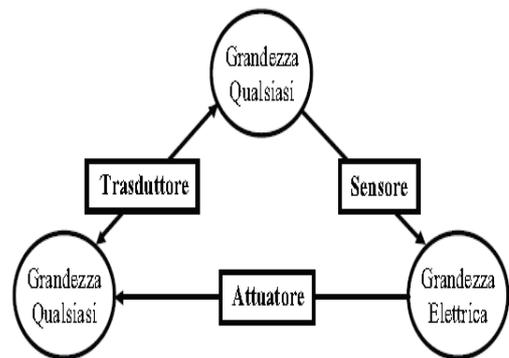


## I TRASDUTTORI

Un **trasduttore** e' un dispositivo in grado di trasformare le variazioni di una grandezza qualsiasi in corrispondenti variazioni di un'altra grandezza.

Si definisce **sensore**, un trasduttore (dispositivo) in grado di misurare una grandezza fisica non elettrica (temperatura, luce, forza etc.) convertendola in una grandezza di tipo elettrico (tensione, corrente, resistenza etc.).

Si definisce **attuatore**, un trasduttore (dispositivo) in grado di convertire una grandezza elettrica (tensione, corrente) in una grandezza fisica (temperatura, luce, forza etc.).



In un sistema di acquisizione abbastanza complesso sono molte le grandezze fisiche da osservare, ciascuna necessità di un adeguato trasduttore.

Grandezze misurabili	Trasduttori	Grandezze di uscita
Temperatura	Termocoppie Resistenze al platino(RTD), termistori (PTC, NTC) Trasduttori a semiconduttore	Tensione Variazione di resistenza Corrente ( tensione)
Forza- Pressione	Potenzimetri, estensimetri (strain gauge) Trasduttori capacitivi Trasduttori piezoelettrici	Variazione di resistenza Variazione di capacità Tensione
Posizione, livello, volume	Potenzimetri, estensimetri	Variazione di resistenza
Spostamento	Trasduttori capacitivi Trasformatori differenziali, Syncro Trasduttori induttivi Trasduttori ad effetto Hall Trasduttori ottici digitali (encoder incrementale) Fotodiodi, fototransistori	Variazione di capacità Tensione Variazione di induttanza Tensione Numero di impulsi Corrente(tensione)
Velocità	Dinamo tachimetrica Trasduttore ottico digitale (encoder assoluto)	Tensione Frequenza di impulsi
Intensità luminosa	Fotodiodi, fototransistori Fotoresistenze Celle fotovoltaiche	Corrente(tensione) Variazione di resistenza Tensione

Ad esempio in un sistema automobile, ci sono parecchie grandezze fisiche da controllare:

- Il livello dell'olio e dell'acqua; La temperatura dell'acqua e del motore;
- La chiusura della portiera e delle cinture di sicurezza;
- Il numero di giri del motore; La velocità del mezzo;

Alcune grandezze fisiche da controllare in un aeroplano:

- Posizione;
- Velocità;
- Sforzo sulle ali;
- Iterazione con l'aria;
- Velocità dei motori.

## CLASSIFICAZIONE

I sensori possono essere distinti in:

**Sensori attivi o primari**, che forniscono in uscita un segnale elettrico (tensione, corrente) ottenuto mediante una trasformazione di energia (per esempio, meccanica, termica o luminosa) in forma elettrica. Essi non richiedono alimentazione (ex. Termocoppia, fotoelettrici, piezoelettrici ed a effetto Hall)

**Sensori passivi o secondari**, per essere utilizzati richiedono una sorgente di alimentazione esterna, chiamata eccitazione; e non generano direttamente una tensione o corrente; infatti la grandezza fisica di ingresso produce la variazione di un parametro elettrico ( ex. Resistenza, capacità, induttanza), la cui entità controlla il segnale di uscita; esempio trasduttori regolatori (termistori, gli estensimetri e le fotoresistenze,).

## I PARAMETRI DI UN SENSORE

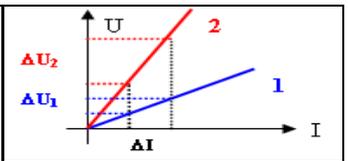
Permettono di fornire un giudizio sulla bontà di un trasduttore, solitamente sono fornite dai costruttori nei loro data sheets (dati tecnici).

**Range di impiego, campo di lavoro o portata:** E' il campo ottimale entro il quale è garantito il corretto funzionamento del trasduttore.

