Vitor Amadeu Souza

Monitorando

Sensores

através do

Visual C#

Com ESP32 programado em Arduino

© 2020 by Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.

© 2020 by Vitor Amadeu Souza

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem autorização prévia e escrita de **Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.** Este livro publica nomes comerciais e marcas registradas de produtos pertencentes a diversas companhias. O editor utiliza as marcas somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários das marcas, sem nenhuma intenção de atingir seus direitos.

Outubro de 2020

Direitos reservados por:
Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda

Produção: *Cerne Tecnologia e Treinamento*
E-mail da Empresa: *cerne@cerne-tec.com.br*
Home Page: *www.cerne-tec.com.br.com.br*
Atendimento ao Consumidor: *sac@cerne-tec.com.br*
Contato com o Autor: *vitor@cerne-tec.com.br*



FEITO NO BRASIL

Dedicatória

Como nos meus outros livros, dedico este livro a minha querida esposa Renata Leal.

"Aqueles que, como eu, foram humildes pioneiros da conquista do ar, pensavam mais em criar novos meios de expansão pacífica entre os povos do que lhes fornecer novas armas."

Alberto Santos Dumont

Cerne Tecnologia

A Cerne Tecnologia tem uma equipe preparada para desenvolvimento de projetos eletrônicos em diversas áreas: Médica, Entretenimento, Industrial, Robótica, Científica, Automobilística, Aeronáutica, etc. Trabalhamos com tecnologia microcontrolada usando o PIC, ARM, AVR, 8051, dsPIC, PIC24, PIC32 além do Arduino, Raspberry, Beaglebone etc. Desenvolvemos o projeto desde sua concepção até a entrega do produto final, passando pelas etapas de esquema elétrico, protótipo e desenvolvimento de circuito impresso.

Desenvolvemos aplicativos para smartphones/tablets Android, iOS, Blackberry, Windows Phone e no desenvolvimento de softwares a nível PC para plataforma Windows, usando ferramentas como o Visual Basic, C# e C++.

Atuamos na parte de montagem de placas, onde podemos fornecer ambos os serviços de desenvolvimento de projetos e produção ou apenas um destes.

Desenvolvemos esquemas elétricos e layout de PCI, tanto em tecnologia convencional como SMD.

Temos a flexibilidade de customizar um de nossos produtos, de modo a atender a uma necessidade específica do cliente, tornando o custo de desenvolvimento menor se comparado a construção de um projeto desde a sua fase inicial.

Desenvolvemos e fornecemos kits didáticos para diversos microcontroladores além de apostilas, livros e e-books.

Na hora de desenvolver um projeto ou equipar seu laboratório não hesite em nos contatar. Entre em contato conosco através do endereço cerne-tec.com.br para obter mais informações.



cerne-tec.com.br

Sumário

I. Metodologia de desenvolvimento	**6**
II. Transmissão serial	**7**
III. Medindo a concentração de Amônia	**11**
IV. Amperímetro	**23**
V. Barômetro	**32**
VI. Medindo a concentração de Benzeno	**38**
VII. Célula de Carga	**49**
VIII. Medição de Monóxido de Carbono	**59**
IX. Medição de Dióxido de Carbono	**73**
X. Decibelímetro	**87**
XI. Dinamômetro	**100**
XII. Medindo Etanol em ppm	**106**
XIII. Medindo o fluxo de massa	**115**
XIV. Gaussímetro	**124**
XV. Medindo a concentração de GLP	**136**
XVI. Medindo a concentração de H_2	**148**
XVII. Higrômetro	**159**
XVIII. Medindo a concentração de Ozônio	**165**
XIX. Medição de pH	**176**
XX. Termômetro	**187**
XXI. Medindo a radiação ultravioleta	**193**
XXII. Voltímetro	**205**
XXIII. Monitoramento	**212**

Capítulo I

Metodologia de desenvolvimento

1. Introdução

Esta literatura é uma continuação da obra *Programando o ESP32 no Arduino (2018)* do mesmo autor e editora, onde o objetivo é monitorar os sensores listados no sumário da obra programado no Arduino e uma interface gráfica desenvolvida no Visual C# para monitorá-la.

A placa didática utilizada foi a ESP32 wroom, onde tal kit está à venda no site www.cerne-tec.com.br.

