

Aula 3 – Sinais e Sistemas de Tempo Discreto



Bem-vindo à terceira aula do nosso curso de Processamento Digital de Sinais! Se você já se perguntou como seu smartphone consegue filtrar o ruído de uma chamada, como uma foto digital é compactada sem perder muita qualidade, ou como as redes Wi-Fi transmitem dados de forma tão eficiente, você está no lugar certo. O coração de todas essas maravilhas tecnológicas reside na forma como lidamos com informações no mundo digital, e isso começa com a compreensão dos sinais e sistemas de tempo discreto.

Nesta aula, vamos desvendar os conceitos fundamentais que sustentam a era digital. Você aprenderá a "linguagem" que os computadores usam para entender e manipular dados do mundo real. Ao final, você será capaz de identificar diferentes tipos de sinais discretos, classificá-los e, mais importante, entender como os sistemas digitais processam esses sinais, reconhecendo suas propriedades essenciais como linearidade, causalidade, estabilidade e invariância no tempo.

Imagine que cada interação digital que você tem – desde um clique em um aplicativo até a reprodução de uma música – é uma orquestra complexa de sinais e sistemas trabalhando em harmonia. Compreender esses fundamentos não é apenas uma exigência acadêmica; é a chave para desvendar o funcionamento interno da tecnologia que nos cerca e para inovar no futuro. Prepare-se para conectar a teoria matemática com aplicações práticas que moldam nosso dia a dia.

O Mundo Digital e a Necessidade de Sinais Discretos



Mundo Analógico

Sinais contínuos que variam suavemente ao longo do tempo



Transformação

Processo de conversão para linguagem digital



Mundo Digital

Pontos discretos que computadores podem processar

No nosso cotidiano, estamos imersos em um mundo analógico. O som da sua voz, a luz que seus olhos captam, a temperatura ambiente – tudo isso são exemplos de sinais contínuos, que variam suavemente ao longo do tempo. No entanto, os computadores e dispositivos digitais não conseguem lidar diretamente com essa infinidade de informações contínuas. Eles precisam de uma forma de "traduzir" o mundo analógico para uma linguagem que possam entender e processar: a linguagem digital.

Exemplo Prático: Pense em como uma câmera digital captura uma imagem. Ela não registra a luz de forma contínua como um filme analógico. Em vez disso, ela divide a cena em milhões de pequenos pontos (pixels) e mede a intensidade e a cor da luz em cada um desses pontos em um instante específico. Esse processo de transformar algo contínuo em uma série de pontos discretos é a essência do que faremos aqui.

Essa transformação é crucial porque nos permite armazenar, transmitir e manipular informações com precisão e eficiência sem precedentes. Sem ela, não teríamos MP3s, vídeos em streaming, redes sociais ou qualquer das tecnologias digitais que hoje consideramos indispensáveis. É a ponte entre o que percebemos e o que as máquinas processam, e entender essa ponte é o primeiro passo para dominar o processamento digital de sinais.

Sequências de Tempo Discreto: A Linguagem Digital

Quando falamos em "sinais de tempo discreto", estamos nos referindo a sequências de valores que existem apenas em instantes específicos no tempo, e não continuamente. Imagine que você está assistindo a um filme e, em vez de ver o movimento fluido, você vê uma série de fotografias tiradas em intervalos regulares. Cada fotografia é um "instante" discreto, e a coleção dessas fotos forma uma sequência.

Essa é exatamente a ideia por trás das sequências de tempo discreto. Elas são representadas por uma função $x[n]$, onde n é um número inteiro que indica o instante de tempo (ou a posição na sequência). O valor $x[n]$ é a amplitude do sinal naquele instante. Por exemplo, se $x[n]$ representa a temperatura medida a cada hora, $x[0]$ seria a temperatura na hora zero, $x[1]$ na primeira hora, e assim por diante.

A representação dessas sequências pode ser feita de várias formas: graficamente, como uma série de hastes verticais em um gráfico; tabularmente, como uma lista de pares $(n, x[n])$; ou funcionalmente, através de uma expressão matemática. A beleza dessa representação é que ela permite aos computadores trabalhar com dados de forma numérica e lógica, abrindo as portas para algoritmos complexos de processamento.