**Sensibilità (sensitivity):** La sensibilità S del sensore è il rapporto fra la variazione della grandezza d'uscita  $\Delta U$  e quella dell'ingresso  $\Delta I$  che l'ha determinata.

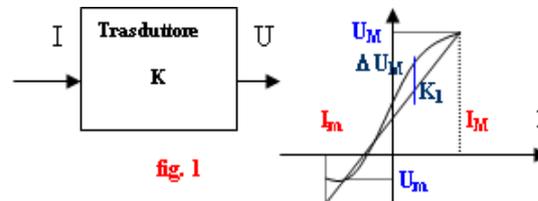
$$S = \Delta U / \Delta I$$

Nella figura, la caratteristica 2 rappresenta un sensore più sensibile rispetto al sensore della caratteristica 1. 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.



**Linearità :** La linearità (o più precisamente *errore di non linearità*) è il parametro che misura l'errore fra la retta che meglio approssima la caratteristica del trasduttore e la caratteristica reale del trasduttore stesso.

L'**errore di non linearità:** indica lo scarto massimo fra la curva di trasferimento reale e la retta che la intrappola, esprime la deviazione massima  $\Delta U_M$  tra retta e la caratteristica reale.



la curva è la caratteristica reale, la retta con pendenza  $K_1$  è quella che si approssima alla curva reale

$$\Delta U_M \% = \frac{100 \cdot \Delta U_M}{(U_M - U_m)}$$

In pratica, più l'errore di non linearità è basso, più la caratteristica ingresso-uscita del sensore è lineare, ovvero ha la forma di una retta. Se un sensore ha una linearità elevata, è piuttosto semplice ricavare il valore della grandezza misurata a partire dal valore dell'uscita. Viceversa per sensori non lineari può essere complicato ottenere tale valore, poiché la relazione che lega l'ingresso con l'uscita non è semplice.

**Accuratezza:** E' il massimo scostamento tra la misura fornita dal sensore ed il valore vero della grandezza fisica misurata. In contraddizione con il nome assegnatogli, si tratta quindi di un parametro che implica una misura migliore quanto più esso è basso (in pratica fornisce una valutazione dell'errore di misura). Viene solitamente espresso come percentuale del campo di misura.

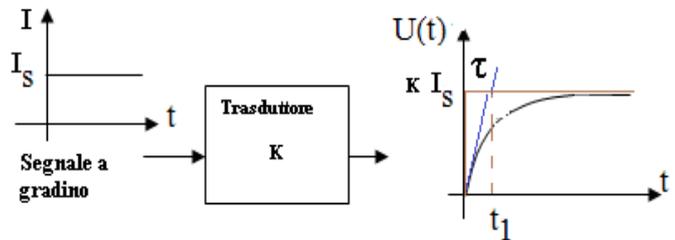
**Risoluzione:** E' la minima variazione della grandezza d'ingresso I in grado di provocare una variazione percettibile su quella d'uscita U oppure è la piccola variazione della grandezza di ingresso che può essere rilevata dal sensore. **Un buon trasduttore presenta una risoluzione molto bassa.**

**Velocità di risposta:** E' una caratteristica dinamica del sensore, rappresenta il tempo impiegato dal trasduttore ad adeguare il segnale d'uscita ad una variazione brusca della grandezza d'ingresso. Questa verifica, viene effettuata in laboratorio attraverso un segnale a gradino.

**K**: è il guadagno o costante di trasduzione, viene anche definita come la funzione di trasferimento (rapporto fra uscita e ingresso).

$\tau$ : costante di tempo (fornita dal costruttore)

In genere, il tempo di risposta per raggiungere il valore costante a regime è: 5 o 6  $\tau$ .



## SENSORI DI TEMPERATURA

### Termocoppie

Le termocoppie sono sensori attivi di temperatura, sono molto usati in particolare per il rilievo di temperature piuttosto alte (fino a 1800°C) per certo tipo e per applicazioni particolari fino a 4000°C.

