



Monitoramento de Combustíveis: Sensor de Etanol para Segurança e Eficiência em Equipamentos Industriais

Guilherme Acioli Vanderlei¹, André Luís De Oliveira¹

¹ Faculdade de Computação e Informática
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) – São Paulo, SP – Brazil

Guilherme Acioli Vanderlei, 10342692@mackenzista.com.br

Abstract. *This project aims to develop an ethanol sensor for fuels used in industrial equipment, ensuring the use of high-quality fuel for proper operation and machinery preservation. The project will use a flex fuel sensor, an Arduino Uno, a 20x4 I2C LCD display, and the MQTT protocol for internet connectivity. The system is designed to operate both on a test bench and integrated into machinery or vehicles, allowing it to send signals for emergency mode activation or to shut down the equipment if an excessive amount of ethanol or water is detected in the fuel. This functionality enhances safety and prevents damage to the equipment.*

Resumo. *Este projeto tem como objetivo desenvolver um sensor de etanol para combustíveis utilizados em equipamentos industriais, garantindo o uso de combustível de alta qualidade para o funcionamento adequado e a preservação do maquinário. O projeto utilizará um Sensor flex fuel, um Arduino Uno, um display LCD 20x4 I2C e um protocolo MQTT para conexão com a internet. O sistema foi projetado para operar tanto em bancada quanto integrado em maquinários ou veículos, permitindo o envio de sinais para ativação de modo de emergência ou desligamento do equipamento caso seja detectada uma quantidade excessiva de etanol ou água no combustível. Esta funcionalidade aprimora a segurança e evita danos aos equipamentos.*

1. Introdução

A qualidade do combustível utilizado em equipamentos industriais é um fator de extrema importância para o bom desempenho e longevidade das máquinas. A detecção de adulterações, como a presença de água ou outros solventes em combustíveis como o etanol, é essencial para evitar danos aos componentes mecânicos e assegurar a eficiência do processo produtivo. Um sistema que possa monitorar e responder automaticamente a essas condições oferece uma vantagem significativa na prevenção de falhas e manutenção preventiva.

Minha motivação para desenvolver este projeto surgiu de experiências pessoais e familiares. Recentemente, enfrentei problemas com meu carro devido ao uso de combustível adulterado, o que gerou custos inesperados e transtornos. Em conversas com

familiares empreendedores, fiquei sabendo que o problema de combustíveis de má qualidade também afeta o setor industrial, causando falhas em maquinários e impactando a produtividade. Essa realidade reforçou a relevância de criar uma solução que monitore e garanta a qualidade do combustível, prevenindo danos e promovendo a eficiência dos equipamentos industriais.

Estudos históricos como o de Silva (2008) já evidenciavam a necessidade de sistemas para monitoramento e controle da qualidade de combustíveis. A dissertação abordou o desenvolvimento do SIMCQC, um sistema inteligente para monitoramento da qualidade de combustíveis, utilizando inteligência artificial e agentes inteligentes. Isso mostra que, mesmo há mais de 15 anos, já existia uma preocupação com a adulteração de combustíveis e a busca por soluções tecnológicas. Essa persistência do problema reforça a importância contínua de inovar em sistemas de monitoramento para evitar danos e garantir a qualidade do combustível.

Estudos como o de Carvalho (2020) destacam que a adulteração de combustíveis, como a gasolina, causa danos significativos aos veículos e insatisfação dos consumidores, além de prejudicar o desempenho dos motores. A pesquisa sugere que a implementação de programas rigorosos de monitoramento, como o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC), é essencial para garantir a conformidade e a qualidade dos combustíveis vendidos. Esses insights reforçam a importância de sistemas de detecção de adulteração como o desenvolvido neste projeto, que não só monitoram a qualidade do etanol no combustível, mas também atuam proativamente para prevenir danos a equipamentos industriais e veículos, enviando sinais de emergência quando contaminantes são detectados.

Este projeto se alinha com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9 (ODS 9), que visa construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação. A proposta de desenvolver um sensor de etanol utilizando o Sensor de Combustível Flex Fuel do VW Nivus HI 2023 1.0 Turbo TSI (Código da Peça: 06k907811b), combinado com um Arduino Uno R3 SMD CH340 e um display LCD 20x4 I2C, conectados via protocolo MQTT, responde a esses desafios. O sistema não apenas monitora a qualidade do combustível, mas também pode enviar sinais para colocar o equipamento em modo de emergência ou desligá-lo automaticamente se for detectada uma quantidade excessiva de etanol ou água. Isso oferece uma solução tecnológica que melhora a eficiência energética, a segurança e a sustentabilidade dos processos industriais, além de poder ser utilizado tanto em ambientes controlados de bancada quanto diretamente em maquinários e veículos.

Trabalhos como o de Sousa e Ferreira (2015) mostram que motores submetidos a misturas de combustível com contaminantes, como thinner e álcool, apresentam instabilidade operacional significativa, com quedas e oscilações de rotação, o que leva a um desgaste prematuro e falhas no equipamento. Esses achados reforçam a importância de sensores precisos para detecção de adulterações, contribuindo para a manutenção da integridade dos equipamentos industriais.

2. Materiais e Métodos

Nesta seção, serão apresentados os componentes utilizados no desenvolvimento do sensor de etanol para monitoramento da qualidade do combustível em equipamentos industriais. O projeto utilizará um sensor de combustível Flex Fuel, uma plataforma de prototipagem eletrônica Arduino Uno R3 SMD CH340, um display LCD 20x4 I2C e uma solução de comunicação via protocolo MQTT.

2.1. Sensor de Combustível Flex Fuel VW Nivus HI 2023 1.0 Turbo TSI (Código da Peça: 06k907811b)

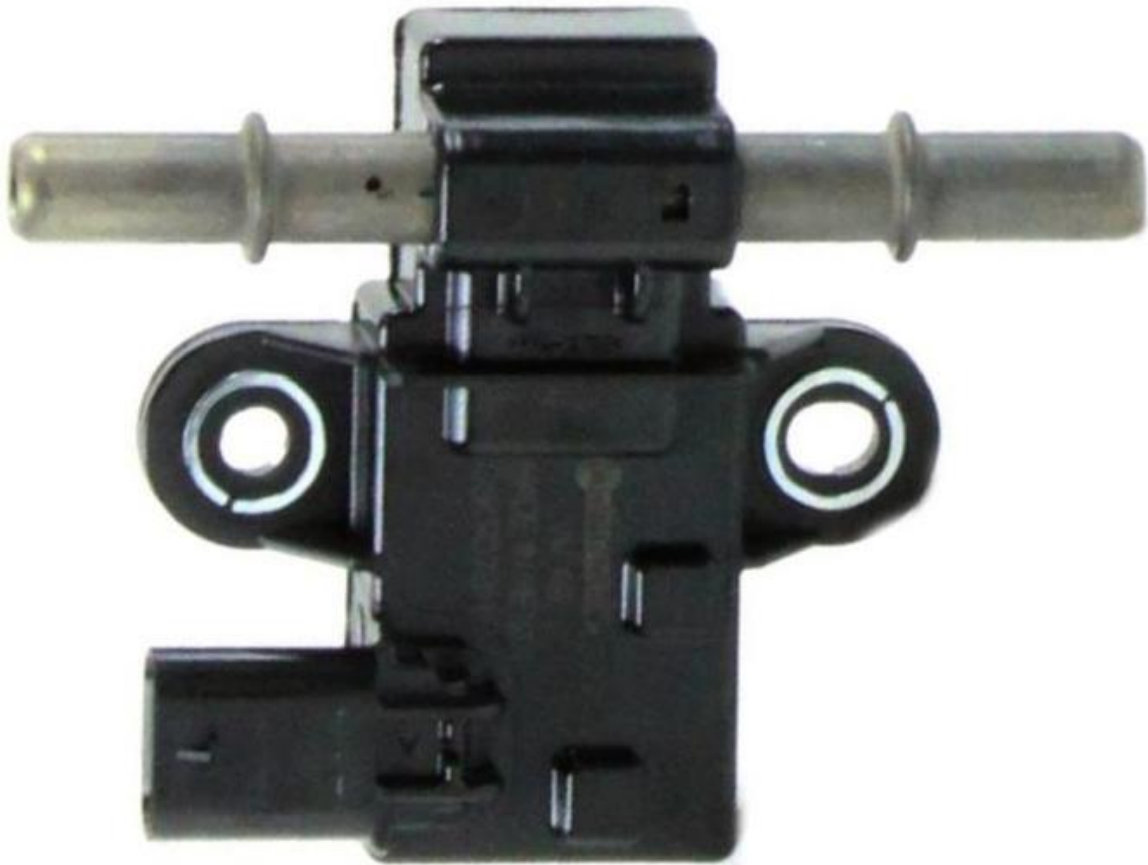


Figura 1 - Sensor de Combustível VW 06K907811B. Fonte: <peças.vw.com.br/produto/sensor-de-combustivel-06k907811b/45794>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Este sensor é utilizado em veículos para medir a quantidade de etanol presente no combustível. Ele é ideal para o projeto, pois pode detectar a proporção de etanol no combustível de forma precisa.

