

# TRASDUTTORI di POSIZIONE

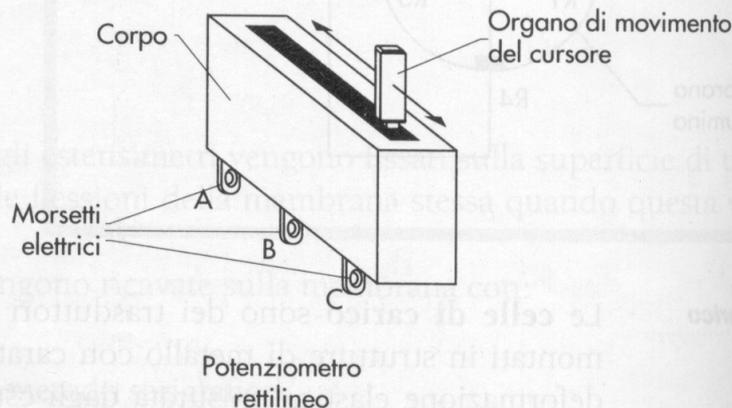
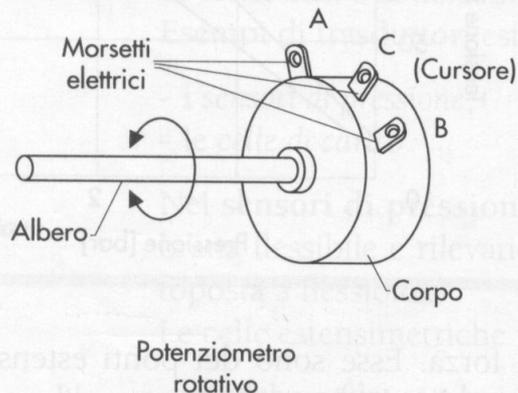
Numerosi trasduttori sono stati messi a punto per il rilievo di posizione, in movimenti sia rettilinei sia rotatori.

I **potenziometri**, rettilinei o circolari selezionano una quota variabile della loro resistenza in funzione della posizione del cursore, vincolato all'oggetto mobile; questa viene trasformata in tensione alimentando il potenziometro stesso fra i due estremi o inserendolo in un ponte di Wheastone.

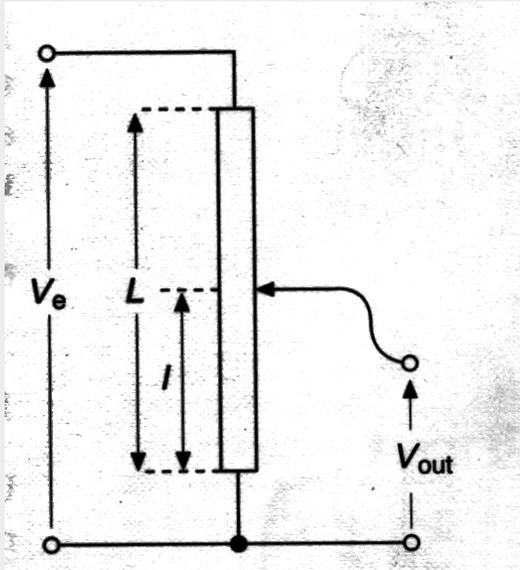
Nei potenziometri circolari l'elemento resistivo è a forma d'anello e la posizione da rilevare è quella angolare dell'elemento alla cui asse di rotazione è vincolato il cursore fissato a un piccolo albero rotante.

FIG. 25

Potenziometro rettilineo e rotativo.



# TRASDUTTORI di POSIZIONE

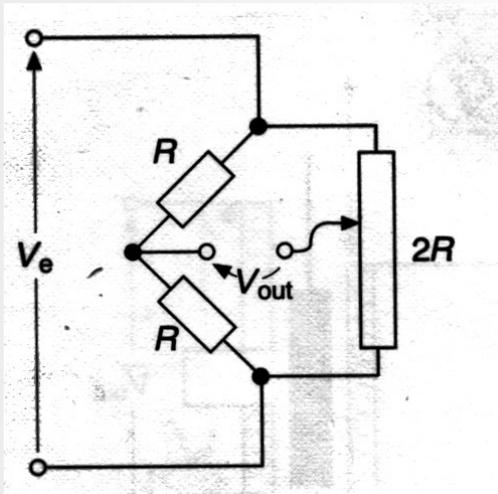


$L$  = spostamento max del cursore  
 $l$  = spostamento del cursore da misurare  
vale la seguente proporzione

$$V_e : L = V_o : l$$

$$V_o = V_e \cdot l / L$$

La tensione di uscita deve essere rilevata tramite un dispositivo che non carichi il potenziometro (AO o amplificatore per strumentazione)



Altro sistema:

Il ponte di Wheastone è equilibrato se il cursore si trova al centro (punto di riferimento dal quale si misurano gli spostamenti).

