

Corso di Laurea Magistrale in Informatica

Corso di Robotica



Sensori per la robotica

Cecilia Laschi

cecilia.laschi@sssup.it

Una prima suddivisione:



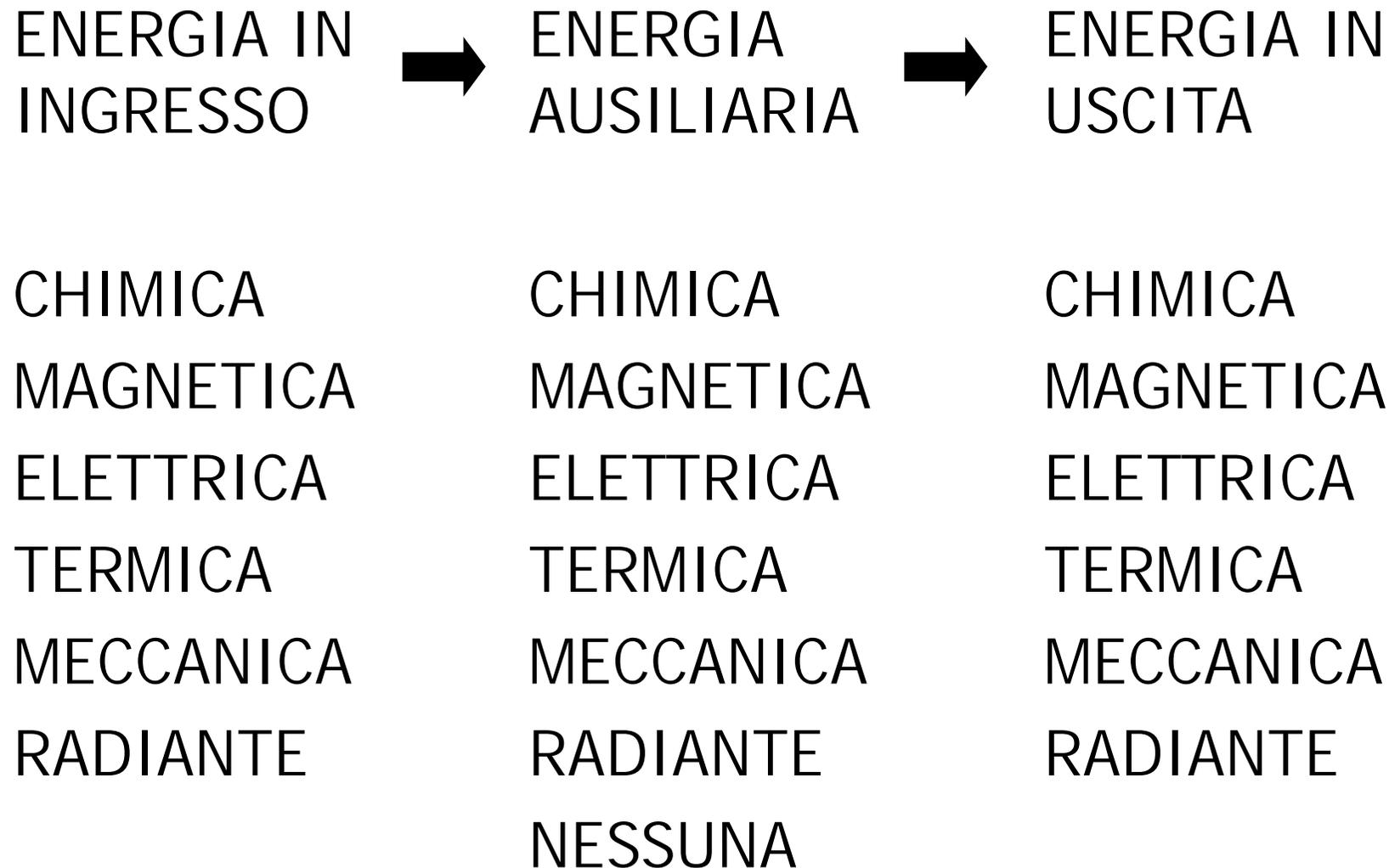
- sensori passivi:
 - convertono direttamente l'energia dell'ingresso in energia di uscita, senza l'ausilio di sorgenti esterne
- sensori attivi:
 - richiedono energia dall'esterno (eccitazione) per la conversione

Classificazione dei trasduttori

Sul tipo di energia in ingresso, in ingresso o ausiliaria

- Radiante - onde elettromagnetiche:
 - intensità, frequenza, polarizzazione e fase
- Meccanica - parametri esterni della materia:
 - posizione, velocità, dimensione, durezza, forza
- Termica:
 - temperatura, gradiente di temperatura, calore
- Elettrica:
 - potenziale, corrente, resistenza, capacità
- Magnetica:
 - intensità di campo, densità del flusso, permeabilità
- Chimica - struttura interna della materia:
 - concentrazioni, struttura del cristallo, stato di aggregazione

Trasformazioni di energia in un trasduttore



Trasformazioni di energia in un trasduttore - Es: ENCODER OTTICO

ENERGIA IN INGRESSO → ENERGIA AUSILIARIA → ENERGIA IN USCITA

CHIMICA

MAGNETICA

ELETTRICA

TERMICA

MECCANICA

RADIANTE

CHIMICA

MAGNETICA

ELETTRICA

TERMICA

MECCANICA

RADIANTE

NESSUNA

CHIMICA

MAGNETICA

ELETTRICA

TERMICA

MECCANICA

RADIANTE

Proprietà fondamentali di un sensore



- FUNZIONE DI TRASFERIMENTO
- CALIBRAZIONE (TARATURA)
- LINEARITÀ
- ISTERESI
- ACCURATEZZA
- RIPETIBILITÀ
- RISOLUZIONE
- SENSIBILITÀ
- SENSIBILITÀ AL RUMORE
- VITA UTILE
- STABILITÀ

Funzione di trasferimento



La funzione di trasferimento è la relazione tra la grandezza da acquisire e l'uscita del sensore stesso

Calibrazione



- L'operazione di calibrazione di un sensore corrisponde alla misurazione della grandezza in uscita per valori noti della grandezza in ingresso al sensore stesso.
- Per ciclo di calibrazione si intende una prova che copra tutto il campo di misura del sensore; la prova viene suddivisa in due parti, una per valori crescenti della grandezza e l'altra per valori decrescenti

Linearità



Se la funzione caratteristica input/output di un sensore viene rappresentata graficamente su una scala lineare, la LINEARITÀ è un'indicazione della deviazione dell'output misurato del sensore rispetto ad una linea retta.

