

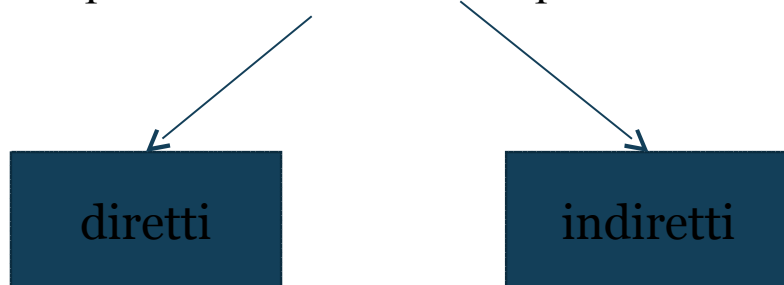
SENSORI E TRASDUTTORI



Viene definito sensore uno strumento, o una parte di un sistema di misura, in grado di rilevare il valore di una certa grandezza.

Risulta essere, quindi, l'elemento del sistema il cui comportamento è influenzato dalla variazione della grandezza da misurare.

Il trasduttore e' un dispositivo in grado di trasformare (**trasdurre**) le variazioni di una grandezza fisica non elettrica in una corrispondenti variazioni di una grandezza elettrica. Viene definito trasduttore, proprio in quanto rileva un segnale di un certo tipo e ne trasmette in output uno di un altro tipo.



diretti

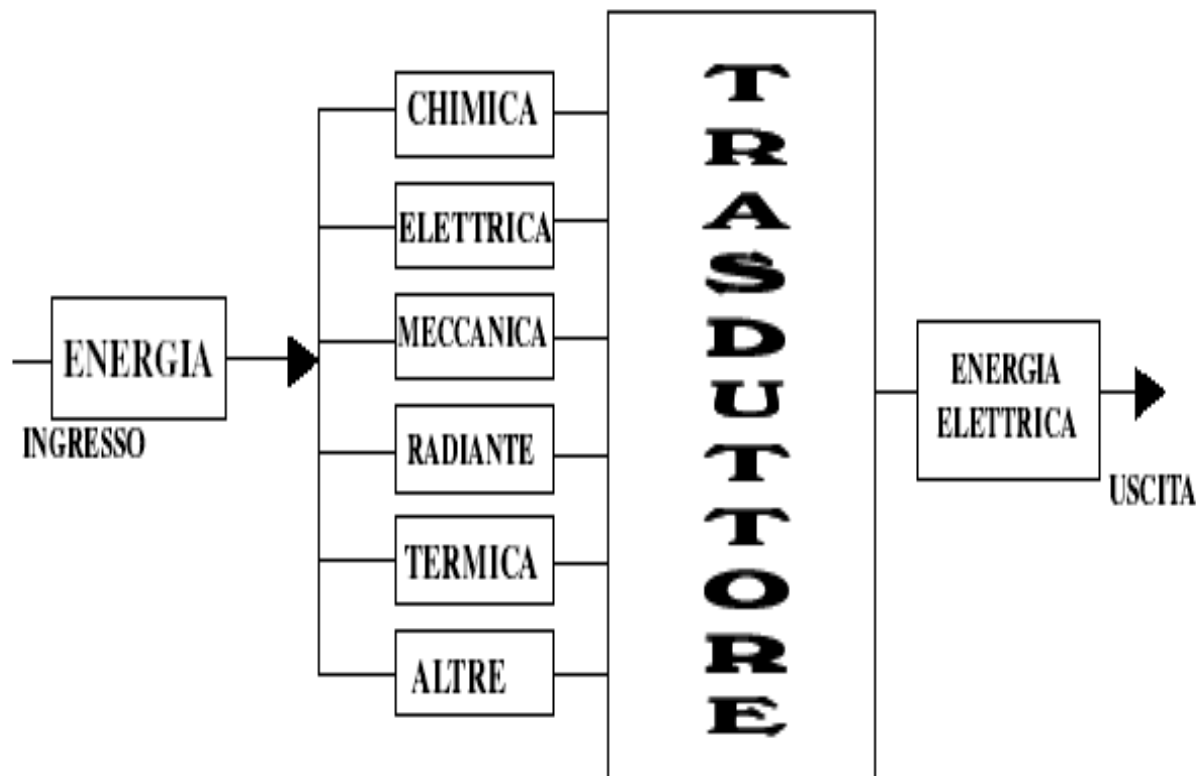
si definiscono trasduttori diretti quelli in grado di emettere un segnale direttamente dipendente dalla variazione della grandezza in esame e

indiretti

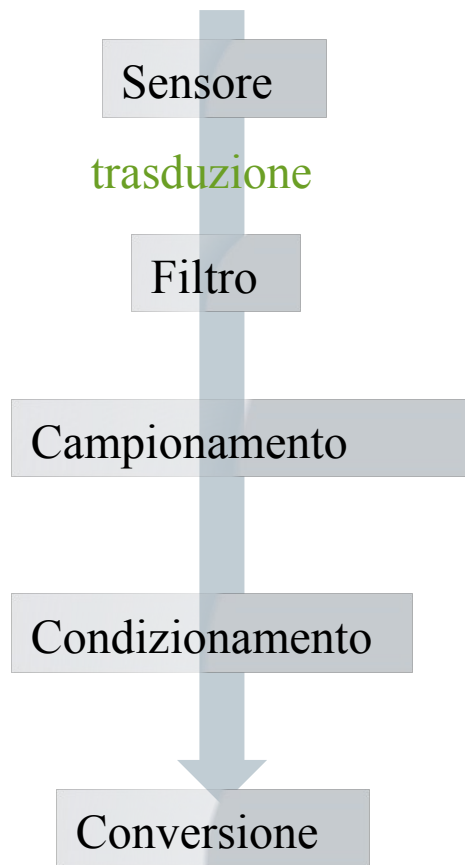
Misurano l'effetto provocato dalla variazione della grandezza in esame su un componente del sistema di misura; i trasduttori derivati misurano una grandezza proporzionale a quella direttamente interessata.

I trasduttori vengono collegati con sistemi elettrici per fornire **segnali elettrici** indicativi dello stato del fenomeno percepito. Essi, quindi, consentono di misurare e controllare, per mezzo di apparecchiature elettroniche, le variazioni subite da grandezze fisiche di natura diversa quali, ad esempio, la velocità, la temperatura, la pressione...

SCHEMA A BLOCCHI DI UN TRASDUTTORE

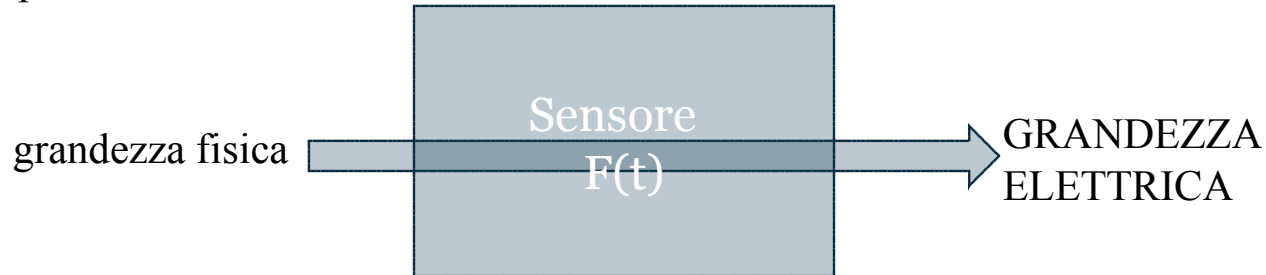


IL TRASDUTTORE NELLA CATENA DI ACQUISIZIONE DATI .



