

# Sensori e Trasduttori

Le parole *sensore* (più usata negli USA) e *trasduttore* (più comune in Europa) sono entrambe molto utilizzate nella descrizione dei sistemi di misura e controllo. L'uso di questi dispositivi in diversi campi dell'ingegneria ha contribuito a creare ambiguità ed equivoci sulle definizioni nonché la tendenza a coniare nuove parole per indicare uno stesso dispositivo (*trasmettitore, modificatore, convertitore, rivelatore, cella*, ecc.) producendo una notevole confusione terminologica.

Potremo quindi trovare testi che definiscono il **sensore** come un “dispositivo sensibile ad una grandezza fisica ed in grado di trasformarla in un segnale misurabile” e trasferibile o anche come dispositivo che trasforma un certo tipo di grandezza fisica in un segnale elettrico, in questo caso il sensore ha operato anche una trasduzione della grandezza in segnale elettrico d'uscita.

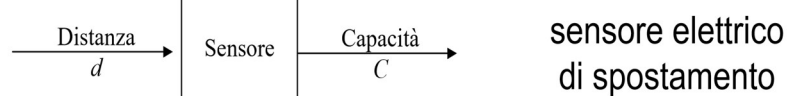
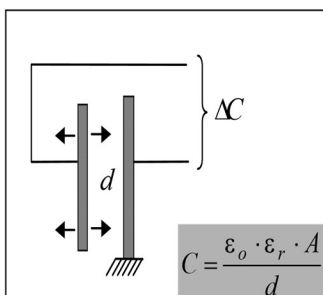
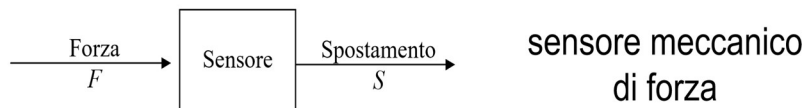
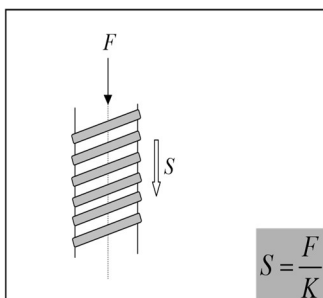
Potremo trovare testi che definiscono il **trasduttore** come un “dispositivo che converte energia da un sistema ad un altro nella stessa forma o in forma differente” oppure come l'insieme di un sensore e di un circuito di condizionamento.

Potremo anche trovare testi in cui non viene fatta nessuna reale distinzione fra il termine *sensore* e il termine *trasduttore*.

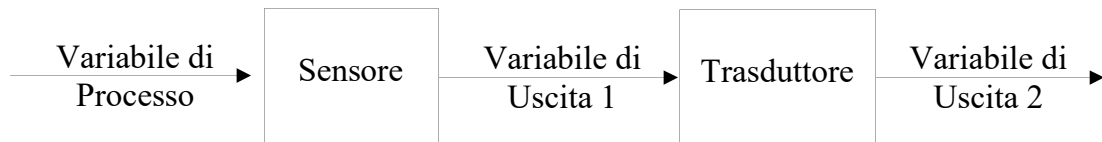
## Definizione di Sensore



Il sensore può essere definito come l'elemento che produce un'uscita dipendente da una variabile fisica da cui è interessato, secondo una legge fissata



## Definizione di Trasduttore



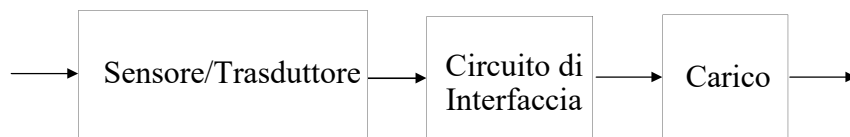
Il trasduttore è un sensore che ha la funzione di trasformare la grandezza fornita dal sensore primario in una uscita più facilmente trattabile.

Quindi il sensore rispetto al trasduttore è sempre un elemento iniziale della catena di misura, mentre il trasduttore è un sensore che non si trova al primo posto nella catena di misura.

## Blocco di Condizionamento

L'uscita di un trasduttore solo di rado può essere direttamente collegata ad uno strumento di misura, di elaborazione o di visualizzazione.

Il segnale elettrico in uscita dal sensore/trasduttore, oltre a contenere componenti indesiderate, è in genere troppo rumoroso e debole (valori dell'ordine dei *millivolt* o dei *picoampere*) per poter essere trasmesso a distanza. In questo caso è necessaria la presenza di un circuito di interfaccia che ottimizzi il collegamento fra dispositivo sensibile e carico.

