

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia Elétrica

Medição da temperatura da pastilha de freio

Docente: Prof. Edson Gesualdo

Grupo 7

Daniel Peruchi Negris - 8956971

Fábio Augusto Gonçalves Faccini - 8007008

Rodolfo Coelho Dalapicola - 8006838

Rodrigo Gomes de Jesus - 8006817

Sumário

Definição do problema	2
Escolha no projeto	3
Metodologia	5
Resultados	7
Montagem e dimensões físicas	9

● Definição do problema

Atualmente, o modelo de mensuração da temperatura da pastilha do freio é feito através de uma câmera térmica. Após o final da frenagem, quando o carro já está parado uma foto é tirada e quantizada de acordo com sua cor (figura 1). Também é feita uma simulação da temperatura na pastilha de freio(figura 2), para ser possível ter uma base de comparação.

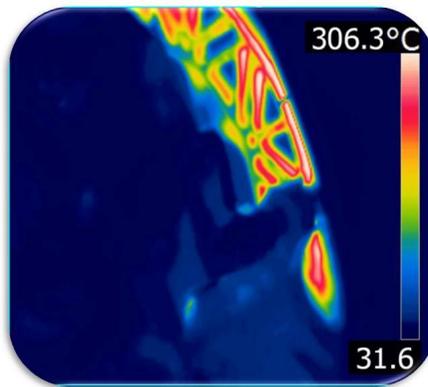


Figura 1: imagem da câmera térmica

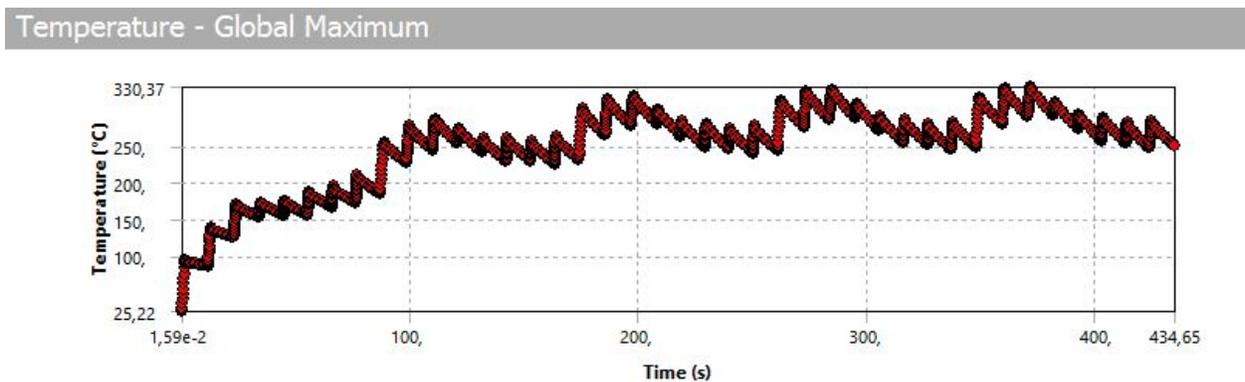


Figura 2: resultado da simulação da temperatura na pastilha de freio

A câmera capta a temperatura no disco, ou seja, não é uma medição direta da pastilha, e essa temperatura varia da simulação em cerca de 30 °C. Sendo assim, detectou-se a necessidade de um método de medição mais direto e confiável.

● Escolha no projeto

Para o projeto, foi escolhido o uso de um sensor denominado termopar, para este caso foi escolhido o tipo K. Ele é capaz de fornecer uma tensão a partir de uma diferença de temperatura. No entanto, essa tensão é da ordem de mV e precisa ser tratada para fornecer um valor em °C.

Para isso, escolhemos utilizar um chip(MAX 6675 - Figura 3 e 4) que faz o tratamento do sinal e fornece uma saída em bits, pronta para ser transmitida.

Para a fixação do termopar no freio, será feita uma perfuração lateral na pastilha e um preenchimento com resina, de modo que a ponta do termopar não se desloque e que também haja a devida transferência de calor.

O termopar possui um fio blindado, essencial para a transmissão nesse de um sinal analógico e de baixa tensão.

O CI será envolvido por uma caixa plástica, que por sua vez, estará fixada por parafusos no chassi do carro.

Os dados do CI serão enviados digital e serialmente, fazendo com que o ruído externo não se torne um grande problema para a validade dos dados.



