

- Geração de ondas acústicas**
- As ondas de ultrassom são geradas devido ao efeito piezoelétrico
 - Consiste na variação das dimensões físicas de certos materiais quando sujeitos a campos elétricos
 - O contrário também ocorre, ou seja, a aplicação de pressões
- Por exemplo, pressões acústicas que causam variações nas dimensões de materiais piezoelétricos provocam o aparecimento de campos elétricos
- Tensão alternada produz oscilações nas dimensões do cristal.

Transdutores

- Pulsos de alta frequência são produzidos por um gerador de pulso e enviados ao transdutor por um transmissor
- O sinal elétrico faz com que o cristal momentaneamente mude de tamanho, aumentando e diminuindo a pressão na frente do transdutor, produzindo as ondas de ultrassom
- Os ecos ultrassônicos que retornam são convertidos novamente em sinais elétricos utilizando o mesmo ou outro transdutor
- Características de um feixe de ultrassom**
- Frentes da onda são paralelas à superfície do transdutor

Analogico e digital

- Signals can be analog or digital
- Analog signals**
 - Represent data that is continuous
 - Analog signals can have an infinite number of values in a range
- Digital signals**
 - Represent data that can take only discrete values
 - Digital signals have a limited number of values

Sinal analógico

- An analog signal may be modeled as a real-valued function of a real independent variable t , which is usually time.
 - Suppose that at each time t within some interval $a < t < b$ we perform a measurement, and this measurement yields a real number
 - In this case our measurements are naturally represented by a real-valued function $x(t)$ with domain $a < t < b$.
 - We will refer to $x(t)$ as an *analog signal*.
- The function $x(t)$ might represent the intensity of sound at a given location (an audio signal), the current through a wire, the speed of an object, and so on.
- Many physical processes are naturally modeled by analog signals
- Analog models also have the advantage of being amenable to analysis using methods from calculus and differential equations
- In general, in signal processing we are faced by a few persistent annoyances:
 - We almost never have an explicit formula for $x(t)$
 - Most signals are very complex
 - Most signals have noise.
- Exemplos: tensão e corrente, pressão, temperatura, velocidade, etc

Sinais digitais

- Represent signals by a sequence of numbers
 - Sampling or analog-to-digital conversions
- Perform processing on these numbers with a digital processor
 - Digital signal processing (DSP)
 - Reconstruct analog signal from processed numbers
 - Reconstruction or digital-to-analog conversion



- Sequência base de DNA
- 1. Sensores de Presença
- 2. Botões
- Número de alunos em uma turma
- População da décima geração de certas espécies

Sinais periódicos

A signal is periodic if $f(x)=f(x+X)=f(x)$

- we call X the period of the signal
- if there is no such X then the signal is aperiodic
- we call X the period of the signal
- if there is no such X then the signal is aperiodic

$A \sin\left(\frac{2\pi x}{X} + \varphi_s\right)$ <p>where φ_s is the phase shift and A is the amplitude</p>	Sinus
--	-------

Pros and Cons of Digital Signal Processing

- Advantages**
 - Accuracy can be controlled by choosing word length
 - Dynamic range can be controlled using floating point numbers
 - Flexibility can be achieved with software implementations
 - Digital storage is cheap
 - Digital information can be encrypted for security
 - Price/performance and reduced time-to-market
- Disadvantages**
 - Sampling causes loss of information
 - A/D and D/A requires mixed-signal hardware
 - Limited speed of processors
 - Quantization and round-off errors

Amostragem • Função do objeto real

- Processo de discretização de uma função contínua em um array (e.g. matriz) de valores

Amostragem

measuring the signal's instantaneous value at specific times over a finite interval of interest.

analog-to-digital ("A-to-D")

More explicitly, suppose that the signal $x(t)$ is defined on the time interval $a \leq t \leq b$. Choose an integer $N \geq 1$ and define the *sampling interval* $\Delta t = (b - a)/N$. We then measure $x(t)$ at times $t = a, a + \Delta t, a + 2\Delta t, \dots$, to obtain samples

$$x_n = x(a + n\Delta t), \quad n = 0, 1, \dots, N.$$

Define $\mathbf{x} = (x_0, x_1, \dots, x_N) \in \mathbb{R}^{N+1}$.