La linea retta può essere scelta in vari modi. Ad es:

- 1) linea retta tra i punti dati dagli output del sensore relativi agli input 0 e 100%
- 2) linea retta che meglio approssima la curva dell'output del sensore con il metodo dei minimi quadrati

La linearità corrisponde al massimo scostamento, espresso in % di fondo scala, tra curva di calibrazione e una linea retta di riferimento

Isteresi

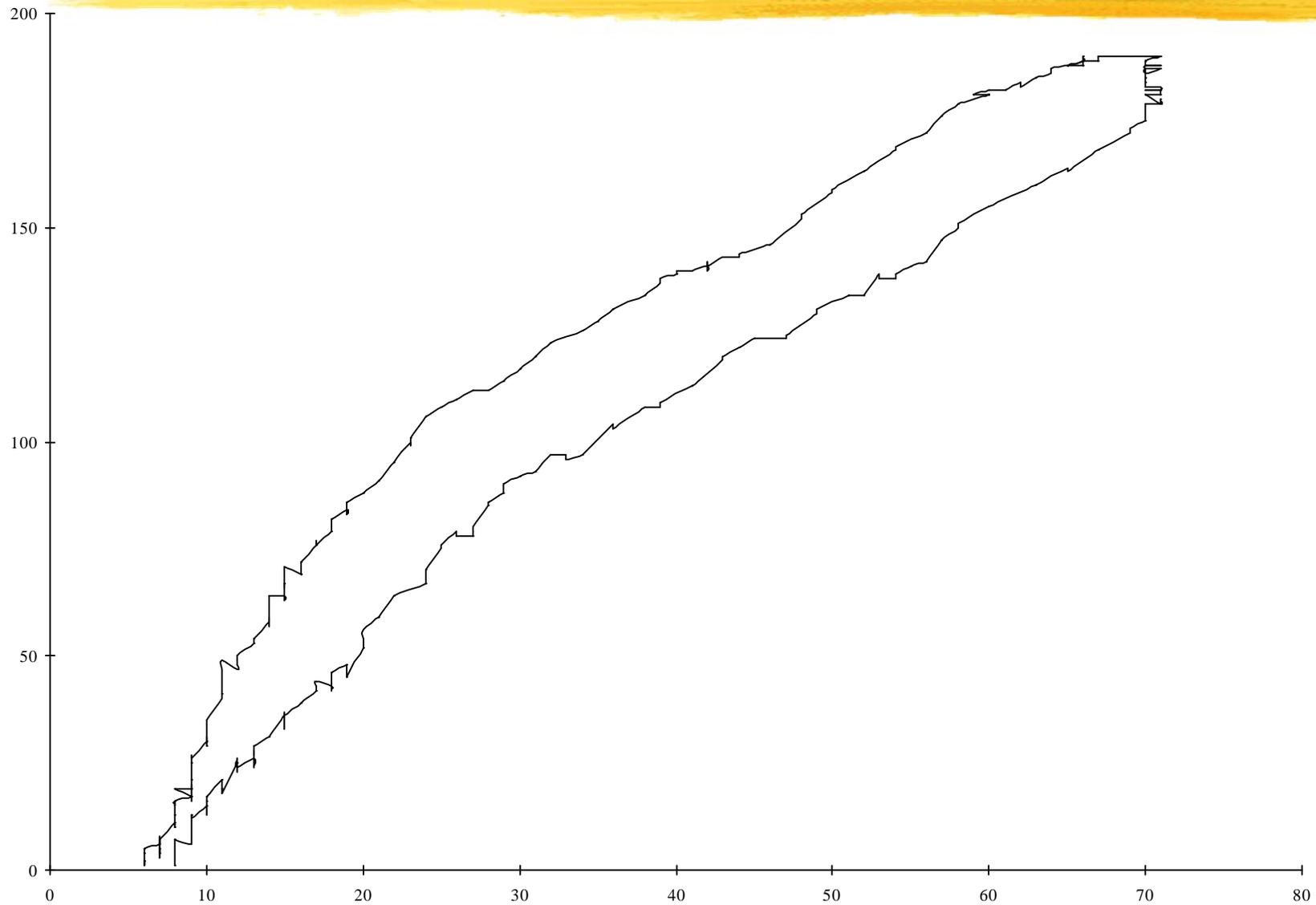


Se un sensore è affetto da ISTERESI, per uno stesso valore di input l'output può variare in funzione del fatto che l'input stia crescendo o decrescendo al momento della misurazione

L'ISTERESI corrisponde alla massima differenza tra i due cammini di andata e di ritorno dell'uscita di un sensore durante il ciclo di calibrazione.

Si esprime in percentuale del fondo scala (% f.s.).

Caratteristica di un sensore di contatto (array tattile)



Accuratezza



L'accuratezza rappresenta l'errore massimo tra la grandezza reale e quella misurata

L'accuratezza esprime l'assenza di errori sistematici nella misura: una misura è tanto più accurata quanto più la media delle misure si avvicina al valore vero della grandezza.