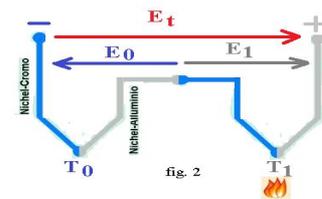
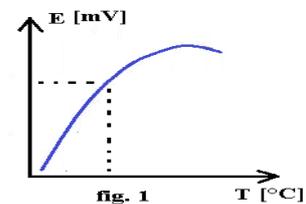
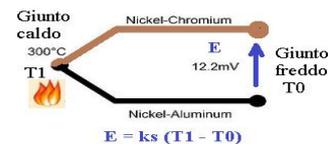
Esse sono costituite da due fili di metalli diversi, saldati insieme ad una delle estremità che costituisce il giunto caldo e l'estremità libera dei due fili è il giunto freddo. La **tensione** che si va a misurare sul giunto freddo è strettamente correlata con la differenza di temperatura tra i due giunti.

Il loro funzionamento si basa sull'effetto termoelettrico (agitazione termica degli elettroni) o effetto Seebeck (dal nome del fisico estone).

**Effetto termoelettrico**: in ciascun metallo l'agitazione termica produce uno strato superficiale negativo, il contatto tra i metalli diversi, produce lo scorrimento di elettroni da uno all'altro e quindi l'insorgenza di una tensione o (forza elettromotrice: f.e.m), essa è strettamente legata alla temperatura e, entro certi limiti presenta un andamento lineare. (Fig. 1).

Per aumentare la linearizzazione si adotta spesso la connessione differenziale.  $E_t = E_1 - E_0 = k_s \cdot (T_1 - T_0)$ , Fig. 2.  $E_0$  è a temperatura bassa  $T_0$ ,  $E_1$  è a temperatura alta  $T_1$ ,  $k_s$ : coefficiente di Seebeck il cui valore dipende dalla coppia di metalli utilizzati, misurata in [V/°C].

Le termocoppie vanno scelte in base al valore di temperatura media da misurare.



Sigla	Giunzione	Range di temperatura [°C]	Sensibilità o coefficiente di seebeck [ $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ]
T	Rame/Costantana (Cu-Con)	0 - 370	38
K	Nichel/Cromo (Ni-Cr)	-200 - 1260	40
J	Ferro/Costantana (Fe-Con)	0 - 760	50
R	Platino/Platino-Rodio	0 - 1480	10
S	(Pt/Pt-Rh 13% o 10%)		

**Termoresistenza RTD** (Resistance Temperature Detector: rivelatore di temperatura a resistenza):

È un trasduttore di temperatura molto utilizzato in applicazione industriale. Essa è costruita con materiali metallici come il platino (Pt), nichel (Nc), tungsteno (W), ecc. I costruttori forniscono i valori della resistenza R, espressa in Ohm, in funzione della temperatura T espressa in gradi Celsius (°C).

È già noto dall'elettrotecnica che in un qualsiasi conduttore metallico la resistività oppure la resistenza è legata alla temperatura attraverso un coefficiente di temperatura  $\alpha$ :

$$\rho(T) = \rho(0) \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

e poi anche noto che la resistenza dipende dalla natura del conduttore metallico:  $R = \rho \cdot l / S$ , e di conseguenza la resistenza risulta:

$$R(T) = R(0) \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$\alpha$ : è il coefficiente di temperatura non è perfettamente costante in tutto il campo di temperatura, ma solitamente per i conduttori metallici decresce all'aumentare della temperatura.

$R(0)$ ;  $\rho(0)$  resistenza e resistività del materiale a  $T_0$  °C.

$R(T)$ ;  $\rho(T)$  resistenza e resistività del materiale a T°C.

$$\Delta T = T - T_0$$

I materiali utilizzati per la realizzazione delle termoresistenze è ad esempio, il Platino (Pt), il rame (Cu), e il nichel (Nc) sono materiali che supportano la temperatura ed hanno  **$\alpha$  elevata** ma pressoché costante ed una elevata resistività  **$\rho$** .

Il platino ha un campo di temperatura va da -200°C a 850°C.

Il trasduttore PT100 è una termoresistenza di precisione in pellicola di platino, robusta, economica, di dimensioni contenute e con caratteristica lineare in un vasto range.

Caratteristiche PT100: materiale Platino, Resistenza R0 (0°C) 100 W + 0,1 %

$a = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$ , Range di funzionamento -50°C ÷ 260°C

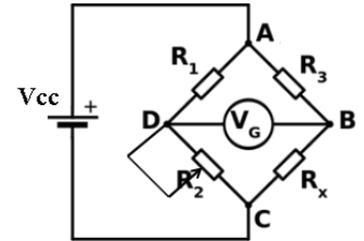
Una resistenza metallica varia il proprio valore in funzione della temperatura secondo la relazione:

$$\Delta R / R = \alpha \cdot \Delta T$$

La termoresistenza è un trasduttore di elevata precisione ma di bassa sensibilità.

