



DESENVOLVIMENTO DE SENSOR DE TEMPERATURA PARA FERMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DA CERVEJA

André Richard Sanches / andre.rsanches@senacsp.edu.br

Higor Cabral Cavalcante / higor.ccavalcante@senacsp.edu.br

Fernando Martins Ferreira / Fernando.mferreira7@senacsp.edu.br

Rafael Pequino Freire / rafael.pfreire1@senacsp.edu.br

Resumo:

O presente artigo relata o desenvolvimento de um sensor de temperatura, focado na medição precisa durante a etapa de fermentação no processo de produção da cerveja. O projeto, realizado por discentes do curso de Bacharel em Engenharia de Computação no Centro Universitário Senac Santo Amaro, integra software e hardware visando a precisão, estabilidade e resposta rápida nas medições de temperatura.

Palavras-chave: Sensor de temperatura, Fermentação, Cerveja Artesanal, Medição.

1. Introdução

A produção de cerveja artesanal tem ganhado destaque nos últimos anos, impulsionada pelo interesse crescente dos consumidores por produtos diferenciados. Um dos fatores críticos para garantir a qualidade e o sabor desejado da cerveja é o controle preciso da temperatura durante a etapa de fermentação. Alterações mesmo que sutis nessa variável podem comprometer o perfil sensorial da bebida e a eficiência do processo.

Diante desta necessidade, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sensor de temperatura voltado especificamente para monitoramento térmico durante a fermentação da cerveja. O projeto, desenvolvido por discentes do curso de Bacharel em Engenharia de Computação do Centro Universitário Senac Santo Amaro, integra conhecimentos de hardware e software com foco em precisão, estabilidade e resposta rápida. A iniciativa busca não apenas contribuir para o aprimoramento de técnicas de produção, mas também reforçar a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos no curso.

2. Hardware e Software

O sistema desenvolvido para monitoramento da temperatura durante a fermentação da cerveja integra uma solução embarcada, composta por componentes de hardware de baixo custo e um software eficiente, otimizado para aplicações em tempo real.

2.1. Hardware

A arquitetura física do sensor utiliza a plataforma Arduino UNO, amplamente adotada em projetos acadêmicos devido à sua acessibilidade, facilidade de programação e compatibilidade com sensores analógicos. A medição de temperatura é realizada por meio do sensor LM35, que apresenta resposta linear na faixa de 0 °C a 100 °C e fornece uma saída analógica proporcional à temperatura ambiente. A leitura do sensor ocorre na porta analógica A2, e o sistema realiza uma média de cinco amostragens para garantir maior estabilidade e precisão nos valores obtidos.

A interface de visualização conta com um display LCD 16x2 com comunicação I2C, responsável por exibir, em tempo real, tanto a temperatura atual (T_a) quanto o valor de referência ou setpoint (T_s). Dois botões físicos, conectados aos pinos digitais 8 e 9, permitem ao operador ajustar dinamicamente o setpoint. Para garantir a confiabilidade desses comandos,

o sistema implementa uma rotina de debounce por software, eliminando leituras indevidas causadas por vibrações mecânicas dos botões.

A atuação no processo fermentativo ocorre por meio de um relé de estado sólido (MOC3021), conectado ao pino digital 4, que controla o disparo de um TRIAC. Este dispositivo conduz corrente para uma carga resistiva, simulando o aquecimento necessário no processo de fermentação. A sincronização com o cruzamento por zero da rede elétrica é realizada por uma interrupção no pino digital 3, possibilitando o controle da potência via modulação do ângulo de condução.

2.2. Software

O software embarcado é escrito em linguagem C/C++, desenvolvido na plataforma Arduino IDE, e segue uma estrutura modular que organiza funções específicas para leitura de sensores, controle de temperatura, visualização e atuação. A função de leitura do LM35 converte os sinais analógicos em valores de temperatura utilizando um fator de escala calibrado com base nas características do sensor.

A lógica de controle é implementada a partir de um algoritmo proporcional simplificado, que ajusta o valor da potência (power) conforme a diferença entre a temperatura medida e o setpoint definido. Essa diferença (DifTemp) é dividida em faixas, cada uma correspondendo a um nível de potência específico aplicado ao TRIAC. Com isso, o sistema regula a quantidade de calor fornecida ao meio, mantendo a temperatura o mais próxima possível do valor de referência.

A função `zero_crosss_int()` atua sobre a interrupção de cruzamento por zero da rede, calculando o tempo de atraso necessário antes de acionar o TRIAC, de acordo com o valor da potência desejada. O controle de tempo é realizado em microssegundos, assegurando alta precisão no disparo dos pulsos.

Além disso, o sistema atualiza constantemente o display com os valores de temperatura e potência, proporcionando ao usuário uma interface clara e direta. O software também mantém a retroiluminação do LCD ativada, facilitando a leitura em ambientes com pouca iluminação.