Representações Possíveis

- Graficamente: hastes verticais em um gráfico
- Tabularmente: lista de pares $(n, x[n])$
- Funcionalmente: expressão matemática

Tipos Fundamentais de Sinais Discretos – Impulso e Degrau

Assim como as letras do alfabeto são os blocos construtores de palavras, existem alguns sinais de tempo discreto que são considerados fundamentais, pois a partir deles podemos construir e analisar outros sinais mais complexos. Compreender esses "blocos" é essencial para entender como os sistemas digitais respondem a diferentes tipos de entradas.

1

Impulso Unitário $\delta[n]$

Um "clique" único e instantâneo. Tem valor de 1 no instante $n = 0$ e é zero em todos os outros instantes.

Importância: Pode ser usado para "testar" um sistema, revelando sua resposta intrínseca. É como dar um único toque em um sino para ouvir seu som característico.

2

Degrau Unitário $u[n]$

Como um interruptor que é ligado e permanece ligado. Tem valor de 0 para $n < 0$ e valor de 1 para $n \geq 0$.

Aplicação: Útil para modelar eventos que começam em um determinado momento e continuam indefinidamente, como ligar um dispositivo ou aplicar uma tensão constante a um circuito.

❏ **Conceito-Chave:** Se você souber como um sistema responde a um impulso, você pode prever como ele responderá a qualquer outro sinal. Juntos, o impulso e o de grau formam a base para a construção e análise de muitos outros sinais e para a compreensão do comportamento dos sistemas.

Tipos Fundamentais de Sinais Discretos – Rampa e Senoides

Rampa Unitária $r[n]$

Imagine que você está aumentando o volume de uma música gradualmente, passo a passo, em vez de ligá-lo no máximo de uma vez. A rampa unitária modela esse tipo de crescimento linear: ela é zero para $n < 0$ e aumenta linearmente com n para $n \geq 0$ (ou seja, $r[n] = n$ para $n \geq 0$).

Aplicação: Útil para representar entradas que mudam de forma constante ao longo do tempo, como um contador ou um processo de acumulação.

Senoides Discretas

Talvez os sinais mais ubíquos e importantes no processamento de sinais. São a versão digital das ondas senoidais contínuas que encontramos na física e na engenharia, como ondas sonoras ou eletromagnéticas.

$$x[n] = A \cos(\omega_0 n + \phi)$$

onde A é a amplitude, ω_0 é a frequência angular discreta e ϕ é a fase.

📄 **Por que são importantes?** Através da Transformada de Fourier, podemos decompor quase qualquer sinal em uma soma de senoides de diferentes frequências, permitindo-nos analisar e manipular o conteúdo espectral de um sinal. Pense nas senoides como as "notas musicais" que compõem qualquer melodia digital.

Conceito	Âmbito/Aplicação	Base/Origem	Exemplo
Impulso Unitário	Teste de sistemas, modelagem de eventos pontuais	Função delta de Dirac (contínua)	Um clique de mouse, um pulso de radar
Degrau Unitário	Ligar/desligar, início de processos	Função degrau de Heaviside (contínua)	Acender uma lâmpada, início de um programa
Rampa Unitária	Crescimento linear, acumulação	Função rampa (contínua)	Aumento gradual de volume, contador digital
Senóide Discreta	Análise de frequência, representação de ondas	Ondas senoidais contínuas	Tom de discagem, sinal de áudio digital

A compreensão desses sinais fundamentais nos dá as ferramentas para descrever e analisar uma vasta gama de fenômenos no mundo digital, desde a modulação de sinais em telecomunicações até a representação de cores em imagens.

Classificação de Sinais Discretos – Periodicidade



Sinal Periódico

Se repete exatamente após um certo número de amostras



Condição Matemática

$x[n] = x[n + N]$ para todos os valores de n



Período Fundamental

Menor valor positivo de N que satisfaz a condição

Depois de conhecer os tipos básicos, o próximo passo é entender como os sinais se comportam ao longo do tempo. Uma das classificações mais importantes é a periodicidade. Imagine uma música que tem um refrão que se repete exatamente igual a cada minuto. Essa repetição é a essência de um sinal periódico.

Sinais Periódicos


Um **sinal de tempo discreto** $x[n]$ é **periódico** se ele se repete exatamente após um certo número de amostras. Matematicamente, isso significa que existe um número inteiro positivo N (chamado de período fundamental) tal que $x[n] = x[n + N]$ para todos os valores de n .

Exemplos: Notas musicais sustentadas, sinais de relógio em telecomunicações, ondas senoidais discretas.

Sinais Não Periódicos

Um **sinal não periódico** é aquele que não exibe essa característica de repetição regular. A maioria dos sinais que encontramos no dia a dia são não periódicos.