Capítulo II

Transmissão Serial

1. Introdução

A comunicação serial ainda é uma das mais usadas e neste capítulo será apresentado os passos para transmitir dados usando este tipo de interface. Será transmitida uma string, onde a placa ESP32 wroom dispõe dos recursos para que possa enviar tal informação.

2. Montando o Hardware

A placa em estudos utilizada já possui um conversor TTL<->USB, não sendo necessário de montagem de hardware adicional.

3. Programando o Arduino

Deve-se configurar a velocidade no qual é feita a comunicação, podendo esta ser de várias velocidades, como 1200 bps (bits por segundo), 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps etc. Neste exemplo a velocidade usada é de 9600 bps. Abaixo está apresentado a função que configura a velocidade de comunicação:

```
Serial.begin(velocidade);
```

A função para enviar a string está apresentada a seguir:

```
Serial.println(texto);
```

O exemplo completo está apresentado logo abaixo enviando a string para o PC via RS232 a 9600 bps.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Aprendendo Arduino");
}

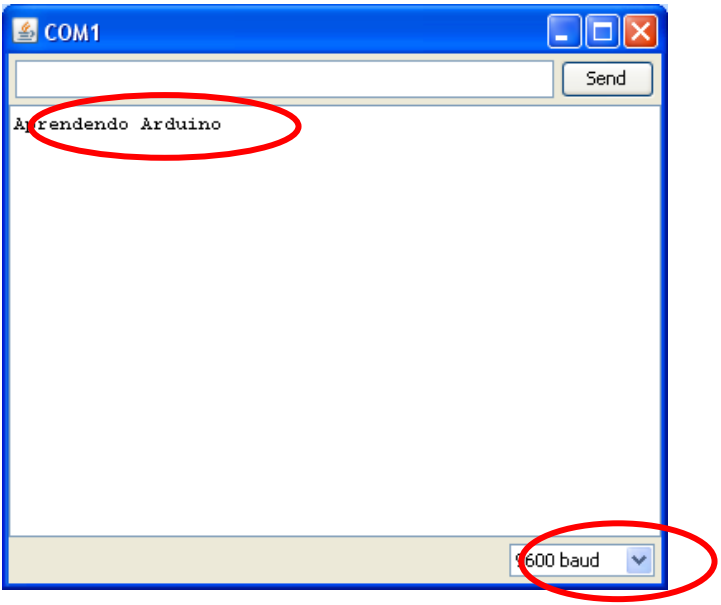
void loop()
{

}
```

Para visualizar os dados será utilizado o Serial Monitor, que já vem com o próprio software Arduino. Clique na opção marcada abaixo para inicializar este software.



Neste momento, a seguinte tela surgirá, onde após a gravação da placa e remoção do jumper de gravação será possível visualizar o resultado apresentado abaixo a 9600 bps.


COM1
Send
Aprendendo Arduino
9600 baud

Capítulo III

Medindo a concentração de Amônia

1. Efeitos da Amônia ao ser humano

O gás amônia ou amônia, cuja fórmula molecular é NH_3 está disposto geometricamente da seguinte forma.

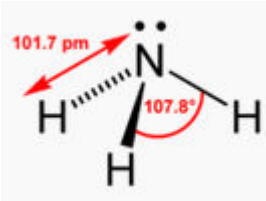


Figura 3.1: Representação da amônia
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Am%C3%B4nia