Função no Projeto: Será o principal responsável por monitorar a qualidade do combustível, identificando adulterações e enviando dados para o sistema de controle.

2.2.Arduino Uno R3 SMD CH340



Figura 2 - Uno R3 SMD CH340. Fonte: eletrogate.com/uno-r3-smd-ch340.

Descrição: O Arduino Uno SMD é uma plataforma de prototipagem baseada em um microcontrolador ATmega328P. Ele permite o desenvolvimento de soluções eletrônicas interativas, oferecendo 14 pinos de entrada e saída digitais, 6 entradas analógicas, e conectividade com diversos dispositivos via protocolos de comunicação como UART, SPI e I2C.

Especificações Técnicas:

- Microcontrolador: ATmega328P
- Tensão de Operação: 5V
- Tensão de Entrada: 7-9V
- Portas Digitais: 14 (6 PWM)
- Portas Analógicas: 6
- Memória Flash: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Velocidade do Clock: 16 MHz
- Peso: 25 g
- Comprimento: 68,6 mm
- Largura: 53,4 mm

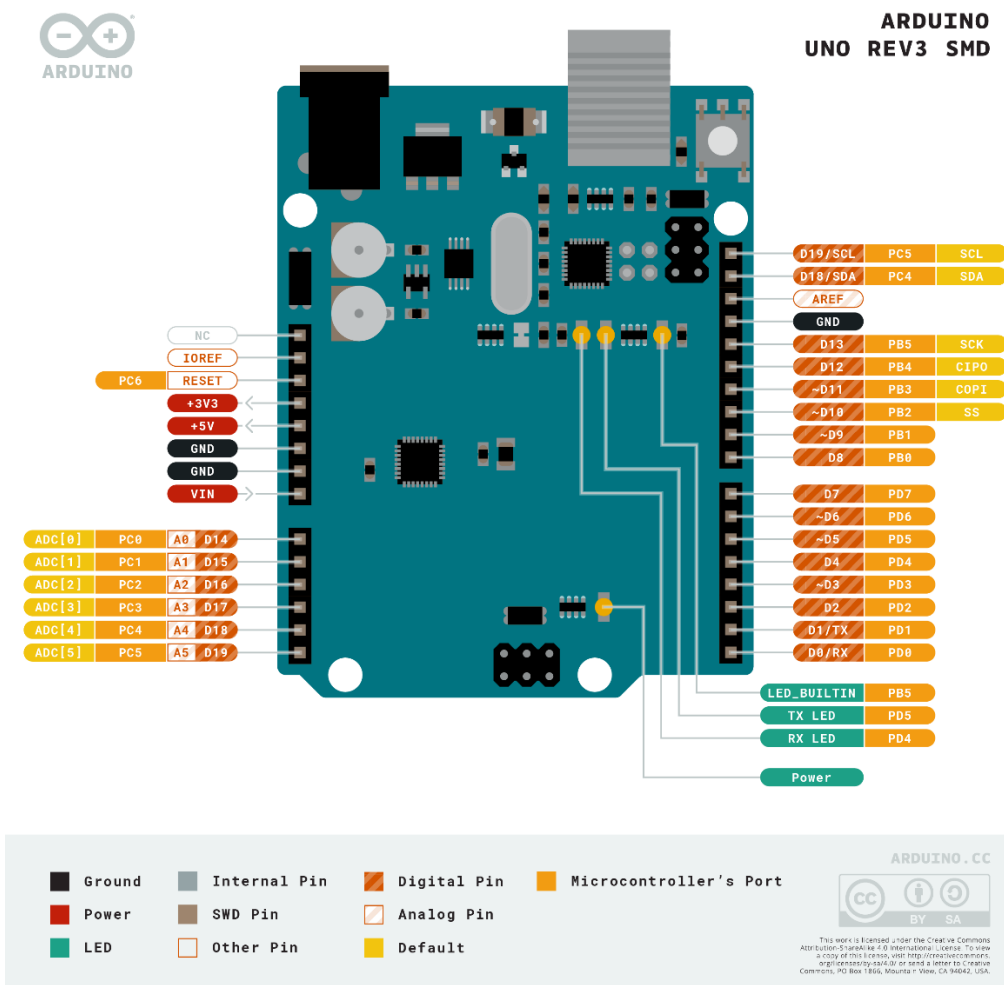


Figura 3 - Diagrama de pinagem. Fonte: <<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Função no Projeto: O Arduino será responsável por processar os dados coletados pelo sensor de etanol e enviar as informações via MQTT para um sistema de monitoramento remoto. Ele também será o núcleo que receberá os comandos para acionar o atuador, como o desligamento do equipamento em caso de detecção de adulteração.

2.3.Display LCD 20x4 I2C

Descrição: Um display LCD de 20 colunas por 4 linhas que se comunica com o Arduino via interface I2C, economizando pinos de conexão.

Função no Projeto: O display será utilizado para exibir informações em tempo real, como a quantidade de etanol no combustível e o status do sistema, facilitando o acompanhamento local.



Figura 4 - Display LCD com 20 colunas e 4 linhas com backlight azul e escrita branca. Possui o Módulo I2C integrado. Fonte: <www.eletrogate.com/display-lcd-20x4-com-backlight-azul>. Acesso em: 20 set. 2024.

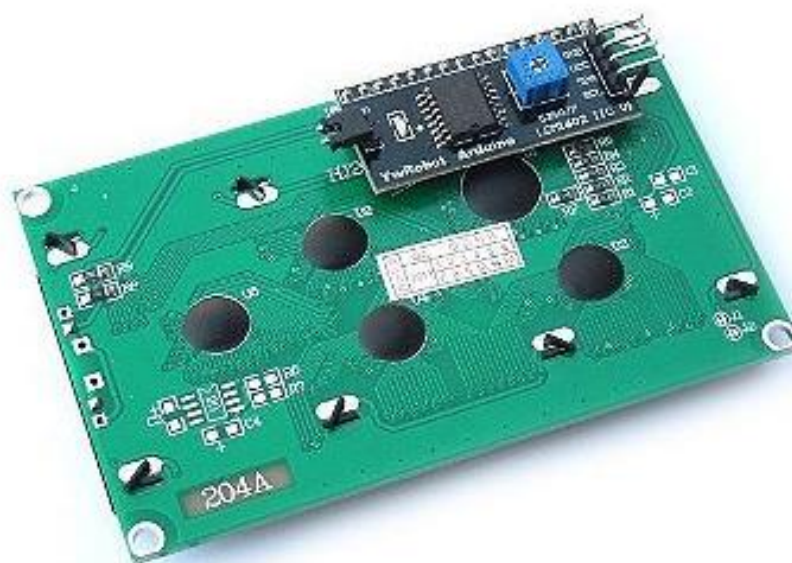


Figura 5 – Parte de trás do Display LCD com 20 colunas e 4 linhas com backlight azul e escrita branca. Possui o Módulo I2C integrado. Fonte: <www.eletrogate.com/display-lcd-20x4-com-backlight-azul>. Acesso em: 20 set. 2024.

Especificações Técnicas:

- Cor Backlight: Azul
- Cor Escrita: Branca
- Dimensão Total: 98,0 X 60,0 X 14,0mm
- Dimensão Área Visível: 76,0 X 26,0mm
- Dimensão Caracter: 2,94 X 4,74mm
- Dimensão Ponto: 0,54 X 0,54mm

2.4. Módulo Relé 1 Canal 5V



Figura 6 - Módulo Relé 1 Canal 5v. Fonte: <<https://www.eletrogate.com/modulo-rele-1-canal-5v>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Um módulo relé de estado sólido será usado como atuador para controlar o desligamento do equipamento em caso de detecção de combustível adulterado.

Função no Projeto: Ele atuará no controle direto de componentes de maior potência, permitindo o desligamento seguro do equipamento quando a qualidade do combustível estiver fora dos parâmetros.

Especificações Técnicas:

- Tensão De Operação: 5v Dc (Vcc E Gnd)
- Tensão De Sinal: Ttl - 5v Dc (In)
- Corrente Típica De Operação: 80 Ma
- O Relé Possui: Contato Na E Nf
- Capacidade Do Relé: 30 V Dc E 10a Ou 250v Ac E 10a
- Tempo De Resposta: 5~10ms
- Possui: Indicador Led De Funcionamento
- Dimensões: 43mm (L) X 17mm (C) X 19mm (H)

2.5. Mini Bomba Submersível



Figura 7 - Mini Bomba Submersível. Fonte: <<https://www.eletrogate.com/mini-bomba-submersa-5v-p-agua>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: A mini bomba submersível será utilizada para simular o fluxo de combustível no sistema. Ela será controlada pelo relé, ligando ou desligando conforme as condições do combustível monitorado.

Função no Projeto: A bomba será acionada para circular o combustível, permitindo o monitoramento contínuo da qualidade. Em caso de adulteração, o sistema desligará a bomba automaticamente para proteger o equipamento.

