

I TRASDUTTORI

Un trasduttore (o sensore) è un dispositivo in grado di rilevare una grandezza fisica di tipo qualsiasi (termico, luminoso, magnetico, meccanico, chimico, eccetera) e di trasformarla in una grandezza di altro tipo, generalmente elettrica (tensione o corrente).

Il motivo della trasformazione è che in questo modo il segnale di uscita (generalmente una tensione o una corrente) è facilmente manipolabile mediante dei circuiti elettronici in modo da amplificarlo, linearizzarlo e filtrarlo da eventuali disturbi (condizionamento del segnale). Un segnale analogico potrà inoltre essere facilmente convertito in digitale (mediante un convertitore AD) ed acquisito da un sistema di elaborazioni dati e/o trasportato a distanza da un sistema di comunicazione dati.

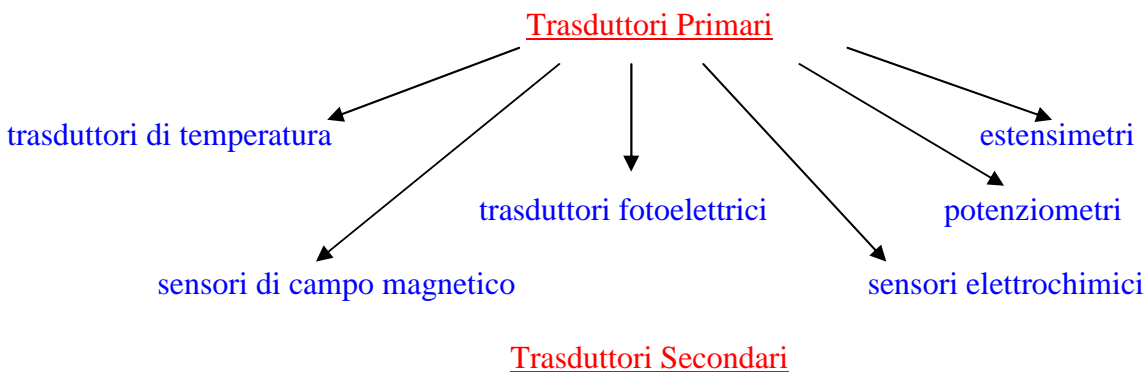
Segnali Standard di un trasduttore

segnale in corrente da 0 a 20 mA;
segnale in corrente da 4 a 20 mA;
segnale in tensione da 0 a 5 V;
segnale in tensione da 0 a 10 V;

I trasduttori si distinguono in 2 tipi: “attivi” (producono direttamente tensione o corrente) e “passivi” (hanno bisogno dall'alimentazione per funzionare).

I trasduttori vengono classificati in “**primari**” o “fondamentali”(trasduttori di temperatura, di luminosità, di posizione, di campo magnetico, ecc...) e “**secondari**”(trasduttori di forza, di accelerazione, di pressione, ecc...) che dipendono dai primari e che quindi vengono definiti “delle variazioni dei primari”.

Nei trasduttori primari la grandezza di ingresso viene trasformata direttamente nella grandezza di uscita. Nei secondari, viceversa, la grandezza di uscita si ottiene dalla grandezza di ingresso in modo indiretto. Ovvero la grandezza di ingresso viene convertita in una grandezza intermedia e quest'ultima viene convertita nella grandezza di uscita.



Trasduttori Secondari

- i sensori di [forza](#), [accelerazione](#) e [pressione](#) (basati sugli estensimetri).
- la maggior parte dei sensori di [posizione](#) (basati sui sensori fotoelettrici e sui sensori di campo magnetico).
- i sensori di [velocità](#), basati sui sensori di posizione.

Si possono elencare una serie di caratteristiche che possono interessare un trasduttore:

- [Range di Ingresso;](#)
- [Sensibilità;](#)
- [Errore di non linearità;](#)
- [Tempo di risposta;](#)
- [Offset di uscita;](#)
- [Ripetibilità;](#)
- [Risoluzione;](#)
- [Campo di ingresso o portata \(è l'intervallo entro cui può variare l'ingresso\).](#)
- [Isteresi](#)

Range (o Campo di funzionamento)

È l'intervallo di valori in cui il trasduttore lavora secondo i parametri stabiliti. Appena esce dal range il trasduttore non funziona più, e ritorna a lavorare appena rientra nell'intervallo.