Exemplos: Fala humana, ruído ambiente, sequência de dados aleatórios, pulsos únicos.

 **Por que isso importa?** Distinguir entre sinais periódicos e não periódicos é crucial para escolher as ferramentas de análise corretas e para entender o comportamento de sistemas que interagem com esses sinais.

Classificação de Sinais Discretos – Energia e Potência

Além de saber se um sinal se repete, é fundamental entender a sua "força" ou "intensidade". No mundo dos sinais, essa força é frequentemente quantificada em termos de energia ou potência. Pense em um aparelho eletrônico: alguns consomem muita energia por um curto período (como um flash de câmera), enquanto outros consomem pouca energia, mas de forma contínua (como um relógio digital). Essa distinção é análoga à classificação de sinais em termos de energia e potência.

Sinal de Energia

Possui uma energia total **finita**.

$$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x[n]|^2$$

Características: Sinais de duração finita ou que decaem a zero com o tempo (como um eco que se desvanece).

Exemplos: Um pulso de áudio, um sinal de radar curto, eventos transitórios.

Sinal de Potência

Possui energia total infinita, mas potência média **finita**.

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N + 1} \sum_{n=-N}^N |x[n]|^2$$

Características: Sinais periódicos ou sinais aleatórios de longa duração.

Exemplos: Sinal de relógio, ruído de fundo contínuo, ondas senoidais.

Conceito	Âmbito/Aplicação	Base/Origem	Exemplo
Sinal de Energia	Sinais de duração finita, eventos transitórios	Energia total finita	Um pulso de áudio, um sinal de radar curto
Sinal de Potência	Sinais periódicos, sinais de longa duração	Energia total infinita, potência média finita	Sinal de relógio, ruído de fundo contínuo

Compreender se um sinal é de energia ou de potência nos ajuda a escolher as ferramentas matemáticas apropriadas para sua análise e processamento.

Definição de Sistemas de Tempo Discreto

Agora que entendemos o que são os sinais de tempo discreto, é hora de explorar como eles são manipulados. Um **sistema de tempo discreto** é, em sua essência, uma "máquina" ou um processo que transforma um sinal de entrada de tempo discreto em um sinal de saída de tempo discreto. Pense em um filtro de Instagram: você alimenta uma imagem (sinal de entrada), e o filtro aplica uma série de transformações para produzir uma imagem modificada (sinal de saída).

Representação Matemática

$$y[n] = T\{x[n]\}$$

onde $T\{\cdot\}$ é a operação do sistema

Matematicamente, podemos representar um sistema como uma operação $T\{\cdot\}$ que atua sobre um sinal de entrada $x[n]$ para produzir um sinal de saída $y[n]$, ou seja, $y[n] = T\{x[n]\}$. Essa transformação pode ser simples, como atrasar o sinal por algumas amostras, ou complexa, como remover ruído de uma gravação de áudio. O objetivo principal de um sistema é processar informações de uma maneira específica para alcançar um resultado desejado.



Processamento de Áudio

Equalizadores que ajustam frequências, remoção de ruído em chamadas



Processamento de Imagens

Filtros de foto, compressão JPEG, ajustes de brilho e contraste



Telecomunicações

Modulação digital, sistemas de correção de erros, transmissão Wi-Fi/5G

A beleza dos sistemas de tempo discreto é que eles são a espinha dorsal de quase toda a tecnologia digital. Desde os equalizadores em seu aparelho de som que ajustam as frequências do áudio, passando pelos algoritmos de compressão de imagens que reduzem o tamanho dos arquivos JPEG, até os sistemas de comunicação que codificam e decodificam dados para transmissão sem fio, todos são exemplos de sistemas de tempo discreto em ação. Entender como esses sistemas funcionam e quais são suas propriedades é fundamental para projetar e analisar qualquer dispositivo digital.

Propriedades Fundamentais dos Sistemas

– Linearidade

Ao estudar sistemas, é crucial entender suas características para prever como eles se comportarão. Uma das propriedades mais desejáveis e estudadas é a **linearidade**. Um sistema linear é como uma ferramenta que se comporta de forma previsível: se você dobrar a entrada, a saída também dobrará; se você aplicar duas entradas diferentes ao mesmo tempo, a saída será a soma das saídas que cada entrada produziria individualmente.

1

Homogeneidade (Escalonamento)

Se uma entrada $x[n]$ produz uma saída $y[n]$, então uma entrada $a \cdot x[n]$ (onde a é uma constante) produzirá uma saída $a \cdot y[n]$.

