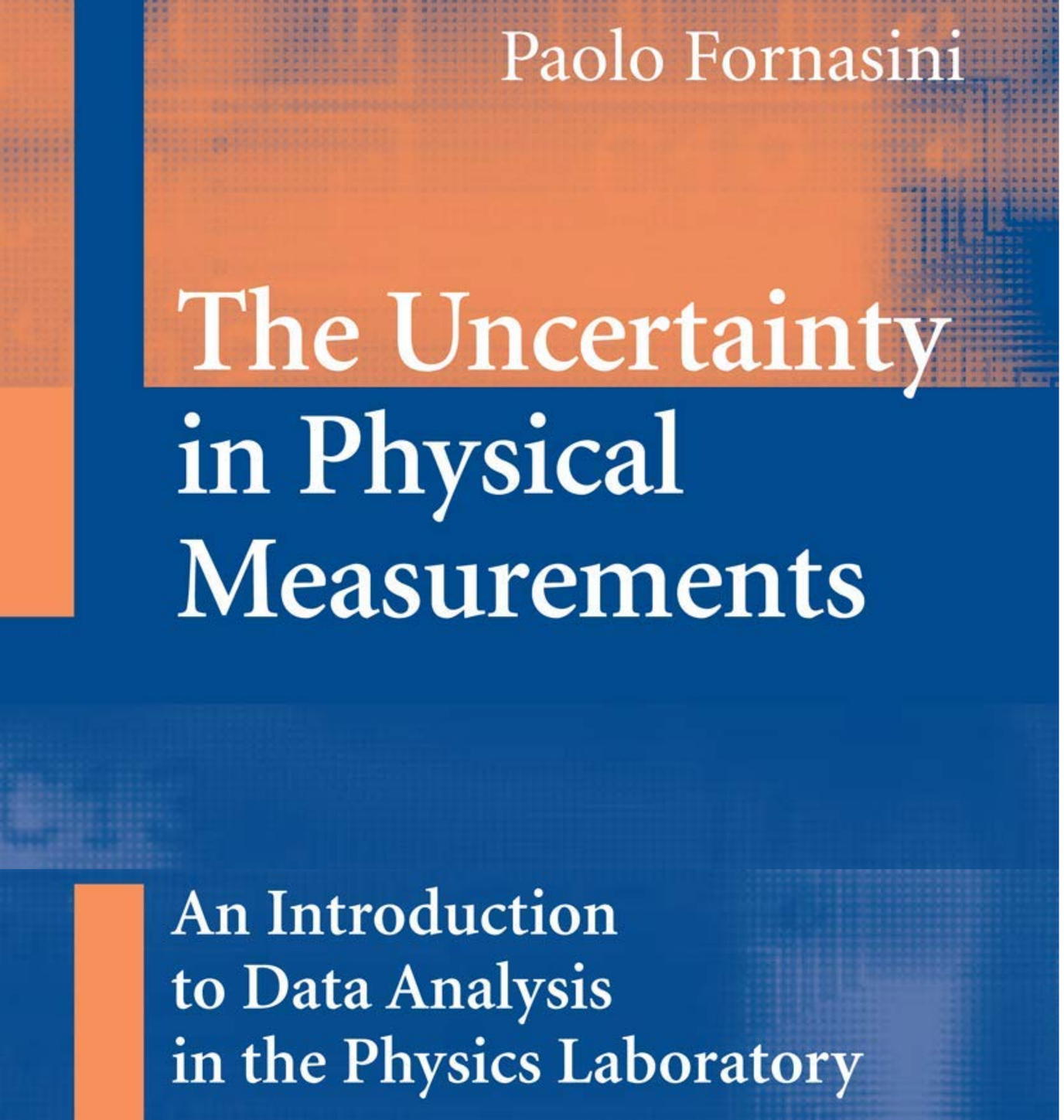
Paolo Fornasini

The Uncertainty in Physical Measurements

An Introduction to Data Analysis in the Physics Laboratory

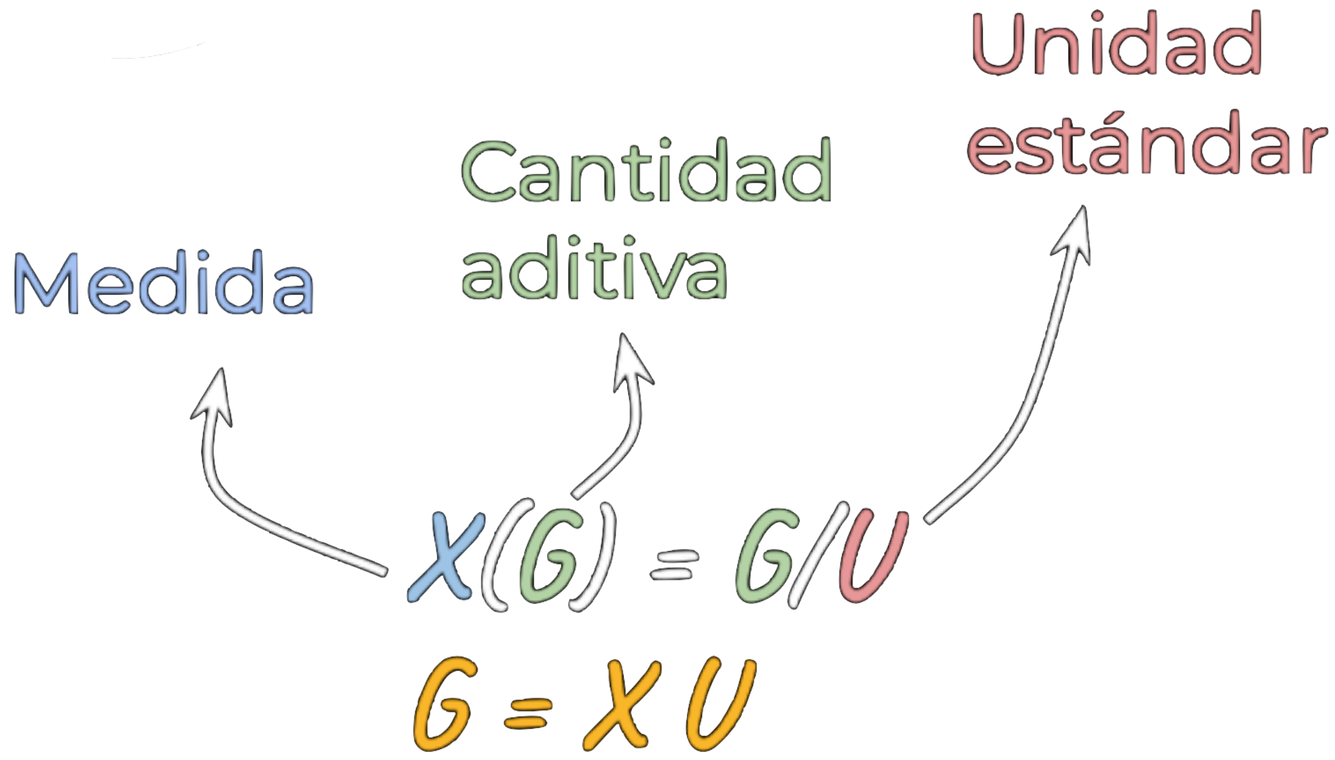
Part I Measurements and Uncertainty



Objetivo del capítulo:

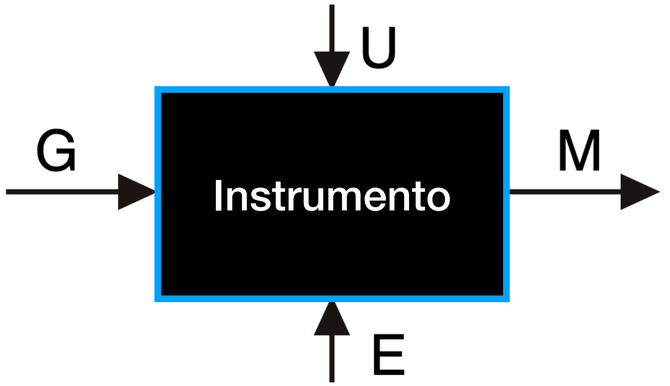
Introducir criterios generales para clasificar instrumentos de medición y para evaluar su desempeño

