



**AN 9803**

**CONTROLLI AD  
ULTRASUONI**

**Tecniche  
Non-Intrusive**



## INTRODUZIONE

I moderni sensori ad ultrasuoni possiedono un insieme di caratteristiche molto versatili, che consentono di realizzare applicazioni realistiche nel Controllo di Processo e nel Controllo Ambientale.

Il sensore ad ultrasuoni appartiene alla vasta classe dei misuratori a scandaglio, sebbene per qualche applicazione si stia passando a metodi di misura che sono notevolmente diversi.

In ogni caso, le caratteristiche di un moderno sensore industriale includono quanto segue:

- **programmabilità e intelligenza.**
- **visualizzatore incorporato per una facile parametrizzazione**
- **eventuale lettura della grandezza fisica)**
- **custodia robusta per ambienti gravosi, resistente alle vibrazioni**
- **controllo a microprocessore**
- **campi di misura da pochi centimetri ad oltre 10 m.**
- **eventuale capacità di cambiare autonomamente la propria parametrizzazione per adattarla a nuove condizioni di misura.**

## LO ECOScANDAGLIO

Il sensore ad ultrasuoni è basicamente é genericamente un ecoscandaglio ultra-acustico  
Vi é una prima differenziazione applicativa negli ecoscandagli ultrasuonori:

**Propagazione nei gas  
(20...100 kHz)**

**Propagazione nei solidi e liquidi  
(200...1000 kHz)**

Questa differente impostazione, basata su diverse frequenze ultrasoniche, ha originato due serie distinte di misuratori, che hanno però molto in comune.

Il sensore emette un fascio impulsivo di ultrasuoni. Il fascio è composto da una o più onde pulsanti che si espandono a partire dalla membrana di emissione. Come tutto ciò che si propaga, il fascio ultrasonoro si espande in forma conica, con un angolo tipico che dipende dalla geometria della testa del sensore e dalla presenza di eventuali lenti acustiche o guide d'onda.

La eco riflessa dal bersaglio ritorna al trasduttore. La distanza tra il bersaglio ed il sensore viene ricavata dall'intervallo di tempo tra la trasmissione del fascio e la ricezione dell'eco.

Il sensore converte l'intervallo di tempo in un segnale digitale che è utilizzato internamente per calcolare la distanza dell'oggetto rilevato.

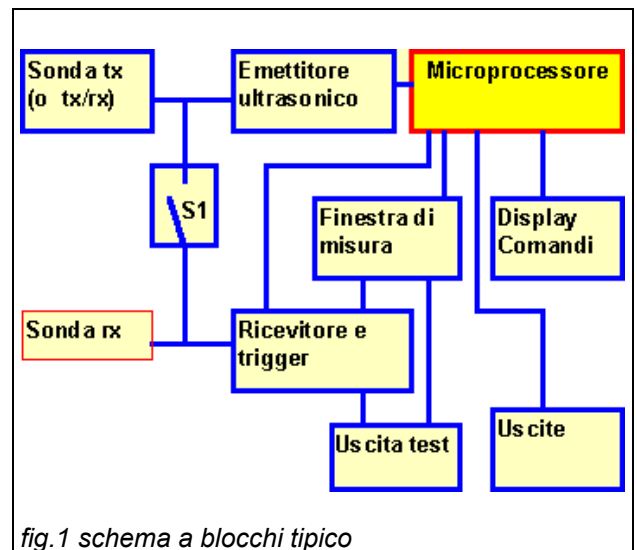


fig.1 schema a blocchi tipico

## INSTALLAZIONE CORRETTA

Diverse caratteristiche del bersaglio hanno effetto nell'eco ultrasonica. I principali parametri che influenzano la riflessione sono:

- tipo di superficie del bersaglio (fonoassorbenza)
- distanza del bersaglio (attenuazione del segnale)
- angolo di incidenza del fascio ultrasonico sul bersaglio
- dimensioni del bersaglio (energia riflessa)

Il sensore deve essere montato in modo tale, che abbia uno spazio libero fino al livello che deve essere misurato. Occorre quindi montare il sensore distante da pareti e da flussi d'ingresso o di uscita. Lo spazio davanti al sensore deve essere libero da ostruzioni. Ostacoli da accoppiamento, raccordi, giunzioni o guarnizioni possono causare eco spurie e degradare quindi le prestazioni del sensore.

### CONTROLLI NON-INTRUSIVI

Il controllore non-intrusivo opera per propagazione attraverso i solidi e i liquidi.. Il sistema offre il vantaggio di non richiedere nessun contatto diretto del sensore con il prodotto, poiché la sonda viene applicata esternamente alla parete del serbatoio o del tubo. E' quindi possibile misurare anche prodotti tossici, aggressivi, infiammabili e sotto pressione.

