

## TRASDUTTORI DI POSIZIONE: ENCODER

### Generalità:

L'Encoder è un apparato elettromeccanico che converte la posizione angolare del suo asse rotante in un segnale elettrico digitale. Collegato ad opportuni circuiti elettronici e con appropriate connessioni meccaniche, l'encoder è in grado di misurare spostamenti angolari, movimenti rettilinei e circolari nonché velocità di rotazione e accelerazioni. Esistono varie tecniche per il rilevamento del movimento angolare: capacitiva, induttiva, potenziometrica e fotoelettrica. I trasduttori sugli encoder impiegano tutti il rilevamento fotoelettrico.

Gli encoder possono essere di due tipi:

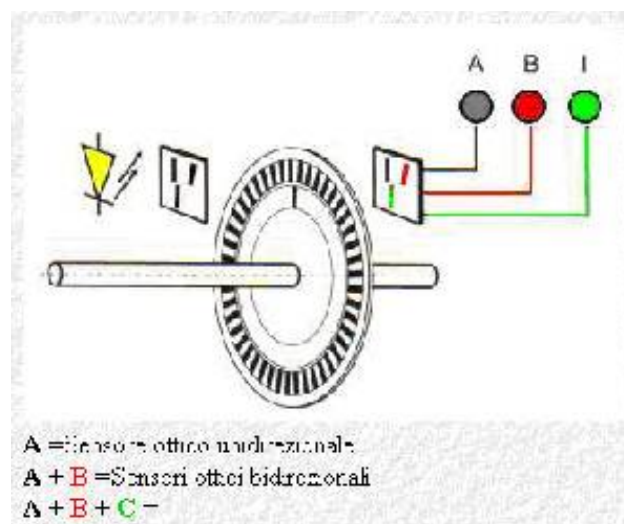
- Incrementali quando i segnali d'uscita sono proporzionali in modo incrementale allo spostamento effettuato.
- Assoluti quando ad ogni posizione dell'albero corrisponde un valore ben definito.

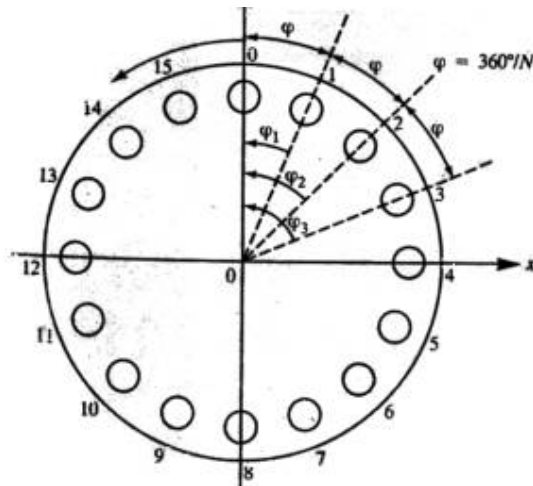
### Encoder incrementali:

segnalano unicamente gli incrementi (variazioni) rilevabili rispetto a un'altra posizione assunta come riferimento. Questi incrementi sono indipendenti dal verso di rotazione il quale, non può essere rilevato da questo tipo di trasduttori. E' costituito da un disco di materiale plastico, sul quale sono stati ricavati dei fori o, più comunemente, alcune zone particolarmente trasparenti attraverso le quali e' possibile il passaggio di un fascio luminoso.

Gli encoder incrementali sono composti da diverse parti:

- *un disco*: è generalmente di plastica ed è calettato sull'albero dell'organo da controllare, diviso in zone chiare (trasparenti) e scure (opache).
- *fotoemettitori*: danno il segnale di input attraverso un segnale luminoso che passa nelle zone trasparenti del disco.
- *fotorilevatore* che riceve il segnale luminoso e che a sua volta invierà un segnale di output (logico 1 se passa la luce, logico 0 se non passa).





Il disco viene calettato sull'albero dell'apparecchiatura di cui si vuole rilevare lo spostamento angolare. Di conseguenza ad ogni spostamento dell'albero si ha uno spostamento uguale dell'encoder. In corrispondenza dei fori, su una superficie del disco, viene applicato un dispositivo fotoemettitore, mentre sull'altra un dispositivo fotorilevatore. L'attraversamento del fascio luminoso nei fori comporta l'attivazione dell'uscita.

La rilevazione dello spostamento angolare avviene mediante il "conteggio" degli impulsi generati dal fotorilevatore alla propria uscita.

La rilevazione dello spostamento angolare può essere così descritta:

Quando l'encoder si trova nella posizione di riferimento, il flusso luminoso attraversa il foro 0. In tal modo viene attivata l'uscita del fotorilevatore la quale si porta a livello alto, restandovi fino a quando il fascio luminoso viene interrotto.

