

# REGULAÇÃO DA VELOCIDADE DE UM MOTOR DC PELA TEMPERATURA, COM O AUXÍLIO DE UM TERMOPAR DO TIPO K

Francisco de Brito Vasconcelos - 1150947

Jorge Afonso Barandas Queirós - 1151410



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2018

# ÍNDICE

Termopar.....	3
O nosso Projeto (dimensionamento e simulação) .....	4,5,6,7
Referências.....	8

# INTRODUÇÃO

Os termopares são sensores termoeletrônicos ativos (não precisam de ser alimentados para obterem uma queda e tensão nos seus terminais) constituídos pela junção de dois materiais metálicos diferentes, cujo princípio de funcionamento se baseia no efeito de Seebeck. A junção dos dois materiais cria uma tensão proporcional à diferença de temperatura entre os terminais e a junção. Existem diferentes tipos de termopares que possuem diferentes tipos de curva (diferença de potencial vs temperatura).

Os termopares tipo K são formados por um fio de Cromel como elemento positivo, e Alumel, como elemento negativo. Da mesma maneira que o termopar tipo E, estes não devem ser utilizados em atmosferas redutoras (com pouco oxigênio) e além disso recomenda-se que não sejam utilizados em atmosferas sulfurosas (a menos que seja utilizada a devida proteção) uma vez que estas contêm gases como  $\text{SO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$ . Estes termopares podem estar presentes em situações cuja temperatura pode chegar até  $1250^\circ\text{C}$  e possuem elevada resistência à oxidação tornando-se os mais comuns em situações onde a temperatura é superior a  $540^\circ\text{C}$ .

O termopar tipo K é um termopar de uso genérico. Tem um baixo custo e, devido à sua popularidade estão disponíveis variadas sondas. Cobrem temperaturas entre os  $-200$  e os  $1200^\circ\text{C}$ , tendo uma sensibilidade de aproximadamente  $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  [1].

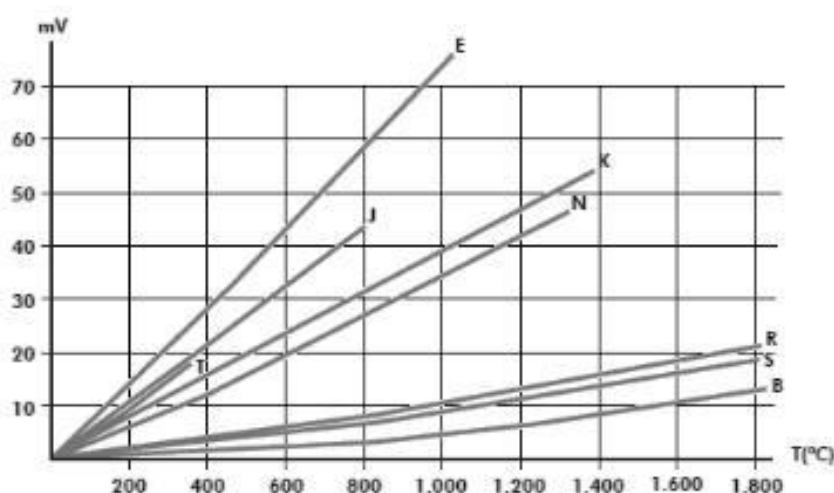


Figura 1- Curva característica dos diversos tipos de termopares no mercado.



Figura 3 - Termopar tipo K.

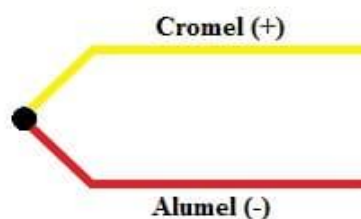


Figura 2 - Código de cores do termopar tipo K

# O NOSSO PROJETO

O nosso projeto vai consistir em regular a temperatura de um compartimento, e para isso iremos utilizar o termopar juntamente com uma ventoinha, que acoplada com um motor DC, irá variar a sua velocidade (controlada por um microprocessador), para que a temperatura seja constante.

O circuito que vamos usar para condicionar o sinal segue a estrutura da figura 4, e por definição, vamos assumir que o termopar irá variar entre os 0°C e os 200°C.

