

Relatório Final

Analizador de espectro de áudio com auxílio do microcontrolador TI MSP430

Guilherme Richard Alves de Oliveira

Engenharia Eletrônica

Faculdade do Gama, FGA

St. Leste Projeção A – Gama Leste, Brasília - DF

Guilhermerychard04@gmail.com

Haniel Rodrigues Guimarães de Lima

Engenharia Eletrônica

Faculdade do Gama, FGA

St. Leste Projeção A – Gama Leste, Brasília - DF

hanielrlima@gmail.com

Resumo— Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados obtidos ao longo do semestre na disciplina de eletrônica embarcada. Para isto, está sendo desenvolvido um protótipo de um analisador de espectro com o auxílio do microcontrolador MSP 430, da Texas Instrument.

Palavras chave—Analisador de espectro; microcontrolador MSP430; eletrônica embarcada; Transformada Direta de Fourier; frequência

I. JUSTIFICATIVA

Ao longo dos últimos anos um avanço tecnológico permitiu que houvesse novas formas de comunicação. Com o desenvolvimento da telecomunicação, aconteceu também a evolução da transmissão de sinais elétricos, inclusive a modulação dos mesmos. Na modulação ocorre um deslocamento do sinal que pode ser em termos de amplitude, fase ou frequência. Esta última é o objetivo de análise do dispositivo a ser implementado.

Durante a modulação em frequência, o sinal que se deseja enviar é deslocado para frequências maiores de forma a viabilizar a transmissão através das ondas eletromagnéticas, uma vez que a frequência está diretamente relacionada ao tamanho da antena. A equação dada por:

$$\lambda = c/f$$

permite encontrar o comprimento de onda eletromagnética, dado por λ . Tem-se que c é a velocidade da luz (3×10^8 m/s aproximadamente) e f é a frequência do sinal transmitido.

As antenas possuem o comprimento de onda λ como parâmetro para seu tamanho. Geralmente as mesmas possuem dimensão múltiplas de λ (exemplo: $\lambda/2$, $\lambda/4$). Desta forma, quanto menor o comprimento de onda, menor será a antena. Por esta razão, durante a modulação, os sinais gerados são convertidos para frequências muito altas, para que as antenas tenham tamanhos suficientemente pequeno permitindo caber em celulares, notebooks e aparelhos eletrônicos.

A análise do espectro da frequência permite encontrar os valores de sinais onde estão alocadas as componentes de frequência. Essas componentes diferentes são utilizadas em rádios, por exemplo. E saber como elas se comportam e onde

se encontram permite fazer a demodulação do sinal de forma correta, sem perdas significativas de informação.

A figura 1 mostra a aparência de um analisador de espectro utilizado em laboratórios eletrônicos:

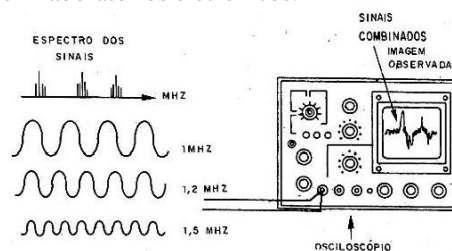


Figura 1: Analisador de espectro

O espectro dos sinais à esquerda são as componentes senoidais utilizadas para formarem o sinal indicado por *Sinais Combinados*, na tela do osciloscópio.

O analisador de espectro é um dispositivo que permite, através do processamento digital de informações analógicas, a visualização de forma direta de informações contidas em um sinal, no domínio da frequência. Essa análise é necessária, uma vez que para obter as mesmas informações no domínio do tempo, o projeto se torna mais complexo e consequentemente mais caro.

A relação custo benefício dos projetos está diretamente relacionada ao mercado eletrônico. Nos sistemas de telecomunicação, utilizam-se princípios de alocação, multiplexação e demultiplexação de mensagem no domínio da frequência, o que torna o analisador de espectro ainda mais importante nesse cenário.

