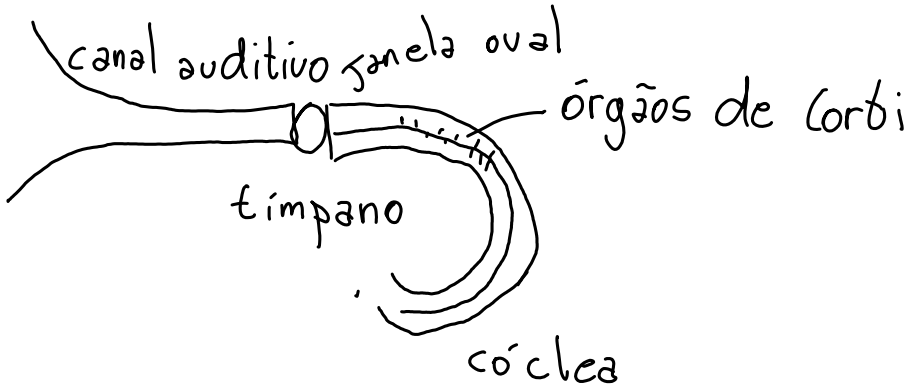


Ouvinte

ouvido

nervo auditivo



Físico

Sensorial

Cognitiva

Frequência

Altura Musical

Nome da nota

Amplitude

Volume

Dinâmica

Espectro
+ int./freq.

Timbre

Nome do Instrumento

Env. dinâmica

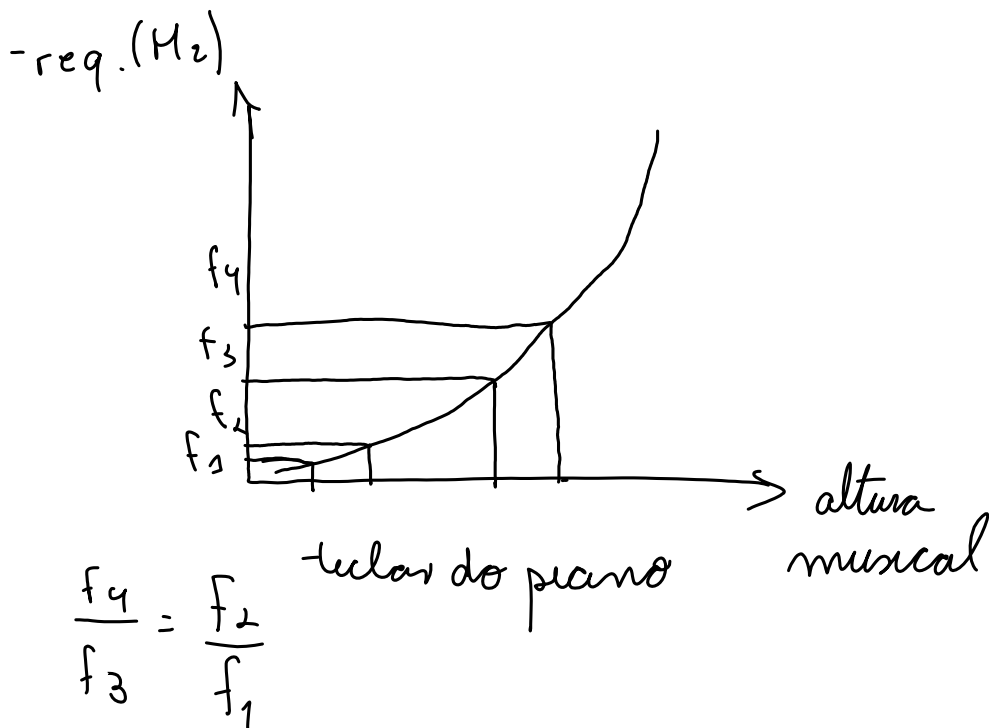
Forma da onda

Localização

Mapa Espacial

radiação

Frequência x Altura Musical L



Amplitude x Volume

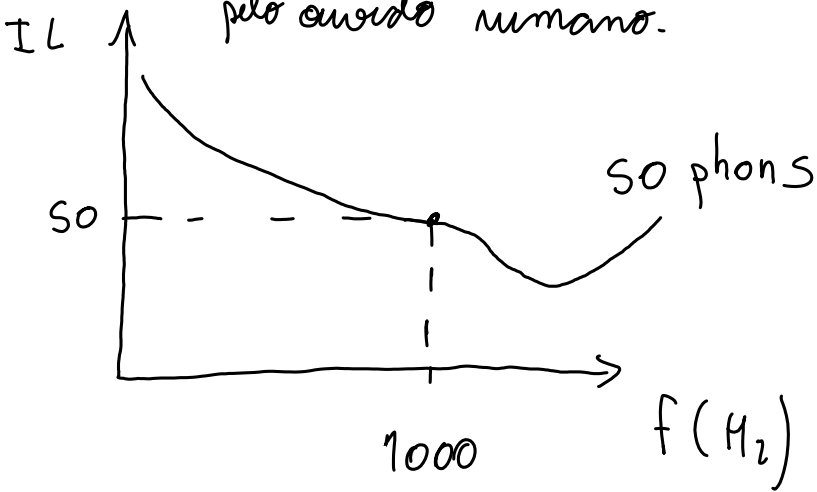
Intensidade (física): W/m^2

- limiar da audição: $10^{-12} W/m^2 = I_0$

$$IL(dB) = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

ajuste para ouvir a mesma intensidade pelo ouvido humano.