Il range di ingresso (o campo di ingresso) definisce i limiti entro cui può variare l'ingresso; mentre il range di uscita (o campo di uscita) definisce i limiti entro cui può variare l'uscita.

Sensibilità

La sensibilità S del trasduttore è il rapporto fra la variazione della grandezza d'uscita e quella dell'ingresso che l'ha determinata.

Lo strumento risulterà essere molto sensibile quando a parità di grandezza di ingresso la grandezza di uscita è molto elevata.

$$S = \Delta O / \Delta I$$

Errore di non linearità

Di solito, l'errore che il costruttore fornisce è l'errore di non linearità ed è espresso come spostamento massimo della retta ideale.

$$\text{Errore linearità \%} = (e_{\max} / X_{\text{OFS}}) \cdot 100$$

X_{OFS} = Valore max d'uscita di Fondo Scala



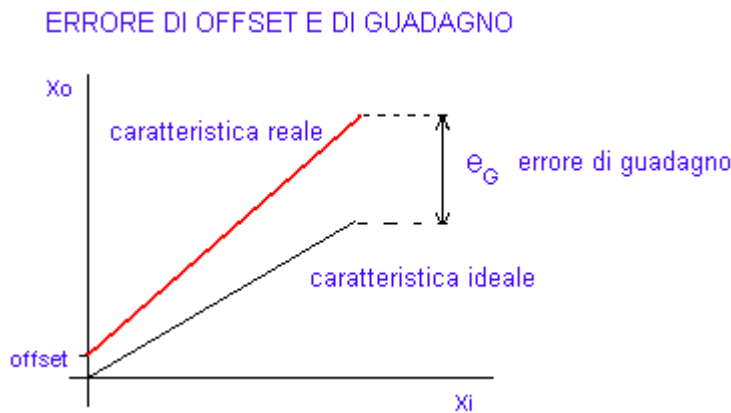
Tempo di risposta

Rappresenta il tempo che intercorre dal momento che l'ingresso assume un certo valore a quello in cui questo è presente in uscita.

I migliori trasduttori hanno un tempo di risposta molto basso.

Offset di uscita

L'offset indica la bontà del trasduttore che risulterà essere migliore quanto minore sarà il valore assunto da tale parametro. Esso viene verificato azzerando gli ingressi e visualizzando il valore presente i uscita.



Ripetibilità

Un altro parametro importante, anche se la sua definizione precisa varia da costruttore a costruttore, è la ripetibilità, vale a dire la costanza nel tempo delle caratteristiche del trasduttore (la sua resistenza all'invecchiamento).

Isteresi

Alcuni trasduttori presentano una caratteristica diversa a seconda se l'ingresso passi dal valore minimo al massimo o viceversa.

Risoluzione

La risoluzione R esprime la variazione minima di uscita rispetto al fondoscala:

$$R = 1 / \Delta I_{\min}$$

Un buon trasduttore presenta una BASSA risoluzione (cioè può apprezzare segnali di piccolo valore riferiti alla portata del dispositivo).

Un buon trasduttore dovrebbe avere:

- caratteristica di trasferimento lineare
- range ampio
- alta sensibilità
- bassa risoluzione
- piccola costante di tempo
- assenza di isteresi

SENSORI DI TEMPERATURA

Termoresistenze

Molti sensori di temperatura, come le termoresistenze, sono basati sul fatto che la conduttività di un materiale (conduttore o semiconduttore) dipende più o meno fortemente dalla temperatura.

$$R(T) = R_0 (1 + \alpha T)$$

dove R_0 è la resistenza a zero °C e T è la temperatura in gradi centigradi. Infine “ α ” è un coefficiente positivo (misurato in °C⁻¹).

I termoresistori hanno ampi range di utilizzo (da -200 °C a +800 °C), hanno una buona linearità, sono precisi e stabili.

I metalli che si utilizzano sono rame nichel e platino.

Il difetto principale è che “ α ” è piccolo per cui sono necessari circuiti amplificatori con forte amplificazione.

Inoltre per trasformare la variazione di resistenza in una variazione di tensione occorre farli attraversare da corrente e ciò comporta una variazione di resistenza per effetto joule che introduce un errore nella misura.

Un esempio di termoresistenza è la PT100 al platino che presenta 100 Ω a 0 °C e 375 Ω a 800 °C

Termistori NTC

Se invece di utilizzare dei metalli si utilizzano semiconduttori puri il sensore che si ottiene ha coefficiente di temperatura NEGATIVO e molto elevato. Si ottiene cioè una maggiore sensibilità rispetto ai termoresistori.