Especificações Técnicas:

- Modelo: Jt100
- Tensão Adequada: Dc 3 A 5 V
- Corrente Máxima: ~1.5 A
- Elevação Máxima: 1 M
- Vazão De Água: ~1 A 1,5 L/M
- Comprimento Do Fio: 7 Cm
- Diâmetro Da Entrada: ~3,3 Mm
- Diâmetro Da Saída: ~4,5 Mm
- Dimensões (CxLxa): 43,5x23x30 Mm
- Peso: 26 G

2.6. Resistor 3.3k Ω



Figura 8 - Resistor 3K3 1/4W. Fonte: <<https://www.eletrogate.com/resistor-3k3-1-4w-10-unidades>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Um resistor de 3.3k Ω será utilizado para ajustar o nível de sinal entre o sensor e o Arduino, garantindo a leitura correta dos dados.

Função no Projeto: O resistor atuará na proteção e estabilidade do circuito, garantindo leituras precisas do sensor.

2.7. Cabo Micro USB para Arduino



Figura 9 - Cabo Micro USB para Arduino. Fonte: <<https://www.robocore.net/cabo/cabo-usb-ab-30cm>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Cabo utilizado para fornecer energia e programar o Arduino via USB.

Função no Projeto: Será utilizado para carregar o código do sistema no Arduino e realizar a comunicação entre o Arduino e o computador para depuração.

2.8.Fonte 12V 2A Bivolt para Arduinos



Figura 10 - Fonte 12V 2A Bivolt para Arduino. Fonte: <<https://www.eletrogate.com/fonte-12v-2a-bivolt-para-arduino>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Uma fonte de alimentação de 12V será usada para fornecer energia estável ao Arduino, permitindo que ele funcione de maneira independente.

Função no Projeto: A fonte garantirá que o Arduino tenha energia suficiente para operar os componentes do projeto, como o relé e o display.

Especificações técnicas

- Tensão De Entrada: Bivolt 100~240vac 47~64hz
- Tensão De Saída: 12vdc
- Corrente De Saída Máxima: 2a
- Plugue: P4
- Diâmetro Furo Interno: 2.1mm
- Diâmetro Externo: 5.5mm
- Plug: P4 Macho

2.9. Módulo WiFi Serial ESP8266 ESP-01s - S Series

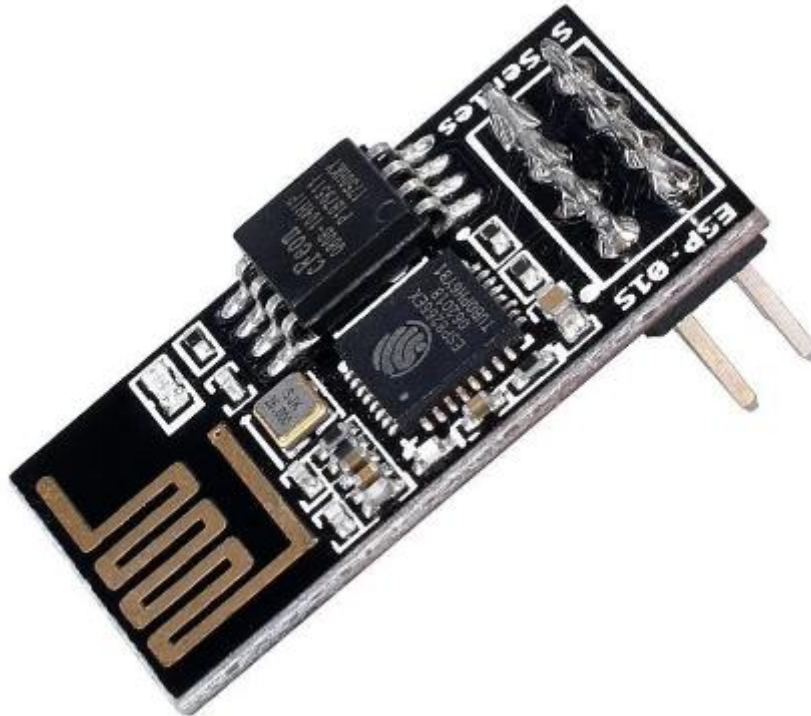


Figura 11 - Módulo WiFi ESP8266 ESP-01S - S Series. Fonte: <https://www.eletragate.com/modulo-wifi-serial-esp8266-esp-01s-s-series> >. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: O ESP8266 é um chip compacto desenhado para atender as necessidades de conectividade sem fio (padrão 802.11 B/G/N), podendo tanto ser utilizado independentemente ou em conjunto com um microcontrolador externo (Arduino, PIC, ARM, etc). O módulo WiFi ESP8266 será responsável pela comunicação com a internet via protocolo MQTT, permitindo o envio das leituras do sensor para um servidor remoto, assim como o controle do relé.

Função no Projeto: O ESP8266 permitirá a comunicação via MQTT para monitoramento remoto da qualidade do combustível e do acionamento da bomba através do relé 1 canal 5V.

Especificações técnicas:

- Característica: Padrão 802.11 B/G/N
- Característica: Wi-Fi Direct (P2p), Soft-Ap
- Contém: Stack TCP/IP integrada
- Contém: CPU 32 bits de baixo consumo integrada (você pode executar seus programas diretamente no módulo, dispensando microcontrolador externo)
- Informação: SDIO 1.1/2.0, SPI, UART
- Modos: Estação / Access Point
- Segurança: WPA, WPA2
- Contém: Sdio 1.1/2.0, Spi, Uart

- Modelo: Esp-01-S
- Cor: Preto
- Tensão (Alimentação / Io): 3.3v

2.10. Adaptador para Módulo WiFi ESP8266 ESP-01

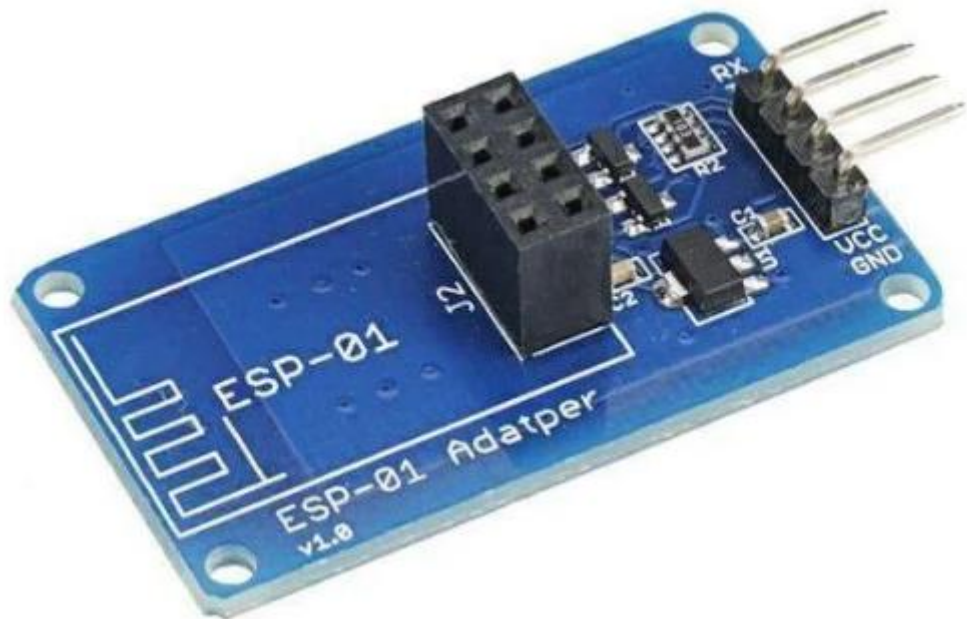


Figura 12 - Adaptador para Módulo WiFi ESP8266 ESP-01. Fonte: < <https://www.eletragate.com/adaptador-para-modulo-wifi-esp8266-esp-01>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Com o adaptador para módulo ESP8266 ESP-01 permite que você conecte o módulo ESP8266 ESP-01 diretamente em microcontroladores com nível de sinal de 5V, como é o caso do Arduino Uno.

Este adaptador possui um regulador de tensão na própria placa, e a disposição dos pinos (RX, TX, Vcc e GND) facilita o processo de conexão de fios e utilização com protoboard. É um grande aliado para seu projeto, propiciando mais agilidade.

Função no Projeto: Regulará a tensão para garantir que o ESP8266 funcione corretamente sem sobrecarregar os pinos do Arduino.

Especificações técnicas:

- Adaptador Para: módulo wifi ESP8266 ESP-01
- Tensão de Operação: 4,5 à 5,5V DC
- Informação: Regulador de tensão na placa
- Nível de Interface Lógica: 3,3 e 5V

2.11. Adaptador / Gravador para ESP-01 CH340 com Botão



Figura 13 - Adaptador / Gravador para ESP-01 CH340 com Botão. Fonte: < <https://www.casadarobotica.com/ver-mais/adaptador-para-esp-01-ch340-com-botao>>. Acesso em: 23 set. 2024.