Quando l'encoder inizia a ruotare, il fascio luminoso viene interrotto. Il fotorilevatore, quindi, risulta diseccitato e la sua uscita diventa bassa.

Questa rimane bassa fino a quando il foro 1 viene a trovarsi nella posizione occupata dal foro 0.

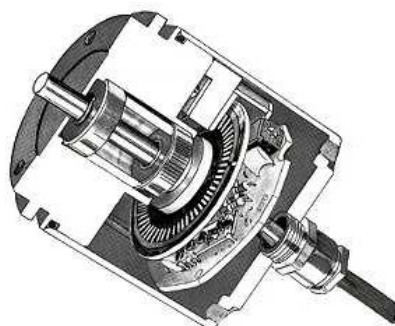
Quando questo avviene il fascio luminoso attraversa il foro 1 eccitando nuovamente il fotorilevatore la cui uscita ridiventa alta. Di conseguenza risulta noto lo spostamento angolare  $1 ( = 360^\circ / (\text{numero di fori dell'encoder}) )$  questo spostamento coincide con quello dell'encoder.

Proseguendo nella rotazione il disco interrompe nuovamente il fascio luminoso diseccitando il fotorilevatore la cui uscita ritorna bassa.

Il processo descritto si ripete in modo perfettamente uguale consentendo la rivelazione degli spostamenti angolari.

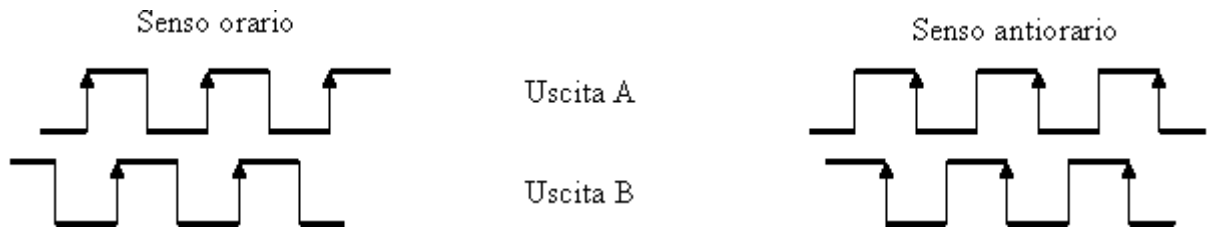
Il dispositivo digitale che rileva il numero di impulsi è un contatore il cui ingresso di conteggio risulta attivo sul fronte di salita. Di conseguenza si può concludere che il numero degli impulsi contati è direttamente proporzionale allo spostamento angolare dell'encoder, vale a dire allo spostamento angolare dell'organo a cui è calettato.

La sorgente di luce Led all'arseniuro di gallio utilizzata sugli encoder assicura una vita di 100.000 ore e sono dotati di un apposito circuito interno che compensa l'invecchiamento del led.



L'encoder incrementale è adatto a rilevare rotazioni, velocità ed accelerazioni in base al conteggio degli impulsi inviati dal circuito in output. Non è capace di orientarsi dopo un black-out, di conseguenza ha bisogno di portarsi, in fase di avvio, allo zero macchina. Accoppiandolo con una memoria alimentata da batterie tampone, si riesce ad evitare la perdita di informazioni in caso di mancanza di alimentazione.

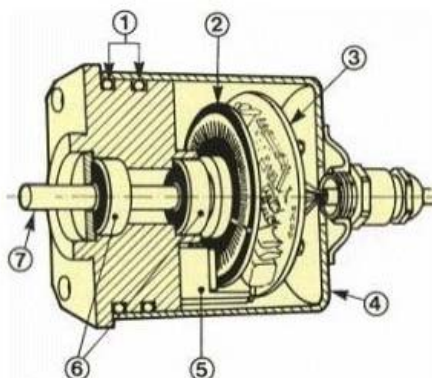
Per poter rilevare il verso di rotazione, l'encoder presenta una seconda identica pista, ma sfasata di metà passo oppure due gruppi di elementi fotosensibili sfasati fra loro. Effettuando un controllo dei fronti di salita degli impulsi in uscita A e B, un sistema logico riesce a stabilire il verso di rotazione del disco.



