

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE (UFCG)

**ALUNO:** ALYSSON MACHADO DE OLIVEIRA BARBOSA

**MATRÍCULA:** 119110236

**DISCIPLINA:** INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

**PROFESSOR:** JAIDILSON JÓ DA SILVA



---

## **EXPERIMENTO 3:**

---

### **Medição de Temperatura**

Módulo de Peltier

## **1. Introdução**

O presente experimento tem como objetivo analisar o comportamento térmico de um módulo de Peltier, um atuador termoelétrico que opera com base no efeito Peltier, fenômeno no qual a passagem de corrente elétrica entre dois materiais semicondutores distintos gera uma diferença de temperatura entre suas faces. Para isso, foram monitoradas as variações térmicas da superfície quente e da superfície fria do módulo, permitindo a obtenção de curvas características de aquecimento e resfriamento. A partir desses dados, foram determinadas as constantes de tempo de subida e descida, fundamentais para compreender a dinâmica de resposta térmica do sistema. Os experimentos foram conduzidos com sensores LM35, um para cada face do módulo, e a aquisição dos dados foi realizada com uma interface digital e analógica, permitindo a análise detalhada das respostas térmicas sob diferentes condições de operação.

## **2. Descrição Sobre o Sensor Utilizado**

O sensor utilizado no experimento foi o LM35, um sensor de temperatura de precisão com saída linear em tensão, diretamente proporcional à temperatura em graus Celsius. Ele se destaca por sua fácil integração com circuitos eletrônicos, pois não requer calibração externa e apresenta baixa impedância de saída, permitindo conexão direta a conversores analógico-digitais. O LM35 opera em uma faixa de temperatura ampla, variando de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , com uma sensibilidade de  $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ , proporcionando medições estáveis e precisas. No experimento, dois sensores LM35 foram empregados para monitorar as temperaturas da face quente e da face fria do módulo de Peltier, possibilitando a obtenção das curvas de aquecimento e resfriamento e o cálculo das constantes de tempo do sistema.

## **3. Aplicações com o Sensor**

O sensor LM35 é amplamente utilizado em sistemas de monitoramento ambiental, onde a medição precisa da temperatura é essencial para o controle de climatização e segurança. Em aplicações industriais e domésticas, ele é empregado em termostatos inteligentes, estufas e sistemas de ventilação, garantindo o ajuste automático da temperatura conforme as condições do ambiente. Além disso, seu uso é comum em equipamentos agrícolas, como estufas controladas eletronicamente, onde a temperatura precisa ser monitorada e ajustada para otimizar o crescimento das plantas e a produtividade das colheitas.

Outra aplicação importante do LM35 está na área médica, especialmente em dispositivos de monitoramento de temperatura corporal. Ele pode ser integrado a termômetros digitais e sistemas de controle térmico em incubadoras neonatais, onde a precisão é fundamental para garantir condições ideais para recém-nascidos.

#### 4. Descrição do Experimento

O experimento teve como objetivo analisar o comportamento térmico de um módulo de Peltier, um dispositivo que gera um gradiente de temperatura quando submetido a uma diferença de potencial. Para isso, foram realizados testes de aquecimento e resfriamento, utilizando sensores LM35 para medir a temperatura nas duas faces do módulo. O sistema foi controlado por meio de uma interface digital e analógica, registrando as variações térmicas ao longo do tempo. Os dados obtidos permitiram traçar curvas características de temperatura e determinar as constantes de tempo de subida e descida do módulo, fundamentais para compreender sua dinâmica térmica. Além disso, foram avaliados os tempos necessários para atingir 63% da variação total de temperatura, possibilitando uma análise mais detalhada da resposta térmica do sistema.

#### 5. Resultados Obtidos

Para calcular os resultados obtidos, foi utilizado um código Python para fazer as análises, a seguir, será ilustrado em código os passos seguidos.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 # Carregar os dados dos arquivos de aquecimento e resfriamento
5 arquivo_aquecimento = "Dados/Aquecimento.txt"
6 arquivo_resfriamento = "Dados/Resfriamento.txt"
7
8 # Carregar os valores de temperatura registrados ao longo do tempo
9 dados_aquecimento = np.loadtxt(arquivo_aquecimento)
10 dados_resfriamento = np.loadtxt(arquivo_resfriamento)
11
12 # Definição dos valores experimentais extraídos do relatório
13 TS1 = 23.2031 # Temperatura inicial
14 TS2 = 24.7411 # Temperatura final de estabilização
15
16 TMFQ = 32.9563 # Temperatura máxima face quente
17 TMFF = 18.168 # Temperatura mínima face fria
18
19 TFQD = 32.6196 # Temperatura final de resfriamento face quente
20 TFFD = 18.9024 # Temperatura final de resfriamento face fria
21
22 # Tempos de ativação e desativação do Peltier
23 tempo_liga = 15.1 # s
24 tempo_desliga = 90.8 # s
```

Figura 1 - Resolutividade do problema (1/3).

