

# Desenvolvimento de um Sistema de Controle de Temperatura com Arduino para Proteção de Máquinas

1<sup>st</sup> Guilherme Zanini

*Engenharia da Computação*

*Disciplina de Instrumentação Eletrônica*

*Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos*

São Leopoldo, Brasil

guilhermezsilva@hotmail.com

**Abstract**—Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de controle de temperatura com foco na proteção de máquinas contra superaquecimento. O projeto utiliza o microcontrolador Arduino, sensor de temperatura TMP36, módulo de relé para controle ON-OFF do motor, e potenciômetro que permite ajustar o limite de temperatura. Além disso, o sistema inclui um display LCD para visualização em tempo real da temperatura, LEDs indicadores de estado e um buzzer que ativa um alarme em condições críticas de temperatura. Este sistema visa desarmar o motor automaticamente caso a temperatura ultrapasse o limite configurado, prevenindo danos ao equipamento. O projeto foi implementado no TinkerCAD.

**Index Terms**—Arduino, controle de temperatura, sistema de alarme, proteção de máquinas, automação, eletrônica, microcontroladores.

## I. INTRODUÇÃO

A necessidade de sistemas de proteção térmica é crescente em diversas áreas industriais e residenciais, onde o superaquecimento pode comprometer a integridade de máquinas e equipamentos, além de gerar riscos à segurança. Este projeto tem como objetivo desenvolver um sistema de controle de temperatura de baixo custo, baseado no microcontrolador Arduino, que permite monitorar e controlar a temperatura de máquinas, desligando automaticamente o motor quando o limite seguro de temperatura é ultrapassado.

Utilizando um sensor TMP36 para medir a temperatura ambiente, o sistema monitora as condições térmicas e aciona um módulo de relé para desligar o motor em situações de risco. Além disso, o sistema inclui um display LCD para exibir as leituras de temperatura em tempo real, LEDs indicativos para sinalizar o estado do sistema, e um buzzer que emite um alarme em caso de superaquecimento.

## II. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto desenvolvido consiste em um sistema de controle de temperatura para proteção de máquinas, projetado para monitorar a temperatura ambiente e desligar automaticamente o motor quando o limite de segurança é ultrapassado. O sistema é baseado no microcontrolador Arduino e utiliza um

sensor de temperatura TMP36, que fornece leituras contínuas de temperatura ao Arduino.

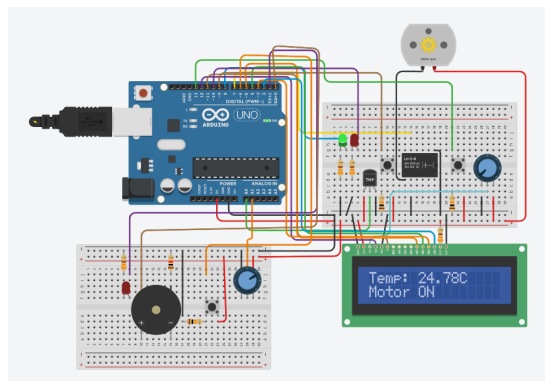


Fig. 1. Vista geral do circuito de controle de temperatura.

O limite de temperatura é definido pelo usuário por meio de um potenciômetro, permitindo ajustar o valor crítico conforme a necessidade da aplicação. Quando a temperatura medida excede o limite ajustado, o Arduino desarma o motor através de um módulo de relé, evitando possíveis danos ao equipamento. Para sinalizar o estado do sistema, LEDs são utilizados: um LED verde indica que o sistema está funcionando dentro da faixa segura, enquanto um LED vermelho e um buzzer são ativados em caso de superaquecimento.

Além disso, o sistema possui um display LCD de 16x2, que exibe em tempo real a temperatura medida e o estado do motor, oferecendo ao usuário uma visão clara das condições operacionais. O controle do sistema e do motor é feito por botões independentes, permitindo ligar e desligar o motor manualmente, independentemente do estado geral do sistema. Esse sistema simples e eficaz oferece uma solução acessível para a proteção de máquinas em ambientes de risco térmico.