Exemplo: Pense em um amplificador de áudio: se você dobrar o volume da entrada, o volume da saída também dobrará.

2

Aditividade

Se uma entrada $x_1[n]$ produz $y_1[n]$ e uma entrada $x_2[n]$ produz $y_2[n]$, então uma entrada $x_1[n] + x_2[n]$ produzirá uma saída $y_1[n] + y_2[n]$.

Significado: O sistema não "mistura" as entradas de forma inesperada.

- ❏ **Por que a linearidade é poderosa?** A linearidade simplifica enormemente a análise de sistemas. Muitos sistemas do mundo real podem ser aproximados como lineares, e aqueles que não são, muitas vezes são tratados como lineares em certas faixas de operação. Isso nos permite usar ferramentas matemáticas robustas, como a superposição, para entender seu comportamento complexo.

Propriedades Fundamentais dos Sistemas

– Causalidade

Outra propriedade essencial para entender o comportamento dos sistemas, especialmente aqueles que operam em tempo real, é a **causalidade**. Imagine que você está assistindo a um filme: os eventos que acontecem na tela agora só podem ser influenciados por eventos que já ocorreram, e não por eventos que ainda vão acontecer. Da mesma forma, um sistema causal é aquele que não pode "prever o futuro".

Definição Formal

Um **sistema de tempo discreto é causal** se a sua saída em qualquer instante de tempo n depende apenas da entrada naquele mesmo instante n e de entradas passadas (ou seja, para $k \leq n$). Ele nunca depende de entradas futuras (para $k > n$).

Em outras palavras, a saída $y[n]$ é uma função de $x[k]$ apenas para $k \leq n$.

A causalidade é uma propriedade fundamental para sistemas físicos e para qualquer sistema que precise operar em tempo real, como um sistema de controle de voo, um processador de áudio ao vivo ou um sistema de comunicação. Não faz sentido que um equalizador de áudio precise saber o que você vai falar no futuro para processar o que você está falando agora. Sistemas não causais, embora úteis em certas aplicações (como processamento de imagens off-line, onde você tem acesso a todos os pixels da imagem de uma vez), não podem ser implementados em tempo real.

Aplicações Práticas

- Sistemas de controle de voo
- Processadores de áudio ao vivo
- Sistemas de comunicação em tempo real
- Qualquer sistema que opere em tempo real

Propriedades Fundamentais dos Sistemas

– Estabilidade

Quando projetamos ou utilizamos um sistema, queremos que ele seja confiável e previsível. Ninguém gostaria de usar um sistema de som que, ao receber um sinal de áudio normal, de repente produz um ruído ensurdecedor e incontrolável. É aqui que entra a propriedade da **estabilidade**. Um sistema estável é aquele que não "explode" ou entra em colapso quando recebe uma entrada razoável.

Entrada Limitada	Sistema Estável BIBO	Saída Limitada
Sinal de entrada cuja amplitude nunca excede um valor máximo finito	Bounded Input, Bounded Output - transforma entrada limitada em saída limitada	Sinal de saída que também permanece dentro de limites finitos

Mais especificamente, um **sistema de tempo discreto é estável no sentido BIBO (Bounded Input, Bounded Output)** se, para toda entrada limitada (bounded input), a saída resultante também for limitada (bounded output). Uma entrada é limitada se sua amplitude nunca excede um certo valor máximo finito. Se você alimentar um sistema estável com um sinal que não é infinitamente grande, a saída também não será infinitamente grande.

- ❏ **Importância Crítica:** A estabilidade é crucial para a segurança e o bom funcionamento de qualquer sistema. Em um sistema de controle de temperatura, por exemplo, se a entrada (temperatura desejada) for um valor sensato, a saída (temperatura real) não deve oscilar descontroladamente ou atingir temperaturas extremas. A falta de estabilidade pode levar a falhas catastróficas em sistemas de engenharia, desde pontes a aeronaves. Portanto, garantir a estabilidade é um dos primeiros passos no projeto de sistemas digitais confiáveis.

Propriedades Fundamentais dos Sistemas

– Invariância no Tempo

Imagine que você tem uma máquina de café que sempre faz o mesmo café, independentemente da hora do dia em que você a usa. Se você a usar de manhã, à tarde ou à noite, o resultado será consistente. Essa consistência é a essência da **invariância no tempo** para sistemas.

