Come funziona il Sensore Ultrasuoni segnalando sul display INTRUSO

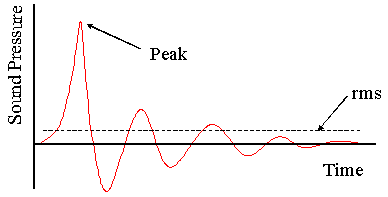
<https://www.militarypedia.it/come-funziona-il-sensore-ultrasuoni/>

Nella moderna ricerca tecnologica in campo militare sono in sviluppo numerosi dispositivi che sfruttano gli **ultrasuoni** (**U**ltrasonic and **S**onic **W**eapons o **USW**) per **ferire** avversari o **danneggiare** apparecchiature nemiche. Nel campo civile è possibile acquistare numerosi **sensori ultrasuoni** a costi relativamente bassi (anche a qualche euro) da poter utilizzare in varie applicazioni. Di seguito sarà riportata una breve trattazione sui **fondamenti**dell’**acustica** **ambientale** e un’applicazione pratica, tramite Arduino, di un **sensore ultrasuoni**.

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/sensore-ultrasuoni-hc-sr04-militarypedia-foto4-2/)**Sensore ultrasuoni HC SR04. È il più economico sensore disponibile in rete (costa pochi euro) e programmabile tramite Arduino.**

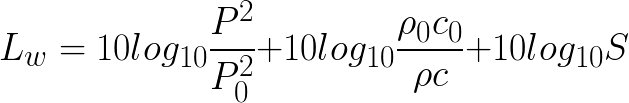
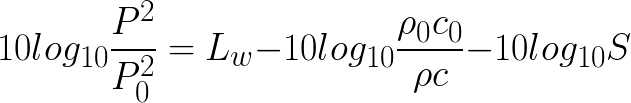
**Fondamenti di Acustica Ambientale**

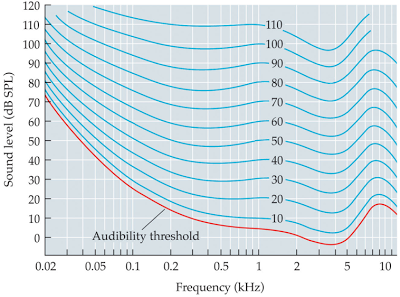
Il concetto di **suono** è qualcosa che erroneamente viene immaginato come trasferimento di un insieme di particelle che si sposta nell’ambiente e che colpisce il nostro udito.  
In realtà il **suono** è causato dall’**oscillazione** infinitesima degli atomi presenti nel **fluido** o nel **materiale** che ci circonda ed è quindi la sensazione della vibrazione. L’**oscillazione**quindi provoca la propagazione di **onde di pressione** nell’ambiente circostante. Insomma, in parole semplici, quando parliamo stiamo modificando la pressione del fluido che ci circonda (l’aria, ma potrebbe essere anche l’acqua o un muro di cemento).  
Possiamo quindi definire il suono come una variazione di pressione da un punto P(0) di riferimento:

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/pressione-sonora-tempo/)**Sulla x (asse delle ascisse) abbiamo il tempo, sulla y (asse delle ordinate) abbiamo il livello di pressione. Il grafico mostra un suono variabile nel tempo. Con RMS si intende Root-Mean-Square, ossia la media dei valori del suono in un preciso intervallo di tempo.**

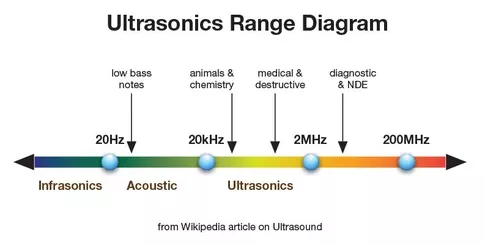
*La seguente trattazione contiene concetti fisici e nozioni matematiche. Si è cercato di evitare trattazioni lunghe e complesse, riportando solo il necessario alla comprensione.*

Una **sorgente acustica** (come uno speaker o la nostra stessa voce) è caratterizzata da un **livello di potenza sonora** definito come:

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/livello-di-potenza-acustica-militarypedia/)In cui **Lw** è il **livello di potenza sonora**, **P** e **P(0**) sono rispettivamente **pressione** del fluido e pressione di riferimento, **ρ** e **ρ(0)** la **densità** del fluido e la densità di riferimento, **c** e **c(0)** la **velocità di propagazione** nel **fluido** e la velocità di propagazione di riferimento mentre **S** è la **superficie** di propagazione (abbiamo considerato il caso di un fluido ma l’equazione rimane la stessa anche per i materiali).  
Senza scendere in una trattazione fisica, possiamo notare come la propagazione dipenda da molti fattori come pressione, densità, superficie e velocità di propagazione.  
Nella pratica è più utile considerare il **livello di pressione** (presente nell’equazione appena riportata), rigirando la relazione:  
[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/livello-di-pressione-acustica-militarypedia/)Il **primo membro** dell’**equazione** è proprio il **livello di pressione** che, a data **frequenza ƒ**, genera un suono; il livello di pressione sonora e di potenza sonora si misurano in **dB** o **decibel** (grandezza adimensionale). Per concludere la trattazione ed arrivare al succo della questione, dobbiamo introdurre l’ultima grandezza, ossia la frequenza.  
La **frequenza** **ƒ**è la grandezza fisica che indica “**quante forme d’onda si ripetono in un secondo**” e si misura in **Hz** (Hertz) o in cicli/secondo. Non è necessario scendere in dettaglio per ciascuno di queste grandezze, l’importante è sapere a cosa si riferiscono successivamente.

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/curva-isofonica/)**Nel grafico sono riportate le curve isofoniche che rappresentano uno stesso suono ma generato a pressione e frequenza diversa. Nella realtà l’udito percepirà per ogni punto della curva (in media) un suono diverso in modo soggettivo. Il livello di pressione dell’udibile va da 0 a 160 dB (soglia del dolore).**

L’orecchio umano percepisce tutte le **onde sonore** che vanno da (circa) **20** a **20.000 Hz**(o **20 MHz**) ma ciò dipende da individuo ad individuo: per esempio gli uomini tendono a percepire suoni che vanno da **16** a **16.000 Hz** mentre le donne arrivano in alcuni casi anche a **26.000 Hz**. L’intervallo che va da **20** a **20.000 Hz** è definito **banda udibile**mentre l’intervallo a frequenze **minori** di 20 è definito **Infrasuoni**, quello **superiore** a 20.000 MHz **Ultrasuoni**. L’essere umano, in generale, non è in grado di percepire infrasuoni o ultrasuoni ma altri esseri viventi sono in grado di farlo: i cani percepiscono gli infrasuoni mentre i pipistrelli trasmettono con gli ultrasuoni.  
Curiosità: ma nello **spazio** si può percepire un **suono**? No! Perché? Non essendo presente un fluido o un materiale in cui avviene la propagazione dell’onda (quindi il cambiamento della pressione da punto a punto nello spazio) non è possibile in alcun modo trasmettere un’onda sonora dell’udibile. Quindi nei film come Star Trek o Star Wars i rumori prodotti dalle navicelle spaziali sono del tutto irrealistici! Non bisogna però pensare che non ci sia per nulla la propagazione del suono: il “**vuoto**” spaziale non è poi così vuoto in quanto sono comunque presenti **atomi** ma non a densità così elevata da costituire un fluido come l’aria o l’acqua. Le onde sonore si possono si propagare ma a **frequenze basse**, impercettibili per l’orecchio umano.

[](http://www.militarypedia.it/come-funziona-il-sensore-ultrasuoni/diagramma-ultrasuoni-infrasuoni-udibile/)Grafico di wikipedia che riporta le differenti bande di frequenza