É um gás tóxico em temperatura ambiente e pressão atmosférica e na presença da umidade torna-se corrosivo. É um gás inflamável, incolor, com odor irritante e possui alta solubilidade em meio aquoso, como a água. Possui diversas aplicações, como agente refrigerante industrial e como fertilizante.

Em altas concentrações, produz tosses fortes devido a sua ação nas vias respiratórias além de causar queimadura nos olhos. Além

disso, a vítima sofrerá irritação dos pulmões podendo evoluir a um edema pulmonar em pouco tempo, sendo necessária a rápida remoção para não agravar tal situação. Em caso de ingestão, provocará corrosão da boca, garganta e estômago.

Segundo o anexo 11 da NR 15 (Norma Regulamentadora 15), a concentração máxima para uma exposição semanal de até 48 horas é de 20 ppm. Caso este limite seja extrapolado, o ambiente é considerado medianamente insalubre.

Os principais riscos oferecidos pela Amônia são ligados a saúde, conforme mostra a classificação de rotulagem da figura a seguir.

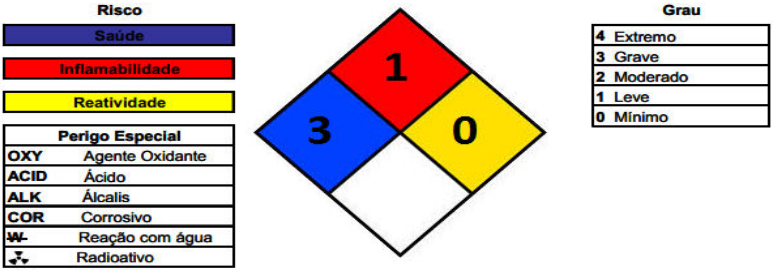


Figura 3.2: Riscos associados a Amônia
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Am%C3%B4nia

Note pelo quadro que os riscos associados a reatividade são mínimos (0), enquanto que o de inflamabilidade é leve (1) e saúde grave (3).

Face ao exposto, torna-se importante dispor de equipamentos que meçam a concentração de Amônia de maneira contínua e possam alertar os seus usuários caso níveis críticos sejam atingidos.

Neste capítulo, será desenvolvido um dispositivo capaz de medir a concentração de Amônia no ambiente e que envia pela serial tal valor em ppm (parte por milhão).

2. Sensor MQ-135

O sensor MQ-135, desenvolvido pela Hanwei Eletronics (www.hwsensor.com), permite medir a concentração em ppm da Amônia (NH_3) com alta repetibilidade e seletividade. A próxima figura mostra o encapsulamento deste sensor.



Figura 3.4: Encapsulamento do MQ-135
Fonte: https://www.sparkfun.com/products/10916

O MQ-135 opera como um resistor variável, que acompanha a variação de Amônia no ambiente. A sua resposta é linear e quanto