## III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A proteção de máquinas contra superaquecimento é uma área de grande relevância em diversas indústrias, onde o

controle preciso da temperatura é essencial para garantir a segurança e o bom funcionamento dos equipamentos. Este projeto faz uso de tecnologias acessíveis, como o Arduino e sensores de temperatura, para desenvolver um sistema de controle de temperatura ON-OFF.

#### A. Teoria Envolvida

O controle de temperatura em sistemas e máquinas está fundamentado nos princípios da teoria de controle, que visa manter uma variável, no caso a temperatura, dentro de uma faixa segura. Um sistema de controle ON-OFF, como o desenvolvido neste projeto, é uma das formas mais simples de controle automático, onde o equipamento é ligado ou desligado conforme a temperatura atinge valores críticos.

No presente sistema, o sensor TMP36 mede a temperatura ambiente e converte a energia térmica em um sinal elétrico. O TMP36 é um sensor analógico que gera uma tensão de saída proporcional à temperatura em graus Celsius. Ele possui um desvio de 500 mV para 0°C e uma sensibilidade de 10 mV por grau Celsius. Assim, a tensão de saída do sensor pode ser convertida em temperatura através da fórmula:

$$\text{Temperatura (}^{\circ}\text{C)} = \left( \frac{V_{\text{out}} - 500 \text{ mV}}{10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}} \right) \quad (1)$$

Onde  $V_{\text{out}}$  representa a tensão de saída do sensor TMP36. Este valor é lido pelo Arduino, que interpreta a temperatura e a compara ao limite definido pelo usuário. Caso a temperatura medida exceda o valor limite, o Arduino aciona um relé para controlar o motor, desarmando-o automaticamente e evitando possíveis danos ao equipamento.

Esse tipo de controle é amplamente utilizado por sua simplicidade e eficiência em situações onde um controle de precisão não é necessário. O sensor TMP36, ao converter a temperatura ambiente em um sinal de tensão, permite que o Arduino monitore a temperatura de forma contínua, ajustando o sistema para manter a segurança térmica do equipamento.

#### B. Aplicabilidade

Sistemas de controle de temperatura têm uma ampla gama de aplicações industriais e residenciais. Eles são especialmente úteis em ambientes onde o superaquecimento de máquinas pode causar falhas nos equipamentos, aumento no consumo de energia, ou mesmo riscos à segurança. Aplicações típicas incluem motores, servidores, sistemas de resfriamento, e outros equipamentos sensíveis a variações de temperatura. O sistema desenvolvido neste projeto, é aplicável a ambientes que não exigem alto investimento em sistemas de controle de temperatura e que buscam uma solução prática e eficiente.

#### C. Opções Comerciais Existentes

No mercado, existem diversas soluções de controle de temperatura, incluindo termostatos programáveis e controladores PID (Proporcional-Integral-Derivativo). Controladores PID, por exemplo, são amplamente utilizados em indústrias que requerem controle preciso da temperatura, ajustando continuamente a potência para manter o ambiente ou o equipamento na temperatura desejada.



Fig. 2. Termostato programável TTOCAR, modelo STC-1000.



Fig. 3. Controlador PID Novus, modelo N1200.

Embora sejam altamente eficientes, esses controladores geralmente possuem um custo elevado e uma complexidade de implementação superior. Em contraste, o sistema ON-OFF baseado em Arduino desenvolvido neste projeto é uma alternativa de baixo custo e fácil adaptação, ideal para aplicações em que uma resposta simples de ligar/desligar é suficiente para a proteção térmica.

#### IV. ESTUDO GERAL DO FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

O circuito desenvolvido para o sistema de controle de temperatura consiste em uma configuração simples, projetada para monitorar a temperatura de um ambiente ou máquina e proteger o equipamento contra superaquecimento. Os principais componentes do circuito incluem um Arduino Uno, sensor de temperatura TMP36, módulo de relé, display LCD 16x2, potenciômetro, LEDs indicadores e um buzzer de alarme.