SENSORE:

Il sensore o trasduttore è il primo elemento della catena di acquisizione dati.



l'intervallo della linearità, deve essere così grande da consentire una buona funzione di trasferimento;

la sensibilità: esprime il rapporto fra la variazione di grandezza di ingresso e la variazione di quella di uscita;

l'errore di misura, rappresenta l'errore tra la grandezza reale e quella misurata;

le caratteristiche dinamiche che rappresentano il comportamento del sensore se l'ingresso compie brusche variazioni;

il tipo di segnale di uscita desiderato; in base ad esso si può scegliere di utilizzare un sensore resistivo invece di uno di tensione, oppure un sensore ad uscita analogica al posto di una digitale.

FILTRI:

In un filtro posizionato dopo il sensore permette un campionamento migliore

CAMPIONAMENTO:

Il circuito di campionamento permette alla parte di circuito interessata di avere il tempo sufficiente per convertire il segnale campionato.

L'importanza di questo circuito è molto grande perché permette molto semplicemente il dimensionamento del tempo di campionamento per migliorare la conversione.

CONDIZIONAMENTO

Questa parte della catena può essere composta da più parti, che non sono sempre presenti. Queste circuiti aggiuntivi possono essere:

amplificatore

sommatore di offset positivo o negativo ecc....

CONVERSIONE :

La conversione è la parte della catena di acquisizione dati in cui il **DATO ANALOGICO VIENE CONVERTITO IN DATO DIGITALE CORRISPONDENTE**. Questa conversione è eseguita dal ADC (Convertitore Analogico-Digitale), il quale ha in ingresso il dato analogico che è già passato attraverso le fasi precedenti mentre in uscita ha il dato digitale su N bit con un errore di un LSB in più o in meno. LSB è il bit meno significativo mentre MSB è il bit più significativo. Quindi si può notare come la precisione è dovuta dal numero di bit e dalla massima ampiezza del segnale di ingresso, infatti più valori di uscita ci sono in un arco di valori più il campionamento sarà preciso.

Si dicono attivi quando generano una tensione o una corrente in seguito all'applicazione ad essi di una grandezza fisica. Questo tipo di trasduttore, dunque, non necessita di alcuna alimentazione. Per essi, però, esiste un grosso vincolo: la forma del segnale in uscita, e la quantità di energia emessa, è limitata dalla quantità di energia disponibile nel fenomeno trasdotto e dalla efficienza della conversione



Esempi di trasduttore attivo:

Termocoppie

Sensori piezoelettrici

Trasduttori Passivi

Un trasduttore passivo e' un dispositivo dotato di un ingresso fisico, di un segnale elettrico in uscita e di un ingresso elettrico di eccitazione (un'alimentazione). La loro efficienza puo' essere migliorata combinando diversi metalli e le caratteristiche d'uscita sono "garantite" dall'alimentazione. Inoltre, la loro struttura e' semplice, la loro affidabilità elevata e la loro sensibilità puo' essere regolata, variata, utilizzando serie di giunzioni metalliche. L'unico svantaggio e' dovuto all'elevato costo di realizzazione di questi circuiti.



Esempi di trasduttori passivi:

- sensori potenziometrici, capacitivi
- estensimetri elettrici a filo,
- termometri a resistenza, ...

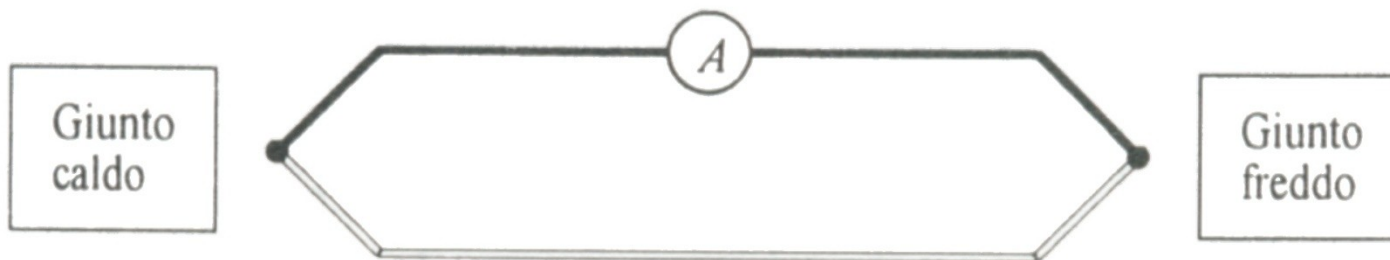
MISURE DI TEMPERATURA

TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Esistono tre tipi fondamentali di trasduttori di temperatura che si distinguono per il principio di funzionamento e per i materiali utilizzati nella loro costruzione:

- 1.le termocoppie,
- 2.i termistori ,
- 3.resistori RTD.

Il principio di funzionamento di una termocoppia è basato principalmente 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 (giunti) sono mantenute a temperatura diverse.



Se si apre una saldatura della termocoppia e si collega un voltmetro ad alta impedenza agli estremi liberi, la forza elettromotrice misurata è: $V = \alpha \cdot (T_C - T_F)$



Il segnale che si ottiene da una termocoppia è di **pochi millivolt** anche per escursioni abbastanza ampie di temperatura quindi, deve essere opportunamente amplificato.

esistono svariate coppie di materiali tra le più utilizzate troviamo:

- **rame-costantana, con un campo di utilizzazione tra -200 e 350 °C;**
- **ferro-costantana, per temperature comprese tra -200 e 750 °C;**
- **lega platino rodio-platino, per valori da misurare tra 0 e 1450 °C.**

