POLI TÉCNICO GUARDA

Trabalho prático de Arquitetura de Computadores

Maio/2025

Trabalho prático de Arquitetura de Computadores

Curso: Ciências de Dados & Inteligência Artificial

Nome: Alexandre Albuquerque

N.º de Est: 1708170

Curso: Ciências de Dados & Inteligência Artificial

Nome: Manuel Fuele Kiangebeni

N.º de Est: 1708164

Professor: Dr. Luís Figueiredo

Maio/2025

índice

1. O problema

Usando o sonar HC-SR04 controlado com funções de interrupt, controlar o número de leds acesos de um conjunto de 8 usando a seguinte escala:

a. Distâncias inferiores a 5cm: 0 leds acesos;

b. Distâncias entre 5 cm e 100cm: número de leds acesos proporcional à distância (5cm acende um led, 100 ou mais centímetros acendem os 8 leds).

2. Introdução

Este relatório é resultado do trabalho prático da cadeira de Arquitetura de Computadores, onde apresentamos a solução obtida para o problema, os desafios e a conclusão alcançada.

No capitulo 3 iremos apresentar o material utilizado para a realização deste trabalho.

No capítulo 4 vamos apresentar a solução encontrada para a resolução do problema. No seu subcapítulo vamos primeiro apresentar o algoritmo utilizado para a elaboração do código e o seu respetivo esquema.

No capítulo 5 abordamos o tema dos desafios encontrados ao longo da resolução do problema. Iremos falar sobre as dificuldades e como foram ultrapassadas.

No capitulo 6 vamos fornecer uma breve sugestão de melhoria.

Para o capítulo 7, iremos oferecer uma breve conclusão sobre a solução do problema.

3. Componentes Utilizados

1. HC-SR04 – Sensor Ultrassónico;
2. ESP32 Node;
3. Resistências:
   - 8 de 470 Ω
   - 1 de 1kΩ
   - 1 de 2kΩ
4. 8 LEDs;
5. 13 Jumpers
6. 1 Breadboard
7. 1 Cabo Micro USB

4. Solução

A solução é composta por duas partes, o algoritmo – os caminhos seguidos na perspetiva do ESP32 e o código – logica e estruturas de programação seguidas na perspetiva do programador.

4.1. Algoritmo

Objetivo:

Utilizar o sonar HC-SR04, para controlar o número de leds acesos recorrendo a funções interrupt.

Algoritmo da Função distanceRead:

1. Se o numLEDs for igual a zero;
   1.1. Desligar todos os LEDs;
2. Se não se o numLEDs for maior ou igual a oito;
   2.1. numLEDs igual a oito;
   2.2. Ligar todos os LEDs;
3. Se não;
   3.1. Ligar numLEDs LEDs proporcionalmente à distância;
   3.2. Desligar numLEDs LEDs proporcionalmente à distância.

