



INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus Campina Grande

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

ANA BEATRIZ DE ARAÚJO FARIAS

BIANCA HENRIQUE RANGEL

ÍGARA YASMIN BARBOSA CAJAZEIRAS

RELATÓRIO - THERMOLEVEL CONTROL

CONTROLADOR DE TEMPERATURA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA SOLAR

CAMPINA GRANDE

2023

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	2
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 MATERIAIS E MÉTODOS	4
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	4
3.2 LISTA DE MATERIAIS	7
3.2.1 ESP32-C3	7
3.2.2 Módulo relé 5V 2 canais	7
3.2.3 LED difuso 5 mm verde	7
3.2.4 LED difuso 5 mm vermelho	7
3.2.5 LED difuso 5 mm amarelo	8
3.2.6 Sensor de temperatura D318B20	8
3.2.7 Mini bomba d'agua submersa 3-6V JT100	8
3.2.8 Módulo sensor de distância ultrassônico HC-SR04	8
3.2.9 Cabo Jumper Macho-fêmea	9
3.2.10 Resistência	9
3.2.11 Display	9
3.2.12 Buzzer	9
3.2.13 Resistores	10
3.3 LISTA DE BIBLIOTECAS	10
4 RESULTADOS	12
5 CONCLUSÃO	13

1 INTRODUÇÃO

O controle de nível e temperatura de uma caixa d'água é um projeto bastante útil e prático para diversas aplicações, desde residenciais até industriais. Ele permite que os usuários monitorem a temperatura e o nível da água em tempo real e possam controlá-los de maneira eficiente.

Para realizar esse controle, é possível utilizar um microcontrolador, que é um componente eletrônico capaz de executar um programa específico para controlar e monitorar o nível e a temperatura da água na caixa, com isso, podemos obter diversas vantagens, como a precisão do controle, a facilidade de programação e a possibilidade de monitorar o sistema remotamente.

Além disso, o custo e a complexidade do sistema podem ser reduzidos com o uso de um microcontrolador, tornando-o uma opção mais acessível para empresas de pequeno e médio porte. Destarte, o desenvolvimento deste mecanismo evita desperdício de água e energia, garante a qualidade da água e melhora a eficiência dos processos que utilizam água aquecida.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este projeto tem como objetivo desenvolver um sistema embarcado, de controle automático de nível e temperatura em uma caixa d'água, a fim de utilizar os conhecimentos adquiridos na disciplina de sistemas embarcados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorar a temperatura e o nível da água pré-determinados em tempo real;
- Controlar dispositivos como resistências e bombas de água para manter a temperatura e o nível desejados;
- Fornecer uma interface que possa monitorar e controlar a temperatura e o nível da água em tempo real;
- Monitorar remotamente o sistema para permitir a tomada de decisões em tempo real, como por exemplo ligar ou desligar bombas e resistência.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Para o desenvolvimento deste projeto foi utilizada uma abordagem sistemática, que implica em uma sequência lógica de etapas para alcançar os objetivos propostos de forma eficiente e eficaz. Primeiramente, foram realizadas pesquisas e estudos baseados nos requisitos do sistema para compreender quais tecnologias e componentes seriam adequados para a implementação. Em seguida, utilizando o software Figma, foi elaborado o diagrama de blocos, que permitiu, por meio de representações visuais, entender sobre a estruturação do sistema com um todo, e ainda, visualizar os principais componentes e suas interações. Além disso, para auxiliar na compreensão do fluxo de execução e na implementação do código, foi feita, através do Figma, uma máquina de estados, que possibilitou observar o comportamento do sistema em diferentes estados e transições. Assim, essas representações visuais foram fundamentais para uma percepção clara e estruturada do sistema, proporcionando a comunicação entre a equipe, a troca de ideias e o alinhamento das atividades do projeto.

