



Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação
Disciplina: Sistemas Embarcados
Docente: Alexandre Sales Vasconcelos

Projeto Sistemas Embarcados 2023.1:
Monitoramento da temperatura e nível de água de reservatório com uso
do ESP32

Arthur Mauricio Thomaz Soares
Daniel da Silva Lemos
Jonatas da Silva Duarte

Campina Grande, 2023

Introdução

O projeto proposto tem como objetivo a construção de um controlador de temperatura e nível de água de um recipiente a partir do ESP32. O sistema será composto por um conjunto de sensores, para medição da temperatura da água e do nível do reservatório, além de atuadores para controlar a resistência e a bomba de água. Para torná-lo mais interativo e fácil de usar, uma interface homem-máquina (IHM) será desenvolvida para permitir ao usuário monitorar e controlar a aplicação em tempo real.

O hardware escolhido para implementação é o ESP32, um microcontrolador baseado em um processador dual-core Xtensa LX6 de 32 bits, que suporta conexão Wi-Fi e Bluetooth, possuindo recursos poderosos de processamento e conectividade, o que o torna ideal para projetos de IoT. Já no desenvolvimento do software, será utilizado o ambiente de desenvolvimento ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework), uma plataforma de desenvolvimento oficial do fabricante do ESP32. O ESP-IDF inclui bibliotecas e ferramentas que simplificam o processo de desenvolvimento e permitem a criação de projetos robustos e eficientes.

Para garantir a qualidade do projeto, serão adotadas a divisão de todo o trabalho em etapas, tais quais: levantamento de requisitos para a definição de caso de uso, desenvolvimento deste relatório para descrever o projeto, desenvolvimento do hardware e software, testes e validação do sistema e, por fim, a entrega dos resultados. Com a conclusão do projeto, espera-se fornecer uma solução eficiente e confiável para o monitoramento e controle da temperatura e nível da água em um reservatório com o uso do ESP e podendo ser facilmente utilizada pelo usuário final.

Objetivos gerais do projeto

- Desenvolver um sistema eficiente para controlar e monitorar a temperatura e nível d'água;
- Proporcionar ao usuário o acesso às informações em tempo real sobre a temperatura da água e nível do reservatório;
- Proporcionar ao usuário a capacidade de configurar as preferências do sistema, como a temperatura desejada e a frequência da bomba de água.

Objetivos específicos

- Implementar a lógica de controle de temperatura, garantindo que a temperatura da água seja mantida dentro de uma faixa desejada pelo usuário;
- Implementar a lógica de controle da bomba de água, garantindo que a água seja movida do reservatório para o aquecedor solar de maneira adequada;
- Implementar uma IHM através de um display LCD para monitoramento dos dados em tempo real;
- Documentar todas as etapas do projeto, desde a seleção de componentes até a implementação do software, e disponibilizar essas informações em um repositório no GitHub para a disciplina.

Casos de uso

1. Medir e salvar temperatura da água no reservatório

Descrição: A temperatura da água dentro do reservatório deve ser medida com certa precisão pelo sensor e ser armazenada no cartão SD.

Requisitos funcionais:

- Medir a partir de sensores a temperatura
- Criar uma estrutura de dados que armazene a temperatura da água
- Armazenar esses dados em algum arquivo no cartão SD

Requisitos não funcionais:

- Registrar erro se houver algum problema pra salvar os dados no cartão SD
- Gerar um alarme de falha caso o erro no cartão SD persista

Atores:

- Cartão SD e sensores

Pré condições: nenhuma

Pós condições: o cartão SD deve conter mais uma entrada da temperatura de água no reservatório naquele instante de tempo

2. Medir e salvar nível da água no reservatório

Descrição: O nível da água dentro do reservatório deve ser medido pelo sensor e armazenado no cartão SD.

Requisitos funcionais:

- Medir a partir de sensores o nível de água
- Criar uma estrutura de dados que armazene o nível da água
- Registrar esses dados no cartão SD

Requisitos não funcionais:

- Registrar erro se houver algum problema pra salvar os dados no cartão SD
- Gerar um alarme de falha caso o erro no cartão SD persista

Atores:

- Cartão SD e sensores

Pré condições: nenhuma

Pós condições: o cartão SD deve conter mais uma entrada do nível da água no reservatório naquele instante de tempo

3. Tratamento de valores fora da faixa de variação

Descrição: Devemos tratar valores fora da faixa de variação dos sensores ao registrar os valores de temperatura e nível.

Requisitos funcionais:

- A partir de testes encontrar uma taxa de variação ideal para os sensores.
- Ao fim do registro de temperatura ou nível de água checar se os valores estão dentro da taxa de variação do sensor.
- Desconsiderar valores fora da taxa de variação e registrar isso em um arquivo de LOG

Requisitos não funcionais:

- Nenhum

Atores:

- Cartão SD

Pré-condições: Sensores funcionando e registrando temperatura e nível da água.