maior a concentração de Amônia, menor a resistência de saída. A faixa de concentração aceita pelo sensor é de 10 a 300 ppm.

A próxima figura mostra a resposta de sensibilidade do sensor, de acordo com a concentração em ppm de Amônia em que estiver sendo medido pelo mesmo.

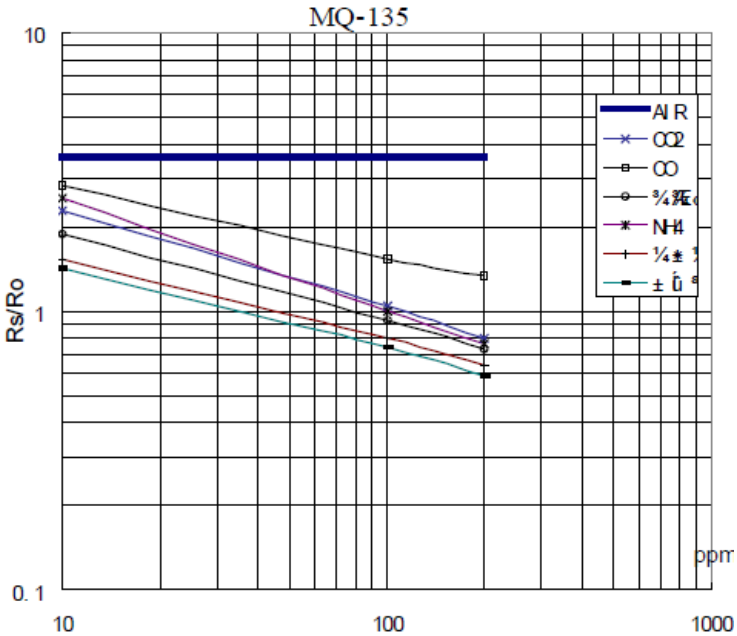


Figura 3.5: Resposta de acordo com a concentração do meio
Fonte: MQ-135 Datasheet

Observe que em 100 ppm a relação entre a resistência de saída e a de referência (Rs/Ro) é igual a 1. A curva é linear, facilitando assim a

detecção do Arduino. Além de Amônia, o sensor é sensível a outros gases como álcool e Benzeno.

Este sensor é composto de 6 pinos, conforme pode ser visto na figura a seguir.

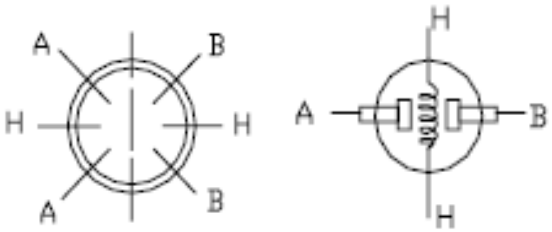


Figura 3.6: Pinagem do MQ-135
Fonte: MQ-135 Datasheet

A próxima figura mostra o circuito típico a ser montado para obter o valor da concentração de Amônia.

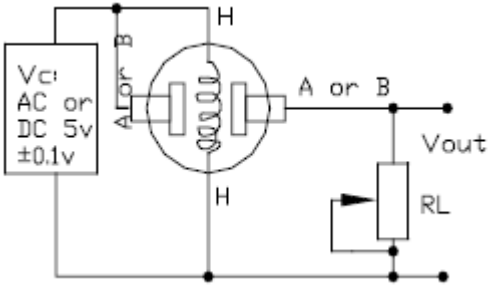


Figura 3.7: Circuito típico
Fonte: MQ-135 Datasheet

Nos pinos identificados como H o sensor será conectado a 5V e GND. No pino A em 5V e em B a saída proporcional a concentração de Amônia do ambiente. O resistor RL tipicamente é de 20 kΩ para a medição de Amônia, no entanto, pode ser recomendado utilizar um trimpot para calibração, já que este valor pode variar de acordo com a temperatura e umidade relativa do ar.

A próxima figura apresenta o sensor alimentado e com o resistor RL conectado na saída de medição.

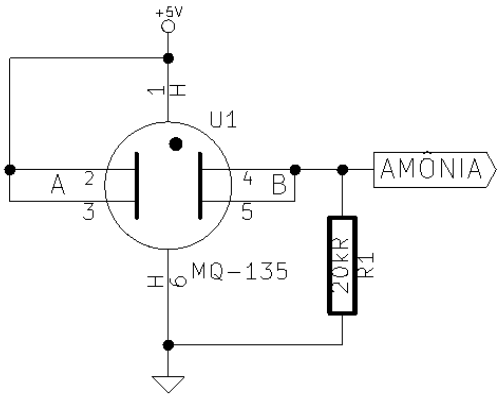


Figura 3.8: Circuito elétrico
Fonte: MQ-135 Datasheet

Com este circuito, na concentração máxima, ou seja, 300 ppm, haverá uma tensão de 5V na entrada analógica do Arduino enquanto que para a concentração mínima, 0 ppm, haverá 0V.

A curva que relaciona a tensão de saída do sensor de Amônia em ppm terá a característica apresentada a seguir.

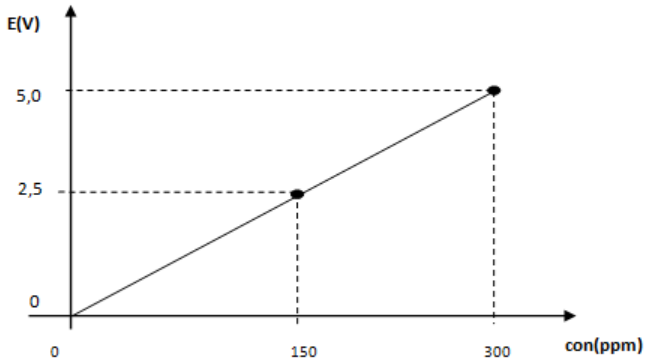


Figura 3.9: Resposta do sensor em Volts

