

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

AFONSO HENRIQUES MASSUNARI - 2021013229

ÁLVARO ALVARENGA LOURO - 2021014048

GUILHERME FERNANDES DE OLIVEIRA - 2021005067

PROJETO SENSOR DE NÍVEL

ITAJUBÁ

2023

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo Geral	4
2.2	Objetivos Específicos.....	4
3	INSTRUÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DO SENSOR CAPACITIVO	5
4	ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO	6
4.1	Lista de Componentes	7
5	FLUXOGRAMA DO PROGRAMA NO MICROCONTROLADOR	8
6	CÁLCULOS ENVOLVIDOS NA SOLUÇÃO PROPOSTA.....	9
7	MANUAL DE OPERAÇÃO.....	10
8	CONCLUSÃO.....	12
	REFERÊNCIAS	13
	ANEXO.....	14

1 INTRODUÇÃO

A exploração da área da eletrônica dedicada à construção de sensores capacitivos abrange a detecção e medição de mudanças na capacitância de objetos ou ambientes, oferecendo aplicações diversas. Este trabalho propõe a criação de um sensor capacitivo para medição de nível, fundamentado no temporizador 555 configurado como monoestável. Essa escolha se justifica pela capacidade desse circuito em gerar pulsos de duração controlada, possibilitando a medição da capacitância de um objeto ou a detecção de variações nela.

A duração desses pulsos será identificada por um circuito adicional, neste caso, o microcontrolador Arduino Uno. Este desempenha o papel crucial de processar os dados, além de realizar a calibração do sensor por meio de software, proporcionando as informações desejadas.

Os requisitos para a construção do sensor incluíram uma faixa de indicação mínima de 5 a 20 cm, resolução mínima de 2 mm e uma taxa de amostragem mínima de 5 amostras por segundo. A busca por atender a esses critérios será detalhada nos tópicos subsequentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Construir um sensor capacitivo de nível, utilizando o circuito integrado 555 na configuração monoestável. Com a finalidade de mensurar a variação de capacitância e assim equacionar o nível de líquido presente.

2.2 Objetivos Específicos

- Faixa de indicação mínima: 5 a 20 [cm];
- Resolução mínima: 2 [mm];
- Taxa de amostragem máxima: 5 [sps] (amostras por segundo);
- Calibração por *software*

3 INSTRUÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DO SENSOR CAPACITIVO

Para a construção do circuito foram feitas algumas tentativas de materiais diversos e com diferentes formas, por exemplo a montagem usando cabos de cobre, porém a melhor resposta encontrada foi com a utilização de folhas de papel alumínio.

O papel alumínio possui algumas características que o tornam interessante para a construção do sensor, facilidade de manuseio, baixo custo e condutibilidade elevada.

O recipiente utilizado para a montagem do circuito foi selecionado de formar permitir a reprodutibilidade deste sensor, foi utilizado uma garrafa de refrigerante Coca-Cola cortado a cerca de $\frac{2}{3}$ da altura da garrafa.

O processo de montagem das placas se dá de maneira bem simples, com cerca de 28cm de comprimento de folha de papel alumínio (o comprimento do rolo deve ser superior a 20cm), dobra-se 3 vezes com distância de 7cm entre as dobras no sentido do comprimento, para a fixação das placas foram utilizado dois pregadores na parte superior, que podem ser substituídos por qualquer tipo de presilha de material não condutivo e na parte inferior foi utilizado fita dupla-face para impedir a movimentação das placas com a inserção ou retirada de água.