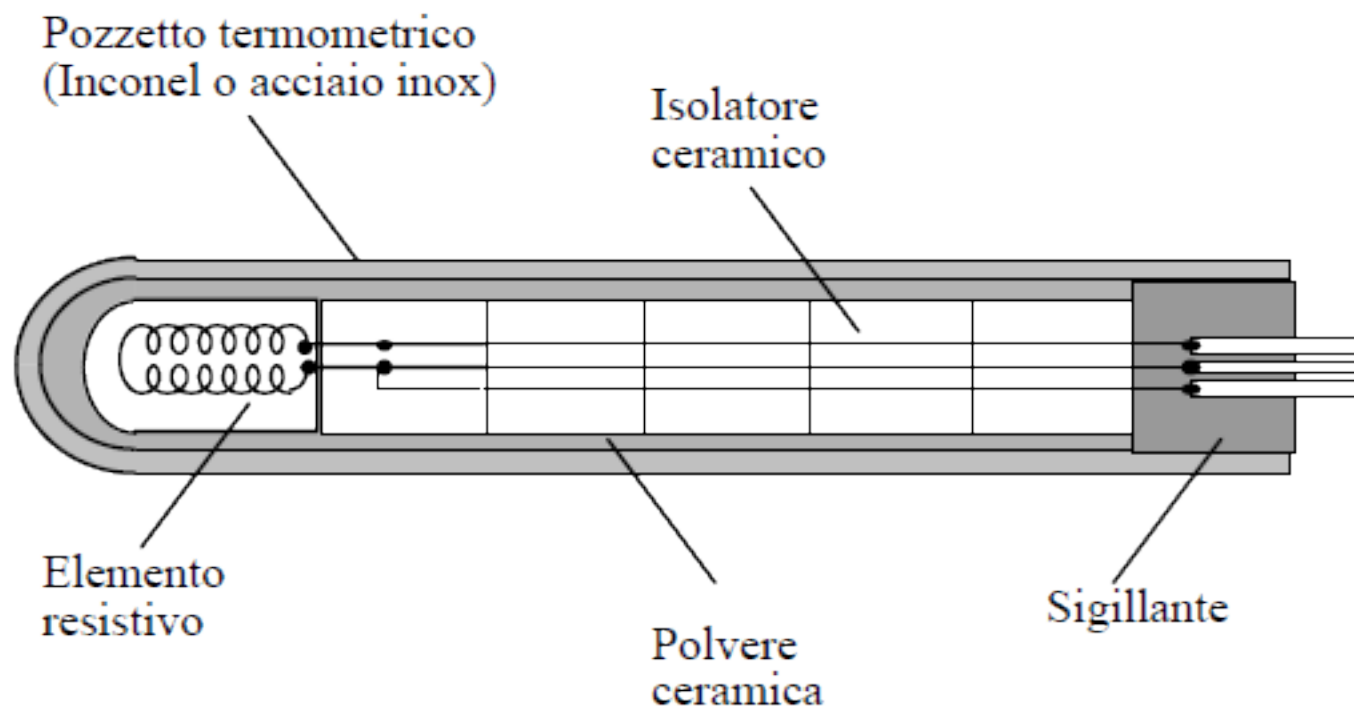
TERMOMETRI A RESISTENZA

Il principio di misura comune è quello a tutti ben noto della variazione della resistenza elettrica di un materiale al variare della temperatura.

La differenza tra *termometro a resistenza* e *termistore* è praticamente legata al tipo di materiale costituente l'elemento sensibile: un materiale metallico (platino, rame, nichel, ecc.) nel primo caso ed un semiconduttore (ossidi metallici) nel secondo.

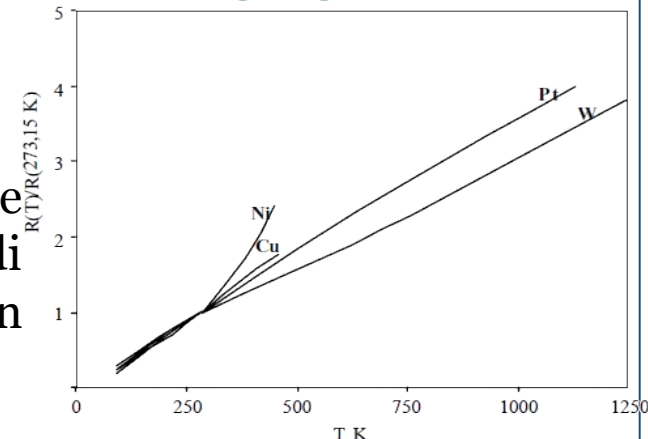
TERMOMETRI A RESISTENZA

Il termometro a resistenza é generalmente costituito da un elemento metallico filiforme avvolto o poggiato su di un supporto isolante (framework), il tutto contenuto in una guaina di protezione dell'elemento sensibile .



TERMOMETRI A RESISTENZA

La scelta del metallo è essenzialmente legata, oltre che alla lavorabilità in fili sottili, alla caratteristica di presentare una legge $R=R(T)$ lineare almeno in un certo intervallo di temperatura.



La legge caratteristica dei termometri a resistenza é del tipo $R=R_0(1+\alpha T)$

- dove R rappresenta la resistenza elettrica alla generica temperatura T,
- R_0 la resistenza elettrica alla temperatura di 0°C ,
- α il coefficiente di temperatura definito dalla relazione

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = \frac{1}{100^\circ\text{C}} \frac{R_{100} - R_0}{R_0}$$

Tale coefficiente, per i metalli normalmente adoperati negli RTD risulta pressoché costante al variare della temperatura, e questo avviene in special modo per il platino in un ampio intervallo.

TERMOMETRI A RESISTENZA

In applicazioni industriali, il termometro a resistenza di platino, nel campo $-220 \div 700^{\circ}\text{C}$, è quello che da maggiore affidabilità.

In particolare è possibile raggiungere un'elevata affidabilità:

$\pm 0,02$ (nel campo $-50^{\circ}\text{C} \div +150^{\circ}\text{C}$)

$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (nel campo $-200^{\circ}\text{C} \div +500^{\circ}\text{C}$)

Per la misura della temperatura, è necessario che il trasduttore sia percorso da una corrente di intensità costante in modo da poter rilevare la differenza di potenziale ai suoi capi. In questo caso la tensione che si ottiene è **direttamente proporzionale alla temperatura dell'ambiente che circonda la parte sensibile del trasduttore**

Materiali
semiconduttori

ossidi di nichel, di
cromo, di manganese,
di ferro, di bario o di
cobalto

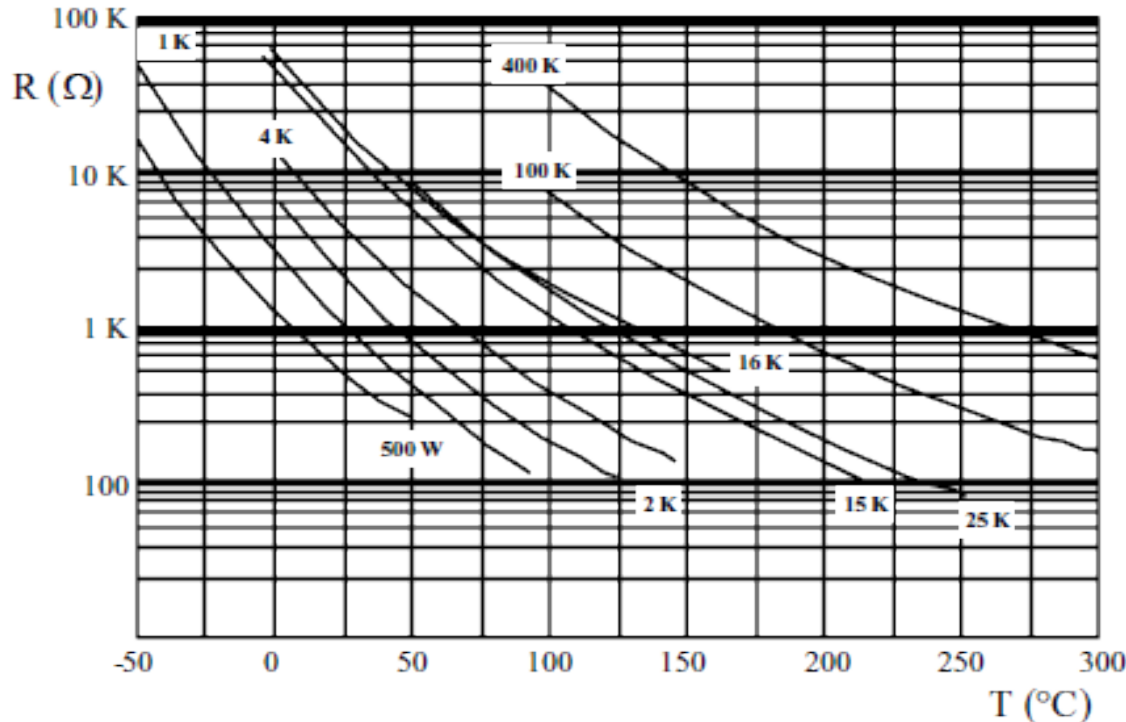
Hanno la caratteristica di cambiare sensibilmente il valore della loro **resistenza** elettrica in funzione della temperatura.

