



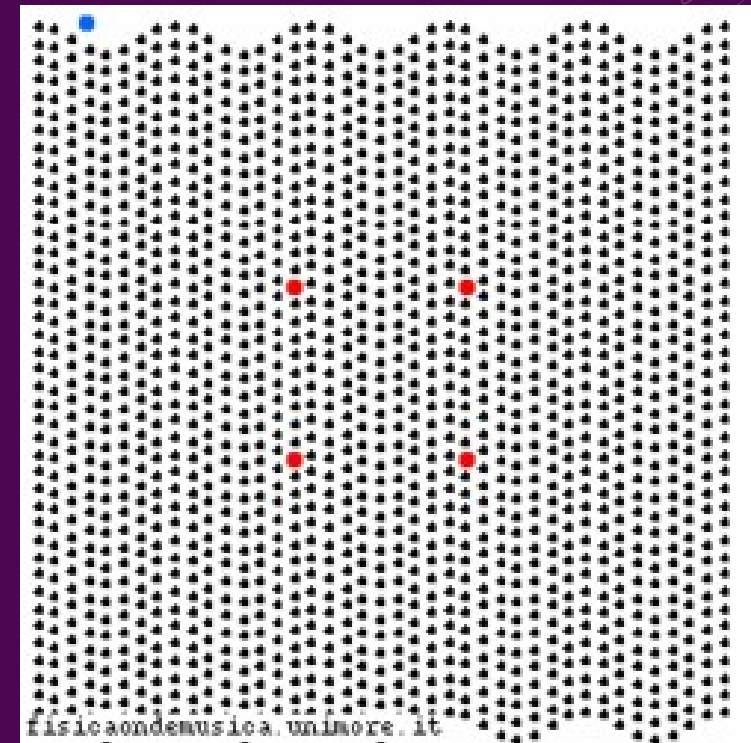
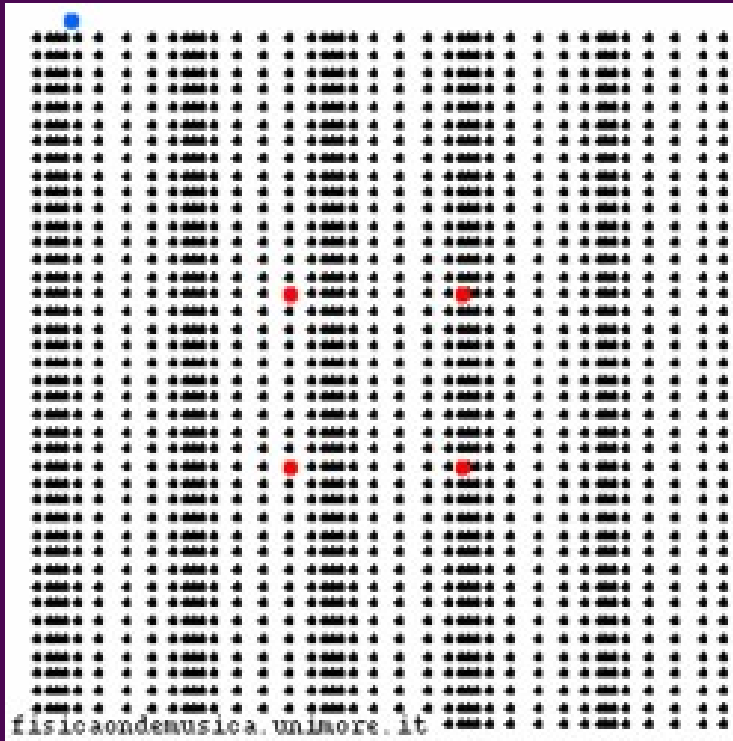
IL SUONO E GLI ULTRASUONI

DI MARIANGELA MONE

INTRODUZIONE

- Il suono si propaga nei corpi mediante la vibrazione elastica degli atomi e delle molecole che lo compongono ad una velocità dipendente dalle caratteristiche meccaniche del materiale attraversato. Le onde sonore sono trasversali. Quando un corpo viene perturbato ad una delle sue estremità, la perturbazione si propaga in esso in un certo tempo finito sotto forma di onda sonora originata dalla vibrazione delle molecole e degli atomi che compongono il materiale.