O sensor TMP36 é responsável pela leitura da temperatura ambiente e está conectado a uma entrada analógica do Arduino. Ele fornece uma saída de tensão proporcional à temperatura, permitindo que o Arduino interprete a leitura e a converta em graus Celsius. Com essa informação, o Arduino compara a temperatura medida ao limite estabelecido pelo usuário, que pode ser ajustado por meio de um potenciômetro. Esse limite é armazenado em uma variável e pode ser configurado para valores adequados ao equipamento monitorado.

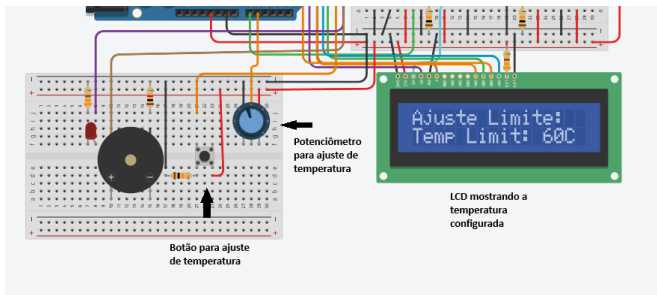


Fig. 4. Ajuste do limite de temperatura pelo potenciômetro.

Quando a temperatura excede o valor limite ajustado, o Arduino aciona o módulo de relé, que desliga o motor para proteger o equipamento de danos causados pelo superaquecimento. Além disso, um LED vermelho e um buzzer são ativados para sinalizar o estado crítico, alertando o usuário sobre a necessidade de resfriamento.

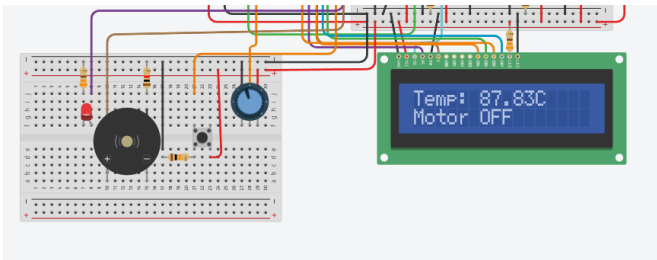


Fig. 5. Funcionamento do sistema de proteção: quando a temperatura excede o limite definido.

O display LCD exibe continuamente a temperatura em tempo real, bem como o status do motor (on ou off), oferecendo ao usuário informações claras e precisas sobre o estado do sistema. Para o controle manual do sistema, o circuito conta com botões independentes que permitem ligar ou desligar o sistema e o motor manualmente.

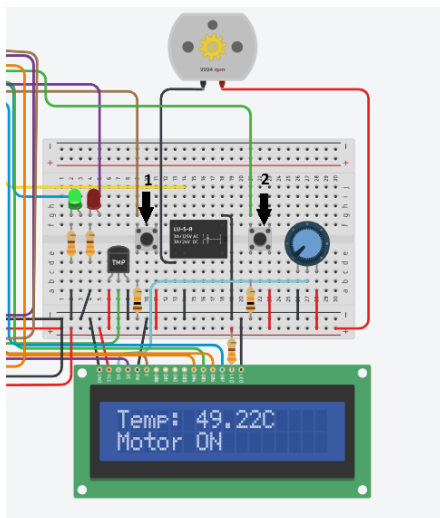


Fig. 6. Visão geral do sistema de controle ON-OFF: Botão 1 permite ligar ou desligar o sistema, botão 2 controla o acionamento do motor. LEDs indicativos sinalizam o funcionamento do sistema.

Esse controle permite maior flexibilidade no uso do sistema e a possibilidade de desativação temporária do motor, independentemente da temperatura medida. A combinação desses elementos cria um sistema de controle ON-OFF eficaz, acessível e de fácil implementação, que atende à necessidade de proteção térmica de máquinas e equipamentos sensíveis.

## V. CÁLCULOS E COMPONENTES

Para o desenvolvimento deste sistema de controle de temperatura, foram escolhidos componentes de baixo custo e fácil implementação, que atendem às necessidades de confiabilidade e simplicidade do projeto.