In pratica, per la conversione della variazione di resistenza in tensione, la termoresistenza vengono inserite in un lato di un circuito a **ponte di Wheatstone** (figura a destra), è formato da tre resistenze note R1, R2 ed R3 ed una sconosciuta Rx che corrisponde alla termo resistenza. Il circuito viene alimentato con una tensione V<sub>cc</sub>.

Inizialmente si deve tarare i circuito variando R<sub>2</sub> affinché si raggiunge l'equilibrio in tutto il circuito e questo si ottiene quando la tensione del galvanometro (misura valori in  $\mu\text{A}$ ) V<sub>G</sub>=0, si ha:



$$R_x = (R_2 \times R_3) / R_1$$

La variazione della temperatura  $\Delta T$  produce una variazione di  $\Delta R_x$  è di conseguenza si ottiene sulla diagonale di uscita V<sub>G</sub>, una tensione che dipende linearmente dalla variazione di valore della termoresistenza:

$$V_G = \left( \frac{R_3}{R_3 + \Delta R_x} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_{CC}$$

### Estensimetri (*strain gauge*):

Un estensimetro è un sensore la cui resistenza varia con la forza applicata; converte la forza, la pressione, la trazione, il peso, la deformazione, ecc., in una variazione di resistenza elettrica che può essere misurata. Il circuito di misura che può essere impegnato è il ponte di Wheatstone.

Gli estensimetri si basano sul principio per il quale in un conduttore la resistenza dipende dalla lunghezza  **$\ell$**  e dalla sezione S secondo la formula (**2ª legge di Ohm**):

$$R = \rho \ell / S$$

Se il conduttore è sottoposto a trazione la lunghezza  **$\ell$**  aumenta, **S** diminuisce, perciò **R** aumenta.

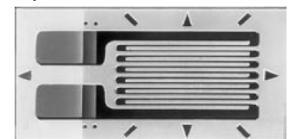
Poiché per piccole deformazioni gli allungamenti sono proporzionali alle forze, gli estensimetri sono utilizzati per misurare forze o grandezze riconducibili a forze (peso, coppia, pressione).

Un estensimetro è una resistenza variabile il cui valore aumenta o diminuisce a seconda che il materiale di cui è costituita sia sottoposto a una trazione o a una compressione. Il modello matematico generale di un estensimetro è il seguente:

$$R_T = R_0 + \Delta R$$

dove R<sub>0</sub> è il valore di resistenza a riposo (cioè in assenza di deformazione). Il valore  $\Delta R$  dipende invece dall'allungamento  $\ell$  in base alla seguente relazione:  **$\Delta R = K_e \cdot \ell$**

dove k<sub>e</sub> è un parametro (costante di proporzionalità) caratteristico dell'estensimetro e  $\ell$  risulta positivo in caso di allungamento e negativo in caso di compressione.



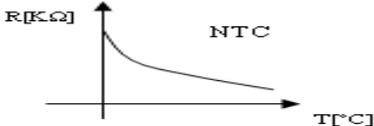
### Termistori:

Un termistore è un trasduttore di temperatura, in genere caratterizzato da tempi di risposta relativamente veloci, elevata sensibilità, basso costo e scarsa linearità.

I termistori possono presentare coefficiente di temperatura positivo PTC (Positive Temperature Coefficient) o negativo NTC (Negative Temperature Coefficient) sono delle resistenze aventi le proprietà di modificare il loro valore resistivo al variare della temperature.

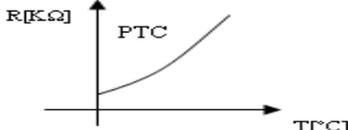
Nei PTC la resistenza elettrica cresce all'aumentare della temperatura, invece nei NTC la resistenza diminuisce all'aumentare della temperatura.

La curva resistenza-temperatura per un NTC è di tipo esponenziale:

$$R_T = R_{T_0} e^{\beta \left( \frac{T_0 - T}{T \cdot T_0} \right)}$$


$\beta = 2000 : 5500$  [K] costante del materiale.

In **PTC** il legame esponenziale è:

$$R_T = R_{T_0} e^{\beta \left( \frac{T - T_0}{T \cdot T_0} \right)}$$


**PTC** vengono utilizzati nella protezione termica e dai sovraccarichi dei circuiti di alimentazione che porta ad un aumento di temperatura e nell'elettronica industriale e di consumo.

