



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia
Departamento de Sistemas e Computação
Controle de Processos por Computador
Turma 1

Philippe Macêdo Borges Ramos

Trabalho Final

Parte 2: Análise e Modelagem

Professor: Luigi Maciel Ribeiro
Data de Envio: 01/12/2025

Rio de Janeiro
2025

1 Introdução

A modelagem escolhida para o sistema de controle térmico do servidor foi o Diagrama de Blocos. Pois, o diagrama permite uma visualização clara do funcionamento do sistema de malha fechada, evidenciando a relação entre o microcontrolador ESP32, os sensores e atuadores e a camada de supervisão remota. O modelo representa as lógicas de segurança e a lógica de controle do processo.

2 Diagrama de Blocos

2.1 Identificação dos Componentes

Os componentes foram identificados e representados em blocos de acordo com a estrutura definida na Parte 1. Os blocos são descritos a seguir:

1. Controlador e Lógica (ESP32):

- **Controlador:** O microcontrolador ESP32 é responsável pela execução do PID e gerenciamento da pilha de protocolos de rede.
- **Setpoint:** Valor lógico armazenado na memória do ESP32 que define a temperatura alvo em Celsius.
- **Algoritmo PID:** Bloco de software responsável por calcular a ação de controle baseada no erro.
- **Lógica de Segurança (Fail-Safe):** Bloco de decisão lógica condicional que opera paralelo ao PID para a detecção de situações críticas.

2. Sensores (Feedback e Monitoramento):

- **Sensor de Temperatura (DS18B20):** Sensor digital que converte a temperatura em sinal digital via protocolo 1-Wire e é responsável pela realimentação da malha.
- **Sensores Digitais de Estado:** O sensor de intrusão (porta) é uma chave que monitora a abertura da porta do gabinete e o sensor de vibração é um dispositivo que monitora a estabilidade física do servidor.

3. Atuadores (Ação de Controle):

- **Ventoinha:** Atuador analógico controlado por sinal PWM e responsável pelo resfriamento do sistema.
- **Relé de Segurança:** Atuador eletromecânico que atua na proteção do sistema como dispositivo de corte de energia para a carga.

4. Planta (Processo):

O processador é o objeto de controle, e comporta-se termodinamicamente como uma massa que gera calor devido ao processamento de dados e dissipa calor para o ambiente via ventoinha.

5. Interface de Supervisão:

O servidor Django está hospedado em nuvem no PythonAnywhere e é responsável pelos dashboard, configuração do setpoint pelo usuário e registro histórico.

2.2 Interconexões

As interconexões dos componentes foram divididas em malha de controle, malha de segurança e malha de supervisão, as interconexões são descritas a seguir:

1. Malha de Controle (Loop Principal):

- **Cálculo do Erro:** O comparador recebe o valor do setpoint (SV) e subtrai a leitura processada (PV) vinda do sensor digital, gerando o sinal de erro instantâneo ($e(t)=SP-PV$).
- **Sinal de Controle:** O erro gerado vai para o bloco PID, que processa as componentes Proporcional, Integral e Derivativa, gerando um valor de saída (0 a 100%)
- **Modulação PWM:** O valor percentual é convertido pelo gerador PWM e aplicado na ventoinha.
- **Ação Física:** A rotação da ventoinha varia de acordo com a modulação PWM, combatendo o aumento de temperatura gerada pelo processamento de dados (perturbação).
- **Realimentação:** O sensor digital (DS18B20) lê a nova temperatura resultante e envia os dados digitais de volta para o comparador.

2. Malha de Segurança (Prioritária):

A Lógica de Segurança recebe simultaneamente a leitura do sensor digital (DS18B20) e os estados dos sensores digitais da porta e vibração. Logo, caso for identificado qualquer condição crítica (superaquecimento, porta aberta ou impacto detectado), a lógica envia um sinal de emergência direto para o relé, e então o relé realiza a ação de cortar a alimentação da carga, forçando o desligamento imediato do sistema ignorando a ação do PID.

3. Malha de Supervisão (Assíncrona):

O ESP32 e o Dashboard Django estão conectados via Wi-Fi através de requisições HTTP (JSON). Logo, o ESP32 envia periodicamente a temperatura atual e o status do sistema para o Django, e o usuário pode definir o novo setpoint no Django, que é baixado pelo ESP32 atualizando a referência do controle local.

2.3 Blocos Funcionais

A descrição da função interna de processamento de cada bloco principal:

1. **Bloco de Supervisão (Django/Dashboard):** Atua como a interface do sistema e é responsável por receber os pacotes JSON via HTTP com os dados de telemetria do sistema, além de fornecer o formulário para o usuário definir o valor de setpoint que será enviado de volta pro controlador.
2. **Bloco Controlador (ESP32):**
 - **Módulo Wi-Fi:** Gerencia a conexão de rede e a pilha de protocolos TCP/IP entre o Django e o controlador.
 - **Comparador:** Realiza a operação de subtração entre o valor de setpoint e a temperatura medida, gerando o sinal de erro que alimenta o controle.
 - **PID:** Algoritmo responsável por processar o erro utilizando as ações proporcional, integral e derivativa.
 - **PWM:** Gerador que converte o valor de saída do PID (0 a 100%) em um sinal elétrico com largura de pulso variável que é enviado para a ventoinha.
 - **Lógica de Segurança:** Um bloco decisório condicional que monitora simultaneamente a temperatura e os estados da porta e a vibração. Logo, se qualquer desses parâmetros ultrapassarem os limites de segurança, o bloco ignora a ação do PID e dispara um sinal de emergência para o relé.
3. **Blocos de Atuação:**
 - **Ventoinha (atuador de controle):** Converte o sinal elétrico PWM em rotação, gerando fluxo de ar responsável pelo resfriamento do sistema.
 - **Relé (atuador de proteção):** Responsável por cortar a alimentação do servidor em resposta ao sinal de emergência.
4. **Bloco do Processador:** Representa o sistema físico a ser controlado. Integra o calor gerado pelo processamento de dados (perturbação) e subtrai do resfriamento feito pela ventoinha. A saída do bloco é a temperatura física real do componente.
5. **Blocos de Sensores (Realimentação e Monitoramento):**
 - **Sensor digital DS18B20:** Responsável por converter a temperatura física em um sinal digital preciso, por meio do protocolo 1-Wire, fechando a malha de controle.
 - **Sensor de Porta (intrusão):** Responsável por detectar a abertura do gabinete.
 - **Sensor de Vibração:** Responsável por detectar movimentos bruscos e impactos, indicando risco físico ao hardware.

A Figura 1 apresenta como ficou montada o Diagrama de Blocos do sistema de controle térmico.

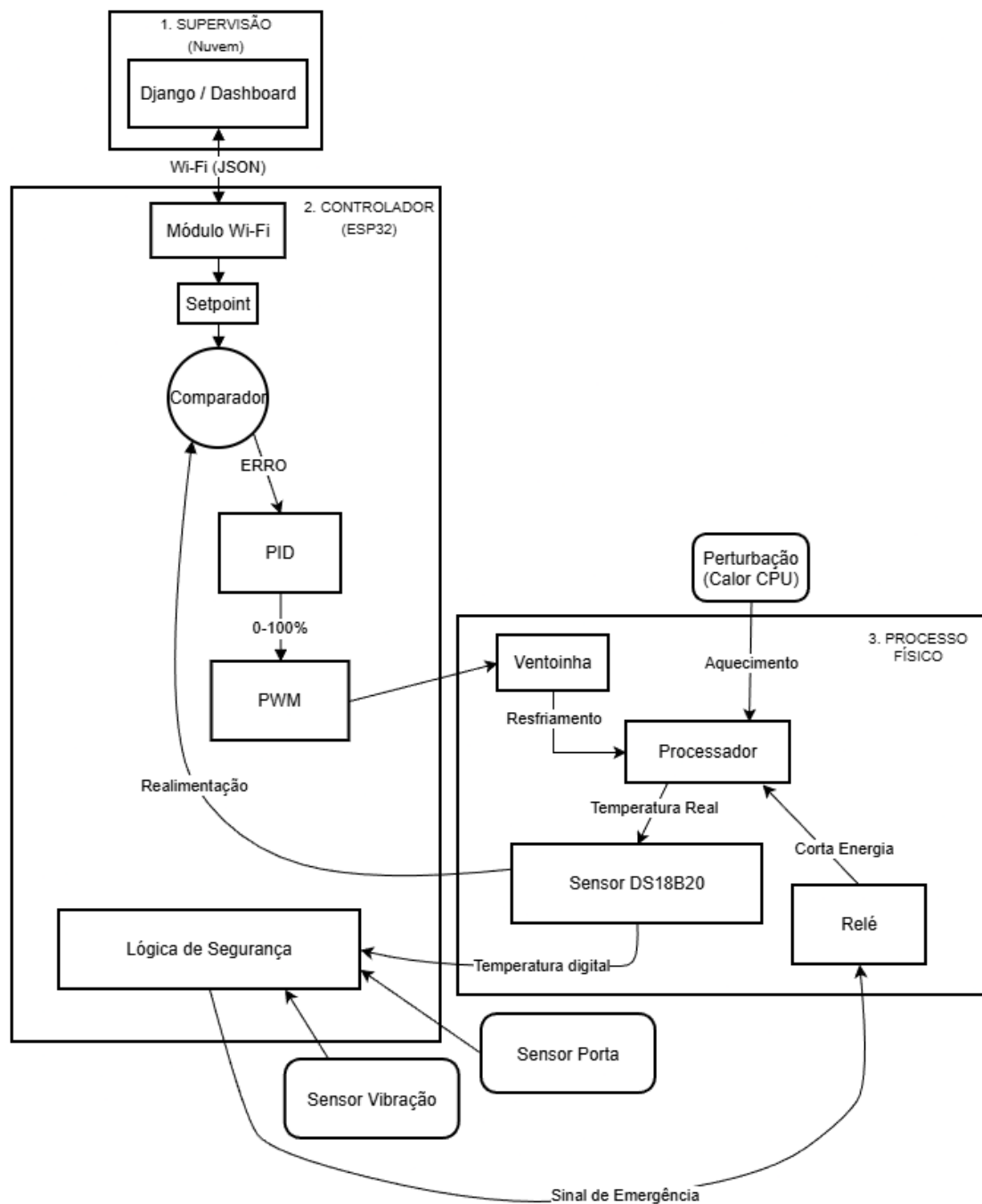


Figura 1: Diagrama de Blocos

3 Conclusão

O diagrama de blocos apresentado evidencia a separação entre a camada de controle crítico, que opera na segurança do servidor, e a camada de supervisão, que interage com o sistema para o monitoramento e ajuste do setpoint, apresentando a flexibilidade operacional do sistema.