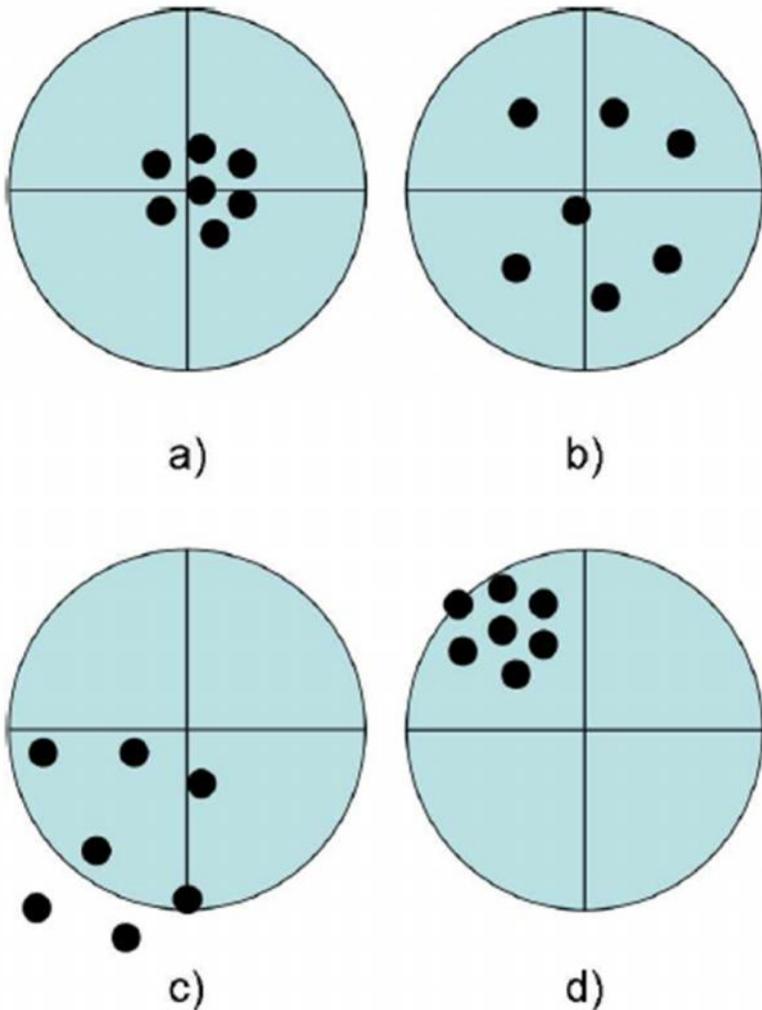
L'accuratezza è spesso espressa come rapporto fra l'errore sistematico e il valore della grandezza.

Ripetibilità



Quando uno stesso valore di input è applicato ad un sensore, la RIPETIBILITÀ è una misura della variabilità nell'output del sensore

Accuratezza e Ripetibilità



Nel caso a) la media delle misure approssima bene il valore vero e la dispersione non è grande: perciò si dice che è accurato e ripetibile. Anche il caso d) è ripetibile, perché le misure non sono disperse, ma non accurato, perché le misure hanno un valor medio lontano dal valore vero: il caso b), al contrario, è accurato, ma non ripetibile; il caso c) infine non è né accurato né ripetibile.

Risoluzione



La RISOLUZIONE è la minima variazione nell'input che determina una variazione nell'output del sensore

Sensibilità



Una piccola variazione dell'input provoca una piccola variazione corrispondente nell'output.

La SENSIBILITÀ è il rapporto tra la variazione dell'output e la variazione dell'input

Rumore



Il RUMORE è il livello di segnale presente nell'output del sensore non provocato dall'input del sensore

Vita utile



E' il tempo per il quale il sensore opera senza modificare le sue prestazioni

Stabilità



Capacità del sensore a conservare inalterate le sue caratteristiche di funzionamento per un certo intervallo di tempo (lungo, medio, breve).

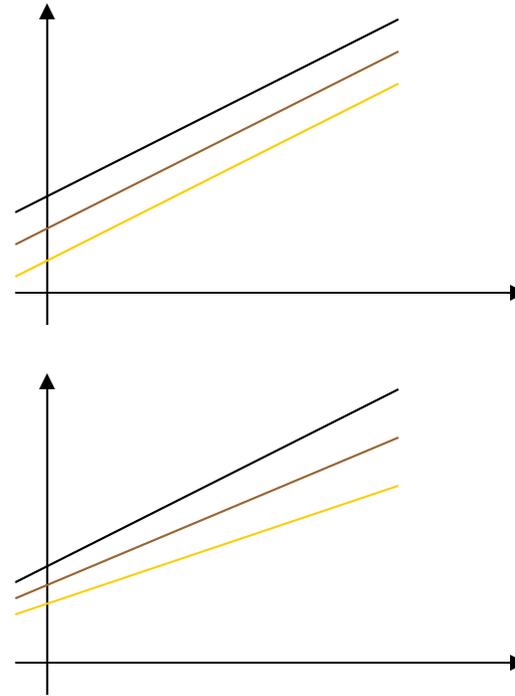
Altri parametri statici



- Tempo di risposta
- Range di ingresso
- Costo, dimensioni e peso
- Risposta in frequenza
- Fattori ambientali
- Temperatura max/min
- Tempo di warm-up
- Presenza di gas, fumi,...
- ...

alcuni parametri dinamici

- drift dello zero
 - ad esempio a causa della temperatura
- drift della sensibilità



Funzione dei sensori in un robot



- Percezione dello stato interno
(propriocezione)
- Percezione dello stato esterno
(esterocezione)

Funzione dei sensori in un robot



- Percezione dello stato interno: misura di variabili interne al sistema che sono usate per il controllo del robot. Ad esempio, la posizione dei giunti.

Funzione dei sensori in un robot



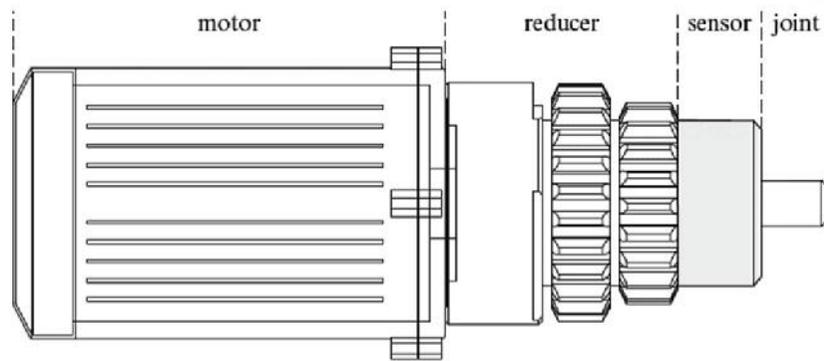
- Percezione dello stato esterno: misura di variabili caratterizzanti l'ambiente di lavoro, quali ad esempio la distanza, la prossimità, la forza.