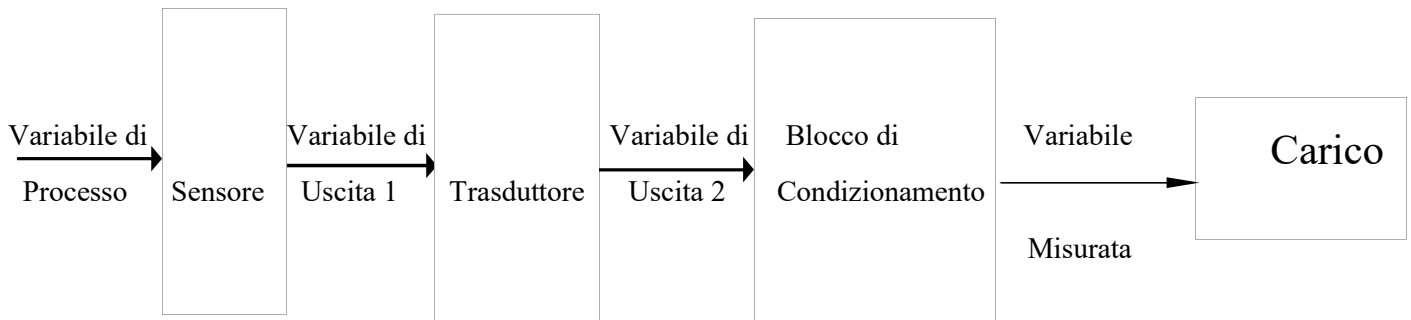


Pertanto, a causa della "incompatibilità" fra l'uscita del sensore/trasduttore e l'ingresso del sistema di acquisizione (carico) è necessaria una opportuna operazione di *condizionamento* sul segnale di uscita dal sensore/trasduttore.



Quindi:

*Un circuito di condizionamento del segnale ha il compito di portare il segnale in uscita dal sensore in un formato compatibile con il dispositivo di elaborazione che lo segue riducendo il più possibile gli effetti negativi di carico e le interferenze esterne*



## Parametri dei trasduttori

Un trasduttore di qualità deve possedere molteplici requisiti.

Le principali caratteristiche fornite dalle case costruttrici sono:

- Caratteristica ingresso/ uscita;
- Linearità;
- Range di funzionamento;
- Sensibilità;
- Tempo di risposta;
- Isteresi;
- Risoluzione.

### **Caratteristica ingresso/ uscita**

È la curva che lega la grandezza d'uscita (variabile dipendente) e quella d'ingresso (variabile indipendente).

### **Linearità**

È il parametro del trasduttore che evidenzia l'errore tra la caratteristica ideale teorica e la reale curva caratteristica ingresso/uscita del trasduttore.



## Range di funzionamento o campo di lavoro

È la differenza tra il valore massimo e quello minimo che può assumere la grandezza d'ingresso. La caratteristica è fornita generalmente dal costruttore e rappresenta il campo di funzionamento ottimale entro il quale sono garantite le prestazioni del trasduttore.

## Sensibilità

È il rapporto tra la variazione della grandezza d'uscita e la variazione di quella d'ingresso.

Un buon trasduttore deve avere una grande sensibilità, ossia ad una piccola variazione della grandezza d'ingresso deve corrispondere una grande variazione di quella d'uscita.

## Tempo di risposta

È l'intervallo di tempo impiegato dal trasduttore a raggiungere un valore di regime quando la grandezza d'ingresso subisce una variazione improvvisa.

## Isteresi

Molti trasduttori hanno una caratteristica non univoca, nel senso che essa è diversa a seconda che la grandezza d'ingresso vari da un valore minimo a uno massimo o viceversa. Un trasduttore ideale non presenta isteresi e la sua caratteristica è unica.

## Risoluzione

È la minima variazione della grandezza d'ingresso in grado di provocare una variazione percettibile su quella d'uscita. Se riferita alla sola grandezza d'uscita, esprime il rapporto in percentuale tra la minima variazione della grandezza d'uscita e il valore di fondo scala.

$$Risoluzione \% = \frac{Grandezza\ uscita\ (min)}{Grandezza\ uscita\ (fondo\ scala)} \cdot 100$$

Un buon trasduttore presenta una risoluzione molto bassa.

## Tra le altre caratteristiche dei trasduttori si citano:

- Ripetibilità: è la necessità di fornire gli stessi risultati in eguali condizioni di funzionamento;
- Resistenza di uscita: è la resistenza misurata sui morsetti di uscita;
- Stabilità termica: è la risposta alla variazione unitaria della temperatura;



- Risposta in frequenza; è la gamma di frequenze per le quali non c'è distorsione;
- Rumore: è il segnale in uscita con ingresso in cortocircuito.