Il campo tipico di utilizzazione di questi trasduttori è normalmente compreso tra 25 e 150 °C.

Per poter misurare la temperatura a cui sono sottoposti è **necessario che siano percorsi da una corrente di intensità costante**, per cui, misurando la differenza di potenziale ai capi del termistore, si può risalire alla temperatura di utilizzazione.

Termistori

La legge che lega la variazione di temperatura alla variazione di resistenza è, però, di tipo esponenziale, quindi si rende necessaria una **taratura dello strumento, in modo da associare con precisione ad ogni valore della tensione rilevata il corrispondente valore di temperatura a cui il trasduttore è sottoposto.**



$$R = a e^{b/T}$$

dove a e b sono due costanti che dipendono dal materiale semiconduttore scelto

I vantaggi dei termistori possono essere così riassunti:

- basso costo unitario;
- piccole dimensioni;
- piccoli tempi di risposta;
- segnale molto elevato.

Per contro gli svantaggi risultano:

- campo di temperatura limitato (0-300°C);
- curva caratteristica non lineare;
- possibile deriva;
- valore di misura da correggere per **autoriscaldamento**.

Un altro problema riscontrabile in questo tipo di trasduttori è la variazione del valore della resistenza per **invecchiamento del materiale; diventa così indispensabile eseguire delle ritarature periodiche per mantenere la necessaria precisione della misura.**

I settori di applicazione in cui i termistori hanno maggiori probabilità di successo sono:

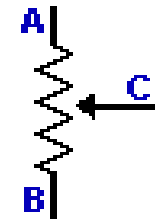
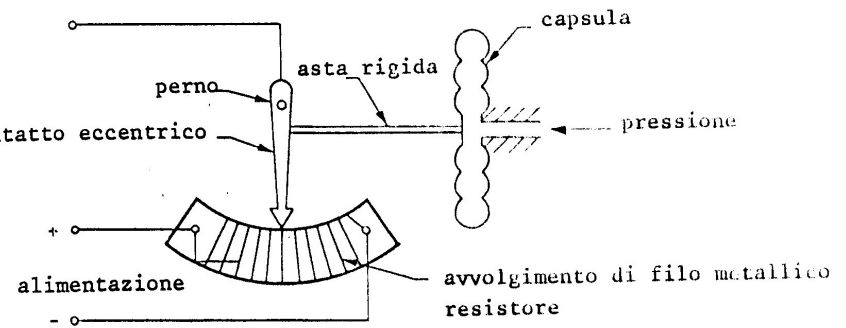
- regolazione degli impianti di condizionamento (caratterizzati dalla necessità di rilevare e regolare piccole escursioni della temperatura)
- tutte le applicazioni in cui prevale l'esigenza di ottenere una elevata sensibilità piuttosto che una elevata precisione di misura.
- del basso costo (termoresistenze o termocoppie costano almeno dieci volte di più come sensori ed altrettanto come alimentatori e rilevatori)

Misure di pressione

I sensori potenziometrici sono generalmente utilizzati per ottenere un uscita elettrica da elementi elastici utilizzati nei manometri meccanici (capsule, soffietti o tubi bourdon).

I sensori potenziometrici (POTENZIOMETRI) sono dei sistemi fisici di controllo in grado di inserire una resistenza variabile in un circuito elettrico

Basati solitamente su un sistema meccanico rotativo (POTENZIOMETRI a contatto eccentrico manopola) oppure scorrevole (POTENZIOMETRI a slitta, detti anche slider) i POTENZIOMETRI forniscono tra i loro terminali (A,B) una resistenza elettrica il cui valore e' determinato dalla posizione della manopola o slitta (C) .



I principali vantaggi sono:

- basso costo
- uscita elettrica

I principali limiti sono:

- scarsa affidabilità

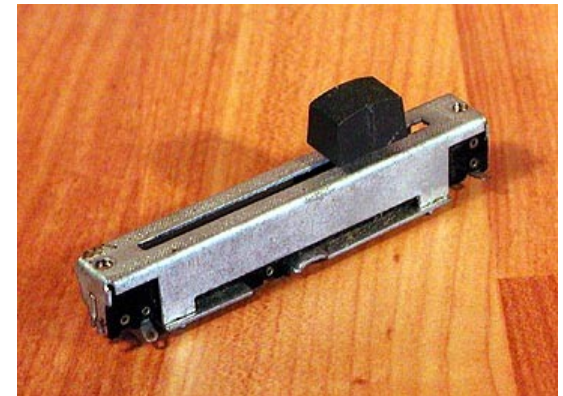
Le più diffuse tecnologie sono:

- avvolgimento di filo metallico
- deposito in film spesso

Il principio di misura si basa sulla variazione della resistenza elettrica del circuito impegnato dal contatto strisciante

I principali campi di utilizzo sono:

- pressione relativa
- mezzo liquido e gassoso
- petrolifero

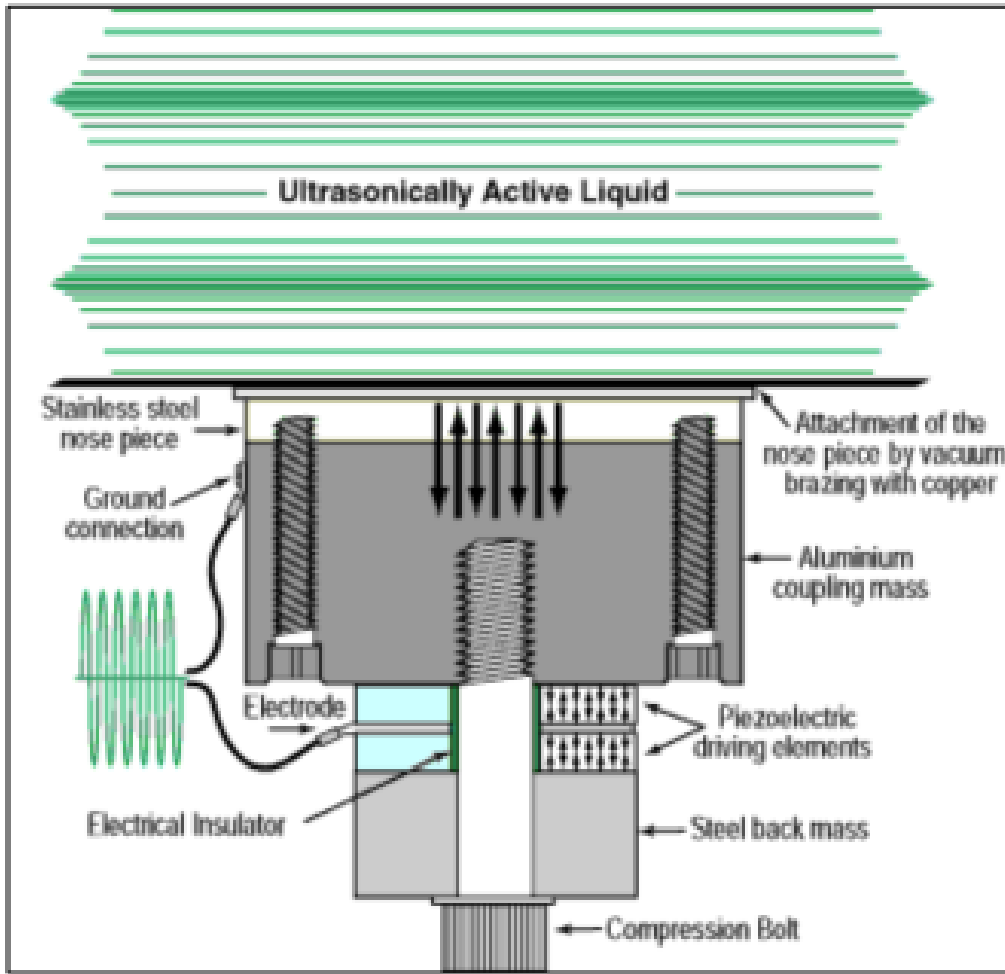


Ciascun **POTENZIOMETRO** e' identificato dalla sua forma e dimensione , dal suo valore resistivo, misurato in Ohm.