O Adaptador USB para ESP8266 ESP-01 ESP-01S ESP LINK V1.0 é um programador para ESP8266 para os módulos ESP-01 ou ESP-01S. Equipado com conector fêmea 2x4P 2.54mm para plugar um ESP-01. Além de fornecer pinos de saída 2x4P 2.54mm macho, muito útil para debugar o ESP8266.

O Adaptador USB Para Módulo WiFi ESP8266 ESP-01 é ideal para programação do Módulo ESP01 diretamente na porta USB do computador, sem a necessidade de intermediação de nenhum tipo de microcontrolador.

Este módulo possui o chip CH340 compatível com todas as plataformas, junto com o circuito de download automático do ESP8266. Este adaptador é muito conveniente para carregar o programa do ESP-01/01S, fazer upgrade de firmware e serial debugging. Suporta vários softwares como a IDE do Arduino, ESP8266 Flasher e Lexin FLASH_DOWNLOAD_TOOLS.

Especificações técnicas:

- Adaptador USB Para: ESP8266 ESP-01 ESP-01S ESP LINK V1.0;
- Modelo: ESP PROG v1.0;
- Chip Interface: CH340;
- USB Tipo A;
- Conector 2x4P 2.54mm fêmea;
- Conector 2x4P 2.54mm macho;
- Material: Termoplásticos / Metal / Placa de fenolite;
- Tamanho: 35mm x 14mm;
- Peso: 10g.

2.12. Protoboard 400 Pontos

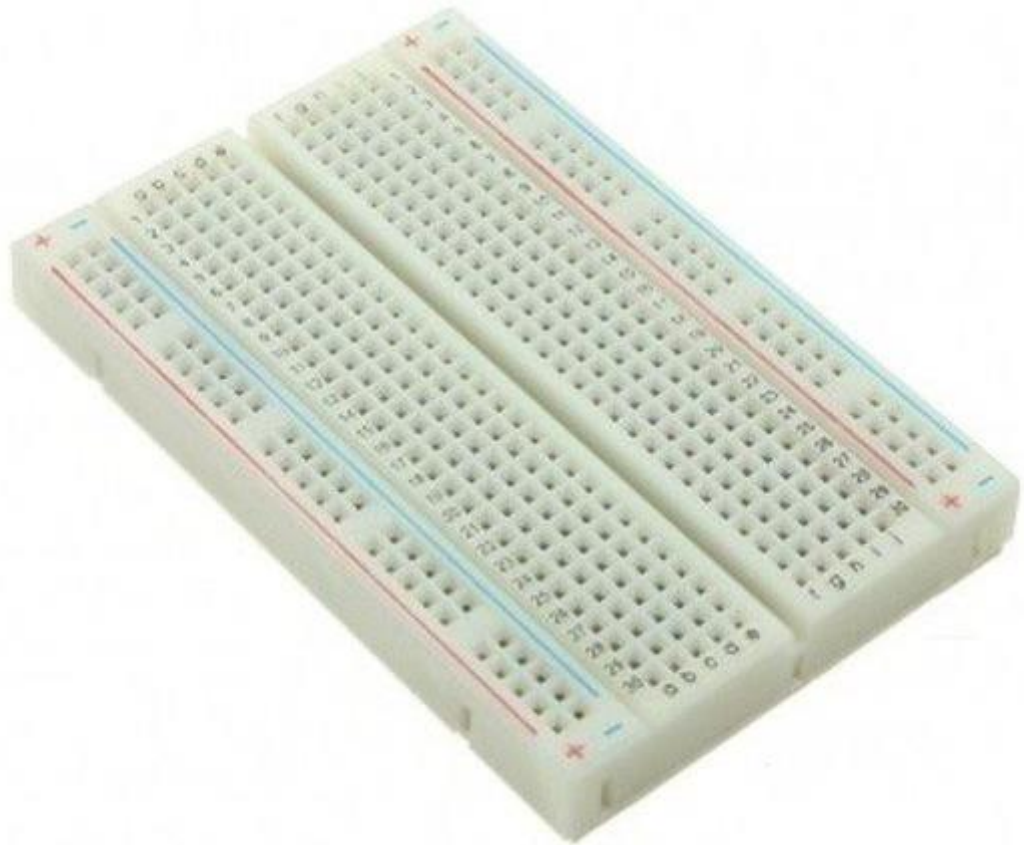


Figura 14 - Protoboard 400 Pontos. Fonte: <https://www.eletrogate.com/protoboard-400-pontos>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Uma protoboard será utilizada para montar e testar o circuito de forma organizada, permitindo ajustes antes da montagem final.

Função no Projeto: Facilitará a prototipagem e organização das conexões.

2.13. Diodo 1N4007

Descrição: O diodo 1N4007 será usado para proteger o Arduino de picos de tensão gerados ao desligar o relé, evitando danos aos componentes.

Função no Projeto: Protegerá o circuito contra picos de tensão causados pelo relé.

Especificações técnicas:

- Modelo: 1N4007
- Corrente: 1A
- VRRM (Tensão Inversa De Pico Máxima): 1000 V
- Vef (Tensão Eficaz Máxima): 500 V

- Encapsulamento: DO-41
- Tipo De Encapsulamento: Plástico

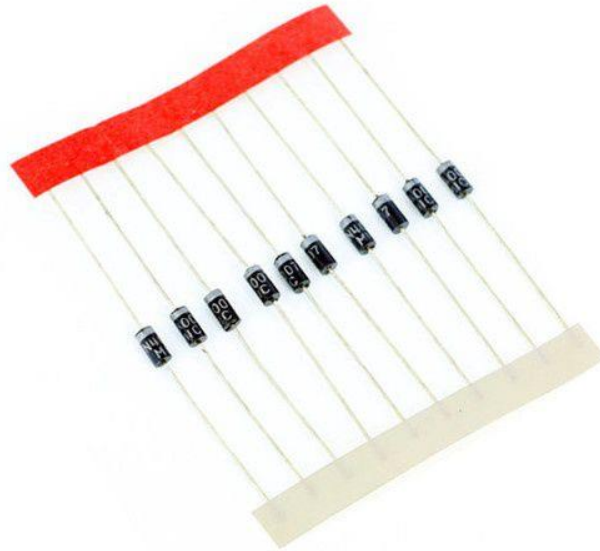


Figura 15 - Diodo Retificador 1N4007. Fonte: <<https://www.eletrogate.com/diodo-retificador-1n4007-10-unidades>>. Acesso em: 20 set. 2024.

2.14. Jumpers Macho-Fêmea

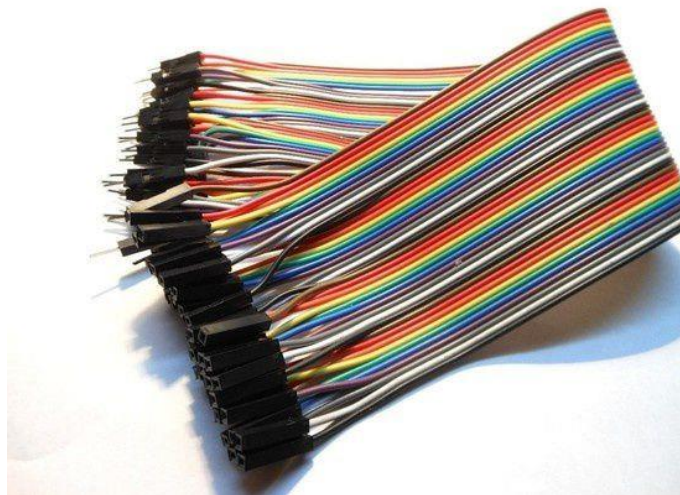


Figura 16 - Jumpers - Macho/Fêmea. Fonte: <<https://www.eletrogate.com/jumpers-macho-femea-40-unidades-de-20-cm>>. Acesso em: 20 set. 2024.

Descrição: Serão utilizados 16 jumpers macho-fêmea para realizar as conexões entre o Arduino e os componentes (sensor, display, relé, bomba, e módulo MQTT).

Função no Projeto: Os jumpers conectarão os pinos dos componentes ao Arduino, possibilitando a comunicação entre eles.