Sensori di posizione

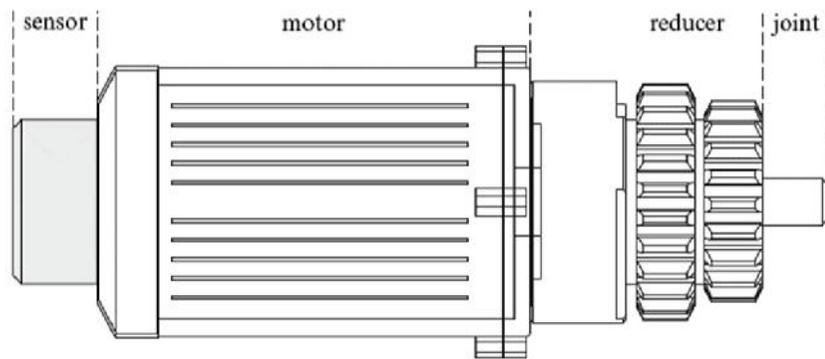


- Switch
- Encoder ottici
- Potenzimetri
- Sensori a effetto Hall

Posizionamento dei sensori di posizione



A valle del riduttore



A monte del riduttore

θ : posizione angolare del giunto

θ_m : posizione angolare del motore

k: rapporto di riduzione del motore

$$n = \frac{n_m}{k}$$
$$\frac{d_n}{d_{n_m}} = \frac{1}{k} \Rightarrow d_n = \frac{1}{k} d_{n_m}$$

=> l'errore di misura del sensore è ridotto di un fattore k

Switch

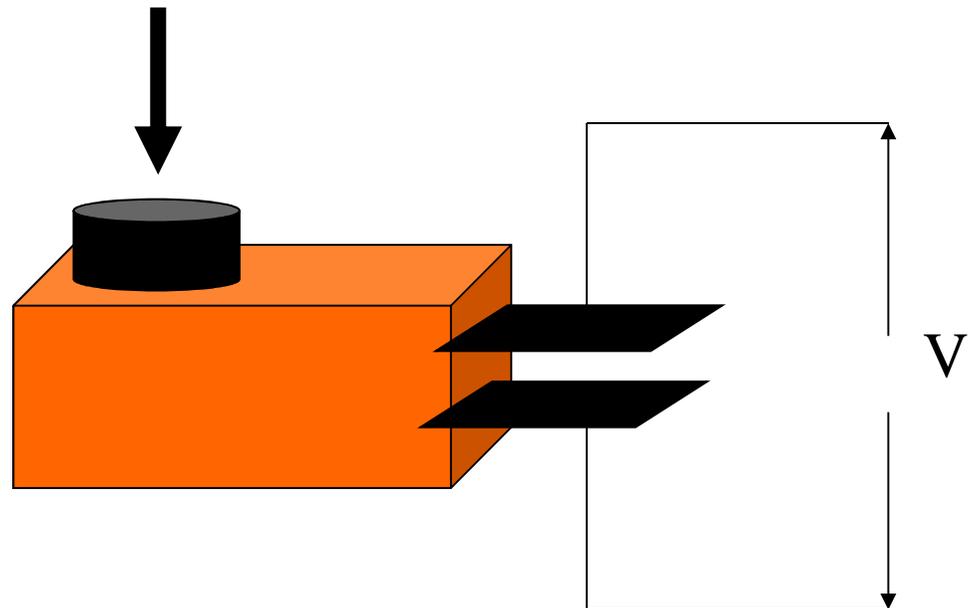
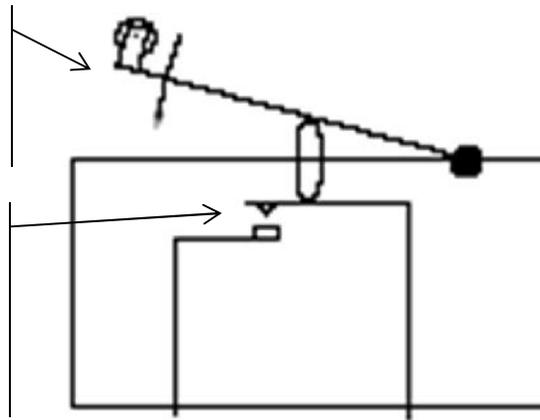


- Sensori di spostamento più semplici
- Forniscono un solo dato:
contatto / non contatto
- Applicazioni come sensori di posizione:
 - sensori di impatto su robot mobili
 - whisker
 - sensori di fine corsa per i giunti di un manipolatore

Switch meccanici

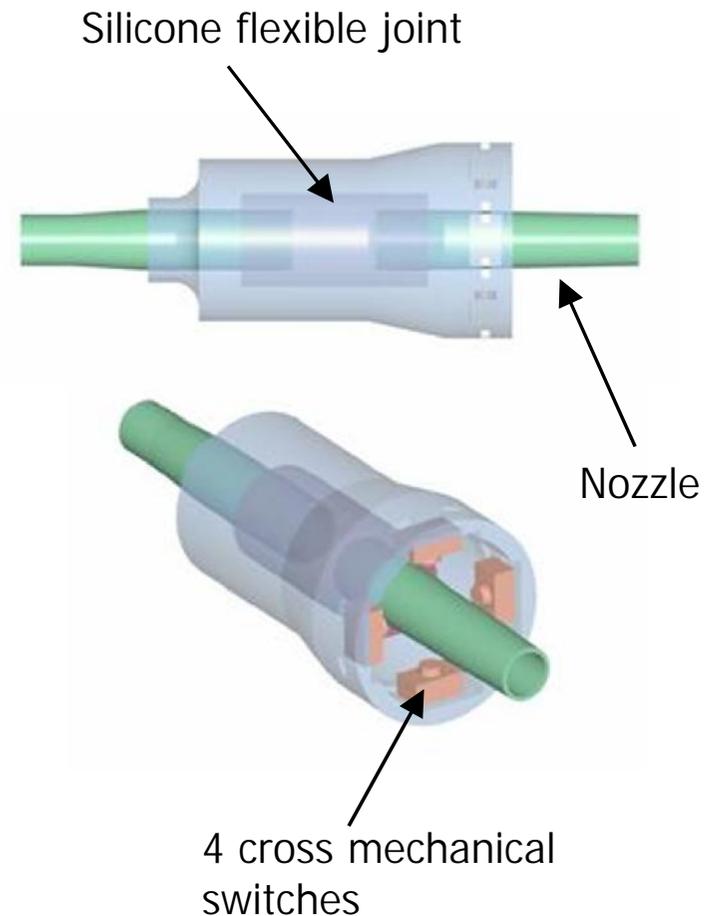
LEVETTA CHE VIENE
PREMUTA SE AVVIENE UN
CONTATTO