I termistori NTC sono realizzati con miscele di semiconduttori composti (ossidi di Nichel e Manganese) e non con silicio o germanio. La resistenza di questi ultimi materiali è infatti troppo sensibile alla presenza di impurità nel cristallo.

La caratteristica di un termistore NTC è del tipo:

$$R = R_0 e^{B(1/T - 1/T_0)}$$

Dove:

T è la temperatura ASSOLUTA,

T_0 è una temperatura assoluta di riferimento (298 °K)

B è una costante.

La caratteristica dei resistori è pesantemente non lineare: si prestano perciò a lavorare bene solo dove la linearità non è importante (controlli di temperatura) o dove i range di lavoro sono ristretti (termometria clinica).

Possono anche venire utilizzati in alcuni trasduttori secondari come dei misuratori di flusso per fluidi.

Termistori PTC

Materiali semiconduttori fortemente drogati possono presentare comportamento simile a quello dei metalli: avere cioè un coefficiente di temperatura POSITIVO, col vantaggio rispetto a quello dei metalli di essere più molto grande.

La maggiore sensibilità va a scapito tuttavia della minore linearità.

All'aumentare della temperatura aumenta la resistenza.

Differenze fra PTC e NTC

Il PTC è più sensibile ma meno lineare e inoltre ha un range che varia fra -50 e 150 °C.

Sensori Di Temperatura Integrati “AD590”

Esistono sul mercato dei dispositivi integrati che comprendono oltre al sensore a semiconduttore, degli appositi circuiti per amplificare il segnale fornito dal sensore e per linearizzarlo.

Il più noto è l'AD 590 della Analog Devices, il quale si comporta come un [generatore di corrente](#).

Tale dispositivo va alimentato con una tensione fra 4 e 30 volt e produce ai suoi poli una corrente che dipende linearmente dalla temperatura:

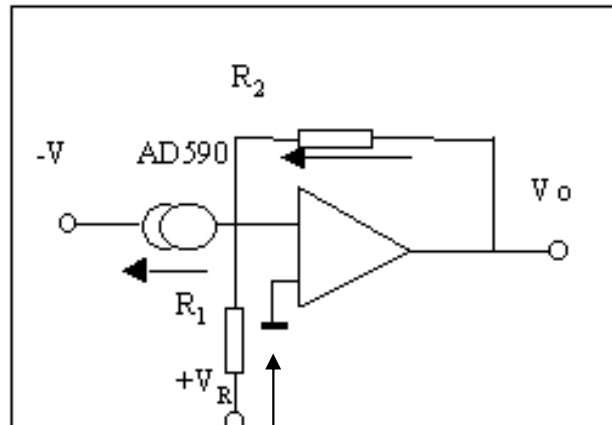
$$I=KT \text{ con } T \text{ in gradi Kelvin}$$

$$\text{e } K=1 \mu\text{A} / ^\circ\text{K}$$

Il funzionamento in corrente presenta il vantaggio di rendere il segnale di uscita indipendente da eventuali variazioni della tensione di alimentazione (pila parzialmente scarica oppure alimentazione disturbata) .

Il contenitore metallico di tipo TO52 consente una elevata velocità di risposta (costante di tempo termica bassa: la costante di tempo termica è la costante di tempo dell'esponenziale che esprime l'andamento dell'uscita nel tempo quando la temperatura subisce una variazione a gradino).

[Un circuito ad operaionale che utilizza un AD590 è quello di figura:](#)



A zero gradi centigradi (273 °K) il componente fornisce 273 μ A.

Se R_1 è percorsa da questa corrente allora I_{R_2} è nulla ed il circuito fornisce $V_0=0$.

Ad una temperatura qualsiasi $I_{R_2}=I_s-I_{R_1}$

$$V_0=R_2 (I_s-V_R/R_1)$$

$$\text{Allora } \Delta V_0 / \Delta T = R_2 \cdot I_s / \Delta T = R_2 K$$

Volendo avere, ad esempio 10 V a 100 °C occorre che sia:

$$\Delta V_0 / \Delta T = 10/100 = 0.1 \text{ volt}/^\circ\text{C}.$$

$$\text{Segue } R_2 = 0.1 / 10^{-6} = 100 \text{ K } \Omega$$

La tensione V_R deve essere rigorosamente stabilizzata.