Ad ogni spostamento del cursore di  $l$  corrisponde una variazione di resistenza  $Kl$

$$V_o = (l \cdot K) / (2R) \cdot V_i$$

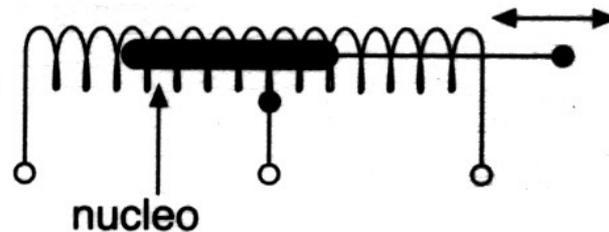
$K$  = rapporto fra variazione di resistenza e spostamento

# TRASDUTTORI A INDUTTANZA VARIABILE

I trasduttori a induttanza variabile trasformano in variazione dell'induttanza di due bobine lo spostamento di un nucleo magnetico mobile al loro interno. Le due bobine sono eguali ed allineate e quando il nucleo si trova al centro (punto di riferimento) delle due bobine queste presentano la stessa induttanza, se il nucleo si sposta, una bobina aumenta la sua induttanza e l'altra diminuisce.

Le variazioni di induttanza possono essere tradotte in variazione di tensione usando le due bobine come un partitore in un ponte di Wheastone.

Figura 4.10 *Trasduttore di posizione a induttanza variabile.*



# I TRASFORMATORI DIFFERENZIALI

Gli LVDT (Linear Variable Differential Transformer) variando l'accoppiamento magnetico fra un primario e due secondari (simmetrici e in contrapposizione di fase) in funzione dello spostamento del nucleo, generano una tensione alternata con ampiezza proporzionale allo spostamento stesso. Il nucleo è fissato all'organo mobile da controllare e quando è in posizione simmetrica fra i due secondari, la tensione di uscita è nulla.

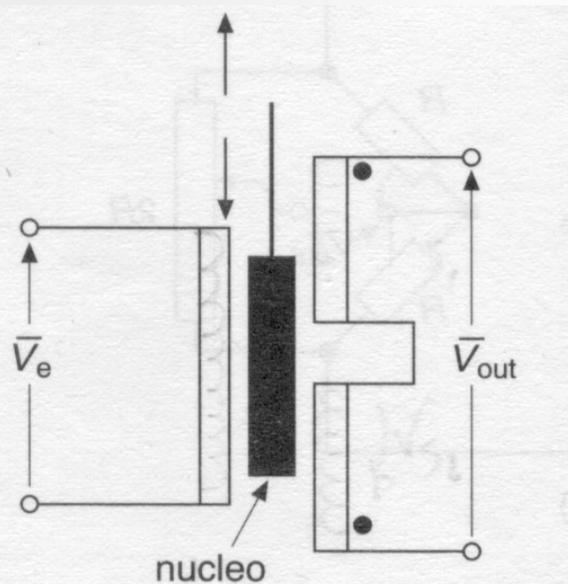


Figura 4.11 Trasformatore differenziale LVDT.

Gli spostamenti in una direzione producono un segnale di uscita in fase con l'eccitazione, quelli in direzione opposta producono un segnale di uscita invertito; perciò è possibile rilevare anche la direzione dello spostamento.

Gli LVDT si prestano a misure di piccoli spostamenti (0,1 mm a  $\pm 25$ cm).

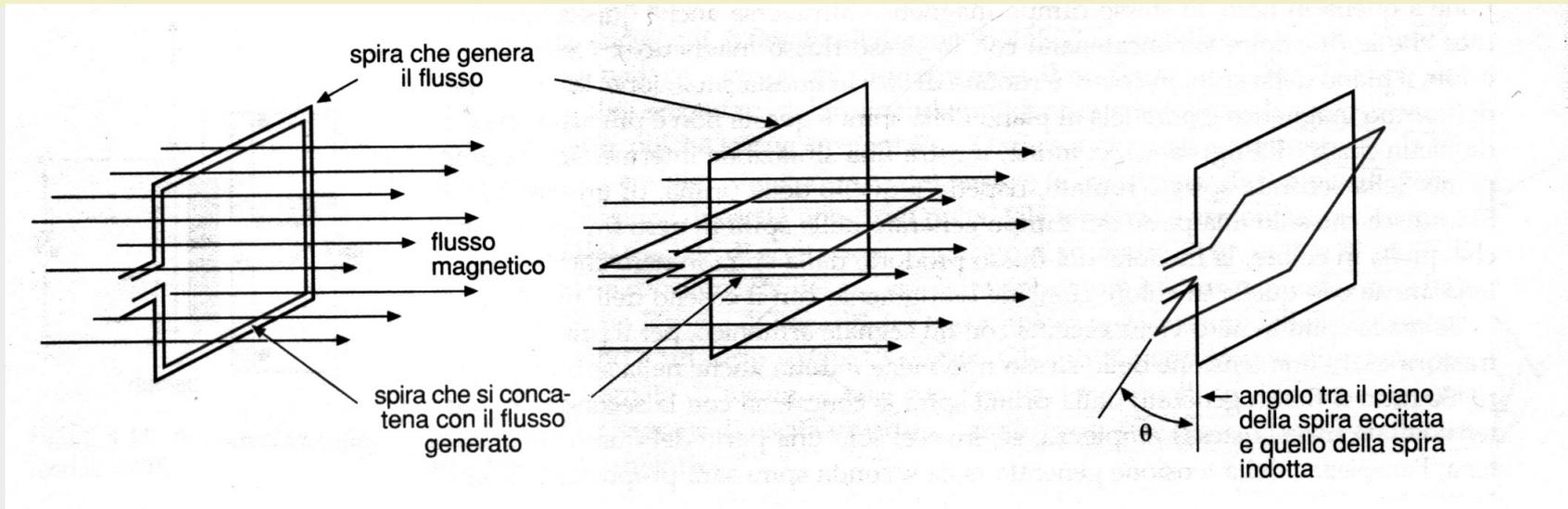
Gli RVDT sono trasformatore differenziali progettati appositamente per la rilevazione di spostamenti angolari.