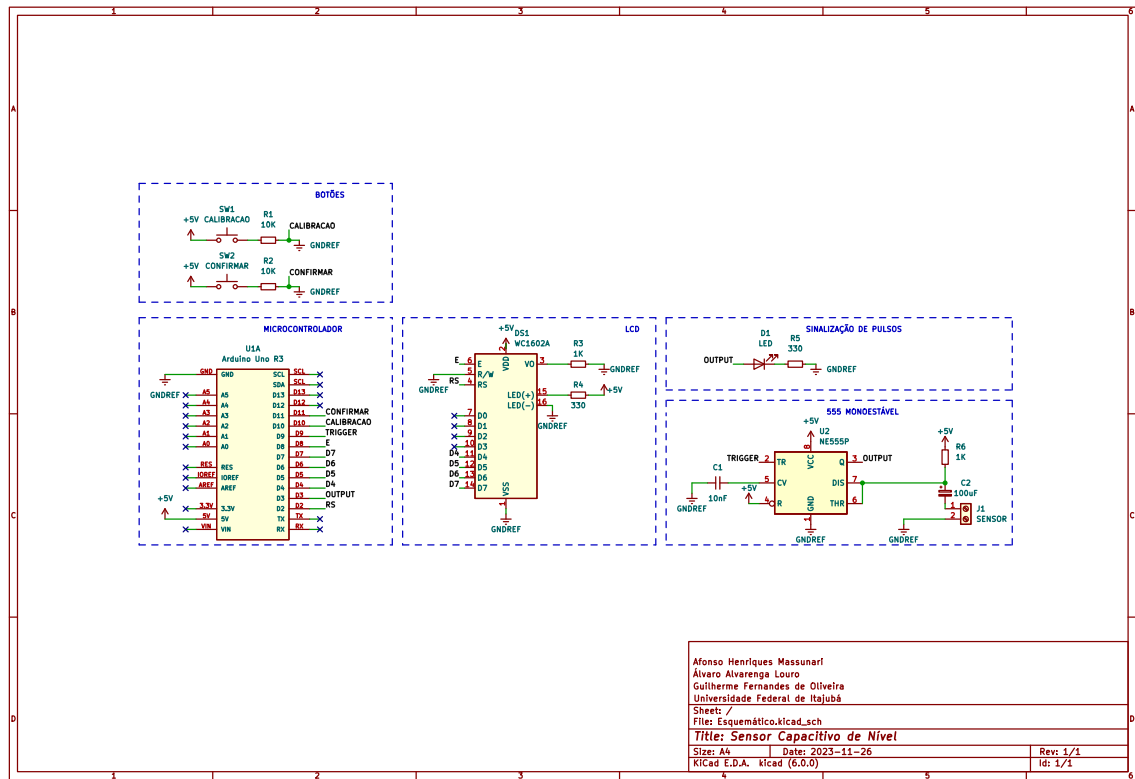
Para questões de conexão com a protoboard foram utilizados dois cabos com garra “jacaré” e cabos. Conforme a figura 1 a seguir.

Figura 1: Implementação do capacitor de placas paralelas



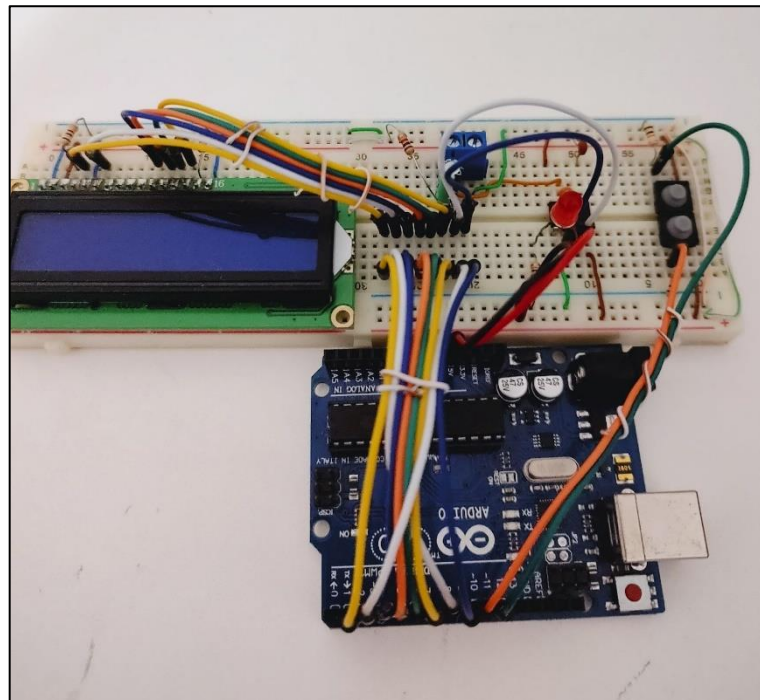
4 ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO

Figura 2: Esquemático do circuito



O circuito proposto anteriormente na figura 2 foi montado na protoboard, assim resultando na figura 3 a seguir.

Figura 3: Circuito implementado



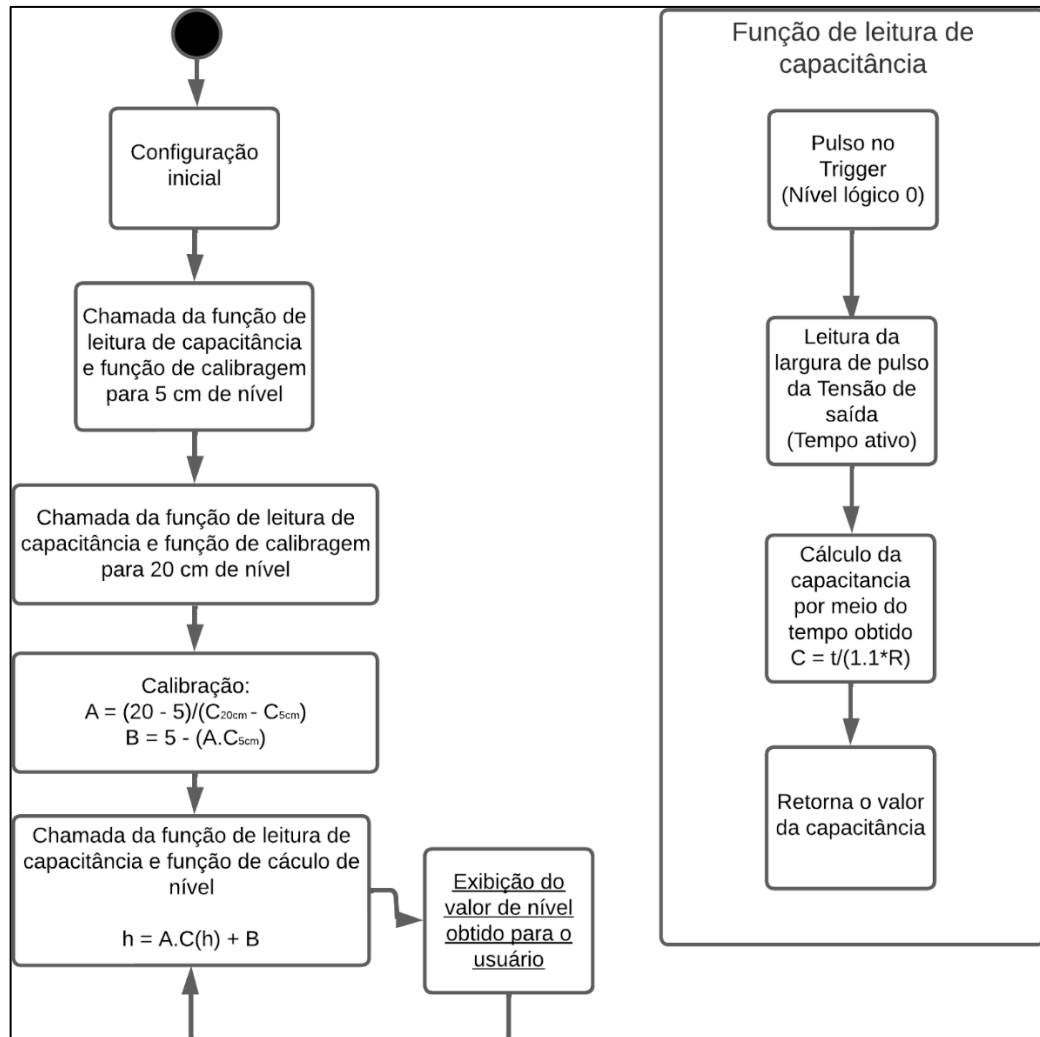
4.1 Lista de Componentes

Quantidade	Componente	Valor
1	Arduino Uno R3	-
1	LCD 16 x 2	-
2	Resistor	10k [Ω]
2	Resistor	1k [Ω]
2	Resistor	330 [Ω]
2	Botão	-
1	CI 555	-
1	LED	-
1	Capacitor eletrolítico	100 μ [F], 10 [V]
1	Capacitor cerâmico	10n [F]
1	Fonte alimentação	9 [V]
1	Conector Borne 2 vias	-

5 FLUXOGRAMA DO PROGRAMA NO MICROCONTROLADOR

O fluxograma utilizado para a obtenção do nível por meio do sensor é apresentado na figura 4 a seguir.

Figura 4: Fluxograma do microcontrolador



6 CÁLCULOS ENVOLVIDOS NA SOLUÇÃO PROPOSTA

Foi empregado o temporizador 555 configurado como um multivibrador monoestável. Nessa configuração, utilizou-se a sua equação característica, a qual permite aferir o tempo que o pulso de saída se mantém em nível lógico alto. Por meio da medição desse intervalo, tornou-se possível determinar o valor da capacitância do capacitor. A equação correspondente é expressa da seguinte maneira:

$$C = \frac{t}{1.1 \times R}$$

O capacitor de placas paralelas construído em um tanque tem variação na permissividade elétrica do meio pela variação do nível do líquido, de modo que seja capturada pela variação linear da capacitância, conforme a fórmula abaixo:

$$C(h) = (\varepsilon_{\text{água}} - \varepsilon_{\text{ar}}) \frac{w}{d} h + \varepsilon_{\text{ar}} \frac{w}{d} l$$

Sendo:

