

```
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 discreto

O mundo físico é analógico.

Mas (boa parte dos) 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 (boa parte dos) nossos computadores são discretos

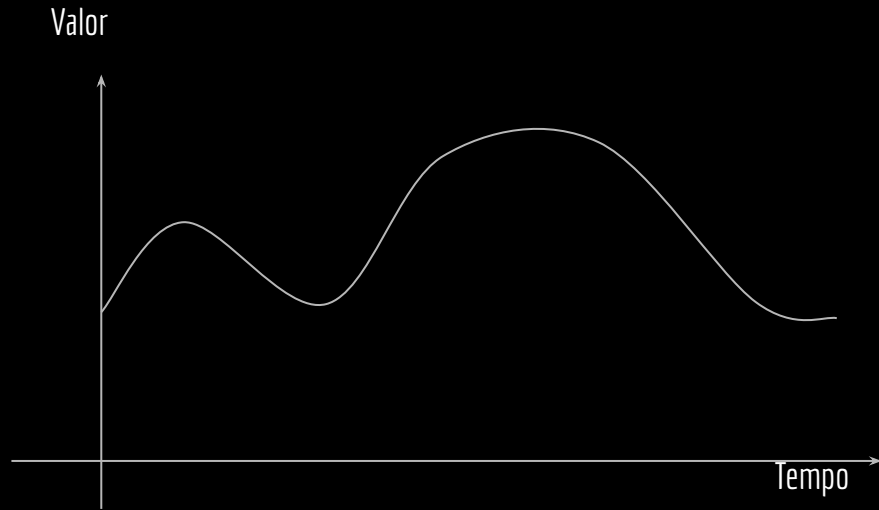


Não podemos representar qualquer valor. Não existem valores intermediários entre os valores válidos.

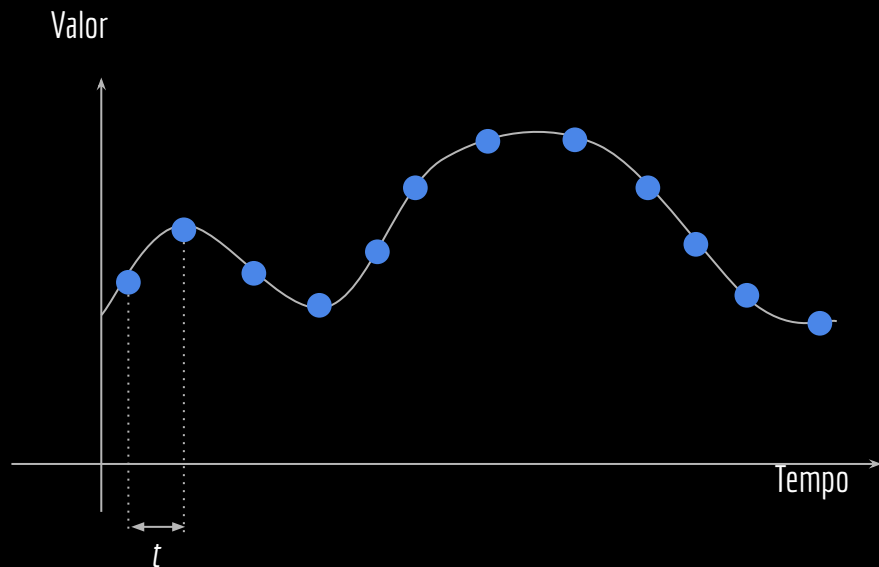
Exemplo: Ao olhar para um arco-íris, podemos ver uma transição contínua entre as cores. Essa transição contínua não pode ser representada perfeitamente em um mundo discreto.



