

# Testes Aquisição de Dados

## Resultados - DMA ADC-16 Canais

Júlio César dos Santos \*

18 de agosto de 2016

### Resumo

Este texto descreve os resultados obtidos no teste de aquisição de dados utilizando a placa de desenvolvimento *Launchpad - TM4C* da *Texas Instruments*.

## 1 Introdução

A aquisição de sinais analógicos como corrente elétrica de fase e diferencial, representam uma parcela fundamental no desenvolvimento e na escolha da nova plataforma de *hardware* para o sistema Protegemed. A configuração atual realiza a aquisição de 6 canais analógicos, 3 destinados a análise da corrente diferencial e 3 destinados a corrente de fase fornecida ao equipamento eletromédico (EEM). O painel de gases e tomadas a ser monitorado possui no total 6 tomadas, necessitando assim de 12 canais analógicos. A solução adotada, para o sistema atual, é a utilização de duas placas de controle por painel, entretanto, isso requer a instalação de uma *switch* de rede para a comunicação dos controladores com a rede. Para a definição da nova plataforma a adição de mais canais analógicos é um item determinante. O disponibilidade de canais analógicos extras para futuras implementações. Diante disto, este trabalho aborda os resultados obtidos, na aquisição e no processamento, de 16 canais analógicos da *Launchpad TM4C*.

### 1.1 Escolha da Frequência de Amostragem

Para determinar qual a frequência de amostragem deve ser utilizada pode-se iniciar com o teorema de *Nyquist*, que afirma que a frequência de amostragem mínima deve ser duas vezes o valor da frequência do sinal que se deseja medir, ver Equação 1.

$$Fs = 2 \times F \quad (1)$$

Este teorema descreve o limite mínimo, entretanto, normalmente utiliza-se uma frequência de amostragem dez vezes maior que a frequência do sinal amostrado. No caso do Protegemed deseja-se medir até a 13<sup>o</sup> Harmônica da frequência fundamental da rede de alimentação. A frequência da rede é de 60Hz e o valor de sua 13<sup>o</sup> harmônica pode ser obtido através da Equação 2.

$$H_{[n]} = n \times F \Rightarrow H_{13} = 13 \times 60 = 780Hz \quad (2)$$

Portanto, uma frequência de amostragem dez vezes maior que 780Hz deve ser utilizada, ou seja, 7800Hz ou 7,8kHz. Com o valor da frequência de amostragem (FA), pode-se obter o numero de posições do vetor necessário para armazenar a leitura.

TODO: Confirmar a harmônica máxima que se deseja medir....

---

\*Universidade de Passo Fundo - PPGCA - 54943@upf.br

## 1.2 Ajustes *ADC*

A frequência da TM4C é de  $120MHz$ , portanto o tempo necessário para um ciclo de processamento pode ser calculado através da Equação 3.

$$T_{TM4C} = \frac{1}{F_{TM4C}} \Rightarrow T_{TM4C} = \frac{1}{120.000.000} = 8,334ns \quad (3)$$

Para amostrar 256 valores em uma onda com frequência de 60Hz a FA pode ser calculada através da Equação 4.

$$F_A = F_F \times n_a = 60Hz \times 256 = 15.360Hz \quad (4)$$

Sendo o Período de Amostragem (TA) calculado através da Equação 5.

$$T_A = \frac{1}{F_A} = \frac{1}{15360} = 65,1041667\mu s \quad (5)$$

Portando, deve-se coletar uma amostra no canal analógico a cada  $T_A$  de forma simétrica até atingir 256 amostras. Para realizar esta tarefa, um temporizador deve ser programado para iniciar a conversão AD a cada  $T_A$ . Os temporizadores da TM4C efetuam um incremento de contagem a cada ciclo de *clock*, ou seja, a cada 8,334ns. Programando o temporizador para o modo contínuo com recarga automática, o valor que deve ser inserido no registrador de recarga pode ser calculado pela Equação 6:

$$T_L = \frac{T_{TM4C}}{F_A} = \frac{120.000.000Hz}{15360Hz} = 7812,5 \quad (6)$$

Como apenas valores inteiros podem ser inseridos no registrador, deve-se truncar o valor calculado, neste caso o valor a ser inserido no registrador será de  $T_L = 7812$ .

