



```
01001110 01101111 00100000 01100110 01101001 01101110 01100001  
01101100 00100000 01110100 01100101 01110010 01100101 01101101  
01101111 01110011 00100000 01100010 01101111 01101100 01101111  
00100001
```

Sinais Digitais

Paulo Ricardo Lisboa de Almeida



Alguns trechos desses slides foram baseados nas aulas de Marco Zanata: web.inf.ufpr.br/mazalves/dis-circuitos-digitais



Mundo analógico e digital

O mundo físico é analógico

Mas nossos computadores são discretos



Não podemos representar “qualquer valor”. Não existem valores intermediários entre os valores válidos.

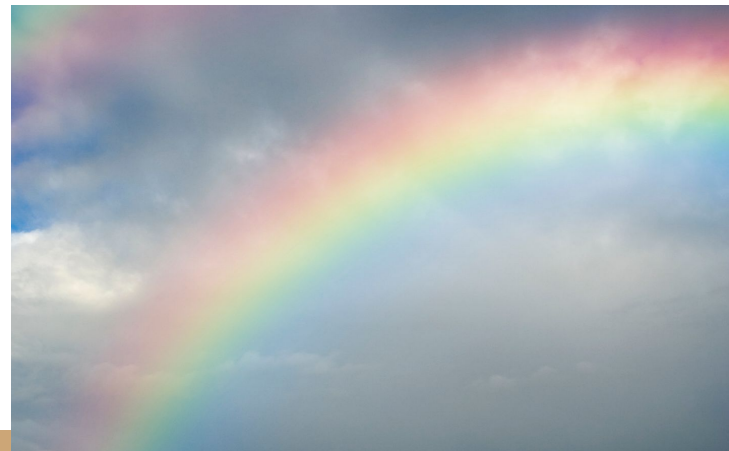
Mundo analógico e discreto

O mundo físico é analógico

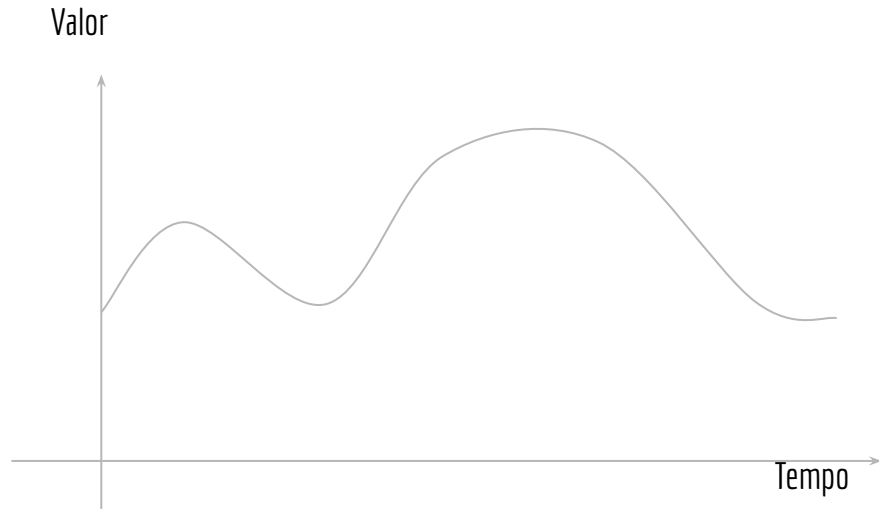
Mas nossos computadores são discretos

Não podemos representar “qualquer valor”. Não existem valores intermediários entre os valores válidos.