un potenziometro può essere lineare oppure logaritmico a seconda che la variazione della resistenza segua linearmente oppure esponenzialmente il movimento della manopola o cursore.



I trasduttori piezoelétrici convertono l'energia elettrica alternata direttamente in energia meccanica attraverso l'effetto piezoelétrico, mediante il quale un materiale può variare le proprie dimensioni qualora venga sottoposto ad un campo elettrico.



L'energia elettrica alla frequenza ultrasonica, proveniente dal generatore, viene applicata ad uno o più elementi piezoelétrici presenti nel trasduttore che vengono messi in vibrazione. Queste vibrazioni vengono amplificate attraverso dei dispositivi di risonanza e dirette nel liquido (lega brasante) mediante un piatto di irraggiamento. I primi trasduttori di questo tipo utilizzavano come materiali piezoelétrici cristalli di quarzo o titanato di bario che sono però fragili e instabili. Gli attuali materiali impiegati sono soprattutto ceramici avanzati e altamente stabili.

I sensori piezoelétrici sono principalmente utilizzati per misure di pressione dinamiche.

I principali vantaggi sono:

- ottima risposta in frequenza
- discreta accuratezza

I principali limiti sono:

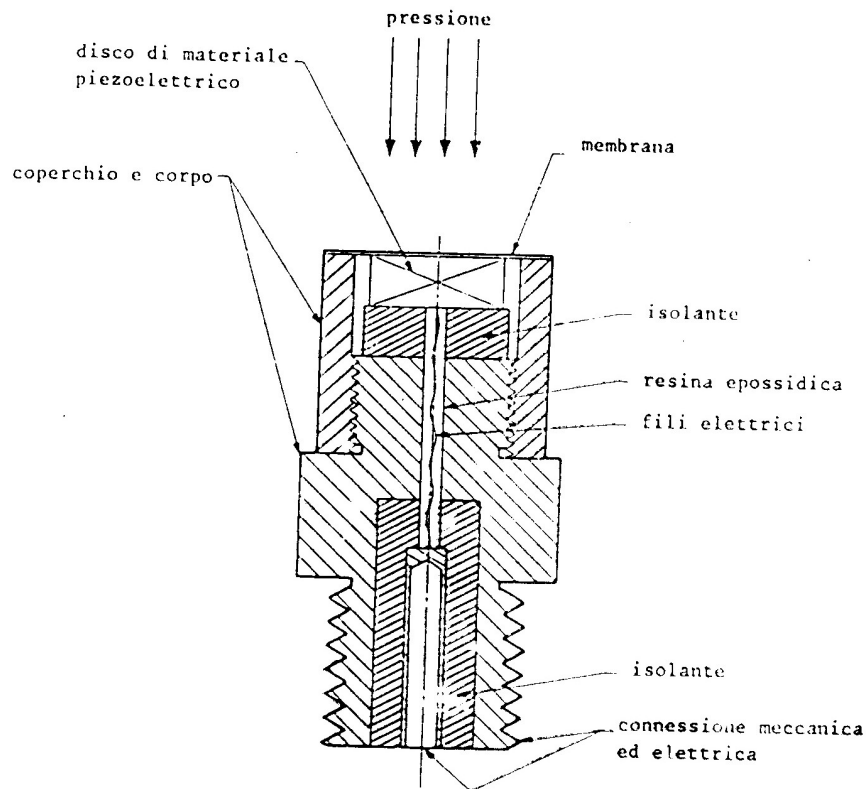
- elevato costo
- elevata impedenza in uscita

Le piú diffuse tecnologie sono:

- cristallo in quarzo
- ceramica piezoelétrica

I principali campi di utilizzo sono:

- mezzo liquido e gassoso
- acustica
- campo balistico
- prove motori



a) trasduttore di pressione piezoelétrico con precarico

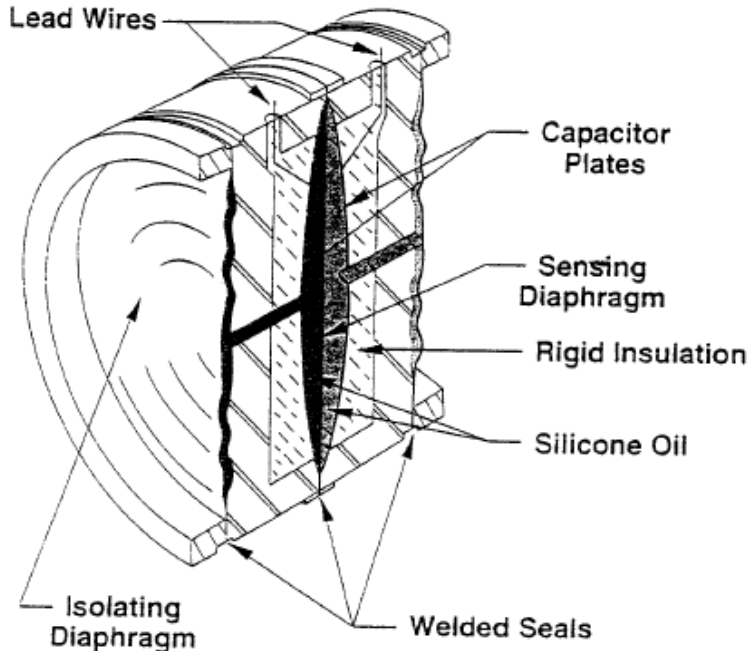
I sensori capacitivi sfruttano la variazione della capacità parassita che si crea tra sensore ed oggetto da rilevare. Quando l'oggetto da rilevare e la faccia sensibile del sensore si trovano ad una certa distanza, un circuito elettronico interno al sensore entra in oscillazione.

L'insorgere o il cessare di tale oscillazione sono riconosciuti da un rilevatore di soglia che comanda un amplificatore destinato all'azionamento di un carico esterno.



Un sensore capacitivo può rilevare oggetti metallici e non metallici (legno, plastica, liquidi e così via). La distanza d'intervento può essere regolata in modo da adattare il sensore alla specifica applicazione.

I sensori capacitivi sono costituiti da un condensatore la cui capacità varia sotto l'azione della grandezza in misura.



I principali vantaggi sono:

- elevata sensibilità e precisione anche a basse pressioni
- ridotta isteresi
- buona risposta in frequenza
- elevata linearità

I principali limiti sono:

- elevato costo
- lieve dipendenza dalla temperatura e dalle proprietà dielettriche del fluido di misura

Le più diffuse tecnologie sono:

- singolo statore
- doppio statore

Il principio di misura si basa sulla variazione della capacità causata dalla deflessione di una delle due armature.

