



RELATÓRIO DO 4º TRABALHO

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

Trabalho realizado por:

Pedro Alves - 51451 | Bruno Soares - 51832 | Miguel Rocha – 51404

Docente: Miguel Fernandes

Instrumentação e Medição
2025 / 2026 inverno

Conteúdo

Índice	i
1 Introdução	iii
2 Montagem do anemómetro (OpenSCAD)	iv
3 Montagem do anemómetro (LTSpice)	v
4 Montagem com o Arduino	vi
4.1 Contas	vi
4.2 Arduino	vii
4.3 Montagem Total	vii
5 Montagem para o VI	ix
6 Circuito Impresso	x
7 Conclusão	xi

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

1 Introdução

Este projeto teve como objetivo o desenvolvimento de um anemómetro suportado por um motor trifásico proveniente de um disco rígido (HDD).

Para este projeto, tivemos de desenhar e projetar não só o circuito, mas também os copos e o suporte do anemómetro.

Para ajudar no desenvolvimento destes componentes, utilizámos as ferramentas OpenSCAD, LabVIEW, KiCad e Arduino IDE.

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

2 Montagem do anemómetro (OpenSCAD)

Para construir o anemómetro, foram desenvolvidos em OpenSCAD os protótipos dos diversos componentes necessários à sua montagem, a saber: as semi-esferas com as quais o vento irá interagir, a base do anemómetro e uma peça no topo para unir todas as semi-esferas. Após a criação dos protótipos, estes foram construídos numa impressora 3D do docente. Para conectar as semi-esferas ao resto do anemómetro, foram utilizados palitos de madeira, que foram fixados na peça do topo do anemómetro.

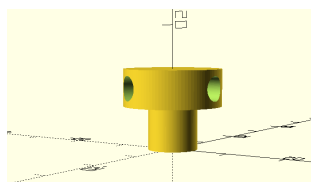


Figura 1



Figura 2

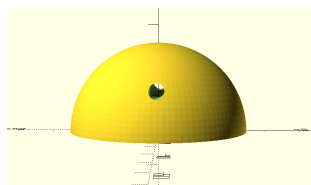


Figura 3



Figura 4

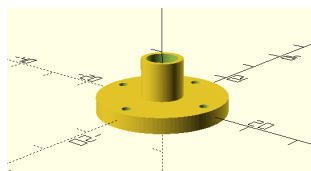


Figura 5

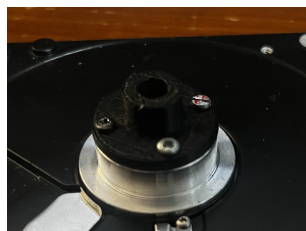


Figura 6

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

3 Montagem do anemómetro (LTSpice)

Para o desenvolvimento do circuito, recorremos primeiro à utilização do LTSpice. Sabe-se que o HDD gera ondas sinusoidais ao girar e que estas têm uma diferença de fase entre si. Ao estudarmos o HDD no osciloscópio, percebe-se que, quando o motor gira com maior intensidade, as ondas apresentam um comprimento de onda menor, o que nos levou à ideia de utilizar o comprimento de onda para verificar a velocidade do vento.

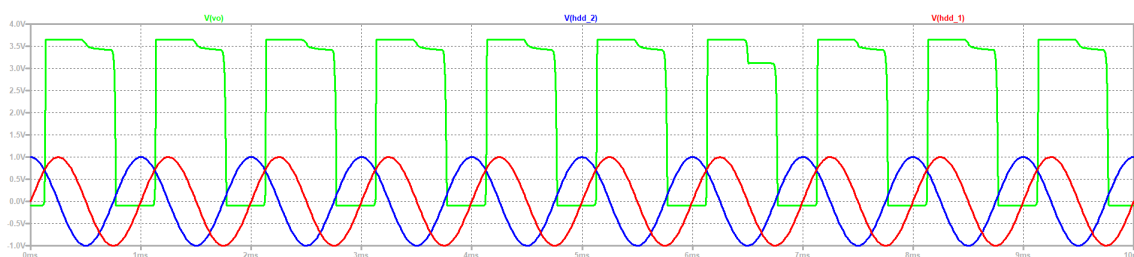


Figura 7

Neste circuito, montámos um comparador entre dois polos do motor. O polo de referência está desfasado 90 graus e possui um offset de 1.65 V. O amp-op, alimentado a 5 V, retorna um sinal quadrado positivo quando V_+ é superior a V_- , detetando assim os pulsos ascendentes que usamos no Arduino.

