Vitor Amadeu Souza

Desenvolvimento de projetos com display

OLED

com controlador SSD1306 para medição de

Sensores

Programado no 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.

Setembro 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

“Para quem tudo perde, ainda resta Deus.”

Alfred de Musset

Kits Didáticos e Gravadores da Cerne Tecnologia

A Cerne tecnologia têm uma linha completa de aprendizado para os microcontroladores da família PIC, 8051, Holtek, dsPIC, ARM e etc. Veja os detalhes de cada um nas figuras abaixo:



Kit Arduino

- Gravação On-Board
- Comunicação Serial RS232
- Entrada de 12 V

Uma linha completa de componentes para o desenvolvimento de seus projetos eletrônicos como displays, PICs, botões, leds, cristais e etc. Visite a nossa página na Internet, no endereço **www.cerne-tec.com.br** e conheça melhor nossos serviços e produtos.

Cerne
Conhecimento para o Desenvolvimento

Sumário

Capítulo I – Metodologia de desenvolvimento 6

Capítulo II – Display gráfico OLED 7

Capítulo III – Medindo Álcool em ppm..... 17

Capítulo IV – Medindo a concentração de Amônia 28

Capítulo V – Amperímetro..... 43

Capítulo VI – Barômetro 55

Capítulo VII – Medindo a concentração de Benzeno..... 63

Capítulo VIII – Célula de Carga..... 78

Capítulo IX – Medição de Monóxido de Carbono..... 91

Capítulo X – Medição de Dióxido de Carbono..... 108

Capítulo XI – Dinamômetro 125

Capítulo XII – Medindo o fluxo de massa..... 134

Capítulo XIII – Gaussímetro 146

Capítulo XIV – Medindo a concentração de GLP 160

Capítulo XV – Medindo a concentração de H_2..... 173

Capítulo XVI – Medição de umidade..... 187

Capítulo XVII – Medindo a concentração de Ozônio 195

Capítulo XVIII – Termômetro com NTC 210

Capítulo XIX – Medindo a radiação ultravioleta..... 219

Capítulo XX – Medição de corrente de 4 a 20 mA 235

Capítulo XXI – Decibelímetro..... 244

Capítulo XXII – Voltímetro..... 261

Capítulo I
Metodologia de desenvolvimento

1. Introdução

Esta literatura é uma continuação da obra *Arduino – Prático e Objetivo* (2011) e *Programação para Arduino – Avançado* (2014) do mesmo autor e editora, onde o objetivo é controlar um display OLED de 0,96^{o} com controlador SSD1306 usando o Arduino para em seguida apresentar na tela o resultado da medição de alguns dos sensores listados no sumário da obra.

A placa didática utilizada foi a Arduino UNO em conjunto com um display OLED que faz uso do controlador SSD1306, onde tais kits e acessórios estão à venda no site www.cerne-tec.com.br.

Capítulo II

Display gráfico OLED

1. Controlador SSD1306

O display gráfico utilizado ao longo das experiências possui o aspecto apresentado a seguir.



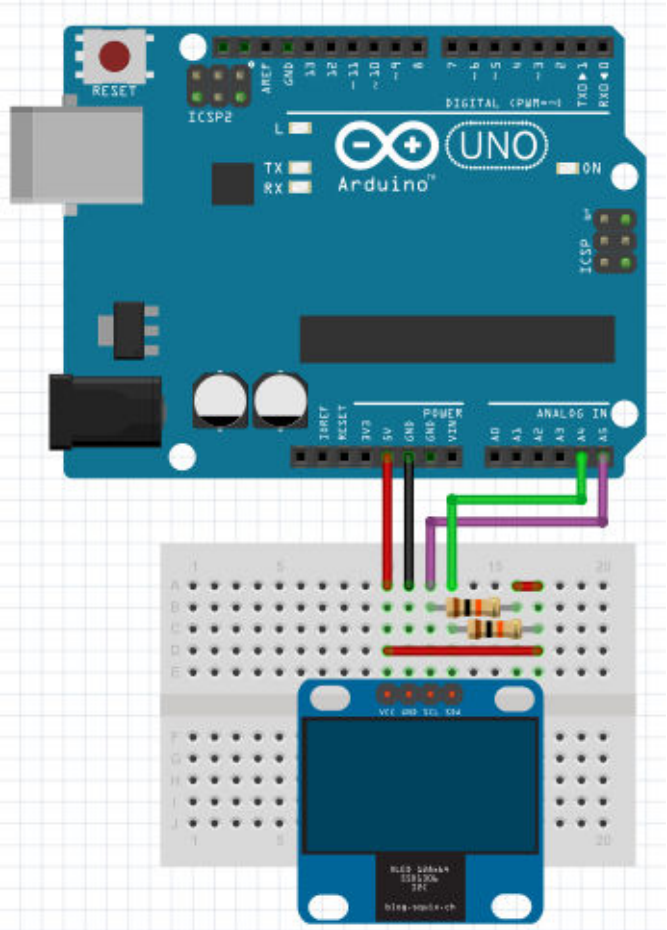
A comunicação com este display é feita através da interface I^2C, usando apenas dois pinos SDA e SCL. Acompanhe a seguir suas principais características:

Tensão de trabalho	3,0 a 5,0V
Potência máxima	80 mW
Resolução	128x64 pixels
Interface	I^2C
Controlador	SSD1306
Dimensão do visor	1,90 x 2,73 cm
Dimensão total	2,78 x 2,73 x 0,41 cm

Existem inúmeros fabricantes deste display, porém desde que utilize o mesmo controlador (SSD1306) e sua interface seja I^2C o exemplo a ser apresentado pode ser utilizado sem problema.

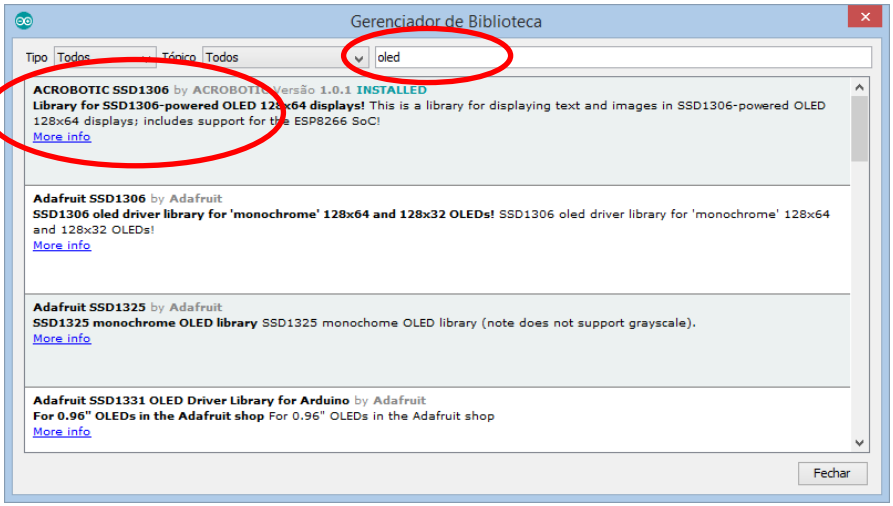
2. Esquema elétrico

O esquema utilizado ao longo do curso está apresentado a seguir. Note que apenas dois fios de comunicação são utilizados, referentes aos pinos SDA e SCL além dos pinos de alimentação.


RESET
ICSP2
AREF
GND
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
TXD 1
RXD 0
DIGITAL (PWM~)
L
TX
RX
UNO
Arduino
ON
ICSP
IOREF
RESET
3V3
5V
GND
GND
VIN
POWER
A0
A1
A2
A3
A4
A5
ANALOG IN

3. Biblioteca SSD1306

Por default a biblioteca que faz comunicação com o controlador SSD1306 não vem instalado no Arduino. Para instalá-lo, vá ao menu Sketch-> Incluir biblioteca -> Gerenciar bibliotecas.



No campo marcado acima, digite oled. Observe que aparece uma lista com a biblioteca chamada ACROBOTIC SSD1306. Em seguida, clique no botão Instalar.

