores que aparecen en las medidas como diferencia entre los valores reales y los valores indicados por el sensor
- **dinámicas**: relativas a la velocidad de respuesta del sensor

Características estáticas

Características estáticas:

- exactitud
- fidelidad
- sensibilidad
- linealidad
- resolución
- derivas

Características estáticas

Características estáticas:

- **exactitud de un sensor**: se refiere a la diferencia entre la medida ofrecida por el instrumento y el valor real de la magnitud que se mide. Esta diferencia es el error del sensor y puede expresarse de distintas formas:
 - **error absoluto**
$$\text{error absoluto} = \text{medida_sensor} - \text{valor_real}$$
 - **error relativo**
$$\text{error relativo} = \text{error absoluto} / \text{valor_real}$$
 - **clase de precisión de un sensor**: indica el máximo error porcentual que puede presentar un sensor, en general con respecto al valor de fondo de escala o al rango de medida
$$\text{error_máximo} = [\text{indice_clase} \cdot \text{fondo_escala}] / 100$$

Características estáticas

Características estáticas:

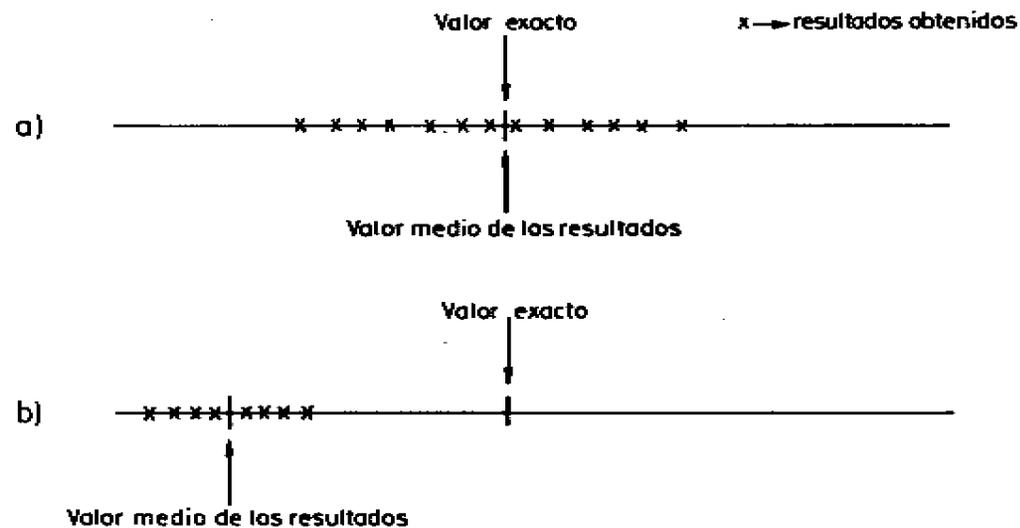
- **fidelidad de un sensor:** no tiene en cuenta la magnitud del error con respecto al valor real sino la capacidad del instrumento de dar el mismo resultado al realizar varias medidas, siempre en las mismas condiciones.

2 ensayos de fidelidad: repetibilidad y reproducibilidad

fidelidad: máxima diferencia que existe entre 2 valores obtenidos por el mismo sensor en medidas distintas de una misma magnitud, con una probabilidad del 95%