La ultima clase vimos que

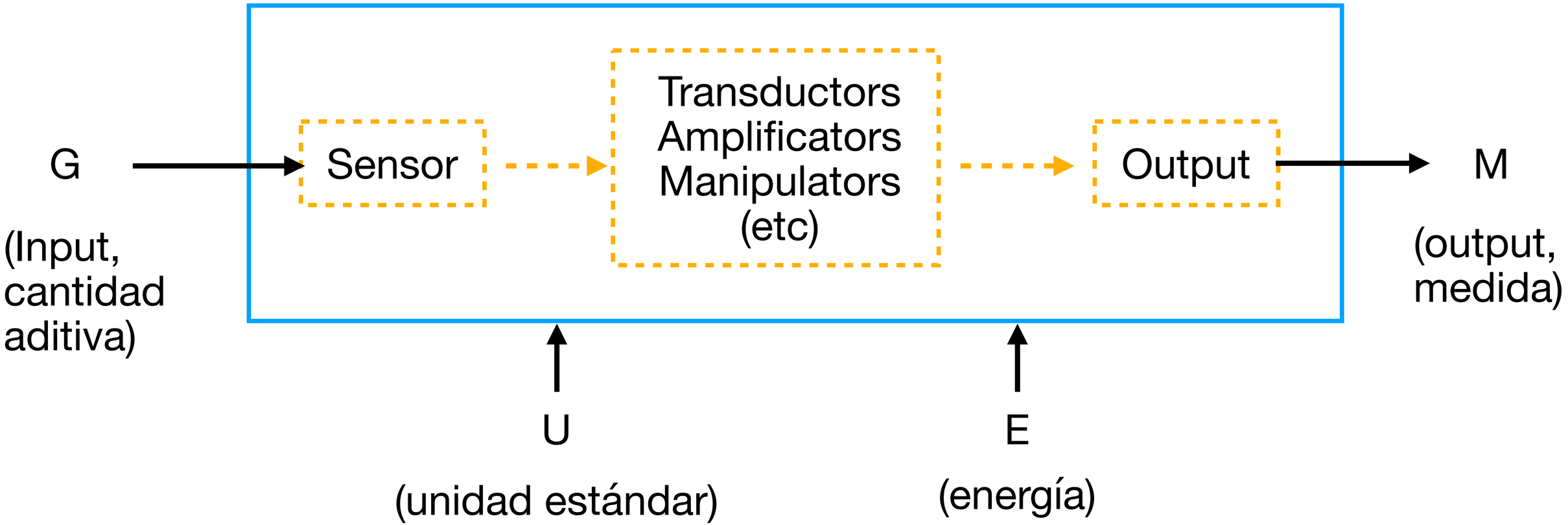


(cuántas unidades estándar entran en mi medida G?)

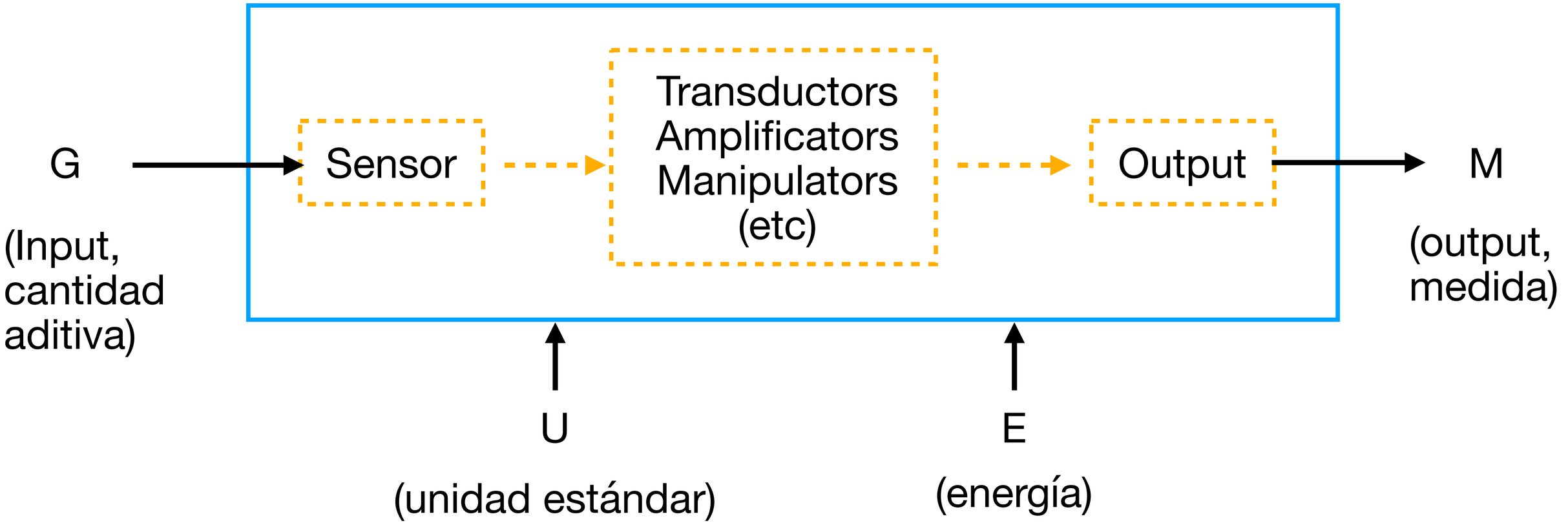
3.1 Elementos funcionales



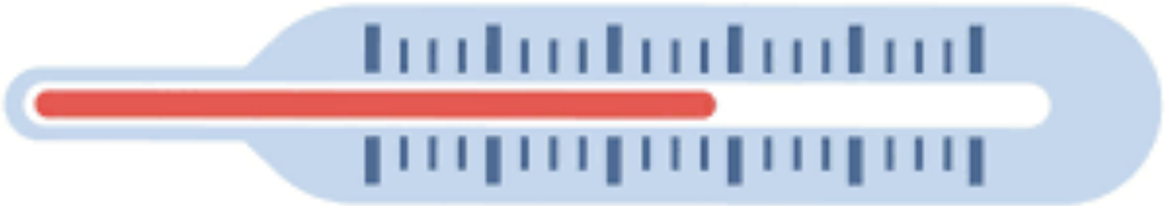
Instrumento de medición como *measuring chain*