Utilizações:

1. Sensor de Combustível Flex Fuel
 - VCC (Alimentação): Conecte ao 5V do Arduino.
 - GND (Terra): Conecte ao GND do Arduino.
 - Sinal: Conecte a um pino analógico ou digital do Arduino.
 - Jumpers necessários: 3 (macho-fêmea)
2. Display LCD 20x4 I2C
 - VCC: Conecte ao 5V do Arduino.
 - GND: Conecte ao GND do Arduino.
 - SCL: Conecte ao pino A5 (SCL) do Arduino.
 - SDA: Conecte ao pino A4 (SDA) do Arduino.
 - Jumpers necessários: 4 (macho-fêmea)
3. Módulo Relé 1 Canal 5V
 - VCC: Conecte ao 5V do Arduino.
 - GND: Conecte ao GND do Arduino.
 - Sinal: Conecte a um pino digital do Arduino.
 - Jumpers necessários: 3 (macho-fêmea)
4. Mini Bomba Submersível
 - Conectada ao Relé: Será ligada ao relé e à fonte de alimentação (não diretamente ao Arduino).
 - Jumpers necessários: 2 (macho-fêmea para relé e bomba)
5. Módulo Wi-Fi ESP8266 (MQTT)
 - VCC: Conecte ao 3.3V do Arduino.
 - GND: Conecte ao GND do Arduino.
 - RX e TX: Conecte aos pinos de comunicação serial do Arduino (TX ao RX e RX ao TX).
 - Jumpers necessários: 4 (macho-fêmea)
 - Total de Jumpers Necessários:
 - 16 Jumpers Macho-Fêmea no total
 - 3 para o sensor de combustível
 - 4 para o display LCD
 - 3 para o módulo relé
 - 2 para a mini bomba
 - 4 para o módulo ESP8266 (MQTT)

2.15. Método

O desenvolvimento deste projeto será realizado em etapas estruturadas, cobrindo desde a montagem do hardware até a programação, testes e ajustes finais. O método envolve a integração de todos os componentes descritos, incluindo o sensor de combustível, Arduino, módulo relé, mini bomba submersível, módulo WiFi ESP8266, entre outros, para garantir que o sistema funcione corretamente na detecção e resposta a adulterações no combustível.

Etapa 1: Montagem do Circuito

A primeira fase envolve a montagem do circuito na protoboard para organizar os componentes. A montagem será feita da seguinte forma:

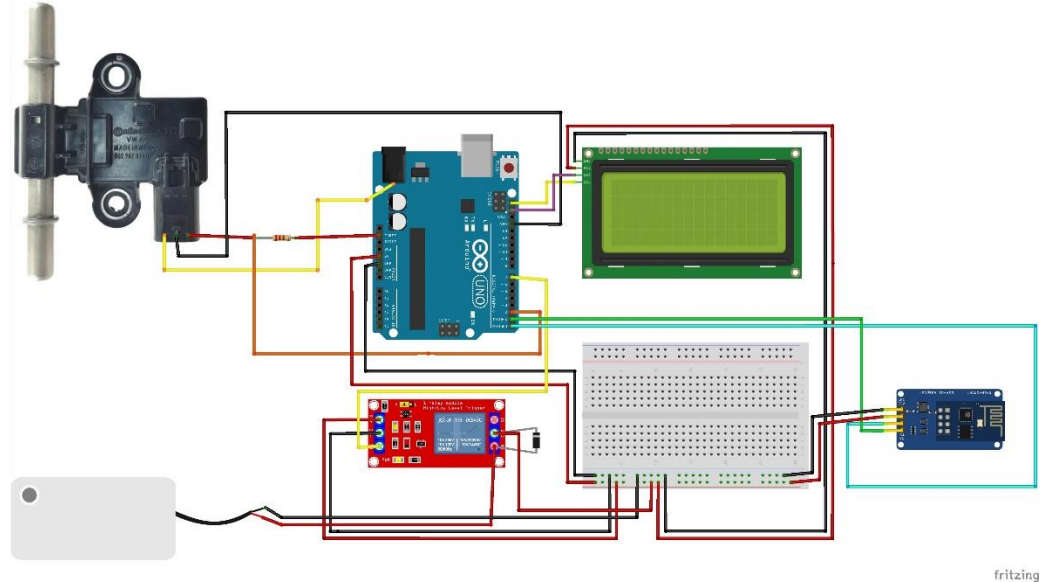


Figura 16 – Modelo do Projeto feito via Fritzing.

1. Conexão do Sensor de Combustível:
 - O sensor Flex Fuel será conectado ao Arduino Uno.
 - O pino VCC do sensor será conectado ao 5V do Arduino.
 - O pino GND será conectado ao GND do Arduino.
 - O pino de sinal será conectado a uma entrada analógica do Arduino (por exemplo, A0), com o resistor 3K3 ajustando o sinal, se necessário.
2. Conexão do Display LCD 20x4 I2C:
 - O display LCD será conectado via interface I2C aos pinos A4 (SDA) e A5 (SCL) do Arduino.
 - O VCC será conectado ao 5V e o GND ao GND do Arduino.
3. Conexão do Módulo Relé:
 - O módulo relé será conectado ao pino digital (por exemplo, D7) do Arduino.
 - O VCC será conectado ao 5V e o GND ao GND do Arduino.
 - O relé será usado para controlar a mini bomba submersível, que será ligada e desligada conforme a leitura do sensor.
4. Conexão da Mini Bomba Submersível:
 - A bomba será alimentada pelo relé, que, por sua vez, será controlado pelo Arduino.
 - A bomba será ligada/desligada automaticamente quando o sensor detectar adulteração no combustível.
5. Conexão do Módulo WiFi ESP8266 ESP-01:

- O módulo ESP8266 será alimentado por um regulador de tensão adaptador de módulo ESP-01-S, que converte 5V para 3.3V e facilita a conexão como Arduino.
 - O pino TX do Arduino será conectado ao RX do ESP8266, e o pino RX do Arduino será conectado ao TX do ESP8266, com um divisor de tensão ($1k\Omega$ e $2k\Omega$) no pino RX do ESP8266 para garantir que ele receba 3.3V.
 - O módulo será responsável pela comunicação MQTT, enviando as leituras do sensor para um servidor remoto e o controle do relé.
6. Diodo de Proteção 1N4007:
- O diodo 1N4007 será conectado em paralelo com a bobina do relé para proteger o Arduino contra picos de tensão.

Etapa 2: Programação

A programação do Arduino será feita utilizando a IDE do Arduino, em linguagem C++, para controlar todos os componentes do sistema. As seguintes funcionalidades serão implementadas:

Leitura do Sensor:

O Arduino lerá continuamente os dados do sensor de combustível. Se os valores indicarem uma adulteração, o sistema acionará o relé para desligar a bomba.

1. Exibição no LCD:
 - O display LCD exibirá as informações em tempo real, como a quantidade de etanol no combustível, mensagens de alerta e o status do sistema.
2. Controle do Relé:
 - O relé será acionado para desligar a bomba quando o sensor detectar que o combustível está adulterado, entre 41% de Etanol e 79%, e quando não houver combustível. O Arduino enviará um sinal lógico para o relé conforme necessário.
3. Envio de Dados via MQTT:
 - O módulo ESP8266 será responsável por enviar os dados do sensor para um servidor MQTT. Isso permitirá o monitoramento remoto da qualidade do combustível, com atualizações constantes sobre o status do sistema e o controle remoto do relé.

Etapa 3: Testes em Bancada

Uma vez montado o circuito e implementado o código, o sistema será testado em bancada. Serão realizadas as seguintes verificações:

1. Teste de Leitura do Sensor:
 - Testar o funcionamento do sensor Flex Fuel, garantindo que ele detecte corretamente diferentes proporções de etanol no combustível.
2. Teste do Relé e da Bomba:

- Simular diferentes cenários de adulteração no combustível e verificar se o relé desliga a mini bomba submersível quando os níveis de etanol ou água estão fora dos padrões aceitáveis.
3. Teste de Comunicação MQTT:
- Verificar se os dados são enviados corretamente via MQTT para um servidor remoto e se as leituras podem ser monitoradas em tempo real por um dashboard ou interface.

Etapa 4: Ajustes Finais

Com base nos testes realizados, ajustes poderão ser feitos tanto no código quanto na montagem do hardware para garantir o funcionamento correto do sistema. O desempenho do sensor, do relé e da comunicação MQTT será analisado para otimização.

Fluxo de Operação do Sistema:

1. Monitoramento Contínuo: O sensor Flex Fuel monitora continuamente a qualidade do combustível.
2. Exibição Local: O display LCD exibe as leituras do sensor e status do sistema em tempo real.
3. Controle de Segurança: Se o combustível estiver adulterado, o relé desliga automaticamente a mini bomba para evitar danos ao equipamento.
4. Monitoramento Remoto: Os dados são enviados via protocolo MQTT para um servidor remoto, permitindo o monitoramento à distância do status e da qualidade do combustível.
5. Controle Remoto: Os dados são enviados via Node-Red para desligar e ligar a bomba através do relé.

