

*Robotica – Robot Industriali e di Servizio*

*Lezione 13:  
Sonar, e laser range scanner*



17 aprile 2013

*Sensori a tempo di volo*



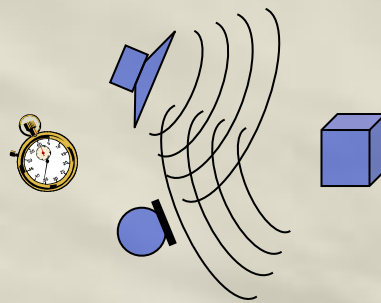
- ⇒ Misurano il tempo necessario a un determinato gruppo di onde per raggiungere un bersaglio e tornare indietro
- ⇒ Onde usate:
  - Acustiche
  - Luminose
- ⇒ Come:
  - A impulsi (pacchetti)
  - Modulate

Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 2

## *Sensori acustici (sonar)*

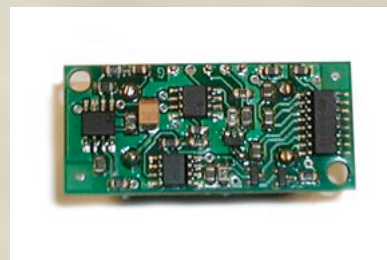
- ⇒ Nati per uso subacqueo
- ⇒ Funzionano anche nell'aria
- ⇒ Velocità del suono nell'aria:  $\sim 340 \text{ m/s} = 340 \text{ mm/ms}$
- ⇒ Distanza di 1m: quasi 6 ms perché il suono deve andare e tornare



Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 3

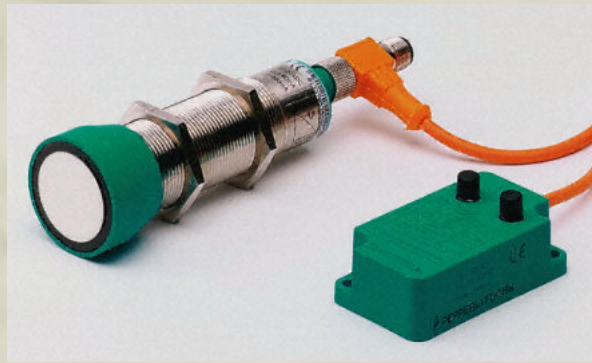
## *Un esempio "amatoriale"*



Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 4

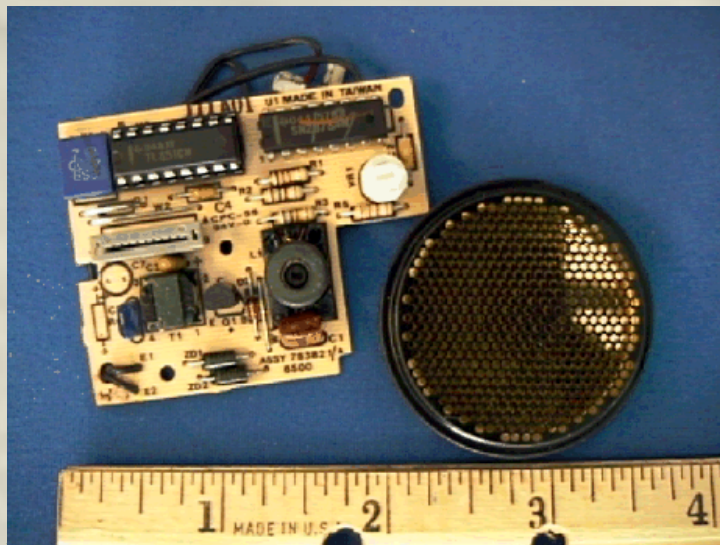
*Un esempio industriale*



Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 5

*Il sonar della Polaroid*

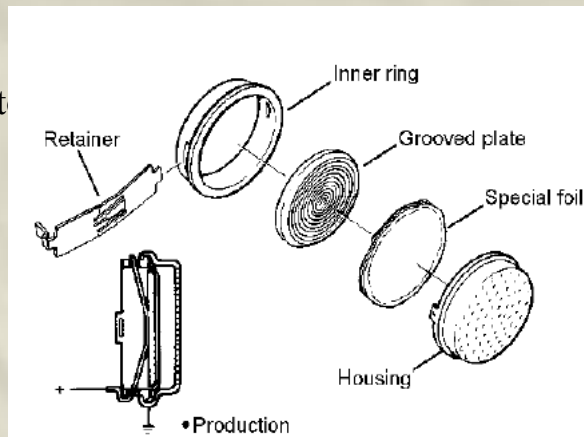


Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 6

## *Il trasduttore del sonar (in trasmissione)*

- ⇒ Si tratta di un trasduttore *capacitivo*
- ⇒ Sfrutta la forza che si esercita fra le armature di un condensatore
- ⇒  $F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$
- ⇒ Deve essere caricato a  $\sim 140V$