CONTATTO
MECCANICO CHE
CHIUDE UN CIRCUITO
ELETTRICO

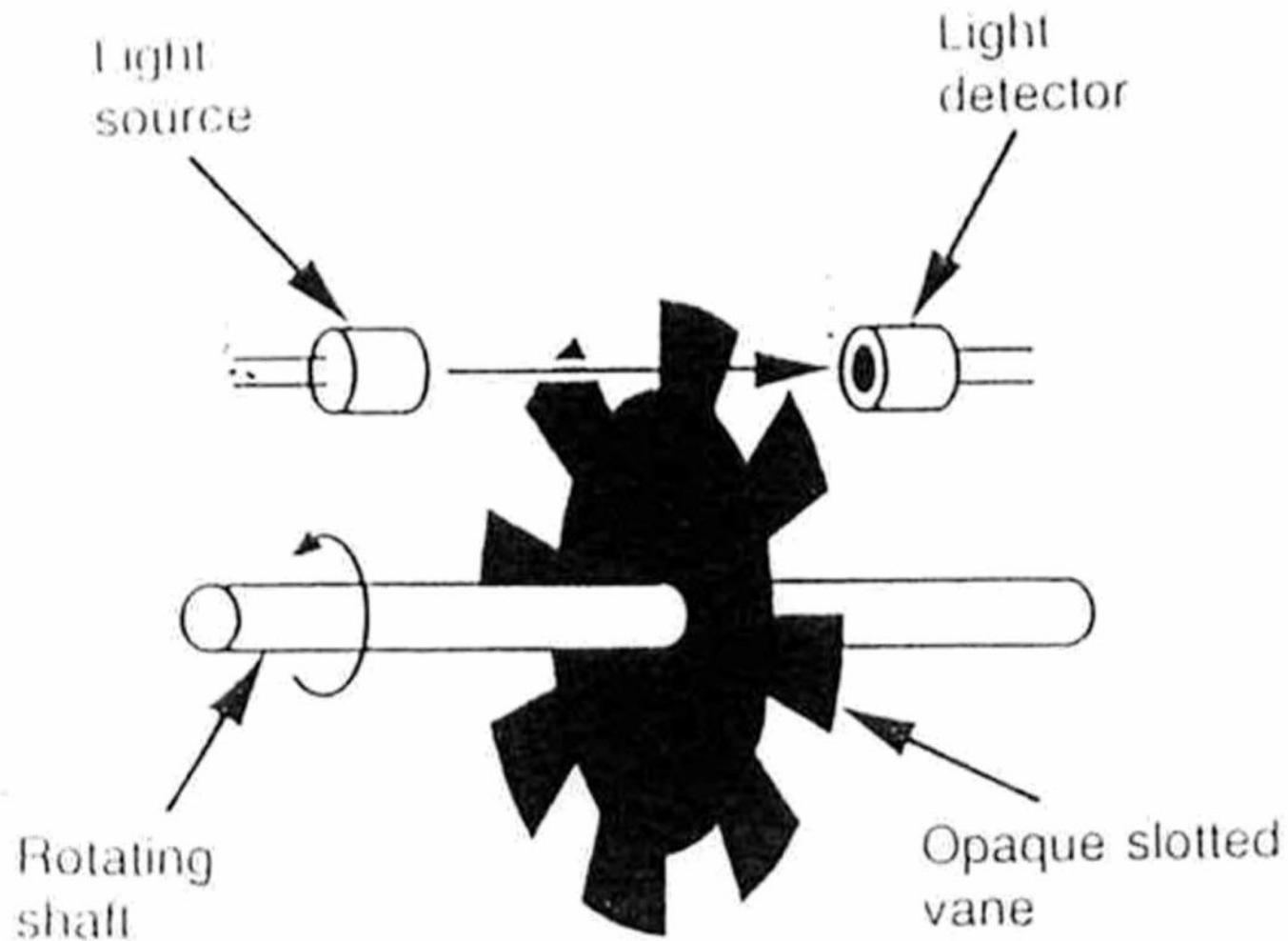


Oral-Joystick: human-machine interface of a feeding assistive device for the severely disabled

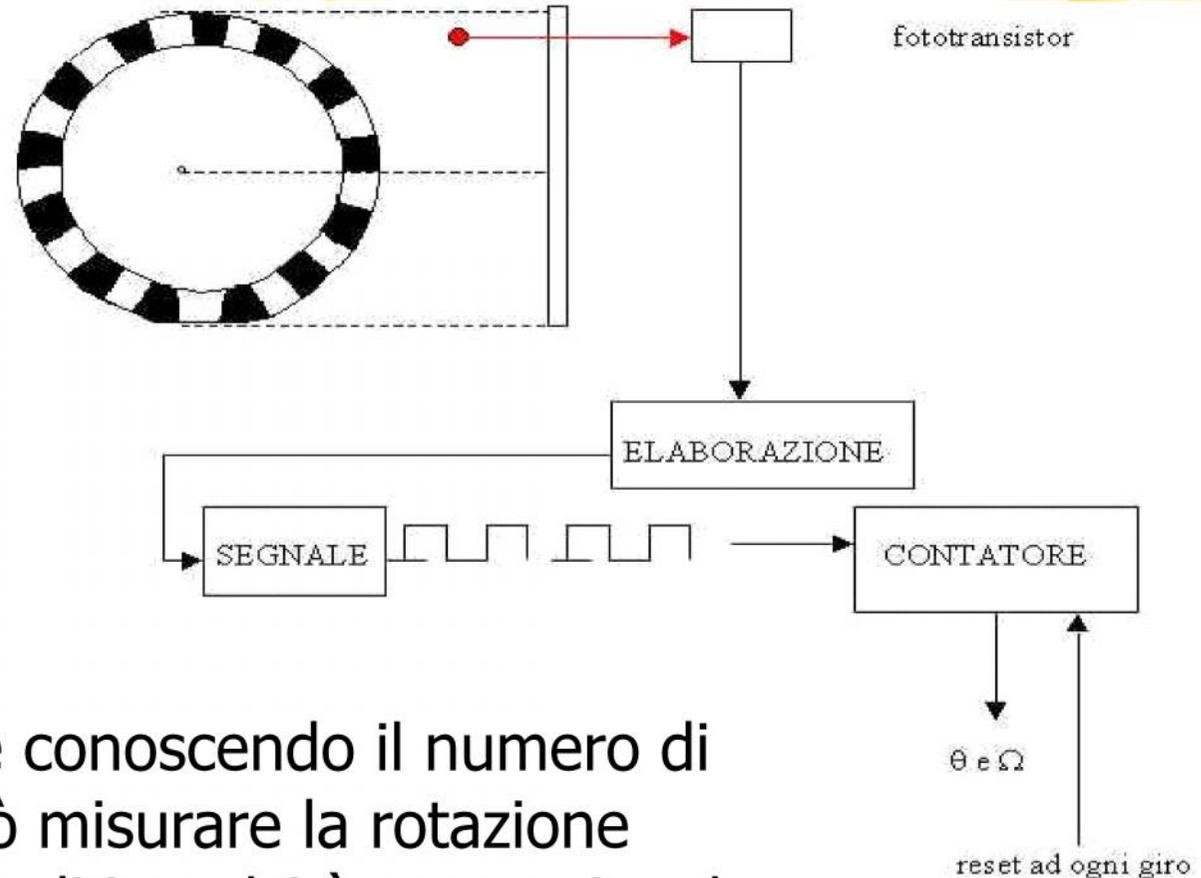
The Oral-Joystick is a straw-like tube for drinking with a nozzle, connected by a silicone flexible joint, in contact with four cross mechanical switches. The user can push the switches and activate specific functions of the feeding device, only with simple movements of the mouth.