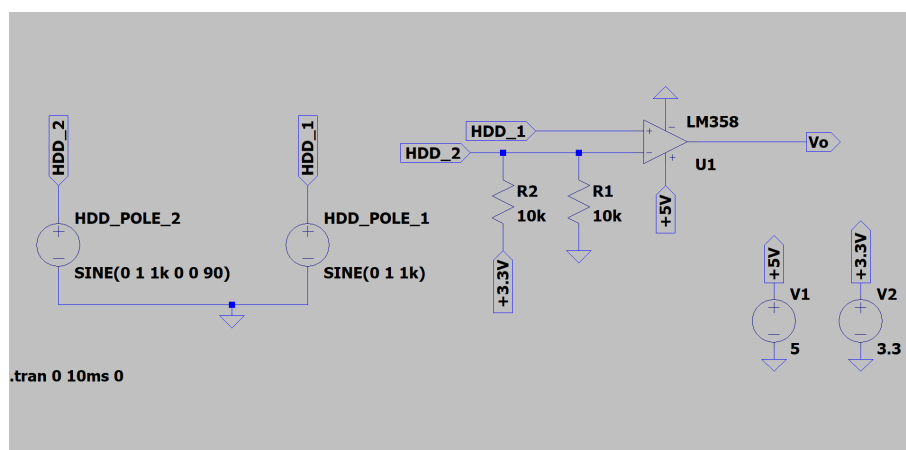


Figura 8

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

4 Montagem com o Arduino

Já com a ideia de usar "Rising Edge", que nos indica quando a onda é crescente. Com umas funções próprias do ArduinoIDE é feito o código que conta a subida das ondas num dado espaço de tempo.

4.1 Contas

Para obtermos o valor da velocidade do vento que passa pelo anemómetro, a partir da frequência medida no motor, utilizámos as seguintes fórmulas para converter Hz em km/h. A partir da frequência, podemos convertê-la em rotações por minuto (RPM) através da fórmula:

$$\text{RPM} = \frac{120 \text{ } f s}{n_{\text{pólos}}} \quad (1)$$

Em seguida, multiplicámos este valor pelo perímetro da circunferência definida pelos copos do anemómetro, obtendo a velocidade em centímetros por minuto; por fim, convertemos esse valor para km/h, obtendo o resultado final.

Handwritten calculations on graph paper:

$$\begin{aligned} \text{RPM} &\rightarrow \text{km/h} \\ P &= 2\pi r \\ \text{RPM} \times P &= V (\text{cm/min}) \\ (\text{cm/min}) &\rightarrow \text{km/h} \\ &= 10000 \div 60 \times \frac{\text{cm}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \\ &= 60 \times \frac{\text{cm}}{\text{min}} \div 60 \times 1000 \\ \text{cm/min} &\rightarrow \text{km/h} \\ V (\text{cm/min}) \times 0.0006 &= V (\text{km/h}) \quad Pólos = 2 \\ \text{RPM} &= \frac{120 \times f}{\text{Pólos}} \end{aligned}$$

Figura 9

4.2 Arduino

```
#include <math.h>
const int interruptPin = 2;
volatile unsigned long pulseCount = 0;
unsigned long lastUpdateTime = 0;

void countPulse() {
    pulseCount++;
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(interruptPin, INPUT);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), countPulse, RISING);
}

void loop() {
    unsigned long currentTime = millis();

    if (currentTime - lastUpdateTime >= 1000) {
        noInterrupts();
        unsigned long currentPulses = pulseCount;
        pulseCount = 0;
        interrupts();

        float frequency = currentPulses;
        float RPM = (120*frequency)/4 ;//4 polos
        float P = 2*M_PI*10; //raio=10
        float Vcm = RPM * P;
        float V= Vcm * 0.0006;

        Serial.print("Wind Frequency: ");
        Serial.print(frequency);
        Serial.println(" Hz");
        Serial.print("RPM: ");
        Serial.println(RPM);
        Serial.print("V(Km/h) : ");
        Serial.println(V);

        lastUpdateTime = currentTime;
    }
}
```

Para desenvolver este código, tivemos a seguinte ideia: ao contar o número de pulsos ascendentes durante 1000 ms, obtemos a frequência do anemómetro, uma vez que o motor HDD produz uma senoide e é a partir desta que obtemos os pulsos ascendentes. Esta contagem é feita pela função `attachInterrupt`, que incrementa `countPulse` cada vez que ocorre um "Rising Edge" no pino de interrupção (pino 2).

Após obtermos a frequência, calculamos a velocidade pelas fórmulas acima mencionadas.