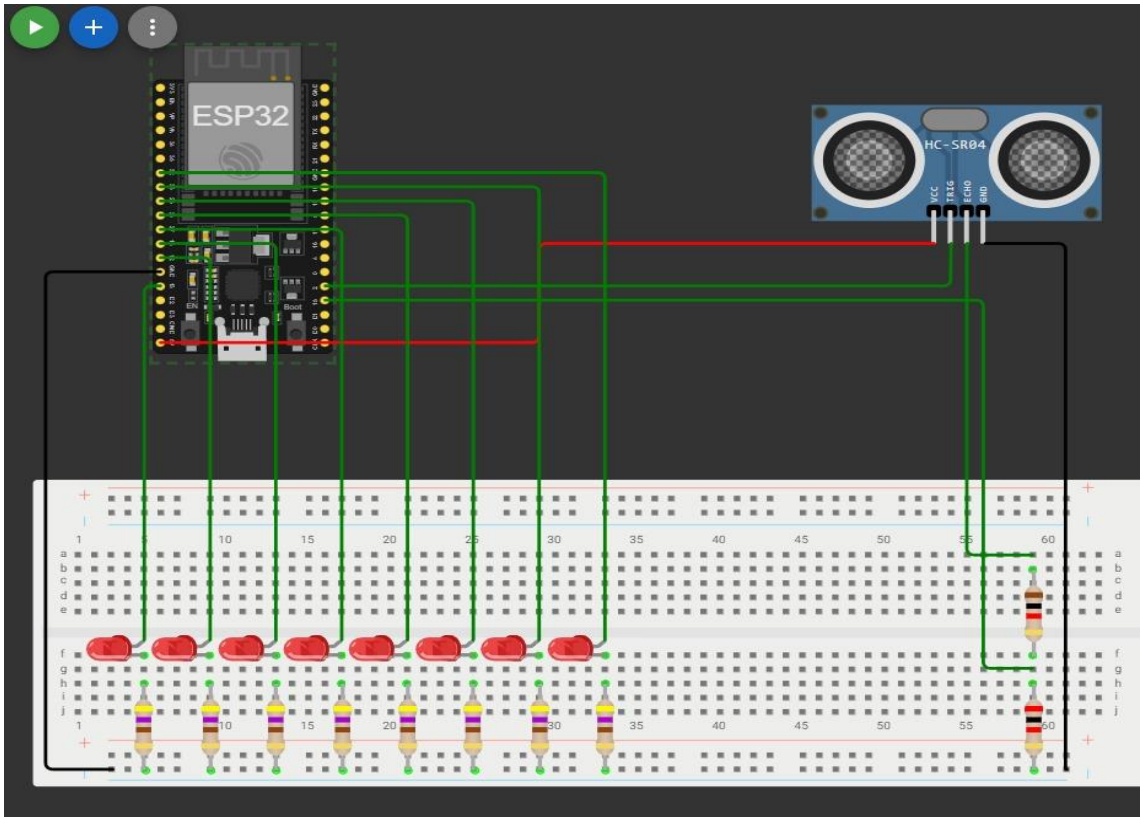
Algoritmo Setup:

1. Estabelecer a ligação entre o microcontrolador e o PC a uma velocidade de 115.200bps;
2. Configurar o array pins de 8 caracteres;
   2.1. Configurar pino 13 como OUTPUT no array pins;
   2.2. Configurar pino 12 como OUTPUT no array pins;
   2.3. Configurar pino 14 como OUTPUT no array pins;
   2.4. Configurar pino 27 como OUTPUT no array pins;
   2.5. Configurar pino 26 como OUTPUT no array pins;
   2.6. Configurar pino 25 como OUTPUT no array pins;
   2.7. Configurar pino 33 como OUTPUT no array pins;
   2.8. Configurar pino 32 como OUTPUT no array pins;
   2.9. Desligar todos os LEDs;
3. Configurar pino 2 como OUTPUT;
4. Configurar pino 15 como INPUT;
5. Configurar pino echoPin à função distanceRead, no modo FALLING;
6. Ler startTime.

Algoritmo Loop:

1. Ler currentTime;
2. Se o currentTime-startTime for maior ou igual a 50 milisegundos;
   2.1. Desligar o trigPin;
   2.2. Se o currentTime-startTime for maior ou igual a 0.002 milisegundos;
      2.2.1. Ligar o trigPin;
      2.2.2. Adicionar o valor 0.002 ao startTime;
         2.2.2.1. Se o currentTime-startTime for maior ou igual a 0.01 milisegundos;
            2.2.2.1.1. Desligar o trigPin;
            2.2.2.1.2. Ligar o echoPin;
            2.2.2.1.3. Imprimir o valor da distância e o numLEDs;
   2.3. Adicionar ao startTime o valor 50.