I principali campi di utilizzo sono:

- pressione assoluta, relativa e differenziale
- mezzo liquido e gassoso
- industriale, laboratorio, biomedico, aerospaziale



Misure di portata

Tubo di Venturi

Con questo tipo di strumento la misura della velocità del fluido viene effettuata sfruttando il **principio di Bernoulli**. **Si prende in considerazione cioè il fatto che, in assenza di perdite, ad una variazione della velocità del fluido corrisponde una variazione in senso opposto della pressione, come si vede dalla formula:**

$$p_1/\gamma + v_1^2/2g = p_2/\gamma + v_2^2/2g$$

Trasduttori Analogico

Corso di Sistemi ed automazione industriale, SENSORI E TRASDUTTORI

Per trasduttore analogico si intende qualsiasi dispositivo di trasduzione che presenti un segnale di uscita che puo' assumere più di due valori (livelli). Esempio: .se il segnale d'uscita di un dispositivo puo' assumere tre diversi livelli di tensione allora questo dispositivo si dice analogico.



Trasduttori Digitali

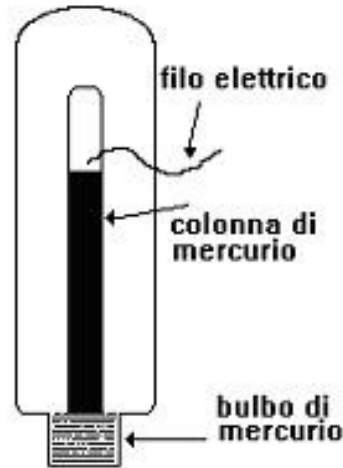
Per trasduttore digitale si intende qualsiasi dispositivo di trasduzione che presenti un segnale di uscita che puo' assumere solo due valori (livelli). Esempio: .se il segnale di uscita di un dispositivo puo' assumere solo due livelli di tensione allora questo dispositivo si dice digitale.



Alcune soluzioni pratiche

Corso di Sistemi ed automazione industriale, SENSORI E TRASDUTTORI

L'interruttore termico bimetallico e', probabilmente, il trasduttore elettrico più semplice. Questo tipo di dispositivo utilizza una coppia di metalli con differente coefficiente di dilatazione per ottenere od interrompere un contatto elettrico.



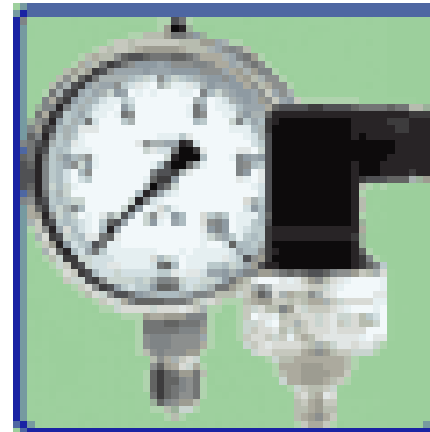
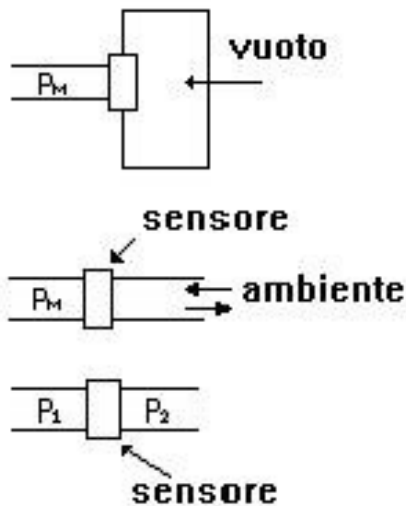
Il termometro a mercurio con segnale elettrico di uscita e' solitamente considerato come un interruttore termico bimetallico. Il suo tempo di risposta varia tra uno e cinque secondi e la sua accuratezza (sensibilità) e' di 0.05°C . A causa della singolare struttura fisica il segnale di uscita e' molto debole ed e' dell'ordine di alcuni mA. Per questo motivo, solitamente, all'uscita di questo trasduttore vengono messi dispositivi amplificatori quali transistor o comparatori.

Gli RTD (resistance temperature detector - sensori di temperatura a resistenza variabile) possono lavorare a temperature variabili tra i -250°C e i $+850^{\circ}\text{C}$ con una accuratezza di 0.001°C . Il "range di funzionamento", comunque, dipende fortemente dal tipo di metallo utilizzato per la trasduzione. La variazione della resistenza, nella maggior parte dei casi, e' di $+0.4\%$ per grado centigrado. .

I termistori (resistenze termicamente sensibili), solitamente, lavorano a temperature tra i -100°C e i $+450^{\circ}\text{C}$. Alcuni, comunque, possono essere utilizzati anche a temperature superiori ai $+1000^{\circ}\text{C}$. La variazione media della resistenza e' di -4.5% per grado centigrado. Questo genere di trasduttori e' caratterizzato da una alta sensibilità, da un basso costo, da un andamento esponenziale, da una elevata velocità di risposta e da una scarsa linearità. Nonostante cioè, grazie alle più recenti tecnologie si e' riusciti a migliorare notevolmente il grado di linearità.

Trasduttori di temperatura

La temperatura è, probabilmente, uno dei parametri fisici che meglio indica lo stato di un sistema. Infatti, e' noto che la relazione tra processi chimici o fisici e variazione di temperatura e' molto stretta. In questo modo, dunque, conoscendo il legame tra temperatura e grandezza da rilevare risulta molto semplice ottenere una misura della grandezza interessata. Sono dispositivi in grado di trasformare la variazione di temperatura in tensione o corrente o altro. E' costituito da una lamina bimetallica flessibile. Quando le lamine sono sottoposte a variazione di temperatura si allungano in maniera differente, avendo un coefficiente di dilatazione diverso. Poiché queste sono tra loro vincolate danno luogo ad una flessione. Tale flessione determina lo scatto dell'interruttore quando la temperatura raggiunge il valore desiderato.



P_M = pressione da misurare

Tra gli elementi elettrici più utilizzati per la misurazione di forze vi sono: .resistenze strain gage; .semiconduttori strain gage; .trasduttori piezoelettrici. Il principio su cui si basano tutti questi tipi di trasduttori e' molto semplice e sfrutta il principio che la resistenza offerta da un materiale all'attraversamento della corrente elettrica e' direttamente proporzionale al quadrato della sua lunghezza. Dunque, e' facile comprendere che applicando un carico variabile ad un capo del trasduttore si puo' far variare la sua lunghezza.

Trasduttori di pressione

Esistono una grande varietà di trasduttori di pressione per quanto riguarda sia i gas sia i liquidi. tra i più comuni vi sono: diaframmi, capsule, mantici, tubi a manometri, tubi Bourdon ... Essi rilevano la variazione di altre variabili fisiche quali l'allungamento o lo spostamento provocati da una certa pressione. L'uscita di questi dispositivi viene, poi, accoppiata ad appropriati sistemi elettrici così da ottenere segnali elettrici elaborabili. Per quanto riguarda i tipi di misurazioni effettuate si possono distinguere tre categorie differenti: - misuratori di pressione assoluta, ovvero riferita allo zero (vuoto); - misuratori di pressione relativa, ovvero riferita alla pressione atmosferica; - misuratori di differenze di pressione, ovvero misurano la differenza tra due diverse pressioni.