ONDE LONGITUDINALI E TRASVERSALI



CARATTERISTICHE DELLE ONDE E DEL SUONO

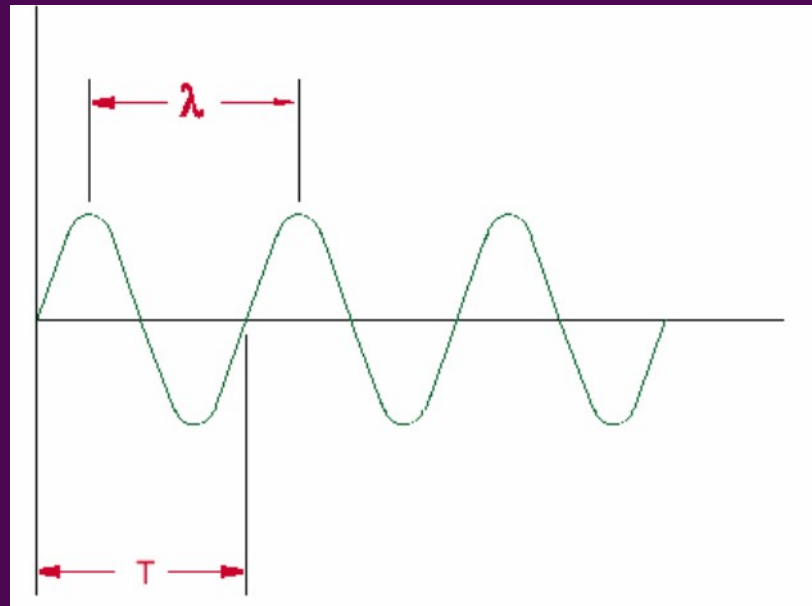
Le onde in generale sono caratterizzate da ampiezza, frequenza, lunghezza d'onda, velocità di propagazione.

- L'ampiezza A è il valore massimo che un'onda può avere;
- La frequenza f è il numero di oscillazioni in un secondo e si misura in Hertz;
- il periodo T è il reciproco della frequenza e si misura in secondi. Il periodo è quindi il tempo minimo in cui una grandezza periodica assume tutti i valori possibili, è il tempo che impiega per ritornare alla posizione iniziale.
- La pulsazione ω esprime il numero di radianti nell'unità di tempo. Dal momento che la frequenza rappresenta il numero di oscillazioni nell'unità di tempo ed ogni oscillazione completa avviene in 2π radianti
- La lunghezza d'onda λ è la distanza tra due picchi successivi, si misura in metro.
- La velocità di propagazione è la velocità con cui un segnale sonoro si propaga

RELAZIONI TRA LE PRINCIPALI GRANDEZZE

Le relazioni tra le principali grandezze sono:

- $f=1/T$
- $v= \lambda/T= \lambda * f$
- $\omega=2\pi f$



ONDE SONORE

- Le onde sonore hanno bisogno di un mezzo per propagarsi mentre le onde elettromagnetiche si propagano anche nel vuoto
- Le onde sonore si propagano nei materiali sotto l'influenza di una pressione locale P definita "pressione sonora" che rappresenta, in sostanza, la sovrappressione a cui sono sottoposti gli atomi e molecole rispetto alla pressione standard atmosferica. Poiché atomi e molecole sono legati tra loro in modo elastico, tale sovrappressione si propaga lungo tutto il corpo. Se si indica con Q la velocità di spostamento delle particelle, si definisce l' Impedenza Acustica Specifica del mezzo Z mediante la relazione: $Z=P/Q$, essendo P la pressione acustica.
- L'impedenza acustica caratterizza il comportamento del suono nei confronti di un dato materiale ed è stato dimostrato, a tale proposito, che essa è legata alle proprietà fisiche del materiale mediante l'espressione $Z= \rho *V$

FREQUENZE E SENSAZIONI

- Le frequenze udibili dall'orecchio umano sono comprese tra 16 Hz e 10 KHz. Gli ultrasuoni sono onde sonore con frequenze superiori, da 0.5 MHz a 15 MHz e non udibili dall'uomo. In tabella sono riportate la velocità di propagazione del suono in alcuni materiali insieme alla densità e impedenza acustica di ciascuno di essi.

