

Un po' di definizioni

SENSORE

È un dispositivo che, in particolari condizioni operative, fornisce in uscita una grandezza U , adatta per la misura, funzione della grandezza d'interesse M , quest'ultima detta MISURANDO

Un po' di definizioni

SENSORE (IEC – TC65)

L'elemento primario di una catena di misura che converte la variabile d'ingresso in un segnale adatto alla misura

Un po' di definizioni

TRASDUTTORE (IEC – TC65)

Un dispositivo che accetta una informazione nella forma di una variabile in ingresso fisica o chimica e la converte in una variabile di uscita della stessa o di diversa natura

Un po' di definizioni

TRASMETTITORE (IEC – TC65)

Un dispositivo che riceve una variabile di misura e che produce un segnale di uscita normalizzato

Un po' di definizioni

SENSORE (UNI 4546)

o Stadio di ingresso: particolare trasduttore che si trova in diretta interazione con il sistema misurato

Un po' di definizioni

TRASDUTTORE (UNI 4546)

o Convertitore: mezzo tecnico che compie su un segnale di ingresso una certa elaborazione, trasformandolo in un segnale d'uscita

Sensori e Trasduttori

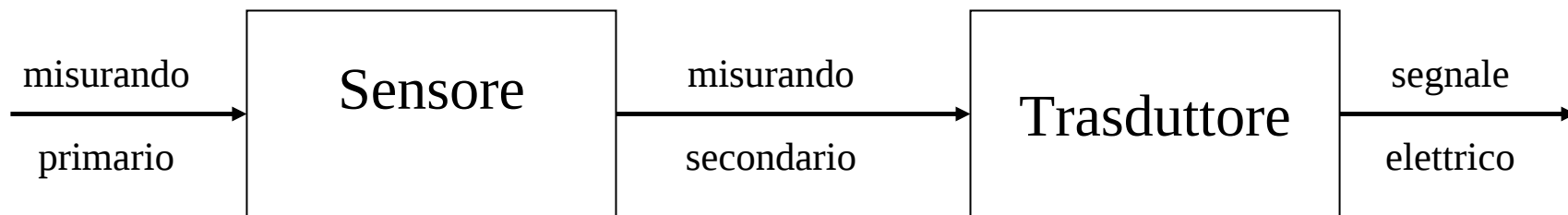
Il sensore è il primo elemento della catena di misura.

Ha il compito di convertire la grandezza fisica da misurare (**misurando**) in un'altra più facilmente trattabile.

Il trasduttore è un dispositivo sensibile che fornisce un segnale elettrico misurabile in risposta ad uno specifico misurando.

Un trasduttore è un sensore ma un sensore non è necessariamente un trasduttore

Sensori e Trasduttori



Sensori/Trasduttori attivi e passivi

Un sensore/trasduttore può essere attivo o passivo:

- **Attivo** se l'effetto fisico su cui è basato assicura la trasformazione in energia elettrica dell'energia propria del misurando (termica, meccanica, d'irraggiamento, ...).

Esempi: Termoelettrico (termocoppia), Piroelettrico (cristalli la cui polarizzazione dipende dalla temperatura), ...

- **Passivo** se l'effetto del misurando si traduce in una variazione d'impedenza dell'elemento sensibile.

Esempi: estensimetri, magnetici, ...

Possibili classificazioni

- Attivi / passivi
- In base alla grandezza misurata: sensori di temperatura, umidità, illuminamento, velocità, ...
- In base alla grandezza che forniscono in uscita: resistivi, induttivi, capacitivi, in tensione, in corrente, ...
- Analogici / digitali

Circuiti di condizionamento

Un S/T è completato dal **circuito di condizionamento**.

S/T passivo: il circuito di condizionamento è indispensabile per la generazione del segnale elettrico (*montaggio*).

S/T attivo: il circuito di condizionamento ha il compito di adattare i parametri dell'energia elettrica, generata dal trasduttore, alle caratteristiche d'ingresso del sistema di misura (*condizionamento del segnale*).