De posse deste valor é possível determinar o valor efetivo do  $T_A$  conforme Equação 7.

$$T_{Aefe.} = T_{TM4C} \times T_L = 8,334ns \times 7812 = 65,1\mu s \quad (7)$$

Isto representa um

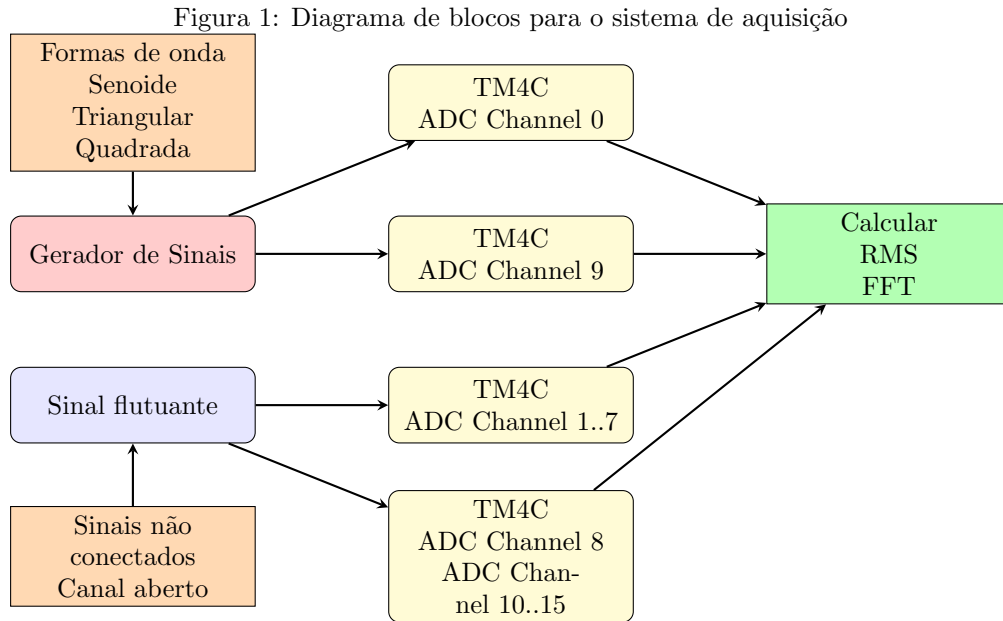
## 1.3 Aquisição de dados utilizando a Launchpad TM4C

A *Launchpad TM4C* possui as seguintes características relevantes ao canal de conversão Analógico/Digital (A/D):

- 20 Canais A/D.
- 2 Conversores tipo *SAR*.
- Resolução de 12bits.
- Taxa de aquisição máxima de 2 *MSPS*.
- *Hardware Oversample* programável.
- Aquisição por *DMA*.
- *Triger* programável para início da conversão.
- $8 \times$  *Sample Sequencer*.

## 1.4 Estrutura de *hardware* para o teste

A estrutura de blocos utilizada no teste é mostrada na Figura 1.4.



## 1.5 Estrutura do software

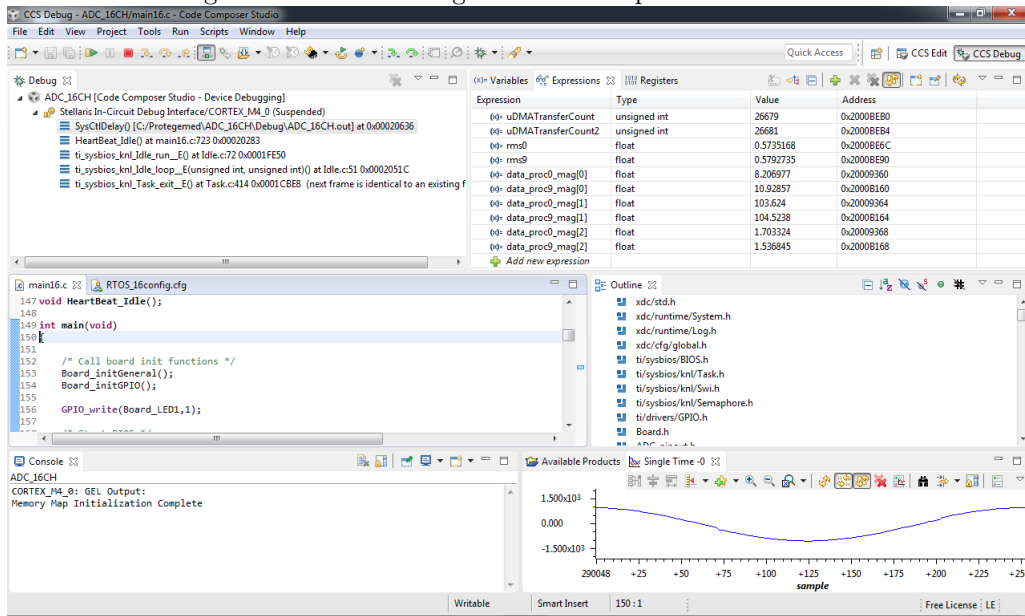
A programação é realizada através do software *Code Composer studio (CCS)*, fornecido pela *Texas Instruments*. Além do *software* são necessários alguns pacotes adicionais para realizar a compilação do código em *C* para a linguagem de máquina. Os pacotes adicionais e suas funções são descritas na Tabela X.