A análise é feita através do processamento digital de sinais, que é definido da seguinte maneira: “O processamento digital de sinais estuda as regras que governam os sinais que são funções de variáveis discretas, assim como os sistemas usados para processá-los. Ele também lida com aspectos envolvidos no processamento de sinais que são funções de variáveis contínuas, utilizando técnicas digitais.” [DINIZ, 2014]

“Um sinal é uma função matemática que representa informação de um sistema em estudo na forma de uma ou mais medidas físicas, químicas, biológicas que podem variar

em função de uma ou mais variáveis independentes (comumente tempo e/ou espaço. [MIOSSO, 2019]

A. A Transformada Rápida de Fourier

A análise de Fourier converte um sinal do seu domínio original para uma representação no domínio da frequência e vice-versa. Uma Transformada Rápida de Fourier calcula rapidamente essas transformações, fatorizando a matriz da Transformada Discreta de Fourier, em um produto de fatores esparsos. Dessa forma, ela consegue reduzir a complexidade de calcular a Transformada Discreta de Fourier na ordem de n elevado ao quadrado, onde n é o tamanho dos dados. A Transformada Rápida de Fourier será utilizada para fazer a discretização do sinal no domínio do tempo, da amostra de áudio, que após a quantização determina a faixa de frequência resultante.

II. OBJETIVOS

Implementar um sistema que analise o espectro de áudio e apresente essa análise em um display de LEDs 10x10.

2.1 Objetivo Específico

- Converter o sinal de áudio analógico para o domínio digital. Quantificando e alocando as frequências do sinal
- Desenvolver um código em linguagens C e Assembly que operem os dados obtidos e os apresente na matriz de LEDs.
- Mapeamento das frequências que compõem o sinal.

III. VISÃO GERAL DO SISTEMA

O projeto é composto por 4 subsistemas: o Microfone, a Matriz, a Fonte e o MSP. Abaixo, segue uma imagem com o diagrama de blocos dos subsistemas:

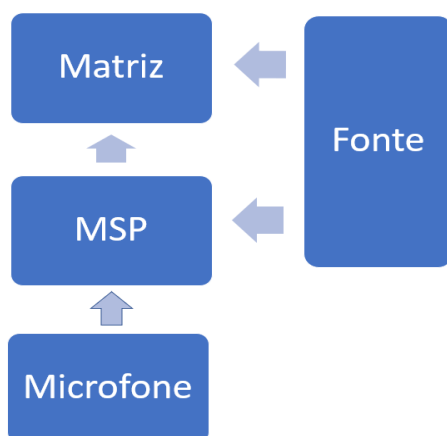


Figura 2 - Diagrama de Blocos do Projeto

Microfone: Representando a entrada do projeto, este subsistema tem por objetivo receber o sinal de áudio externo (analógico), quantizar e converter os impulsos analógicos em impulsos digitais.

MSP: O MSP430 atua como controlador e processador de dados. Ele recebe as informações vindas do microfone (entrada analógica), e processa as mesmas através da função fft.

Matriz: Representando a saída visível para o usuário, a matriz de leds informa quais as faixas de frequências e a intensidade das mesmas, através de uma matriz (conjunto de leds agrupados).

Fonte: Tanto o microcontrolador, quanto a matriz de leds, precisam ser alimentadas. Desta forma

IV. REQUISITOS

Para a este projeto será necessário, cumprir os seguintes requisitos:

- Amostrar um sinal de áudio, utilizando o critério de Nyquist
- Realizar a conversão Analógico/Digital
- Quantizar o sinal amostrado
- Processar as informações coletadas nas etapas anteriores e por fim,
- Mostrar ao usuário, através de uma matriz de LEDs, a saída do sistema.

Para isso, além dos conhecimentos em Sinais e Sistemas e processamento de sinais, será necessário a utilização dos seguintes componentes eletrônicos:

A placa MSP430G2553 que será o microcontrolador utilizado nesta disciplina, 1 protoboard para uma melhor organização e estrutura do projeto.