- a) $C(h)$: capacitância, em função da altura do líquido presente no recipiente;
- b) $\varepsilon_{\text{água}}$: permissividade elétrica da água;
- c) ε_{ar} : permissividade elétrica do ar;
- d) w : largura das placas;
- e) d : distância entre as placas;
- f) h : altura do líquido presente no recipiente;
- g) l : altura das placas.

Dessa maneira, é evidente que, considerando que ε , w , d e l são constantes, o sistema se comporta como uma equação do primeiro grau. Logo, isolando o nível pois é o que se deseja ser calculado, a equação apresentada anteriormente pode ser expressa da seguinte maneira:

$$h = A \cdot C(h) + B$$

Observa-se que essa é a equação de uma reta. Portanto, para linearizar e calibrar o comportamento do sensor, é suficiente determinar os coeficientes A e B. Para isso, realizou-se a medição da capacitância C em dois pontos diferentes: a 5 cm e a 20 cm de profundidade.

$$A = \frac{20 - 5}{C_{20cm} - C_{5cm}}$$

$$B = 5 - (A \cdot C_{5cm})$$

7 MANUAL DE OPERAÇÃO

A seguinte descrição exemplifica detalhadamente como operar o sensor descrito anteriormente.

a) Conectando o sensor ao circuito:

Conecte as garras “jacaré” a garrafa, onde há alumínio e em seguida, conecte os jumpers às garras e insira-os nos bornes do circuito.

b) Alimentar o circuito:

Insira uma fonte 9V a tomada e ao Arduino, após isso conecte jumpers entre o 5V do Arduino e a protoboard, assim como para o GND do Arduino. Com o Arduino alimentado ao circuito, poderá ser possível visualizar no LCD a seguinte mensagem: ”Calibre o Sensor”.

