

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
FEMEC 41070 INSTRUMENTAÇÃO



Módulo 2: Tratamento de Dados

Coletados, Cálculo da

Sensibilidade e Linearidade do

Sensor Ultrassônico

Prof. Dr. José Jean-Paul Zanlucchi de Souza Tavares

Revisão	Data	Responsável	Observação
0	02/11/2020	José Jean Tavares	Rev. Inicial

ÍNDICE

Sumário

1. Introdução	4
2. Objetivos	5
3. Captura de dados de Sensor Ultrassônico	5
4. Análise Estática dos Dados Coletados	7
5. Planejamento do Experimento com o Sensor Ultrassônico	8
6. Atividades.....	10

Índice de Ilustrações

Figura 1 – Exemplo de Diagrama de Montagem de um Arduino Uno com Sensor de Temperatura LM35 pela Porta Analógica A2 e Diagrama Esquemático de Ligação.....	6
Figura 2 – Esquema de um Filtro Ativo Passa-Baixa de 2ª Ordem do tipo Butterworth.....	11
Figura 3 – Atenuação e Defasagem de Filtro Ativo Passa-Baixa de 2ª Ordem do tipo Butterworth.....	12

1. Introdução

Dando sequência ao estudo e tratamento dos dados e erros adquiridos pelos instrumentos feitos no Módulo 1, outros sensores serão apresentados aos discentes.

Nesse sentido, o sensor ultrassônico a ser utilizado serve para diversos tipos de medição, desde o cálculo de posição entre o sensor e um anteparo, como é o caso de inúmeros robôs seguidores de parede, até a aplicação como sensor de vazão e nível de fluidos.

A integração com dispositivos do tipo Arduino propicia que os dados coletados possam ser automáticos por sistemas computacionais.

Além das análises estatísticas, sensores precisam garantir um comportamento conhecido para atender seu objetivo de sistema de medida. Assim sendo é necessário levantar esse tipo de comportamento, sendo a resposta proporcional (ou em 1ª. ordem) é a mais desejada.

Mas como é que esse comportamento é levantado? É preciso um planejamento experimental para que isso seja possível.

2. Objetivos

Esta atividade prática tem como objetivo introduzir o aluno com planejamento de experimento para calibração de sensor Ultrassônico.

Os objetivos específicos desse módulo são:

1. Efetuar a análise estática dos dados coletados de um sensor Ultrassônico;
2. Realizar uma análise de regressão linear dos dados coletados;
3. Gerar o gráfico da função obtida com os dados coletados.

3. Captura de dados de Sensor Ultrassônico

A captura dos dados ocorre através da programação do Arduino. Uma porta analógica deve ser definida como entrada e o programa principal deverá efetuar a leitura da mesma e sua publicação pelo canal serial do equipamento periodicamente.

O programa para esse circuito utiliza a biblioteca *Ultrasonic*, que funciona muito bem quando você precisa trabalhar com apenas um sensor HC-SR04 no seu projeto. Deve-se utilizar a biblioteca *Ultrasonic*, disponível em <http://freecode.com/projects/hc-sr04-ultrasonic-arduino-library>. Descompactando o arquivo e o colocando na pasta dentro da pasta *libraries* da IDE do seu Arduino o IDE poderá executar comandos que atuem junto ao sensor.

Segue exemplo de Código Arduino com a biblioteca *Ultrasonic*.

```
//Programa : Teste HC-SR04 e biblioteca Ultrasonic
//Autor : Adilson Thomsen
#include <Ultrasonic.h>
//Define os pinos do Arduino ligados ao Trigger e Echo
#define PINO_TRG 7
#define PINO_ECHO 6//Inicializa o sensor ultrasonico nos pinos
// especificados (7 e 6)
Ultrasonic ultrasonic(PINO_TRG, PINO_ECHO);
void setup()
{
//Inicializa a comunicação serial para envio dos dados para MATLAB
Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
//Variaveis para guardar os valores em
//cm (cmSec)
float cmMsec;
```

```

//Le os valores do sensor ultrasonico
long microsec = ultrasonic.timing();
//Atribui os valores em cm para as variaveis
cmMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);
//Mostra o valor da variável no canal serial
Serial.println(cmMsec);
//Aguarda 1 segundo e reinicia o processo
delay(500); // envia amostras de 0,5 em 0,5s
}

```

Um diagrama da montagem física pode ser vista na Figura 1, onde um sensor ultrassônico HC-SR04 foi conectado às portas digitais 6 e 7 de um Arduino Uno. É possível notar a conexão de alimentação do sensor pelas portas 5V e GND do Arduino.