Instrumento de medición como *measuring chain*



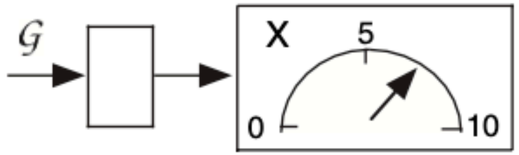
G

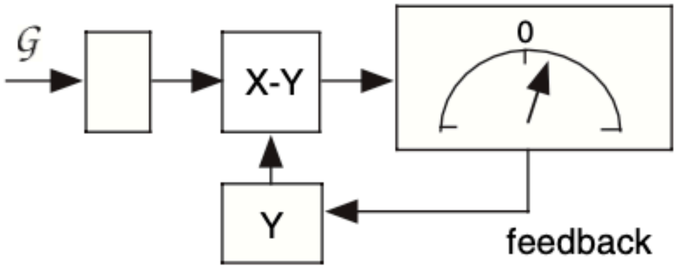


M

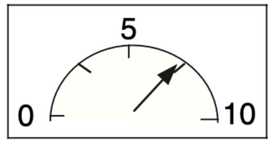
3.2 Clasificación de instrumentos

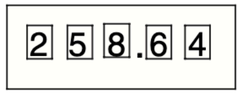
Absolute vs differential





Analog vs digital





Displaying vs recording

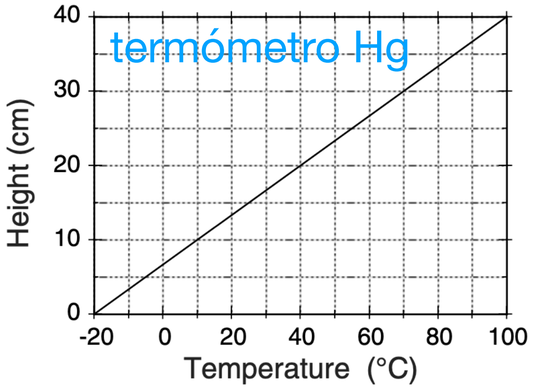
Passive vs active

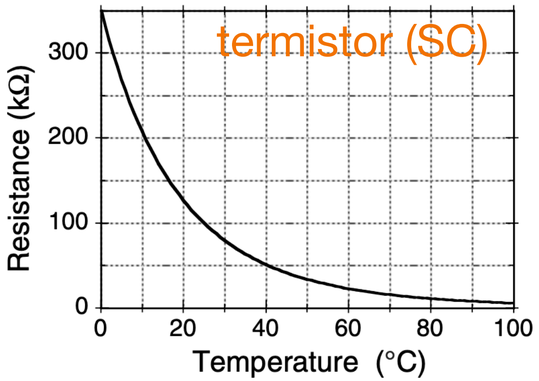
Unos toman su energía del sistema, otros son alimentados por una fuente externa

3.3 Características estáticas de los instrumentos

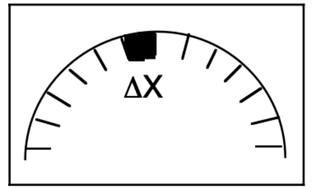
Measurement range

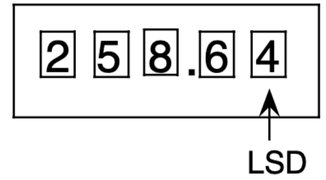
Linearity



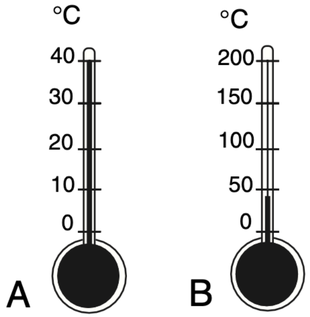


Display resolution vs instrument resolution ΔX





Sensitivity $\Delta Z/\Delta X$



Pensar: sensibilidad en lineales vs no lineales?