4. Impressão na linha 1

Após instalar a biblioteca ACROBOTIC SSD1306, podemos manipular o display com relativa facilidade. O próximo experimento mostra como imprimir um texto na tela.

```
#include <Wire.h>
#include <ACROBOTIC_SSD1306.h>

void setup()
{
  Wire.begin();
  oled.init();
  oled.clearDisplay();
  oled.setTextXY(0,0);
  oled.putString("Display OLED");
}

void loop()
{
}
```

Após incluir as bibliotecas utilizadas no programa, no bloco setup é feita a inicialização do barramento I^2C através do método `begin` da classe `Wire`. Em seguida, inicializa-se o controlador SSD1306 pelo método `init` da classe `oled`. O display é limpo usando o método `clearDisplay()` e é posicionado o cursor para a posição 0,0 imprimindo o texto “Display OLED” usando o método `putString()`.

5. Impressão em mais linhas

O próximo experimento imprime a mesma informação do exemplo anterior, porém em linhas diferentes.

```
#include <Wire.h>
#include <ACROBOTIC_SSD1306.h>

void setup()
{
  Wire.begin();
  oled.init();
}

void loop()
{
  oled.clearDisplay();
  oled.setTextXY(0,0);
  oled.putString("Display OLED");
  delay(2000);

  oled.clearDisplay();
  oled.setTextXY(1,0);
  oled.putString("Display OLED");
  delay(2000);

  oled.clearDisplay();
  oled.setTextXY(2,0);
  oled.putString("Display OLED");
  delay(2000);
}
```

A experiência seguinte imprime em cada linha uma informação distinta.

```
#include <Wire.h>
#include <ACROBOTIC_SSD1306.h>

void setup()
{
  Wire.begin();
  oled.init();
  oled.clearDisplay();

  oled.setTextXY(0,0);
  oled.putString("America do Sul");

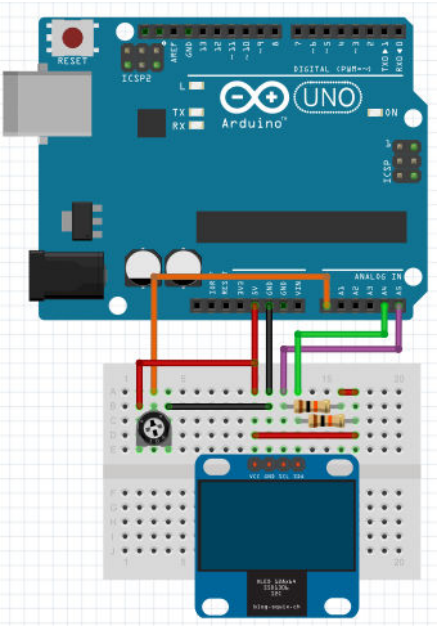
  oled.setTextXY(1,0);
  oled.putString("Brasil");

  oled.setTextXY(2,0);
  oled.putString("Brasilia");
}

void loop()
{
}
```

6. Lendo uma entrada analógica

A proposta da próxima experiência é ler a entrada analógica A0 do Arduino e apresentar o resultado na tela. Para testar esta experiência, utilize um potenciômetro como sugerido no esquema abaixo.



Acompanhe como fica o código fonte.

```
#include <Wire.h>
#include <ACROBOTIC_SSD1306.h>

void setup()
{
  Wire.begin();
  oled.init();
}
void loop()
{
  oled.clearDisplay();
  oled.setTextXY(0,0);
  oled.putString(String(analogRead(0));
  delay(500);
```

```
}
```

O programa fica em loop lendo a entrada analógica A0 e convertendo o seu valor para String, de modo a atualizar o display com o resultado da medição a cada 500 ms.

7. Lendo um caracter da porta serial

Este exemplo apresenta na posição 0,0 o caracter recebido da porta serial. Para isso, fica no loop verificando constantemente se há caracteres a serem lidos e ao constatar isso, faz a captura e apresenta no display o valor recebido.

```
#include <Wire.h>
#include <ACROBOTIC_SSD1306.h>

void setup()
{
  Wire.begin();
  oled.init();
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  if(Serial.available)
  {
    char rx=Serial.read();
    oled.clearDisplay();
    oled.setTextXY(0,0);
    oled.putString(String(rx));
```

```
    }
}
```

Capítulo III
Medindo Álcool em ppm

1. Sensor TGS 822

O sensor TGS 822, desenvolvido pela Figaro Sensor (www.figarosensor.com), permite medir uma série de vapores orgânicos como Metano, Monóxido de Carbono, Isobutano, Hexano, Benzeno, Álcool e Acetona. Cada um destas soluções, apresenta uma curva diferente de concentração em ppm (Parte Por Milhão), na faixa de 50 a 5000 ppm.