Com uma compreensão mais aprofundada da organização e do funcionamento geral do sistema, foi desenvolvido o circuito elétrico, utilizando o programa Autodesk EAGLE. Essa etapa envolveu a seleção e o posicionamento adequado dos componentes que fazem parte do projeto, como o microcontrolador ESP32-C3, o sensor HC-SR04, o sensor DS18B20, e outros que estão citados na seção seguinte (Seção 3.2). Dessa forma, o circuito foi projetado considerando a especificação individual de cada componente para garantir uma integração adequada entre os dispositivos e o microcontrolador. Assim, foi necessário analisar informações sobre interfaces, protocolos de comunicação suportados, requisitos de tensão, corrente e compatibilidade elétrica, com a finalidade de assegurar o funcionamento adequado do sistema. Por exemplo, o display LCD com interface I2C, está conectado à GPIO 4 e GPIO 5, já que estas são as portas do microcontrolador que permitem configurar esse tipo de protocolo de comunicação. Logo, o circuito elétrico contribuiu em termos de confiabilidade e eficiência do sistema embarcado, evidenciando as conexões apropriadas entre os componentes para que o sistema apresente um bom desempenho.

A seguir, será fornecida a documentação do código, as bibliotecas são definidas no tópico 3.3.

- Definições de constantes: São definidas constantes para GPIOs utilizados para o sensor de nível, LEDs, buzzer, relé e display LCD.

Constante	Descrição
TRIGGER_GPIO e ECHO_GPIO	Pinos GPIO usados para o sensor de nível.
DIST_MAX	Distância máxima entre o sensor e o fundo do reservatório.
DIST_MIN	Distância mínima entre o sensor e a superfície da água.
DS18B20_GPIO	Pino GPIO usado para o sensor de temperatura DS18B20.
LED_G1_GPIO LED_G2_GPIO LED_Y1_GPIO LED_Y2_GPIO LED_R1_GPIO LED_R2_GPIO	Pinos GPIO usados para os LEDs.
BUZZER_GPIO	Pino GPIO usado para o buzzer

Tabela 1 - Definições de constantes e descrições.

- Declaração de variáveis globais: São declaradas variáveis globais como `pump_active` (indicando se a bomba d'água está ligada) e `count_level` (contador para leituras do nível da caixa d'água).
- Funções de configuração:

Nome da função	Descrição
<code>leds_config()</code>	Configura os pinos dos LEDs e do buzzer
<code>led_buzzer_blink()</code>	Faz o buzzer e o LED vermelho piscar indicando um erro
<code>leds_update(float percentage)</code>	Atualiza os LEDs de acordo com a porcentagem medida pelo sensor.
<code>turn_pump_on()</code>	Liga a bomba d'água.
<code>turn_pump_off()</code>	Desliga a bomba d'água.
<code>hcsr04_config()</code>	Configura os pinos do sensor de nível.
<code>hcsr04_init()</code>	Inicializa a leitura do sensor de nível e

	atualiza os LEDs e o contador.
relay_config()	Configura os pinos dos relés.
i2c_master_init()	Inicializa a comunicação I2C no modo mestre.
lcd_show_temp(float temperature)	Mostra a temperatura medida no display LCD.

Tabela 2 - Funções de configuração e descrições.

- Função app_main():
 - É a função principal do programa e contém o loop principal.
 - Inicializa as bibliotecas e configurações necessárias.
 - Inicia a leitura da temperatura do sensor DS18B20 e exibe no display LCD.
 - Inicia a leitura do sensor de nível e atualiza os LEDs e o contador.
 - Controla o tempo de espera entre as leituras, dependendo do estado da bomba d'água.

3.2 LISTA DE MATERIAIS

3.2.1 ESP32-C3



Datasheet: [Especificações ESP32-C3](#)

O ESP32-C3 é um microcontrolador Wi-Fi desenvolvido pela Espressif Systems. É uma versão do popular ESP32, projetada para oferecer conectividade Wi-Fi de baixo consumo de energia.

3.2.2 Módulo relé 5V 2 canais



Datasheet: [Datasheet módulo relé](#)

O Módulo Relé 5V 2 canais é um dispositivo eletrônico que atua como um interruptor controlado eletricamente, permitindo que um circuito de baixa tensão controle o funcionamento de um circuito de alta tensão. Esse módulo possui duas saídas de relé independentes, o que significa que pode controlar simultaneamente dois circuitos separados.

3.2.3 LED difuso 5 mm verde



Datasheet: [Datasheet Led](#)

O LED verde de 5mm pode ser utilizado em projetos de medição de temperatura e nível como um indicador visual para representar o estado dessas grandezas.

