

Explicitation d'un programme Arduino

Mesurer une distance grâce aux ultrasons

Niveau : Première – enseignement de spécialité Physique-Chimie

Thème : Ondes et signaux

1. Objectif du programme

Le programme commande un capteur à ultrasons. Le capteur émet une courte impulsion ultrasonore, puis mesure le temps nécessaire à l'écho pour revenir après réflexion sur un obstacle. À partir de cette durée, le programme calcule la distance entre le capteur et l'obstacle.

2. Principe physique

Le capteur fonctionne sur le principe de l'écholocation : une onde ultrasonore est émise vers un obstacle, puis une partie de l'onde est réfléchiée et revient vers le capteur.

Si d est la distance entre le capteur et l'obstacle, t la durée de l'aller-retour et v la célérité du son dans l'air :

$$t = 2d / v \quad \text{donc} \quad d = v \times t / 2$$

Le facteur 2 est essentiel : la durée mesurée correspond à un trajet aller puis retour. La distance calculée est donc la moitié de la distance parcourue par l'onde.

3. Lecture du code, ligne par ligne

Instruction	Explication
<code>const int trigPin = 9;</code>	Crée une constante entière appelée trigPin, qui vaut 9. La broche numérique 9 d'Arduino est utilisée pour commander l'émission de l'impulsion.
<code>const int echoPin = 10;</code>	Crée une constante entière appelée echoPin, qui vaut 10. La broche numérique 10 reçoit le signal correspondant à l'écho.
<code>void setup() {</code>	Début de la fonction setup(). Cette fonction est exécutée une seule fois au démarrage ou après une réinitialisation de la carte.
<code>pinMode(trigPin, OUTPUT);</code>	Configure la broche Trig comme une sortie : Arduino pourra y imposer un niveau électrique.
<code>pinMode(echoPin, INPUT);</code>	Configure la broche Echo comme une entrée : Arduino pourra y lire le signal envoyé par le capteur.
<code>Serial.begin(9600);</code>	Initialise la communication série avec l'ordinateur à 9600 bauds. Elle permettra d'afficher les distances mesurées.
<code>}</code>	Fin de la fonction setup().
<code>void loop() {</code>	Début de la fonction loop(). Son contenu est répété indéfiniment tant que la carte fonctionne.
<code>digitalWrite(trigPin, LOW);</code>	Place la broche Trig à l'état bas (0 V). Cela prépare l'émission.
<code>delayMicroseconds(2);</code>	Attend 2 microsecondes (2×10^{-6} s).
<code>digitalWrite(trigPin, HIGH);</code>	Place la broche Trig à l'état haut.
<code>delayMicroseconds(10);</code>	Maintient cet état pendant 10 microsecondes. Cette impulsion déclenche l'émission ultrasonore du capteur.
<code>digitalWrite(trigPin, LOW);</code>	Ramène la broche Trig à l'état bas.
<code>long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);</code>	Mesure la durée pendant laquelle la broche Echo reste à l'état haut. La durée obtenue est exprimée en microsecondes. Le type long permet de stocker une valeur entière suffisamment grande.
<code>int distance = duration * 0.034 / 2;</code>	Calcule la distance en centimètres. 0,034 correspond approximativement à la distance parcourue par le son dans l'air en 1 microseconde : $v \approx 0,034 \text{ cm}/\mu\text{s}$. On divise par 2 car le temps mesuré correspond à l'aller-retour.
<code>Serial.print("Distance : ");</code>	Envoie le texte « Distance : » vers le moniteur série.
<code>Serial.print(distance);</code>	Envoie la valeur calculée de la distance.

<code>Serial.println(" cm");</code>	Ajoute l'unité « cm » puis passe à la ligne suivante dans le moniteur série.
<code>delay(500);</code>	Attend 500 millisecondes, soit 0,50 s, avant de recommencer une nouvelle mesure.
<code>}</code>	Fin de la fonction <code>loop()</code> . Le programme recommence alors au début de <code>loop()</code> .

4. Comprendre le calcul de la distance

Dans le programme, la durée est mesurée en microsecondes (μs) et la distance est calculée en centimètres. À température ambiante, on peut prendre une célérité du son dans l'air d'environ $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Conversion dans les unités utilisées par le programme :

$$340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 34\,000 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1} = 0,034 \text{ cm}\cdot\mu\text{s}^{-1}$$

Ainsi, si la durée mesurée est $t = 1000 \mu\text{s}$, l'onde a parcouru environ : $L = 0,034 \times 1000 = 34 \text{ cm}$. Cette longueur correspond à l'aller-retour ; la distance à l'obstacle vaut donc $d = 34 / 2 = 17 \text{ cm}$.

5. Précision

La mesure dépend notamment de la température de l'air, de la nature et de l'orientation de l'obstacle et de la précision du capteur.

6. Version commentée du programme

```
const int trigPin = 9;      // Broche qui déclenche l'émission
const int echoPin = 10;    // Broche qui reçoit l'écho

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Trig : sortie
  pinMode(echoPin, INPUT);  // Echo : entrée
  Serial.begin(9600);       // Communication avec le moniteur série
}

void loop() {
  // Déclenchement d'une impulsion ultrasonore de 10 µs
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Mesure du temps de retour de l'écho
  long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

  // v ≈ 0,034 cm/µs ; division par 2 car trajet aller-retour
  int distance = duration * 0.034 / 2;

  // Affichage de la distance
  Serial.print("Distance : ");
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" cm");

  // Attente avant la mesure suivante
  delay(500);
}
```