# I RESOLVER

Considerando due spire di materiale conduttore poste nello stesso piano in posizione concentrica. Se una viene percorsa da corrente, essa produrrà un campo magnetico con direzione perpendicolare al piano in cui giace la spira stessa ed anche la seconda spira verrà attraversata da tale campo. Se quest'ultima viene ruotata di  $90^\circ$ , su un piano parallelo al campo, questa non verrà attraversata da alcun flusso.

In una posizione intermedia caratterizzata dall'angolo  $\theta$  verrà attraversata solo in parte. Se la prima spira viene eccitata da un segnale armonico, allora nella seconda si constaterà una tensione indotta armonica di ampiezza proporzionale al coseno dell'angolo di rotazione fra i due piani delle spire.

$V_o = K V \cos\theta$



# I RESOLVER

I resolver sono trasformatori i cui avvolgimenti possono ruotare l'uno rispetto all'altro e forniscono una tensione alternata in uscita con valore di picco dipendente dalla posizione angolare dell'elemento rotante .

L'avvolgimento fisso prende il nome di **statore** mentre quello realizzato su una struttura in grado di ruotare dicesi **rotore** e viene fissato all'elemento di cui si vuole ricavare la posizione .

Considerando  $V_e$  la tensione di eccitazione e  $K$  il rapporto di trasformazione .

I resolver vengono realizzati con due secondari ruotati fra di loro di  $90^\circ$  e pertanto vengono prodotte due tensioni di uscita con equazioni:

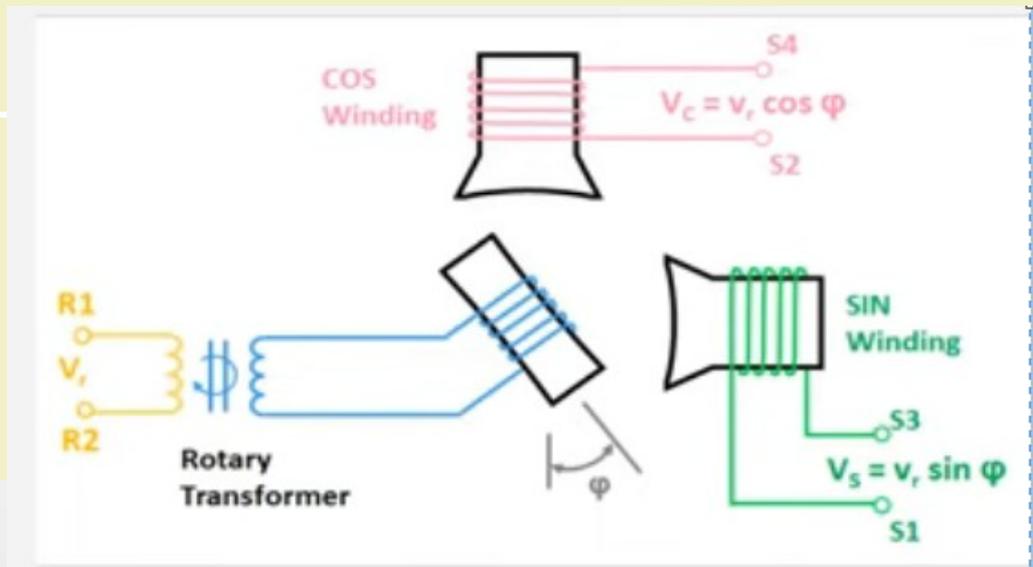
$$V_{o1} = K V_e \cos \theta$$

$$V_{o2} = K V_e \sin \theta$$

Il rotore in genere viene alimentato con contatti striscianti (spazzole) e funge da primario.

