

Analizador de espectro através da transformada rápida de Fourier (FFT)

Spectrum analyzer through fast Fourier transform (FFT)

Leonardo Sokolowski de Albuquerque

Departamento de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC, Campus Itajaí)

Matheus Alves Monteiro

Departamento de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC, Campus Itajaí)

DOI: 10.47573/aya.5379.2.66.6

RESUMO

O analisador de espectro é comumente utilizado em laboratórios de eletrônica associados a circuitos de radiofrequência e pode ser aplicáveis em diversas tarefas, conseqüentemente está cada vez mais presente em nosso cotidiano. Além disso, o processamento digital de sinal pode apresentar diversas aplicações, desde sistemas de segurança ou de controle e automação, como também celulares, computadores, equipamentos médicos e automóveis. Por outro lado, a eficácia da sua aplicação está relacionada à precisão do seu desempenho. Quanto mais preciso o sinal, melhor será a sua aplicabilidade. Nesse sentido, o presente projeto faz uso da captação de som através de um circuito amplificador e de filtros, que por meio da utilização da transformada rápida de Fourier (FFT) irá realizar o processamento do sinal de entrada e exibir o espectro deste sinal em um LCD.

Palavras-chave: transformada rápida de Fourier. decodificação de frequência. microcontrolador.

ABSTRACT

The spectrum analyzer is commonly used in electronics laboratories associated with radiofrequency circuits and can be applied in several tasks, consequently it is increasingly present in our daily lives. In addition, digital signal processing can present several applications, from security or control and automation systems, as well as cell phones, computers, medical equipment and automobiles. On the other hand, the effectiveness of your application is related to the accuracy of its performance. The more accurate the signal, the better its applicability. In this sense, the present project makes use of sound capture through an amplifier circuit and filters, which, through the use of the fast Fourier transform (FFT) will perform the processing of the input signal and display the spectrum of this signal in a LCD.

Keywords: fast Fourier transform. frequency decoding. microcontroller.

INTRODUÇÃO

Cada vez mais presente em nosso cotidiano, o processamento digital de sinal pode apresentar diversas aplicações, desde sistemas de segurança ou de controle e automação, até celulares, computadores, equipamentos médicos e automóveis. Segundo Pereira (2017) inúmeras aplicações podem ser geradas a partir do reconhecimento de sons, incluindo a fala humana. Entretanto, a eficácia da sua aplicação está relacionada à precisão do seu desempenho. Quanto mais preciso o sinal, melhor será a sua aplicabilidade.

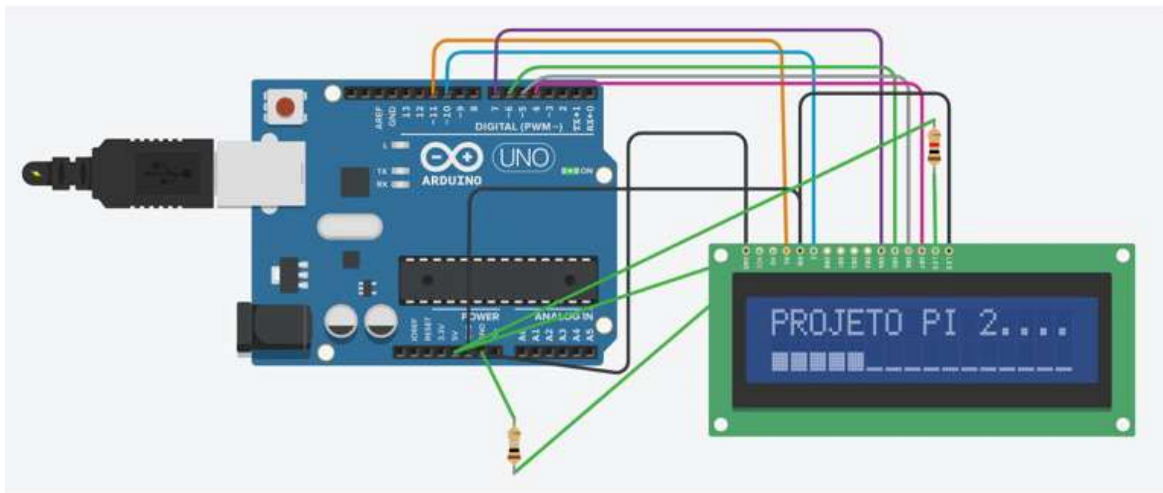
Nesse sentido, o presente projeto tem o objetivo de captar um sinal de som através de um microfone, aplicar alguns filtros e ampliações com intuito de melhorar o sinal. O Arduino por sua vez será responsável pelo processamento digital do sinal, pela análise rápida de Fourier (FFT). Após o processo de FFT será possível visualizar o sinal deste som em um display, o analisador de espectro.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto foi dividido em três etapas, a fim de otimizar a execução do projeto.

