

Laboratório 2

Controle Digital - 2º Semestre de 2024

Prof. Marcos R. Fernandes

Teorema da Amostragem

Entrega:¹ entregue um arquivo PDF com os gráficos e código fonte utilizado para cada questão além da resposta para as perguntas dos enunciados. Não esqueça de colocar título na figura para identificar o que cada figura representa, nome dos eixos, e legenda.

1. O objetivo desta prática é simular a discretização de um sinal contínuo com diferentes períodos de amostragem. Para isso, considere

$$y(t) = 1 + \cos(\omega_n t) + \sin(2\omega_n t), \quad \omega_n = 10\pi$$

- (a) Mostre o sinal $y(t)$ para $t = [0, 2]$ usando **plot**;
- (b) Obtenha o espectro de frequência de $y(t)$ usando **fft**. Qual a frequência máxima do sinal?

(dica: consulte o help do Matlab para o comando **fft**)

Exemplo two-sided FFT:

```
1 n=numel(y); %obtem tamanho do vetor sinal
2 Y = fft(y); %calcula FFT (two-sided Fourier)
3 Y = abs(fftshift(Y)/n); %obtem magnitude da FFT
4 f =fa/n*(-floor(n/2):floor(n/2)); %vetor de frequencia
5 figure %cria figura
6 plot(f,Y) %plota espectro de y
```

- (c) Faça amostragem do sinal na frequência de Nyquist ($f_s = 2f_M$) e mostre o resultado usando **stem** e compare com o sinal contínuo. Usando apenas as amostras do sinal é possível reconstruir de forma única o sinal contínuo? Justifique.
- (d) Faça amostragem do sinal numa frequência abaixo da de Nyquist ($f_s = 2f_M$) e mostre o resultado usando **stem** e compare com o sinal contínuo. Obtenha também o sinal aliasing ($\omega_b = \omega_n - \omega_s$) e compare.
- (e) Faça amostragem do sinal numa frequência acima da de Nyquist ($f_s = 2f_M$) e mostre o resultado usando **stem**.

2. Considere o sinal

$$y(t) = \cos(2\pi t).$$

¹Última atualização: 23/08/2024

- (a) Mostre o sinal em tempo contínuo no intervalo $[0, 3]$ usando **plot**.
 - (b) Obtenha o espectro de frequência usando **fft**.
 - (c) Faça a amostragem do sinal usando a frequência de Nyquist para obter $y_a[k]$ e mostre usando **stem**.
 - (d) Construa o sinal $y_a^*(t)$ (usando trem de impulsos) e mostre usando **stem**.
 - (e) Obtenha o espectro de $y_a^*(t)$ usando **fft**. O que pode-se concluir com o espectro do sinal amostrado na frequência de Nyquist?
 - (f) Repita o item anterior, porém, com 10x a frequência máxima do sinal. O que pode-se concluir com o espectro do sinal amostrado nessa nova frequência de amostragem?
3. Obtenha a função de transferência de um filtro passa-baixa do tipo Butterworth com $f_c = 2Hz$ e mostre a resposta em frequência (dica: consulte o help do Matlab do comando **butter**)
 4. Aplique o filtro passa-baixa Butterworth do item anterior (usando comando **filter**) no sinal amostrado no exercício 2 com frequência $f_s = f_M$, $f_s = 2f_M$ e depois com $f_s = 10f_M$. Mostre os resultados usando **stem** e **plot**. Em qual situação foi possível recuperar o sinal com qualidade razoável? Justifique.
 5. Repita o exercício anterior com o sinal do exercício 1. Explore diferentes estruturas de filtros passa-baixa (será necessário fazer sintonia do filtro)
- dica: acesse [Comparison of Analog IIR Lowpass Filters](#) no site do Matlab e escolha uma estrutura de filtro que você ache mais interessante.

Exemplo:

```

1 fa=1e4; %10kHz para o sinal contínuo
2 fc =0.6*fs; %frequencia de corte abaixo da fs
3 [b,a] = cheby1(6,10,fc/(fa/2));
4 yrec=filter(b,a,ya_trem);
5 figure
6 plot(t,y/max(y),LineWidth=1.5) %plot normalizado
7 hold on
8 stem(t,ya_trem/max(ya_trem))%plot normalizado
9 plot(t,yrec/max(yrec(2000:end)),LineWidth=1.5)%plot normalizado
10 legend('original','y-a^*(t)','y-r(t)')

```