Encoder ottici



Encoder incrementale



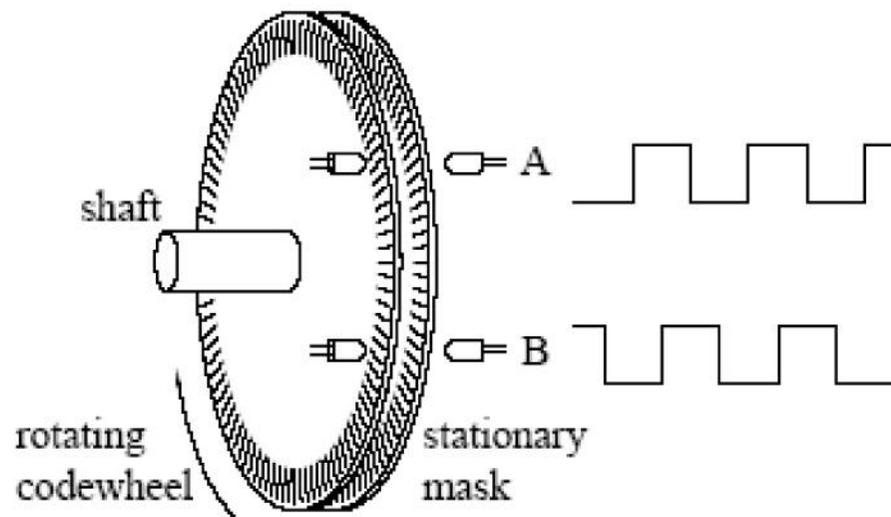
Contando gli impulsi e conoscendo il numero di tacche nel disco si può misurare la rotazione

La frequenza del treno di impulsi è proporzionale alla velocità angolare

Se n_c è il numero di tacche, la risoluzione è $360^\circ/n_c$

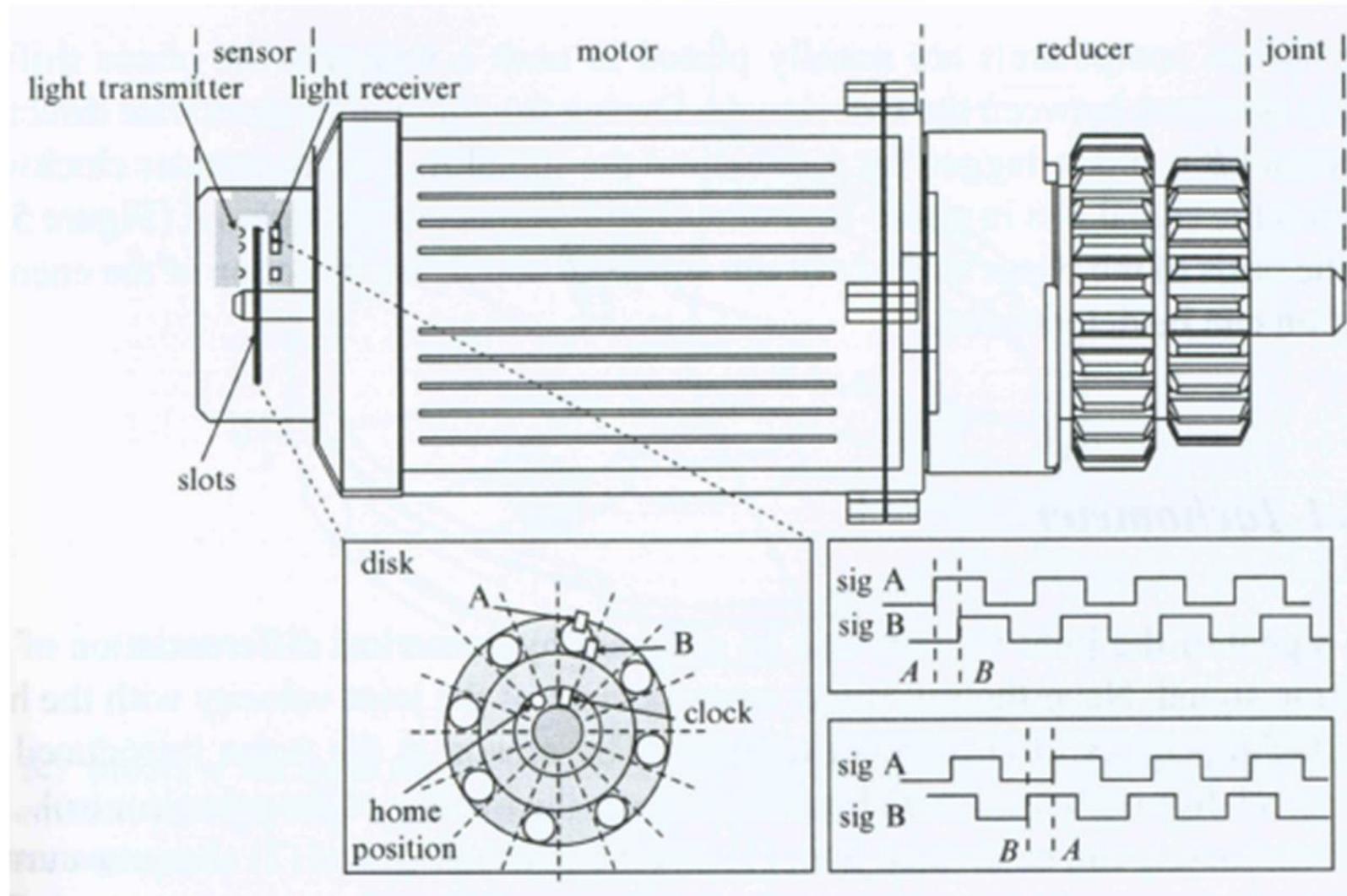
Encoder incrementale

- Usando due fotointerruttori si può determinare il verso della rotazione, tramite la relazione tra le fasi dei loro treni di impulsi

