Vitor Amadeu Souza

Projetos com

ARM

programado em C no

CubeIDE

Com base no modelo STM32F103C8
Parte XXVIII

© 2020 by Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.

© 2020 by Vitor Amadeu Souza

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem autorização prévia e escrita de **Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.** Este livro publica nomes comerciais e marcas registradas de produtos pertencentes a diversas companhias. O editor utiliza as marcas somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários das marcas, sem nenhuma intenção de atingir seus direitos.

Setembro de 2020

Direitos reservados por:
Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda
Produção: Cerne Tecnologia e Treinamento
E-mail da Empresa: cerne@cerne-tec.com.br
Home Page: www.cerne-tec.com.br.com.br
Atendimento ao Consumidor: sac@cerne-tec.com.br
Contato com o Autor: vitor@cerne-tec.com.br



FEITO NO BRASIL

Dedicatória

Como nos meus outros livros, dedico este livro a minha querida esposa Renata Leal.

"Vencer dificuldades é experimentar o encanto total da existência."

Arthur Schopenhauer

Cerne Tecnologia

A Cerne Tecnologia tem uma equipe preparada para desenvolvimento de projetos eletrônicos em diversas áreas: Médica, Entretenimento, Industrial, Robótica, Científica, Automobilística, Aeronáutica, etc. Trabalhamos com tecnologia microcontrolada usando o PIC, ARM, AVR, 8051, dsPIC, PIC24, PIC32 além do Arduino, Raspberry, Beaglebone etc. Desenvolvemos o projeto desde sua concepção até a entrega do produto final, passando pelas etapas de esquema elétrico, protótipo e desenvolvimento de circuito impresso.

Desenvolvemos aplicativos para smartphones/tablets Android, iOS, Blackberry, Windows Phone e no desenvolvimento de softwares a nível PC para plataforma Windows, usando ferramentas como o Visual Basic, C# e C++.

Atuamos na parte de montagem de placas, onde podemos fornecer ambos os serviços de desenvolvimento de projetos e produção ou apenas um destes.

Desenvolvemos esquemas elétricos e layout de PCI, tanto em tecnologia convencional como SMD.

Temos a flexibilidade de customizar um de nossos produtos, de modo a atender a uma necessidade específica do cliente, tornando o custo de desenvolvimento menor se comparado a construção de um projeto desde a sua fase inicial.

Desenvolvemos e fornecemos kits didáticos para diversos microcontroladores além de apostilas, livros e e-books.

Na hora de desenvolver um projeto ou equipar seu laboratório não hesite em nos contatar. Entre em contato conosco através do endereço cerne-tec.com.br para obter mais informações.



Sumário

I. Metodologia de desenvolvimento **6**

1. Introdução 6

II. Medição de temperatura com NTC **7**

1. Termistor 7
2. Esquema elétrico 10
3. Código fonte 12

Referências **18**

Capítulo I
Metodologia de desenvolvimento

1. Introdução

Esta literatura é uma continuação da obra *Programando o ARM em C no CubeIDE - Com base no modelo STM32F103C8* (2020) do mesmo autor e editora, onde outros exemplos são explorados de modo que o leitor possa ampliar seu embasamento teórico e prático para desenvolver mais aplicações nesta ferramenta. É importante que o leitor tenha ciência dos assuntos abordados na obra citada, para que haja um melhor aproveitamento do conteúdo a ser apresentado.

A placa didática utilizada é a STM32F103C8T6 *Blue Pill* além de um gravador modelo ST-LINK v2, onde os recursos para testar os circuitos propostos são conectados através das conexões disponíveis na lateral do kit. Tal kit e gravador estão à venda no site www.cerne-tec.com.br.

Capítulo II

Medição de temperatura com NTC

1. Termistor

Os termistores são resistores que variam sua resistência de acordo com a temperatura. Temos o grupo NTC e PTC, onde o primeiro são os sensores que diminuem sua resistência conforme há o aumento da temperatura, por isso são identificados como NTC (Negative Temperature Coeficient ou Coeficiente Negativo de Temperatura). Para realizar a medição de temperatura, será utilizado um NTC 10K conforme apresentado na figura a seguir.