A primeira etapa consiste no desenvolvimento do programa FFT, na qual, antes do desenvolvimento do código foi necessário pesquisar as bibliotecas com intuito de facilitar o desenvolvimento do programa, pois existem várias bibliotecas de transformada de Fourier e para isso o fórum do site Arduino foi de suma importância visto que o mesmo possui inúmeras bibliotecas disponíveis. As bibliotecas utilizadas para este desenvolvimento foram a `fix_fft` e também a `liquidcrystal`. A Figura 1 mostra a simulação do programa FFT.

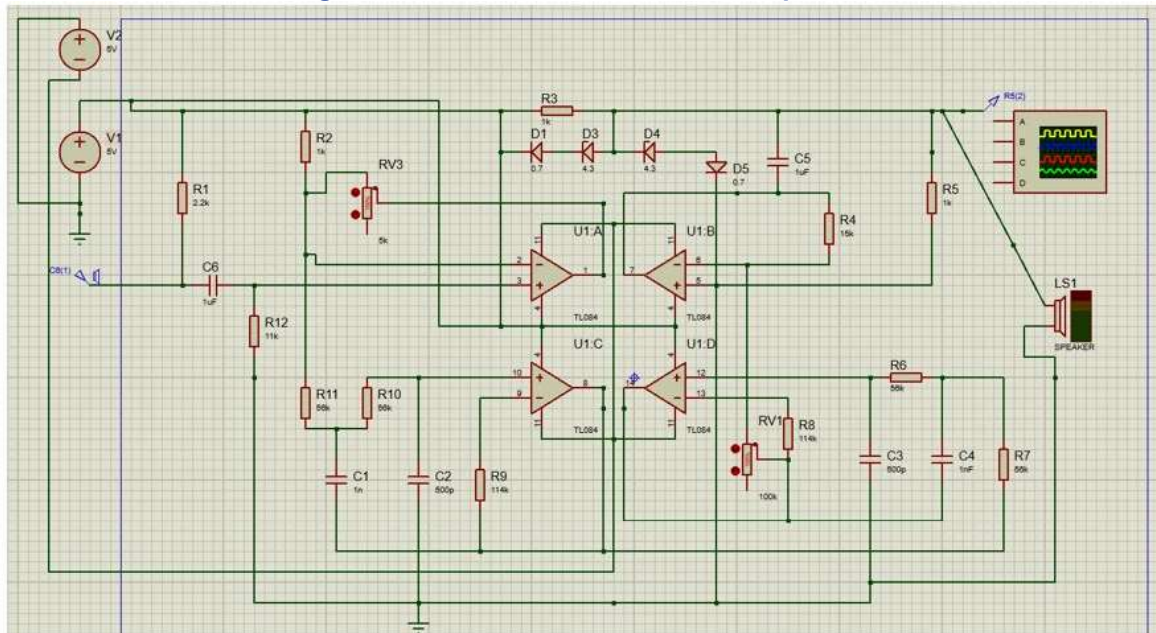
Figura 1 – Simulação do programa FFT



Fonte: Autoria própria (2021)

Já na segunda etapa, desenvolvimento do sistema de captação, realizou-se as simulações necessárias, a fim de economizar tempo e evitar erros durante a execução da montagem na protoboard, durante o processo foram verificados todos os erros e os possíveis erros, já que seria mais fácil corrigi-los antes da montagem do sistema de captação. Além disso, os componentes foram dimensionados tendo em mente os componentes disponíveis no mercado. A simulação do sistema de captação pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Simulação do sistema de captação



Fonte: Autoria própria (2021)

O sistema de captação consiste em uma entrada de sinal de áudio que é captado através do microfone de um fone de ouvido, que está conectado a um Jack P2 (entrada do circuito). Após a entrada do sinal inicia-se um circuito de filtro ativo de baixo ruído de segunda ordem, logo depois do filtro o sinal é amplificado e novamente filtrado por outro filtro ativo de segunda ordem e então disponibilizado para saída do circuito.