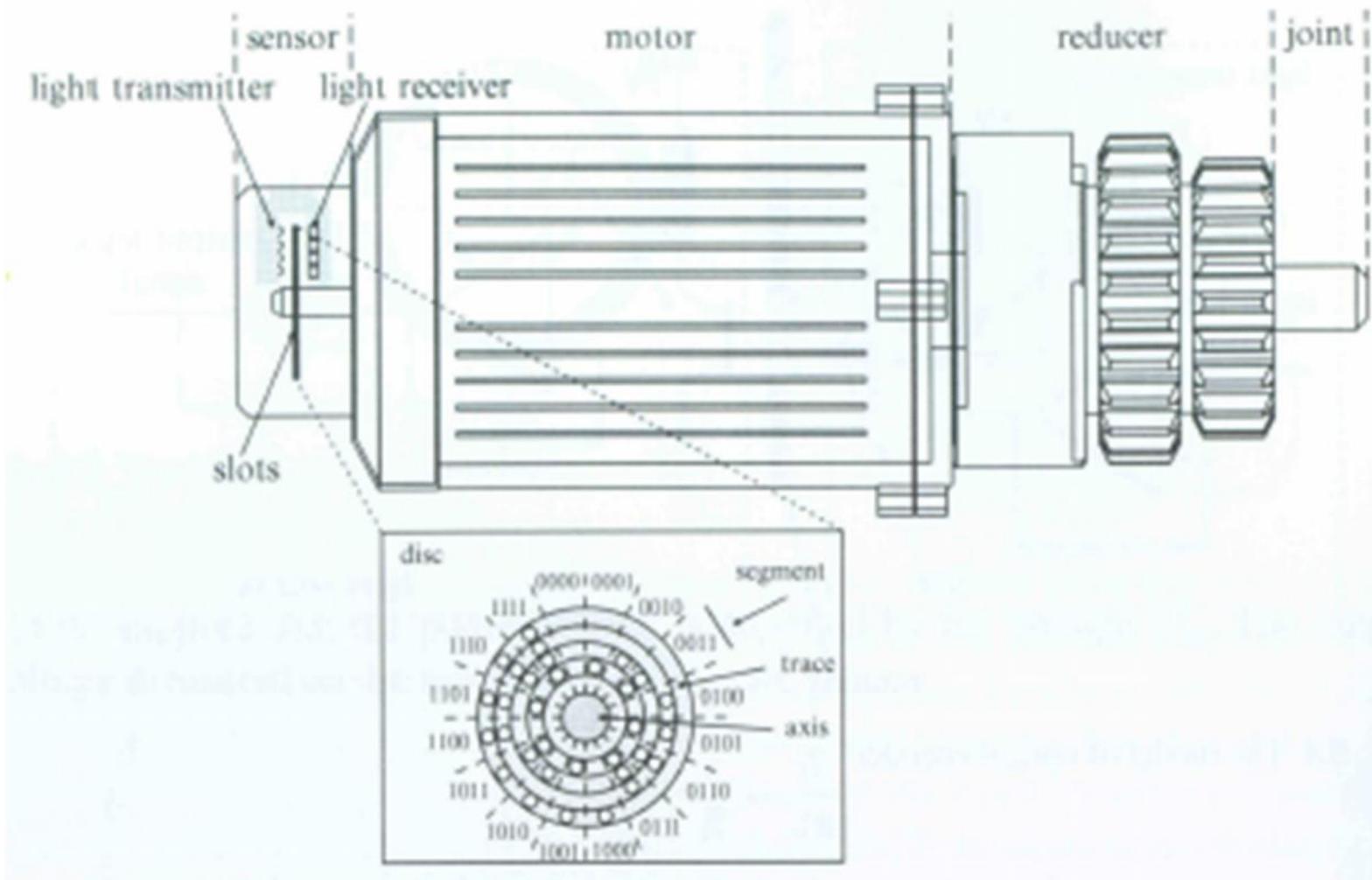


A e B sono sfasati di $\frac{1}{4}$ di ciclo
Una salita di A con B=0
corrisponde a una rotazione in
senso orario
Una salita di A con B=1
corrisponde a una rotazione in
senso anti-orario

Encoder incrementale



Encoder assoluto



Encoder assoluto



k fotointerruttori
k tracce di codice
Parola binaria a k bit, che
rappresenta 2^k diverse
orientazioni del disco
Risoluzione angolare di $360^\circ/2^k$

- Fornisce l'angolo di rotazione assoluto
- Ogni posizione è determinata univocamente