Características estáticas

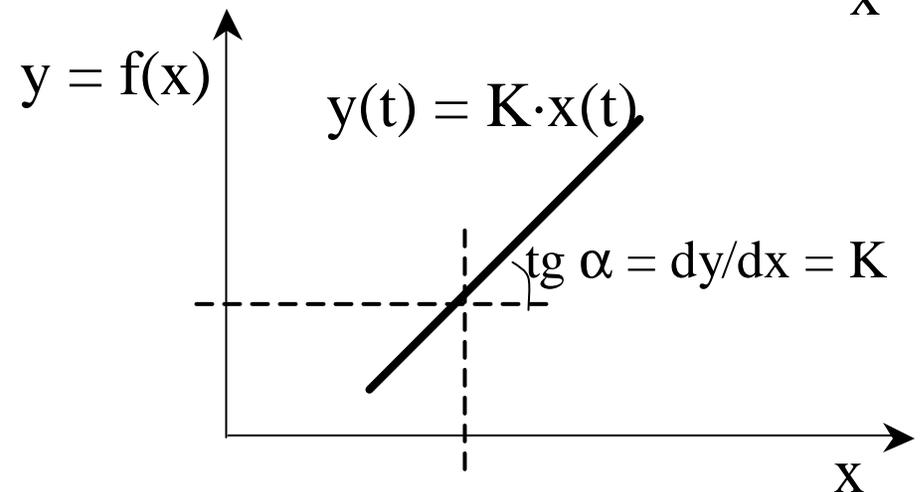
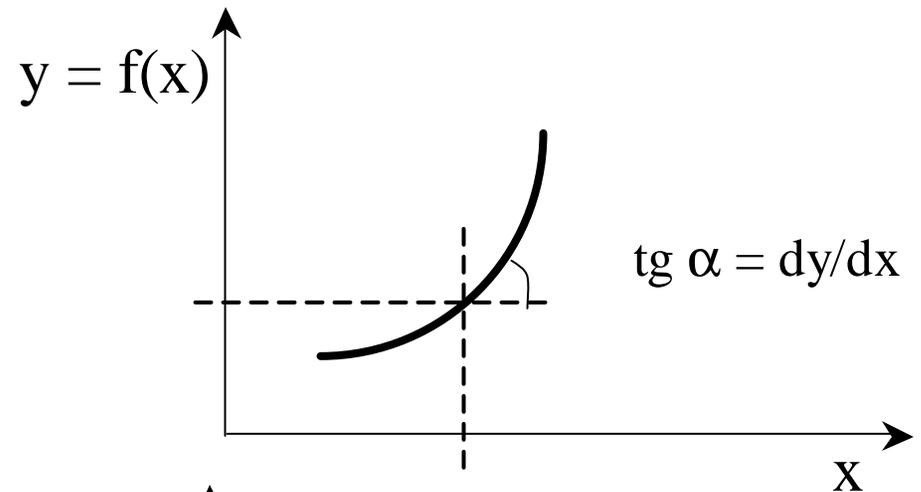
- **exactitud y fidelidad de un sensor:** El siguiente ejemplo muestra dos sensores, uno con gran exactitud y baja fidelidad y otro con menor exactitud pero mayor fidelidad.



Características estáticas

Características estáticas:

- **sensibilidad o factor de escala:** pendiente de la curva de calibración o curva que relaciona la medida devuelta por el sensor y la magnitud real medida.
- **linealidad de un sensor:** el sensor ideal, tiene una sensibilidad constante, es un sensor lineal



Características estáticas

- **linealidad de un sensor:**

Para valorar lo cercano o alejado que se encuentra un sensor determinado del comportamiento ideal, se utiliza la **linealidad**, que se define como la divergencia entre la curva de calibración y la recta que mejor se aproxima a ella ajustada por mínimos cuadrados

Características estáticas

- **resolución de un sensor:**

Mínima variación que es preciso que se produzca en la magnitud a medir para que se produzca una variación en la respuesta del sensor.

- **derivas de un sensor:**

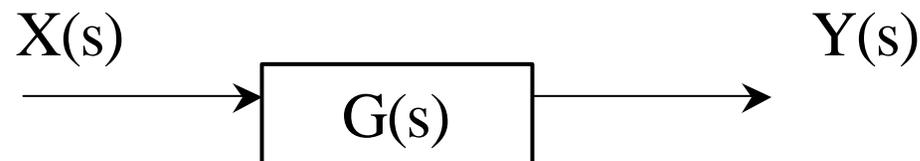
Variaciones de la medida ofrecida por un sensor a lo largo del tiempo. Su origen es térmico, debido al calentamiento de los componentes

deriva de cero: variación de salida con entrada nula

deriva de factor de escala: variación de la sensibilidad

Características dinámicas

Estudian la respuesta del sensor ante señales a medir que varían en el tiempo. Para ello, el sensor se representa por su relación entrada-salida mediante su función de transferencia:



Se analiza el comportamiento dinámico de los sensores

- en el dominio del tiempo (*respuesta en régimen transitorio*)
- en el dominio de la frecuencia (*respuesta en régimen permanente*)

Características dinámicas

La mayor parte de los sensores se pueden aproximar como sistemas de orden 0 (no tienen dinámica), de orden 1 o de orden 2.