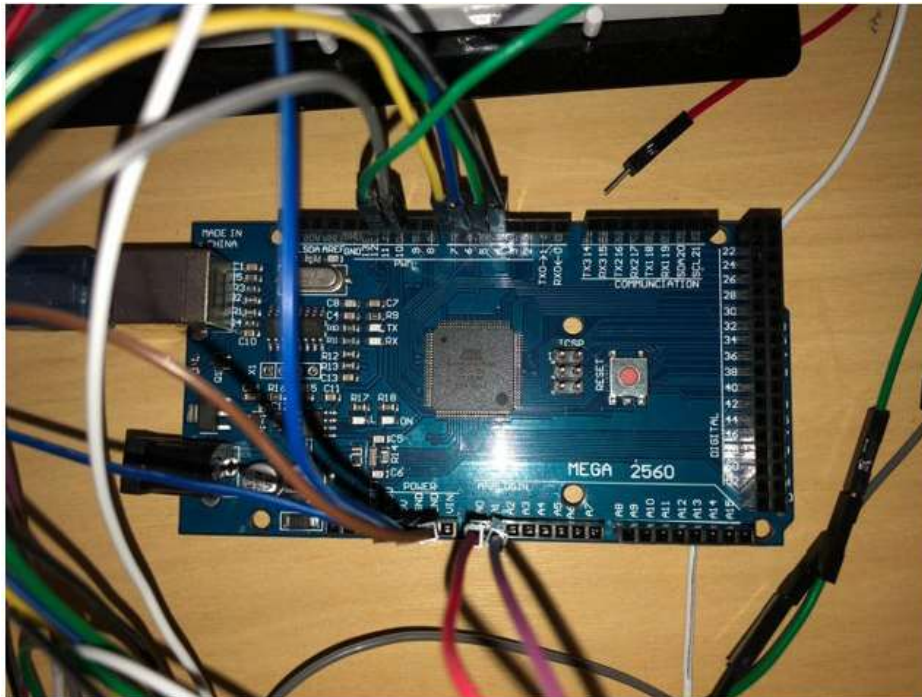
Para o sistema de captação foi utilizado os seguintes componentes:

- Amplificador Operacional TL084;
- Capacitor 1nF;
- Capacitor 1uF;
- Capacitor 500pF;
- Conector P2 TRRS;
- Diodo Comuns;
- Diodo Zener;
- Jumpers (40 macho-macho/40 macho-femea/40 femea-femea);
- Microfone de Eletreto;
- Multímetro;
- Potenciômetro 5kΩ;
- Potenciômetro 100kΩ;
- Protoboard;
- Resistor 270Ω;

- Resistor 1k Ω ;
- Resistor 2,2k Ω ;
- Resistor 15k Ω ;
- Resistor 56k Ω ;
- Resistor 100k Ω ;
- Resistor 120k Ω .

Após realizadas as duas etapas anteriores foi possível dar início a terceira etapa, a integração do sistema de captação com Arduino. Para isso foi realizada a junção dos sistemas através da montagem dos componentes em uma protoboard bem como a alimentação do circuito, a soldagem dos pinos que foram utilizados no LCD, ligação do Arduino junto com o display LCD, conexão da saída do circuito de captação nas entradas analógicas 0 e 1 do Arduino, conforme Figura 3. Também foram efetuados os ajustes dos potenciômetros visando maior ganho com menor ruído possível.

Figura 3 – Portas utilizadas no Arduino



Fonte: A autoria própria (2021)

Após finalizada a integração física dos sistemas e dos componentes se fez necessário o carregamento do código para a placa do Arduino, para isso foi utilizado o software Arduino IDE. As ondas sonoras, necessárias para os testes, foram geradas através do software Audacity.

RESULTADOS

Neste projeto foram utilizados testes de notas musicais com as suas respectivas frequências de áudio. As notas utilizadas foram: Dó (264Hz), Ré (297 Hz), Mi (330 Hz), Fá (352 Hz), Sol (396 Hz), Lá (440 Hz), Si (495 Hz), Dó oitava (528 Hz) e 1k Hz.

Pode-se observar os resultados obtidos conforme as Figuras abaixo:

Figura 4 – Espectro da nota Dó (264Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 5 – Espectro da nota Ré (297 Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 6 – Espectro da nota Mi (330 Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 7 – Espectro da nota Fá (352 Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8 – Espectro da nota Sol (396 Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 9 – Espectro da nota Lá (440 Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 10 – Espectro da nota Si (495 Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 11 – Espectro da nota Dó oitavado (528 Hz)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 12 – Espectro de 1 kHz



Fonte: Autoria própria (2021)

O analisador de espectro deste projeto trabalha em uma faixa de valores de até 1 kHz, visto que trata-se apenas de notas musicais, sendo assim desnecessário a utilização de frequência maiores de 1kHz.

Com base nas figuras apresentadas é possível notar que com mudança progressiva da frequência das notas musicais houve um deslocamento para a direita no analisador de espectro, assim atestando a individualidade do espectro de cada nota musical.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que foram atendidos os objetivos do projeto. Além disso, observou-se que o sistema de captação estava funcionando de maneira adequada, assim como o programa da FFT e todas as ligações do LCD.

Observou-se durante o desenvolvimento do projeto que os sinais de áudio são extremamente sensíveis a ruídos e por isso o dimensionamento e a montagem correta do sistema de captação é crucial para um funcionamento mais eficiente e com o mínimo de ruído possível.

REFERÊNCIAS

PEREIRA, Maria Amélia. ACIONAMENTO DE DISPOSITIVOS VIA DECODIFICAÇÃO DE SONS UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER EM UM MICROCONTROLADOR. 2017. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.