c) Calibrando o sensor:

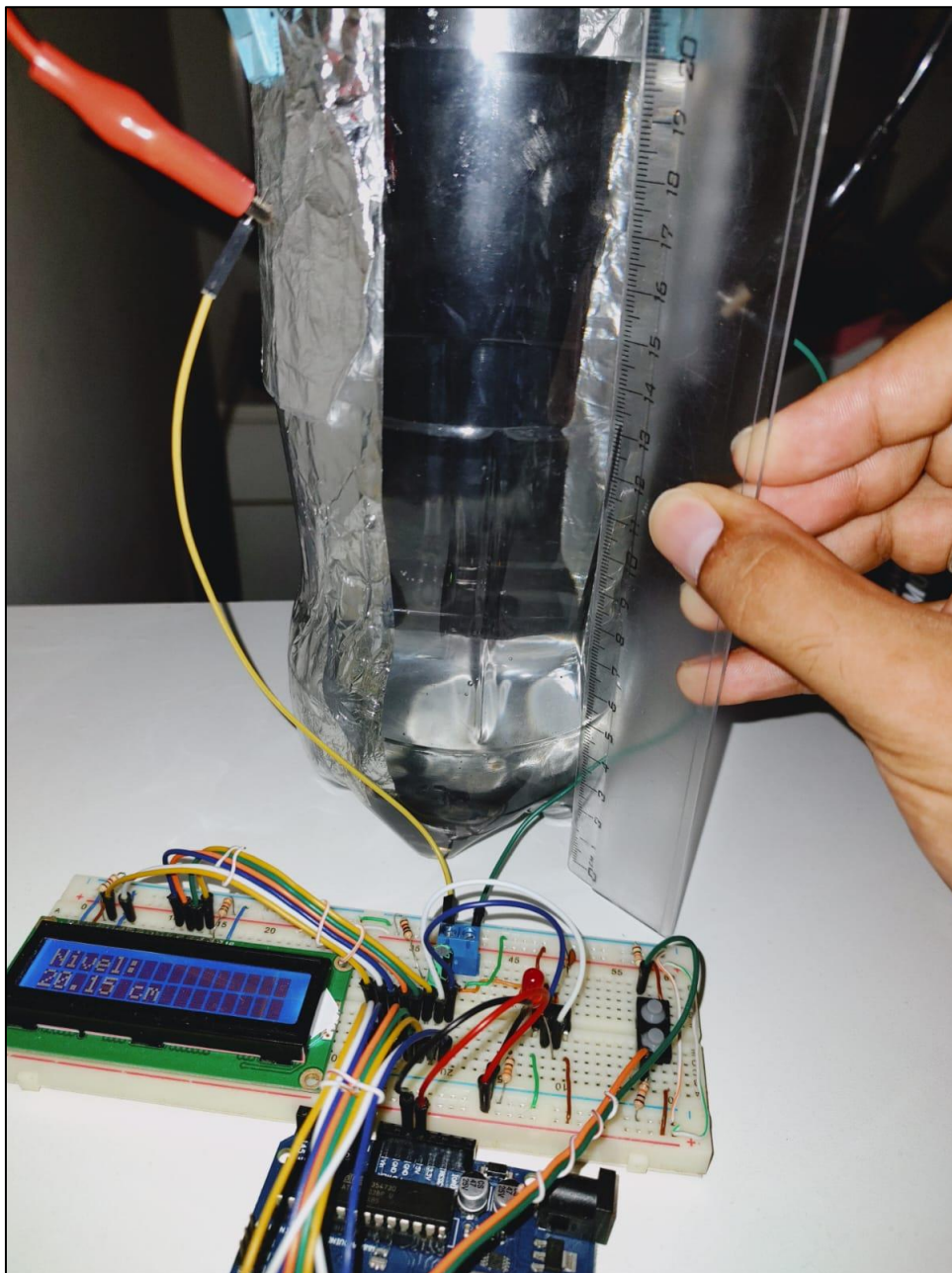
Mantenha pressionado o botão de calibração durante 0,2 segundos e solte-o para assim entrar no modo de calibração por software. Nesse estado o LCD deverá mostrar a seguinte mensagem: “Coloque 5cm de água e confirme”. Ao realizar o que se pede, mantenha pressionado o botão de confirmar durante 0,2 segundos e solte-o, ocasionando na próxima etapa, na qual o LCD irá mostrar a mensagem: “Coloque 20cm de água e confirme”. Ao realizar outro procedimento de confirmação com o botão o LCD deverá mostrar os valores de capacitância em seus respectivos níveis. Em seguida, confirme novamente para finalizar a calibração. Caso ocorra algum problema na calibração, realize as confirmações até finalizar e aperte o botão de calibração novamente.