3.2.4 LED difuso 5 mm vermelho

Datasheet: [Datasheet Led](#)



O LED difuso de 5 mm vermelho pode ser utilizado em projetos de medição de temperatura e nível como um indicador visual para representar o estado dessas grandezas.

3.2.5 LED difuso 5 mm amarelo



Datasheet: [Datasheet Led](#)

Um LED difuso de 5 mm amarelo é um diodo emissor de luz (LED) com uma lente difusa que ajuda a espalhar a luz de forma mais uniforme em várias direções. Esses LEDs são caracterizados por sua cor amarela quando aceso.

3.2.6 Sensor de temperatura D318B20



Datasheet: [Datasheet Sensor DS18B20](#)

O sensor de temperatura D318B20 é um componente eletrônico utilizado para medir a temperatura ambiente ou a temperatura de um objeto específico. Ele faz parte da família de sensores de temperatura de silício, que são amplamente utilizados devido à sua precisão, facilidade de uso e custo acessível.

3.2.7 Mini bomba d'água submersa 3-6V JT100



Datasheet: [Datasheet mini bomba d'água](#)

A mini bomba d'água submersa JT100 é um dispositivo compacto e submersível projetado para bombear água em pequenas aplicações. Ela é alimentada por uma fonte de energia de 3 a 6 volts, como uma bateria ou fonte de alimentação adequada.

3.2.8 Módulo sensor de distância ultrassônico HC-SR04



Datasheet: [Datasheet Sensor HC-SR04](#)

O módulo sensor de distância ultrassônico HC-SR04 é um componente eletrônico comumente utilizado para medir a distância entre o módulo e um objeto.

3.2.9 Cabos Jumpers



Datasheet: [Datasheet Jumper Wires](#)

Um jumper macho-fêmea, também conhecido como cabo jumper macho-fêmea, é um tipo de cabo utilizado em eletrônica para fazer conexões temporárias entre componentes ou pontos de um circuito. Ele possui um conector macho em uma extremidade e um conector fêmea na outra extremidade.

3.2.10 Resistência



Uma resistência de imersão, também conhecida como resistência de aquecimento de imersão, é um dispositivo elétrico projetado para aquecer líquidos quando imerso neles. Ela é comumente utilizada em aquecedores de água, tanques, caldeiras e outros sistemas de aquecimento industrial.

3.2.11 Display



Datasheet: [Datasheet Display LCD com interface I2C](#)

Um display LCD (Liquid Crystal Display) é um dispositivo de saída visual utilizado para exibir informações em forma de texto, números ou gráficos. É uma tecnologia comumente encontrada em dispositivos eletrônicos, como computadores, smartphones, relógios digitais, painéis de controle, entre outros.

3.2.12 Buzzer



Datasheet: [Datasheet Buzzer](#)

Um buzzer é um dispositivo eletromecânico utilizado para produzir som através de vibrações mecânicas. Ele é composto por um elemento piezoeletrônico ou eletromagnético acoplado a um diafragma ou membrana que converte a energia elétrica em ondas sonoras audíveis.

3.2.13 Resistores



Datasheet: [Datasheet Resistor](#)

Um resistor de 1k, também conhecido como resistor de 1kohm (kilohm), é um componente eletrônico passivo com uma resistência de 1000 ohms. Resistor é um dispositivo usado para limitar a corrente elétrica em um circuito, dissipando energia na forma de calor.

3.3 LISTA DE BIBLIOTECAS

Biblioteca	Descrição
<code><stdio.h></code>	É uma biblioteca padrão em C que fornece funções e macros para operações de entrada e saída padrão. O "stdio" é uma abreviação de "standard input/output" (entrada/saída padrão).
<code>"freertos/FreeRTOS.h"</code>	A biblioteca FreeRTOS é um sistema operacional de tempo real de código aberto para sistemas embarcados. Ele oferece APIs e serviços para gerenciar tarefas, escalonamento, sincronização, comunicação e gerenciamento de memória em sistemas embarcados. É amplamente utilizado devido à sua portabilidade e eficiência.
<code>"freertos/task.h"</code>	O arquivo de cabeçalho "freertos/task.h" é parte da biblioteca FreeRTOS e contém as definições e protótipos de função relacionados à criação e gerenciamento de tarefas em um sistema operacional de tempo real.
<code>"driver/gpio.h"</code>	O arquivo de cabeçalho "driver/gpio.h" faz parte de uma biblioteca de drivers GPIO (General Purpose Input/Output) e contém as definições e protótipos de função relacionados ao acesso e controle de pinos GPIO em um microcontrolador ou