Figura 3 - Chip MAX 6675

19-2235; Rev 1; 3/02

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

MAX6675

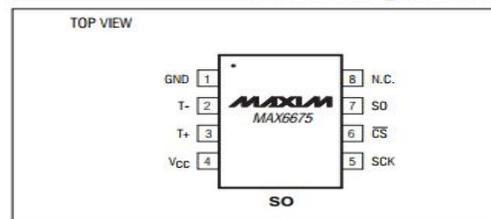
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

- Industrial
- Appliances
- HVAC
- Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Figura 4 - Datasheet MAX 6675

● Metodologia

Inicialmente quis-se verificar a resposta do CI MAX 6675. Para isso, realizou-se um teste medindo a temperatura de água em uma cuba, que era esquentada por uma resistência. O CI possui uma saída serial, então pegou-se emprestado um arduíno na Sa-Sel para realizar a leitura dos dados. Pegou-se a cuba e a resistência no prédio de laboratórios da SEL, levando todos os equipamentos para o laboratório onde os experimentos seriam conduzidos.

Pegou-se dois termopares tipo K idênticos, presentes no laboratório. Um termopar foi acoplado a um termômetro digital, e o outro foi acoplado ao CI (para isso foi necessário tirar o conector do termopar, deixando os fios expostos). Encheu-se a cuba de água, e prendeu-se o fio, próximo a ponta, dos termopares, para diminuir os erros relativos a condução térmica da água. O CI foi alimentado, e sua saída foi ligado a um arduíno, que estava conectado a um computador.

Achou-se uma biblioteca oficial própria para o MAX 6675, com funções para tratar o sinal recebido, transformando-os numa saída em graus Celsius ou Fahrenheit. Foi gravado no Arduíno um código simples, a fim de ler a temperatura a cada 0,5s e exibir na tela:

```
#include "max6675.h"

int ktcSO = 8;
int ktcCS = 9;
int ktcCLK = 10;
//portas do Arduino para os barramentos SPI
MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktcSO); // função da biblioteca max6675.h que
//processa a diferença de tensão no termopar

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // inicialização do CI
  delay(500);
}
```

```
void loop() {  
  // leitura do termopar com frequência escolhida de 2Hz  
  
  Serial.print("Deg C = ") ;  
  Serial.print(ktc.readCelsius());  
  delay(500);  
}
```

Concluídas as preparações para a medição de temperatura, ligamos a resistência dentro da cuba à saída de um variac, conectado à uma tomada de 220V. O variac foi útil para que a temperatura da água não variasse tão rapidamente, eliminando problemas devido ao tempo de resposta dos termopares.

Utilizando um multímetro, um termômetro digital, e o computador, mediu-se a temperatura dos dois termopares, e a resistência do termoresistor presente na resistência dentro da cuba.

Concluída a validade das medidas do MAX 6675, fez-se novamente o mesmo processo, mas dessa vez com um termopar tipo K do laboratório conectado ao termômetro digital, e o termopar comprado conectado ao Arduíno. Mediu-se ambas as temperaturas, anotando ambas, e o erro presente na temperatura detectada pelo termopar comprado, em comparação com o termopar presente no laboratório.

● Resultados

As temperaturas medidas pelo termopar blindado apresentaram alta discrepância comparado ao termopar de laboratório. Foi então feita outra medida utilizando dois termopares de bancada, porém as medições foram praticamente iguais. Concluiu-se então que o termopar blindado estava danificado ou não era do tipo K necessário para a funcionalidade do circuito.