d) Mostrando o nível:

Com o sensor calibrado, o LCD irá mostrar o nível em centímetros do recipiente a cada 200 milissegundos, monitorando assim a variação do líquido com resolução de 2 milímetros em 5 pulsos por segundo.

Por fim, é possível ver o sensor funcionando conforme a figura 5 a seguir.

Figura 5: Demonstração prática



8 CONCLUSÃO

Em virtude das evidências apresentadas, é inegável que a criação de um sensor de nível capacitivo, empregando o temporizador 555 configurado como um multivibrador monoestável em conjunto com um Arduino Uno, atendeu integralmente aos parâmetros estipulados no projeto. Este dispositivo revelou-se não apenas viável, mas também eficaz na medição de níveis de líquidos, abrangendo uma faixa mínima de leitura de 5 a 20 centímetros. O sensor foi concebido utilizando componentes eletrônicos prontamente disponíveis no mercado, resultando em uma montagem acessível e de custo reduzido.

Além disso, a etapa crucial da calibração do sensor emergiu como um fator determinante para o seu desempenho preciso e consistente em distintas condições ambientais, assegurando resultados confiáveis. Os testes efetuados comprovaram satisfatoriamente o desempenho do sensor capacitivo de nível desenvolvido, respeitando a margem de erro de 10% previamente estabelecida. A taxa mínima de amostragem, fixada em 5 amostras por segundo, possibilita um monitoramento satisfatório, viabilizando decisões rápidas e eficazes baseadas nos dados fornecidos pelo sensor.

REFERÊNCIAS

ATMEL. **Datasheet for ATmega328/P**. Disponível em: <https://www.ic-components.hk/files/47/ATMEGA328-MU.pdf> Acesso em 8 de set. de 2023.

BRAGA, Newton C. **Aplicações Diferentes para o 555** (PDF). São Paulo: Instituto NCB. 2020

BRAGA, Newton C. **Capacitores eletrolíticos – O que você talvez não saiba** (ART4919). Instituto NCB. Disponível em: <https://newtoncbraga.com.br/?view=article&id=19729&catid=38>. Acesso em: 27 de set. de 2023.

ETACARINAE. **Circuitos integrados 2: 555 em modo monoestável**. Eletrônica para artistas, 2017. Disponível em: <https://eletronicaparaartistas.com.br/circuitos-integrados-2-555-em-modomonoestavel/> . Acesso em: 09 de set. de 2023.

GUIMARÃES, Fábio. **Multivibrador astável com transistor**. Mundo projetado, 2019. Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/multivibrador-astavel-com-transistor/>. Acesso em: 31 de ago. de 2023.

MALVINO, Albert P. **Eletrônica**. v. 2. Edição Revisada. McGraw-Hill, São Paulo, 1986.

TEXAS, Instruments. **NE555 datasheet**. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2023

ANEXO

O código do projeto pode ser visualizado no link a seguir:

<https://drive.google.com/drive/folders/1BiLvFxm9QEFvZ1ZVTcwyI9Znhu0NBZYb?usp=sharing>