	plataforma embarcada.
"esp_log.h"	O arquivo de cabeçalho "esp_log.h" faz parte do framework ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) desenvolvido pela Espressif Systems. Ele fornece funcionalidades relacionadas ao registro de mensagens e depuração em aplicativos para dispositivos baseados em ESP32 ou ESP8266.
"esp_timer.h"	O arquivo de cabeçalho "esp_timer.h" faz parte do framework ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) desenvolvido pela Espressif Systems. Ele fornece funcionalidades relacionadas à criação e gerenciamento de temporizadores de alta precisão em aplicativos para dispositivos baseados em ESP32 ou ESP8266.
"ds18b20.h"	O arquivo de cabeçalho "ds18b20.h" é comumente usado para interagir com o sensor de temperatura digital DS18B20 em sistemas embarcados. O arquivo de cabeçalho "ds18b20.h" contém definições e protótipos de função relacionados à comunicação e leitura de dados do sensor. (https://github.com/feelfreelinux/ds18b20)
"i2c-lcd.h"	O arquivo de cabeçalho "i2c-lcd.h" está relacionado ao controle de displays LCD através do protocolo I2C. A biblioteca contém funções que permitem a inicialização do display, envio de comandos e dados, controle do cursor, entre outras operações relacionadas ao display LCD. (https://controllerstech.com/i2c-in-esp32-esp-idf-lcd-1602/)

Tabela 3 - Bibliotecas utilizadas e descrições.

4 RESULTADOS

Na execução do projeto de controle de nível e temperatura de uma caixa d'água, atingimos os seguintes resultados: desenvolvemos um sistema embarcado capaz de monitorar e controlar automaticamente o nível e a temperatura da água em uma caixa d'água, utilizando dispositivos como resistências e bombas de água, mantendo assim a temperatura e nível desejado.

Foi fornecida uma interface que permite aos usuários monitorar e controlar a temperatura e verificar o nível da água em tempo real. Entretanto, não será permitido que o usuário insira o nível ideal, pois essa tarefa requer algumas informações como: a adequação dos componentes do sistema para as infinitas possibilidades de níveis setados pelo usuário, a consideração de variáveis como a demanda de água, vazão e a capacidade da caixa utilizada em questão.

Destarte, o processo descrito acima demonstra a implementação de um sistema de controle de nível e temperatura de uma caixa d'água, utilizando um microcontrolador e diversos componentes eletrônico, proporcionando o monitoramento e controle eficiente, trazendo benefícios como economia de água e energia, garantia da qualidade da água e melhoria na eficiência dos processos que utilizam água aquecida.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do projeto de controle de nível e temperatura de uma caixa d'água proporcionou a aquisição de conhecimentos significativos na área de sistemas embarcados. Através desse projeto, foi possível compreender e aplicar conceitos relacionados à utilização do microcontrolador ESP32-C3, programação, circuitos elétricos e integração de componentes eletrônicos.

Durante o processo de implementação, nos deparamos com problemas relacionados a calibração, no que diz respeito à garantia da precisão das leituras dos sensores, especialmente no caso do sensor de nível, devido a margem de erro sinalizada previamente pelo fabricante do sensor. Com o objetivo de mitigar essa problemática, realizamos testes e calibrações, a fim de verificar regularmente a precisão das leituras dos sensores e garantir medições confiáveis.

Em conclusão, o projeto de controle de nível e temperatura de uma caixa d'água permitiu a aplicação prática de conhecimentos relacionados a sistemas embarcados. Ao enfrentar desafios e possíveis problemas, foi possível adquirir habilidades de resolução de problemas e aprimorar a compreensão das etapas envolvidas no desenvolvimento de um sistema embarcado.