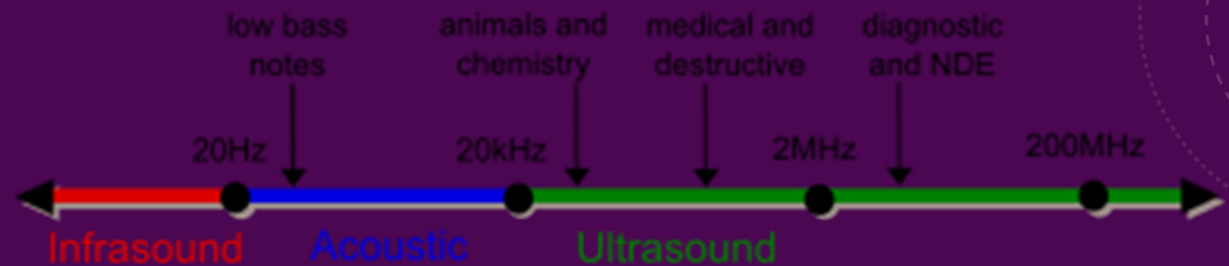
| MATERIALE | VELOCITA' LONGITUDINALE V_L [10^5 cm/s] | DENSITA' ρ [g/cm^3] | IMPEDENZA ACUSTICA Z [10^5 g/cm ² /s] |
|----------------------------------|---|---------------------------------|--|
| MATERIALI METALLICI | | | |
| Acciaio | 5,85 | 7,80 | 45,63 |
| Alluminio | 6,25 | 2,70 | 16,88 |
| Argento | 3,60 | 10,50 | 37,80 |
| Cadmio | 2,78 | 8,64 | 24,02 |
| Ghisa | 3,50 - 5,60 | 7,30 | 25,0 - 40,0 |
| Oro | 3,24 | 19,32 | 62,60 |
| Nichel | 5,50 | 8,90 | 48,95 |
| Ottone | 4,45 | 8,55 | 38,05 |
| Piombo | 2,40 | 11,37 | 27,29 |
| Rame | 4,60 | 8,93 | 41,08 |
| Mercurio (20°C) | 1,45 | 13,550 | 19,65 |
| Stagno | 3,32 | 7,29 | 24,20 |
| Zinco | 4,17 | 7,10 | 29,61 |
| Bronzo | 8,86 | 3,53 | 31,28 |
| Bismuto | 9,80 | 2,18 | 21,36 |
| Magnesio | 1,70 | 5,77 | 9,81 |
| Molibdeno | 10,09 | 6,29 | 63,47 |
| Platino | 21,40 | 3,96 | 84,74 |
| Titanio | 4,54 | 6,10 | 27,69 |
| FLUIDI DI ACCOPPIAMENTO ACUSTICO | | | |
| Acqua (15°C) | 1,48 | ≈ 1 | 1,48 |
| Acqua (20°C) | 1,32 | ≈ 1 | 1,32 |
| Aria | 0,33 | 0,0012 | 0,0004 |
| Glicerina (20°C) | 1,92 | 1,26 | 2,42 |
| Petrolio (15°C) | 1,33 | 0,70 | 0,93 |
| MATERIALI NON METALLICI | | | |
| Gomma | 1,20 | 2,30 | 2,76 |
| Plexiglas | 1,80 | 2,73 | 4,91 |
| Polistirolo | 1,60 | 2,35 | 3,76 |
| Porcellana | 2,40 | 5,60 | 13,44 |
| Quarzo | 2,60 | 5,57 | 14,48 |
| Resina Epox | 1,10 | 2,40 | 2,64 |
| Teflon | 2,20 | 1,35 | 2,97 |
| Vetro | 3,60 | 4,26 | 15,34 |

UTILIZZO DEGLI ULTRASUONI

- Gli animali, a differenza dell'uomo, hanno una soglia di udibilità superiore. I gatti per esempio, percepiscono fino a 100000 Hz; i cani invece, hanno una soglia di udibilità leggermente inferiore.
- Negli anni 50 gli ultrasuoni sono stati studiati per far scappare ratti, topi e ghiri. Infatti, inviando un picco di ultrasuoni, i roditori scappano; se però il segnale è fisso non genera alcun effetto. I segnali ultrasonici possono essere utili anche per far scappare zanzare o altri insetti; il problema è che i tipi di insetti sono tanti e ognuno reagisce in modo differente agli ultrasuoni. Un calcolo sbagliato potrebbe attirare un certo tipo di insetti piuttosto che scacciarli.

