EA614 - Análise de Sinais

Exercício de Fixação de Conceitos (EFC) 2 – Resposta em Frequência

Turma A – 1º semestre de 2018

Prof: Levy Boccato Email: `lboccato@dca.fee.unicamp.br`
PED-C: Renan Brotto Email: `rbrotto@decom.fee.unicamp.br`

Parte Teórica

Considere que um kit completo contendo vários tipos de filtros (sistemas) discretos foi adquirido pela faculdade para uso nos laboratórios de graduação. Cada sistema foi implementado em uma placa de desenvolvimento própria, sendo inserido dentro de uma caixa de proteção que mostra apenas os pinos de entrada e saída, ficando o circuito digital completamente escondido. A Figura 1 traz a visão frontal de um destes módulos.

Figura 1: Exemplo de um módulo pronto contendo um sistema LIT.

Infelizmente, o fabricante acabou não entregando as especificações dos sistemas presentes no kit, de modo que não se sabe quais módulos correspondem a cada tipo de sistema desejado (e.g., passa-baixas, passa-faixa, etc). Para resolver este problema, a faculdade está convocando a turma de EA614 para auxiliar na identificação de cada módulo.

Sendo assim, dado um determinado módulo, precisamos encontrar a resposta em frequência do sistema nele contido, para que, com base nesta informação, possamos agrupar e rotular de forma semelhante todos os módulos que apresentarem o mesmo tipo de comportamento.

Para realizarmos esta tarefa, temos à disposição somente os seguintes equipamentos:

- Um gerador de sinais $x[n]$, capaz de gerar vários tipos de funções reais (e.g., $\log(\cdot)$, funções trigonométricas, $\exp(\cdot)$, etc). Porém, sinais do tipo degrau e impulso não podem ser gerados por este aparelho.
- Um osciloscópio, que exibe a forma de onda de um sinal discreto ao longo do tempo.

Sabendo que é possível controlar o sinal $x[n]$ colocado na entrada do sistema LIT, assim como observar a saída $y[n]$ gerada, proponha uma estratégia que realize a determinação da resposta em frequência $H(e^{j\omega})$ do sistema, na faixa de frequências $\omega \in [0, \pi]$ rad. Explique claramente quais conceitos estão sendo explorados na solução proposta, assim como todos os passos envolvidos no processo.

As únicas informações que temos sobre este sistema é que ele possui uma resposta ao impulso $h[n]$ com duração finita, e que $H(e^{j\omega})$ é real, $\forall \omega \in [0, \pi]$ rad.

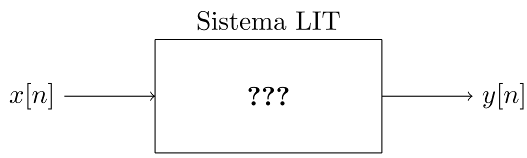

Figura 2: Diagrama de um sistema linear e invariante com o tempo com comportamento desconhecido. O sinal de entrada $x[n]$ pode ser controlado, enquanto a saída $y[n]$ pode ser observada.

Parte Computacional

Introdução

Nesta parte do exercício, vamos vivenciar de forma concreta o desafio de se identificar a resposta em frequência de um sistema linear e invariante com o tempo.

Para isto, vamos explorar o conceito de autofunção de um sistema LIT: ao inserirmos um sinal do tipo $x[n] = \cos(\omega_0 n)$ na entrada de um sistema LIT, a saída observada é a própria entrada $x[n]$, i.e., uma cossenóide de mesma frequência, mas com amplitude dada por $\left|H(e^{j\omega})\right|$. Esta propriedade é válida, por exemplo, para sistemas com resposta em frequência real (ou seja, cuja resposta de fase é nula – $\arg H(e^{j\omega}) = 0, \forall\omega$).

Sendo assim, fazendo uma varredura (*sweep*) na frequência do sinal de entrada, desde $\omega = 0$ rad a $\omega = \pi$ rad, e observando o ganho (ou fator de escala) presente no sinal de saída, é possível determinar de forma completa o módulo da resposta em frequência do sistema.

Atividades

O programa `sistema_desconhecido.p` fornecido contém a implementação do sistema LIT desconhecido. Sua missão é levantar a resposta em frequência deste sistema utilizando o conceito de autofunção. O programa recebe uma sequência $x[n]$ de entrada e devolve a saída $y[n]$ correspondente.

(a) Utilizando o sinal $x[n] = \cos(\pi/2n)$, para $n = 0, 1, \ldots, N-1$, como entrada, mostre a saída $y[n]$ gerada pelo sistema. Use $N = 1000$. Compare a saída $y[n]$ com a entrada $x[n]$ e analise se suas características seguem o comportamento esperado. Explique, também, as eventuais diferenças em relação à saída prevista pela teoria.

(b) Repita o item anterior, trocando a frequência da cossenóide pelos valores $\omega = \pi/200$ e $\omega = \pi/20$.

(c) Tendo em vista os resultados observados nos itens (a) e (b), apresente uma maneira segura para obtermos o valor do módulo da resposta em frequência do sistema ($\left|H(e^{j\omega})\right|$) em uma determinada frequência testada.

(d) Monte, agora, um programa que faça a varredura na frequência ω do sinal de entrada, na faixa de 0 rad a π rad, em passos de $\pi/200$, e que, de forma automática, capture os valores de $\left|H(e^{j\omega})\right|$. Plote, então, o módulo da resposta em frequência em função de ω. Por fim, comente de maneira sucinta como o sistema em questão se comporta no domínio da frequência.