Pós condições: Se o valor medido estiver fora da taxa de variação eles devem ser desconsiderados, senão eles devem ser registrados normalmente.

4. Mostrar as informações salvas numa IHM

Descrição: Os valores registrados de temperatura e nível de água devem ser mostrados em um display.

Requisitos funcionais:

- Ler os dados do cartão SD e mostrar um histórico da temperatura e nível da água
- Ter alguma opção de atualizar os dados
- Mostrar essas informações em um display
- Mostrar médias dos valores

Atores:

- Cartão SD e IHM

Pré condições: Valores registrados no cartão SD e display funcionando

Pós condições: Display mostrando as informações citadas acima.

5. Registrar temperatura desejada a partir de uma IHM

Descrição: A temperatura desejada do reservatório deve ser registrada pelo usuário para que o sistema possa esquentar (ou não) a resistência.

Requisitos funcionais:

- Registrar a temperatura desejada no cartão SD
- Mostrar os dados de forma legível e explicativa
- Mostrar comparação em tempo real com os dados atuais

Requisitos não funcionais:

- Ter uma interface clara e de fácil acesso
- Registrar erro se houver algum problema pra salvar os dados no cartão SD

Pré condições: Display funcionando.

Pós condições: Um valor de referência de temperatura deve estar salvo no cartão SD para futuros ajustes.

Atores:

- Cartão SD, IHM

6. Registrar nível desejado a partir de uma IHM

Descrição: O nível desejado do reservatório deve ser registrado pelo usuário para que o sistema possa (ou não) ativar a bomba.

Requisitos funcionais:

- Registrar a o nível de água desejado no cartão SD
- Mostrar os dados de forma legível e explicativa
- Mostrar comparação em tempo real com os dados atuais

Requisitos não funcionais:

- Ter uma interface clara e de fácil acesso
- Registrar erro se houver algum problema pra salvar os dados no cartão SD

Pré condições: Display funcionando.

Pós condições: Um valor de referência de nível deve estar salvo no cartão SD para futuros ajustes.

Atores:

- Cartão SD, IHM

7. Modificar a temperatura da água

Descrição: A resistência deve esquentar se a temperatura atual do reservatório estiver menor do que a temperatura de referência registrada. Se não houver temperatura desejada registrada, a resistência não deve fazer nada.

Requisitos funcionais:

- Ler dados do cartão SD
- Fazer a resistência esquentar a água até o alvo baseado em parâmetros no cartão SD

Requisito não funcional:

- A temperatura atual sempre deve estar próxima a temperatura desejada.
- Registrar possíveis erros na leitura ou execução da ação

Atores:

- Cartão SD, sensores e resistência

Pré-condições: Temperatura de referência registrada, resistência funcionando e sensor funcionando.

Pós condições: Resistência funcionando baseado na temperatura atual e na temperatura de referência.

8. Modificar o nível da água

Descrição: A bomba deve ser ativada se o nível de água estiver abaixo do desejado, e ser desativada quando o reservatório estiver em um nível aceitável. Se não houver valor de referência registrado no cartão SD devemos ter algum valor padrão.

Requisitos funcionais:

- Ler dados do cartão SD
- A bomba deve ativar caso o reservatório esteja com um nível de água baixo
- A bomba deve ser desativada quando o reservatório estiver em um nível aceitável

Requisitos não funcionais

- O reservatório não pode transbordar nem ficar com um nível muito abaixo do desejado

Atores

- Cartão SD, sensor de capacidade e bomba

Pré-condições: Sensores funcionando, bomba funcionando e valor de referência salvo disponível.

Pós condições: Nível de água próximo ao nível desejado.

9. Sinalização de falha

Descrição: Devemos ter uma métrica de confiabilidade do nosso dispositivo. Um LED irá mostrar se o dispositivo (sensores, bomba, resistência e cartão SD) estão conseguindo executar suas funções.

Requisitos funcionais:

- Sinalizar em algum LED (vermelho) se o funcionamento do dispositivo está comprometido ou em verde se ele está funcionando corretamente
- Registrar LOGs que facilitem o debug do que deu errado no cartão SD

Atores:

- Cartão SD e todo o dispositivo

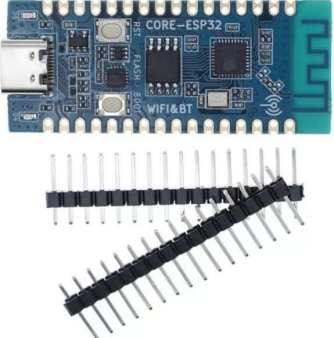

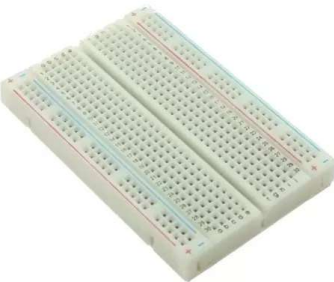

Pré condições: Nenhuma


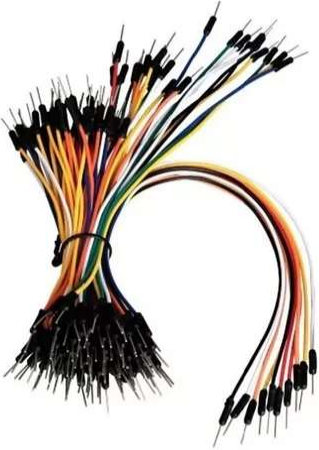

Pós condições: Estado do LED atualizado

Materiais e Métodos

- **Materiais**

Lista dos componentes/materiais usados para o protótipo do projeto:

Imagem	Nome	Descrição	Quantidade
	Esp32 C3	Placa De Desenvolvimento Esp32 C3 Wifi Bluetooth Micropython. É um microcontrolador de 32 bits, escolhido como o hardware central para este projeto.	1
	Módulo Relé	Módulo Relé 5v 2 Canais Duplo. Será utilizado para controlar a resistência e a bomba de água do sistema.	1
	Protoboard	Protoboard 400 Furos. Para a conexão entre os componentes eletrônicos do sistema, permitindo uma montagem organizada.	1
	Sensor De Temperatura	Sensor De Temperatura Ds18b20 Sonda À Prova D'água usada para medir a temperatura da água do reservatório.	1

	Sensor Ultrassônico	Sensor Ultrassônico De Distância Hc-sr04 usado para verificar o nível da água no reservatório.	1
	Jumper	Jumpers para facilitar a conexão entre os componentes eletrônicos do sistema: machos e fêmeas.	
	Resistor	Resistores serão utilizados como parte do circuito do sensor de temperatura, garantindo uma medição precisa e estável.	
	Display LCD	Será utilizado como interface homem-máquina (IHM), permitindo ao usuário monitorar os dados em tempo real	1

Lista das bibliotecas e frameworks usados para o desenvolvimento do protótipo do projeto:

Nome	Descrição
ESP-IDF	Framework oficial da Espressif para o desenvolvimento de aplicações para toda a família ESP32.

stdio.h	Biblioteca de entrada/saída padrão em C, que fornece funções para leitura e escrita de dados em fluxos de entrada/saída.
FreeRTOS.h	Biblioteca que implementa um sistema operacional de tempo real (RTOS - Real-Time Operating System) de código aberto, usado para programação multitarefa em sistemas embarcados.
task.h	Biblioteca que fornece as funções e macros necessários para criar, controlar e gerenciar tarefas (threads) em um ambiente multitarefa usando o FreeRTOS.
gpio.h	Biblioteca que oferece funções para configurar e controlar as GPIOs em um microcontrolador, permitindo a leitura e escrita de sinais digitais em pinos específicos.
onewire.h	Biblioteca para comunicação usando o protocolo 1-Wire, que permite a transferência de dados serial utilizando apenas um fio de comunicação.

- **Métodos**

- Levantamento de Requisitos: Para esta etapa, será realizado um levantamento de requisitos para definir os casos de uso e as funcionalidades esperadas do sistema. Essa etapa envolverá a identificação das necessidades do usuário e as características desejadas do controlador de temperatura e nível de água.
- Desenvolvimento do hardware: Será realizada a montagem dos componentes eletrônicos na protoboard, seguindo um esquema de conexões adequado. Daremos foco na integração do ESP32, dos

sensores, do módulo relé e do display LCD, garantindo a correta interação entre eles.

- Desenvolvimento do Software: Utilizaremos o ambiente de desenvolvimento ESP-IDF para programar o ESP32. Implementaremos as lógicas de controle de temperatura e de acionamento da bomba de água, bem como a comunicação com os sensores e o display LCD. A programação será feita em linguagem C e pela IDE do Visual Studio Code.
- Testes e Validação do Sistema: Após o desenvolvimento do hardware e do software, serão realizados testes para verificar o funcionamento correto do controlador. Serão feitas medições da temperatura da água utilizando o sensor de temperatura e comparação com valores de referência. Além disso, serão realizadas medições do nível da água no reservatório por meio do sensor ultrassônico, verificando sua precisão e consistência.
- Documentação e disponibilização: Será realizada a documentação de todas as etapas do projeto, por meio deste documento, o esquema de montagem do hardware, o código-fonte do software e os resultados dos testes realizados. Essas informações serão disponibilizadas em um repositório no GitHub, com o objetivo de compartilhar o conhecimento adquirido com a turma e para avaliação do professor da disciplina, permitindo também que outras possam se beneficiar do trabalho desenvolvido.