### Parametri degli encoder incrementali:

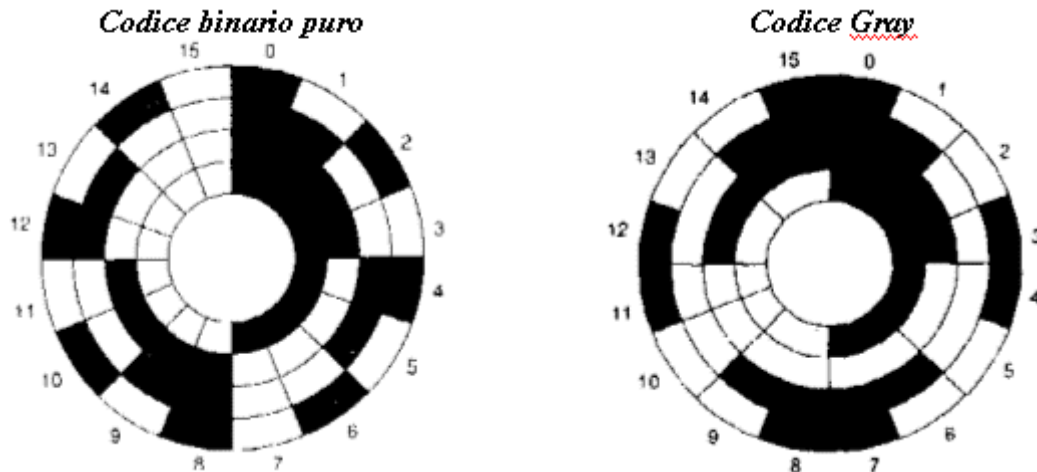
- Risoluzione: la risoluzione è data dalla seguente relazione:  $= 360^\circ/N$  dove N è il numero di fori praticati sul disco. La Risoluzione ci dà la precisione della rilevazione degli spostamenti angolari.
- Linearità: questo parametro assume un valore decisamente elevato.
- Range di funzionamento: tra 0 e 360°
- Sensibilità: valore dipendente alla risoluzione che come sappiamo rappresenta la minima variazione rilevabile dal trasduttore.
- Tempo di risposta: dipende sostanzialmente dal fotorilevatore.

Sezione di un encoder incrementale:



- 1) o-ring - *o-ring*
- 2) disco - *disk*
- 3) elettronica - *electronics*
- 4) custodia - *housing*
- 5) testina di lettura - *reading head*
- 6) cuscinetti - *ball bearings*
- 7) albero - *shaft*

Encoder assoluto:



Le zone in colore nero indicano le areole che producono 0, mentre quelle di colore bianco indicano quelle che producono 1.

Nel caso dell' encoder assoluto il disco è suddiviso in settori che andranno a comporre un codice (binario oppure Gray).

Il disco è diviso in n corone circolari e in 2 n spicchi. Ogni settore (spicchio) avrà n areole che a seconda se opacizzate o trasparenti corrisponderanno a 1 logico o 0 logico. Ogni areola avrà quindi il valore di un bit. Il bit meno significativo sarà quello della corona più interna.

Per evitare errori di lettura invece del codice binario puro vengono utilizzati altri codici, tra i quali il più importante è il codice Gray. Nel codice Gray il passaggio da un numero al successivo avviene sempre variando un'unica cifra binaria, evitando così che nel passaggio tra la lettura di un numero e del successivo possano aversi letture casuali.

In questo caso ci sarà un fotomettitore e un corrispondente fotorilevatore per ogni corona circolare del disco.

Il codice Gray è il codice più utilizzato per la decodificazione del segnale; questo codice presenta la variazione di 1 bit da un numero al suo successivo assicurando un elevato tasso di sicurezza e affidabilità per quanto riguarda la generazione e la decodificazione del codice.



L'encoder assoluto ha il vantaggio di dare informazioni che non vengono perse in caso di mancanza di alimentazione, ma richiede una particolare cura nella collimazione dello zero logico con lo zero macchina, è più costoso di quello incrementale e non è in grado di effettuare delle misure della velocità.

Gli encoder assoluti monogiro sono realizzati per impieghi industriali e professionali. Le meccaniche realizzate interamente in metallo offrono una buona tenuta agli agenti esterni. Gli alberi

ed i cuscinetti sono in acciaio inox. Il numero massimo di divisioni per giro è 16384 pari a 14 bit (a seconda del modello).



**A sinistra:** Disco di un encoder incrementale. Da notare le tacche che caratterizzano l'uscita e la singola tacca il cui scopo è quello di indicare la posizione di zero dell'albero.