Podemos mapear o intervalo $[-E, +E] \subseteq \mathbb{R}$ em 2^B códigos distintos subdividindo o intervalo em segmentos de tamanho $\frac{2E}{2^B}$ e associando cada intervalo da forma $\left[-E + k\frac{2E}{2^B}, -E + (k+1)\frac{2E}{2^B}\right)$ ao código k .

Amostragem e quantização

- The combination of sampling and quantization allows us to *digitize* a signal, and thereby convert it into a form suitable for computer storage and processing
- Unfortunately, quantization is a process that corrupts the algebraic structure afforded by the vector space model
- In addition quantization introduces irreversible, though usually acceptable, loss of information.

Ruído de amostragem

- If the noiseless samples are given by x_n , the noisy sample values y_n might be modeled as $y_n = x_n + e_n$ where e_n represents the noise in the n th measurement.
- The errors e are usually assumed to be distributed according to some probability distribution, known or unknown.

Amostragem em 2 dimensões

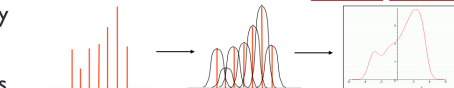
- Obtenção de valores $f_{m,n}$, para $m = 1, \dots, M$ e $n = 1, \dots, N$ onde $f_{m,n} = f(x_m, y_n)$,
- Os valores x_1, x_2, \dots são equiespaçados com intervalo Δx
 - ou frequência de amostragem $1/\Delta x$
- Os valores y_1, y_2, \dots são equiespaçados com intervalo Δy ou Δx
 - ou frequência de amostragem $1/\Delta y$
- Podemos utilizar algum tipo de função integral ou média próxima ao ponto (x_p, y_s)

Função de espalhamento

Each pixel is not a sharp spike, but represented by a point spread function (PSF)

The PSFs overlap and form a continuous function (for the eye)

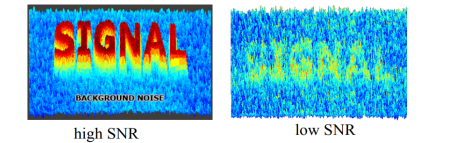
Smaller PSFs give sharper images



Razão sinal-ruído (SNR)

Signal-to-Noise ratio (SNR) = $S_{\text{RMS}} / N_{\text{RMS}}$

- RMS: root mean square



$$x_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{n} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)}.$$

The corresponding formula for a continuous function (or waveform) $f(t)$ defined over the interval $T_1 \leq t \leq T_2$ is

$$f_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt},$$

Fórmula de Euler

$$z(t) = e^{i\omega t} = \cos(\omega t) + i \sin(\omega t) = e^{i^x} = \cos x + i \sin x$$

In the real-valued sine/cosine case we only need to work with $\omega > 0$, since $\cos(-\omega t) = \cos(\omega t)$ and $\sin(-\omega t) = -\sin(\omega t)$.

Any function that can be constructed as a sum using negative values of ω has an equivalent expression with positive ω .

Relação de Euler

$e^{i\theta} = \cos(\theta) + i \sin(\theta)$.

From this we have (with $\theta = \omega t$ and $\theta = -\omega t$)

$$e^{i\omega t} = \cos(\omega t) + i \sin(\omega t),$$

$$e^{-i\omega t} = \cos(\omega t) - i \sin(\omega t),$$

which can be solved for $\cos(\omega t)$ and $\sin(\omega t)$ as

$$\cos(\omega t) = \frac{e^{i\omega t} + e^{-i\omega t}}{2},$$

$$\sin(\omega t) = \frac{e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}}{2i}.$$

Periodicidade de $e^{i\omega t}$

O período (comprimento de onda) λ é o menor valor positivo que verifica a seguinte propriedade:

$$\lambda = \text{período de } e^{i\omega t} \Leftrightarrow e^{i\omega(t+\lambda)} = e^{i\omega t}, \forall t \in \mathbb{R}$$

$$e^{i\omega t} e^{i\omega \lambda} = e^{i\omega(t+\lambda)} = e^{i\omega t}, \forall t \in \mathbb{R}$$

$$\Rightarrow e^{i\omega \lambda} = 1$$

$$\Rightarrow |\omega| \lambda = \frac{2\pi}{1}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{|\omega|}$$

Frequência

A frequência é dada por $q = \frac{1}{\lambda}$ que é o número de oscilações completas por unidade da variável t . Se t é tempo, q é medido em Hz. Se t é espaço, q é medido em ciclos/unidade espacial.