Este sensor apresenta alta sensibilidade, estabilidade, baixo custo e sua interface elétrica é relativamente simples. Suas principais aplicações são na detecção de álcool (podendo ser usado como bafômetro), detecção de vazamento de gás, detectores de solvente em fábrica etc. O elemento sensor é composto de Dióxido de Estanho (SnO_2), que varia sua condutividade de acordo com a concentração do gás presente em seu ambiente de instalação. Com o aumento da concentração de gás no ar, sua condutividade aumenta, em que desta forma um Arduino pode mensurar a concentração de determinado gás neste ambiente.

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

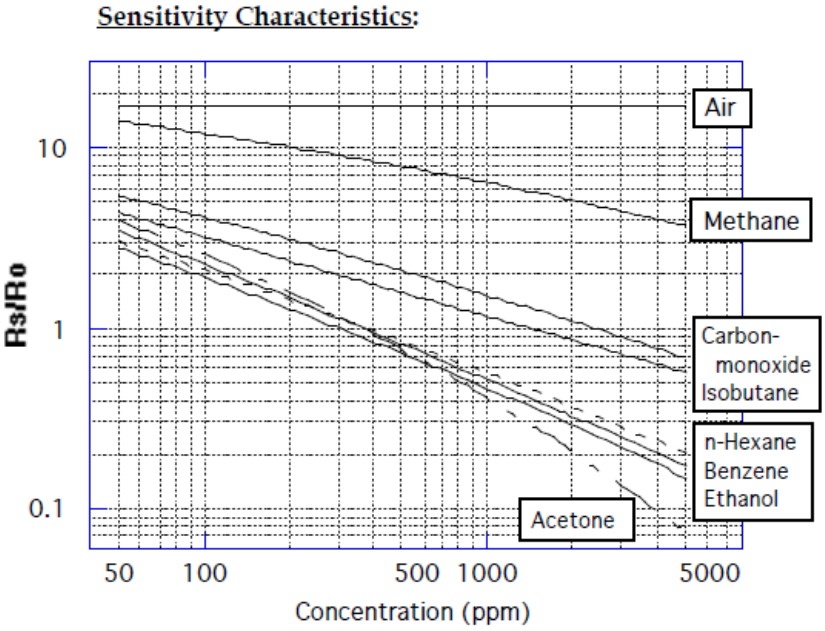


Figura 2.1: Resposta de acordo com a concentração de solvente
Fonte: TGS 822 Datasheet

A resposta do sensor varia de acordo com a temperatura e umidade relativa (R.H) do ambiente em que o mesmo estiver instalado, de acordo com a figura a seguir fornecida pelo próprio datasheet do componente.

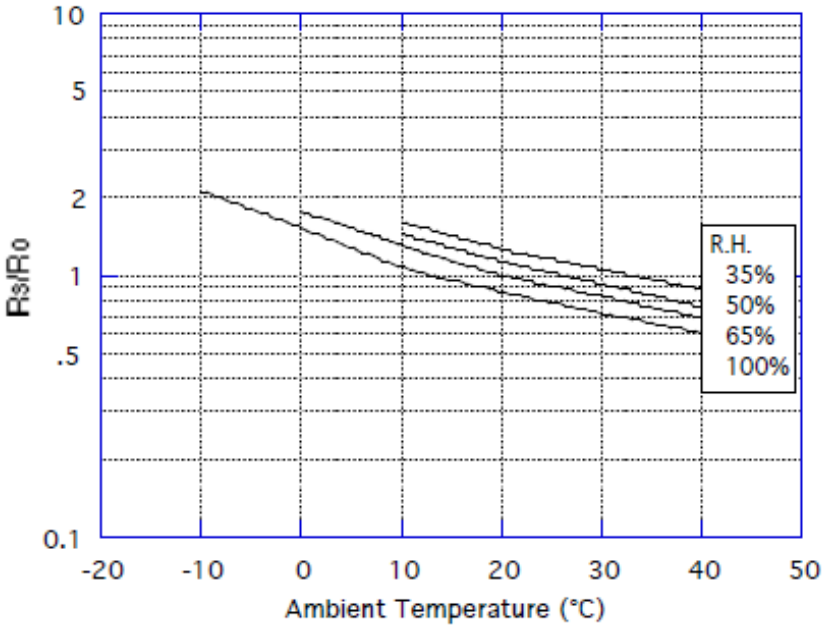


Figura 2.2: Influência da variação de umidade e temperatura
Fonte: TGS 822 Datasheet

Em determinados projetos que necessitem de maior precisão na resposta da medição de gases, pode ser necessário haver um sensor de umidade e temperatura, de modo a ajustar a resposta do TGS 822 de acordo com estas variações.