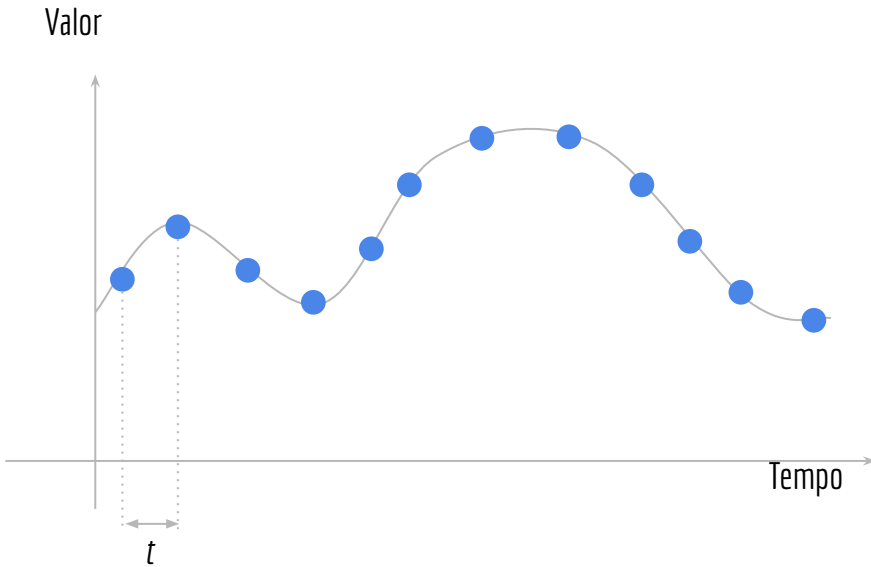
Exemplo: Ao olhar para um arco-íris, podemos ver uma transição contínua entre as cores. Essa transição contínua não pode ser representada perfeitamente em um mundo discreto



Mundo analógico e discreto



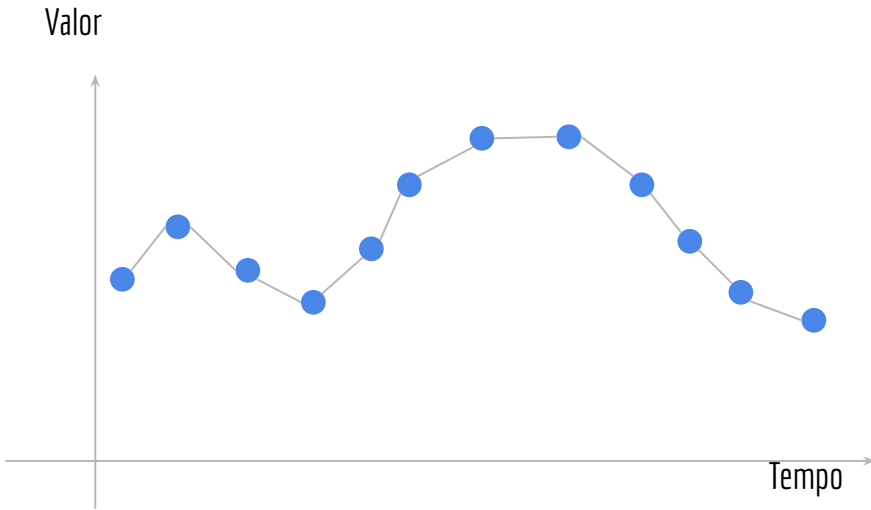
Mundo analógico e discreto



Amostragem

Podemos discretizar um sinal analógico, verificando o seu valor a cada t instantes de tempo (t é o período).

Mundo analógico e discreto



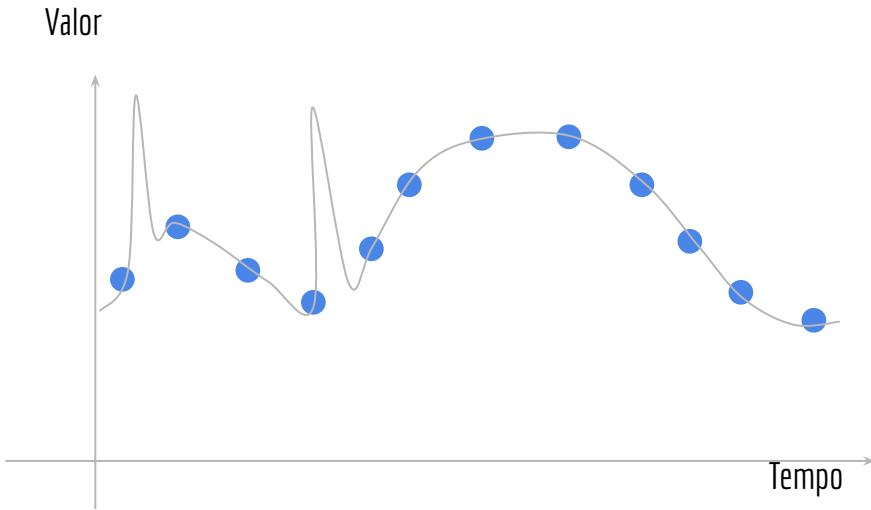
Amostragem

Podemos discretizar um sinal analógico, verificando o seu valor a cada t instantes de tempo.