Definição

Um **sistema de tempo discreto é invariante no tempo** se o seu comportamento e as suas características não mudam com o passar do tempo. Isso significa que, se você atrasar a entrada de um sinal por um certo número de amostras, a saída correspondente também será atrasada pelo mesmo número de amostras, sem qualquer outra alteração.

Matematicamente: Se $x[n]$ produz $y[n]$, então $x[n - n_0]$ (entrada atrasada por n_0 amostras) produzirá $y[n - n_0]$ (saída atrasada pela mesma quantidade).

Essa propriedade é extremamente importante porque nos permite analisar o sistema uma única vez e ter certeza de que essa análise será válida em qualquer momento futuro. Muitos filtros digitais, por exemplo, são projetados para serem invariantes no tempo, garantindo que a qualidade do áudio ou da imagem processada seja consistente, independentemente de quando o processamento ocorre. Sistemas que mudam suas características ao longo do tempo (sistemas variantes no tempo) são mais complexos de analisar e projetar, embora existam em certas aplicações, como sistemas de radar adaptativos.



Vantagens

- Análise válida em qualquer momento
- Comportamento previsível
- Qualidade consistente
- Simplificação do projeto

A Importância Combinada das Propriedades

Até agora, exploramos as propriedades fundamentais dos sistemas de tempo discreto individualmente: linearidade, causalidade, estabilidade e invariância no tempo. Cada uma delas nos dá uma visão importante sobre como um sistema se comporta. No entanto, a verdadeira potência e a simplificação na análise de sistemas surgem quando combinamos algumas dessas propriedades, especialmente a linearidade e a invariância no tempo.



Sistemas que são **Lineares e Invariantes no Tempo (LTI)** formam uma classe de sistemas de extrema importância no processamento digital de sinais. A razão é que esses sistemas possuem uma estrutura matemática muito bem definida e ferramentas poderosas para sua análise, como a convolução (que será o tema da nossa próxima aula) e as transformadas de Fourier e Z. A maioria dos filtros digitais, equalizadores, e muitos outros componentes essenciais em áudio, imagem e telecomunicações são projetados para serem LTI, ou podem ser aproximados como tal.

Propriedade	Característica Principal	Implicação Prática	Exemplo
Linearidade	Homogeneidade e Aditividade	Análise por superposição, previsibilidade de resposta	Amplificador de áudio ideal
Causalidade	Saída depende apenas de entradas presentes e passadas	Essencial para sistemas em tempo real	Sistema de controle de temperatura
Estabilidade	Entrada limitada produz saída limitada (BIBO)	Garante que o sistema não "explode", confiabilidade	Filtro de ruído que não amplifica o ruído
Invariância no Tempo	Comportamento não muda com o tempo	Análise consistente, resposta previsível a atrasos	Filtro digital de imagem fixo

Pense nessas propriedades como um conjunto de ferramentas em uma caixa. Cada ferramenta (linearidade, causalidade, estabilidade, invariância no tempo) tem sua função. Mas quando você as combina de certas maneiras, como linearidade com invariância no tempo, você cria um "super-kit" que permite resolver problemas muito mais complexos e de forma mais eficiente. A compreensão dessas propriedades não é apenas teórica; ela é a base para projetar sistemas digitais robustos, eficientes e previsíveis que impulsionam a tecnologia moderna.

Aplicações Práticas dos Sinais e Sistemas Discretos

Toda essa teoria sobre sinais e sistemas de tempo discreto pode parecer abstrata, mas ela é a base invisível que sustenta grande parte da tecnologia que usamos diariamente. As "Informações Atualizadas e Tendências Incorporadas" mencionadas no início do curso destacam exatamente isso: a conexão entre os fundamentos matemáticos sólidos e as aplicações práticas e atuais.



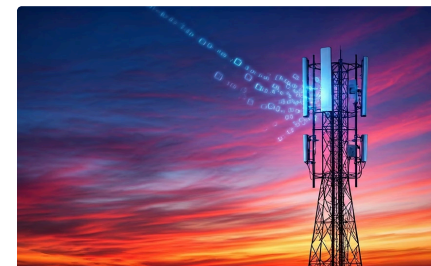
Processamento de Áudio

Os equalizadores digitais em seu aplicativo de música são sistemas de tempo discreto que manipulam as frequências de um sinal de áudio. A remoção de ruído em chamadas de vídeo ou em gravações de estúdio também é realizada por sistemas discretos que filtram componentes indesejados do sinal. A compressão de áudio para formatos como MP3 depende da análise e manipulação de senóides discretas para descartar informações menos perceptíveis ao ouvido humano.