1 primario =rotore

2 secondari=statori



# I RESOLVER

**Il resolver consente all'organo mobile anche il funzionamento in rotazione continua. A questi trasduttori vengono impiegati specifici integrati che decodificano le tensioni di uscita e forniscono un'indicazione diretta della posizione angolare**

# I SYNCHRO

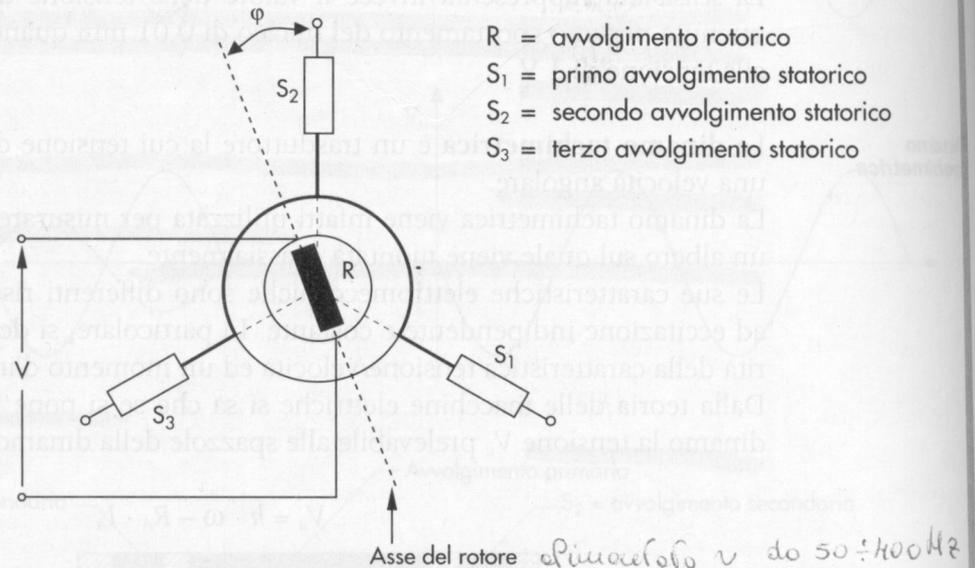
I synchro sono simili ai resolver , ma dispongono di tre secondari sfasati di  $120^\circ$ . Essi , usati a coppie, permettono di ottenere un segnale di ampiezza proporzionale alla differenza tra due velocità di rotazione .

Due dispositivi identici possono essere collegati a due organi rotanti diversi, non meccanicamente collegati, che si desidera mantengano la stessa posizione. Eccitando il primo synchro si generano tre tensioni indotte nei rispettivi secondari statorici che vengono utilizzati per eccitare i tre avvolgimenti corrispondenti del secondo synchro;

questi a loro volta inducono nell'avvolgimento rotorico del secondo synchro una tensione la cui ampiezza è dipendente dalla differenza tra la posizione angolare del rotore del primo synchro e quella del rotore del secondo. Un singolo synchro può essere usato come resolver .