```

1  # Cálculo das temperaturas correspondentes a 63% da variação
2  T63FQA = 0.63 * (TMFQ - TS1) + TS1
3  T63FFA = 0.63 * (TMFF - TS1) + TS1
4  T63FQD = TFQD - 0.63 * (TFQD - TS2)
5  T63FFD = TFFD + 0.63 * (TS2 - TFFD)
6
7  print(f"Temperatura correspondente a 63% da variação face quente (acionamento): {T63FQA:.5f} °C")
8  print(f"Temperatura correspondente a 63% da variação face fria (acionamento): {T63FFA:.5f} °C")
9  print(f"Temperatura correspondente a 63% da variação face quente (resfriamento): {T63FQD:.5f} °C")
10 print(f"Temperatura correspondente a 63% da variação face fria (resfriamento): {T63FFD:.5f} °C")
11 print('---\n')
12
13 # Criar vetor de tempo com base na taxa de amostragem (100 ms = 0.1 s)
14 tempo_aquecimento = np.arange(0, len(dados_aquecimento) * 0.1, 0.1)
15 tempo_resfriamento = np.arange(0, len(dados_resfriamento) * 0.1, 0.1)
16
17 # Encontrar os tempos correspondentes às temperaturas de 63%
18 tempo_T63FQA = tempo_aquecimento[np.where(np.abs(dados_aquecimento - T63FQA) < 0.1)[0][0]]
19 tempo_T63FFA = tempo_resfriamento[np.where(np.abs(dados_resfriamento - T63FFA) < 0.5)[0][0]]
20 tempo_T63FQD = tempo_aquecimento[np.where(np.abs(dados_aquecimento - T63FQD) < 0.1)[0][-1]]
21 tempo_T63FFD = tempo_resfriamento[np.where(np.abs(dados_resfriamento - T63FFD) < 0.1)[0][-1]]
22
23 print(f"Tempo correspondente a T63FQA: {tempo_T63FQA:.2f} s")
24 print(f"Tempo correspondente a T63FFA: {tempo_T63FFA:.2f} s")
25 print(f"Tempo correspondente a T63FQD: {tempo_T63FQD:.2f} s")
26 print(f"Tempo correspondente a T63FFD: {tempo_T63FFD:.2f} s")
27 print('---\n')
28
29 # Calcular os tempos de resposta
30 tempo_T63FQA_resposta = tempo_T63FQA - tempo_liga
31 tempo_T63FFA_resposta = tempo_T63FFA - tempo_liga
32 tempo_T63FQD_resposta = tempo_T63FQD - tempo_desliga
33 tempo_T63FFD_resposta = tempo_T63FFD - tempo_desliga
34
35 print(f"Tempo de resposta face quente (acionamento): {tempo_T63FQA_resposta:.2f} s")
36 print(f"Tempo de resposta face fria (acionamento): {tempo_T63FFA_resposta:.2f} s")
37 print(f"Tempo de resposta face quente (resfriamento): {tempo_T63FQD_resposta:.2f} s")
38 print(f"Tempo de resposta face fria (resfriamento): {tempo_T63FFD_resposta:.2f} s")
39 print('---\n')

```

Figura 2 - Resolutividade do problema (2/3).