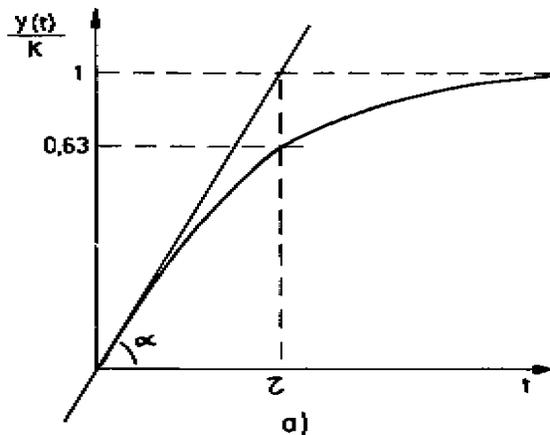
orden 0 $y(t) = k \cdot x(t) \rightarrow Y(s) = k \cdot X(s)$

orden 1 $\frac{dy(t)}{dt} + a \cdot y(t) = k \cdot x(t) \rightarrow Y(s) = \frac{k}{s+a} \cdot X(s)$

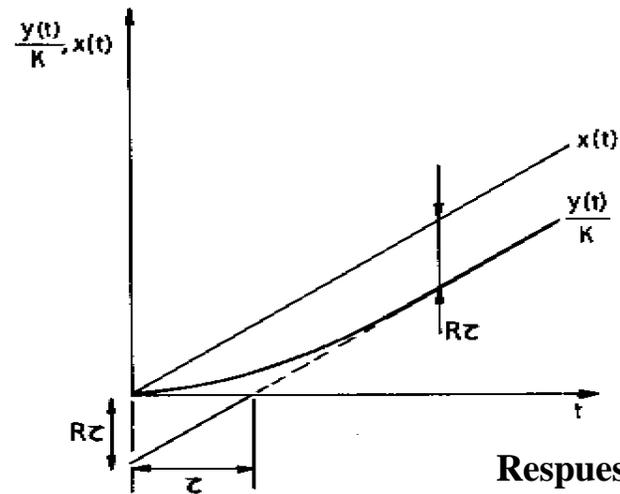
orden 2 $\frac{d^2y(t)}{dt^2} + a \cdot \frac{dy(t)}{dt} + b \cdot y(t) = k \cdot x(t) \rightarrow Y(s) = \frac{k}{s^2 + a \cdot s + b} \cdot X(s)$

Características dinámicas

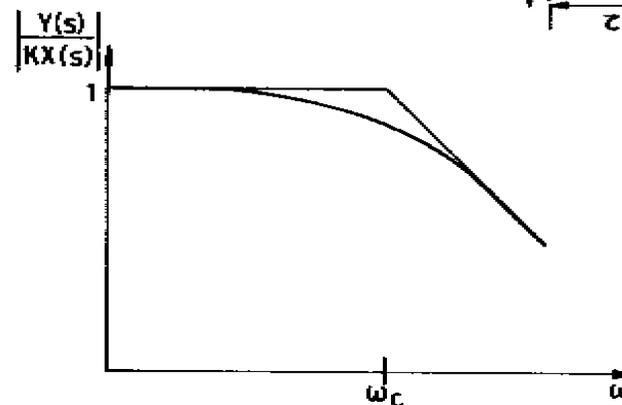
orden 1 $\frac{dy(t)}{dt} + a \cdot y(t) = k \cdot x(t) \rightarrow Y(s) = \frac{k}{s+a} \cdot X(s)$