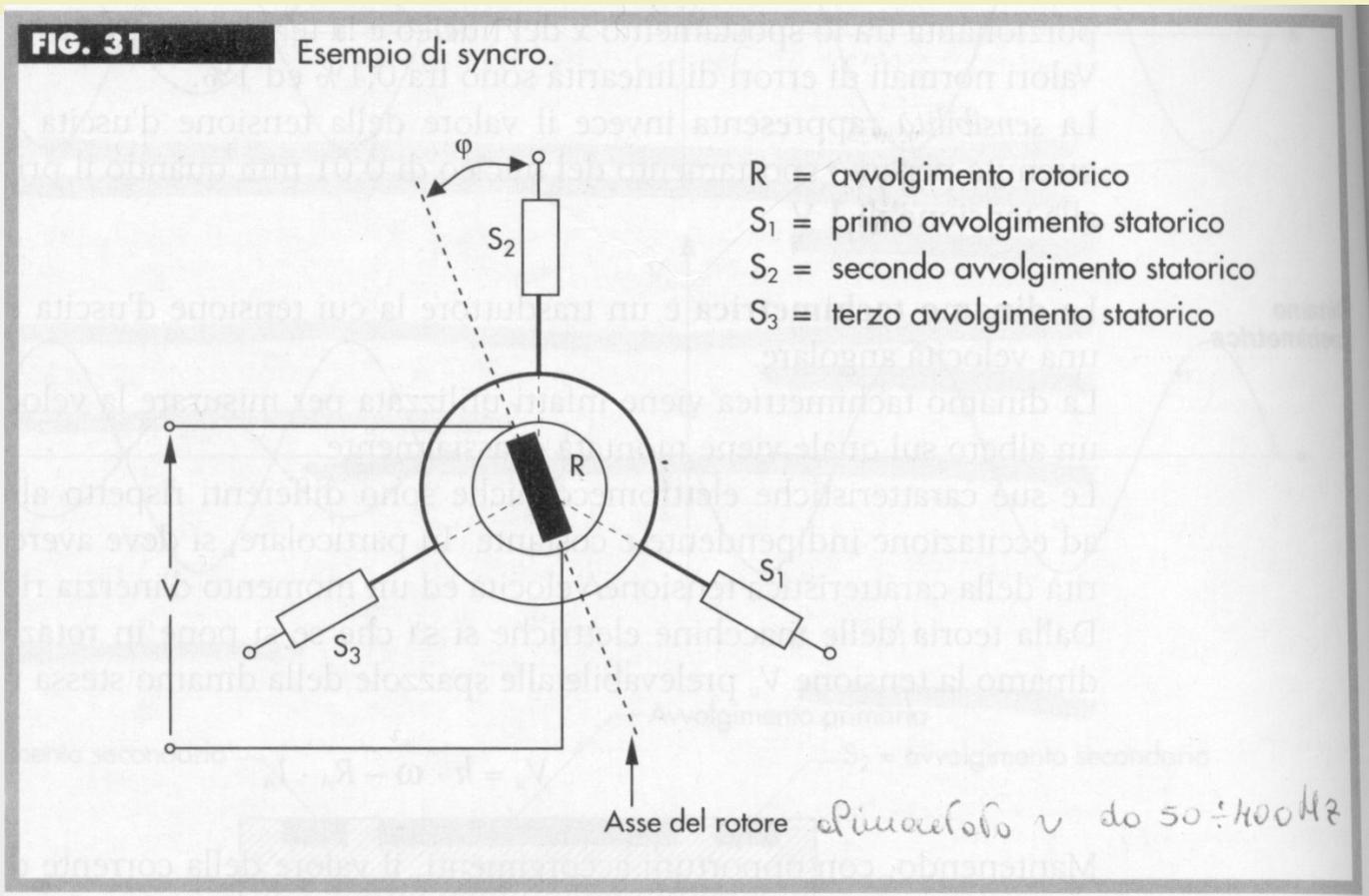
FIG. 31

Esempio di synchro.



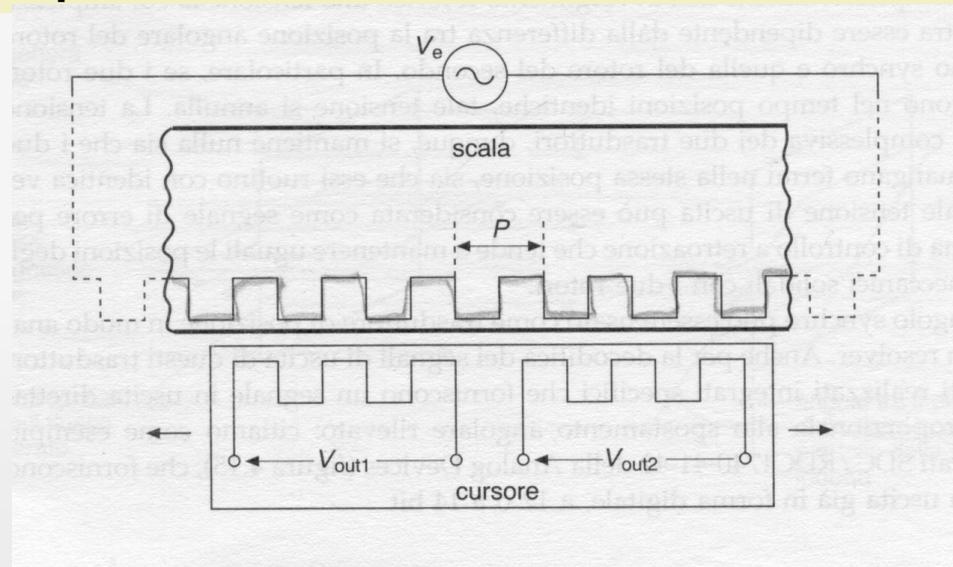
# I SYNCHRO

Considerando la velocità del rotore molto inferiore alla pulsazione della tensione di eccitazione, nei synchro variando la posizione angolare del rotore rispetto agli avvolgimenti statorici, cambia l'accoppiamento magnetico fra di essi e di conseguenza l'ampiezza delle tre tensioni indotte. Dal valore di queste si può risalire alla posizione angolare del rotore.



