

Relatório: Projeto, Implementação e Caracterização de um Instrumento Medidor de Frequência

Lucas Pires Camargo

20 de outubro de 2015

Resumo

Este relatório apresenta um instrumento medidor de frequência construído para avaliação na disciplina de Instrumentação. São apresentados aspectos gerais da construção do instrumento e depois é apresentado o processo de caracterização, as características obtidas do instrumento, e uma discussão dos resultados obtidos. O instrumento operou corretamente e foi apontado como melhor sua precisão.

1 O Instrumento de Medição

O instrumento foi construído em três partes: o módulo transdutor, uma placa de aquisição de dados, e um programa de computador para análise da captura e exibição. A figura 1 mostra uma visão geral do sistema.

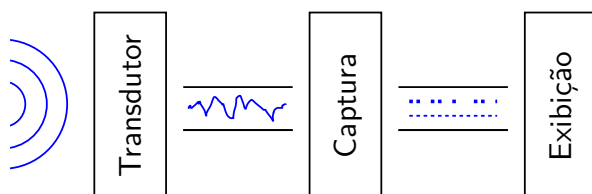


Figura 1: Visão geral do instrumento.

O módulo de microfone é uma placa genérica detectora de som (*clap*) com um microfone. Ela é proveniente de um kit hobbysta e não dispõe de datasheet. Ela apresenta apenas uma única saída digital, proveniente de um comparador analógico LM393 e que não é adequada para a aplicação desejada. Portanto, ela foi modificada para obtenção do sinal analógico puro. Um pino de saída analógica

extra foi adicionado soldando-se um conector na saída do estágio de amplificação do microfone.

A placa de captura foi criada com a plataforma de desenvolvimento Tiva-C Series TMC123G, fabricada pela Texas Instruments. O programa é simples: faz a leitura do módulo conversor A/D em uma frequência específica e envia os dados ao computador através da porta serial. Os requisitos de tempo são atendidos utilizando-se de interrupções para o disparo do timer. Há a garantia de que o tempo de conversão máximo do módulo A/D é sempre uma ordem de grandeza menor do que o inverso da frequência de captura (máximo $1\mu s$). A velocidade do módulo serial é de 460800 baud, na configuração 8 bits de dados, nenhum bit de paridade, e 1 bit de parada. A velocidade resultante é de 46080 kbps, adequada para a transmissão de amostras de 8 bits a 22050kHz.

Por fim foi feito o programa de computador que faz a análise espectral do sinal e exibe a componente de frequência principal. O núcleo do programa foi escrito em na linguagem de programação C++ e a interface com o usuário na linguagem declarativa QML. Foi utilizada a biblioteca *fftw* para executar a transformada de Fourier dos buffers de amostras. A entrada é analisada à taxa de 8 buffers por segundo. O programa possibilita a normalização da onda sonora para exibição, e a aplicação do Filtro Janela Hann no sinal de entrada, ativado por padrão. A Figura 2 mostra a aplicação executando no desktop. A Figura 3 mostra a configuração de testes completa.

2 Caracterização

Pode-se avaliar a faixa de valores de entrada e saída teóricos através do teorema da amostragem de Ny-

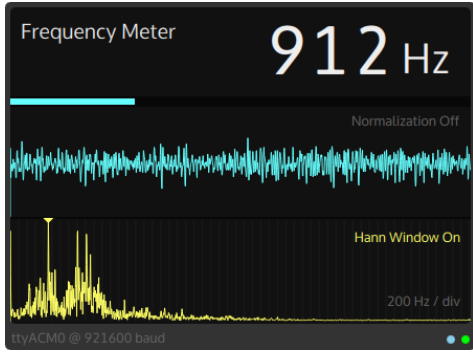


Figura 2: Aplicação medidora de frequência.