TODO: Identificar itens, inserir links.

## 1.6 Resultados Iniciais

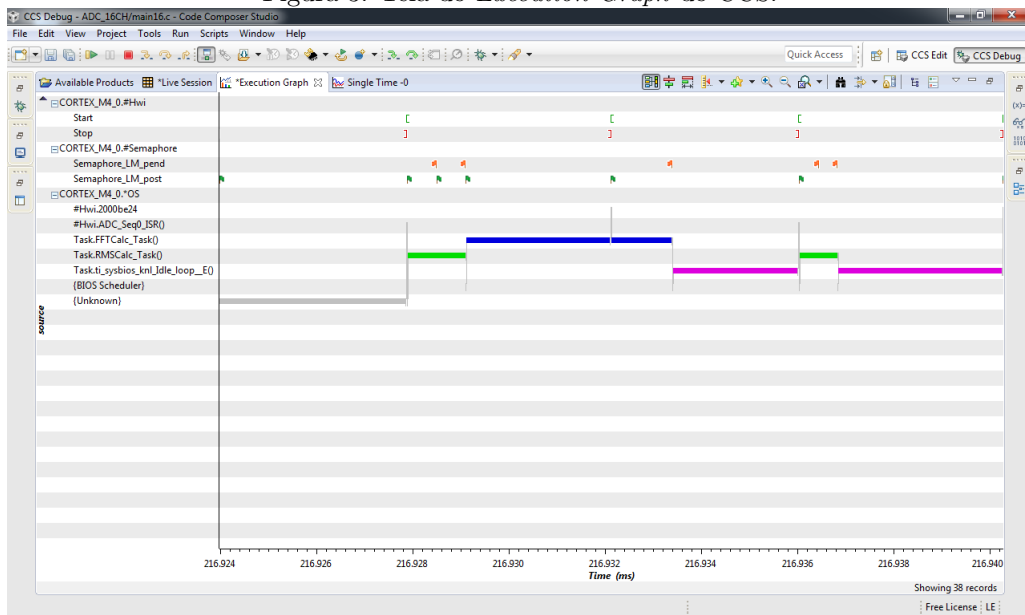
Na Figura 1.6 é mostrado a tela de debug do CCS v6.2, na aba *Expressions* é possível verificar o estado atual de algumas variáveis previamente selecionadas, por exemplo, a variável *rms0* representa o valor RMS calculado para o canal analógico 0. A aba *Single-Time0* mostra a forma de onda capturada por este canal.

Figura 2: Tela de Debug do Code Composer Studio - CCS



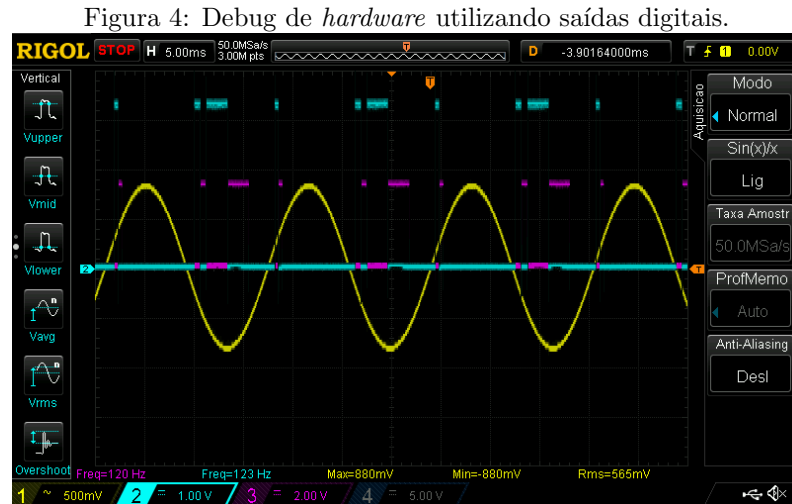
Habilitando a instrumentação no *software* de controle é possível verificar o agendamento e o tempo de execução das tarefas. O teste de aquisição gerou o gráfico mostrado na 1.6.