Encoder assoluto

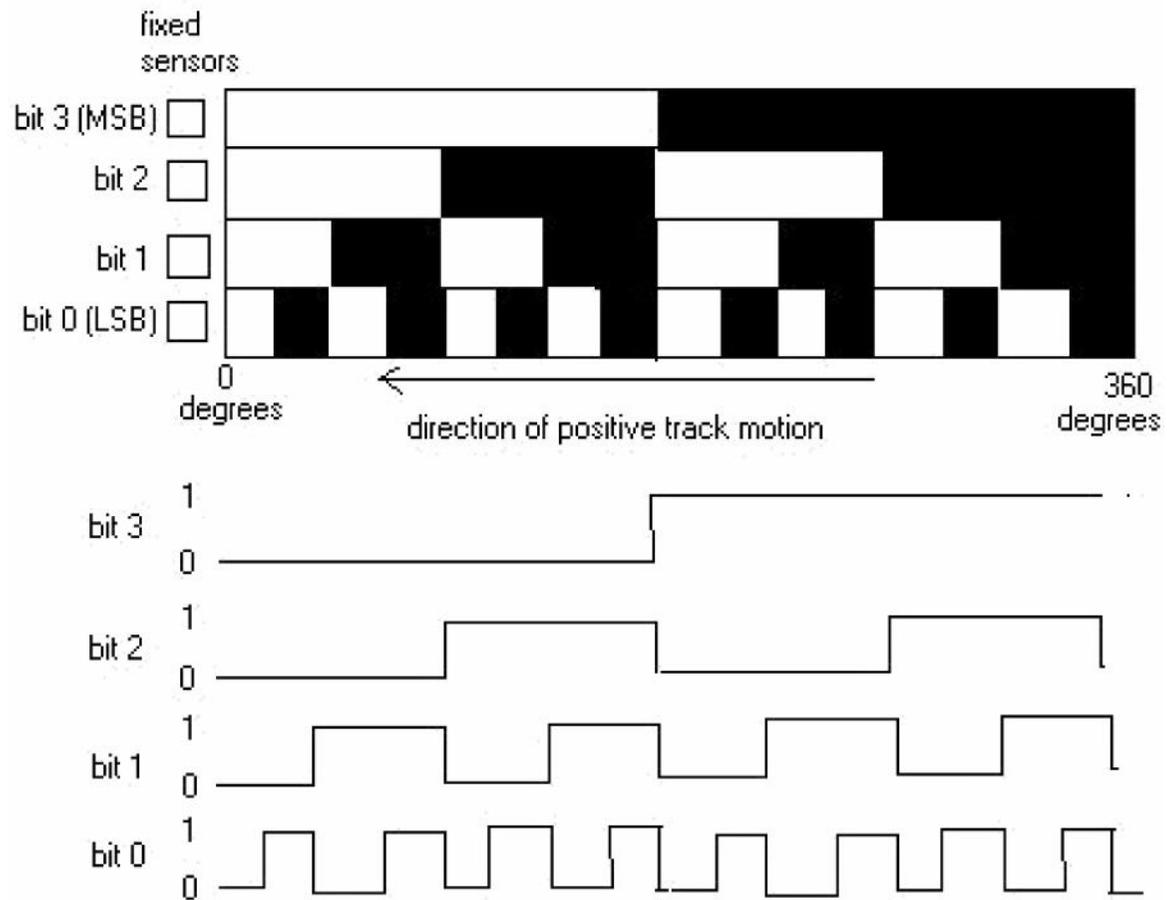


Fig 3 4-Bit binary code absolute encoder disk track patterns

Encoder assoluto Codice Gray

singola transizione

Decimale	Binario	Codice Gray
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101

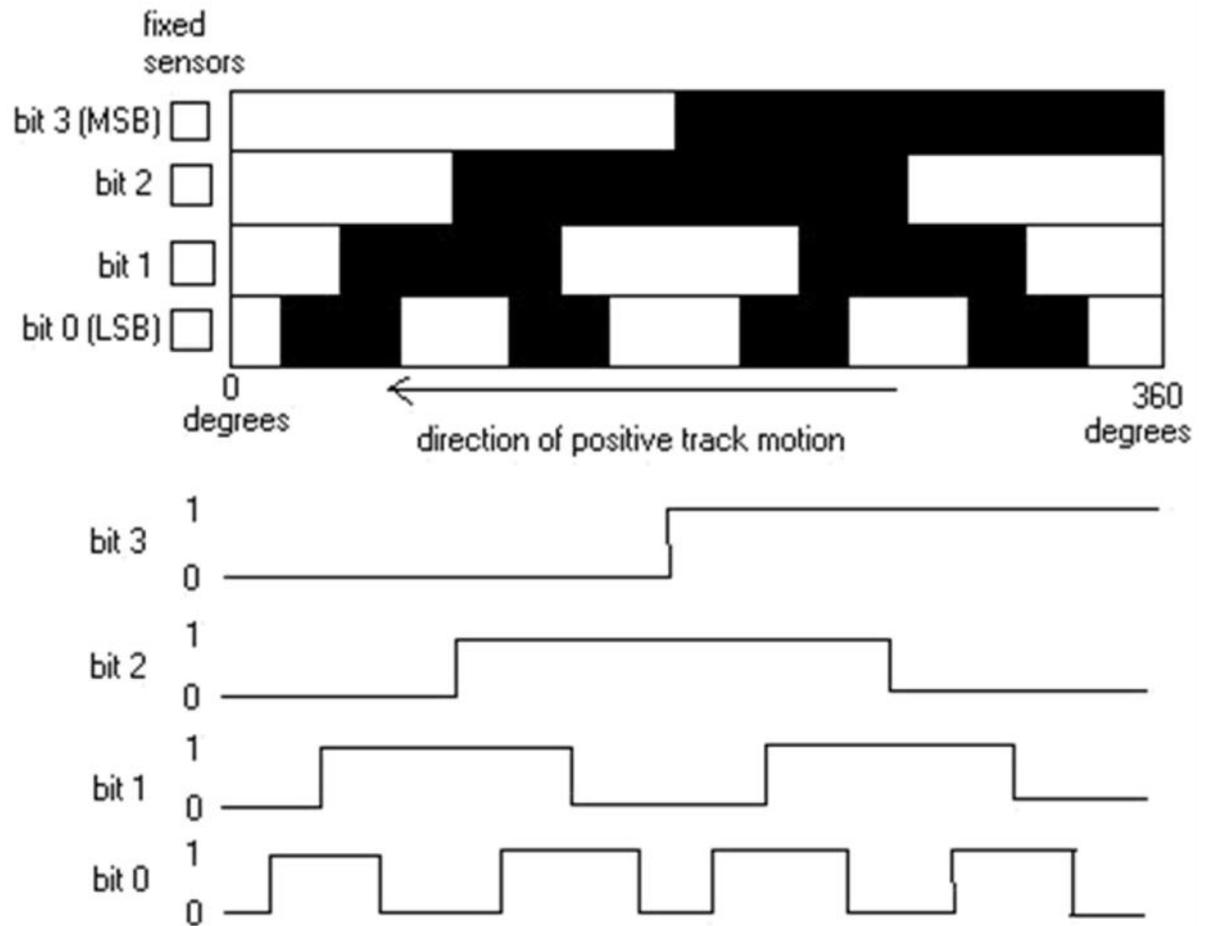


Fig 2. 4-Bit gray code absolute encoder disk track patterns

Encoder