Mundo analógico e discreto



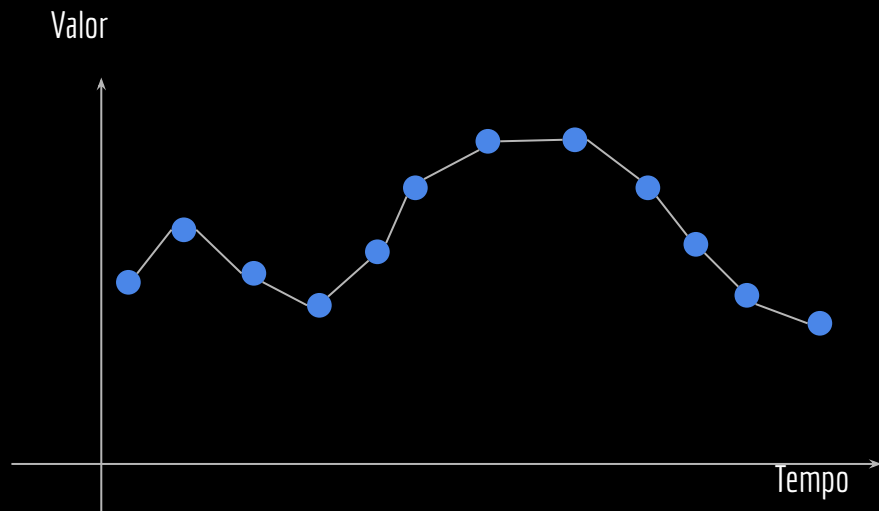
Mundo analógico e discreto



Amostragem.

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

Mundo analógico e discreto



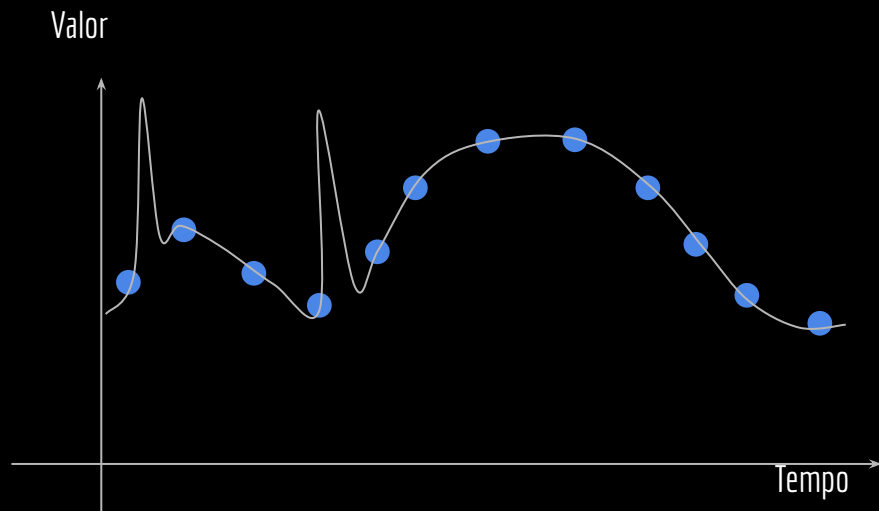
Amostragem.

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.

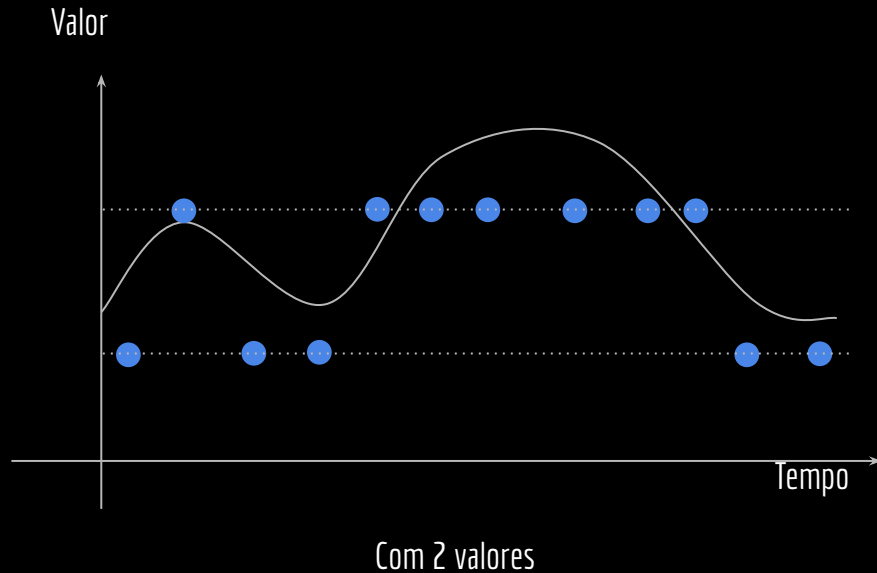
Podemos interpolar o sinal discreto para reconstruir (algo próximo) do sinal original.