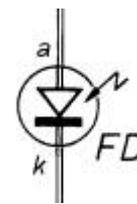
NTC vengono utilizzati nella misurazione della temperatura nei controlli industriali, nei sistemi di riscaldamento e negli elettrodomestici.

Come si può osservare che i termistori non sono componenti lineari allora, è necessario provvedere alla loro linearizzazione, inserendo una resistenza in serie oppure in parallelo.

### Sensori Fotoelettrici

I sensori fotoelettrici vengono utilizzati per misure di intensità luminosa.

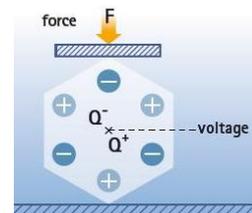
Questi sensori generano una corrente proporzionale alla potenza della radiazione luminosa incidente. Tra i sensori fotoelettrici, i dispositivi più comunemente utilizzati sono i fotodiodi (al silicio o al germanio), che generano correnti specifiche dell'ordine di 10 mA/mW con costanti di tempo dell'ordine di 10 ns



### Sensori Piezoelettrici (la parola deriva dal greco, premere, comprimere)

I sensori piezoelettrici convertono sforzi di trazione, compressione o di taglio in forze elettromotrici.

Sotto ponendo dei cristalli opportunamente tagliati a tali sforzi, sulle facce si originano cariche elettriche dell'ordine di  $10^{-9}$  C/N, che producono sulla capacità propria del cristallo e su eventuali capacità esterne delle differenze di potenziale, misurabili con strumenti ad alta impedenza.



Il materiale piezoelettrico per eccellenza è il quarzo, ma esistono anche alcune ceramiche con buone caratteristiche di piezoelettricità.

La **sensibilità di un sensore piezoelettrico** non dipende usualmente dalla sua dimensione o dal volume del quarzo, ma dal materiale impiegato e dalla sua geometria.

Per un sensore piezoelettrico si definisce sensibilità di carica la grandezza  $S_Q = Q/F$

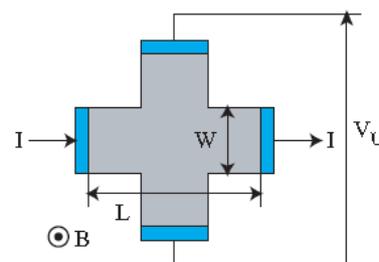
dove Q è la carica prodotta e F lo sforzo applicato. Risulta, quindi, che:  $V = Q/C = S_Q \cdot F / C$

### Sensori ad Effetto Hall

I sensori basati sull'effetto Hall vengono utilizzati per misurare campi magnetici

Un sensore a effetto Hall è costituito da una croce di materiale conduttivo con quattro terminali.

Se tra due terminali opposti del sensore fluisce una corrente continua I applicando ovviamente una batteria, in presenza di un campo di induzione magnetica B, perpendicolare al sensore stesso, tra gli altri due terminali si sviluppa una differenza di potenziale  $V_U$



Questa differenza di potenziale, proporzionale a B, è dovuta alla interazione tra B e I (forza di Lorentz:  $F_L = q v_d B$ , che spinge le cariche libere verso il conduttore alla velocità  $v_d$ ,  $q$  è la carica dell'elettrone pari a  $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

$$V_U = kIB$$

Questi sensori sono, spesso, utilizzati insieme a magneti permanenti per effettuare misure indirette di posizione o velocità (encoder magnetici).

**Trasduttore di posizione:** sono trasduttori che trasformano uno spostamento lineare o angolare in un segnale elettrico. I sensori di posizione possono usati per misurare :

- Rotazioni (Trasduttori di tipo angolare): ad esempio la misura dell'angolo di puntamento di una antenna parabolica;
- Spostamenti Lineari (Trasduttori di tipo lineare): ad esempio misura il posizionamento di una slitta su una macchina utensile.

I trasduttori di posizione possono essere:

1. **analogici** : i potenziometri, i resolver (syncro) e i trasformatori lineari differenziali (LVDT);
2. **digitali**: Gli encoder (incrementali o assoluti)

**Il potenziometro:** un semplice modo per rilevare una posizione angolare o lineare consiste nell'utilizzo di:

**Potenziometro rotativo:** l'elemento resistivo è distribuito su una circonferenza che consente un'escursione di 300°; **potenziometro lineare:** l'elemento resistivo è disposto su una linea retta.