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

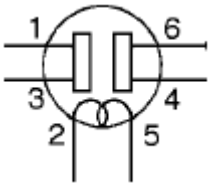


Figura 2.3: Pinagem do TGS 822
Fonte: TGS 822 Datasheet

A função da cada um dos pinos está descrita a seguir.

Pino	Função	Descrição
1 e 3	V_C	Alimentação positiva. Máximo de 24 Vdc.
2	V_H	Tensão de aquecimento. Tensão de 5V DC ou AC
5	GND	Terra da fonte
4 e 6	V_{RL}	Tensão variável de acordo com a concentração de gases

Fonte: TGS 822 Datasheet

Normalmente, os pinos 1, 2 e 3 ficam ligados juntos na tensão de 5 V. A saída V_{RL} fica acoplada a um resistor de carga (R_L), pois a resistência interna do sensor, ou seja, sua condutividade, varia segundo esta concentração, permitindo ao Arduino mensurá-la.

A próxima figura demonstra um circuito típico a ser montado para uso deste sensor.

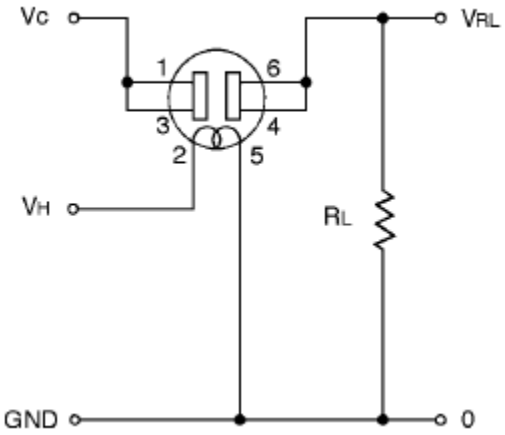


Figura 2.4: Circuito típico com TGS 822
Fonte: TGS 822 Datasheet

Um valor usual para R_L é de 10 kΩ. Observe pela curva do gráfico 2.1 que a concentração em ppm é encontrada de acordo com a relação R_S/R_0. O valor de R_S é definido como a resistência do sensor de acordo com a concentração de gás ambiente enquanto que R_0 para uma concentração de 50 ppm de Álcool, tipicamente 5.000Ω. O valor de R_S será encontrado segundo a fórmula a seguir.

$$R_S = \left(\frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) . R_L$$

Considerando V_C=5V e R_L=10.000Ω, o cálculo fica da seguinte forma.

$$R_S = \left(\frac{5}{V_{RL}} - 1 \right).10000$$

O valor de V_{RL} é encontrado através da leitura do conversor analógico do Arduino (CAD), estando na faixa de 0 a 5 V. Após encontrar R_S, basta encontrar a relação deste valor com R_0 (que vale 5.000Ω) para em seguida encontrar a concentração em ppm.