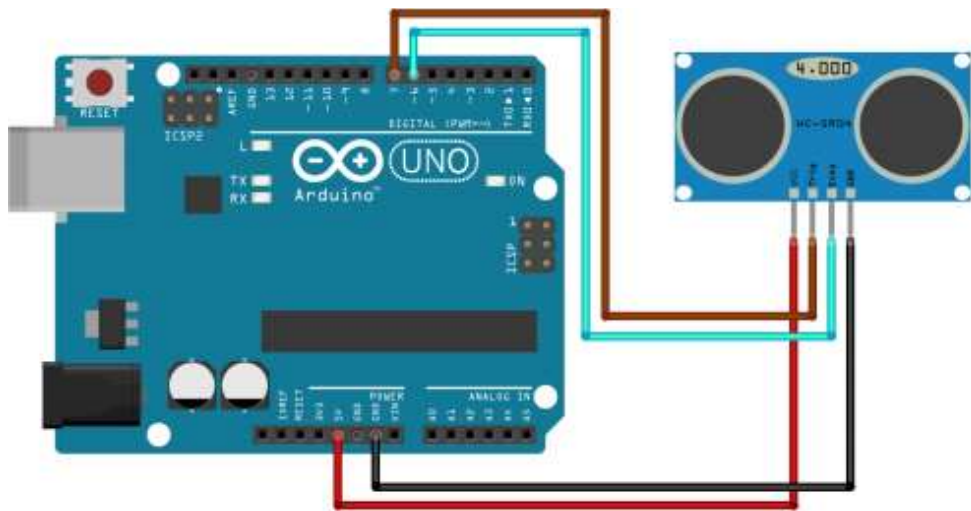


Figura 1 – Exemplo de Diagrama de Montagem de um Arduino Uno com Sensor Ultrassônico HC -SR04

O Arduino é ligado pelo cabo USB com o computador, o que faz com que a porta serial do Arduino seja habilitada para comunicação, automaticamente. A comunicação só será realizada realmente se o comando “Serial.begin(TaxaComunicação)” for implementado no *setup* do código.

Ressalta-se que é importante avaliar qual o número da porta serial aberta no computador para comunicação com o Arduino através do “Painel de Controle” do Windows.

A captura dos valores advindos da porta serial do Arduino pelo programa no Matlab faz uso do mesmo código de captura utilizado no Módulo 1.

4. Análise Estática dos Dados Coletados

Além de efetuar a análise inicial dos dados coletados calculando média, desvio padrão, intervalo da amostra, assimetria e achatamento, similarmente ao realizado no Módulo 1; todavia, devem ser realizadas para todas as amostras, em todas as posições.

Após esse cálculo deve-se avaliar se há valores espúrios e retirá-los da amostra por uso do Crítério de Chauvenet. Depois de aplicar esse método é possível calcular o Intervalo de Confiança para cada posição amostrada.

Procede-se com a análise de regressão em função dos pontos coletados. Utilizando esses pontos, monta-se um vetor para as ordenadas e outro para as abcissas e realizar as funções *polifit()* e *polival()*, conforme mostrado na aula teórica de Análise Estática de Instrumentos I. O comando *polifit()* encontra os coeficientes do polinômio que estamos procurando. Mas, para isto devemos especificar o grau do polinômio. Este comando possui três argumentos: primeiro as coordenadas x e y , e depois o grau do polinômio. Já o *polival()* é empregado para estimar o mínimo polinômio quadrado de um conjunto de pontos. O primeiro argumento deste comando conterà os coeficientes do polinômio, o segundo argumento será um vetor com os valores de x para os quais desejamos o valor da função. Abaixo segue exemplo de código com essas funções.

```
x = [0,1,2,3,4,5];  
  
y = [0,20,60,68,77,110];  
  
coef = polyfit(x,y,1);  
  
m = coef (1);  
  
b = coef (2);  
  
ybest = polyval (coef,x);  
  
somadist = sum ((y - ybest).^ 2);  
  
axis([-1,6,-20,120]);  
  
plot(x,ybest,x,y, 'o' ); title ( ' ' ) xlabel ( 'X' ); ylabel ( 'Y' );  
  
grid;
```

Outra forma de fazer essa etapa é por meio da função *regress()*, também exemplificado nessa aula. Abaixo há um exemplo de implementação da função *regress()* que retorna um vetor *pr* de estimativas de coeficientes para uma regressão linear múltipla das respostas no vetor *yl* nos preditores na matriz *xI*. Para calcular estimativas de

coeficientes para um modelo com um termo constante (interceptar), inclua uma coluna de uns na matriz $x1$; *inter95* retorna uma matriz de intervalos de confiança de 95% para as estimativas de coeficiente; e *resi* é um vetor de resíduo adicional.

```
x1 = [20 30 40];  
  
y1 = [20.01 30.04 39.89];  
  
[pr, inter95 resi] = regress(y1, x1);
```

Após a análise de regressão é necessário realizar algumas avaliações frente aos seguintes pontos:

Sensibilidade: A sensibilidade é a relação entre o sinal elétrico entregue na saída e a grandeza física medida. Por exemplo, um sensor de pressão poderia ter uma sensibilidade de 3mV/mmHg, a qual significa que para cada mmHg que mude a pressão medida, o sinal elétrico entregue na saída mudará 3mV.