Transparency

(balanza vs termometro en muestras pequeñas)

3.4 Precisión de un instrumento

$$X = X_0 \pm \delta X$$

lo leemos del display*

Incerteza de lectura
no necesariamente* dada por

ΔX (resolucion) o por $\Delta X/2$

Factores que afectan la calidad de una medición instrumental:

- defectos de calibracion
- defectos del zero de calibracion
- friccion mecanica de componentes
- efectos asociados a cantidades ambientales (temperatura, presion, humedad)

todos ellos pueden dar lugar a errores sistematicos y/o estadisticos

3.4 Precisión de un instrumento

Si la precisión no se cita explicitamente, se asume que

- errores sistematicos
- fluctuaciones al azar
- deriva de largo plazo

son todos despreciables frente a la resolución ΔX

Sin otra informacion*, la incerteza puede darse como

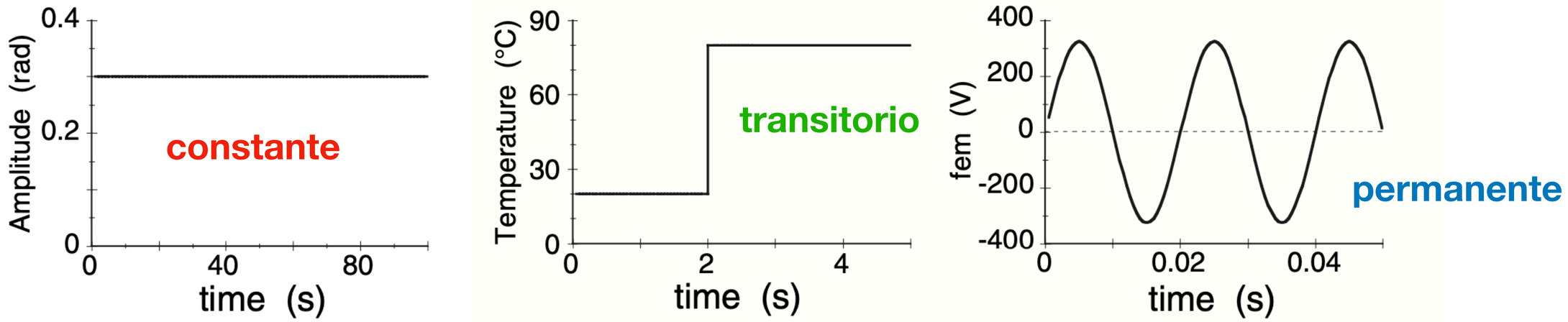
$$\delta X \approx \Delta X/2$$

3.4 Precisión de un instrumento

Fornasini dixit (refiriéndose a la sección 3.4):

In this section, some important concepts concerning the evaluation of instrument accuracy have been introduced. In Chap. 4, it is made clear that the uncertainty does not depend only on instruments, but also on other relevant factors, and the problem of accuracy is accordingly treated within a more general framework.

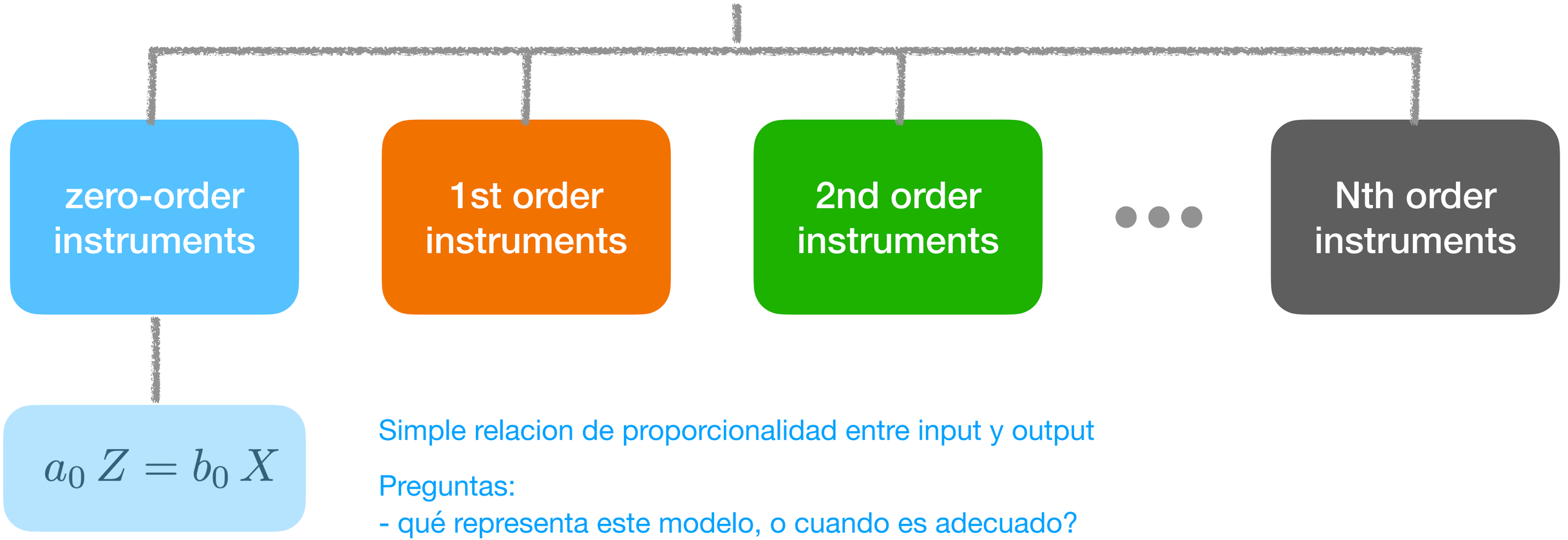
3.5 Características dinámicas de los instrumentos



La relación que vincula el input sinusoidal X(t) con la señal de salida Z(t) en función de la frecuencia f se conoce como función respuesta (response function) del instrumento. Conocerla implica conocer la dinámica del instrumento para cualquier dependencia temporal de la cantidad medida.