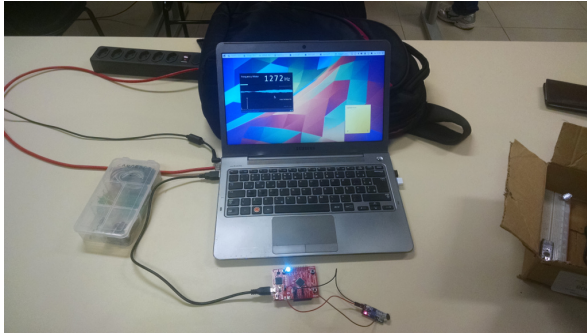


Figura 3: Configuração de teste.

quist-Shannon. Frequências superiores à metade da frequência de amostragem causam o fenômeno de *aliasing*. Portanto a máxima frequência que pode ser verificada é $22050 \text{ kHz}/2 = 11025 \text{ kHz}$.

O instrumento analisa a cada $0,125 \text{ s}$ um *buffer* de $N = 2756$ amostras. A transformada de fourier discreta utilizada na análise apresenta na $N_f = N/2 = 1378$ níveis de frequência. Esse níveis devem ser escalonados linearmente para a faixa $[0, f/2] \text{ Hz}$ de valores de saída do instrumento, onde f é a frequência de amostragem do sinal de entrada. Portanto, a resolução do instrumento é dada por $f_2/N_f = 8 \text{ Hz}$.

Foram feitas várias medições de teste, apresentadas na Tabela 1. Estabeleceu-se que o instrumento apresenta zonas mortas nas faixas $[0, 100[\text{ Hz}$ e $]10000, 11000[\text{ Hz}$. Essas zonas mortas podem ser atribuídas à baixa resposta do sensor nessas faixas de frequência. Das medições realizadas foi derivada a curva de calibração apresentada na Figura 4.

O medidor pôde ser analisado estaticamente. Não foram feitas análises dinâmicas. Também não

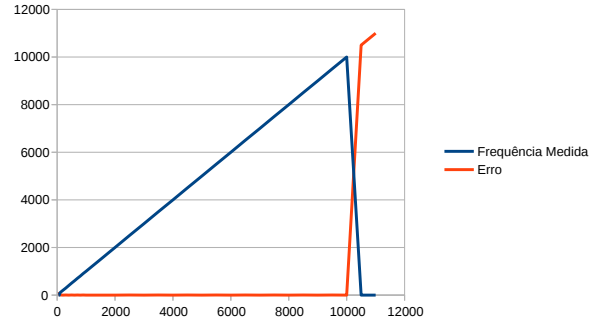


Figura 4: Curva de calibração do sensor.

foi observada nenhuma histerese. Pode se atribuir essas características desejáveis ao fato de o programa medidor processar seções discretas do sinal de maneira independente umas das outras.

Uma possível aplicação do instrumento seria na análise de ruído

3 Discussão

Foi observado que, à exceção das zonas mortas, o erro das medições não ultrapassou o limite de resolução do instrumento. Portanto, o principal limitante da performance do instrumento são os erros de quantização. Pode ser demonstrado que na implementação atual a resolução em Hz sempre será igual à taxa de atualização do instrumento. Portanto a resolução pode ser melhorada diminuindo-se a taxa de atualização, sacrificando responsividade.

O instrumento poderia ser melhorado tornando a taxa de atualização configurável, e explicitando-se qual a resolução da medição atual. Um microfone com uma resposta de frequência mais uniforme poderia diminuir as zonas mortas do instrumento.

4 Conclusão

Este relatório apresentou a implementação de um instrumento medidor de frequência e a análise de suas características. Verificou-se que o instrumento funcionou como o proposto. Foi feita uma análise de suas características principais e foram feitas sugestões para sua melhoria e desenvolvimentos futuros.

Entrada	Saída	Erro
50	0	50
75	0	75
100	96	4
150	152	2
200	200	0
300	296	4
400	400	0
500	504	4
600	600	0
700	704	4
800	800	0
900	904	4
1000	1000	0
1200	1200	0
1400	1400	0
1600	1600	0
1800	1800	0
2000	2000	0
2500	2504	4
3000	3000	0
3500	3504	4
4000	4000	0
4500	4504	4
5000	5000	0
5500	5504	4
6000	6000	0
6500	6504	4
7000	7000	0
7500	7504	4
8000	8000	0
8500	8504	4
9000	9000	0
9500	9504	4
10000	10000	0
10500	0	10500
11000	0	11000

Tabela 1: Resultados das medidas de teste