```

1  # Plotar os dados de aquecimento
2  plt.figure(figsize=(10, 5))
3  plt.plot(tempo_aquecimento, dados_aquecimento, label='Aquecimento')
4  plt.plot(tempo_resfriamento, dados_resfriamento, label='Resfriamento')
5  plt.scatter(tempo_T63FQA, T63FQA, color='r', label=f'T63FQA: {tempo_T63FQA:.2f} s', zorder=5)
6  plt.scatter(tempo_T63FFA, T63FFA, color='g', label=f'T63FFA: {tempo_T63FFA:.2f} s', zorder=5)
7  plt.scatter(tempo_T63FQD, T63FQD, color='b', label=f'T63FQD: {tempo_T63FQD:.2f} s', zorder=5)
8  plt.scatter(tempo_T63FFD, T63FFD, color='y', label=f'T63FFD: {tempo_T63FFD:.2f} s', zorder=5)
9  plt.xlabel('Tempo (s)')
10 plt.ylabel('Temperatura (°C)')
11 plt.title('Curvas de Aquecimento e Resfriamento')
12 plt.legend()
13 plt.grid(True)
14 plt.show()

```

Figura 3 - Resolutividade do problema (3/3).

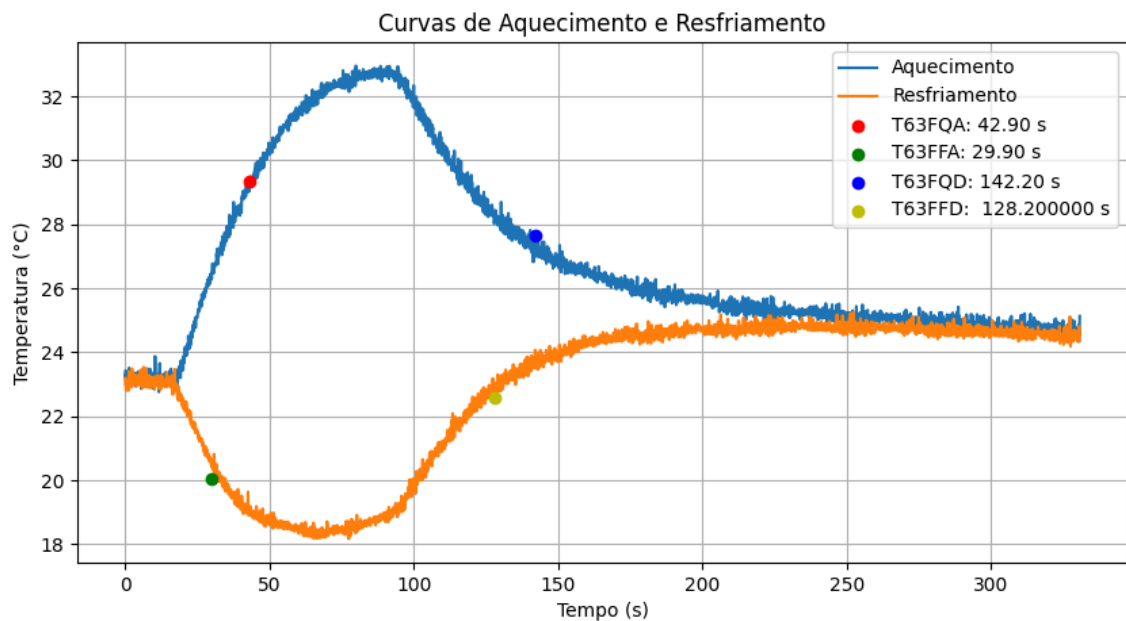


Figura 4 - Curvas obtidas.

Temperatura correspondente a 63% da variação face quente (acionamento): 29.34762 °C

Temperatura correspondente a 63% da variação face fria (acionamento): 20.03099 °C

Temperatura correspondente a 63% da variação face quente (resfriamento): 27.65614 °C

Temperatura correspondente a 63% da variação face fria (resfriamento): 22.58078 °C

---

Tempo correspondente a T63FQA: 42.90 s

Tempo correspondente a T63FFA: 29.90 s

Tempo correspondente a T63FQD: 142.20 s

Tempo correspondente a T63FFD: 128.20 s

---

Tempo de resposta face quente (acionamento): 27.80 s

Tempo de resposta face fria (acionamento): 14.80 s

Tempo de resposta face quente (resfriamento): 51.40 s

Tempo de resposta face fria (resfriamento): 37.40 s

---

## 6. Questões Propostas

Porque as constantes de tempo de subida são menores que as constantes de tempo de descida? (lembrando que para a curva de resfriamento a constante de tempo de subida é baseada no degrau de resfriamento, ou seja, a subida nada mais é que o decaimento da temperatura abaixo da temperatura inicial).

Durante o aquecimento, a face quente do módulo recebe energia térmica de forma ativa devido à passagem de corrente elétrica, gerando um aumento rápido na temperatura. Esse processo é impulsionado pelo efeito Peltier, que transfere calor de um lado para o outro do módulo, favorecendo um aquecimento mais acelerado. Como resultado, o tempo necessário para atingir 63% da variação total da temperatura (constante de tempo de subida) é relativamente curto.

Já no resfriamento, o sistema depende principalmente da dissipação passiva do calor para o ambiente, um processo geralmente menos eficiente do que o fornecimento ativo de calor. Além disso, a remoção de calor pode ser limitada pela resistência térmica do sistema e pela capacidade do dissipador de calor ou do meio circundante de absorver a energia térmica. Isso faz com que a temperatura decaia de forma mais lenta, resultando em constantes de tempo de descida maiores do que as de subida.

Qual o modo mais simples de obter constantes de tempo de subida e descida iguais para ambas as faces?

O modo mais simples de obter constantes de tempo de subida e descida iguais para ambas as faces do módulo de Peltier é melhorar o equilíbrio térmico do sistema, garantindo que os mecanismos de aquecimento e resfriamento operem com eficiências semelhantes.

## 7. Conclusão

Com base nos resultados obtidos, foi possível analisar o comportamento térmico do módulo de Peltier e determinar suas constantes de tempo de subida e descida para os processos de aquecimento e resfriamento. A partir das medições realizadas com sensores LM35, observou-se que o sistema apresenta uma resposta térmica previsível, permitindo estimar a dinâmica de variação da temperatura em cada face do módulo. Essas informações são fundamentais para aplicações em controle térmico, onde a precisão no gerenciamento da temperatura é essencial. Além disso, a comparação entre os tempos de subida e descida possibilitou avaliar a eficiência do módulo e compreender melhor os fatores que influenciam sua dissipação de calor.

[Códigos de Referência \[GitHub\]](#)