



Istituto Tecnico Industriale e Liceo Scientifico “Luigi Pietrobono” di Alatri

Prof.ssa Pia Astone, Dr. Fausto Casaburo, Prof. Augusto Cerica, Prof. Catello D’Auria,
Prof.ssa Francesca di Mauro, Prof.ssa Annamaria Di Vico

a.s. 2021/22

Alunni: Ascani Nicolò, Galuppi Gaia, Pietrobono Aurora, Pongelli Francesco, Caperna Serena, Ludovici Gaetano, Deda Daniel e Luca Mizzoni, Frasca Luciano, Giovannetti Gabriele, Marucci Benedetta, Moriconi Aurora, Severa Filippo, Agostini Vanessa, Arcese Beatrice, Martone Leonardo, Vona Daniele.

Data 14/03/2022

“Misura della velocità del suono con Arduino”

•**Obiettivo dell’esperimento:**

Misurare la velocità del suono con Arduino.

•**Richiami teorici:**

L’onda sonora è un’onda meccanica (quindi ha bisogno di un mezzo per propagarsi) longitudinale, che consiste in una variazione di pressione del mezzo. La velocità di propagazione dipende, oltre che dal mezzo stesso, anche dalle condizioni ambientali. Ad esempio, in aria secca, alla pressione atmosferica normale di $1,01 \cdot 10^5$ Pa e alla temperatura di 0°C , il suono si propaga con una velocità di circa 332 m/s. A temperatura ambiente, invece, si propaga con una velocità di circa 344 m/s.

•**Strumenti utilizzati:**

- Cavi Duponts;
- Breadboard,
- Scheda programmabile Arduino UNO;
- Sensore a ultrasuoni HC-SR04 (sensibilità $\pm 10 \mu\text{s}$),
- Condensatore di capacità $10 \mu\text{F}$;
- Resistore da 100Ω ,
- Riga (sensibilità $\pm 1\text{mm}$);
- Termometro ambiente (sensibilità $\pm 0.1^\circ\text{C}$)

- Computer.

•**Schema dell'esperimento:**

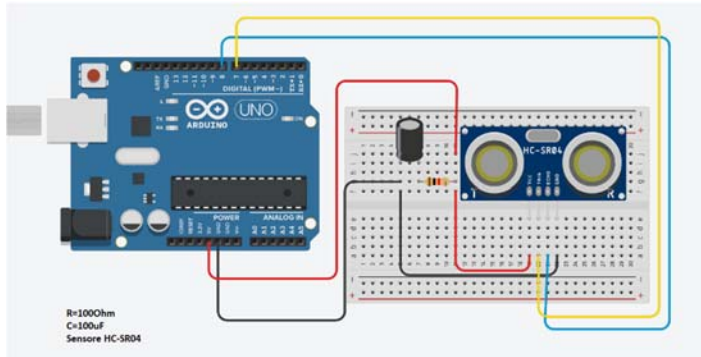


Fig. 1a: Schema di collegamento



Fig.1b: Setup sperimentale.

•**Acquisizione dati:**

Per effettuare le misure, abbiamo innanzitutto collegato il sensore a ultrasuoni alla scheda Arduino (Fig. 1a). Dopodichè, ponendo un ostacolo a una distanza dal sensore d (misurata con la riga), abbiamo misurato, tramite Arduino, il tempo impiegato dall'ultrasuono a raggiungere l'ostacolo. In particolare, il programma (sketch) effettua N misure (nel nostro caso $N=50$) e ne calcola la media:

$$\langle t \rangle = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{N} \quad 1$$

l'incertezza statistica sulla media:

$$\sigma_{\langle t \rangle} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad 2$$

dove la deviazione standard σ è definita:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - \langle t \rangle)^2}{N - 1}} \quad 3$$

e l'incertezza totale dovuta al contributo dell'incertezza statistica $\sigma_{\langle t \rangle}$ e alla sensibilità del sensore σ_{sis} :

$$\sigma_{\text{tot}} = \sqrt{\sigma_{\langle t \rangle}^2 + \sigma_{\text{sis}}^2} \quad 4$$

I dati raccolti di tempo medio e distanza sono riportati in Tabella 1.

Tab. 1: Tempo medio e distanza misurati.

<i>Tempo</i> •10 ⁻⁶ (s)	<i>Distanza</i> •10 ⁻² (m)
425.3 ± 5.2	15.0 ± 0.1
565.4 ± 5.2	20.0 ± 0.1
702.5 ± 5.9	25.0 ± 0.1
852.4 ± 5.7	30.0 ± 0.1
1012.1 ± 5.7	35.0 ± 0.1
1159.3 ± 6.2	40.0 ± 0.1

Inoltre, per poter confrontare il valore di velocità del suono misurato, con quello atteso, è stata misurata la temperatura ambientale T=(23.0±0.1)°C.