2.16. Integração entre o Arduino e o Servidor MQTT

A integração entre o Arduino e o broker MQTT (servidor) utiliza o ESP8266 ESP-01 como módulo de comunicação Wi-Fi. Este módulo permite que o Arduino envie e receba dados pela internet utilizando o protocolo MQTT. O fluxo de informações é detalhado a seguir:

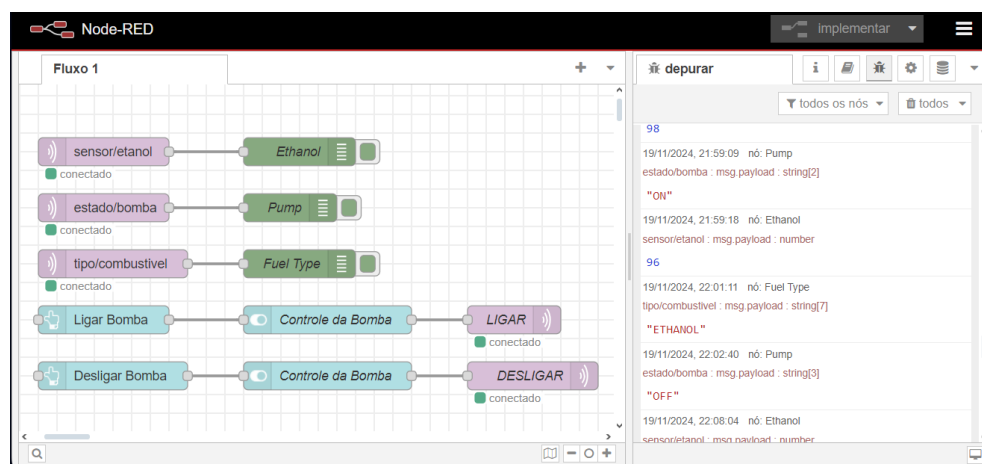


Figura 17 – Fluxo do Projeto via NODE-RED

Arquitetura do Sistema

- Arduino Uno:
 - Centraliza a lógica do sistema, processa os dados do sensor de etanol e controla o estado da bomba.
 - Comunicação com o ESP-01 via interface Serial UART (RX e TX).
- ESP8266 ESP-01:
 - Funciona como uma interface Wi-Fi, conectando o Arduino ao broker MQTT.
 - Transmite os dados processados pelo Arduino para o broker.
 - Recebe comandos do broker e os repassa ao Arduino.
- Broker MQTT:
 - Servidor público `test.mosquitto.org` recebe e distribui mensagens MQTT entre os dispositivos.
- Node-RED:
 - Gerencia a interface do usuário e o fluxo de controle dos dados via MQTT.

Troca de Mensagens

- Mensagens Enviadas pelo Arduino via MQTT:
 - sensor/etanol: Percentual de etanol no combustível.
 - Enviado sempre que há atualização na leitura do sensor.
 - Exemplo: `{"etanol": 65}`.
 - estado/bomba: Estado atual da bomba (Ligada ou Desligada).
 - Atualizado sempre que o estado da bomba muda.
 - Exemplo: `{"bomba": "OFF"}`.
 - tipo/combustivel: Tipo de combustível detectado (Gasolina, Etanol ou Adulterado).
 - Exemplo: `{"combustivel": "adulterado"}`.
- Mensagens Recebidas pelo Arduino via MQTT:
 - LIGAR: Comando para ligar a bomba.
 - Exemplo: `{"comando": "ON"}`.
 - DESLIGAR: Comando para desligar a bomba.
 - Exemplo: `{"comando": "OFF"}`.

Funções e Fluxo de Integração

Arduino para Broker (Publicação):

- O Arduino coleta dados do sensor e interpreta as informações.
- As mensagens são formatadas em JSON e enviadas para o ESP-01 via Serial.
- O ESP-01 publica as mensagens nos tópicos MQTT configurados (sensor/etanol, estado/bomba, tipo/combustivel).

Broker para Arduino (Assinatura):

- O ESP-01 assina os tópicos LIGAR e DESLIGAR no broker MQTT.
- Quando recebe mensagens de controle, o ESP-01 as retransmite para o Arduino via Serial.
- O Arduino interpreta o comando e ajusta o estado da bomba.

Configuração no Node-RED

Entradas MQTT (MQTT in):

- sensor/etanol:
 - Recebe o percentual de etanol e exibe os dados no dashboard.
- estado/bomba:
 - Mostra o status atual da bomba.
- tipo/combustivel:
 - Indica o tipo de combustível detectado (Gasolina, Etanol ou Adulterado).

Saídas MQTT (MQTT out):

- Botão "Ligar Bomba":
 - Envia o comando {"comando": "ON"} para o tópico LIGAR.
- Botão "Desligar Bomba":
 - Envia o comando {"comando": "OFF"} para o tópico DESLIGAR.

Fluxo Node-RED:

- Botões e Switch:
 - Botões "Ligar Bomba" e "Desligar Bomba" conectados a um Switch ("Controle da Bomba") permitem enviar comandos para controlar o estado da bomba.
- MQTT in:
 - Mensagens recebidas de sensor/etanol, estado/bomba e tipo/combustivel são processadas e exibidas no dashboard.
- MQTT out:
 - Os comandos do switch são publicados nos tópicos LIGAR ou DESLIGAR.

Conversão entre Interfaces de Comunicação

- Serial UART (Arduino ↔ ESP-01):
 - O Arduino se comunica com o ESP-01 por meio de comandos AT ou bibliotecas como PubSubClient.
 - Os dados são enviados/recebidos no formato de strings JSON.
- MQTT (ESP-01 ↔ Broker):
 - O ESP-01 utiliza a biblioteca PubSubClient para realizar as operações de assinatura e publicação no broker.
 - As mensagens MQTT são enviadas no formato JSON para fácil interpretação no Node-RED.

2.17. Funcionamento do Protótipo

O protótipo consiste em um sistema integrado para monitorar a qualidade do combustível utilizando um sensor de etanol. Ele processa os dados para identificar o tipo de combustível e o nível de adulteração. Além disso, controla o funcionamento de uma bomba submersível e envia os dados para um broker MQTT para supervisão remota. O protótipo também exibe informações em tempo real em um display LCD e pode ser controlado via interface gráfica no Node-RED.

Componentes e Funcionamento

1. Sensor de Etanol (VW Nivus 06k907811b)

Mede a proporção de etanol no combustível através de pulsos.

O sinal é enviado ao Arduino Uno, que converte os pulsos para um percentual de etanol.

2. Arduino Uno

Lê os dados do sensor e interpreta a proporção de etanol.

Controla o relé (acionamento da bomba) baseado na lógica de segurança:

Menos de 40% etanol: Combustível identificado como gasolina (bomba permanece ligada).

41% a 79% etanol: Combustível adulterado (bomba desligada).

Mais de 80% etanol: Combustível identificado como etanol puro (bomba desligada).

Envia dados ao ESP-01 para comunicação MQTT.

Atualiza o display LCD com informações sobre o tipo de combustível e o estado da bomba.

3. Módulo Relé 1 Canal 5V

Controla a bomba submersível com base nos comandos do Arduino.

Inclui um diodo 1N4007 para proteção contra picos de corrente.

4. ESP8266 ESP-01

Conecta-se ao broker MQTT test.mosquitto.org.

Publica mensagens nos seguintes tópicos:

sensor/etanol: Percentual de etanol.

estado/bomba: Estado da bomba (ON/OFF).

tipo/combustivel: Tipo de combustível identificado.

Recebe comandos dos tópicos:

LIGAR: Liga a bomba manualmente.

DESLIGAR: Desliga a bomba manualmente.

5. Node-RED

Interface gráfica para monitoramento e controle.

Recebe os dados dos tópicos MQTT para exibição e gera comandos para ligar/desligar a bomba.

2.18. Fluxograma do Funcionamento

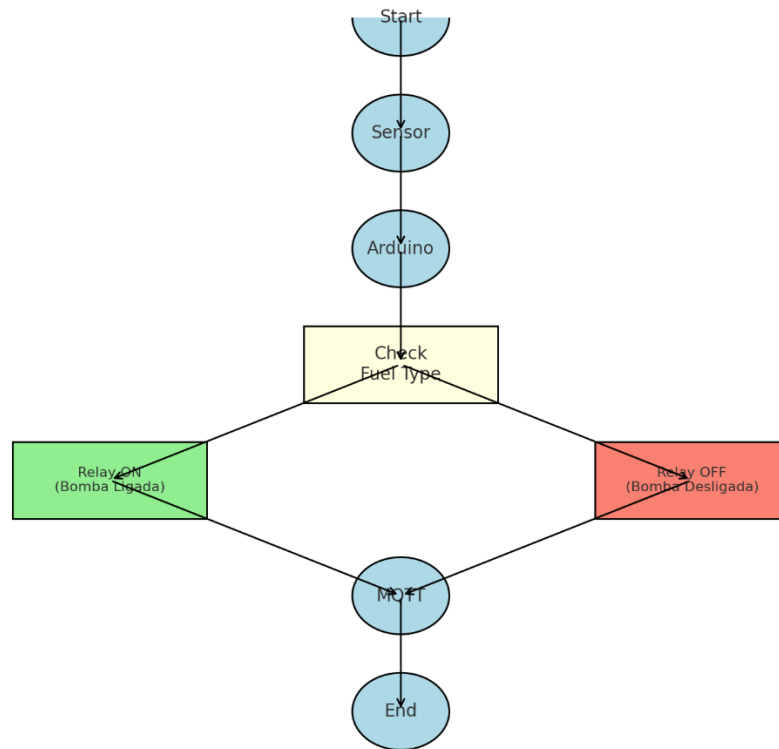


Figura 17 – Fluxograma do funcionamento

Descrição do Fluxo

Início: O sistema é iniciado e o sensor começa a monitorar a proporção de etanol no combustível.