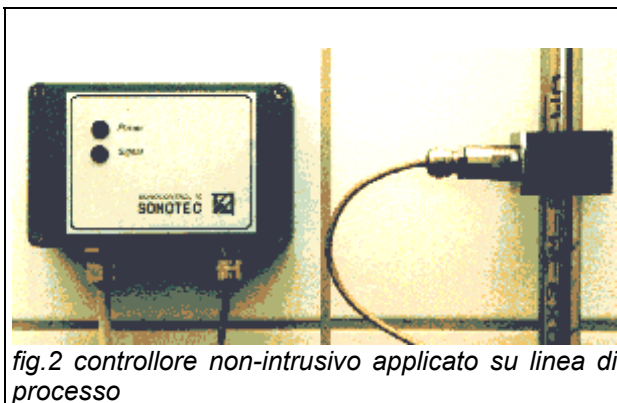


fig.2 controllore non-intrusivo applicato su linea di processo

Il controllore può essere utilizzato per una vasta gamma di applicazioni:

- controllo di livello in serbatoi
- protezione di minimo livello per pompe
- segnalazione di bolle gassose in liquidi
- misura di livello in contenitori sotto pressione
- controlli di dosaggio
- controllo del ghiaccio in celle frigorifere

### PRINCIPIO FISICO DI MISURA

Il controllore opera secondo il principio del tempo di volo. Il proiettore trasmette un breve impulso ultrasonico, che attraversa la parete del contenitore e si propaga nel liquido.

A seconda del tipo di misura i segnali ultrasonici vengono rilevati come eco dalla stessa sonda, oppure come segnali diretti ad una sonda separata, collocata sulla parete opposta.

Dopo l'invio dell'impulso, le eco ricevute vengono selezionate tramite una finestra temporale, e quindi elaborate. Un microprocessore si incarica di effettuare tutte le attività di comando.

Il controllore consente diversi modi d'uso:

- **IMPULSO-ECO**  
(riflessione con una sonda)
- **EMETTITORE-RICEVITORE**  
(barriera con due sonde)
- **VARIAZIONE ASSORBIMENTO**  
(tastatore con una sonda)

Nel seguito vengono brevemente descritti cinque modi tipici di funzionamento.

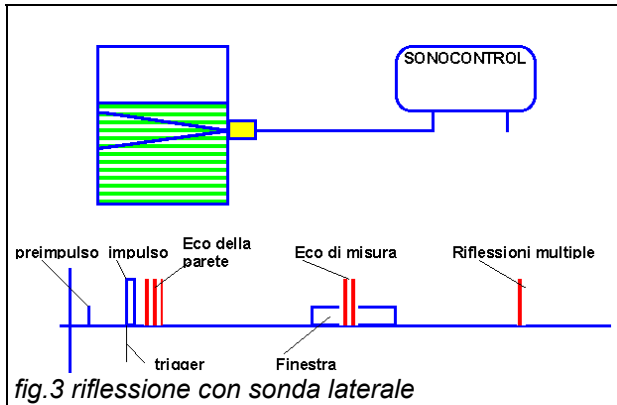
### IMPULSO-ECO

con sonda laterale

La sonda viene accoppiata lateralmente al contenitore.

Essa trasmette un breve impulso attraverso la parete nel contenitore.

Se nel contenitore è presente il liquido fino a questo livello l'impulso lo attraversa, viene riflesso dalla parete opposta del contenitore e viene rilevato come eco dalla sonda. Se invece a questo livello non si trova nessun liquido, l'eco non si forma.



Tramite filtraggio mediante finestra temporale viene valutata l'eco nella posizione prevista e viene restituito un segnale.

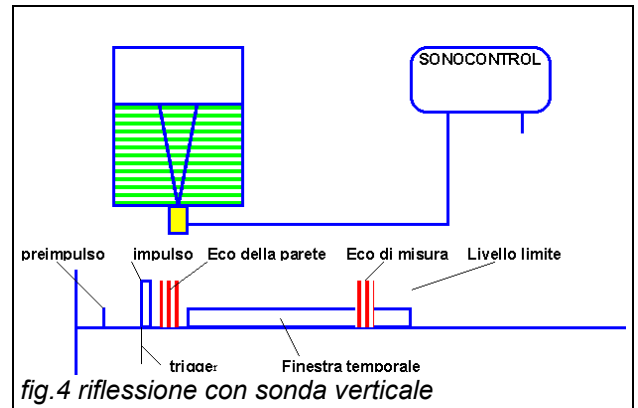
*Discriminazione di stato:*

- segnale ultrasonico all'interno della finestra temporale = raggiunto il limite di livello
- nessun segnale all'interno della finestra temporale = livello al di sotto del limite