4.2. Esquema



4.3. Código

```
////////////////////////////
//Trabalho Final Proposta 2//
////////////////////////////

//Variáveis//
unsigned long startTime=0, currentTime=0;
bool bright=false;
long duration;
int distance=0, pins[8]={13,12,14,27,26,25,33,32};
volatile int numLEDs=0;

//Define//
#define trigPin 2 // OUTPUT
#define echoPin 15 //INPUT

//Função Interrupt//
void distanceRead(){
  numLEDs=(0.08*distance)+0.6; // Formula para ligar leds
proporcionalmente à distância
  if(numLEDs==0){
    for(int i=0;i<8;i++){
      digitalWrite(pins[i], bright);
    }
  }else if(numLEDs>=8){
    numLEDs=8;
    for(int i=0;i<numLEDs;i++){
      digitalWrite(pins[i], !bright);
    }
  }else{
    for(int i=0;i<numLEDs;i++){
      digitalWrite(pins[i], !bright);
    }
    for(int i=7; i>=numLEDs; i--){
      digitalWrite(pins[i], bright);
    }
  }
}

void setup(){
  Serial.begin(115200);
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    pinMode(pins[i], OUTPUT);
    digitalWrite(pins[i], bright);
  }
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  attachInterrupt(echoPin, distanceRead, FALLING);
  startTime=millis();
}
```

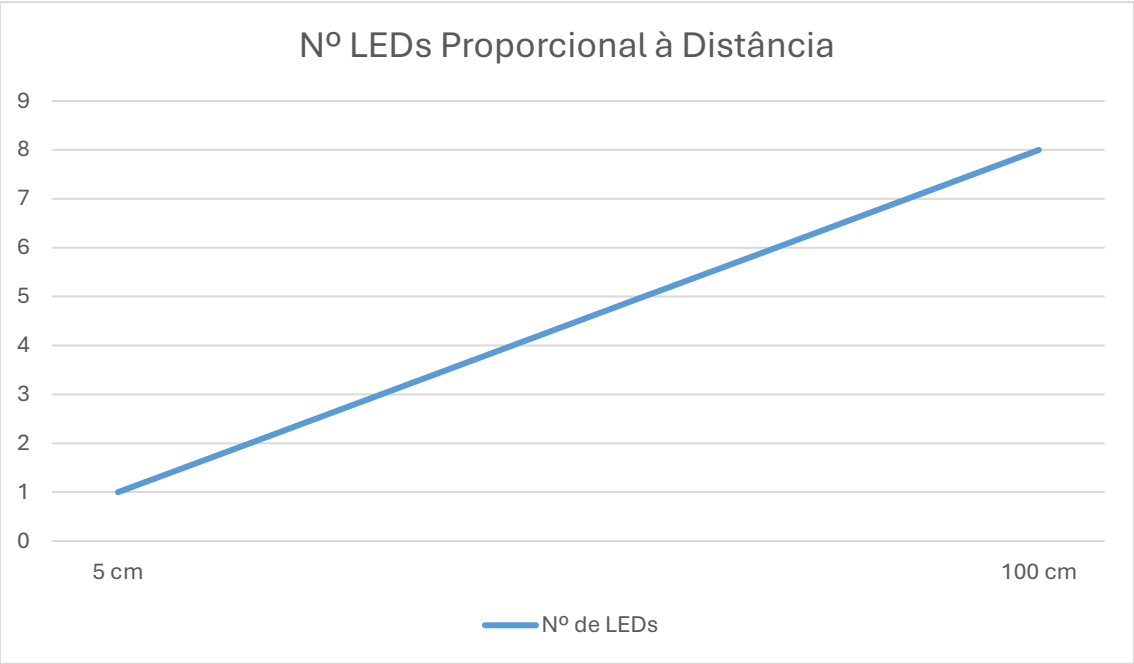
```
void loop(){
  currentTime=millis();
  if(currentTime-startTime>=50){
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    if(currentTime-startTime>=0.002){ // Manter o trigger no LOW por
2 microsegundos para limpar ruidos ou valores anteriores
      digitalWrite(trigPin, HIGH);
      startTime+=0.002;
      if(currentTime-startTime>=0.01){ // Enviar um ultrasom por 10
microsegundos pois é o requerido para funcionar
        digitalWrite(trigPin, LOW); // Terminar o ultrasom
        duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
        distance = duration * 0.034 / 2;
        startTime+=0.01;
        printf("%d - %d\n", distance, numLEDs);
      }
    }
    startTime+=50;
  }
}
```

5. Desafios

1. Calcular o número de LEDs proporcionalmente ao valor da distância

Para uma eficiência no cálculo, definimos a equação da reta tangente, y = m**x** + b, com **x** igual á distância e **y** igual ao número de LEDs.

