

PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS



PROJETO I

Amostragem de Sinais Analógicos



Departamento de Eletrônica e Sistemas - UFPE



PROJETO I

Amostragem de Sinais Analógicos

No processo de conversão de um sinal de tempo contínuo para um sinal de tempo discreto (conversão A/D), a amostragem pode provocar perda de informação se certas condições não forem respeitadas. Se a taxa de amostragem usada não for suficiente, ocorre o efeito chamado *aliasing*, o qual produz uma distorção nas componentes de frequência mais altas do sinal.

Nesse projeto vc examinará o efeito de *aliasing* que pode ocorrer na amostragem de sinais de banda limitada. O teorema da amostragem de Nyquist (também chamado teorema da amostragem de Shannon-Kotelnikov), estabelece que se $x(t)$ é um sinal de banda limitada em Ω_N , isto é, se sua transformada de Fourier satisfaz $|X(j\Omega)| = 0$, para $|\Omega| > \Omega_N$, então ele pode ser reconstruído a partir de suas amostras $x[n] = x(nT)$, desde que as mesmas tenham sido obtidas a uma taxa de $\Omega_s \geq 2\Omega_N$ amostras por segundo. Nessas condições $x(t)$ pode ser recuperado por um filtro passa-baixas de ganho T e frequência de corte $\Omega_c = \Omega_s / 2$.

Parte 1: Problemas Básicos

Considere o sinal senoidal

$$x(t) = \sin(\Omega_0 t).$$

Se $x(t)$ é amostrado com frequência $\Omega_s = 2\pi / T = 2\pi(8192)$ rad/seg, então o sinal de tempo discreto obtido é

$$x[n] = \sin(\Omega_0 n / 8192).$$

a) Considere $\Omega_o = 2\pi(1000)$ rad/seg e crie o vetor $n = [0:8191]$, de modo que $t = nT$ contenha os 8192 instantes de amostragem do intervalo $0 \leq t < 1$. Crie um vetor x que contenha as amostras de $x(t)$ nos instantes de amostragem em t .

b) Esboce as primeiras 50 amostras de $x[n]$ em função de n usando *stem*. Esboce as primeiras 50 amostras de $x(t)$ em função dos instantes de amostragem usando *plot*. Use *subplot* para exibir simultaneamente os dois gráficos.

Note que *plot(t,x)* esboça um sinal de tempo contínuo, dadas as amostras em x , usando linhas retas para interpolar entre os valores das amostras. Embora esta

interpolação não é igual à reconstrução de banda limitada decorrente do teorema da amostragem, ela pode ser uma boa aproximação.

c) Coloque o arquivo MATLAB (M-file) *ctfts.m* no seu MATLABPATH. Use $[X, \omega] = \text{ctfts}(x, T)$ para calcular a transformada de Fourier de tempo contínuo do sinal reconstruído $x_r(t)$. Esboce a magnitude de X versus ω . X é diferente de zero nos valores de frequência esperados? (note que quase todos os elementos em X são não nulos, mas a maioria deles são valores pequenos devido a erros de arredondamento).

Parte 2: Problemas Intermediários

Agora você irá considerar o efeito de *aliasing* no sinal reconstruído $x_r(t)$.

d) Repita as partes (a)-(c) para as frequências $\Omega_0 = 2\pi(1500)$ e $\Omega_0 = 2\pi(2000)$ rad/seg. A magnitude de X é diferente de zero nas frequências esperadas? A fase de X está correta?

e) Escute cada um dos sinais amostrados criados na parte (d) usando *sound*(x , $1/T$). A afinação (*pitch*) do tom que você ouve aumenta com a frequência Ω_0 ? Experimente livremente. Note que, como acontece com a função *plot*, a função *sound* também implementa uma interpolação. Em resumo, seu micro converte o sinal de tempo discreto do MatLab em um sinal de tempo contínuo por meio de um conversor D/A e então reproduz o sinal contínuo no auto-falante.

f) Agora repita as partes (a)-(c) para as frequências $\Omega_0 = 2\pi(3500)$, $\Omega_0 = 2\pi(4000)$, $\Omega_0 = 2\pi(4500)$, $\Omega_0 = 2\pi(5000)$ e $\Omega_0 = 2\pi(5500)$ rad/seg. Escute cada um dos sinais amostrados usando *sound*. O que você observa em relação à afinação nesses casos? Explique.