Leitura do Sensor: O Arduino lê os dados do sensor.

Processamento no Arduino: O Arduino interpreta os dados e identifica o tipo de combustível.

Decisão no Arduino:

Se o combustível for gasolina pura: Mantém a bomba ligada.

Se o combustível for adulterado ou etanol puro: Desliga a bomba.

Publicação no Broker MQTT:

O estado da bomba, tipo de combustível e percentual de etanol são enviados para o broker MQTT.

Controle Manual (Node-RED):

O usuário pode interagir via Node-RED para ligar ou desligar a bomba manualmente.

Fim: O fluxo continua em operação contínua.

3. Resultados

Montagem e Funcionamento:

A montagem do protótipo foi realizada conforme o projeto especificado, integrando os seguintes componentes:

Sensor de etanol para detectar a proporção de etanol no combustível.

Arduino Uno, responsável por processar os dados do sensor e controlar a bomba submersível via relé.

Módulo ESP8266 ESP-01, para comunicação MQTT e integração com o Node-RED.

Display LCD para exibir informações locais sobre o combustível e o estado do sistema.

Resultados Obtidos:

Leitura e Identificação do Combustível

O sensor mediu com precisão o percentual de etanol no combustível em diferentes amostras, categorizando corretamente como:

Gasolina pura (até 40%): Funcionamento normal.

Adulterado (41% a 79%): Alerta de adulteração e desligamento da bomba.

Etanol puro (acima de 80%): Identificado como etanol, com bomba desligada para segurança.

As leituras foram exibidas no LCD e enviadas ao broker MQTT.

Controle Automático da Bomba:

A bomba submersível foi acionada ou desligada automaticamente de acordo com o tipo de combustível identificado:

Gasolina: Bomba permanece ligada.

Adulterado ou etanol: Bomba é desligada para proteção dos equipamentos.

Comunicação MQTT:

Dados em tempo real, como percentual de etanol, estado da bomba e tipo de combustível, foram publicados com sucesso nos tópicos:

sensor/etanol

estado/bomba

tipo/combustivel

Comandos enviados pelos tópicos LIGAR e DESLIGAR do Node-RED foram interpretados corretamente pelo sistema.

Interface no Node-RED:

O monitoramento remoto funcionou conforme o esperado. A interface exibiu:

Percentual de etanol no combustível.

Tipo de combustível detectado.

Estado da bomba (ON/OFF).

Os botões "Ligar Bomba" e "Desligar Bomba" responderam instantaneamente, permitindo controle manual da bomba.

Descrição da Montagem em Funcionamento:

Deteção do Combustível

Após adicionar uma amostra de combustível na entrada do sensor, o sistema analisou a proporção de etanol e determinou o tipo de combustível.

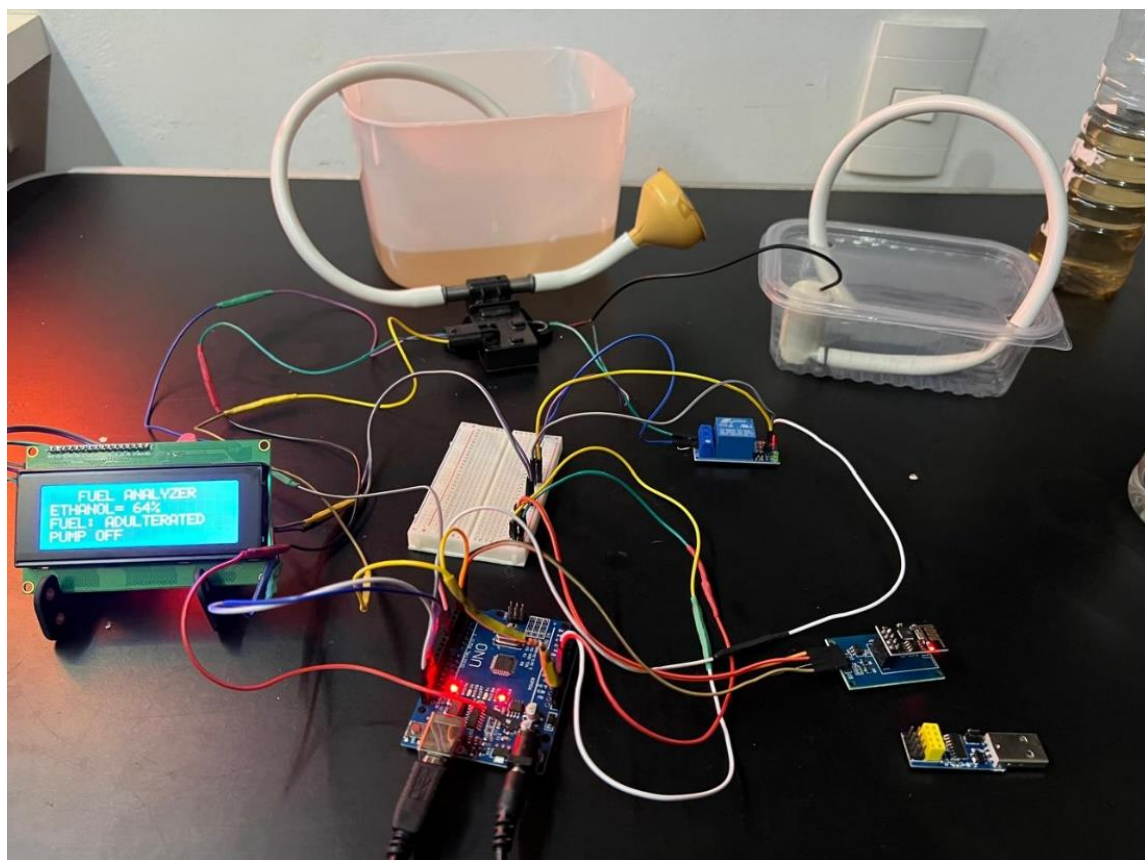


Figura 18 – Protótipo em funcionamento

Por exemplo, uma amostra com 64% de etanol foi categorizada como combustível adulterado, e o sistema desligou a bomba automaticamente.

Exibição no LCD

O display exibiu informações claras, como:

Etanol: 64%

Combustível: Adulterado

Bomba: OFF

Envio de Dados ao Broker MQTT:

No broker, os dados foram registrados com os seguintes valores de teste:

sensor/etanol : msg.payload : number

64

Figura 19 – Node-Red recebendo a mensagem de 64% de etanol

sensor/etanol: 64

tipo/combustivel: adulterado

estado/bomba: OFF

Controle pelo Node-RED

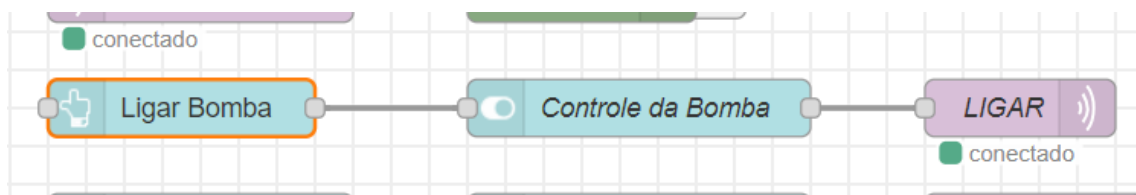


Figura 20 – Node-Red enviando a mensagem para Ligar a Bomba

A interface Node-RED foi usada para forçar a ligação da bomba via botão "Ligar Bomba". A resposta foi imediata, com o estado alterado para ON tanto no sistema quanto no MQTT.

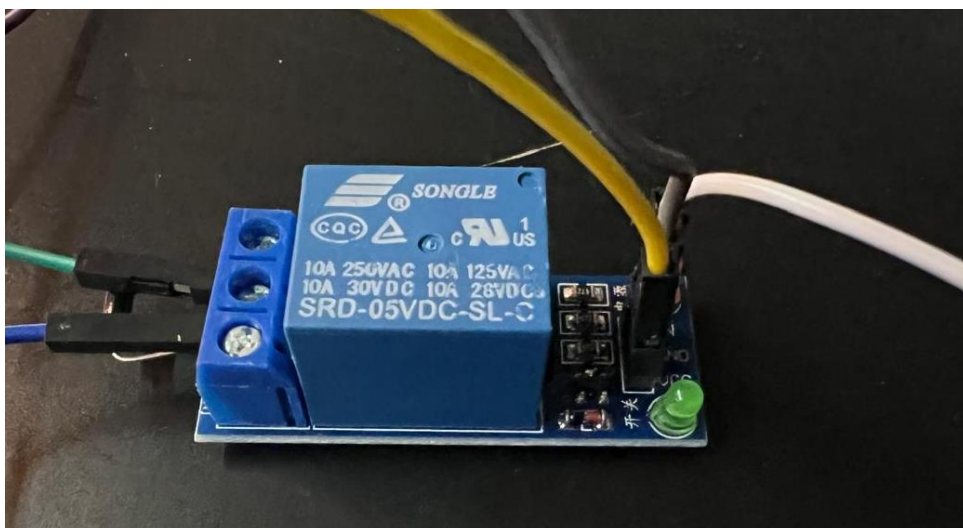


Figura 20 – Relé 1 Canal 5V Recebeu o Sinal e Ligou a Bomba imediatamente

A tabela a seguir mostra os resultados dos testes do tempo médio entre o envio de comandos e a ação do atuador o tempo médio entre a detecção de um sensor e o recebimento dos dados na plataforma MQTT Node-Red, onde foram feitas quatro medições para o sensor Flex e para o atuador Módulo Relé de 1 Canal 5V.