Um divisor resistivo deve ser montado na saída do sensor de modo a fornecer de 0 V a 3,3V a tensão analógica na entrada do processador. O conversor ADC do ESP32 é de 12 bits, o que sugere que seja capaz de obter uma resolução de 4096 pontos, já que 2^{12} é igual a este valor. O sensor estará ligado na entrada analógica, no qual fornece como resultado um valor binário na faixa de 0 a 4095 de acordo com a tensão de 0 a 3,3 V. Sendo assim, pode-se modelar o seguinte gráfico, no qual converte a escala de concentração (ppm) para os bits referentes a conversão AD.

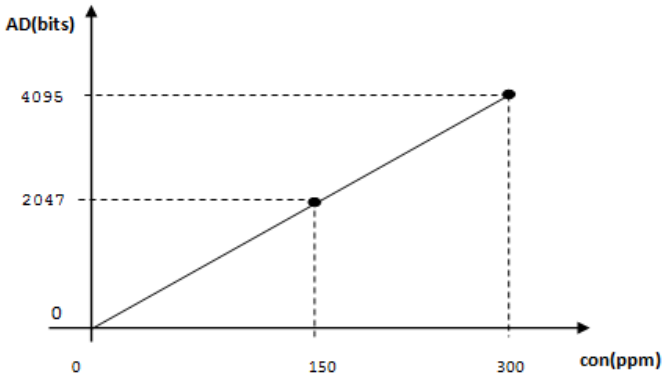
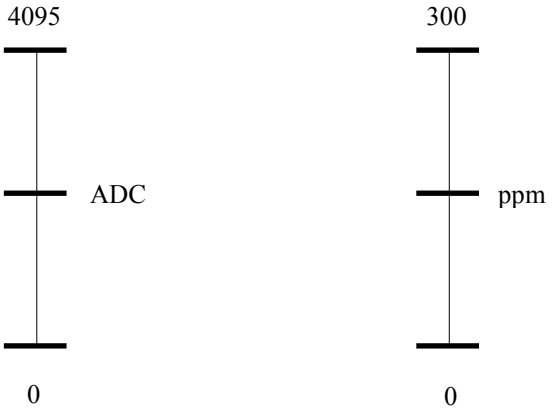


Figura 3.10: Equivalência com resposta do CAD

Desta forma, há a seguinte relação matemática entre o resultado da conversão ADC e medição da concentração de Amônia.



$$\frac{ADC - 0}{4095 - 0} = \frac{ppm - 0}{300 - 0}$$

$$\frac{ADC}{4095} = \frac{ppm}{300}$$

$$ppm = \frac{300.ADC}{4095}$$

Figura 3.11: Cálculo matemático para achar o ppm

Ou seja, após a leitura da entrada analógica, deve-se executar o cálculo matemático acima de forma a obter o valor da concentração em ppm de Amônia.

3. Esquema elétrico

O esquema elétrico para este exemplo está apresentado a seguir, onde observa-se o sensor que é a fonte de dados para o ESP32.

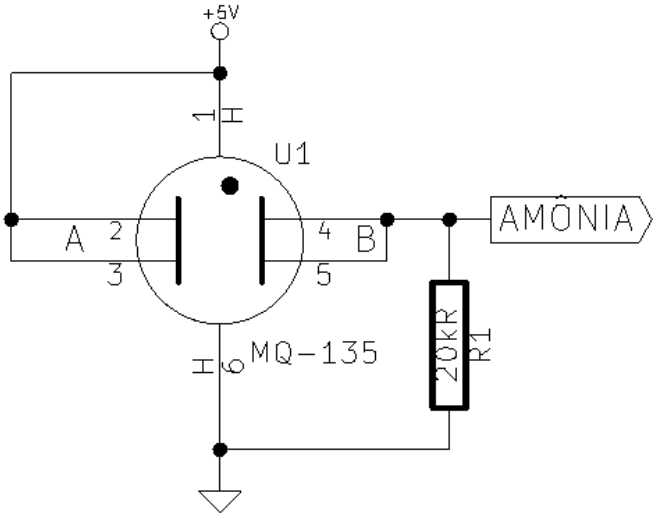


Figura 3.12: Esquema elétrico completo

4. Fluxograma

O fluxograma que rege o funcionamento do programa está apresentado a seguir. Observe que inicialmente é feita a inicialização da serial para que no loop principal seja feita a leitura contínua da entrada analógica e a conversão para ppm de Amônia, para que finalmente o canal de dados serial seja atualizado.

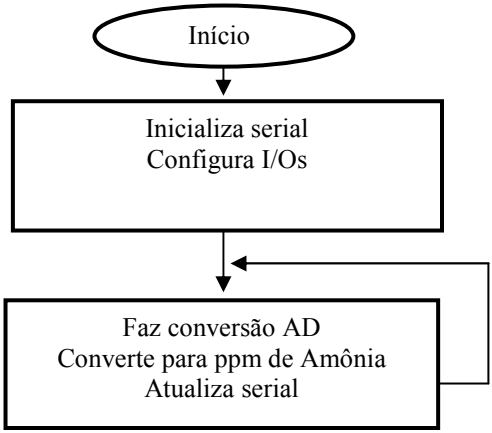


Figura 3.13: Fluxograma

5. Código fonte

A seguir o código fonte que mede a concentração em ppm de Amônia em determinado meio, através do sensor MQ-135 e atualiza a porta serial com o resultado da medição em ppm. Após a leitura do canal analógico aplica-se a relação matemática mostrada em 3.11, encontra-se a concentração de Amônia em ppm. O retorno da função é a concentração em ppm.