Entrambi forniscono una resistenza variabile linearmente rispetto ad un riferimento assoluto (è stato scelto il terminale A).

Nel caso del potenziometro rotativo o angolare abbiamo la seguente formula:

$$V_u = \frac{\Phi}{\Phi_{max}} * V_i$$

$V_u$ : tensione di uscita, tra A e B;

$\Phi$ : angolo di rotazione;

$\Phi_{max}$ : massima rotazione ammissibile del potenziometro da 270° a 300°.

$V_i$ : tensione di alimentazione del potenziometro tra A e C.

$$R_{BA} = K_R \Phi ; K_R: \text{costante di proporzionalità in [ohm/gradi]}$$

Nel caso del potenziometro lineare la formula è la seguente:

$$V_u = \frac{X}{l} * V_i$$

$V_u$ : tensione di uscita tra B e C;

$X$ : lo spostamento lineare del cursore C;

$l$ : la massima escursione del potenziometro (la sua lunghezza);

$V_i$ : tensione di alimentazione o di ingresso tra A e B.

**Esempio: misuratore del livello dell'acqua**

$R$ : la resistenza totale del tratto  $L$ ;

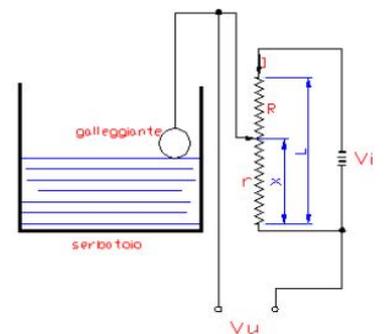
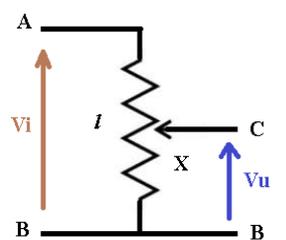
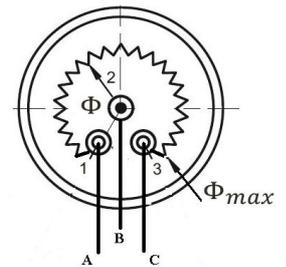
$r$ : la resistenza variabile del tratto  $x$ ;

$V_i$ : tensione di alimentazione;

$V_u$ : tensione di uscita.  $S$ : sezione della resistenza, e  $\rho$ : resistività del materiale.

dalla prima legge di Ohm:  $V_u = r * I$  e  $V_i = R * I$  si ottiene :  $V_u = V_i * (r/R)$

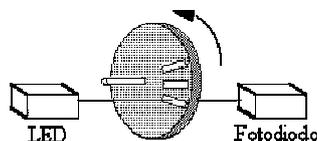
e dalla seconda legge di Ohm:  $R = \rho L/S$  e  $r = \rho x/S$  sostituendo i valori nella formula precedente si che il segnale  $V_u$  è proporzionale alla posizione  $x$  del cursore.  $V_u = V_i * (x/L)$



**TRASDUTTORI DIGITALI** (encoder: Sensori di posizione ottici ): Esistono fondamentalmente tre tipi di trasduttori digitali di spostamento rotazionale (ma anche traslazionale): tachimetrico, incrementale, assoluto. Essi si differenziano principalmente per il segnale che forniscono in uscita.

**I sensori ottici di rotazione (encoder)** traducono la rotazione di un disco graduato in segnale digitale. Mediante suddivisioni in settori otticamente diversi si può codificare la posizione angolare del disco rispetto ad una origine arbitraria. La risoluzione è determinata dal tipo di codifica e dalla finezza della suddivisione in settori, oltre che dal tipo di sorgente di luce (LED, diodo laser...) e dal tipo di rivelatore (fotodiodo, fototransistor...) usati.

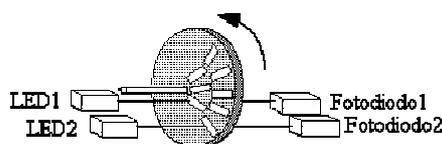
*Sensore ottico a 1 bit*



Un sensore con codifica a canale singolo è la "Smart Pulley" PASCO, che non può riconoscere il verso della rotazione.