Respuesta a una
entrada en escalón



Respuesta a una
entrada en rampa

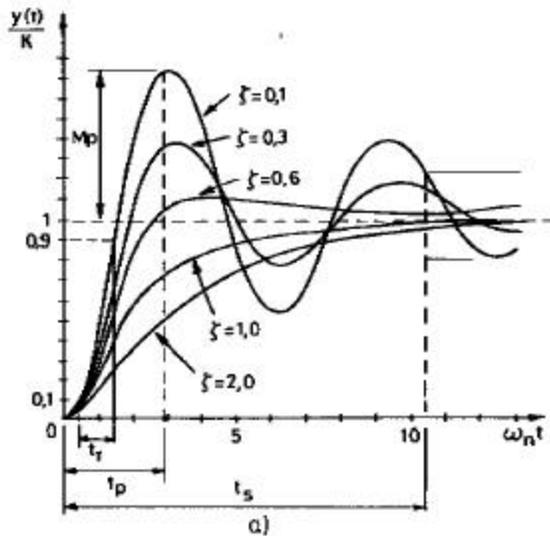


Respuesta en
frecuencia

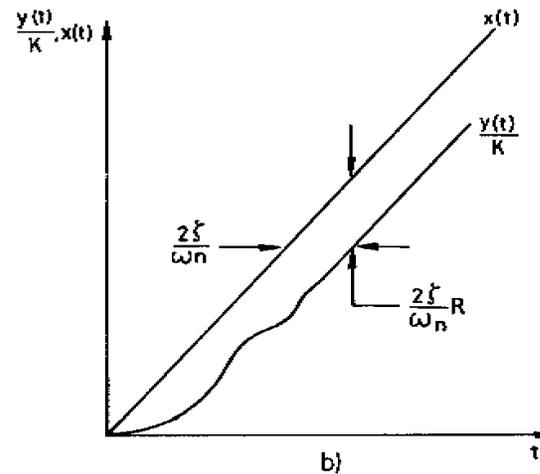
Características dinámicas

orden 2

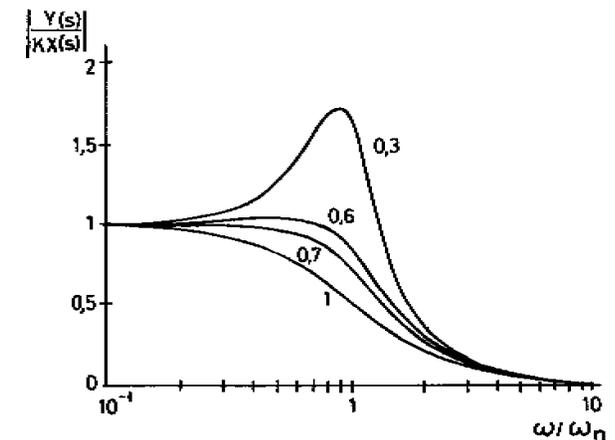
$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + a \cdot \frac{dy(t)}{dt} + b \cdot y(t) = k \cdot x(t) \rightarrow Y(s) = \frac{k}{s^2 + a \cdot s + b} \cdot X(s)$$



Respuesta a una
entrada en escalón



Respuesta a una
entrada en rampa



Respuesta en
frecuencia

Influencia del sensor sobre la magnitud a medir

Idealmente, al introducir un sensor en un sistema cualquiera no se altera la magnitud a medir. Esto nunca es completamente cierto en la realidad, y lo que se pretende es que la influencia del sensor sobre la magnitud a medir sea lo menor posible.

En general, la influencia será tanto más grande cuanto mayor sea la cantidad de energía que el sensor extrae del sistema, o cuanto mayor sea la “carga” que el sensor supone para el sistema.

Error por carga: el que se comete en la medida debido a la energía que el sensor extrae del sistema durante el proceso de medición.

PROBLEMAS -TEMA1

- Se dispone de 3 sensores y se desea elegir el que presente menor error absoluto. Decidir en qué rango de medidas será elegible cada uno de ellos:
 - sensor 1: error 1%lectura + 0.1%fondo de escala. Alcance Z
 - sensor 2: error 0.5%lectura + 0.2%fondo de escala. Alcance Z
 - sensor 3: error 0.5%lectura + 0.2%fondo de escala. Alcance 2Z
- Disponemos de un sensor de temperatura que se comporta dinámicamente como un sistema de primer orden. Si su constante de tiempo es 28 seg., ¿qué retardo se producirá al medir la temperatura de un baño que varía de forma aproximadamente senoidal con una frecuencia de 2 veces/minuto?
- Se dispone de un sensor de temperatura de primer orden y se desea medir un caudal (por hilo caliente) con fluctuaciones de 100Hz. ¿Qué constante de tiempo debe tener el sensor para que la pérdida de ganancia sea inferior al 5%?
- El montaje de la figura se emplea para medir vibraciones, bien en amplitud (x_i) o bien en aceleración (d^2x_i/dt^2). Se conoce su función de transferencia:

$$X_0(s) = \frac{1}{s^2 + \frac{B}{M}s + \frac{k}{M}} \ddot{X}_i(s)$$

Justificar la elección de los valores de M y de K en función de que se desean medir amplitudes o aceleraciones.

