



Robotica industriale

Sistemi di misura della posizione

Prof. Paolo Rocco (paolo.rocco@polimi.it)

Classificazioni



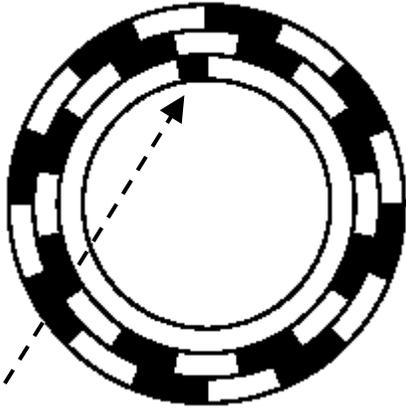
Metodo di misura

- ◆ incrementale
- ◆ assoluto

Principio fisico

- ◆ fotoelettrico
- ◆ induttivo
- ◆ (magnetico)
- ◆ (interferenziale)

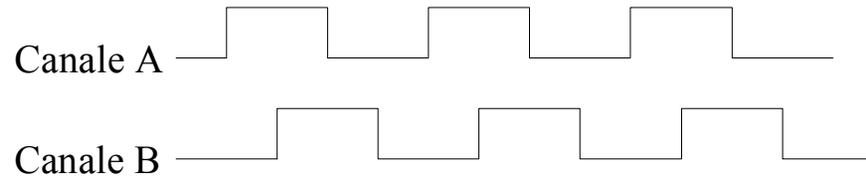
Encoder incrementale



Tacca per la definizione di uno zero meccanico assoluto.

Si basa sul principio fotoelettrico.

E' costituito da un disco con due tracce in cui sono disposte alternativamente zone trasparenti ed opache.

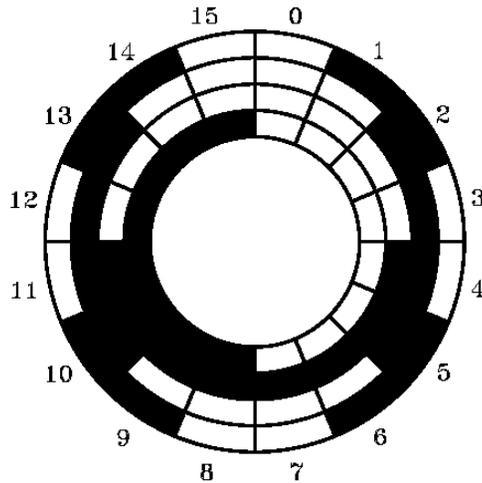


La presenza delle due tracce consente di rilevare anche il verso della rotazione.

N : numero passi (numero di zone chiare/scure per giro). Poiché i due segnali sono sfasati di $1/4$ di passo:

$$\text{Risoluzione: } 360^\circ / (4N)$$

Encoder assoluto



È un disco con aree trasparenti ed opache, disposte su corone circolari concentriche. Per una parola di N bit si hanno N corone circolari.

Risoluzione: $360^\circ/2^N$

Per evitare ambiguità di lettura si utilizzano codici binari a variazione singola (codice Gray).

Per le applicazioni robotiche sono richieste almeno 12 tracce (risoluzione di $360^\circ/4096$).

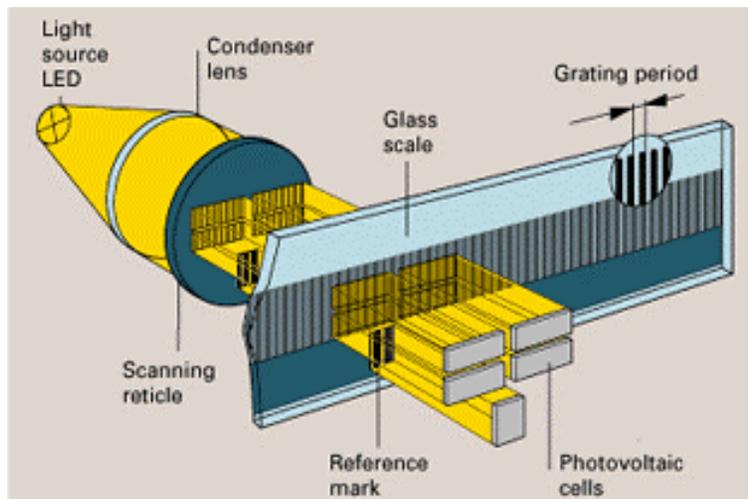
#	Codice	#	Codice
0	0000	8	1100
1	0001	9	1101
2	0011	10	1111
3	0010	11	1110
4	0110	12	1010
5	0111	13	1011
6	0101	14	1001
7	0100	15	1000