Caratteristiche di un S/T

Misurando: grandezza da misurare.

Principio di misura: principio fisico su cui si basa la generazione del segnale d'uscita.

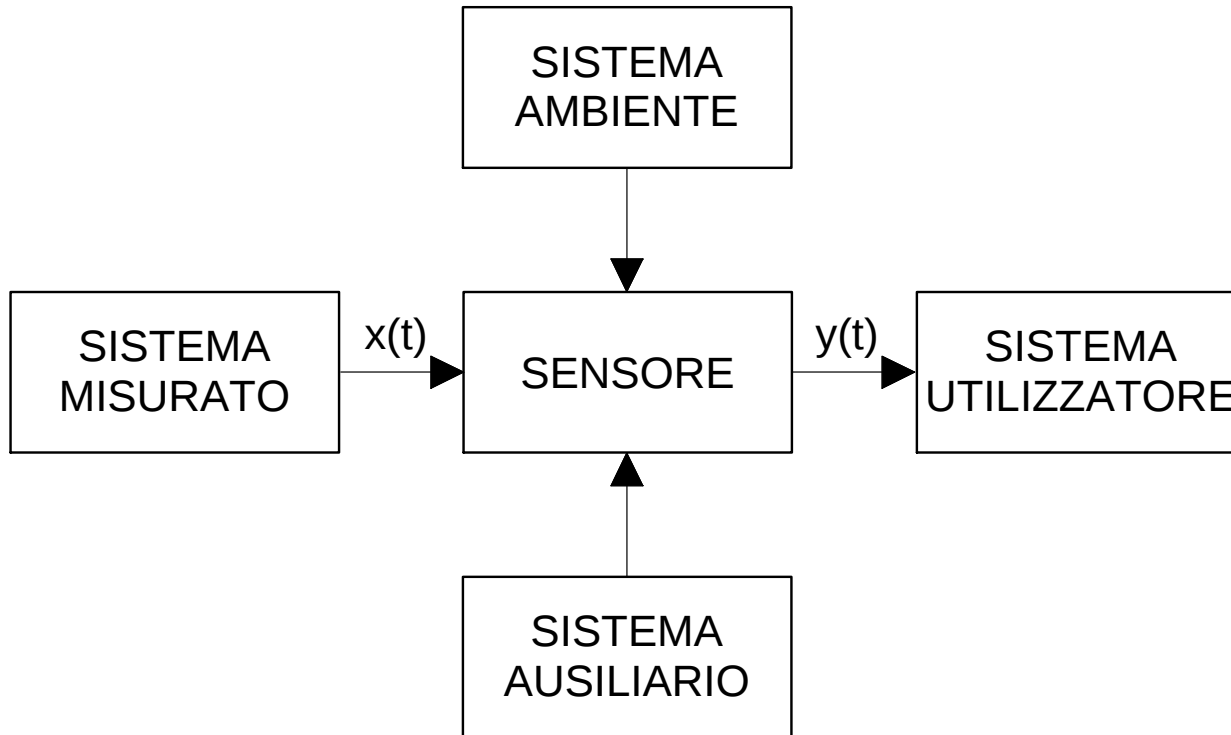
Proprietà significative: tipo di elemento sensibile, tipo di costruzione, circuiteria interna, ...

Range: limite superiore ed inferiore di variazione del misurando.

Caratteristiche di un trasduttore

- **Di progetto** (specificano come il trasduttore è o dovrebbe essere)
- **Prestazioni** (caratteristiche metrologiche)
- **Affidabilità** (caratteristiche ambientali e d'uso che influenzano la vita utile del trasduttore).

Schema a blocchi



Caratteristiche relative all'ingresso

- **Specie:** grandezza fisica in ingresso.
- **Campo di misura (*input range*):** intervallo di valori del misurando entro il quale il sensore funziona secondo le specifiche. Il suo limite superiore è la **portata**.
- **Campo di sicurezza del misurando:** intervallo di valori del misurando al di fuori del quale il sensore resta danneggiato permanentemente. I suoi valori estremi sono detti di **overload** o **overrange**.

