Vitor Amadeu Souza

Implementando uma

DFT

no

STM32

Programado em Arduino

©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.

Outubro 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

“Há mais mistérios entre o Céu e a Terra do que supõe a nossa vã filosofia.”

William Shakespeare

Kits Didáticos e Gravadores da Cerne Tecnologia

A Cerne tecnologia têm uma linha completa de aprendizado para os microcontroladores da família PIC, 8051, Holtek, dsPIC, ARM e etc. Veja os detalhes de cada um nas figuras abaixo:



Kit Cerne Arduino

- Microcontrolador ATMEGA8;
- Comunicação serial RS232;
- Alimentação de 12V;
- Pinos de I/O;
- Gravação ICSP.

Uma linha completa de componentes para o desenvolvimento de seus projetos eletrônicos como displays, PICs, botões, leds, cristais e etc.

Visite a nossa página na Internet, no endereço **www.cerne-tec.com.br** e conheça melhor nossos serviços e produtos.

Cerne
Conhecimento para o Desenvolvimento

www.cerne-tec.com.br

Sumário

Capítulo I: Metodologia de desenvolvimento 6
1. Introdução 6

Capítulo II: Conversor Analógico Digital.....7
1. Introdução 7
2. Esquema elétrico 11
3. Programando o Arduino 12

Capítulo III: DFT no Arduino.....14
1. Análise no tempo e frequência 14
2. Frequência de Nyquist 16
3. DFT - Transformada de Fourier Discreta 17
4. Análise de frequência 23
5. Esforço computacional 25
6. Hardware de testes..... 27
7. Esquema elétrico 29
8. Fluxograma simplificado 31
9. Código fonte 31

Capítulo IV: DFT no PC 34
1. Introdução 34
2. Esquema elétrico 35
3. Fluxograma do Arduino 35
4. Código fonte do Arduino 36
5. Fluxograma do PC 37
6. Código fonte em Delphi 38

Referências.....51

Capítulo I

Metodologia de desenvovimento

1. Introdução

Esta literatura é uma continuação da obra *Programando o ARM no Arduino – Com base no modelo STM32F103C8* (2019) do mesmo autor e editora, onde o objetivo é implementar uma DFT (*Discrete Fourier Transform* ou Transformada Discreta de Fourier) de modo a identificar qual a frequência fundamental que está sendo fornecida a entrada analógica da placa *Blue Pill* STM32F103C8 e mostrá-la através de um LCD.

O livro também contempla o envio para o PC de um buffer referente às amostras analógicas, para que este possa calcular a DFT e plotar em um gráfico a frequência fundamental e harmônicos nela presente. Todas as etapas de programação são apresentadas, tanto do Arduino quanto do Delphi para programar o PC.

A placa didática utilizada foi a *Blue Pill* STM32F103C8, onde tal kit está à venda no site www.cerne-tec.com.br.

Capítulo II

Conversor Analógico Digital

1. Introdução

O microcontrolador (MCU) utilizado no *Blue Pill* STM32F103C8 trabalha internamente com grandezas digitais enquanto que o mundo externo em si é analógico. Sendo assim, há internamente no MCU um dispositivo chamado conversor analógico digital (CAD), onde este tem a incumbência de converter uma grandeza analógica e permitir assim ao MCU ser capaz de trabalhar com esta informação externa.

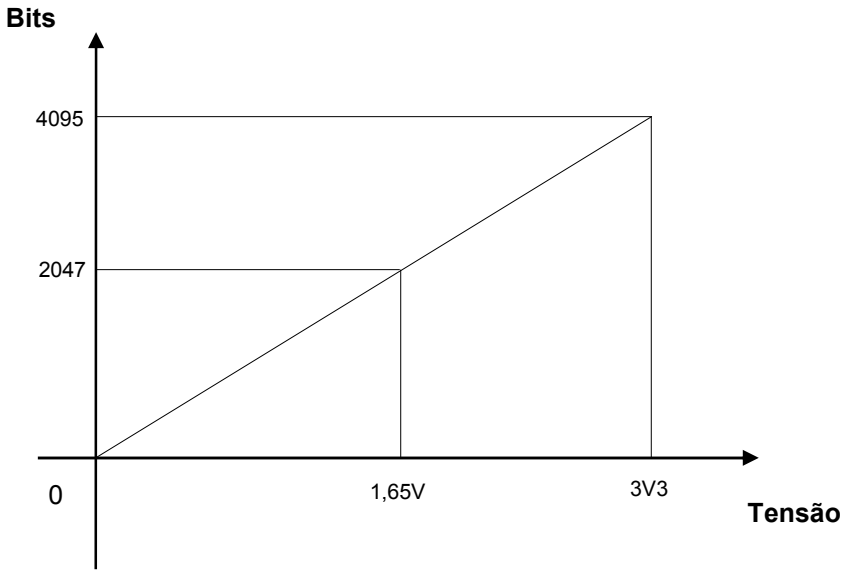
Na placa *Blue Pill* tais entradas são reconhecidas como ADC00 até ADC9 sendo que a mesma disponibiliza 10 entradas analógicas.