Per poter discriminare tra verso orario e antiorario serve una codificazione a 2 canali:

*Encoder ottico a 2 bit*



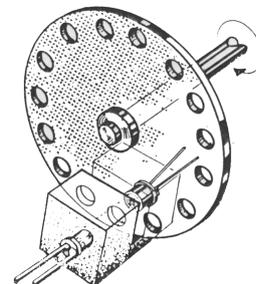
Una delle applicazioni più comuni di encoder ottici a 2 canali è il dispositivo di ingresso nei moderni PC detto "mouse".

Nel "mouse" due encoder registrano la rotazione di due dischi tra loro ortogonali che sono mossi da una sfera (trascinata su una superficie piana nel primo, e mossa direttamente nel secondo): le due coordinate fornite al computer dai due encoder guidano il movimento di un puntatore sul monitor.

Anche il sensore di rotazione Vernier/PASCO è un encoder a 2 canali.

**L'encoder tachimetrico** è costituito essenzialmente da un disco forato, che ruota con il corpo di cui si vuole controllare la velocità, e da un generatore di segnale formato da un LED e un fotosensore allineati. La rotazione del disco fa sì che la luce emessa dal LED raggiunga il fotosensore quando uno dei fori si posiziona fra il LED e il fotosensore stessi.

Il segnale di uscita generato dal fotosensore sarà pertanto un treno di impulsi, di frequenza proporzionale alla velocità di rotazione.

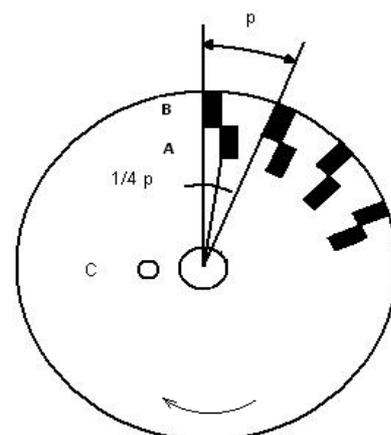


Se il movimento avviene sempre nello stesso verso, un contatore digitale che conti gli impulsi è in grado di fornire l'entità dello spostamento rispetto ad una posizione di riferimento. Naturalmente una rotazione in verso opposto, producendo impulsi uguali ai precedenti, causerebbe una lettura di posizione del tutto errata; per questo motivo il tachimetro digitale può essere usato solo per misure di spostamento angolare in situazioni in cui il movimento non si inverte..

**L'encoder incrementale** elimina l'inconveniente sopra citato.

Esso comprende infatti almeno due elementi generatori di segnale (sensore A e B), disposti in modo che i due segnali prodotti risultino sfasati di circa  $\frac{1}{4}$  di periodo; si desume il verso di rotazione osservando quale dei due segnali risulta in anticipo.

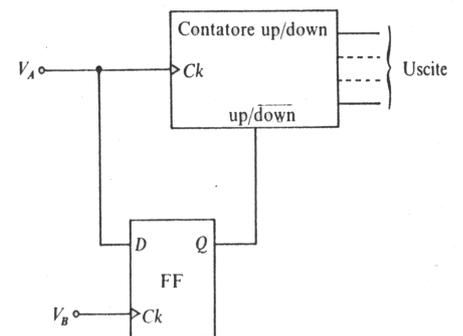
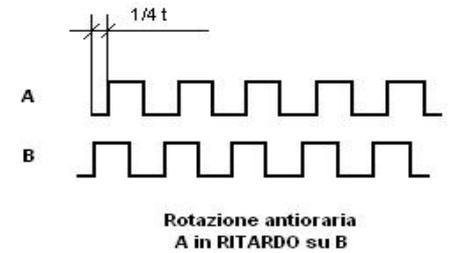
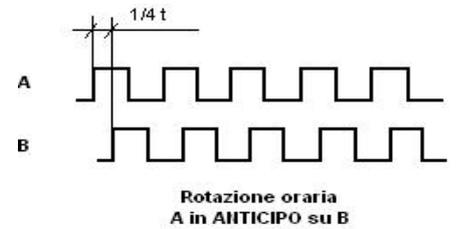
Il conteggio degli impulsi può essere effettuato ad esempio mediante il semplice circuito di figura. Il contatore riceve in ingresso il segnale  $V_A$  ed esegue il conteggio avanti o indietro a seconda dello stato di uscita, rispettivamente 1 o 0, del flip flop FF. Quest'ultimo commuta sul fronte di salita del clock costituito dal segnale  $V_B$ ; la sua uscita pertanto commuterà (o rimarrà) ad 1 se, in corrispondenza di



ciascun fronte di salita di  $V_B$ ,  $V_A$  è alto; questa situazione corrisponde evidentemente al verso di rotazione orario. Viceversa, se in corrispondenza al fronte attivo di  $V_B$  il segnale  $V_A$  è basso, il flip flop si porterà a 0, segnalando il verso di rotazione antiorario.