Quanto menor for t , mais fiel é o sinal discreto quando comparado ao analógico

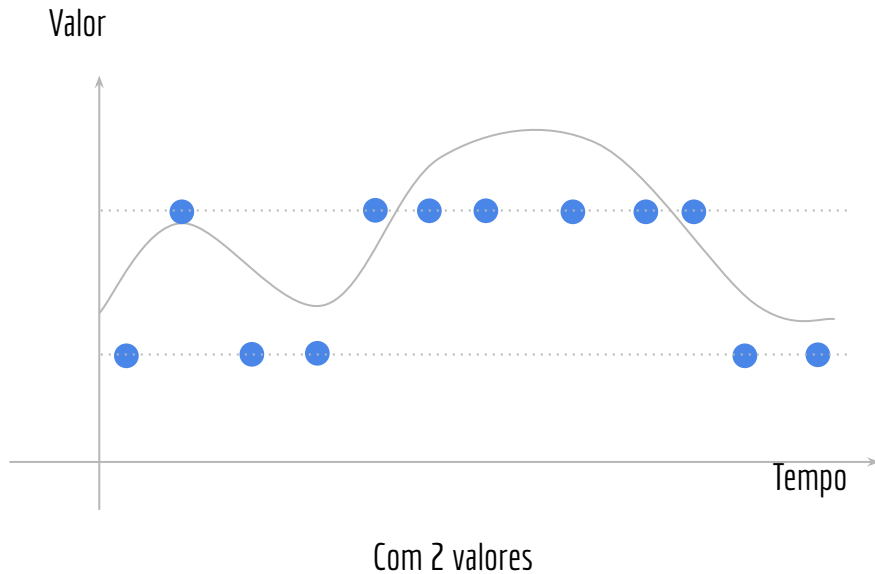
Podemos interpolar o sinal discreto para reconstruir (algo próximo) do sinal original

Mundo analógico e discreto



Durante a discretização, algumas informações podem ser perdidas.

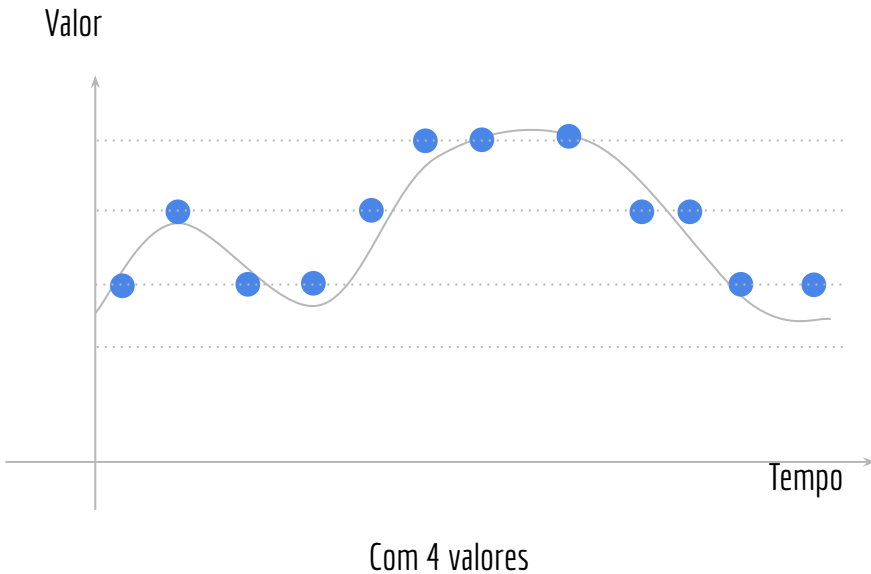
Mundo analógico e discreto



Quantização

No eixo y, quantos valores podemos representar? Quanto mais valores valores, maior a fidelidade no eixo y com o sinal original, mas o hardware se torna mais complicado.

Mundo analógico e discreto



Quantização

No eixo y, quantos valores podemos representar? Quanto mais valores valores, maior a fidelidade no eixo y com o sinal original.