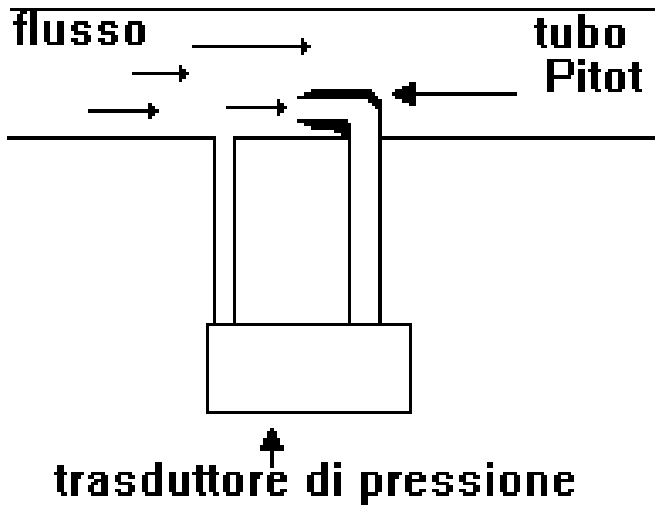
Trasduttore di pressione Piezoelettrici

I trasduttori di pressione piezoelettrici vengono utilizzati per misurazioni ad alta frequenza. Infatti, sono spesso utilizzati per la conversione di segnali sonori (microfono piezoelettrico).

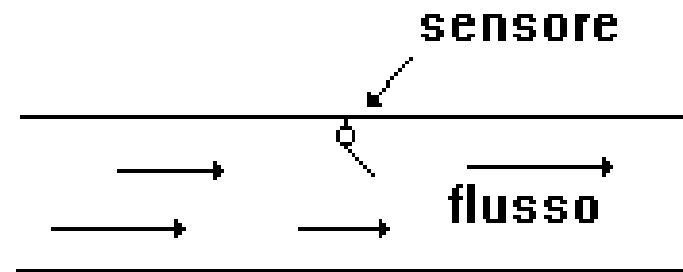
Trasduttori di flusso

Innanzitutto si deve definire cosa si intende per misurazione di flusso. Un flusso, difatti, e' descritto da massa, volume, turbolenza, intensità, velocità'... SI comprende, dunque, che non e' possibile dare una definizione univoca. Ogni volta, prima di decidere quale genere di trasduttore utilizzare, si dovrà definire chiaramente il parametro da misurare così da poter effettuare la scelta migliore. La maggior parte dei trasduttori di flusso non sono altro che particolari applicazioni dei trasduttori di pressione. Tra di essi, i più comuni sono: . i tubi Pitot; . i cantilever; . i hinged(a cardine). Tutti e tre questi tipi sono basati su misuratori di pressione adattati mediante semplici modifiche.

Tubi Pitot



Hinged



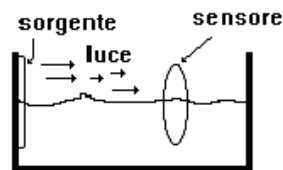
Un nome pi appropriato per questo tipo di trasduttori e' "trasduttori di volume". Il tipo pi comuni e' quello presente nel serbatoio di ogni automobile. Alcuni tipi di trasduttori utilizzano il liquido stesso come reostato e vengono utilizzati per misurare la conduttanza tra due aste immerse nel liquido. Un altro metodo e' quello di effettuare un rilevamento ottico. La presenza di liquido, ad esempio, impedisce alla luce di passare. In questo modo si puo' valutare molto precisamente il livello di liquido. L'unico inconveniente e' dovuto al fatto che anche una minima pendenza del serbatoio del liquido puo' sfalsare l'intera misurazione. Diversamente, si puo' realizzare un trasduttore di livello usandone uno di pressione che rileva la differenza di pressione tra due zone opposte del contenitore, il fondo e la copertura superiore. un'ulteriore possibilit e' quella di misurare il livello di liquido indirettamente ovvero pesando il contenitore e deducendo da esso la quantit di liquido contenuto. Infine, un ultimo metodo e' quello acustico. In questo caso si misura il tempo che un certo eco impiega a rimbalzare sulla superficie del liquido ed a tornare verso il punto in cui e' stato generato.



