



Arduino-Based Distance Measurement Using Ultrasonic Sensor

قياس المسافة باستخدام مستشعر الموجات فوق الصوتية والأردوينو

Ayman Abdelaziz Elias Babekir

أيمن عبد العزيز إلياس بابكر

March 7, 2023

مارس 7 ، 2023

University of Khartoum, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering

جامعة الخرطوم، كلية الهندسة، قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونيات

Introduction

As part of our workshop at the Department of Electrical Engineering, University of Khartoum, we built a simple distance measurement system using an HC-SR04 ultrasonic sensor and an Arduino Uno. This project helped us understand sensor-based measurement techniques and real-world automation applications.

Project Objectives

The main goals of this project were:

- To understand how ultrasonic sensors measure distance
- To interface an HC-SR04 sensor with an Arduino
- To display distance readings on a serial monitor.
- To explore practical applications of ultrasonic distance measurement

Components and Tools

For this project, we used:

- Arduino Uno – The microcontroller used to process sensor data
- HC-SR04 Ultrasonic Sensor – Used to measure distances using sound waves
- Jumper Wires – To connect components
- Breadboard – For circuit assembly

How It Works

The HC-SR04 ultrasonic sensor works by emitting a short burst of ultrasonic sound waves and measuring the time it takes for the waves to bounce back after hitting an object. The formula used to calculate distance is:

$$Distance = \frac{Time \times Speed\ of\ Sound}{2}$$

Since the speed of sound is approximately 343 m/s, the Arduino calculates the object's distance based on the time delay between sending and receiving the sound wave.

Methodology

1. Circuit Connection

- VCC → 5V on Arduino
- GND → GND on Arduino
- Trig (Trigger Pin) → Digital Pin 9 on Arduino
- Echo (Echo Pin) → Digital Pin 10 on Arduino

2. Arduino Code for Distance Measurement

```
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  int distance = duration * 0.0343 / 2;  // Convert to cm
  Serial.print("Distance: ");
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" cm");
  delay(500);
}
```

This program continuously measures the distance of an object in front of the sensor and prints the results on the serial monitor.

Applications

This project demonstrates a simple but powerful concept used in various industries, including:

- Obstacle Detection in Robotics – Helps robots navigate without collisions
- Parking Assistance Systems – Used in cars to detect nearby objects
- Security Systems – Motion detection for automated alarms
- Smart Waste Management – Detecting trash levels in bins for optimized collection

Conclusion

Building this distance measurement system gave us hands-on experience with sensor technology and Arduino programming. We learned how ultrasonic waves can be used for accurate distance detection, and we explored various real-world applications. This knowledge can be extended to more complex projects, such as automated robotics, smart vehicles, and industrial monitoring systems.

المقدمة

خلال ورشة العمل في قسم الهندسة الكهربائية بجامعة الخرطوم، قمنا ببناء نظام بسيط لقياس المسافات باستخدام مستشعر HC-SR04 والأردوينو، مما ساعدنا على فهم كيفية عمل تقنيات الاستشعار الآلي.

أهداف المشروع

- التعرف على طريقة قياس المسافة باستخدام مستشعر الموجات فوق الصوتية
- برمجة الأردوينو لقراءة بيانات المستشعر وتحليلها
- عرض المسافة على شاشة السيريال مونيتر
- استكشاف التطبيقات العملية لهذه التقنية

المكونات والأدوات المستخدمة

- أردوينو أونو – لمعالجة البيانات
- مستشعر الموجات فوق الصوتية HC-SR04 – لقياس المسافات
- أسلاك توصيل -لتوصيل المكونات
- لوحة تجميع (Breadboard) - لتجميع الدائرة

كيفية العمل

يقوم مستشعر الموجات فوق الصوتية HC-SR04 بإصدار دقات قصيرة من الموجات فوق الصوتية، وقياس الوقت الذي تستغرقه الموجات للارتداد بعد اصطدامها بجسم ما. المعادلة المستخدمة لحساب المسافة هي:

$$Distance = \frac{Time \times Speed\ of\ Sound}{2}$$

المنهجية

1. توصيل المستشعر بالأردوينو

- VCC مع 5V في الأردوينو
- GND مع GND في الأردوينو
- دبوس الإرسال (Trig) مع المنفذ الرقمي 9
- دبوس الإستقبال (Echo) مع المنفذ الرقمي 10

2. كود برمجة الأردوينو لقياس المسافة

```
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  int distance = duration * 0.0343 / 2; // Convert to cm
  Serial.print("Distance: ");
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" cm");
  delay(500);
}
```

يعمل هذا البرنامج على قياس المسافة بين المستشعر وأي جسم أمامه، ثم يقوم بطباعة القيم على شاشة السيريال مونيتر.

التطبيقات العملية

- كشف العوائق في الروبوتات – لمنع الاصطدام
- أنظمة مساعدة ركن السيارات – تنبيه السائق عند الاقتراب من جسم ما
- أنظمة الأمان والمراقبة – لاكتشاف الحركة والتغيرات في المسافة
- إدارة النفايات الذكية – لمراقبة امتلاء الحاويات تلقائيًا

الاستنتاج

قدّم لنا هذا المشروع تجربة عملية في استخدام المستشعرات وبرمجة الأردوينو. تعلمنا كيفية قياس المسافات بدقة باستخدام الموجات فوق الصوتية، واستكشاف تطبيقاتها في مجالات متعددة مثل الروبوتات، المركبات الذكية، وأنظمة الأمان.