### A. Sensor de Temperatura TMP36

O sensor TMP36 foi selecionado por sua precisão e fácil integração com o Arduino. Este sensor emite uma tensão de saída proporcional à temperatura ambiente, com uma variação de 10 mV por grau Celsius.

### B. Potenciômetros de 10kΩ

Dois potenciômetros de 10kΩ são utilizados no sistema, cada um com uma função distinta. O primeiro potenciômetro permite ajustar o valor limite de temperatura, possibilitando que o usuário defina o ponto de desarme do motor conforme a aplicação. Esse ajuste é lido pelo Arduino como uma entrada digital e se reflete diretamente na variável de temperatura limite processada.

O segundo potenciômetro controla o brilho do display LCD, ajustando a intensidade da retroiluminação para melhorar a legibilidade em diferentes condições de iluminação. Esse ajuste é feito de forma independente do Arduino, conectando o potenciômetro diretamente ao pino de controle de contraste do LCD.

### C. Resistores para o LED e Buzzer

Para garantir a segurança e estabilidade do circuito, foram inseridos resistores de 330Ω em série com o LED indicador, os botões e o display LCD, além de um resistor de 1kΩ em série com o buzzer. Esses resistores foram calculados para limitar a corrente que passa por cada componente, evitando superaquecimento e prolongando a vida útil dos componentes.

### D. Módulo de Relé

O módulo de relé é responsável por desarmar o motor quando a temperatura ultrapassa o limite seguro. O relé funciona como uma chave controlada pelo Arduino, que abre ou fecha o circuito de potência do motor com base nos sinais recebidos.

### E. Lista Final de Componentes

Abaixo está a lista completa dos componentes utilizados no projeto:

- 1 - Arduino Uno
- 1 - Sensor de Temperatura TMP36
- 2 - Potenciômetros de 10kΩ
- 1 - Módulo de Relé
- 2 - LEDs indicativo (vermelho)

- 1 - LED indicativo (verde)
- 1 - Buzzer
- 1 - Display LCD 16x2
- 1 - Resistores de 1K $\Omega$
- 6 - Resistores de 330 $\Omega$

## VI. SIMULAÇÕES

O desenvolvimento e a validação do sistema de controle de temperatura foram realizados inteiramente no software TinkerCAD, uma plataforma que permite a prototipagem e teste de circuitos eletrônicos de forma virtual. A simulação completa do circuito no TinkerCAD foi essencial para garantir a correta operação dos componentes e identificar possíveis ajustes no código e na configuração do circuito.

Durante a simulação, foram testadas as respostas do sistema em diferentes condições de temperatura. Primeiramente, foi simulado um cenário onde a temperatura permanece abaixo do limite configurado, observando-se que o motor permanece ligado e o LED verde indica o estado de operação segura.

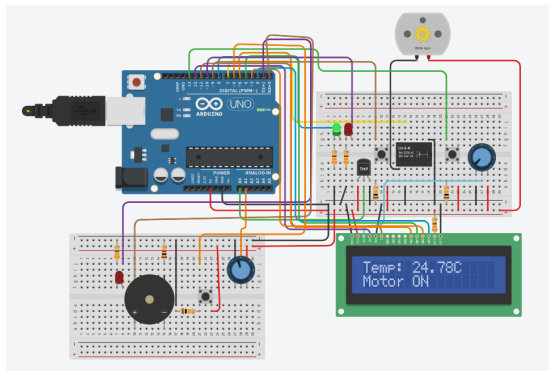


Fig. 7. Simulação abaixo do limite de segurança.

Em seguida, a temperatura foi elevada para valores superiores ao limite de segurança, e o sistema reagiu desligando o motor automaticamente, ativando o LED vermelho e o buzzer de alerta, conforme esperado.