•Analisi e risultati:

Poiché il suono si propaga di moto rettilineo uniforme, con velocità:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad 5$$

per misurarne tale grandezza, i dati di distanza e tempo sono stati interpolati (Fig. 2) con l'equazione di una retta passante per l'origine:

$$y = mx \quad 6$$

Il coefficiente angolare ottenuto dall' interpolazione, rappresenta il valore sperimentale della velocità del suono misurata

$$v_{exp} = (349.1 \pm 1.9) \frac{m}{s}$$

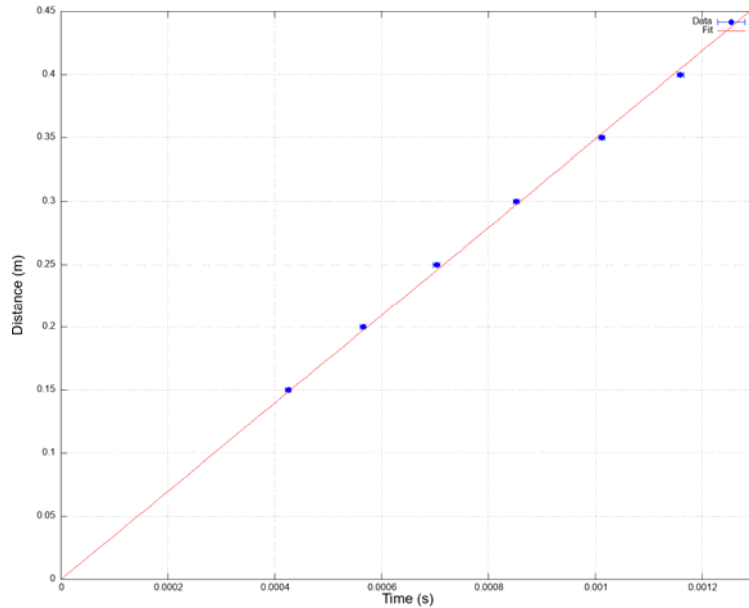


Fig. 2: Interpolazione dati.

Il valore atteso della velocità del suono in aria in funzione della temperatura è dato da:

$$v_{th} = (331.45 + 0.62T) \frac{m}{s} \quad 7$$

e la sua incertezza:

$$\sigma_{v_{th}} = 0.62\sigma_T \quad 8$$

dove σ_T è l'incertezza sulla misura di temperatura. Dal valore misurato di temperatura $T=(23.0\pm 0.1)^\circ\text{C}$, si trova:

$$v_{th} = (345.710 \pm 0.062) \frac{m}{s}$$

Per l'accordo tra valore sperimentale e valore teorico atteso è stato effettuato il test del χ^2 . Assumiamo come modello (ipotesi 0) la funzione costante:

$$y = \text{cost.} \quad 9$$

e interpoliamo il valore misurato col valore atteso con tale equazione (Fig. 3).



Fig. 3: Fit ai valori sperimentale e atteso.

Dal risultato del fit e dal valore del χ^2/Ndf ottenuti (in approssimazione di calcolo del χ^2 di ogni parametro preso singolarmente), dove Ndf è il numero di gradi di libertà (Ndf=2 in questo caso), è stato calcolato il p-value. Infine, dal valore del p-value ottenuto, calcolando la Cumulative Distribution Function (CDF) della funzione gaussiana è stato determinato il numero di σ di accordo, $N\sigma$, tra i risultati. I risultati di valor medio e χ^2/Ndf ottenuti dal fit (Fig. 3), di p-value e $N\sigma$ sono riportati in Tabella. 2.

Tab. 2: Accordo tra velocità del suono misurata e attesa.

<i>Mean (m/s)</i>	<i>χ^2/Ndf</i>	<i>p-value</i>	<i>$N\sigma$</i>
345.710±0.062	3.2/1	0.075	2

•Conclusioni:

Lo scopo dell'esperimento è stato misurare la velocità del suono in aria con la scheda Arduino. Per far ciò, abbiamo misurato, tramite il sensore ultrasuoni HC-SR04 collegato ad Arduino, il tempo impiegato dal suono per raggiungere un ostacolo posto a una distanza variabile d . Interpolando i dati di tempo e distanza, abbiamo misurato il valore di velocità $v_{exp} =$

$(349.1 \pm 1.9) \frac{m}{s}$. Tale valore è stato, inoltre, confrontato con il valore atteso $v_{th} = (345.710 \pm 0.062) \frac{m}{s}$ alla temperatura ambientale misurata $T=(23.0 \pm 0.1)^\circ\text{C}$. Il valore sperimentale è in accordo entro 2σ col valore atteso.