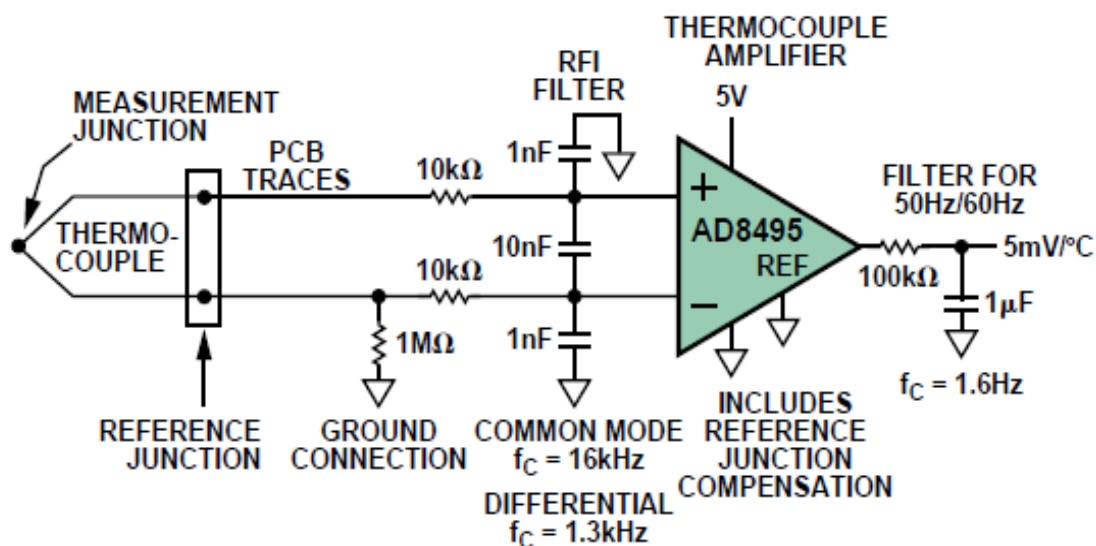
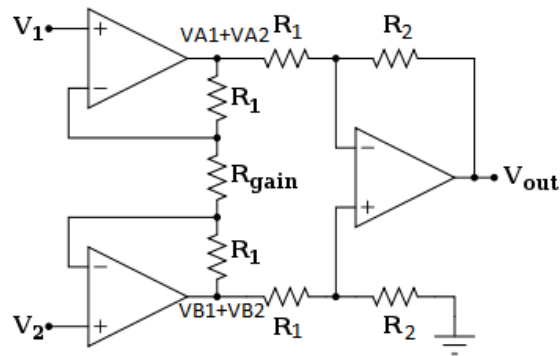


Figura 4 – Circuito de condicionamento de sinal

Como o principal objetivo da disciplina é condicionar o sinal adquirido pelo sensor, fomos aconselhado/dito para não usar o AD8495, porque este por si mesmo já faz a compensação e amplificação do sinal do termopar, e assim seria um trabalho muito menos interessante e didático. Portanto, dimensionamos um amplificador instrumental, que é composto por 2 amplificadores operacionais não inversores e por um subtrator(TL082).

Os cálculos do dimensionamento do nosso amplificador instrumental estão presentes na figura 5:



• Anulando  $v_2$

Montagem não invasora A + Montagem invasora B

$$\frac{v_{A1}}{v_1} = 1 + \frac{R_1}{R_G}$$

$$\frac{v_{B1}}{v_1} = -\frac{R_1}{R_G}$$

• Anulando  $v_1$

Montagem não invasora B + Montagem invasora A

$$\frac{v_{B2}}{v_2} = 1 + \frac{R_1}{R_G}$$

$$\frac{v_{A2}}{v_2} = -\frac{R_1}{R_G}$$

$$\begin{aligned} v_o &= \frac{R_2}{R_1} \left[ (v_{B1} + v_{B2}) - (v_{A1} + v_{A2}) \right] \\ &= \frac{R_2}{R_1} \left[ \left( -\frac{R_1}{R_G} v_1 + \left( 1 + \frac{R_1}{R_G} \right) v_2 \right) - \left( \left( 1 + \frac{R_1}{R_G} \right) v_1 - \frac{R_1}{R_G} v_2 \right) \right] \\ &= \frac{R_2}{R_1} \left( -\frac{R_1 v_1}{R_G} + \left( 1 + \frac{R_1}{R_G} \right) v_2 - \left( 1 + \frac{R_1}{R_G} \right) v_1 + \frac{R_1 v_2}{R_G} \right) \\ &= \frac{R_2}{R_1} \left( -\frac{R_1 v_1}{R_G} + v_2 + \frac{R_1}{R_G} v_2 - v_1 - \frac{R_1 v_1}{R_G} + \frac{R_1 v_2}{R_G} \right) \\ &= \frac{R_2}{R_1} \left( -\frac{2R_1}{R_G} v_1 + v_2 - v_1 + \frac{2R_1}{R_G} v_2 \right) \\ &= \frac{R_2}{R_1} \left[ \left( -\frac{2R_1}{R_G} - 1 \right) v_1 + \left( 1 + \frac{2R_1}{R_G} \right) v_2 \right] \\ &= \frac{R_2}{R_1} \left( \frac{2R_1}{R_G} + 1 \right) (v_2 - v_1) \end{aligned}$$