## *Il trasduttore del sonar (in ricezione)*

- ⇒ Si tratta di un trasduttore *capacitivo*
- ⇒ Sfrutta la variazione di f.e.m. che si verifica fra le armature di un condensatore variando la distanza fra le armature:

$$C = \frac{Q}{V} \quad C = \epsilon \frac{A}{d} \quad V = \frac{Qd}{\epsilon A}$$

- ⇒ Deve essere caricato a  $\sim 140V$

## Uso del meccanismo

- ⇒ Emettere un “chirp”
- ⇒ Frequenza: intorno a 50 KHz
- ⇒ Intensità: molto forte
- ⇒ Ascoltare
- ⇒ Amplificare e filtrare
- ⇒ Integrare e confrontare con una soglia

Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 9

## Sorgenti di errore

- ⇒ Temperatura
  - $v = 331 \text{ m/s} + (0.6 \text{ m/s/C}) \cdot T$
  - *La velocità del suono nell'aria secca, alla temperatura di 0°C, è di 331,6 m/s, ma aumenta al crescere della temperatura; a 20 °C, ad esempio, raggiunge il valore di 344 m/s. Essa, infatti, risulta proporzionale alla radice quadrata del rapporto tra pressione e densità: poiché al crescere della temperatura la densità diminuisce, la velocità, che è inversamente proporzionale alla radice di quest'ultima grandezza, aumenta.*
- ⇒ Pressione
- ⇒ Umidità
- ⇒ Percentuale di CO<sub>2</sub>

Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 10

### *Altri errori:*

⇒ Le onde che incidono su una superficie vengono:

- Assorbite
- Diffuse
- Riflesse

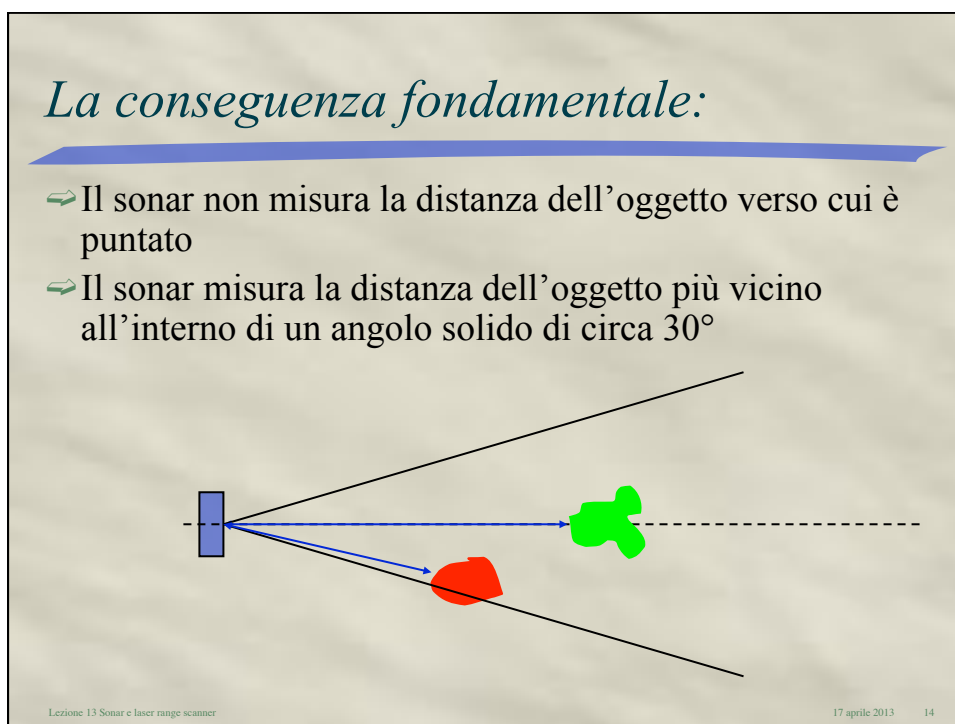
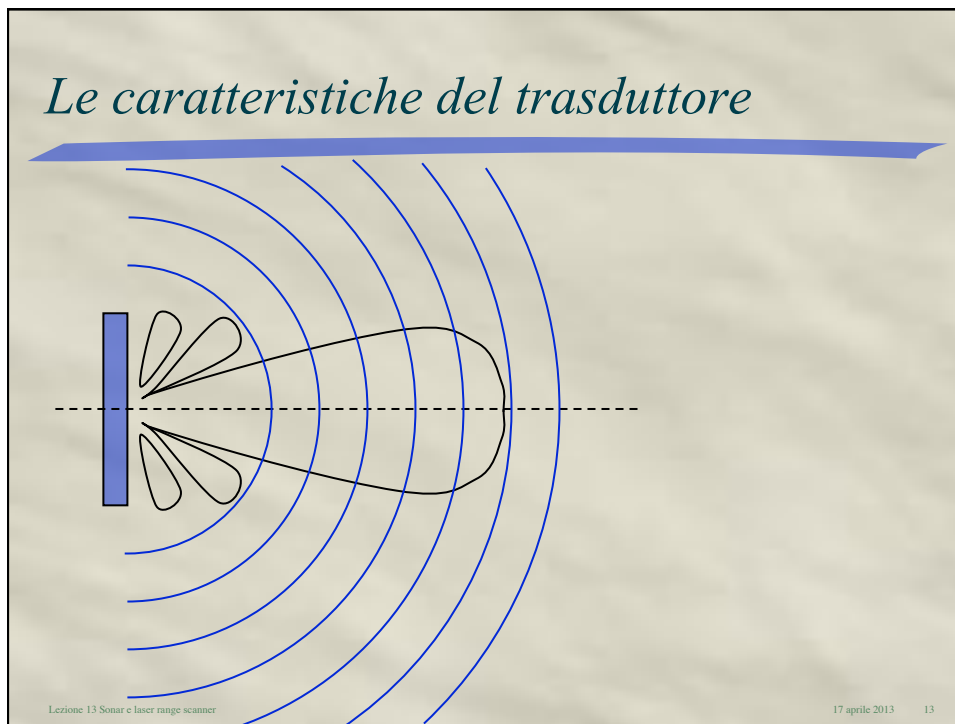
⇒ Il rapporto tra le tre frazioni dipende da:

- Natura del materiale - frequenza del segnale
- Scabrosità del materiale
- Angolo di incidenza

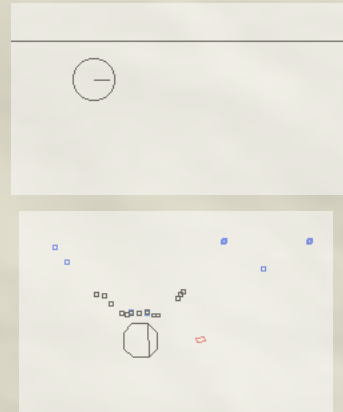
### *Altri errori:*

⇒ Eco non rilevata:

- Oggetto troppo piccolo
- Oggetto troppo assorbente
- Angolo di incidenza troppo piccolo



## *Risultati pratici:*



Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 15

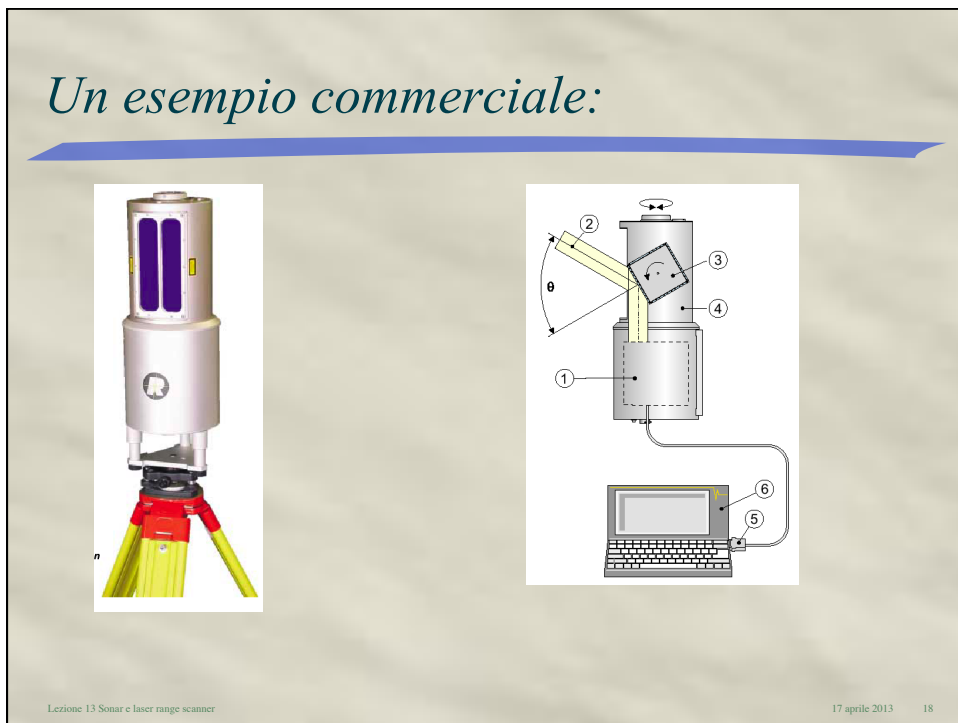
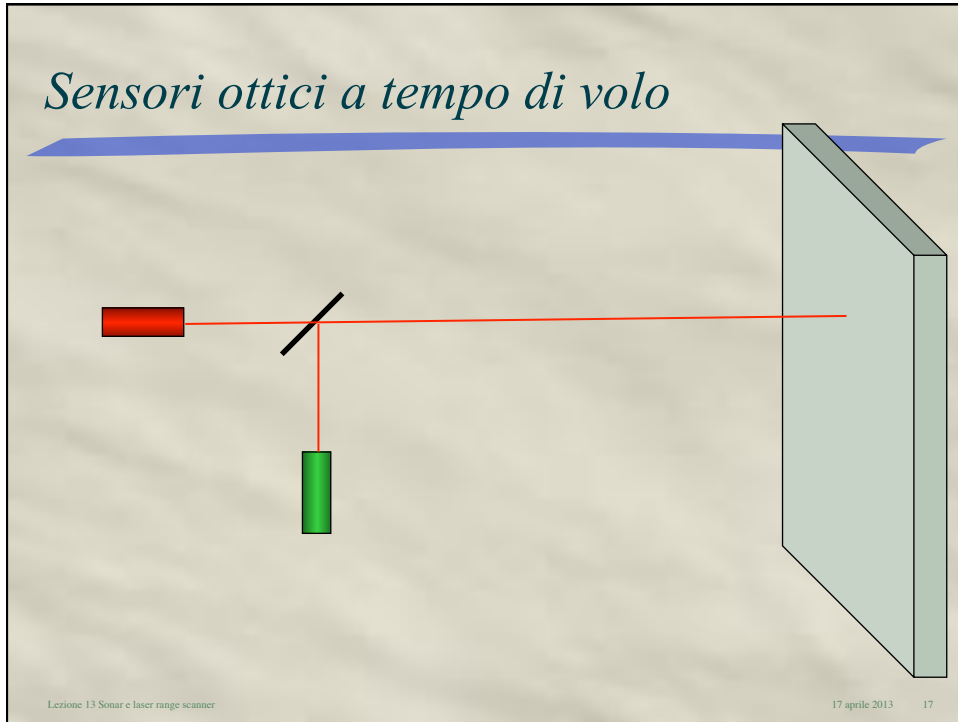
## *Un'altra conseguenza della scarsa direzionalità*

⇒ Possibilità di scambiare un'eco altrui per il proprio (eco)

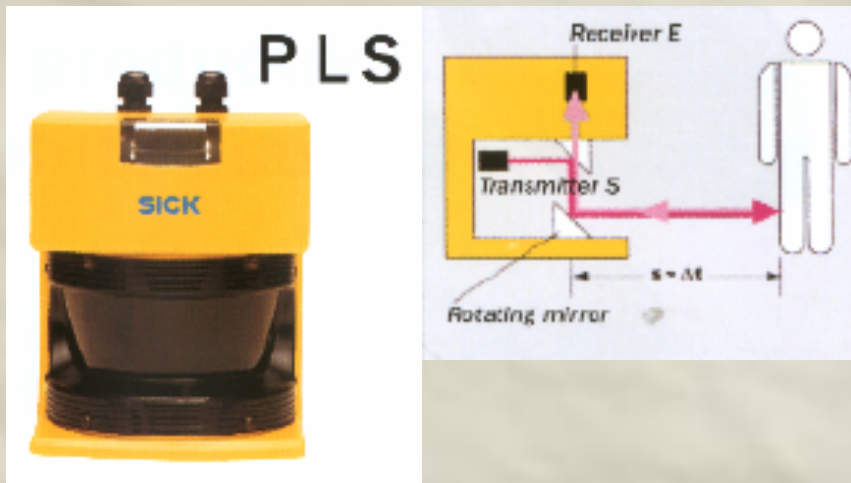
Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 16