Será necessário também um amplificador operacional TLC272 dual, 1 mini microfone elétrico, resistores (pull-up 47K, 100k, 2 x 10k, 1k) ohms, 1 capacitor (0.1 uF), fios jumper e pinos macho, além de 2 células de bateria LR44 e uma matriz de LEDs 8x8.

As limitações do projeto são de dois tipos: por software e por hardware.

Limitação por hardware: A matriz de leds que está sendo utilizada é de dimensão 8x8. Desta forma, deve-se ajustar as frequências, que serão mostradas no display, para essa faixa de leds.

Limitação de hardware: Justamente pela limitação física, é possível apenas trabalhar com uma faixa específica de frequências. Se o objetivo é trabalhar com a análise de frequência da voz humana, deve-se configurar o software para trabalhar com amostras de 0 a 40 kHz. Isso se deve pelo fato da voz humana estar entre 0 e 20 kHz, mas para atender os critérios de Nyquist, deve-se amostrar no mínimo o dobro da frequência desejada. Assim garante-se que a informação não será perdida por sobreposição de espectros. O

microcontrolador também possui limitação de hardware. Como o objetivo deste trabalho é apresentar um projeto em tempo real, para que isso seja possível é necessário que a MSP430 consiga processar o sinal (entrada, controle, processos e saída da informação) o mais rápido possível. Desta forma, é importante que seja haja um limite de informações inseridas no hardware para que o software trabalhe.

dão-se pela frequência em que se deseja trabalhar e pela limitação de hardware.

V. PROGRESSOS

Ao longo dos Pontos de controle, foram abordados os progressos realizados pela equipe, para que o projeto atendesse as especificações.

No Ponto de Controle 1, para a validação do experimento, foi elaborado uma proposta de projeto, onde fez-se um levantamento com aspectos teóricos e práticos. Mostrou-se a importância e utilização do mesmo e as aplicações dadas a um Analisador de Espectros em áreas distintas.

No Ponto de Controle 2, validou-se o projeto, apresentando uma estrutura física utilizando bibliotecas da IDE para a geração dos sinais necessários para a aquisição das amostras. Utilizando um Arduino para implementar o projeto, mostrou-se e validou-se o projeto através de software e hardware integrados.

Para o Ponto de Controle 3, apresentou-se o refinamento da linguagem C, sub-rotinas, interrupções, modo de baixo consumo e Assembly. Ainda no PC2, foi apresentado o código já com o refinamento da linguagem C, com sub-rotinas (onde cada sub-rotina definia qual seria o nível de leds acesos dada a frequência de entrada da placa) e interrupções. No PC3 trabalhou-se no modo de baixo consumo e na linguagem Assembly, para a apresentação do PC.

Entretanto, ao descrever o algoritmo da função fft para integrar o código, notou-se um erro na matriz de leds, que faz com que a mesma apresente “bugs” durante a execução do código. Definiu-se que as condições “case” será a rotina em Assembly do código.

No Ponto de controle 4, PC4, foi necessário a correção dos problemas apresentados no Ponto de Controle 3. Onde, infelizmente, mesmo com alterações no código, foi necessário reescrever parte do código. Definiu-se a temporização utilizado o Modo de Low Power 1 e implementou-se uma sub-rotina Assembly, a fim de testar a inicialização do WatchDog Timmer. Através dos testes ele foi validado e deve-se alterar a sub-rotina em Assembly para a apresentação do Projeto Final. Outra melhoria necessária para a apresentação final é a finalização do projeto, bem como uma estrutura física que o comporte, tornando assim o projeto mais resistente.

VI. RESULTADOS

Um dos maiores desafios desse projeto era a construção, manual, de uma biblioteca já bem difundida na indústria e internet. Essa biblioteca foi responsável por fazer o

processamento dos dados, obtidos através do microfone e aplicados a um conversor ADC.