No cálculo da reta tangente, desenhamos um gráfico:



Recorremos ao seguinte cálculo para encontrar o m: **m** = (**y**2-**y**1)/(**x**2-**x**1) <=> **m** = 7/90 <=> **m** = 0.08.

A seguir calculamos o valor de b: **b** = -0.08***x** + **y** <=> **b** = 0.6.

Concluindo então com a fórmula: **y** = 0.08***x** + 0.6.

2. Utilizar o **y** para ligar o número exato de LEDs

Depois de encontrar a equação da reta tangente, precisamos de integrar o valor do **y** na lógica do problema. Para tal, foi utilizado um array "pins" que continha o número dos pinos associados a cada LED, pois, podemos utilizar um ciclo para percorrer o array e, assim, acender o número exato de LEDs.

3. Problemas com exatidão nos valores de **y**

Assim que concluído o desafio anterior, deparamo-nos com o seguinte problema:

- Para y = 0, o que significa zero LEDs acesos, a lógica do algoritmo iria para um LED aceso, pois o y igual a zero significa a posição zero no array;
- Para y >= 8, como a equação encontrada, tal como descrito no problema, está para cinco centímetros até cem centímetros, para distâncias

superiores o valor de y iria ser maior que oito, ou seja, tentar acender mais LEDs do que os existentes.

Para solucionar ambos os desafios, foram criadas duas verificações. A primeira iria verificar se o y fosse zero e caso o confirmasse, os LEDs iriam ser todos apagados. Na segunda verificação, se o y tivesse valores iguais ou superiores a oito, iria ter obrigatoriamente o valor oito.

4. Não utilizar ciclos dentro da função loop

Na correção, foi mais eficaz evitar ciclos dentro da função loop, sendo estas transferidas para a função **interrupt**.

5. LEDs a piscar de forma constante

Durante a execução do código, notamos que os LEDs piscavam de forma constante, pois estávamos a desligar os LEDs no início da função loop. Para solucionar o problema, definimos dois ciclos na função interrupt:

- O primeiro ciclo, teve como objetivo ligar os LEDs proporcionalmente à distância, ou seja, percorrer as posições do array de forma crescente;
- O segundo ciclo, parecido ao anterior, teve como objetivo desligar os LEDs proporcionalmente à distância, ou seja, percorrer as posições do array de forma decrescente.

6. Sugestão

Com o objetivo de minimizar a função interrupt, foi pensado a criação de uma função apenas para executar os ciclos presentes no mesmo. Pois na função loop, seria mais eficaz chamar a função com os ciclos, do que executar os mesmos na função interrupt.

7. Conclusão

Na realização deste trabalho, tivemos a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos na aula e a importância de integração entre hardware e software no contexto de Arquitetura de Computadores.

Utilizando o sensor HC-SR04 e o microcontrolador ESP32, foi possível desenvolver um sistema funcional que controla a quantidade de LEDs acesos de forma proporcional à distância medida. Durante o desenvolvimento, enfrentamos diversos desafios, como o cálculo proporcional da distância em relação ao número de LEDs, o uso eficaz da função interrupt, e o controlo preciso dos ciclos que ligam e desligam os LEDs. Cada obstáculo contribuiu para uma aprendizagem mais profunda sobre manipulação de sinais, estruturas de controle e eficiência do código.

Em suma, o projeto proporcionou uma experiência prática valiosa, permitindo consolidar conceitos fundamentais da disciplina e desenvolver competências técnicas relevantes para o nosso percurso académico.

Referências

Tutorials, R. N. (01 de Maio de 2025). *Complete Guide for Ultrasonic Sensor HC-SR04 with Arduino*. Obtido de Random Nerd Tutorials: https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/