UTILIZZO DEGLI ULTRASUONI

- Anche per gli uccelli si sta affermando un sistema ultrasonico scaccia uccelli, specie nelle aree urbane dove i pennuti potrebbero sporcare ed infastidire.
- Diverso è invece il caso degli aeroporti dove la presenza di uccelli è addirittura pericolosa. Vengono utilizzati sia sistemi sonici che ultrasonici per farli scappare.
- Gli stessi studi sugli ultrasuoni sono stati fatti anche per i pesci ma purtroppo, per scopi ben diversi, per attirare pesci e non per farli scappare.
- In figura sono riportate le frequenze sonore con i vari campi di udibilità e di utilizzo (<https://it.wikipedia.org/wiki/Infrasuono>)



UTILIZZO DEGLI ULTRASUONI

- Le onde sonore, oltre ad essere trasmesse in un mezzo, possono essere riflesse da superfici rigide. Grazie a questo principio molti animali, come i pipistrelli, evitano gli ostacoli servendosi degli ultrasuoni. Come è noto, i pipistrelli sono ciechi; per orientarsi inviano delle onde sonore ad una frequenza superiore a 0.5 MHz e, in base al tempo di ricezione dell'onda riflessa, riescono a comprendere la distanza dell'ostacolo. Questa tecnica è stata studiata dall'uomo realizzando così sensori ultrasonici per pilotare robot, telecamere, monitorare l'interno del corpo umano o animale in generale e l'interno di cavità.

HC-SR04



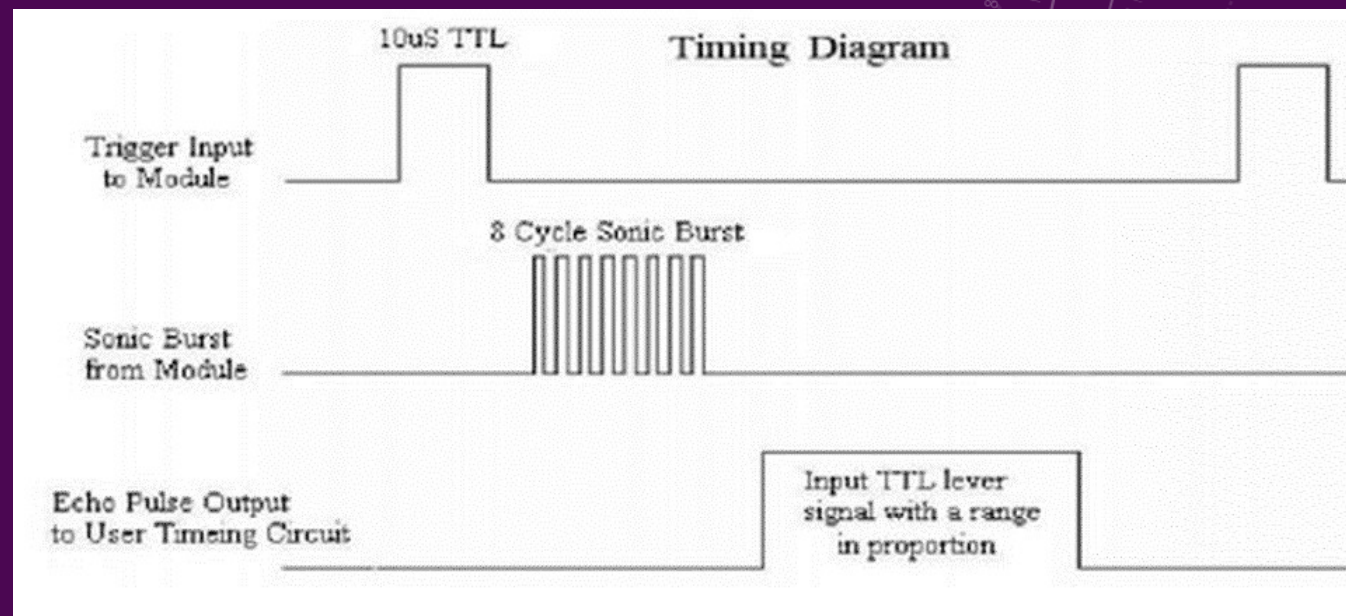
HC-SR04 è un sensore digitale che misura distanze comprese tra 2 e 400 cm con una precisione di 3 mm.