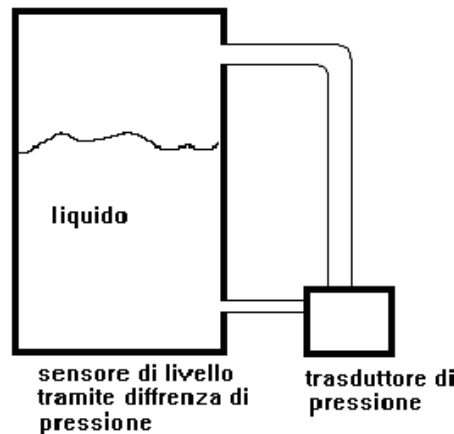
sensore di livello
tramite conduttanza



sensore discreto di
livello



sensore ottico di
livello

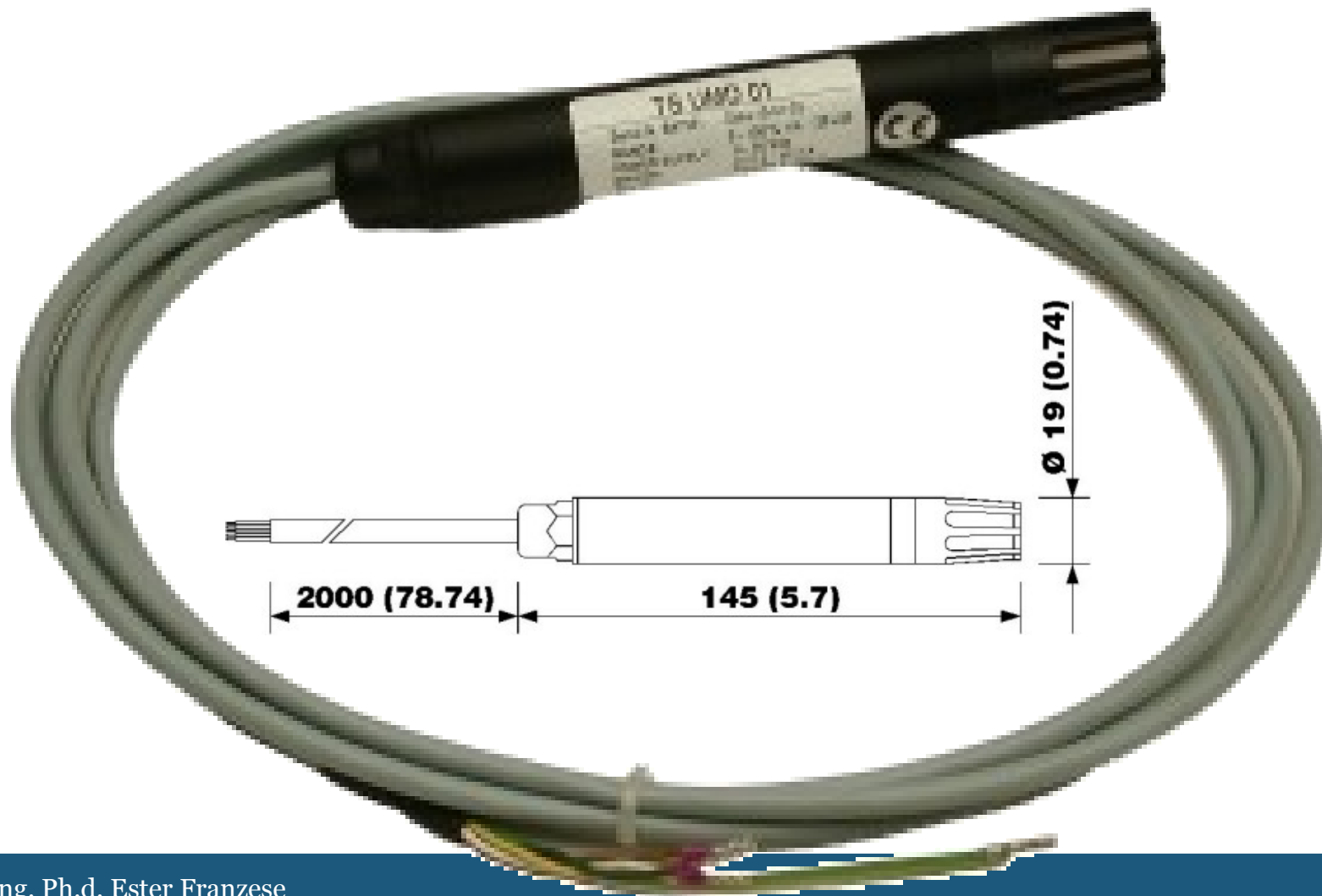


sensore di livello
tramite differenza di
pressione

trasduttore di
pressione



I trasduttori di umidità sono dei particolari trasduttori in grado di rilevare la variazione dell'umidità. Sono costituiti da una pellicola di plastica su cui sono applicate delle lamine d'oro. A seconda dell'umidità, dunque, la plastica si dilata, in modo da rendere possibile il riconoscimento della variazione attraverso la variazione della resistenza offerta dall'insieme delle lamine d'oro. L'unica sostanza che può danneggiare questo tipo di sensore, è il vapore di acetone.



I trasduttori meccanici trasducono la variazione di una grandezza fisica in ingresso, in una variazione di una grandezza meccanica in uscita. Essa può ' essere uno spostamento se il trasduttore e' del tipo libero oppure una forza se e' del tipo vincolato. Per quanto riguarda le applicazioni, i tipi maggiormente diffusi sono:

- *deformazione meccanica.*
- *deformazione elastica;*
- *dilatazione termica.*

Trasduttori Pneumatici

Questi trasduttori svolgono la funzione inversa di quelli meccanici. Essi, difatti, convertono uno spostamento in una variazione di pressione proporzionale. La realizzazione più comune e' quella del tegolo-ugello che offre ottime prestazioni ed una grande varietà di applicazioni. L'unico inconveniente e' che l'uscita di questo tipo di trasduttori e', solitamente, un segnale di bassa potenza.



Per quanto riguarda questo tipo di trasduttori bisogna effettuare una distinzione iniziale che individua quattro diverse categorie differenti sia per campi applicativi sia per tecnologie costruttive:

trasduttori convenzionali:

- *resistori;*
- *capacità;*
- *induttanze.*
- *sensori a film spesso;*
- *sensori a film sottile;*
- *sensori a semiconduttore.*

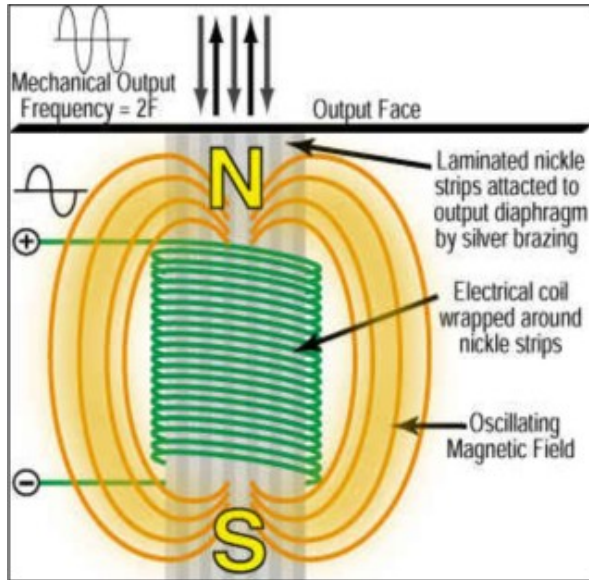


Altri tipi di trasduttori elettrici sono:

magnetici; .piezoresistivi; .piezoelettrici; .pirooelettrici; .termolettrici; .chemielettrici; fotoelettrici.

Trasduttori magnetostrittivi

I trasduttori magnetostrittivi utilizzano il principio della magnetostrizione, attraverso la quale alcuni materiali sono in grado di espandersi o contrarsi quando posti in un campo magnetico alternato.



L'energia elettrica alternata, proveniente dal generatore ultrasonico, viene prima convertita in un campo magnetico alternato attraverso l'uso di una bobina. Il campo magnetico alternato viene poi impiegato per indurre vibrazioni meccaniche, alla frequenza ultrasonica, su strisce risonanti di nickel o di altro materiale magnetostrittivo, che sono collegate alla superficie che deve essere posta in vibrazione (il segnale all'uscita dal trasduttore presenta una frequenza che è il doppio della frequenza di entrata). A causa di vincoli meccanici inerenti alle dimensioni dell'hardware del sistema e di complicazioni elettriche e magnetiche, i trasduttori magnetostrittivi ad alta potenza raramente operano a frequenze superiori a 20 kilohertz (i trasduttori piezoelettrici possono facilmente operare anche nel range dei megahertz).

I trasduttori magnetostrittivi sono meno efficienti di quelli piezoelettrici in quanto i primi richiedono una conversione in due fasi: la prima permette la conversione dell'energia elettrica in magnetica, la seconda da energia magnetica in meccanica. Si devono poi considerare gli effetti legati all'isteresi magnetica che provocano un'ulteriore perdita di rendimento.

*Per ottenere una radiazione elettromagnetica sufficiente eccitare termicamente, o mediante diretta somministrazione di energia elettromagnetica, alcune particolari sorgenti. In questo modo, si provoca l'aumento del movimento delle cariche elettriche a livello atomico. Questo, di conseguenza, implica transizioni energetiche a livello atomico, ovvero l'emissione, tra le altre cose, di radiazioni elettromagnetiche. Sfruttando questo principio e' possibile ottenere radiazioni di lunghezza d'onda determinata, ad esempio, dalla temperatura di eccitazione; difatti, secondo la legge di Wien: $\text{lunghezza d'onda} = 2897.9 / \text{Temperatura assoluta}$. Inoltre, se si considera la legge di Lambert: $\text{Intensita' raggio emergente} = \text{Intensita' raggio incidente} * \text{esponenziale di } (- \text{coefficiente di assorbimento del mezzo, spessore del mezzo})$ che lega l'intensita' del raggio emesso al tipo di mezzo attraversato dal raggio incidenti.*

Caratteristica di funzionamento

I sensori ed i trasduttori ottici lavorano nel campo della radiazione elettromagnetica secondo lo schema riportato di seguito. Nonostante la banda delle radiazioni visibili sia piuttosto limitata, in essa lavorano la maggior parte dei trasduttori di questo tipo. Ultimamente, pero', si stanno diffondendo dispositivi che lavorano nell'infrarosso e nell'ultravioletto. (Policromatitci, monocromatici, nucleari)