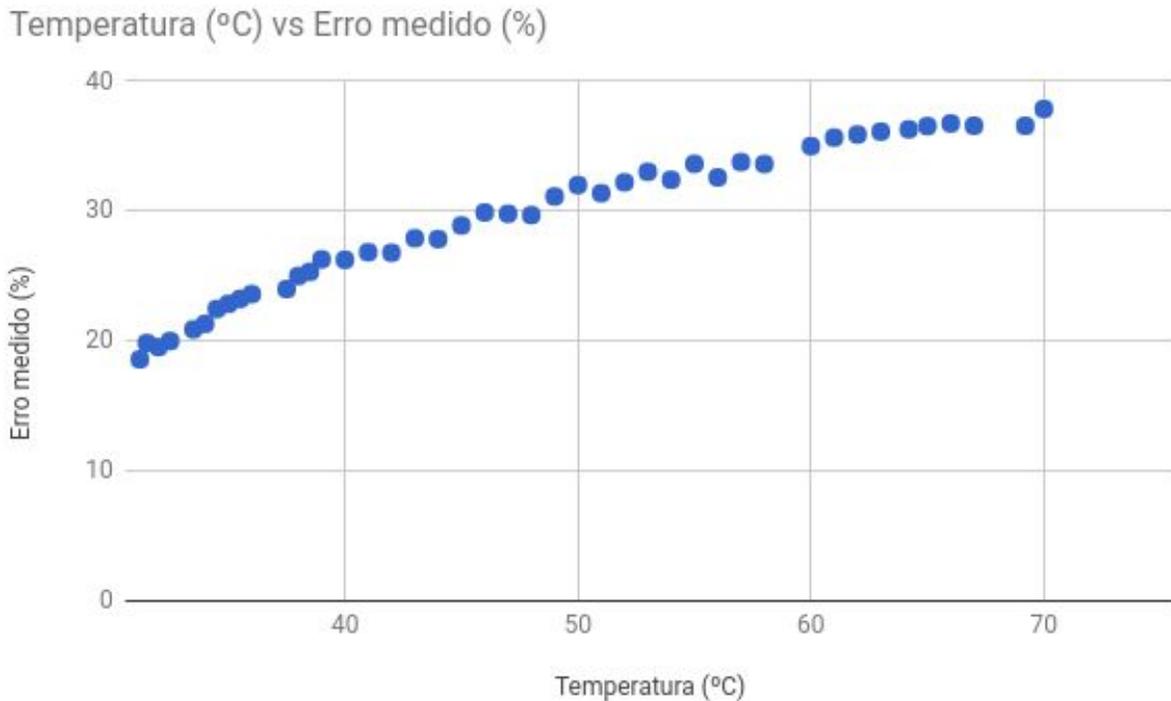


Figura 5: gráfico da temperatura do termopar do laboratório vs erro medido no termopar comprado

Além disso foi examinada a curva do termistor presente na resistência, a qual mostrou comportamento semelhante à de outros termistores padrões, mostrando que não houveram anomalias no aquecimento da água. (poe curva do termistor).

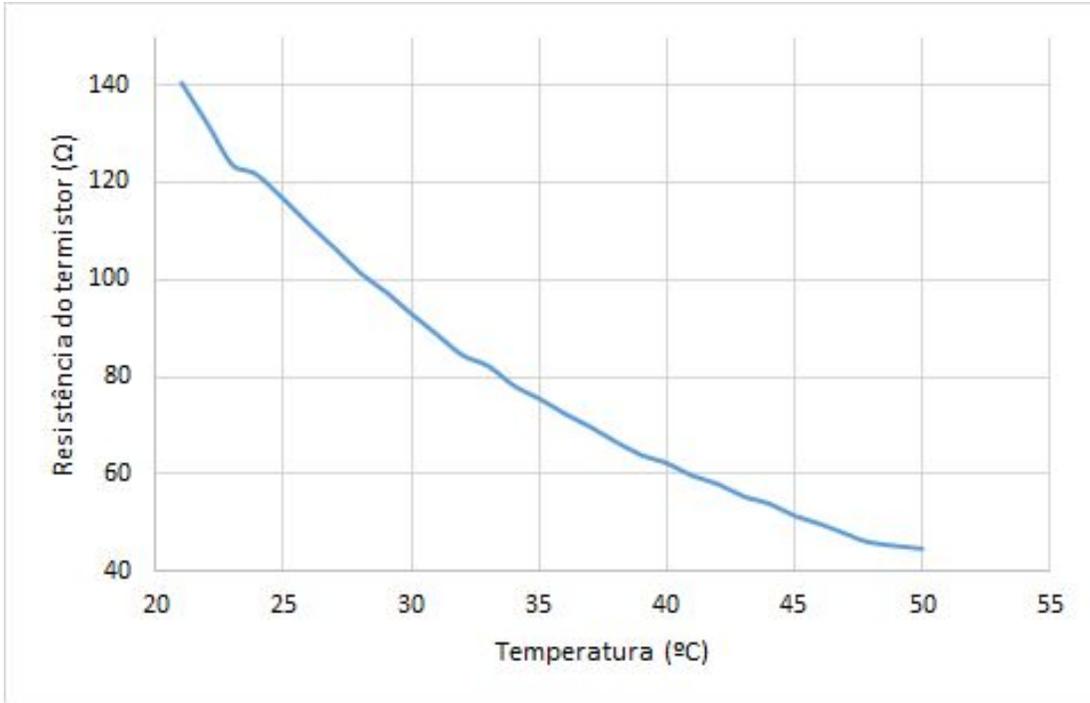


Figura 6: curva da temperatura medida pelo termopar do laboratório vs a resistência do termistor

● Montagem e dimensões físicas

Devido aos problemas ocorridos nas medições com o termopar blindado, utilizaremos o termopar de laboratório para a medição. Será feito um pequeno furo na lateral da pastilha para encaixar a sonda. A mesma será presa por uma resina que suporte altas temperaturas. O cabo do termopar deve ser preso no link da suspensão do carro, envolvido por conduíte e preso com tie-wraps, a fim de permitir o mínimo movimento possível. O MAX6675 será colocado numa caixa plástica que será presa no chassi do carro, para protegê-lo de vibrações.