Caratteristiche tecniche:

- Tensione di lavoro: 5 v;
- Corrente assorbita: 15 mA;
- Frequenza di lavoro: 40 Hz;
- Distanza max: 400 cm;
- Distanza min: 2 cm;
- Angolo di misura: 15°

Dalla figura si nota che il sensore è dotato di quattro pin: due laterali per Vcc e GND, uno denominato trigger che invia ultrasuoni e un pin, denominato echo per ricevere i segnali riflessi dagli ostacoli.

HC-SR04



Lo schema si nota che esistono tre fasi per la misura delle distanze

Invio di un impulso di 10 us al sensore sul pin trig;

Il sensore invia 8 impulsi di ultrasuoni ad una frequenza di 40 Hz;

Calcolo del tempo da quando si è mandato il primo impulso fino a quando

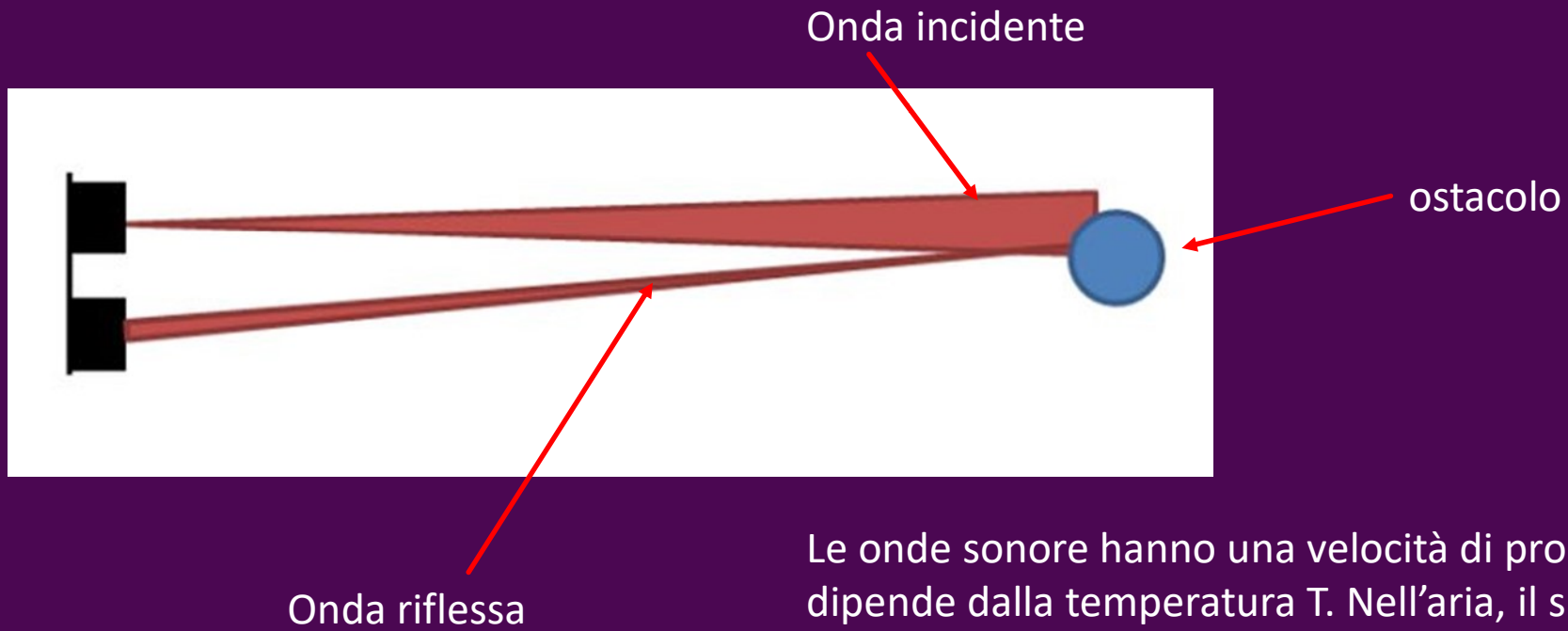
riceve un impulso sul pin echo.