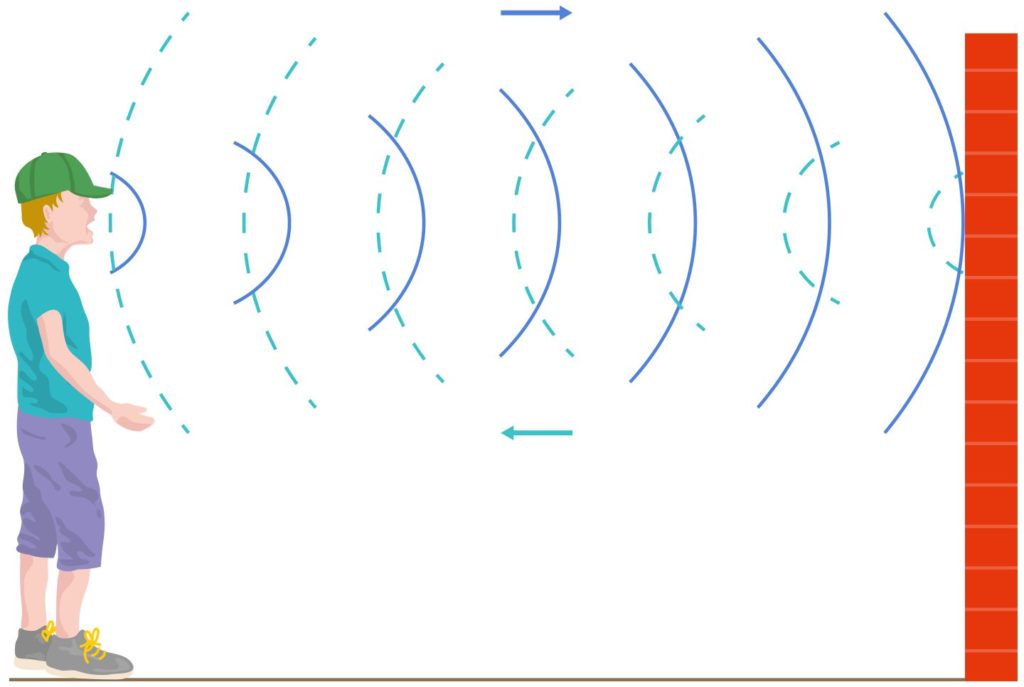
**Applicazione del Sensore Ultrasuoni HC SR04 tramite Arduino**

Video Player

**00:00**

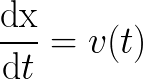
**00:10**

Cosa si può fare con un **sensore ultrasuoni**? Per esempio un bel sistema di allarme!  
Il **sensore HC SR04** è un dispositivo elettronico costituto da varie componenti; le due componenti principali sono l’**emettitore** e il **ricevitore**: il sensore genera un impulso sonoro propagato dall’**emettitore** mentre il **ricevitore** “attende” l’**onda riflessa**. Le **onde sonore** hanno la capacità di “**rimbalzare**” (come avviene con le onde elettromagnetiche nei radar) cambiando così direzione e verso; un esempio comune è quello riportato di seguito. Se le onde sonore non avessero questa capacità di rimbalzare, avremmo difficoltà nel percepire la nostra stessa voce.

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/riflessione-onda-sonora/)**Riflessione di un’onda sonora.**

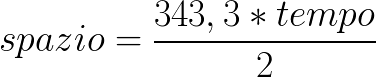
Il nostro sensore funziona nel fluido atmosferico, pertanto conoscendo la **velocità** di **propagazione** del **suono** nell’**aria** possiamo risalire facilmente alla distanza di propagazione di un’onda senza dover utilizzare le equazioni sopra riportate (non dobbiamo calcolare il livello di pressione o la potenza sonora, ma la distanza che intercorre tra il rimbalzo dell’onda su un ostacolo e il ricevitore).

[velocita-del-suono-aria](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/velocita-del-suono-aria/)A questo punto non ci rimane altro che ricordare la semplice **equazione** della **velocità**, ossia:

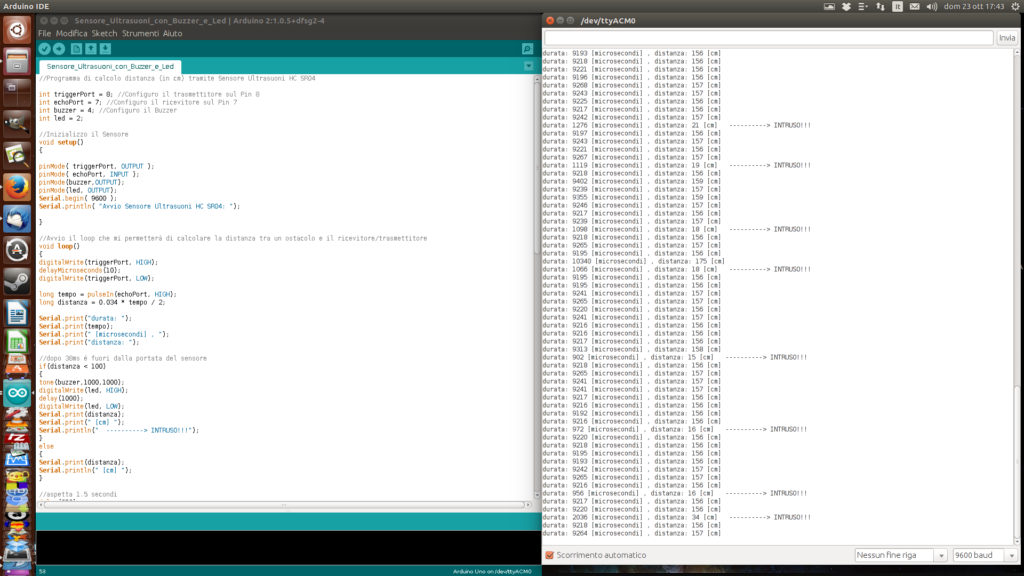
[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/derivata-spazio-velocita/)o più semplicemente:

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/relazione-spazio-tempo-velocita/)Noi **abbiamo** già la **velocità** (quella della propagazione di un’onda sonora), il **tempo** lo possiamo calcolare facendolo scorrere dall’istante in cui aziono il dispositivo, pertanto posso ottenere facilmente lo **spazio**; quindi l’equazione definitiva sarà:

[relazione-conclusiva-spazio-tempo](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/relazione-conclusiva-spazio-tempo/)Ora che concettualmente ho ottenuto l’**equazione** da inserire nel codice per il funzionamento con Arduino, devo fare un’ultima considerazione: è vero che lo spazio è dato dalla relazione qui sopra riportata ma il **tempo** va diviso in 2 in quanto nella variabile “tempo” è presente sia il tempo trascorso della propagazione tra **emettitore-oggetto** e quello della propagazione dell’onda di rimbalzo tra **oggetto-ricevitore**. Quindi, in pratica, la relazione di sopra va divisa per 2 (io non voglio calcolare la distanza tra sensore-oggetto per due volte ma solo una volta):

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/relazione-conc-lusiva-spazio-tempo-2/)Per non appesantire ulteriormente la trattazione, si riporta di seguito il codice utilizzato per il piccolo progetto che ho creato.

|  |  |
| --- | --- |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46 | //Programma di calcolo distanza (in cm) tramite Sensore Ultrasuoni HC SR04  int led = 2; //Configuro il led sul Pin 2  int buzzer = 4; //Configuro il Buzzer sul Pin 4  int triggerPort = 8; //Configuro il trasmettitore sul Pin 8  int echoPort = 7; //Configuro il ricevitore sul Pin 7  //Inizializzo il Sensore  void setup()  {  pinMode( triggerPort, OUTPUT );  pinMode( echoPort, INPUT );  pinMode(buzzer,OUTPUT);  pinMode(led, OUTPUT);  Serial.begin( 9600 );  Serial.println( "Avvio Sensore Ultrasuoni HC SR04: ");  }  //Avvio il loop che mi permetterà di calcolare la distanza tra un ostacolo e il ricevitore/trasmettitore  void loop()  {  digitalWrite(triggerPort, HIGH);  delayMicroseconds(10);  digitalWrite(triggerPort, LOW);  long tempo = pulseIn(echoPort, HIGH);  long distanza = 0.034 \* tempo / 2; // Ho dovuto fare una conversione in centimetri e in microsecondi rispettivamente per distanza e tempo  Serial.print("durata: ");  Serial.print(tempo);  Serial.print(" [microsecondi] , ");  Serial.print("distanza: ");  //dopo 38ms è fuori dalla portata del sensore  if(distanza &lt; 100)  {  tone(buzzer,1000,1000);  digitalWrite(led, HIGH);  delay(1000);  digitalWrite(led, LOW);  Serial.print(distanza);  Serial.print(" [cm] ");  Serial.println("  ----------&gt; INTRUSO!!!");  }  else  {  Serial.print(distanza);  Serial.println(" [cm] ");  }  // Attendo 250 ms prima della prossima lettura  delay(250);  } |

[](http://www.militarypedia.it/funziona-sensore-ultrasuoni/schermata-programma-ultrasuoni-arduino-militarypedia/)**Schermata di Arduino IDE e relativa console. Ogni volta che sono passato davanti al sensore ha rilevato “l’intrusione” e ha stampato a schermo l’evento.**

**Fonti**e **Immagini**:  
Corso individuale su Arduino e sensoristica  
Fondamenti di Acustica ripresi dal corso di Sicurezza del Lavoro e Difesa Ambientale – Dipartimento di Ingegneria Meccanica Roma Tre