3.5 Características dinámicas de los instrumentos

Modelado físico de instrumentos: Z(t) vs X(t)

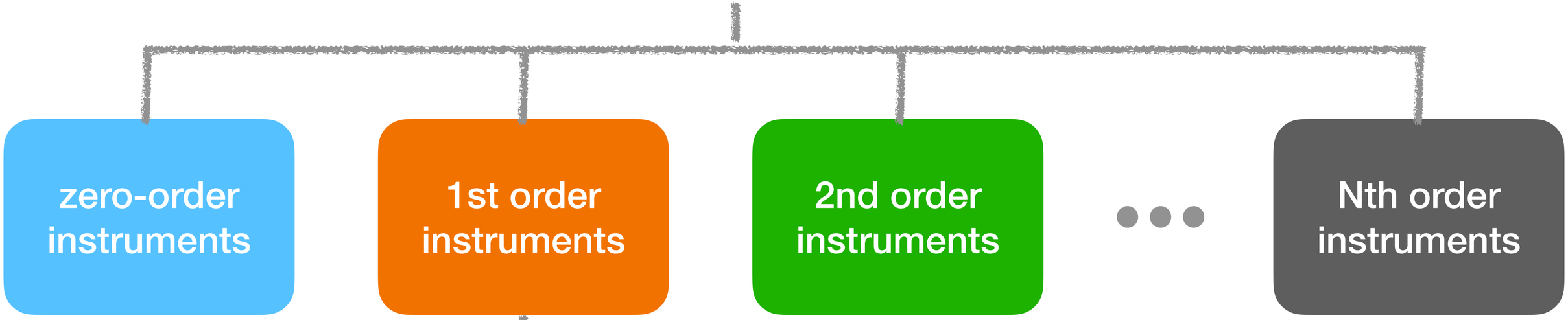


Simple relacion de proporcionalidad entre input y output

Preguntas:
- qué representa este modelo, o cuando es adecuado?
- cuanto vale la sensibilidad de este tipo de instrumentos?

3.5 Características dinámicas de los instrumentos

Modelado físico de instrumentos: Z(t) vs X(t)



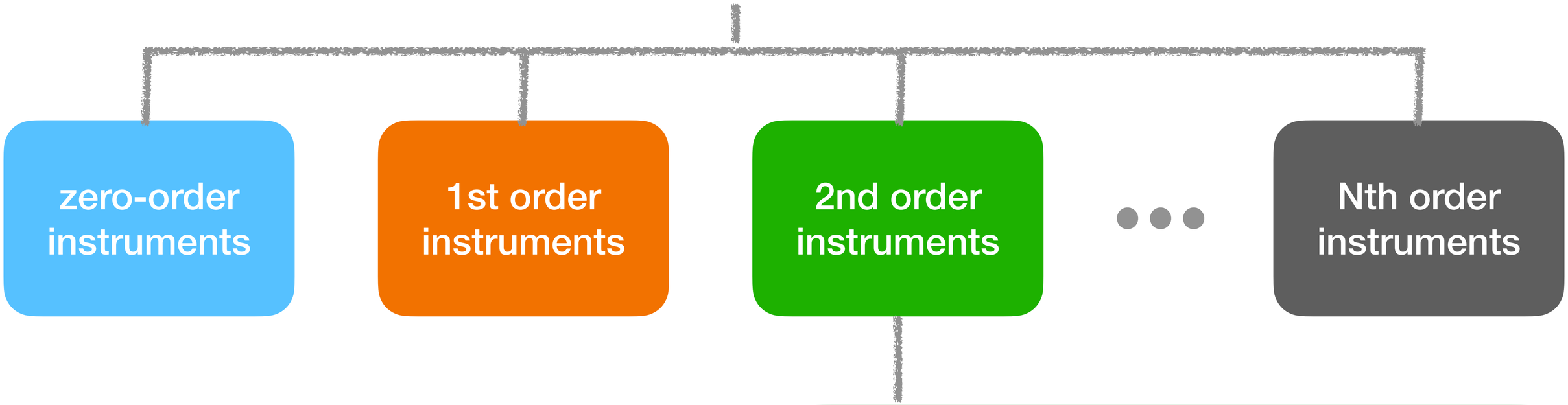
$$a_1 \frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}t} + a_0 Z = b_0 X$$

Z(t) no sigue instantaneamente a X(t)

Preguntas:
- qué representa este modelo, o cuando es adecuado?