$$\text{Distanza} = \text{tempo} * \text{velocità del suono} / 2 = \text{tempo}(s) * 3,4(m/s) * 10^2 / 2$$

CALCOLO DISTANZA

- Velocità=distanza/tempo
- Calcolo del tempo da quando si è mandato il primo impulso dal pin trig fino a quando riceve un impulso sul pin echo.
- Distanza = tempo * velocità del suono / 2 = tempo * $3,4 * 10^2$ / 2

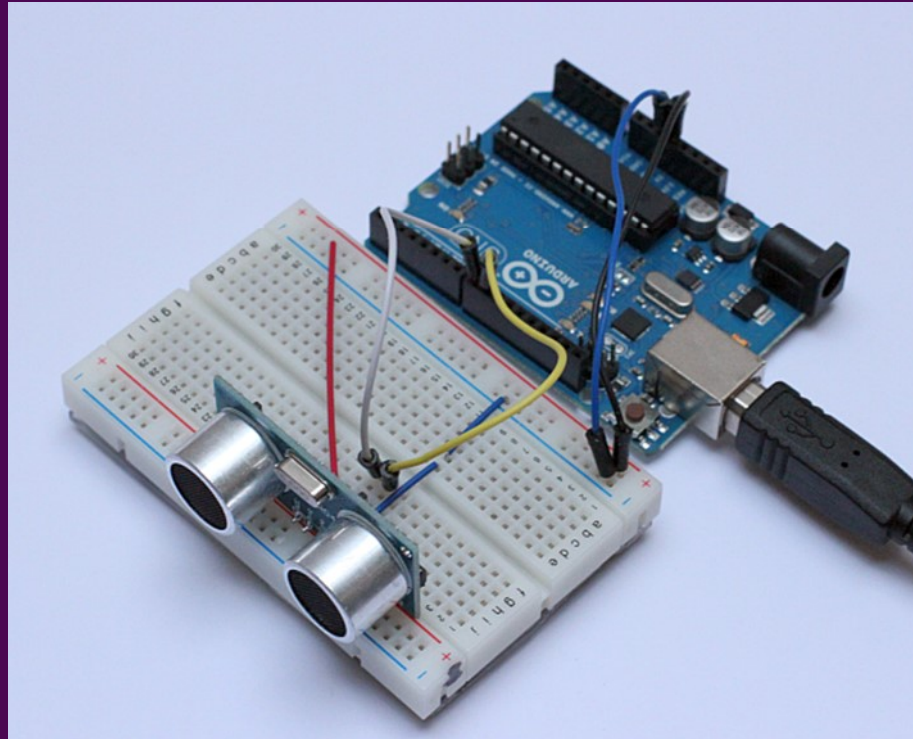
HC-SR04



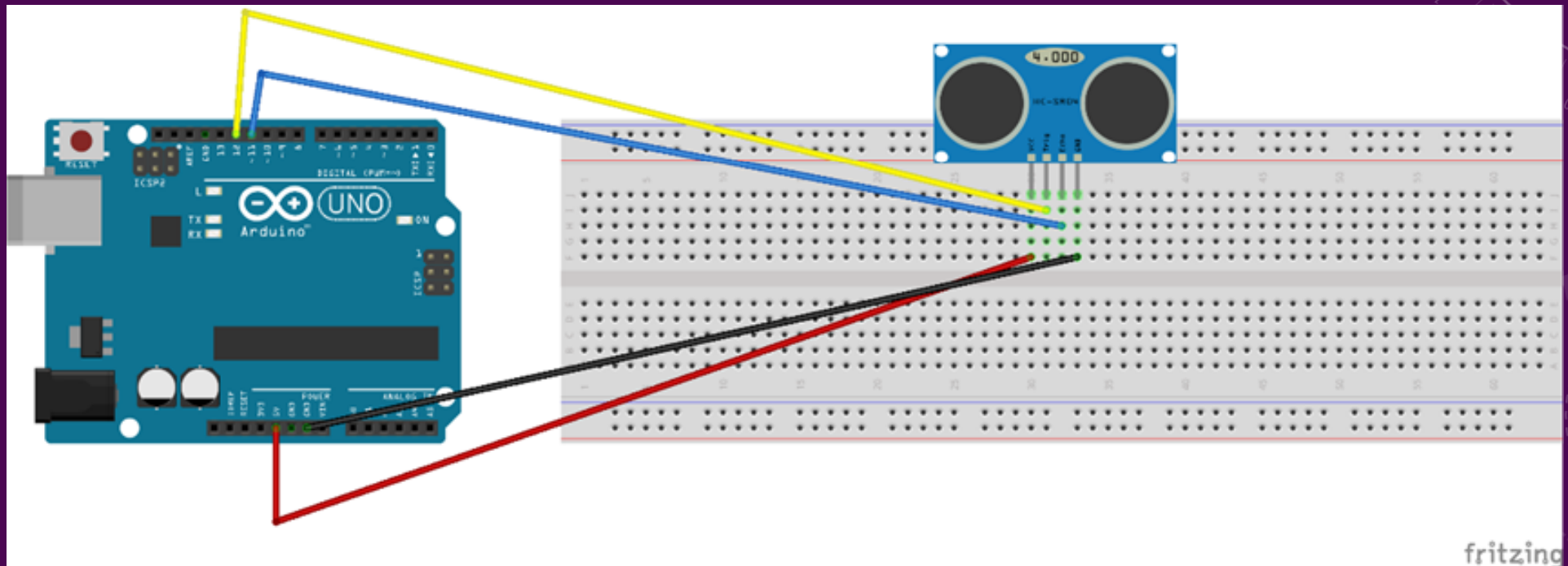
Le onde sonore hanno una velocità di propagazione che dipende dalla temperatura T . Nell'aria, il suono segue la seguente regola $V = 331.4 + 0.62 * T$

PROGETTO ARDUINO PER MISURARE LE DISTANZE

- Un semplice progetto con la scheda integrata Arduino può essere utile per misurare le distanze di eventuali ostacoli



SCHEMA CIRCUITALE



PROGRAMMA BASE ARDUINO

```
const int TRIG = 12;
const int ECHO= 10;
int rosso=3;
int verde=4;

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  pinMode(TRIG,OUTPUT);
  pinMode(ECHO,INPUT);
  pinMode(verde,OUTPUT);
  pinMode(rosso,OUTPUT);
}
```

```
void loop()
{
  long durata, distanza;
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  durata = pulseIn(ECHO,HIGH);
  distanza = durata / 29.1 / 2 ;
  Serial.println(distanza);
}
```

PROGRAMMA ARDUINO COME CONTAPEZZI

```
int n=0;//dichiarazioni variabili globali
```

```
int TRIG_PIN=3;
```

```