Caratteristiche relative all'uscita

- **Specie:** natura della grandezza in uscita.
- **Campo di normale funzionamento** (*output range*): intervallo di valori dell'uscita quando l'ingresso varia nell'*input range*.
- **Potenza erogabile:** valore limite della potenza che il sensore può fornire al sistema utilizzatore a valle. Se l'uscita è in corrente, si precisa l'impedenza di carico.
- **Impedenza di uscita**

Caratteristiche relative all'uscita (2)

- **Incertezza di uscita:** larghezza della fascia comprendente tutti i valori che potrebbero essere assunti, con una certa probabilità (*livello di confidenza*) a rappresentare il valore della uscita corrispondente ad una certa condizione di funzionamento.

Caratteristiche statiche (1)

- **Funzione di conversione:** funzione che permette di ricavare dall'ingresso il valore della uscita.
- **Funzione di taratura:** relazione che permette di ricavare da ogni valore della grandezza in uscita il valore dell'ingresso e la corrispondente fascia di incertezza.
 - **Curva di taratura:** valore uscita => valore centrale ingresso;
 - **Costante di taratura:** pendenza della curva di taratura, se è lineare;
 - **Incertezza di taratura:** ampiezza della fascia di valori.

Caratteristiche statiche (2)

- **Sensibilità** (*sensitivity*): pendenza della curva di conversione in un certo punto:

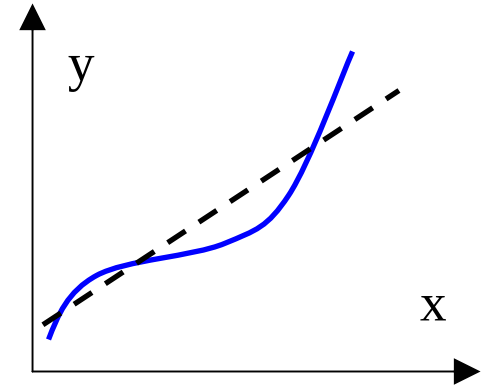
$$S = \frac{dy}{dx}$$

Corrisponde all'inverso della pendenza della curva di taratura.

- **Stabilità**: capacità di conservare inalterate le caratteristiche di funzionamento nel tempo (a lungo ed a breve termine)

Caratteristiche statiche (3)

- **Linearità:** indica di quanto la curva di taratura si discosta dall'andamento rettilineo. E' il massimo scostamento rispetto ad una retta che può essere calcolata in modi diversi:
 - Retta che rende minimo il massimo scostamento.
 - Retta ai minimi quadrati.
 - Retta congiungente gli estremi.

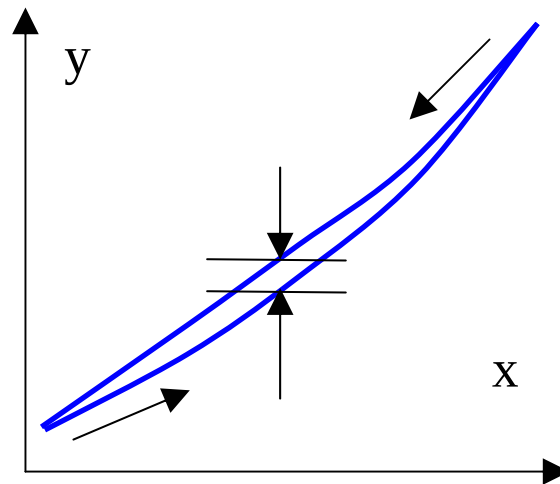


Caratteristiche statiche (4)

- **Risoluzione:** variazione del valore del misurando che provoca una variazione apprezzabile del valore della grandezza in uscita.
 - ✓ Se il sensore lavora vicino allo zero, si parla di **soglia**.
- **Ripetibilità:** attitudine dello strumento a fornire valori della grandezza di uscita poco differenti fra loro, quando è applicato all'ingresso lo stesso misurando, nelle stesse condizioni operative. Si esprime in modo simile all'incertezza di taratura.