Processamento de Imagens

Cada filtro que você aplica em uma foto (para ajustar brilho, contraste, nitidez ou adicionar efeitos) é um sistema de tempo discreto operando nos pixels da imagem. A compressão de imagens (JPEG) e vídeos (MPEG) utiliza a decomposição de sinais em componentes de frequência para reduzir o tamanho dos arquivos sem perda significativa de qualidade visual.



Telecomunicações

Desde a modulação digital que permite transmitir dados via Wi-Fi ou 5G, até os sistemas de correção de erros que garantem a integridade dos dados, tudo é construído sobre os princípios de sinais e sistemas discretos. A capacidade de converter sinais analógicos em digitais, processá-los e transmiti-los eficientemente é o que tornou a comunicação global instantânea uma realidade.

Esses são apenas alguns exemplos de como os conceitos que você aprendeu hoje são aplicados para criar as inovações tecnológicas de 2025 e além.

Consolidação e Próximos Passos

01

Sinais Discretos

Impulso, degrau, rampa e senoides como blocos construtores

02

Classificação

Periodicidade, energia e potência

03

Sistemas

Transformações de sinais de entrada em saída

04

Propriedades

Linearidade, causalidade, estabilidade, invariância no tempo

Chegamos ao final desta aula, onde desvendamos os fundamentos dos sinais e sistemas de tempo discreto. Começamos entendendo a necessidade de digitalizar o mundo analógico, exploramos os blocos construtores de sinais – impulso, degrau, rampa e senoides – e aprendemos a classificá-los por periodicidade, energia e potência. Em seguida, mergulhamos nos sistemas de tempo discreto, compreendendo suas propriedades essenciais: linearidade, causalidade, estabilidade e invariância no tempo, que são a base para sistemas LTI.

Em prática

Os conceitos de sinais e sistemas discretos são a espinha dorsal de qualquer dispositivo digital. Ao entender a linearidade, você pode prever a resposta de um sistema a múltiplas entradas. A causalidade é vital para sistemas em tempo real, enquanto a estabilidade garante que seu sistema não falhe. A invariância no tempo assegura que o comportamento do sistema seja consistente, independentemente de quando ele é usado.

Próxima Aula

Daremos um passo adiante e exploraremos os **Sistemas Lineares Invariantes no Tempo (LTI)** e a poderosa ferramenta da **Convolução**. Você verá como a convolução é a operação fundamental que descreve a relação entre a entrada e a saída de qualquer sistema LTI, abrindo caminho para a análise de filtros e outros processadores digitais.

Recursos Adicionais

- **Livro:** "Processamento Digital de Sinais" de Oppenheim e Schaffer – Para aprofundar nos fundamentos matemáticos.
- **Artigo:** "The Digital Signal Processing Handbook" – Para explorar aplicações e tendências atuais.
- **Vídeos:** Khan Academy ou canais universitários no YouTube sobre PDS – Para visualizações e explicações alternativas.

Autoavaliação

Questão 1

1

Qual das seguintes opções descreve corretamente um sinal de impulso unitário discreto, $\delta[n]$?

- a) É 1 para $n \geq 0$ e 0 para $n < 0$.
- b) É 1 para $n = 0$ e 0 para $n \neq 0$.
- c) Aumenta linearmente com n para $n \geq 0$.
- d) É uma onda senoidal com frequência discreta.

Questão 2

2

Um sistema de tempo discreto é considerado causal se:

- a) Sua saída depende apenas de entradas futuras.
- b) Sua saída é limitada para qualquer entrada limitada.
- c) Sua saída em qualquer instante n depende apenas de entradas em n e instantes passados.
- d) Seu comportamento não muda com o tempo.

Questão 3

3

Qual propriedade de um sistema garante que, se a entrada for escalonada por uma constante, a saída também será escalonada pela mesma constante?

- a) Causalidade
- b) Estabilidade
- c) Linearidade (Homogeneidade)
- d) Invariância no Tempo

Questão 4

4

Um sinal de áudio que se repete exatamente a cada 100 amostras é classificado como:

- a) Sinal de energia não periódico.
- b) Sinal de potência periódico.
- c) Sinal de rampa.
- d) Sinal de impulso.

Questão 5 (Dissertativa)

5

Explique a importância da combinação das propriedades de linearidade e invariância no tempo (LTI) para a análise e projeto de sistemas de processamento digital de sinais.



Gabarito

1. b)

2. c)

3. c)

4. b)