Figura 3: Tela do *Execution Graph* do CCS.



No eixo vertical são exibidas as tarefas e as interrupções de *hardware* e de *software*, no eixo horizontal uma escala em mili segundos representa o tempo gasto em cada tarefa.

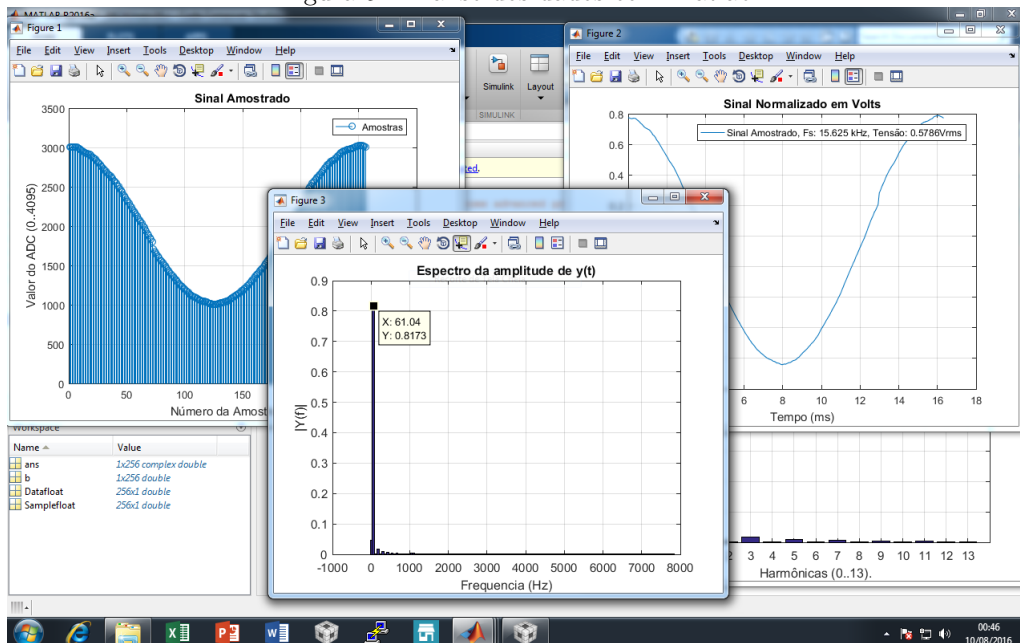
Resultado semelhante pode ser obtido com o osciloscópio inserindo algumas saídas digitais para verificar a sequência de execução das tarefas. Isso foi implementado no teste e seu resultado pode ser visualizado na Figura 1.6. Nesta mesma figura é mostrado o valor  $RMS$  ( $RMS = 565mV$ ) e os valores de pico, positivo ( $Max = 880mV$ ) e negativo ( $Min = -880mV$ ), da onda senoidal utilizada no teste, sua frequência de  $60Hz$ .



Os pulsos mostrados na Figura 1.6, são relativos a execução das tarefas de aquisição, cálculo RMS e FFT, sendo que os pulsos de cor verde representam a aquisição e processamento dos canais analógicos 0 à 7 e os pulsos na cor rosa os canais 8 à 15.

Os dados amostrados com a TM4C foram avaliados no software Matlab com o objetivo de confirmar os cálculos executados pelo processador ARM Cortex-M4, a Figura 1.6 mostra os gráficos e os valores obtidos na análise do valor RMS e da FFT.

Figura 5: Análise dos dados com Matlab.



Nesta figura é possível observar o valor  $RMS$  calculado pelo Matlab ( $RMS = 0,5782V$ ) e também a maior amplitude no espectro de frequência ( $X = 61,04Hz$  e amplitude de  $Y = 0,8173$ ).