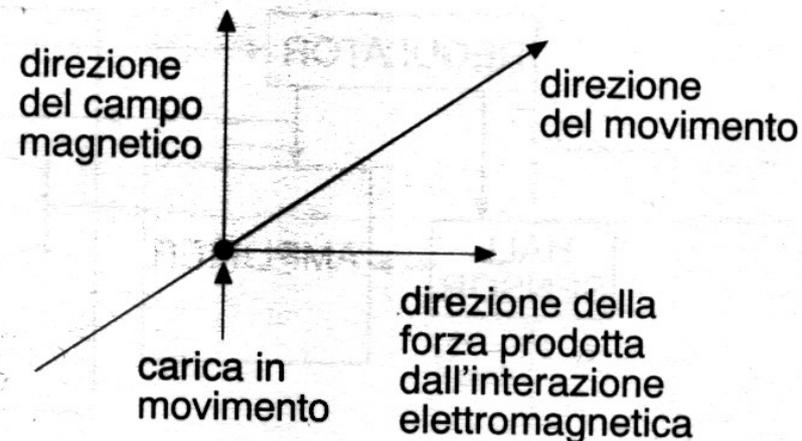
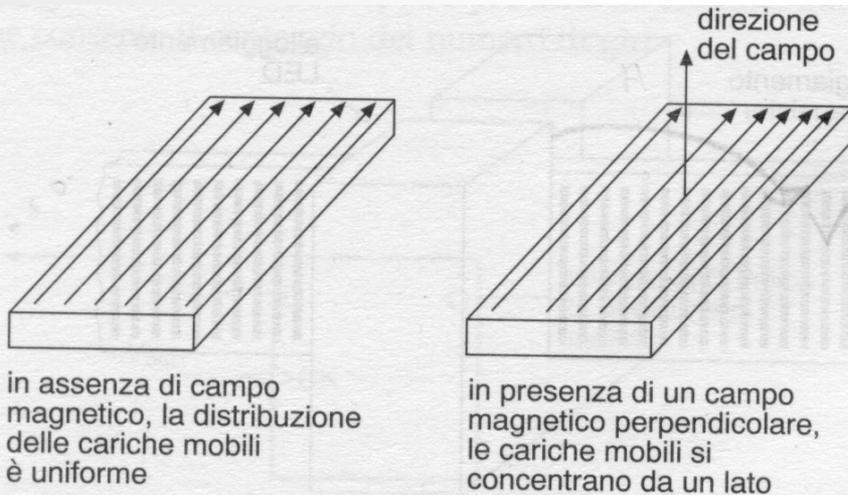
# GLI INDUCTOSYN

Gli inductosyn , costituiti da due conduttori sagomati (a serpentina detti scala e cursore) in posizione sovrapposta e scorrevoli l'uno rispetto all'altro , alimentati in alternata producono un segnale armonico in uscita dipendente dalla posizione reciproca dei conduttori. La scala alimentata con una tensione armonica genera un flusso magnetico che si concatena con le serpentine del cursore ,l'insieme equivale a un trasformatore con due secondari nei quali l'accoppiamento con il primario varia secondo la posizione del cursore . Detto  $k$  il rapporto di trasformazione nella posizione di accoppiamento massimo,  $x$  la distanza della prima serpentina del cursore da tale posizione si avrà che le due tensioni in uscita saranno molto simili alle equazioni delle uscite di un resolver.



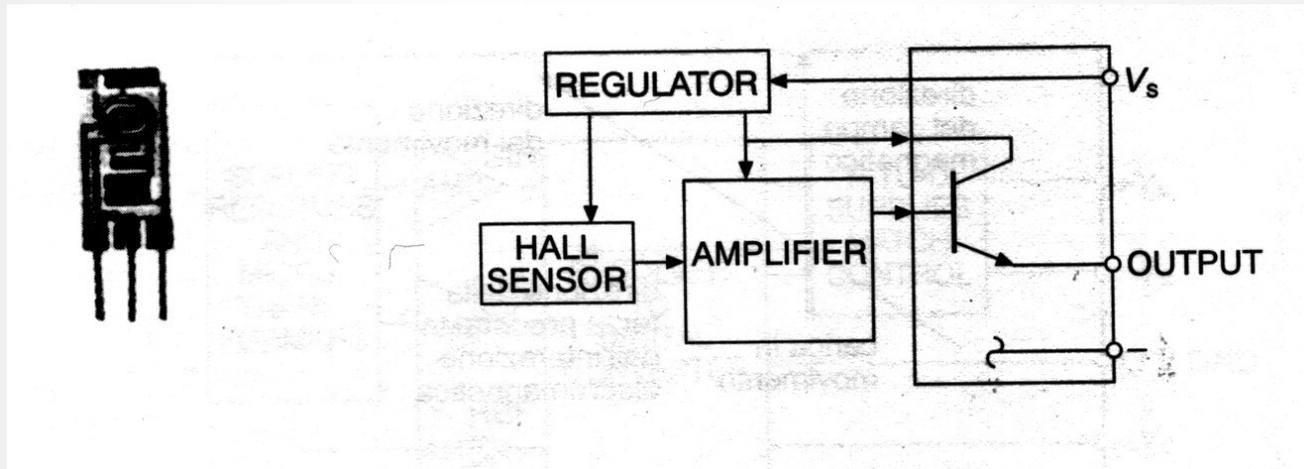
# TRASDUTTORI A EFFETTO HALL

Considerando una lastrina di materiale conduttore percorsa da corrente e immersa in un campo magnetico costante con direzione perpendicolare a quella del moto delle cariche, quest'ultime vengono sottoposte a una forza perpendicolare alla direzione del moto, che produce un addensamento delle cariche mobili su un lato della lastrina e diradamento delle stesse sul lato opposto stabilendo così una differenza di potenziale fra i due lati che può essere rilevata esternamente, in quanto proporzionale all'intensità della corrente e all'intensità dell'induzione magnetica e dipendente dalla distanza fra la lastrina stessa e un magnete permanente di caratteristiche note.