Strumenti fotoelettrici avanzati

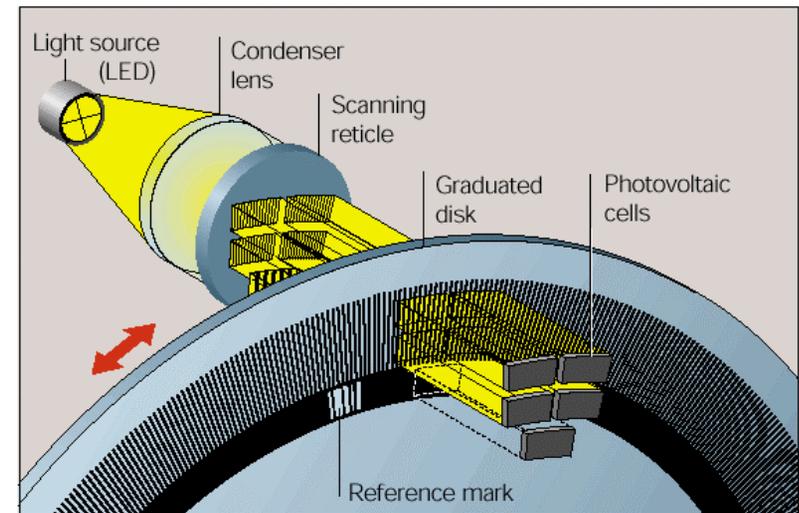


Sistemi per trasmissione della luce, basati sull'**effetto di Moiré**: se si fanno scorrere parallelamente e uno sull'altro due reticoli di divisione, si rilevano oscillazioni periodiche di luminosità, che si possono convertire in segnali elettrici.

Riga ottica



Encoder rotativo



Disegni tratti da: <http://www.heidenhain.com>



Segnali di scansione

Segnali rilevati

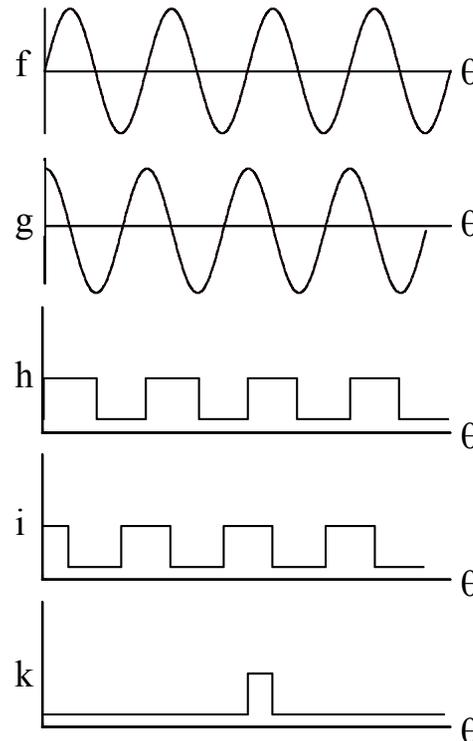
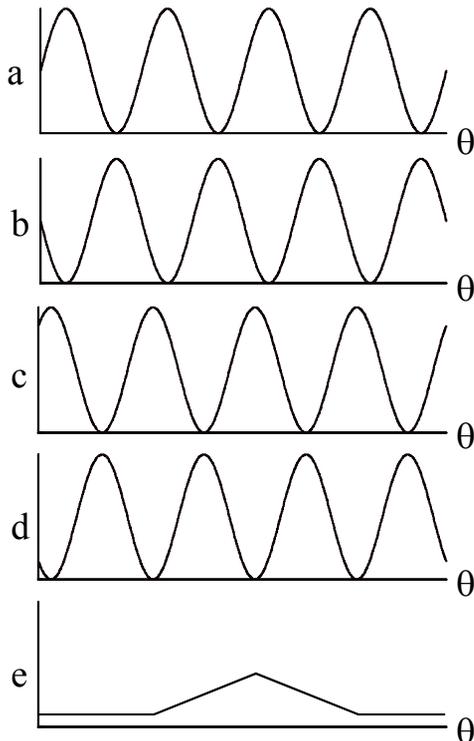


$$f = a - b$$

$$g = c - d$$

h: fronti di salita di *f*

i: fronti di salita di *g*



$$S_s(\theta) = A \sin \theta$$

$$S_c(\theta) = A \cos \theta$$

Si può discriminare il verso della rotazione

Indici di riferimento:
posizione assoluta

Interpolazione dei segnali



Per ottenere una risoluzione più fine della misura si possono compiere le seguenti operazioni:

- Condizionamento dei segnali $S_S(\theta)$, $S_C(\theta)$
- Campionamento e conversione analogico/digitale
- Calcolo dell'angolo a partire dai dati campionati:

$$\theta^* = \arctan \frac{S_S^*}{S_C^*}$$

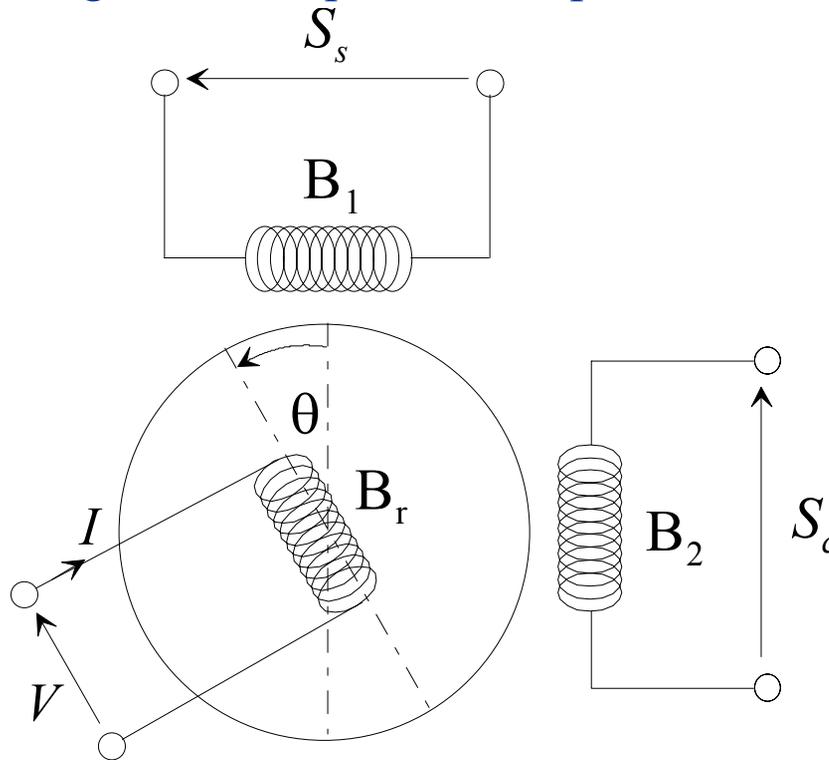
Ricorrendo all'elettronica di elaborazione digitale si possono ottenere risoluzioni fino a 1/1024 del periodo di divisione.

Esistono anche altri metodi (metodo delle fasi ausiliarie).

Sistemi induttivi assoluti: il resolver



Su un rotore è disposto l'avvolgimento di eccitazione, sullo statore sono disposti due avvolgimenti in quadratura spaziale



Gli avvolgimenti sono realizzati in modo da ottenere le seguenti mutue induttanze:

$$M_s(\theta) = M \sin \theta$$

$$M_c(\theta) = M \cos \theta$$

Sistemi induttivi assoluti: il resolver



Si eccita il resolver con una tensione alternata, che induce le seguenti tensioni sugli avvolgimenti di statore:

$$V(t) = \bar{V} \cos \omega t \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} S_s(\theta, \dot{\theta}, t) &= \frac{d(M_s(\theta)I)}{dt} \\ S_c(\theta, \dot{\theta}, t) &= \frac{d(M_c(\theta)I)}{dt} \end{aligned}$$

Supponendo nulla la resistenza del circuito d'eccitazione ($V=L dI/dt$):

$$\begin{aligned} S_s(\theta, \dot{\theta}, t) &= A \sin \theta \cos \omega t + \left(\dot{\theta} / \omega\right) A \cos \theta \sin \omega t \\ S_c(\theta, \dot{\theta}, t) &= A \cos \theta \cos \omega t - \left(\dot{\theta} / \omega\right) A \sin \theta \sin \omega t \end{aligned}$$

con $A = \bar{V}M/L$.

Scegliendo ω elevato:

$$\dot{\theta} / \omega \cong 0$$

TRDC



Per ottenere la misura dell'angolo si utilizza il circuito TRDC (Tracking Resolver to Digital Converter):

$$S_d(\theta, \hat{\theta}^*, t) = S_s(\theta, t) \cos \hat{\theta}^* - S_c(\theta, t) \sin \hat{\theta}^*$$

$$= A \sin(\theta - \hat{\theta}^*) \cos \omega t$$