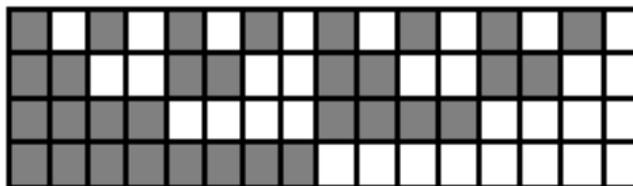
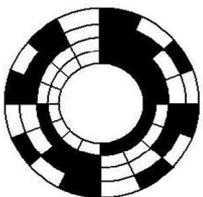
Alcuni encoder incrementali presentano anche una terza uscita (sensore C in figura) che fornisce un impulso per ogni giro completo. Un inconveniente intrinseco all'uso di tutti questi encoder è rappresentato dal fatto che la logica di conteggio è talvolta sensibile ai disturbi, che possono causare errori irrimediabili.

Inoltre la caduta anche momentanea dell'alimentazione fa perdere ogni informazione sulla posizione raggiunta, senza possibilità di recupero. Per ovviare a questo problema, si utilizzano sistemi di memorizzazione non volatili, resi tali mediante un batteria a tampone.



Gli **encoder assoluti** presentano più tracce opache, più elementi generatori di segnale e più uscite; queste vengono lette in parallelo e forniscono un numero binario (sovente espresso in codice Gray onde evitare errori dovuti a leggere imperfezioni costruttive), che fornisce direttamente la posizione dell'oggetto rotante. In figura è illustrato schematicamente il disco di un rudimentale encoder assoluto ed è indicata la rappresentazione dei dati di uscita per una rotazione completa.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



Riassumendo:

	<b>Disco incrementale</b>	<b>Disco assoluto</b>
<b>Uscite</b>	Onda quadra	Codice binario
<b>Caratteristiche</b>	Rileva velocità direzione e distanza della parte in rotazione.	Rileva velocità, direzione e distanza della parte in rotazione oltre che la posizione assoluta su di una rotazione di 360° .
<b>Applicazioni</b>	Nastri trasportatori, retroazione di motori , pulegge, direzione, e velocità di veicoli, misura di distanza in campo tessile o altri materiali avvolgibili.	Robotica, avionica, retroazione di servomotori, posizionamento di antenne satellitari e telescopi.

### La dinamo tachimetrica:

La dinamo tachimetrica è un trasduttore di velocità angolare che, montato coassialmente all'albero di un motore, fornisce, in uscita, una tensione proporzionale alla velocità di rotazione del motore.

Si tratta di una dinamo con basso momento di inerzia ed elevata linearità, il cui circuito di eccitazione è costituito da un magnete permanente.

La tensione di uscita è sostanzialmente continua ed il suo valor medio  $V_o$  è espresso dalla relazione:

$$V_o = E - I_a R_a = K_d * n - I_a * R_a$$

dove  $E = K_d * N$  è la tensione a vuoto,  $K_d$  la costante tachimetrica,  $n$ : la velocità angolare (giri/min),  $R_a$  la resistenza degli avvolgimenti e  $I_a$  la corrente negli avvolgimenti.

Per un suo uso corretto, si deve fare in modo che la tensione di uscita non vari durante il funzionamento sotto carico.

Durante l'utilizzo, si noti che la tensione  $V_o$  non è esattamente continua ma presenta un'ondulazione dovuta alla commutazione delle spazzole; questo inconveniente si elimina generalmente con un *filtro passa basso*.

La struttura funzionale è costituita da:

- rotore: libero di ruotare ed è formato da un nucleo di materiale ferromagnetico, su cui sono disposti un certo numero di avvolgimenti di fili in rame.
- statore: parte fissa di magnete permanente
- commutatore meccanico che funge da raddrizzatore.

**Per la scelta e l'impiego di qualsiasi trasduttore occorre di solito tener conto di alcuni parametri e caratteristiche generali funzionali di tipo **stazionarie** (statiche) e **dinamiche**.**

<http://slideplayer.it/slide/610639/>