### IMPULSO-ECO con sonda verticale

La sonda a ultrasuoni viene accoppiata alla base del contenitore, in modo che l'impulso venga inviato verticalmente verso l'alto (inclinazione rispetto alla perpendicolare max. 2°-3°). L'impulso viene riflesso dalla superficie del liquido e torna alla sonda. In questo modo è possibile impostare il limite di livello tramite l'impostazione della finestra temporale.

Occorre ovviamente tener conto di eventuali variazioni di temperatura o di assorbimento che possono influire sulla velocità di propagazione dell'impulso.



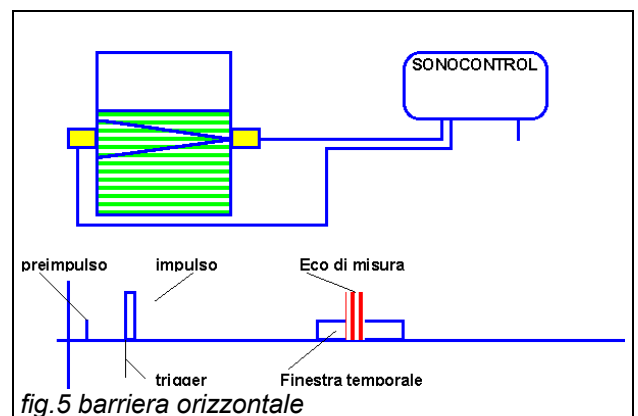
*Discriminazione di stato*

- segnale ultrasonico nella finestra temporale = livello al di sotto del limite
- nessun segnale all'interno della finestra temporale = raggiunto il livello limite

### EMETTITORE-RICEVITORE con sonde laterali

Con il metodo emettitore-ricevitore vengono montate due sonde opposte l'una all'altra all'esterno del contenitore. Una sonda opera esclusivamente come emettitore, mentre l'altra opera come ricevitore, captando l'eco ritardata dal tempo di volo.

Tramite la separazione fra emettitore e ricevitore si riducono sensibilmente le oscillazioni di risonanza dopo l'invio dell'impulso.



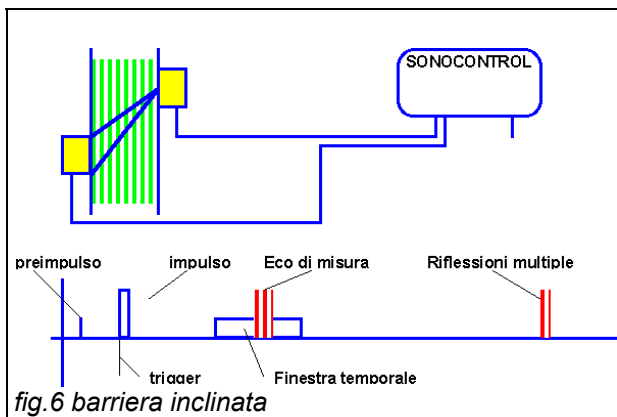
*Discriminazione di stato:*

- *segnale ultrasonico nella finestra temporale = raggiunto il limite di livello*
- *nessun segnale all'interno della finestra temporale = livello al di sotto del limite*

### EMETTITORE-RICEVITORE

con sonde inclinate

Per la rilevazione di liquidi in tubi metallici è applicabile il metodo emettitore-ricevitore con sonde inclinate. Si possono in tal modo sopprimere efficacemente le eco di disturbo (impulsi che si espandono nella parete metallica). Anche in questo caso una sonda opera come proiettore e l'altra come ricevitore.



*Discriminazione di stato:*

- *segnale ultrasonico nella finestra temporale = raggiunto il limite di livello*
- *nessun segnale nella finestra temporale = livello al di sotto del limite*