# TRASDUTTORI A EFFETTO HALL

Nei trasduttori a effetto hall il magnete è fissato all'organo mobile di cui si deve rilevare la posizione. Questi trasduttori possono rilevare piccoli spostamenti (di qualche cm).



Trasduttore a effetto Hall 91SS12-2 e relativo schema a blocchi

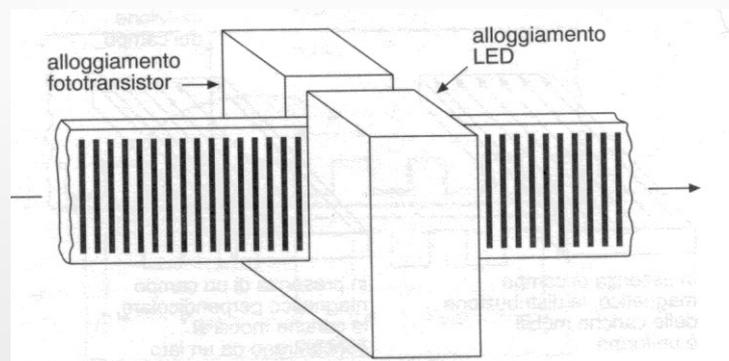
## Trasduttori on /off

**Si tratta di interruttori o deviatori in grado di rilevare il raggiungimento di una posizione predeterminata: sono sensori di prossimità a effetto Hall, che scattano all'avvicinarsi di un magnete, quelli a ultrasuoni , che emettono vibrazioni ad alta frequenza e ne rilevano l'eco e quelli di tipo ottico (basati sull'interruzione causata dall'oggetto da posizionare, del fascio di luce emesso da una sorgente luminosa e rilevato da un sensore fotoelettrico oppure dalla riflessione del fascio di luce da parte dell'oggetto stesso**

# GLI ENCODER

Gli encoder , infine , sono strisce o dischi sui quali sono riportate suddivisioni regolari chiare e scure , che vengono lette con dispositivi optoelettronici ; il loro movimento genera segnali impulsivi che sono interpretati con circuiti digitali. Forniscono, dunque, un'informazione sulla posizione direttamente in forma digitale.

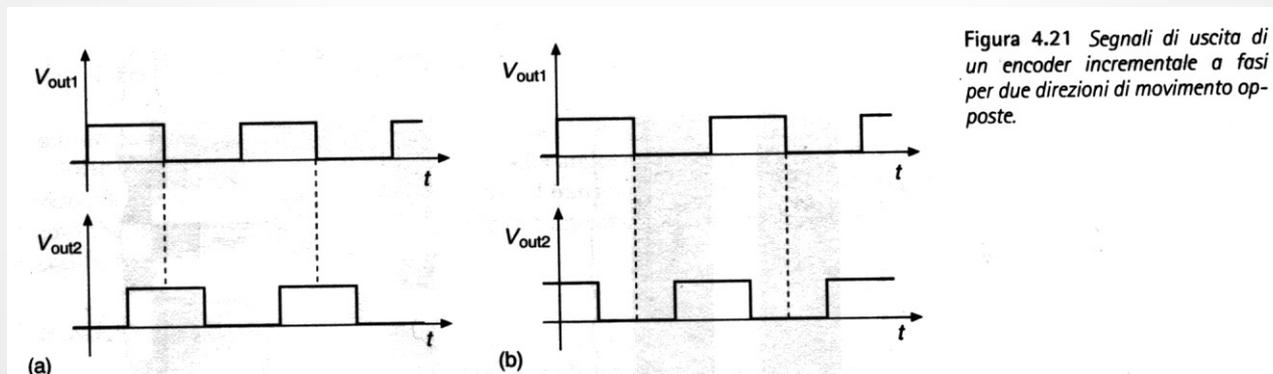
Nella versione più semplice di encoder , un sistema di rilevazione ottico costituito da un fototransistore da un led, produce un livello di uscita alto in uscita durante il passaggio di una zona scura e il livello opposto durante il passaggio di una zona trasparente tracciate su di una striscia rigida di materiale trasparente fissata al corpo mobile. Il segnale prodotto viene squadrato e inviato a un contatore (azzerato nella posizione di partenza). Noto il passo fra le due barre scure , si ottiene lo spostamento moltiplicando il numero presente nel contatore per il passo suddetto.



# GLI ENCODER INCREMENTALI

Usando un disco trasparente con settori oscurati il trasduttore può rilevare posizioni angolari, in quanto ad ogni settore corrisponderà un angolo di rotazione noto.