3.5 Características dinámicas de los instrumentos

Modelado físico de instrumentos: Z(t) vs X(t)



Preguntas:
- qué representa este modelo, o cuando es adecuado?
- ejemplos de instrumentos con este comportamiento?

$$a_2 \frac{\mathrm{d}^2 Z}{\mathrm{d}t^2} + a_1 \frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}t} + a_0 Z = b_0 X$$

3.5 Características dinámicas de los instr

Modelado físico de instrumentos: Z(t) vs X(t)

- zero-order instruments
- 1st order instruments
- 2nd order instruments
- • • •
- Nth order instruments

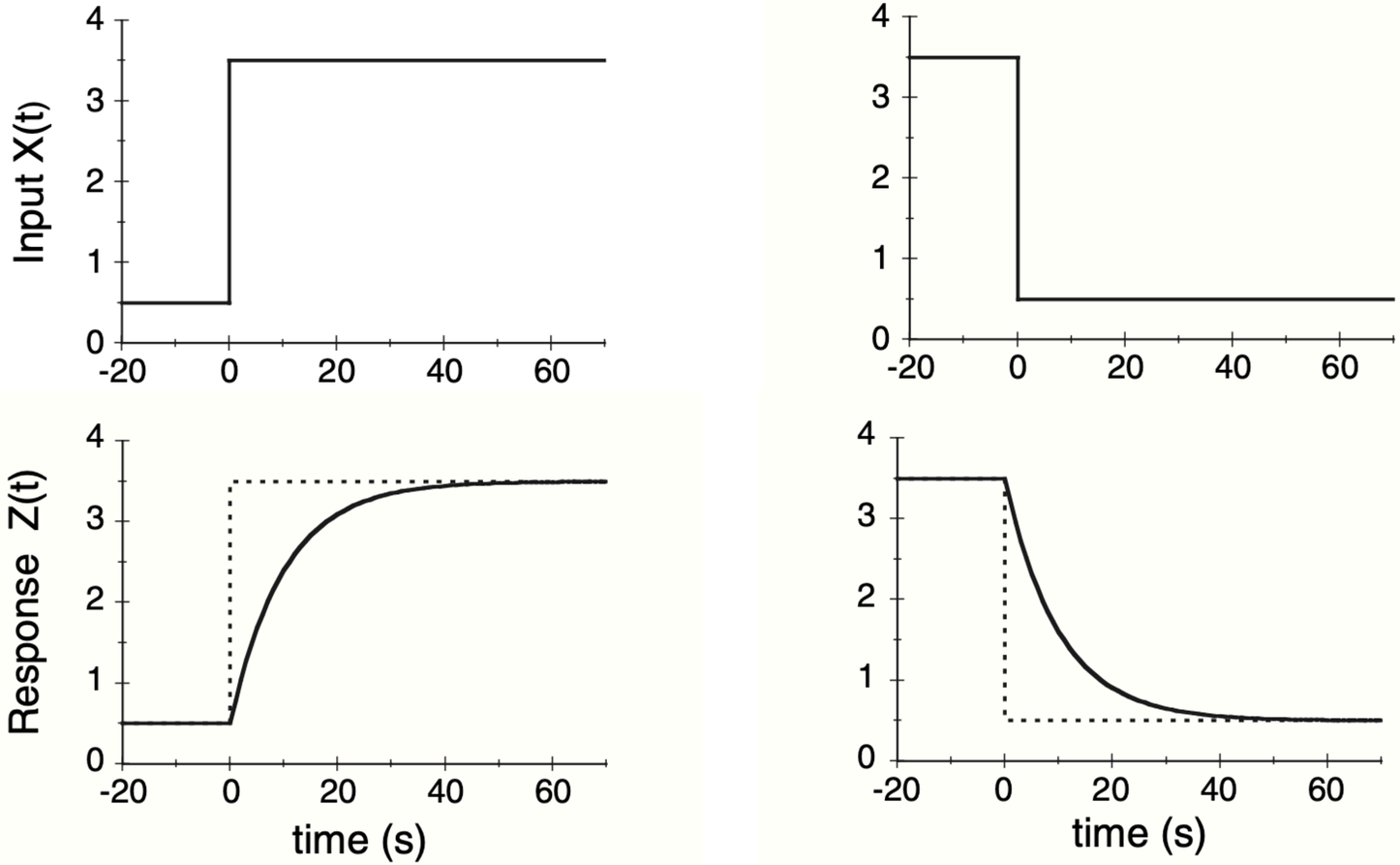
$$a_n \frac{\mathrm{d}^n Z}{\mathrm{d}t^n} + a_{n-1} \frac{\mathrm{d}^{n-1} Z}{\mathrm{d}t^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}t} + a_0 Z = b_0 X$$

