



Universidade Federal do Pará (UFPA)

Instituto de Tecnologia (ITEC)

Faculdade de Computação e Telecomunicações (FCT)

Processamento Digital de Sinais

Etapa 03: modulação e demodulação AM

Bruno Conde Costa da Silva – 201506840054

Fernando Araújo da Silva Júnior– 201006840078

Shirley Almeida da Fonseca – 201507040026

Belém

2019

1. Introdução

Este trabalho é referente a disciplina de Processamento Digitais de Sinais, do curso de Engenharia da Computação(5º semestre) ofertado na Universidade Federal do Pará e ministrada pelo professor Dr. Ronaldo de Freitas Zampolo. O objetivo é abordar de forma prática os processos e conceitos envolvidos na digitalização de sinais, modulação e demodulação AM. Além disso, o processo de amostragem e de mudança de frequência de amostragem serão abordadas nos processos de amostragem, dizimação(*downsampling*), expansão(*upsampling*), filtragem passa-baixa, filtragem passa-faixa e interpolação.

2. Fundamentação teórica básica

Basicamente, sinais são funções de uma ou mais variáveis independentes e representam informação. Existem dois tipos de sinais: sinais analógicos(contínuos) e sinais digitais(discretos). Sinais contínuos possuem informação demasiada e é de processamento custoso e demorado. Sinais digitais são discretos no tempo e na amplitude.

Os sistemas recebem e enviam sinais(informações) e podem ser de tempo contínuo ou de tempo discreto. Sistemas de tempo contínuo processam sinais de tempo contínuo e sistemas de tempo discreto processam sinais de tempo discreto.

O processamento digital de sinais consiste na manipulação e transformação de sinais discretos no tempo e na amplitude. Sinais contínuos podem ser convertidos para sinais discretos pelo processo de amostragem, que consiste em obter amostras de um sinal contínuo em determinado período de amostragem (ou frequência de amostragem), obtendo amostras que representam bem o sinal contínuo. É com este sinal amostrado que é possível projetar sistemas de tempo discreto digitais que o processam de forma similar ao sinal contínuo, porém com custo computacional menor e com eficiência energética.

Modulação é o processo de modular um sinal em transmissor. A modulação AM consiste em modular uma portadora por sinal. A portadora é um sinal senoidal e, neste processo de modulação, amplitude é o parâmetro que varia, tal que a com frequência e a fase se mantém constantes. Ao modular a portadora pelo sinal ocorre a transposição espectral do sinal para a frequência da portadora. É este princípio que permite vários sinais serem transmitidos juntos, porém separados espectralmente, permitindo que eles sejam filtrados da transmissão.

O processo de dizimação consiste em reduzir a frequência de amostragem por um fator M inteiro, tal que

$$M = \frac{\text{frequência de amostragem do sinal}}{\text{nova frequência de amostragem}}$$

, onde a cada M amostras, M – 1 são descartadas. O processo de expansão consiste em utilizar o mesmo fator M para aumentar a frequência de amostragem do sinal. Contudo, no processo de *upsampling*, zeros são acrescentados às posições de amostras inseridas. Logo, há a necessidade de um filtro interpolador que irá aproximar estas amostras. Portanto, após o sinal ser amostrado pelo software Audacity a uma frequência de 44100 Hz, realizaremos uma dizimação por um fator M = 2, ou seja, a cada 2 amostras, 1 será descartada. Este fator é o limite para que ocorra uma redução da frequência de amostragem sem erros, pois a freq. de amostragem de 44100 Hz foi reduzida para a sua metade, ou seja, pela frequência de amostragem mínima que é a frequência de Nyquist

O domínio espectral consiste em analisar um sinal no domínio da frequência (magnitude e fase). Conseguimos fazer esta análise das componentes espectrais por meio da Transformada Rápida de Fourier. Com este conhecimento, é possível observar o espectro do sinal e projetar filtros em frequência para atenuar (remover) frequências indesejadas. Utilizaremos dois tipos de filtro espectrais: passa-baixa FIR e passa-faixa.

Filtros passa-baixa atenuam altas frequências e preservam baixas frequências. Há dois parâmetros importantes em um filtro passa-baixa: a frequência de passagem (f_p) e a frequência de corte (f_s). As frequências menores ou iguais às frequências de passagem serão preservadas. Dois sinais transmitidos por um mesmo canal podem se sobrepor espectralmente -*Aliasing*. Logo, projetaremos um filtro passa-baixas para evitar que haja sobreposição espectral, onde a frequência intermediária será dada por

$$f_c = \frac{f_p + f_s}{2} = \frac{F_{Nyquist}}{2}$$

$$f_c \leq \frac{\pi}{M} = \frac{F_{Nyquist}}{2}$$

Após a transmissão dos sinais somados e separados espectralmente, teremos um sinal resultante onde haverá dois sinais separados espectralmente, pois foram modulados por portadoras de frequências diferentes. Logo, para recuperar estes sinais, podemos utilizar dois filtros passa-faixa. Cada filtro passa-faixa vai filtrar as componentes na faixa espectral a qual cada sinal foi modulado, logo, faixas espectrais em torno das portadoras.

Após a filtragem passa-faixa, é realizada a demodulação, onde o sinal modulante é novamente multiplicado pela portadora;

Após a filtragem passa-faixa e a demodulação, eliminaremos um sinal e ficaremos só com um e sua portadora. Este sinal filtrado possui 3 faixas espectrais: uma centrada em zero e outras duas adjacentes referentes à portadora senoidal. Logo, utilizaremos novamente um outro filtro passa-baixa para preservar somente baixas frequências (frequência do sinal modulante) e eliminar as altas frequências (frequências adjacentes da portadora). Neste filtro, a frequência de corte (f_s) deve ser menor que a menor frequência das portadoras, pois assim é garantido que ele elimine-as e, além disso, este mesmo filtro pode ser usado para as duas.

Após isto, será realizado o *upsampling*, que amostra o sinal na frequência de amostragem inicial. Após isto, o sinal amostrado na frequência de amostragem inicial possui zeros nas posições criadas de volta. Logo, ocorrerá a interpolação que aproximará esses zeros dos valores que deveriam ser.