4.3 Montagem Total

Com a maioria da teoria feita, passa-se para a componente prática. Monta-se o circuito e o anemómetro e, por fim, liga-se tudo ao Arduino. Na foto, do lado esquerdo da breadboard, é possível ver algumas resistências ligadas ao HDD. No entanto, isto foi apenas uma tentativa diferente de fazer o anemómetro; servia para criar uma massa comum (ground).

No entanto, isto não afeta o circuito criado de nenhuma maneira.

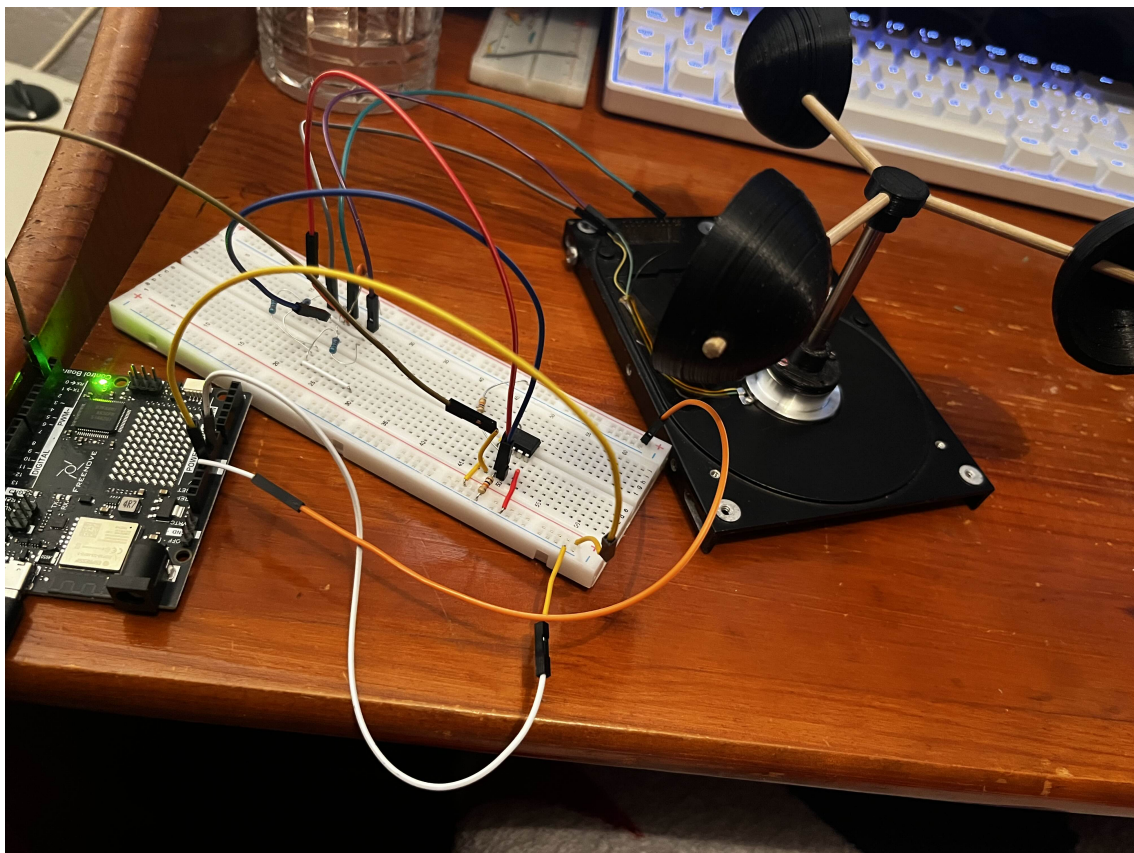


Figura 10

Em seguida, o circuito foi melhorado para evitar danificar o amp-op. Assim, adicionamos díodos para prevenir sobretensão.

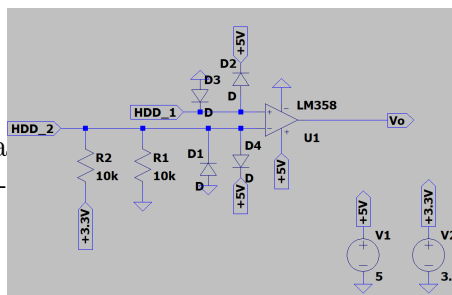


Figura 11

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

5 Montagem para o VI

Para comunicar com o VI, foram utilizados os módulos "VISA". Foi também necessário adaptar o código do Arduino para enviar a frequência calculada.