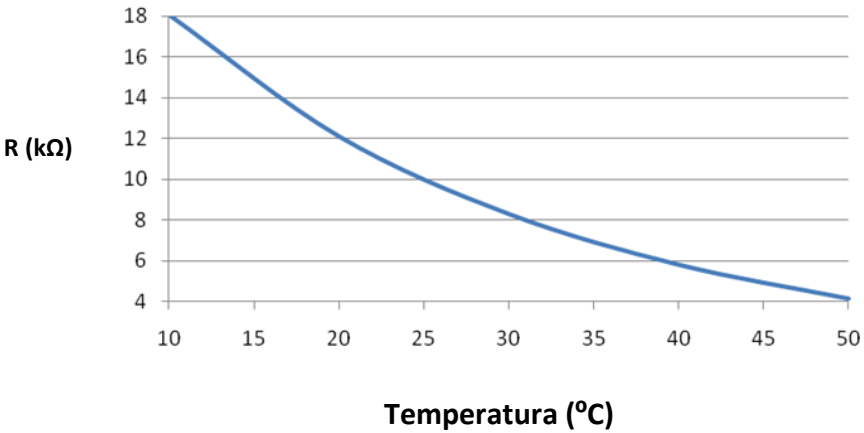


O modelo utilizado nesta literatura é o NTCLE100E103JB0 da Vishay, mas nada impede que outros modelos similares sejam utilizados. A resistência típica deste sensor a 25ºC é de 10kΩ, por isso este sensor é identificado como NTC 10K. Sua precisão pode variar em

uma faixa de 2% a 5% dependendo do modelo. De toda a forma, esta série de sensores está disponível em uma ampla faixa de resistência, que vai de 3,3kΩ a 470 kΩ. Como exemplo, um NTC 220K é aquele que apresenta uma resistência de 220 kΩ a 25ºC.

Estes sensores são capazes de medir temperaturas que variam de -40ºC a 125ºC e possuem um tempo de resposta médio de 1,2 s. As aplicações dos NTCs são diversas, podendo ser encontrados em medição de temperatura para controle industrial, de processos e eletrônica embarcada em geral sendo o baixo custo um dos seus principais atrativos. O gráfico a seguir apresenta a resposta típica deste sensor conforme há o aumento de temperatura. Note que a resistência diminui com este aumento.

Resposta típica de um NTC 10K de 0 a 50^{o}C



Observe que a resposta do sensor não é linear e para linearizarmos deve-se recorrer a equação de Steinhart & Hart, que está definida a seguir.

$$T(K) = \frac{1}{a + b.\ln(RNTC) + c.\ln(RNTC).\ln(RNTC).\ln(RNTC)}$$

Esta função possui 3 coeficientes identificados como *a*, *b* e *c*. Estes valores vem definidos no datasheet do componente e são importantes para que seja feita a correta linearização da temperatura. Neste exemplo, os valores destas constantes serão os definidos na tabela a seguir.

Constante	Valor
a	0.00113030000
b	0.00023390000
c	0.00000008863

Observe que a saída da função é em Kelvin (K) e para achar a temperatura em Celsius (ºC) deve-se subtrair 273 do valor em Kelvin. Outro valor de entrada para a função é o RNTC, que é referente à resistência do NTC que varia de acordo com a temperatura medida do

NTC. Este valor será proveniente do conversor analógico para digital do ARM e será encontrado da seguinte forma.

$$RNTC = \frac{4095.R1}{ADC} - R1$$

O valor de *R1* é a resistência em série com o NTC que vale 10 kΩ ou 10.000 Ω de acordo com o esquema elétrico. O valor *4095* é referente à resolução do conversor ADC que é de 12 bits (2^{12}). Ou seja, após a leitura da entrada analógica, deve-se executar o cálculo matemático acima de forma a obter o valor de RNTC e em seguida fazer a linearização através da equação Steinhart & Hart e apresentar a temperatura em Celsius (ºC) no display.

2. Esquema elétrico

O esquema elétrico para este exemplo está apresentado a seguir, onde observa-se o display LCD que mostra a temperatura medida e o sensor conectado a entrada analógica 1 do ARM.