Caratteristiche statiche (5)

- **Isteresi:** massima differenza tra i valori della uscita corrispondenti al medesimo misurando, quando si considerano tutti i valori del campo di misura, ed ogni valore viene raggiunto con misurando prima crescente e poi decrescente.



Condizioni di riferimento

(Reference operating conditions) Insieme delle fasce dei valori delle grandezze di influenza in corrispondenza delle quali sono valide le specifiche metrologiche indicate dal costruttore.

- **Funzioni di influenza** (*operating influence*): informazione su come una grandezza di influenza agisce su una delle caratteristiche metrologiche. Può essere espressa attraverso la **sensibilità** della grandezza metrologica alla grandezza di influenza.

Caratteristiche relative al sistema ausiliario

- **Alimentazione ausiliaria** (*power supply*): viene precisato il valore di tensione o corrente da fornire con una sorgente esterna.

Caratteristiche dinamiche (1)

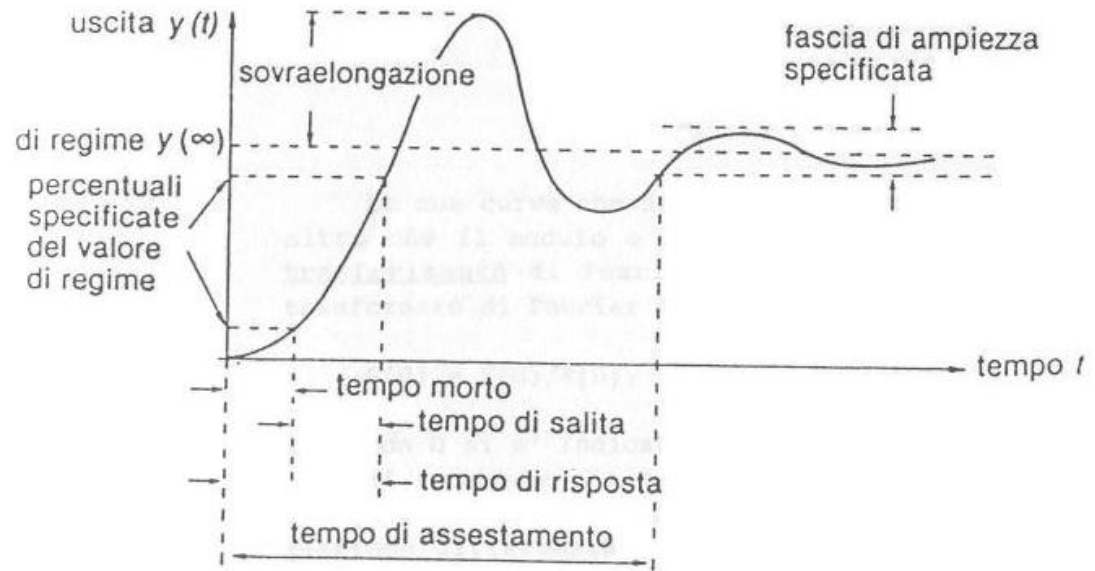
Nel dominio della frequenza:

- **Risposta in frequenza:** curve del **modulo** e della **fase** rispetto alla frequenza (Diagrammi di Bode).
- **Campo di frequenza:** intervallo di frequenze nel quale la curva di risposta in modulo non esce da una fascia di tolleranza prefissata.
- Eventuale **frequenza di risonanza**.

Caratteristiche dinamiche (2)

Nel dominio del tempo:

- **Tempo morto**
- **Tempo di salita**
- **Tempo di risposta**
- **Costante di tempo**
- **Tempo di assestamento**
- **Sovraelongazione**
- **Frequenza delle oscillazioni di assestamento**
- **Fattore di smorzamento**



Caratteristiche dinamiche (3)

- **Limite di velocità:** massima velocità di variazione del misurando oltre la quale l'uscita non varia corrispondentemente.
- **Tempo di recupero** (*recovery time*): intervallo di tempo richiesto dopo un evento specificato (ad es. un sovraccarico) affinché il sensore riprenda a funzionare secondo le caratteristiche specificate.