No desenvolvimento do LabVIEW, é utilizado um *while loop* que recebe um nó VISA e, através do "VISA Open", obtém-se a frequência. De seguida, a *string* obtida é convertida para número e calcula-se a velocidade.

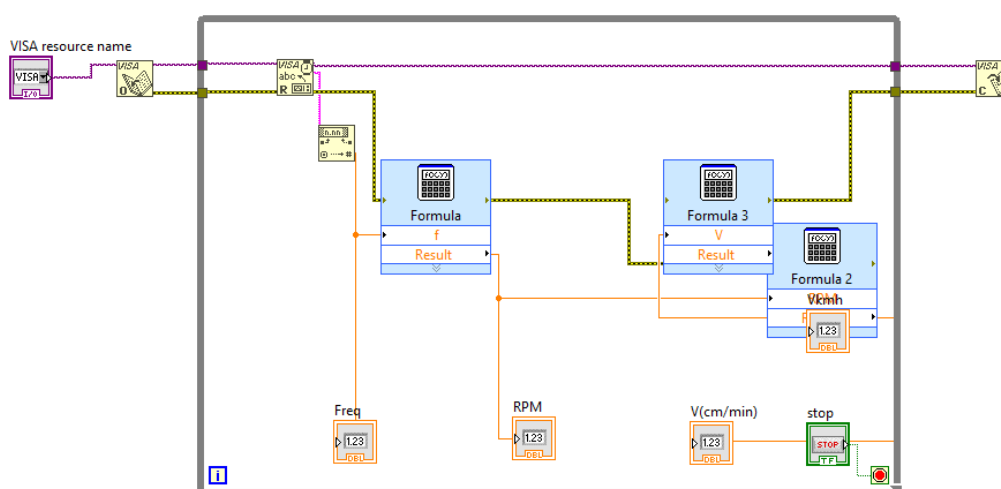


Figura 12

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

6 Circuito Impresso

Como componente pedido para o trabalho, utilizámos o KiCad para desenvolver uma placa com base no nosso circuito do LTSpice. Nesta versão, ainda não está incluído o circuito com díodos para proteção contra sobretensão.

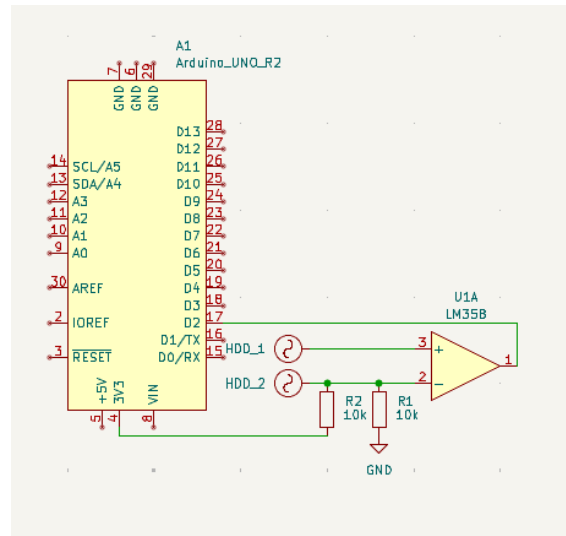


Figura 13

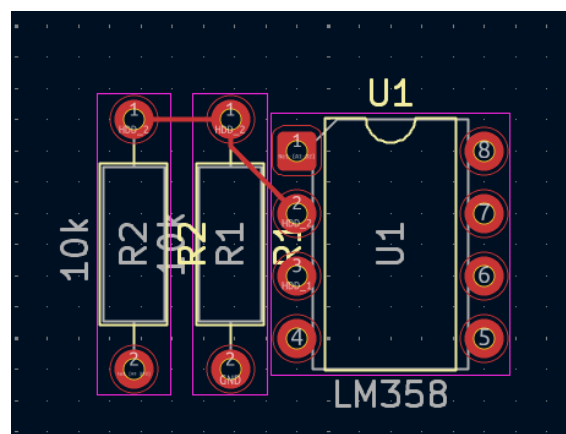


Figura 14

Anemómetro com motor de três fases (HDD)

7 Conclusão

Em suma, este trabalho permitiu desenvolver competências fundamentais no uso de ferramentas como o OpenSCAD e o KiCad para a prototipagem física e eletrónica. Tivemos a oportunidade de aplicar conceitos teóricos de instrumentação para resolver o problema de converter a frequência de um motor na velocidade do vento. A calibração entre o circuito comparador e o código em Arduino resultou num sistema de medição funcional, capaz de interpretar as variações reais do vento.