int ECHO_PIN=4;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(TRIG_PIN,OUTPUT);
```

```
  pinMode(ECHO_PIN,INPUT);
```

```
  pinMode(10,OUTPUT);
```

```
  pinMode(6,OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  long durata, distanza; //variabili locali
```

```
  // Dare un corto segnale basso per poi dare un segnale alto puro:
```

```
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
```

```
  delayMicroseconds(2);
```

```
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
```

```
  delayMicroseconds(10);
```

```
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
```

```
  durata = pulseIn(ECHO_PIN,HIGH); //misura il tempo
```

```
  // Converti il tempo in distanza:
```

```
  distanza = durata / 29.1 / 2 ;
```

PROGRAMMA ARDUINO

```
if (distanza <= 0){  
Serial.println("Out of range");  
}  
else {  
  Serial.print(distanza);  
  Serial.println("cm");  
  Serial.println();  
}
```

```
if(distanza<100){digitalWrite(6,HIGH);  
  if(distanza<50){tone(10,2000,400);  
    n=n+1;}  
  else if(distanza>50)tone(10,6000,4000);}  
  else if(distanza>100){tone(10,4000,600);  
    digitalWrite(6,LOW);}  
} }
```

FORMULA PER IL CALCOLO DELLA DISTANZA

- distanza = durata / 29.1 / 2 ; //la distanza è in cm e il tempo in microsecondi
- $V=340 \text{ m/s} = 340 \cdot 100 / 1000000 = 340 \cdot 10^{-4}$
- Dove $29.1 = (1 / 340 \cdot 10^{-4})$