Varietà dei sensori

Physical principle	Typical application	Measurand	Output
Resistive The variation if the sensing element electric resistance depends on the measurand.	Thermistor or resistance thermometer Potentiometer Hot-wire anemometer Resistive hygrometer Chemioresistor	Temperature Displacement, force, pressure Flow Humidity Presence of gas	Change in resistance
Capacitive The sensing element capacitance depends on the measurand.	Parallel-plate capacitor sensor Rotary-plate capacitor sensor Differential capacitor Capacitance manometer Humidity sensor Capacitive diaphragm	Displacement, force, liquid level, pressure Displacement, force, angular position, torque Small displacement Very low pressure Moisture Pressure	Capacitance or change in capacitance
Inductive The sensing element inductance depends on the measurand.	Linear variable differential transformer Self inductance sensor Eddy current sensor	Displacement, torque Displacement, torque, liquid level Position, conductivity, thickness, cracks in materials	Inductance or change in inductance
Reluctive The variation in the reluctance path between two or more coil depends on the measurand.	Linear variable differential transformer Rotary variable differential transformer Microsyn Resolver Syncro Reluctive diaphragm	Linear displacement Angular rotation Angular displacement Position Position, torque Pressure	Voltage Voltage Voltage Voltage Voltage Change in reluctance
Electromagnetic In any circuit capturing a magnetic flux, whenever the flux changes an electromotive force is induced. (Faraday law)	Linear velocity sensor Flowmeter Tachometer generator Torque sensor	Linear velocity Flow Angular speed Torque	Voltage
Piezoresistive effect Resistance of the sensing element depends on the strain.	Strain gauge	Stress, strain, Fluid pressure, displacement, force	Change in resistance
Hall effect If the sensing element, carrying current, is put in a magnetic field a differential in electric potential among its sides is generated.	Gaussmeter Wattmeter	Magnetic field, displacement Power	Voltage

Varietà dei sensori

Magnetoresistive effect Resistance of the sensing element depends on the strain.	Magnetoresistor	Magnetic field, linear and angular displacement, proximity, position	Change in resistance
Piezoelectric effect Subjecting the sensing element to stress there is a generation of electric charge.	Vibration cables Active and passive force sensor Piezoelectric microphone Piezoelectric temperature sensor	Vibration Force Ultrasonic waves Temperature	Voltage or charge
Pyroelectric effect The sensing element generates an electric charge in response to a heat flow.	Heat flowmeter Pyroelectric sensor	Change in the temperature	Voltage
Thermoelectric effect When there is a difference in temperature between two junctions of different metals, a difference of electric potential is generated.	Thermocouples, thermopiles, infrared pyrometer	Difference of temperature	Voltage
Ionization effect The sensing element when exposed to the measurand becomes ionized.	Electrolytic sensor Vacuum gages Chemical ionizer	Electrical conductivity, pH Pressure Atomic radiation	Current
Photoresistive The electric resistance of the sensing element is caused by the incidence of optical radiation.	Photoresistor, photodiode, phototransistor, photofet	Light, position, motion, sound flow, force	Change in resistance
Photovoltaic effect When the sensing element is subject to a radiation it generates an electric potential	Flame photometer Light detector Pyrometers	Light intensity Light, position, motion, sound flow, force Temperature	Voltage
Acoustooptic effect The interaction of an optical wave with an acoustic wave produces a new optical wave	Acoustic optic deflection, Bragg cell	Physical vibration	Phase modulated voltage signal
Doppler effect The apparent frequency of a wave train changes in dependence of the relative motion between the source of the train and the observer.	Remote sensor of linear velocity, Doppler radar, laser Doppler velocimeter	Relative velocity	Frequency
Thermal radiation An object emanates thermal radiation, which intensity is related to its temperature	Pyrometer	Temperature	Voltage