Mundo analógico e discreto



Durante a discretização, algumas informações podem ser perdidas.

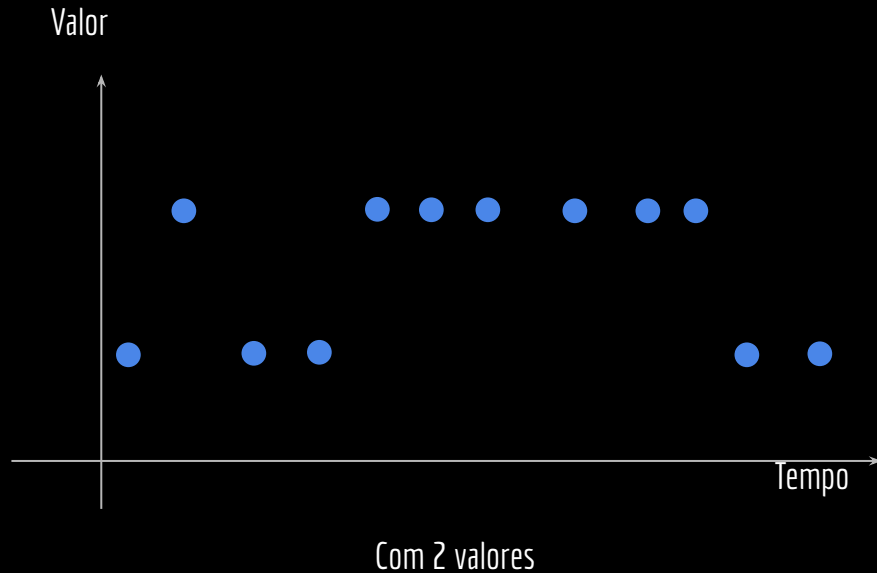
Mundo analógico e discreto



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.

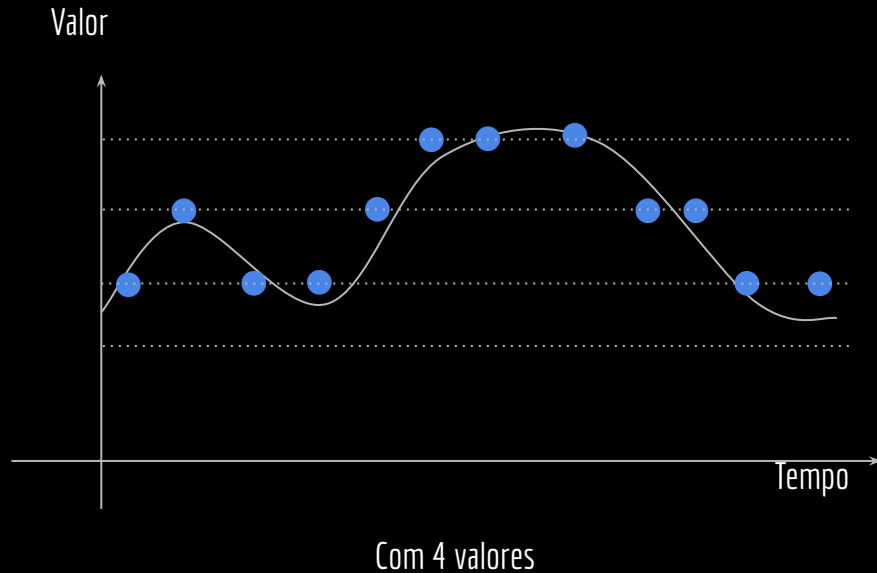
Mundo analógico e discreto



Quantização.