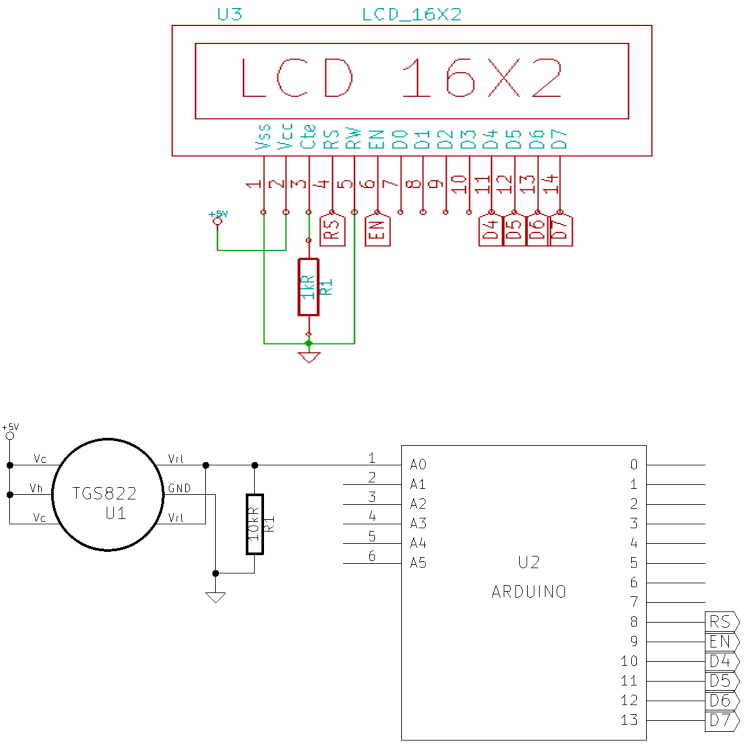
Chamando de *x* a relação entre R_S/R_0 e *ppm* a concentração, a função a seguir descreve como é encontrada a concentração.

$$ppm = 169.(\log(x))^4 - 147.(\log(x))^3 + 207.(\log(x))^2 - 496.\log(x) + 332$$

A descrição de como esta função foi encontrada está disponível no artigo de Jiana Shin, onde o link está disponível na seção Referências desta literatura.

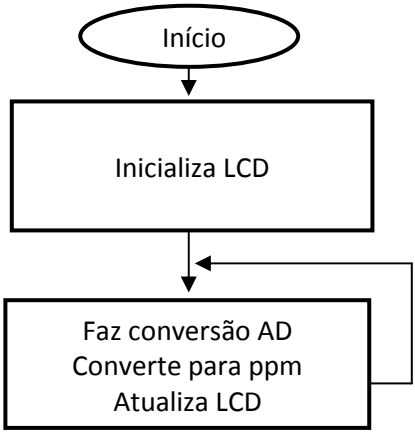
2. Esquema elétrico

O esquema elétrico para este exemplo está apresentado a seguir, onde observa-se o display LCD que mostra o valor da concentração em ppm de Álcool e o sensor que é a fonte de dados para o Arduino.



3. Fluxograma

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



4. Código fonte

A seguir o código fonte em Arduino que mede a concentração em ppm do Álcool em determinado meio através do sensor TGS 822 e apresenta no LCD o resultado da medição em ppm. Após a leitura analógica do canal 0 encontra-se a relação R_S/R_0 para se aplicar a função apresentada, passando como parâmetro esta relação. O retorno da função é a concentração em ppm para que em seguida, este resultado seja apresentado no LCD.

```
/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *          Cerne Tecnologia          *
 *        www.cerne-tec.com.br        *
 *    Projetos em Arduino - Álcool    *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8,9,10,11,12,13);
```

```
/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *       Função de inicialização       *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
void setup(void)
{
  lcd.begin(16,2);
}

/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *           Função de loop            *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
void loop(void)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print(le_ppm_alcool());
  lcd.print(" ppm");
  delay(1000);
}

/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *  Função para ler ppm do ambiente  *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
float le_ppm_alcool(void)
{
  float ppm,ad,vrl,rs,rs_ro,x;

  ad = analogRead(0);      //Lê AD de 0 a 1023
  vrl=(ad*5.0)/1023;       //Encontra Vrl
  rs=((5.0/vrl)-1)*10000; //Encontra Rs
  rs_ro=rs/5000;           //Encontra relação Rs/Ro
  x=log(rs_ro);          //Acha o log
  ppm=169*(x*x*x*x)-147*(x*x*x)+207*(x*x)-496*x+332;
                           //Equação para achar ppm
  return(ppm);             //Concentração em ppm
}
```

5. Aplicação

Este tópico é uma junção dos dois últimos, no qual é apresentado no display OLED de 0,96^{o} com controlador SSD1306 o resultado da medição do sensor.

6. Esquema elétrico

É o mesmo do exemplo do display OLED com a adição do sensor estudado anteriormente.

7. Código fonte

Acompanhe a seguir o código proposto.

```
#include <Wire.h>
#include <ACROBOTIC_SSD1306.h>

void setup()
{
  Wire.begin();
  oled.init();
}
```