## *Il sensore SICK PLS (Proximity Laser Scanner)*



Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 19

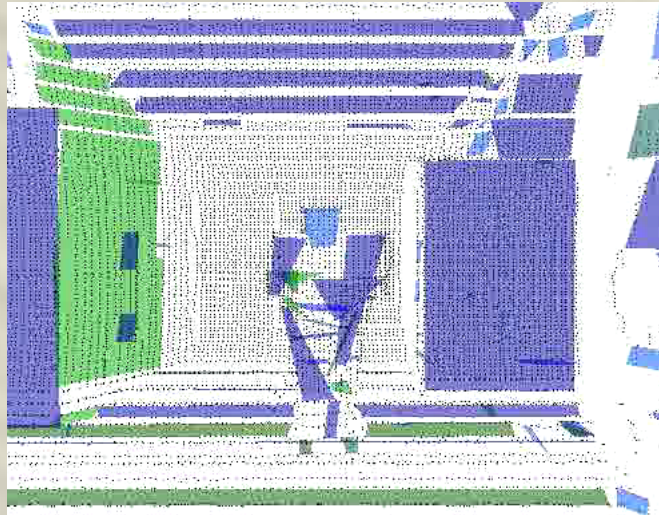
## *Sensore TOF usato come scanner:*



Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 20

### *I risultati:*



Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 21

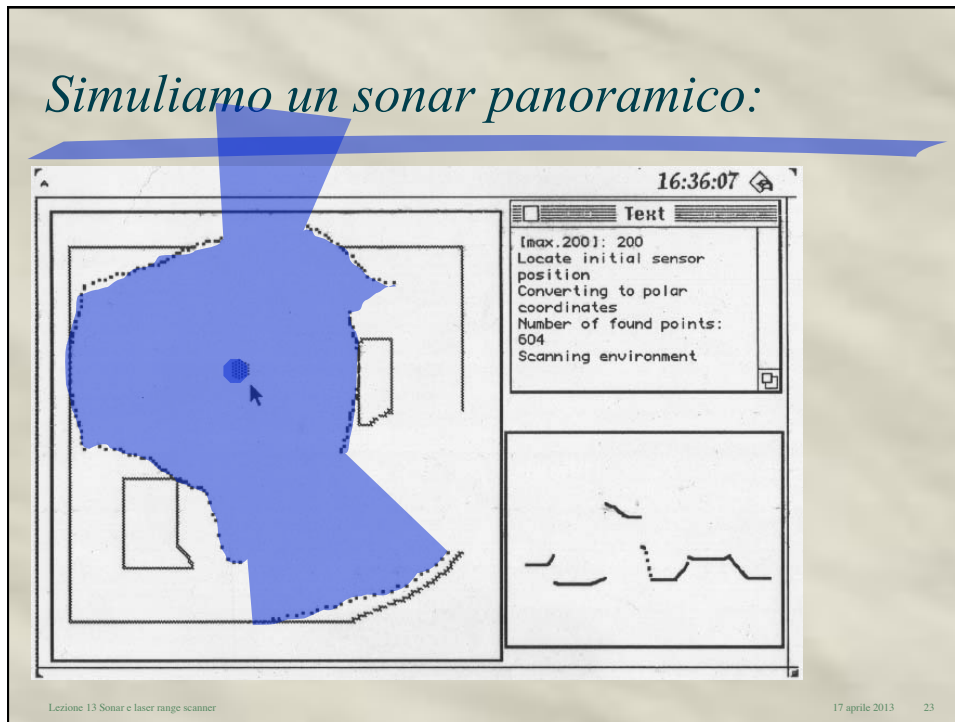
### *Le mappe di orizzonte*

- ⇒ Ottenute effettuando letture successive in direzioni diverse
- ⇒ Mostrano SOLO ciò che può essere visto dal punto di osservazione!
- ⇒ Sono basate sui dati (erronei) del sensore.

Lezione 13 Sonar e laser range scanner

17 aprile 2013 22

## *Simuliamo un sonar panoramico:*



## *Le mappe di occupazione (occupancy maps)*

⇒ Proviamo a costruirne una