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

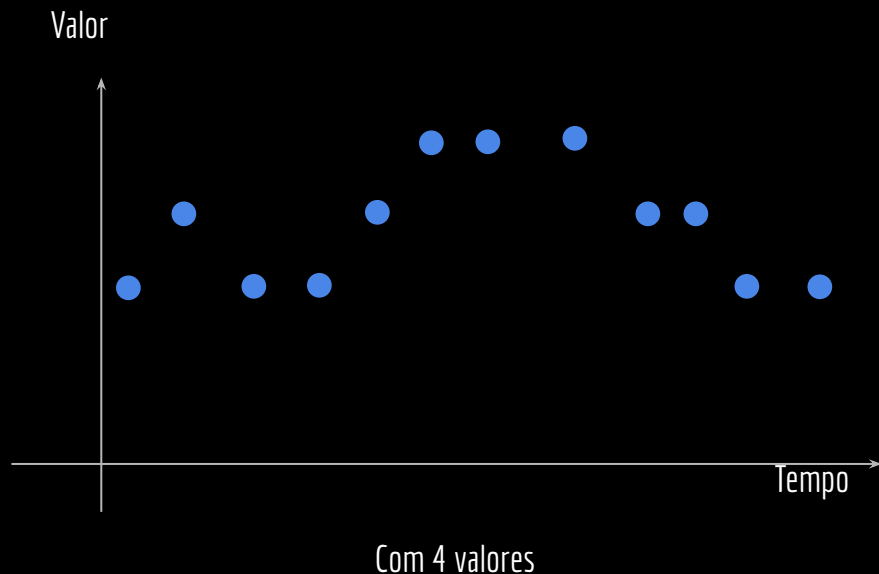
Mundo analógico e discreto



Quantização.

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

Exemplo

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

Isso significa que a cada $t = ???$ 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.

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.

Pelo Teorema de Nyquist-Shannon, sabemos que se desejamos reconstruir um sinal com uma 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.

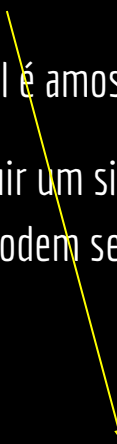
A Frequência de Nyquist é definida como $f_{amostragem} \geq 2 f_{max}$.

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.

Pelo Teorema de Nyquist-Shannon, sabemos que se desejamos reconstruir um sinal com uma 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.



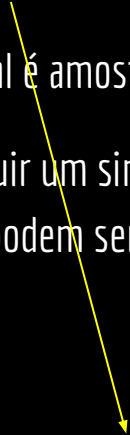
De onde saiu esse número mágico?

Exemplo

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

Isso significa que a cada $t = 1/44100 \approx 0,000023$ segundos um sinal é amostrado.

Pelo Teorema de Nyquist-Shannon, sabemos que se desejamos reconstruir um sinal com uma 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:



Example #1:
44,100 Samples per second (Hz)
44.1 kHz
Standard sample rate for consumer delivery.

3:30

Música com diferentes amostragens: <https://youtu.be/fZzMXdxbOes>.



4 bits

2:42

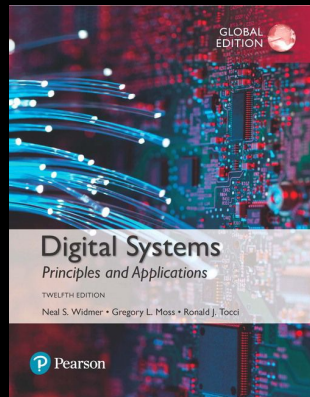
Música com diferentes quantizações: <https://youtu.be/ubCMI3Jq6e4>.

Exercícios

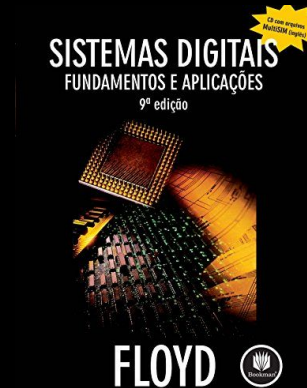
1. Veja esse vídeo com mais curiosidades sobre como um fone de ouvido sem fios funciona:
https://youtu.be/_ZKNOKHpqE4
2. Você foi contratado(a) para criar fones de ouvidos para cachorros. Sabendo-se que um cachorro consegue ouvir frequências de até 65.000 Hz, qual deve ser a frequência de amostragem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

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

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