## Criteri pratici di scelta dei trasduttori

### Un trasduttore ideale dovrebbe avere le seguenti specifiche:

- Caratteristica ingresso/uscita lineare;
- Range di funzionamento ampio;
- Alta sensibilità;
- Bassa risoluzione;
- Tempo di risposta nullo;
- Assenza di isteresi.

In realtà un generico trasduttore presenta solo qualcuna di queste specifiche, quindi bisogna scegliere il dispositivo che meglio si adatta all'apparato da realizzare. Spesso la scelta di un trasduttore risulta condizionata da un compromesso tra le varie specifiche e dai costi.

### Classificazione dei trasduttori

Esistono diverse classificazioni dei trasduttori, ognuna delle quali è riferita a particolari elementi presi in considerazione, quali il tipo del segnale di uscita, il principio fisico del funzionamento, la natura della grandezza d'ingresso, ecc.. Una classificazione basata sul tipo di segnale d'uscita porta a distinguere i trasduttori in:

- Analogici: presentano una caratteristica ingresso/uscita costituita da una funzione continua;
- Digitali: presentano una caratteristica ingresso/uscita che può assumere solo due distinti valori ossia alto e basso (livello logico 1-0).

La classificazione più comune è fatta in base alla grandezza fisica che essi devono rilevare.

In base a tale classificazione, riferita alle grandezze fisiche, si hanno:

### Trasduttori di temperatura:

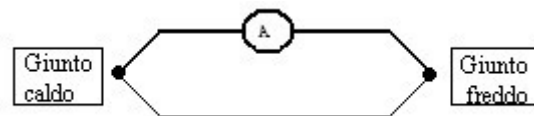
I sensori e trasduttori di temperatura, molto utilizzati in ambito industriale, sono dispositivi analogici, in quanto sia la temperatura che la grandezza elettrica da essi fornita varia con continuità. La scelta di un trasduttore di temperatura deve essere vagliata con la massima cura: è necessario conoscere tutti i dati relativi alle condizioni ambientali in cui il trasduttore dovrà operare, i valori di temperatura che dovrà rilevare,

la precisione che dovrà mantenere nel corso del suo esercizio; l'esempio che si propone riguarda le termocoppie.

## Le Termocoppie

Le termocoppie sono dei trasduttori di temperatura frequentemente utilizzati in ambito industriale perché non richiedono circuiti di alimentazione. Il principio di funzionamento di una termocoppia è basato sull'effetto Seebeck secondo cui due metalli omogenei, chimicamente diversi e saldati alle loro estremità, danno origine ad una corrente di debole intensità (termocorrente) quando le due saldature sono mantenute a temperature diverse.

Se invece si apre una saldatura della termocoppia e si collega un voltmetro ad alta impedenza agli estremi liberi, la forza elettromotrice misurata è:



$$V = \alpha \cdot (T_C - T_F)$$

$T_C$  è la temperatura del giunto caldo;  $T_F$  è la temperatura del giunto freddo;  $\alpha$  è il coefficiente di proporzionalità di Seebeck  $V/^\circ C$

I materiali più comunemente impiegati per la realizzazione delle termocoppie riferiti al campo di lavoro sono:

Conduttore positivo (+)	Conduttore negativo (-)	Tipo	Range ( $^\circ C$ )	Sensibilità [ $\mu V/^\circ C$ ]
Rame	Costantana	T	Da - 200 a 370	40,5
Cromo	Costantana	E	Da - 200 a 900	67,9
Ferro	Costantana	J	Da 0 a 760	52,6
Cromo	Alumel	K	Da - 200 a 1250	38,8

## Trasduttori di posizione:

I trasduttori di posizione analogici sono dispositivi che trasformano un movimento lineare o angolare in una grandezza elettrica dipendente dal principio fisico su cui si basano (effetto magnetoresistivo, a variazione di resistenza, di tipo induttivo, capacitivo ecc.). I trasduttori di posizione sono utilizzati per misure di pressione, di forza e di coppia;

## Trasduttori di umidità:

I trasduttori di umidità rilevano l'umidità relativa definita come il rapporto tra l'umidità assoluta (quantità di valore acqueo contenuta in un metro cubo di aria) e l'umidità di saturazione (quantità di valore acqueo massimo contenuto in un metro cubo di aria prima della condensa);



## Trasduttori Fotoelettrici:

Le radiazioni luminose, aventi lunghezza d'onda compresa nello spettro della luce visibile, modificano le proprietà elettriche di alcune sostanze. Nelle fotoresistenze la radiazione luminosa varia la conducibilità elettrica, mentre nei fotodiodi e fototransistor la radiazione luminosa incidente sulla giunzione p-n polarizzata genera un'intensità di corrente.

