

PONTO DE CONTROLE 3

Analisador 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. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

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. 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:

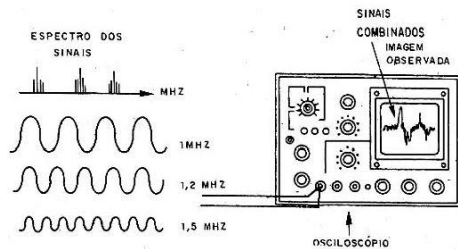


Figura 1: Analisador de espectro

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

III. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a criação de um dispositivo que permite fazer a análise de sinais de áudio no domínio da frequência, uma vez que algumas imperfeições, na transmissão de sinais, são dificilmente identificadas quando o sinal é analisado no domínio do tempo. Para isso, será utilizado o microcontrolador MSP430 da Texas Instrument para processar os dados recebidos e apresentar o resultado da análise em uma matriz de leds.

O analisador de espectro permite a visualização, de forma direta, da informação contida em um sinal (frequência, período, potência e a tensão). No analisador de espectro que está em desenvolvimento por esta equipe, o objetivo é a análise e mapeamento das frequências que compõe o sinal.

IV. 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:

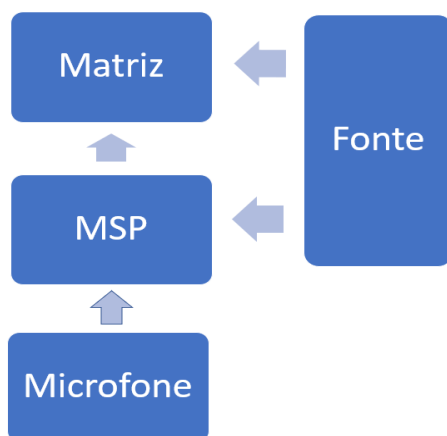


Figura 2 - Diagrama de Blocos do Projeto

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

V. REQUISITOS

Para a este projeto será necessário, além dos conhecimentos em Sinais e Sistemas e processamento de sinais, os seguintes componentes eletrônicos:

- MSP430G2553
- Protoboard
- Amplificador Operacional TLC272 dual
- Mini microfone elétrico
- Resistor (pull-up 47K, 100k, 2 x 10k, 1k) ohms
- Capacitor (0.1 uF)
- Fios Jumper
- Pinos macho
- 2 células de bateria LR44
- 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.

VI. 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, é necessário a apresentação do refinamento da linguagem C, sub-rotinas, interrupções, modo de baixo consumo e Assembly. Ainda no PC2, apresentou-se 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. Nesta etapa, 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.

Para o próximo ponto de controle será necessário corrigir esses erros encontrados, finalizar a construção da condição em Assembly e inserir o projeto em um formato melhor para a apresentação.

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/mario/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