Exemplo

Geralmente as **músicas** que ouvimos possuem uma amostragem de 44.100Hz

Isso significa que a cada $t = 1/441000 \approx 0,000023$ segundos um sinal é amostrado

Exemplo

Geralmente as **músicas** que ouvimos possuem uma amostragem de 44.100Hz

Isso significa que a cada $t = 1/441000 \approx 0,000023$ segundos um sinal é amostrado

Lembre-se que $f = 1/t$, onde f é a frequência, e t o período

Exemplo

Geralmente as **músicas** que ouvimos possuem uma amostragem de 44.100Hz

Isso significa que a cada $t = 1/441000 \approx 0,000023$ segundos um sinal é amostrado

Pela Frequência de *Nyquist* sabemos que se desejamos reconstruir um sinal com um frequência x , precisamos amostrar com uma frequência de pelo menos $2x$. Logo, nossas músicas podem ser reconstruídas no seu auto-falante com uma frequência de até $44.100/2 = 22.050$ Hz

A Frequência de Nyquist é definida como $f_{amostragem} \geq 2f_{max}$

Exemplo

Geralmente as **músicas** que ouvimos possuem uma amostragem de 44.100Hz

Isso significa que a cada $t = 1/441000 \approx 0,000023$ segundos um sinal é amostrado

Por *Nyquist* sabemos que se desejamos reconstruir um sinal com um frequência x , precisamos amostrar com uma frequência de pelo menos $2x$. Logo, nossas músicas podem ser reconstruídas no seu auto-falante com uma frequência de até $44.100/2 = 22.050$ Hz



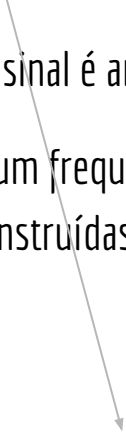
De onde saiu esse número mágico?

Exemplo

Geralmente as **músicas** que ouvimos possuem uma amostragem de 44.100Hz

Isso significa que a cada $t = 1/441000 \approx 0,000023$ segundos um sinal é amostrado

Por *Nyquist* sabemos que se desejamos reconstruir um sinal com um frequência x , precisamos amostrar com uma frequência de pelo menos $2x$. Logo, nossas músicas podem ser reconstruídas no seu auto-falante com uma frequência de até $44.100/2 = 22.050$ Hz



De onde saiu esse número mágico?
A maioria dos humanos consegue ouvir frequências de até 20.000 Hz.

Exemplo

Geralmente as **músicas** que ouvimos possuem uma amostragem de 44.100Hz

Isso significa que a cada $t = 1/441000 \approx 0,000023$ segundos um sinal é amostrado

Quantização de 16 bits: podemos representar $2^{16} = 65536$ intensidades diferentes no “eixo y”

Ouçá exemplos

De uma música com diferentes amostragens: <https://youtu.be/fZzMXdxbOes>

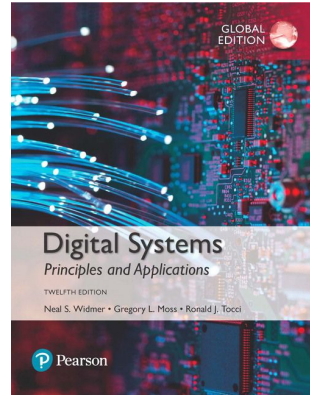
De uma música com diferentes quantizações: <https://youtu.be/ubCMI3Jq6e4>

Exercícios

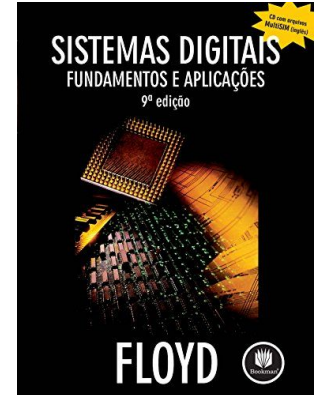
1. Veja esse vídeo com mais curiosidades sobre como um fone de ouvido sem fios funciona:
https://youtu.be/_ZKNOKHpqE4
2. Você foi contratado(a) para criar fones de ouvidos para cachorros! Sabendo-se que um cachorro consegue ouvir frequências de até 65.000 Hz, qual deve ser a frequência de amostragem de nossas músicas para cachorros, para que o sinal possa ser reproduzido com perfeição na frequência audível para nossos amigos caninos?

Referências

Ronald J. Tocci, Gregory L. Moss, Neal S. Widmer. Sistemas digitais. 10a ed. 2017.



Thomas Floyd. Widmer. Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações. 2009.



Licença

Este obra está licenciado com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