### VARIAZIONE ASSORBIMENTO

nel mezzo

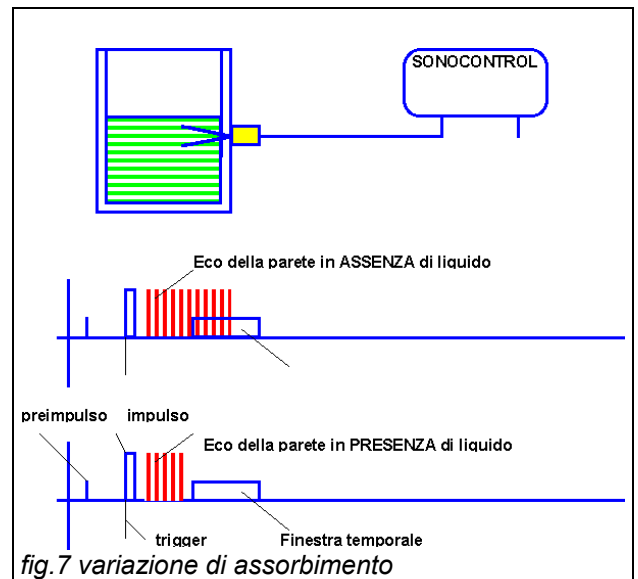
Questa tecnica di misura si scosta sensibilmente dal principio base dell'ecoscandaglio.

Con la misura della variazione di assorbimento viene rilevata la risonanza nella parete del contenitore.

La sonda viene applicata all'esterno su una parete laterale al livello del valore limite di riempimento.

Se a questo livello non si trova nessun liquido, la risonanza della parete metallica non viene smorzata e permane per un tempo relativamente lungo.

Se invece è presente il liquido, la risonanza della parete si smorza velocemente.



*Discriminazione di stato*

- *segnale ultrasonico nella finestra temporale = livello al di sotto del limite*
- *nessun segnale nella finestra temporale = raggiunto il limite di livello*

### CONDIZIONI DI LAVORO

Il controllore a ultrasuoni non-intrusivo può essere predisposto per il controllo della maggior parte dei liquidi.

#### Condizioni per il metodo di misura a VARIAZIONE DI ASSORBIMENTO:

Questo metodo è senza dubbio quello più tollerante rispetto alle caratteristiche del prodotto da controllare. Restano comunque da osservare le seguenti condizioni:

- I contenitori adatti sono in metallo, plastica e vetro. I contenitori in metallo di fusione, gomma, maiolica o calcestruzzo non sono adatti.
- La parete del contenitore deve generalmente essere sottile rispetto al cammino nel liquido. La superficie di accoppiamento fra sonda e parete non deve essere discontinua (nessun solco, sporgenza, linea di saldatura), ad evitare che la propagazione degli impulsi avvenga in modo diffuso.

### Condizioni per i metodi IMPULSO-Eco EMETTITORE-RICEVITORE

Oltre alle condizioni e precauzioni descritte per il metodo a variazione di assorbimento, valgono le seguenti condizioni:

- Il liquido deve essere a basso assorbimento. Generalmente ciò coincide con una bassa viscosità. Sono tollerate solo quantità minime di corpi estranei nel liquido. Un'alta quantità di particelle in sospensione comporta un notevole assorbimento; con una sensibile diminuzione del massimo campo di misura, per il quale valgono i seguenti valori indicativi:

<b>liquidi a fonoassorbenza:</b>	
<b>bassa</b>	<b>10.000 mm</b>
<b>ad es. acqua, benzina, etanolo, liquidi a base acquosa, olii leggeri</b>	
<b>liquidi a fonoassorbenza</b>	
<b>media</b>	<b>1000 mm</b>
<b>ad es. olii viscosi</b>	
<b>liquidi a fonoassorbenza</b>	
<b>alta</b>	<b>100 mm</b>
<b>ad es. olii molto inquinati, liquidi contenenti particelle solide</b>	

Non devono essere presenti parti meccaniche lungo il percorso degli impulsi (agitatori o simili)

- Il liquido non deve essere sede di forti flussi. La sonda va installata lontano da condotti di immissione o di scarico
- La funzionalità del sistema può essere compromessa da forti variazioni di temperatura che influiscono sulla velocità di propagazione degli impulsi

### ACCOPPIAMENTO DELLA SONDA

Il controllore a ultrasuoni prevede l'accoppiamento della sonda alla parete esterna di contenitori, tubi e simili. Le sonde vengono fissate a seconda delle specifiche caratteristiche costruttive.