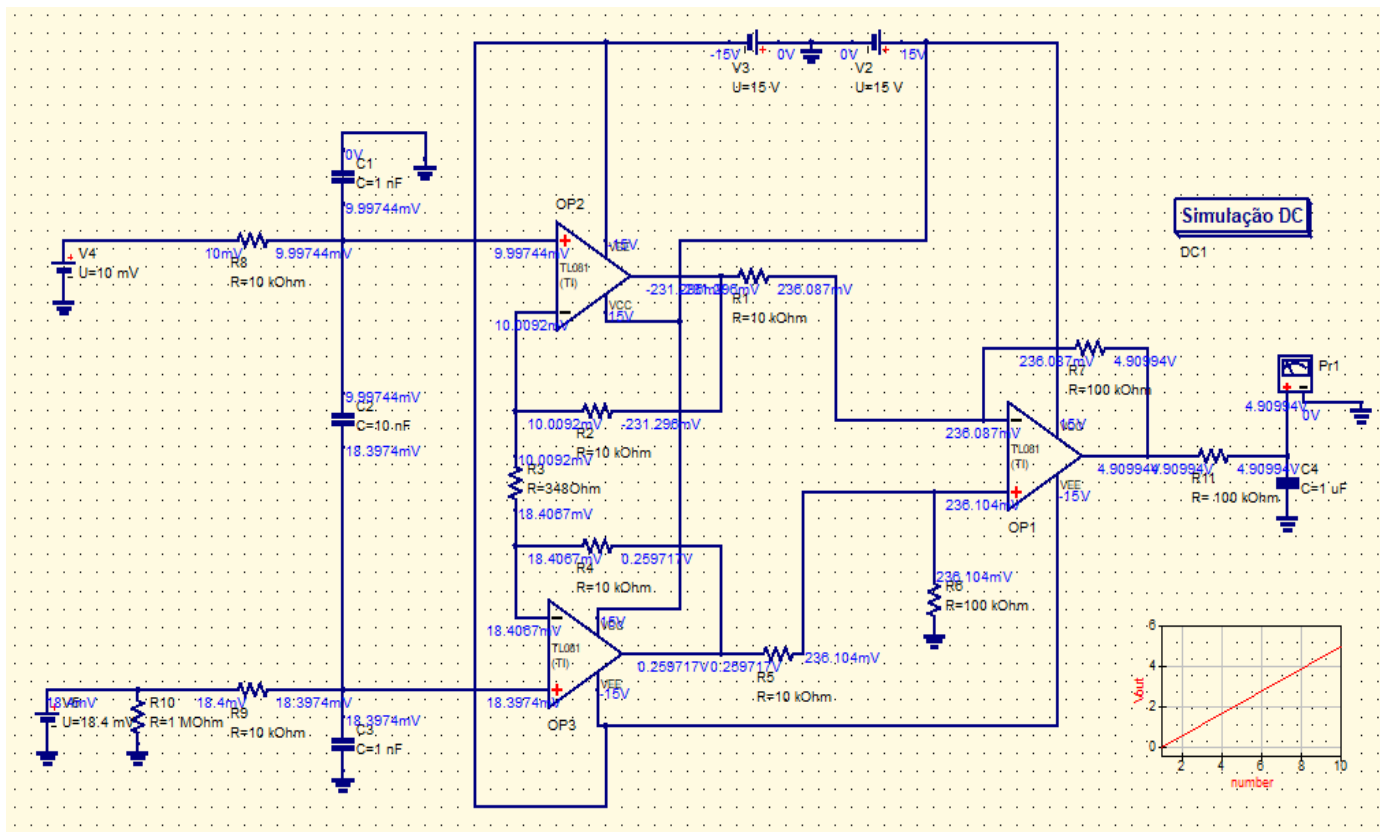


Figura 6 - Circuito no QUCS

Para tal, antes de começar a montar o circuito numa *breadboard*, procedeu-se à simulação prévia no QUCS do nosso circuito de condicionamento de sinal, tendo este ficado da seguinte maneira, tal como demonstra a figura 6.

Dados estes valores, é correto dizer-se que a montagem foi bem-sucedida, porque para valores de entrada entre 0mV (0°C) e 8,4 mV (200° C), na saída foi gerada uma tensão entre 0 e 5 V, que era o que se pretendia, pois desta maneira a tensão pode ser interpretada num processador (ARM no nosso caso).

# REFERÊNCIAS

[1]:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Termopar>;

<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-termopar/>;

[www.ecil.com.br/tabela/tabela-correlacao-k.pdf](http://www.ecil.com.br/tabela/tabela-correlacao-k.pdf);

[2]:

<http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/measuring-temp-using-thermocouples.html>;