Note que $q = \frac{1}{\lambda} = \frac{|\omega|}{2\pi}$. A função básica $e^{i\omega t}$ pode ser expressada equivalentemente como $e^{2\pi i \cdot q \cdot t}$ (admitindo que q poderia ser negativo também).

Representação geral

$Ae^{i(2\pi kx + \phi)} = A(\cos(2\pi kx + \phi) + i \sin(2\pi kx + \phi))$

- the \cos term is the signal's real part
- the \sin term is the signal's imaginary part
- A is the amplitude, φ the phase shift, k determines the frequency

se $f : [0, T] \rightarrow \mathbb{R}$ (ou \mathbb{C}) é limitada e tiver uma quantidade finita de descontinuidades. existem constantes $\{c_k\}_{k \in \mathbb{Z}} \subseteq \mathbb{C}$ tais que

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{2\pi i k (\frac{1}{T}) t}$$

Luz visível

- Radiação eletromagnética com comprimentos de onda na faixa entre 370nm e 750nm, composta por fótons capazes de sensibilizar o olho humano

Radiação eletromagnética

- Fótons que navegam em ondas periódicas
 - Transportam energia
 - Luz viaja em linha reta em um certo meio
 - Não requer meio de propagação

Ondas acústicas

- Ondas de pressão que propagam pela matéria através da compressão e expansão de material
- Requer meio material de propagação
- Classificação (frequência):
 - Infrassom
 - Som audível
 - Ultrassom

Humanos: 20Hz ~ 20kHz

O que é som ?

- Ondas mecânicas longitudinais de compressão e rarefação do meio capazes de sensibilizar o sistema auditivo humano
- Sound wave propagate by longitudinal motion (compression/expansion), but not transverse motion (side-to-side)**

Processamento de sinais

- Humans are the most advanced signal processors
 - Speech and pattern recognition, speech synthesis,...
- We encounter many types of signals in various applications
 - Electrical signals:** voltage, current, magnetic and electric fields,...
 - Mechanical signals:** velocity, force, displacement,...
 - Acoustic signals:** sound, vibration,...
 - Other signals: pressure, temperature,...
- Most real-world signals are analog
 - They are continuous in time and amplitude
 - Convert to voltage or currents using sensors and transducers
- Analog circuits process these signals using
 - Resistors, Capacitors, Inductors, Amplifiers, etc

Sinais e sistemas

- Sinais** são funções matemáticas de uma ou mais variáveis independentes, capazes de representar uma variedade de processos físicos
- Sistemas** são entidades que respondem aos sinais e por sua vez, produzem novos sinais
 - Exemplo: Instrumentos médicos realizam mensurações físicas (i.e. amostram sinais) e os transformam em imagens (i.e. geram novos sinais).

Sinal causal

- Um sinal é causal se for zero para $t < 0$
- O instante em que o sinal inicia é chamado de tempo inicial
- Nós geralmente tomamos o tempo inicial igual a zero
- Sinais causais são facilmente criados pela multiplicação de qualquer sinal contínuo pelo sinal de degrau unitário

Sequência causal

- Uma sequência que é diferente de zero em um intervalo finito de índices é chamada de sequência de comprimento finito.
- Uma sequência cujas amostras são de valor zero para índices negativos é causal
- Uma sequência anti-causal pode ter amostras diferentes de zero apenas para índices negativos

Sinal determinístico

- Um sinal que pode ser descrito por uma forma matemática explícita é determinístico
- Um sinal determinístico pode ser periódico ou aperiódico
- Sinal periódico consiste em uma forma básica de duração finita que é replicada infinitamente
- Um sinal que não pode ser descrito em uma forma matemática explícita é chamado aleatório, também conhecido como não-determinístico ou estocástico.