O sistema apresentou falhas (curto-circuito) durante a integração dos subsistemas, mesmo após os testes dos mesmos subsistemas de forma separada. Após remontagem do projeto, foi possível debugar o circuito e o projeto apresentou a resposta desejada.

Encontra-se, abaixo, uma imagem do projeto finalizado, apresentado uma resposta a um estímulo dado ao circuito, através de áudio de um celular.



Figura 3 - Projeto Validado

VII. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE MELHORIA

Esse projeto possibilitou a integração de conhecimento de vários domínios dentro do campo da engenharia eletrônica:

- Processamento de Sinais
- Sinais e Sistemas
- Circuitos Eletrônicos (analógicos e digitais)
- Eletrônica Embarcada

O sistema desenvolvido ao longo do semestre cumpriu os requisitos necessários para a validação do projeto, apresentando ao usuário uma análise (simples e superficial), do espectro em frequência, de um sinal de áudio.

As limitações de software e hardware tornaram o projeto mais simples, uma vez que o projeto exigia um clock rápido e um processador com resposta veloz. A matriz de leds tornou-se um outro fator limitante, pois foi necessário o agrupamento de uma faixa de frequência maior, dentro de uma mesma largura de banda, para que se fizesse uma leitura mais abrangente.

Este último procedimento mostrou-se nocivo àqueles que buscam uma análise mais minuciosa, dado o mascaramento do

sinal, que fez com que o usuário perdesse informações que poderiam vir a ser importante.

Essa mesma limitação física também mostrou outro lado negativo: era necessário escolher uma largura de banda para ser mostrada na matriz de leds. Esses valores podem ser alterados no código do projeto, mas se houver qualquer informação fora dessa faixa escolhida, haverá também uma perda de informação na análise.

Assim, sugere-se como alternativa a limitação de hardware que seja utilizado um processador mais veloz e potente, com um poder de processamento maior que o oferecido pela família do MSP430.

Quanto a limitação física, a sugestão é seja utilizada uma matriz de leds maior, permitindo assim que o sistema comporte mais informações.

REFERENCES

- [1] Modulação (TEL 217), Instituto Newton Braga, 2001. Disponível em <<https://www.newtonbraga.com.br/index.php/telecom/12361-modulacao-tel217>>. Acesso em 08 de setembro de 2019.
- [2] Modulação Digital, IFSC. Disponível em <<http://www.sj.ifsc.edu.br/~mdoniak/PST60806/ModulacoesDigitais.pdf>>. Acesso em 08 de setembro de 2019.
- [3] FONTANA, Bruna. MODEM – Modulação e Demodulação, Abril de 2016. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/e/e1/IntroducaoModulacao_aula1_2017-2.pdf>. Acesso em 08 de setembro de 2019.
- [4] BONFIM, Marlio. Medidas Elétricas, 2003. Disponível em <<http://www.eletr.ufpr.br/marlio/medidashf/apostila/apostila2a.pdf>>. Acesso em 08 de setembro de 2019.
- [5] S. Haykin e M. Moher, "Introdução aos Sistemas de Comunicação", 2a Ed., Editora Bookman, 2008.
- [6] L.W. Couch, "Digital and Analog Communication Systems", 7a Ed., Prentice-Hall, 2007
- [7] Davies, J., MSP430 Microcontroller Basics, Elsevier, 2008.
- [8] Ünsalan, C., Gürhan, H. D., Programmable Microcontrollers with Applications – MSP430 Launchpad with CCS and Grace, McGraw-Hill, 2014.
Na busca por projetos similares ou com o mesmo contexto foi encontrado um em MATLAB [9] onde se semelha na lógica do projeto, na divisão de faixas de frequência a serem analisadas, com a diferença na visualização da análise espectral demonstrando em uma matriz de LEDs.
- [9] Willychavez, DiasAgrupados_Eq1.m. Disponível em <https://github.com/willychavez/citro_EQ_1/blob/master/DiasAgrupados_Eq1.m>. Acesso em 04 de outubro de 2019