Núm. Medida	Sensor/Atuador	Tempo de Resposta (s)
1	Módulo Relé 1 Canal 5V	2
2	Módulo Relé 1 Canal 5V	2
3	Módulo Relé 1 Canal 5V	2
4	Módulo Relé 1 Canal 5V	2
1	Sensor Flex	10
2	Sensor Flex	10
3	Sensor Flex	10
4	Sensor Flex	10

Tabela 1 – Tempo médio entre o envio de comandos, ação do atuador, detecção do sensor de combustível e o recebimento dos dados na Plataforma MQTT Node-Red.

Vídeo-demonstração do protótipo em funcionamento:

<https://youtu.be/P4n99Ms-ZHo>

Repositório do Github:

<https://github.com/Guiacioli/Monitoramento-de-Combustiveis>

4. Conclusão

Os objetivos propostos foram alcançados?

Sim, os objetivos propostos para o projeto foram alcançados. O sistema de monitoramento da qualidade do combustível, com ênfase na detecção do percentual de etanol no combustível, foi desenvolvido com sucesso. A comunicação via MQTT, o controle da bomba de combustível e a exibição de dados em tempo real no display LCD estão funcionando conforme esperado. O projeto atende à necessidade de detectar combustível adulterado, uma questão relevante para a indústria e veículos, alinhando-se com a proposta de garantir a qualidade dos combustíveis utilizados em maquinários e veículos.

Quais são os principais problemas enfrentados e como foram resolvidos?

Durante o desenvolvimento do projeto, alguns desafios surgiram, como a calibração do sensor de etanol e a integração entre os diferentes módulos (Arduino, ESP8266 e relé). Inicialmente, houve dificuldades com a comunicação entre o Arduino e o ESP-01, mas isso foi resolvido com ajustes na configuração dos pinos de comunicação (RX e TX) e a utilização do adaptador adequado para o ESP-01. Outro problema foi o fornecimento de tensão adequado para os diferentes componentes, o que foi solucionado pela escolha do adaptador que regula a tensão de forma eficaz.

Quais são as vantagens e desvantagens do projeto?

Vantagens:

Precisão na detecção de etanol: O sistema é capaz de fornecer dados em tempo real sobre a qualidade do combustível, o que contribui para evitar o uso de combustível adulterado.

Comunicação eficiente: A integração com o MQTT permite o monitoramento remoto e a comunicação entre dispositivos de forma robusta e segura.

Desvantagens:

Dependência de conectividade Wi-Fi: O projeto depende de uma conexão de internet estável para transmitir dados via MQTT, o que pode ser um desafio em locais com sinal fraco ou instabilidade na rede.

Limitações de sensores: O sensor de etanol utilizado pode ter limitações de precisão dependendo da faixa de concentração de etanol no combustível, o que pode afetar a acuracidade do sistema em certos cenários como quando com acúmulo de água no combustível.

O que deveria/poderia ser feito para melhorar o projeto?

Implementar uma redundância no sistema de comunicação: Adicionar uma forma de backup para a comunicação MQTT, como o uso de conexões LTE ou outras tecnologias, garantindo que o sistema continue funcionando mesmo em ambientes com Wi-Fi instável.

Melhorar a robustez do sistema: Incorporar uma caixa protetora para os componentes eletrônicos, de modo a garantir maior durabilidade e resistência em ambientes industriais mais exigentes.

Expansão do sistema: Incluir mais sensores para monitorar outros parâmetros de qualidade de combustível, como a presença de água ou impurezas, ampliando a aplicabilidade do projeto.

5. Referências

- BORTOLINI, R. Sensores de Combustível para Aplicações Industriais: Uma Revisão. *Revista de Engenharia Mecânica*, v. 28, n. 3, p. 215-230, 2020.
- SILVA, J.; MOURA, C. Protocolo MQTT e sua Aplicação em IoT Industrial. *Journal of Industrial Communication*, 2021.
- SOUSA, M. J. C.; FERREIRA, R. L. Motor de Combustão Interna Submetido à Mistura de Combustível e Contaminantes. IX Congresso de Iniciação Científica da UniRV, 2015.
- CARVALHO, Aline Menezes dos Santos. Controle de Qualidade dos Combustíveis: uma referência bibliográfica sobre adulteração da gasolina. 2020. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Anhanguera, Niterói, 2020.
- SILVA, R. J. SIMCQC: Sistema Inteligente para Monitoramento e Controle da Qualidade de Combustível. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.
- GUIA COMPLETO DO DISPLAY LCD ARDUINO. BLOG ELETROGATE. Guia completo do display LCD Arduino. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-lcd-arduino/>>. Acesso em: 20 set. 2024.
- BLOG ELETROGATE. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com>. Acesso em: 24 set. 2024.
- ARDUINO. Arduino Uno R3 SMD. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd?queryID=undefined>>. Acesso em: 24 set. 2024.
- SENSOR DE COMBUSTÍVEL FLEX FUEL (VW). VOLKSWAGEN. Sensor de combustível 06K907811B. Disponível em: <<https://pecas.vw.com.br/produto/sensor-de-combustivel-06k907811b/45794>>. Acesso em: 20 set. 2024.
- ELETROGATE. Disponível em: <https://www.eletrogate.com>. Acesso em: 24 set. 2024.
- ROBOCORE. Disponível em: <https://www.robocore.net>. Acesso em: 24 set. 2024.
- EMBEDDED SYSTEMS BASIC TUTORIAL ONLINE. Disponível em: <https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/es_processors.htmLinks para um site externo.>. Acesso em: 20 set. 2024.
- HEATH, S. Embedded Systems Design. Disponível em: <<https://fdocuments.in/document/embedded-systems-design.htm>Links para um site externo.>. Acesso em: 20 set. 2024.
- SANTOS, B. et al. Internet das Coisas: da teoria à prática. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>Links para um site externo.>. Acesso em: 20 set. 2024.
- AYAZ, M. et al. Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: toward making the fields talk. *IEEE Access*, v. 7, p. 129551-129583, 1º ago. 2019. Disponível em:

<<https://ieeexplore.ieee.org/document/8784034>Links para um site externo.>. Acesso em: 20 set. 2024.

SHIELDS. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoShields>. Acesso em: 10 out. 2024.

ARDUINO SHIELDS. Disponível em: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/arduino-shields>. Acesso em: 10 out. 2024.

ARDUINO SHIELD LIST. Disponível em: <http://shieldlist.org/>. Acesso em: 10 out. 2024.

FERRAMENTAS PARA DESIGN DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/ferramentas-para-design-de-circuitos-eletronicos/>. Acesso em: 10 out. 2024.

TUTORIAL: Conhecendo o Fritzing (Parte 1). Disponível em: <http://www.eaduino.com.br/wp-content/uploads/downloads/2013/07/2013-Conhecendo-o-Fritzing-parte-I.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

DESIGN AND FABRICATION OF SMART HOME WITH INTERNET OF THINGS ENABLED AUTOMATION SYSTEM. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8846205>. Acesso em: 10 nov. 2024.

IoT-BBMS: INTERNET OF THINGS-BASED BABY MONITORING SYSTEM FOR SMART CRADLE. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8760478>. Acesso em: 3 nov. 2024.

A COMPARISON OF TWO EMBEDDED SYSTEMS TO DETECT ELECTRICAL DISTURBANCES USING DECISION TREE ALGORITHM. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3338852.3339878>. Acesso em: 14 nov. 2024.

TAKING MQTT AND NODEMCU TO IOT: COMMUNICATION IN INTERNET OF THINGS. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126>. Acesso em: 4 nov. 2024.

QoS ANALYSIS OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR TEMPERATURE AND HUMIDITY MONITORING AND CONTROL OF SOYA BEAN SEED STORAGE BASED IOT USING NODEMCU. Disponível em: <https://doi.org/10.32497/jaict.v2i1.1301>. Acesso em: 11 nov. 2024.

AN IOT BASED ACTIVE BUILDING SURVEILLANCE SYSTEM USING RASPBERRY PI AND NODEMCU. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2001/2001.11340.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

VOICE-CONTROLLED AUTONOMOUS VEHICLE USING IOT. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.022>. Acesso em: 9 nov. 2024.

SMART CEI MONCLOA: AN IOT-BASED PLATFORM FOR PEOPLE FLOW AND ENVIRONMENTAL MONITORING ON A SMART UNIVERSITY CAMPUS. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s17122856>. Acesso em: 5 nov. 2024.