Linearidade: Dado um determinado sensor, se para variações iguais da grandeza física medida obtém-se variações iguais do sinal entregue, então se define o sensor como linear, caso contrário, define-se como não-linear. Uma outra forma de chegar a mesma conclusão é afirmando que se a sensibilidade é constante para qualquer grandeza física medida dentro da faixa, então o sensor é linear. Evidentemente, o caso ideal é que o sensor seja linear, mas, caso o sensor seja não-linear, uma forma de determinar quão grave é essa não-linearidade é medir o **máximo erro do sinal de saída dividido pela faixa de valores possíveis**. Essa relação pode ser expressada em termos percentuais e define-se como linearidade.

5. Planejamento do Experimento com o Sensor Ultrassônico

Com o objetivo de avaliar a sensibilidade do sensor ultrassônico HC-SR04, um experimento foi feito utilizando um **Sistema de Medição Padrão** para comparar os resultados obtidos.

Um sensor ultrassônico foi montado num *protoboard*, conectado a um Arduino Uno, semelhante a Figura 1, e um programa de coleta de dados pelo Matlab (idêntico ao apresentado no Módulo 1) foi utilizado para coleta de 150 amostras, num tempo de coleta

de 0,5s entre amostras, foram colhidos dados para as distâncias de 11, 20 e 30 cm de um anteparo até o sensor ultrassônico.

Os valores coletados estão armazenados no canal correspondente a cada grupo do MS-Teams. São valores exclusivos para para grupo.

A Figura 2 mostra uma foto do experimento realizado.

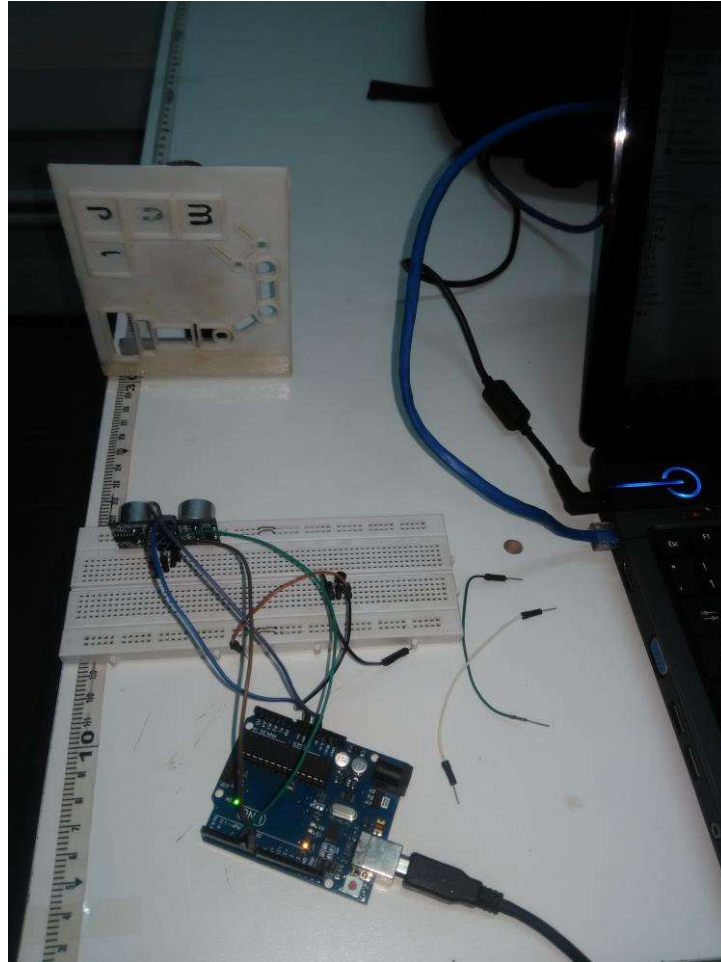


Figura 2: Foto do Experimento Realizado.

6. Atividades

Relatório (12 Pontos)

6.1) Realize a análise estatística para cada amostra com 150 dados originais do sensor e apresente valores de média, desvio padrão, intervalo de confiança, *skewness* e *curtose*. (3 pontos)

6.2) Aplique o critério de Chauvenet para cada amostra e refaça a análise estatística. (3 pontos)

6.3) Realize a regressão linear utilizando os três pontos encontrados e apresente a sensibilidade e o *offset* do sensor ultrassônico. (3 pontos)

6.4) Apresente o erro de linearidade do sensor baseado nos dados coletados. (3 pontos)