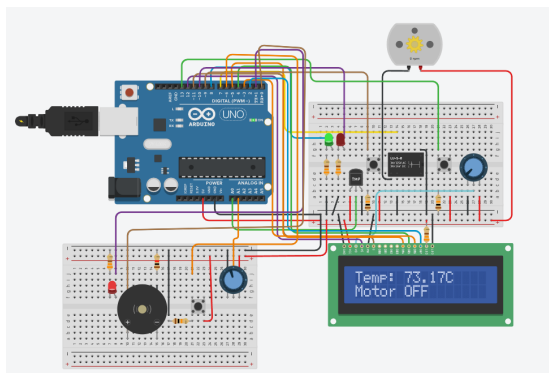


Fig. 8. Simulação acima do limite de segurança.

Além disso, a funcionalidade do potenciômetro foi testada para garantir que ele permitisse o ajuste dinâmico do limite

de temperatura durante a execução do sistema. O display LCD mostrou corretamente a temperatura em tempo real e o estado do motor. O sistema foi configurado para não permitir o acionamento do motor caso ele seja ligado enquanto a temperatura já estiver acima do limite configurado.

## VII. RESULTADOS OBTIDOS

Os testes com o sistema de controle de temperatura confirmaram seu funcionamento eficaz na proteção contra sobreaquecimento.

Em temperaturas abaixo do limite configurado, o motor permaneceu ligado, sinalizado pelo LED verde. Ao ultrapassar o limite, o sistema desarmou automaticamente o motor, acionando o LED vermelho e o buzzer de alerta, com um tempo de resposta satisfatório para proteção rápida.

O potenciômetro mostrou-se preciso para ajuste do limite de temperatura, e o display LCD apresentou leituras em tempo real, informando o usuário sobre a temperatura e o status do motor de forma clara.

## VIII. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os testes de simulação realizados no TinkerCAD demonstraram que o sistema de controle de temperatura cumpre bem sua função de proteção contra sobreaquecimento, oferecendo uma solução prática e eficaz para monitoramento térmico.

Durante o desenvolvimento no TinkerCAD, surgiram pequenos desafios, como ruídos intermitentes no buzzer, causados por oscilações nas leituras do sensor. Esse problema foi resolvido com a adição de um resistor e ajustes no código para estabilizar o alarme. A precisão do sensor TMP36 na simulação foi satisfatória, embora fatores ambientais possam afetar seu desempenho em um cenário físico. Para aplicações mais rigorosas, sensores de maior precisão ou filtros adicionais podem ser considerados.

Em resumo, o sistema atingiu seus objetivos principais e apresentou resultados positivos na simulação, mostrando-se adequado para a proteção de equipamentos. Melhorias em precisão e robustez podem ser exploradas caso o sistema seja implementado fisicamente em ambientes mais exigentes.

## IX. CONCLUSÕES

A simulação do sistema de controle de temperatura com Arduino no TinkerCAD demonstrou que ele é eficaz na proteção contra superaquecimento, desarmando o motor rapidamente em condições críticas. Componentes simples e de baixo custo, como o sensor TMP36 e o módulo de relé, ofereceram uma solução prática, e o display LCD, LEDs e buzzer garantiram uma interface intuitiva para o usuário.

Pequenos ajustes no código e a inclusão de resistores estabilizaram o sistema, tornando-o confiável no ambiente simulado. Para aplicações futuras e cenários físicos mais exigentes, sensores de maior precisão e funcionalidades como alertas remotos e controle PID poderiam aprimorar a eficiência e segurança do sistema.

## REFERENCES

- [1] M. Banzi and M. Shiloh, *Getting Started with Arduino*. Maker Media, Inc., 2014.
- [2] Analog Devices, “Precision Centigrade Temperature Sensors,” *TMP36 Datasheet*, 2009. Disponível em: <https://www.analog.com>.
- [3] Autodesk, *TinkerCAD - Online 3D Design and Electronics Simulator*. Disponível em: <https://www.tinkercad.com>.
- [4] K. J. Åström and R. M. Murray, *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press, 2008.
- [5] D. S. Miles and G. H. McCreight, “An Introduction to LCD Displays,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 2, pp. 330-335, 1999.
- [6] M. A. Johnson and M. H. Moradi, eds., *PID Control: New Identification and Design Methods*. Springer, 2005.