Tais entradas normalmente funcionam dentro da faixa de alimentação do MCU, indicando que se o processador está sendo alimentado em 3V3 conclui-se que tais entradas devem variar dentro desta faixa de alimentação.

O conversor ADC do MCU STM32 é de 12 bits, logo o mesmo fornece uma resolução de 4096 pontos, já que 2^{12} é igual a este valor.

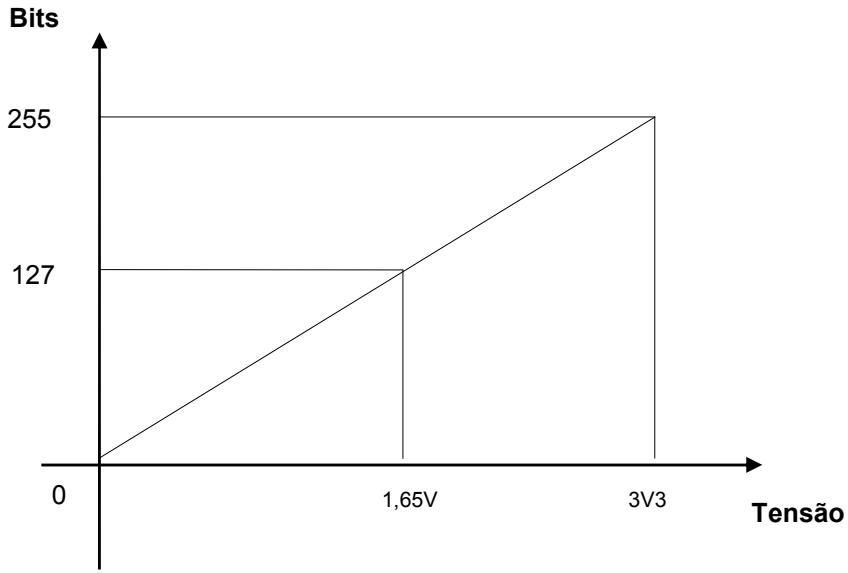
O sensor conectado a uma das entradas analógicas do MCU fornece um valor binário na faixa de 0 a 4095.

Sendo assim, podemos modelar o seguinte gráfico no qual converte a escala de tensão para os bits referentes à conversão AD:

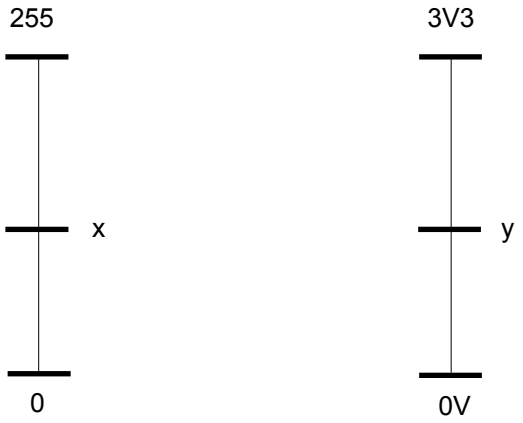


Observe que há um gráfico linear referente à tensão com o resultado do conversor ADC. Ou seja, se a entrada de tensão do processador for de 3V3 teremos como resultado ADC o valor 4095. Se for 1,65V o valor da conversão será de 2047 e assim linearmente.

Apesar do conversor ADC ser de 12 bits, não somos obrigados a usar este valor para a conversão. Em nossos exemplos, usaremos a conversão de 8 bits por ser o suficiente para aplicar a DFT e assim obter o valor da frequência fundamental. Sendo assim, o gráfico apresentado anteriormente ficaria da seguinte forma caso o conversor ADC seja de 8 bits:



A seguir uma tabela mostrando a relação tensão x conversão ADC usando neste caso 8 bits de conversão:



$$\frac{x-0}{255-0} = \frac{y-0}{3{,}3-0}$$

$$\frac{x}{255} = \frac{y}{3{,}3}$$

$$y = \frac{(3{,}3x)}{255}$$

Em que y é o resultado em volts e x o valor da conversão AD. Ou seja, após a leitura da entrada analógica, deve-se executar o cálculo matemático acima de forma a obter o valor da tensão e apresentá-lo no display.