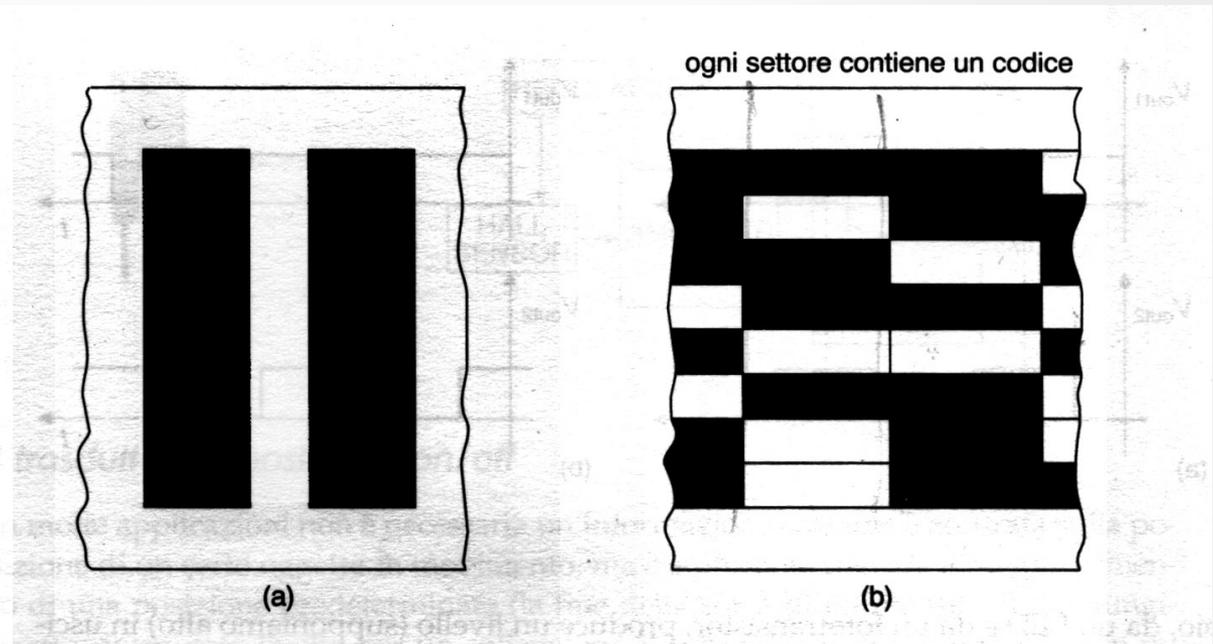
Per rilevare movimenti in direzioni opposte si usano gli encoder incrementali a fasi in cui si duplica il sistema di rilevazione posizionando il secondo sistema in modo che sia spostato di un quarto di passo rispetto al primo. In tal modo se il fronte di discesa di  $V_{out1}$  coincide con un livello alto di  $V_{out2}$  si capisce che il movimento sta avvenendo in una direzione, mentre se coincide con il livello basso di  $V_{out2}$ , il movimento avviene nella direzione opposta.



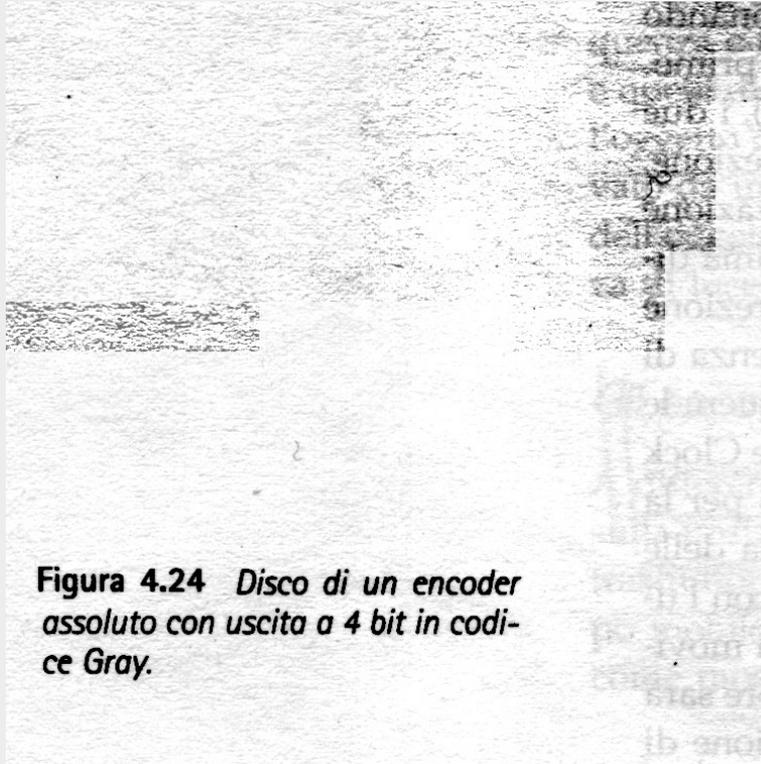
# GLI ENCODER

Nell'encoder assoluto, ogni barra trasversale scura è un settore con zone chiare e scure e rappresenta il codice assegnato alla posizione del settore stesso con un certo n° di bit pari al n° di rilevatori. L'uscita indica direttamente in forma digitale la posizione dell'elemento mobile in ogni istante

Figura 4.23 Settori in una sezione di encoder: (a) incrementale e (b) assoluto.



# ENCODER ASSOLUTO A DISCO



**Figura 4.24** Disco di un encoder assoluto con uscita a 4 bit in codice Gray.