3.5 Características dinámicas de los instrumentos

1st order instruments

$$a_1 \frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}t} + a_0 Z = b_0 X$$

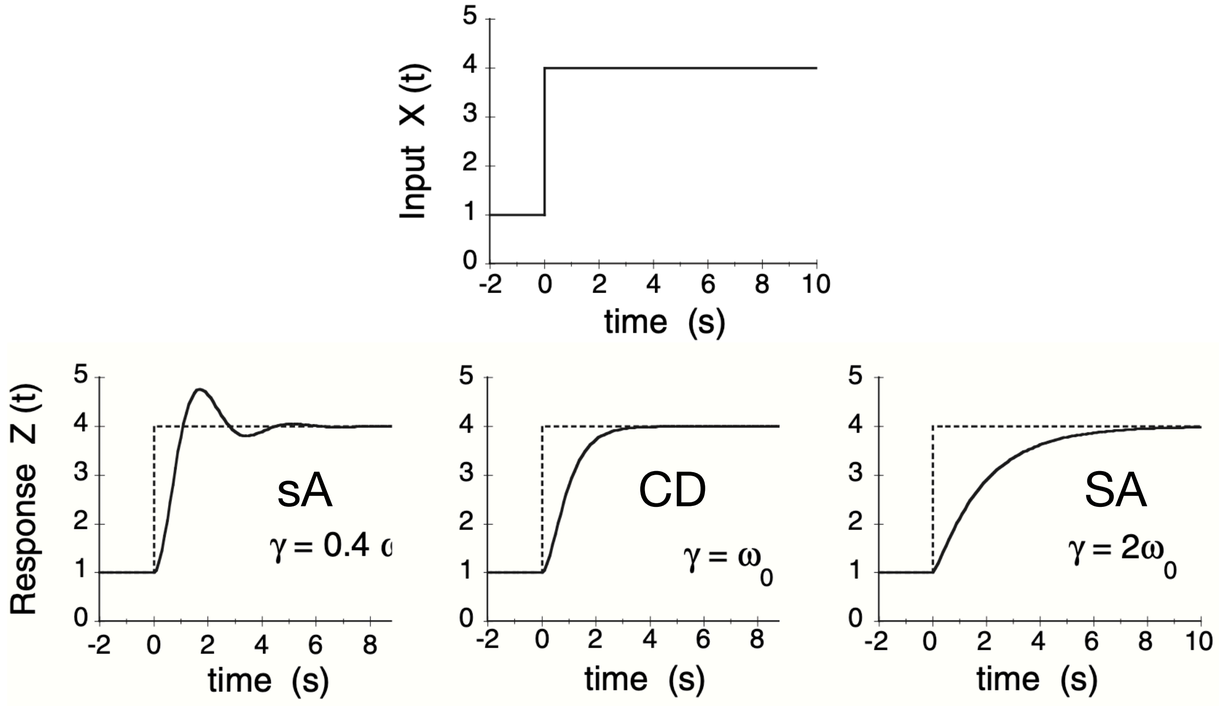
Qué instrumento(s), de los que conocen, se podrian describir con este modelo?



3.5 Características dinámicas de los instrumentos

2nd order instruments

$$a_2 \frac{\mathrm{d}^2 Z}{\mathrm{d}t^2} + a_1 \frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}t} + a_0 Z = b_0 X$$



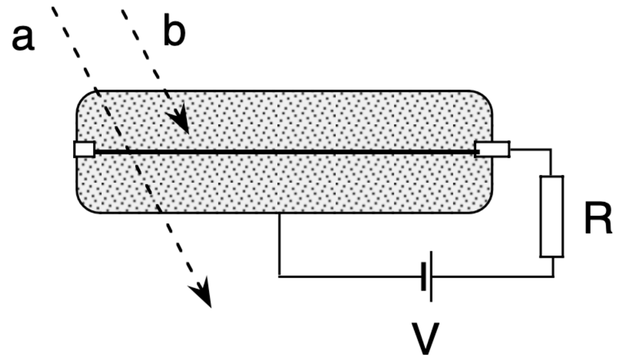
- - Qué instrumento(s), de los que conocen, se podrian describir con este modelo?
  - Qué consideraciones de diseño se pueden hacer para este tipo de instrumentos?

3.6 Instrumentos contadores

Algunos fenómenos físicos consisten en eventos distribuidos al azar en el tiempo y/o en el espacio → instrumentos especiales

Ej:

contador Geiger-Müller



conteo de particulas de alta energia (rayos cosmicos, decaimientos radiactivos)

el contador transforma los eventos físicos en pulsos eléctricos

A pesar de contar eventos discretos, los contadores no son perfectos!

- eventos no detectados
- dos o más eventos pueden ocurrir simultáneamente
- dead time finito hace que no se registren eventos luego de una detección