Il fissaggio viene effettuato tenendo conto del tipo di contenitore e del tipo di sonda:

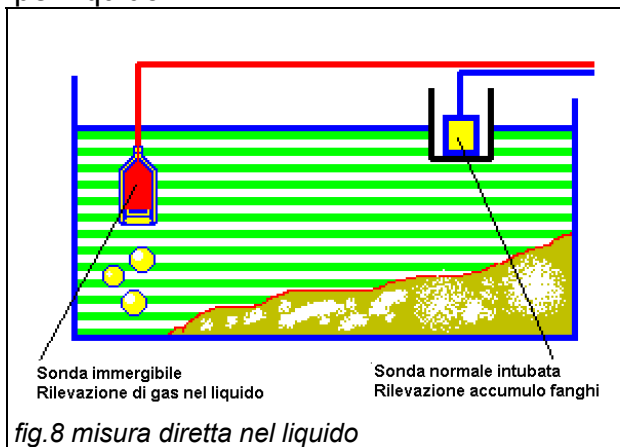
- Incollatura diretta della sonda al contenitore con uno speciale sigillante
- Avvitamento della sonda ad un dispositivo di fissaggio, montato sul contenitore o sul tubo

Il buon accoppiamento acustico è di importanza fondamentale per la sensibilità del sistema. Occorre quindi osservare le seguenti direttive:

- La superficie di accoppiamento per la sonda deve essere piana e liscia. Superfici irregolari (ad es. serbatoi in fibra di vetro) rendono difficoltosa la propagazione e non sempre consentono misure corrette. Tra sonda e contenitore deve essere quindi interposto un materiale di accoppiamento. Per funzionamento continuo la sonda deve essere direttamente incollata. Per misure discontinue può essere usata una speciale pasta di accoppiamento.
- La sonda deve essere applicata perpendicolarmente al contenitore con una lieve pressione.

**MISURA DIRETTA NEL LIQUIDO**

Per applicazioni particolari si può porre la sonda direttamente nel liquido e indirizzarla verso l'oggetto di misura.. Ciò può essere realizzato mediante sonde speciali immergibili, o tramite accoppiatori per liquido.



L'accoppiatore del presente esempio è un semplice contenitore sul cui fondo viene applicata una normale sonda. L'accoppiatore viene poi immerso nel liquido attraverso il quale si vuole fare la misura. Con un semplice accoppiatore così costruito è possibile controllare il fondo di vasche, serbatoi e canali.

**LO STRUMENTO**

Il controllore di misura deve possedere caratteristiche di buona programmabilità, possibilmente con display di servizio.

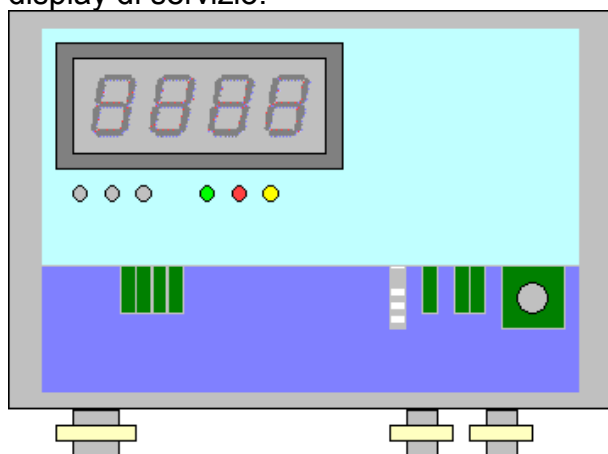


fig.9 controllore programmabile

I parametri che devono essere impostati sul controllore sono almeno come da seguente tabella

<b>P0</b>	<b>modo programmazione</b>
<b>P1</b>	<b>inizio della finestra temporale</b>
<b>P2</b>	<b>ampiezza finestra temporale</b>
<b>P3</b>	<b>sensibilità</b>
<b>P4</b>	<b>commutazione di uscita</b>
<b>P5</b>	<b>frequenza della sonda</b>
<b>P6</b>	<b>intervallo permanenza dei dati</b>
<b>P7</b>	<b>inizio tempo di integrazione</b>
<b>P8</b>	<b>fine tempo di integrazione</b>
<b>SAFE</b>	<b>memorizzazione dei parametri</b>
<b>End:</b>	<b>fine impostazione parametri</b>

Con P1 e P2 si regola la finestra temporale entro cui si ritengono valide le eco ricevute.

La velocità degli ultrasuoni, poco influenzata dalla temperatura, è riportata per i liquidi più comuni nella seguente tabella:

<b>Acqua (20°C)</b>	<b>1455 m/s</b>
<b>Alcool etilico</b>	<b>1180 m/s</b>
<b>Acetone</b>	<b>1200 m/s</b>
<b>Olio diesel (leggero)</b>	<b>1250 m/s</b>
<b>Olio per trasformatori</b>	<b>1425 m/s</b>
<b>Propano liquido</b>	<b>600 m/s</b>

Il fattore di conversione da microsecondi a millimetri per misure a riflessione in liquidi simili all'acqua si può approssimare in 0.7.

1000 microsecondi = circa 700 mm.

Aprile 1998  
a cura di  
G. Giofò  
FAE S.r.l. - Milano