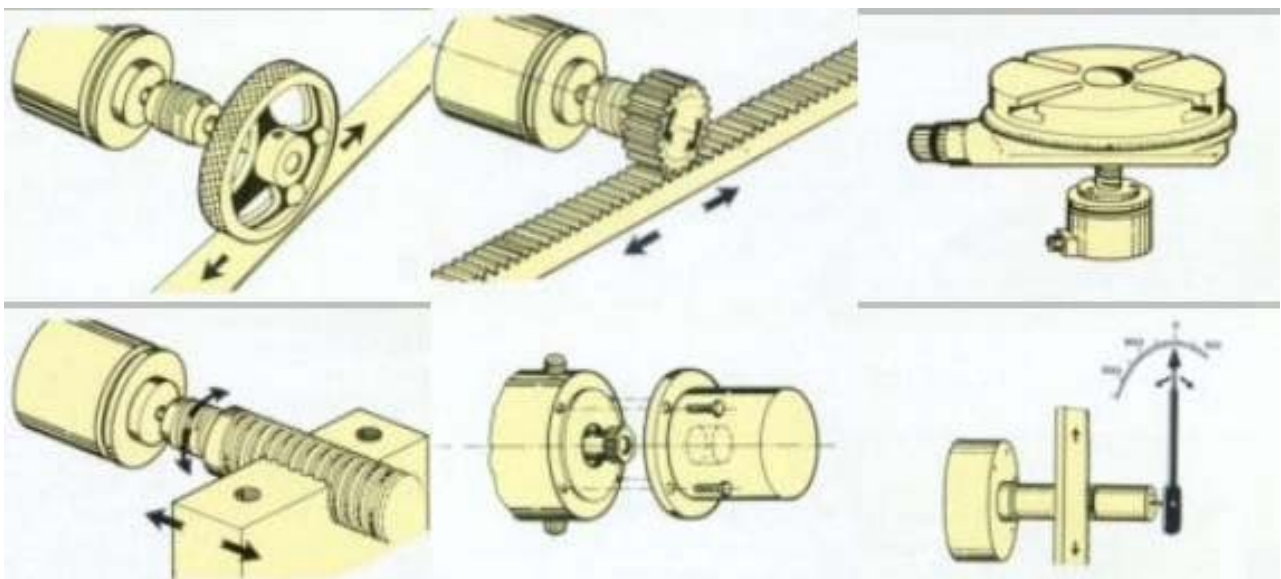
**A destra:** Disco di un encoder assoluto con una risoluzione di 10 bit (1024 posizioni per giro)

Esistono anche encoder assoluti multigiro che presentano fra un disco e l'altro un riduttore con rapporto uguale alle divisioni del disco.

Gli encoder per la loro vastissima gamma di modelli, qualità e robustezza, sono validamente applicati in tutto il mondo su:

controlli di processo industriale, robot industriali, macchine utensili, strumenti di misura, plotters, divisori, laminatoi, macchine per lamiera, bilance e bilici, antenne e telescopi, macchine per la lavorazione del vetro, marmo, cemento, legno, impianti ecologici, macchine tessili, conciarie, gru, carri ponte, presse, macchine da stampa, imballaggio, ecc.

Esempi di applicazione di encoder:



Un esempio di utilizzo dell'encoder incrementale può essere quello di una cesoia per tagliare una lamiera in pezzi di una misura predeterminata.

In questo caso è necessario contare gli impulsi provenienti dall'encoder mosso dalla lamiera e quindi fermare i motori che muovono la lamiera, al raggiungimento del valore di conteggio prefissato, valore che permette di stabilire quanto la lamiera si è spostata.

A questo punto si blocca la lamiera con il premilamiera e con la cesoia si opera il taglio. In questa fase si può operare il reset del contatore.

Dopo aver sbloccato la lamiera il ciclo può proseguire riattivando i motori per l'avanzamento della lamiera fino a quando l'encoder fornirà un numero di impulsi corrispondenti alla lunghezza del pezzo successivo di lamiera da tagliare.

***L'encoder assoluto trova applicazione, ad esempio, in abbinamento con apparecchiature di controllo per sostituire le camme meccaniche e gli interruttori di prossimità.***

Queste apparecchiature trovano applicazione in quelle macchine dove le funzioni di controllo devono essere eseguite in relazione alla posizione dell'albero della macchina. ***L'utilizzo di queste apparecchiature consente operazioni più precise, maggiore flessibilità di utilizzo e capacità di controllo superiori; inoltre l'affidabilità risulta elevata in quanto sono praticamente assenti le parti in movimento.***

Le camme elettroniche permettono di migliorare in modo considerevole la flessibilità della macchina, abbreviando i tempi per la messa a punto degli impianti automatici.

Gli elementi principali del sistema sono:

- L'encoder assoluto calettato all'albero della macchina
- Il controllore che legge in continuazione la posizione dell'albero, attivando e disattivando gli attuatori.