9



Escala de soner

$$I_{\text{sones}} = C(f) \cdot \sqrt[3]{I_{\text{física}}}$$

Se multiplicar por 8, a sensação de volume dobra.

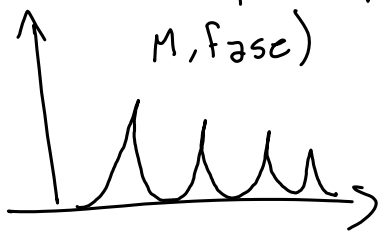
||
Áudio Digital

2 formas de representação

forma de onda: A hand-drawn sine wave graph with a vertical axis and a horizontal axis. The wave oscillates above and below the horizontal axis.

espectro

E

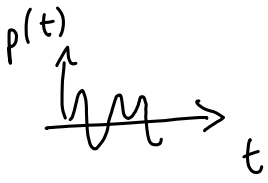


M, fase)

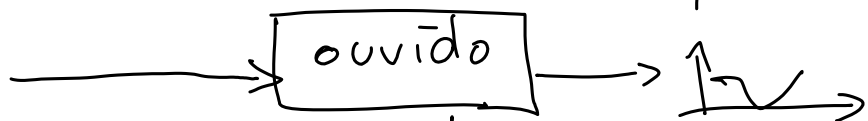
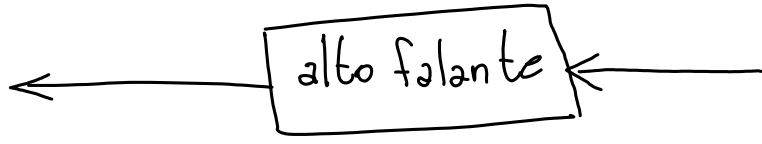
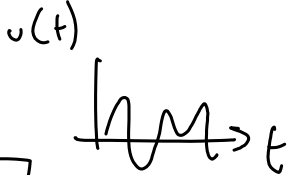
↳ empurrar p/esquerda ou direita

f (Hz)

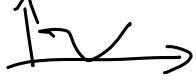
Transdutores



voltagem



(não se sabe exatamente a saída)



Transdutor ideal

(17)

$$v(t) = \alpha p(t) + \beta \quad \text{-- constantes}$$

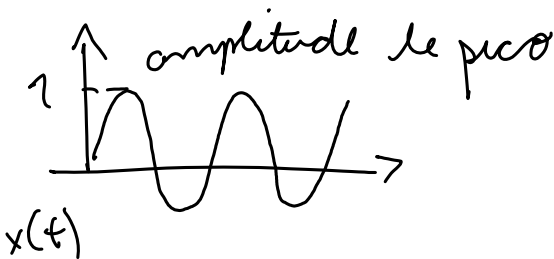
Transdutor real

$$v(t) = \mathcal{D}[p(t)] + n(t)$$

Ruído

Sinal introduzido pelo sistema, normalmente independente da entrada, caracterizado por sua "intensidade".

Amplitude de sinais:



média do ruído pode ser 0!

12

$$\sum \frac{|x(t)|}{n}$$

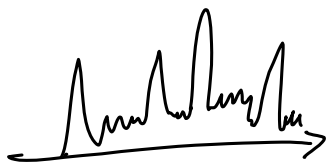
↙ norma 1

Mais comum:

Amplitude RMS root mean square

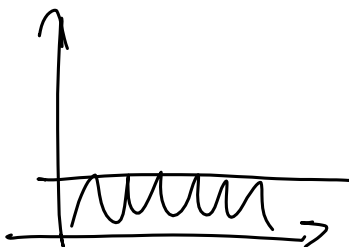
$$\sqrt{\frac{\sum |x(t)|^2}{N}}$$

$x(t)^2 \wedge$



intensidade
física

$$\sum \frac{|x(t)|^2}{N}$$



Relação Sinal Ruído:

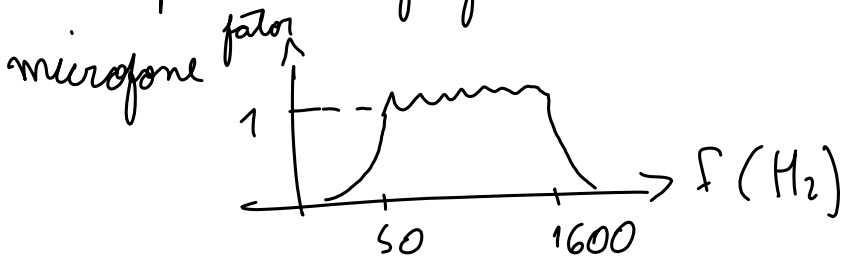
13

$$\frac{\text{Maior amplitude representável}_{\text{rms}}}{\text{amplitude do ruído}_{\text{rms}}}$$

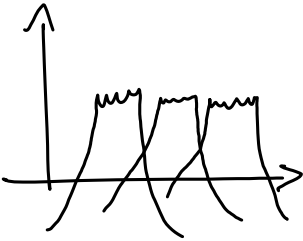
$$\begin{aligned} \text{SNR (dB)} &= 10 \log_{10} \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{ruído}}} \\ &\quad - 10 \log_{10} \frac{\text{ampl}^2_{\text{max}}}{\text{ampl}^2_{\text{ruído}}} \\ &= 20 \log_{10} \frac{\text{ampl}_{\text{max}}}{\text{ampl}_{\text{ruído}}} \end{aligned}$$

Tipos de Distorções

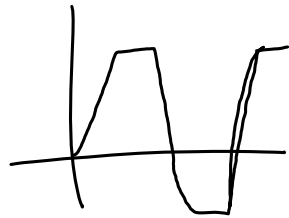
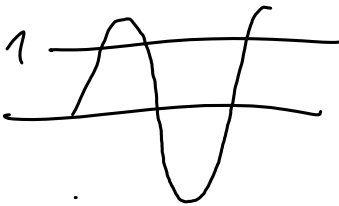
- Em relação à frequência
resposta em frequência



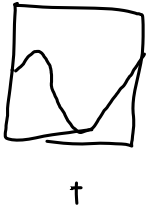
altofalante



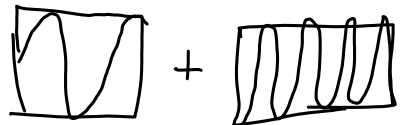
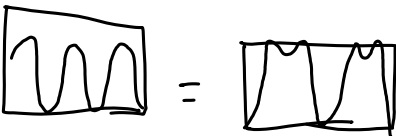
Distorções de amplitude
- Clipping



Distorção de Fase



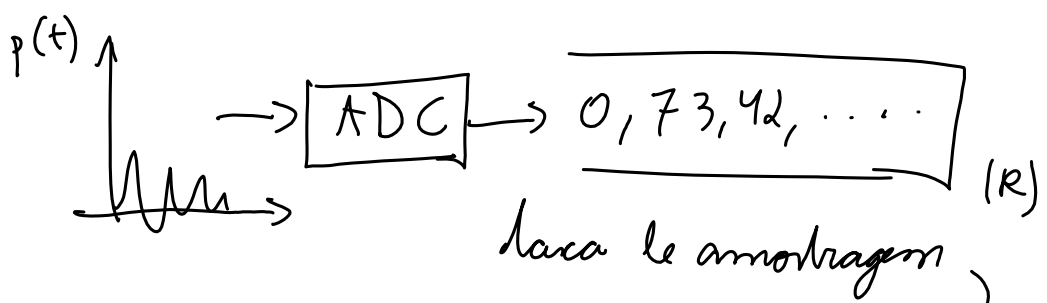
transdutor



Digitalização de Som

DAC : conv. digital \rightarrow analógico

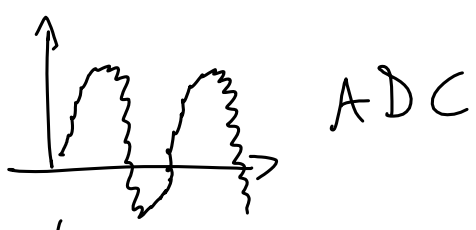
ADC : conv. analógico \rightarrow digital



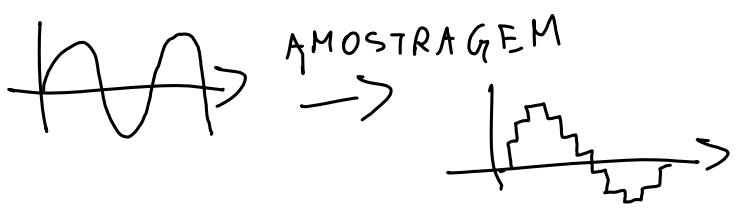
ftdade de valores por n° de bits segundo

\hookrightarrow n° de bits por amostra

\hookrightarrow n° de canais



filtro passa baixa um $z/2$ Hz



quantizações (eixo y)

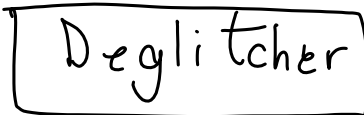
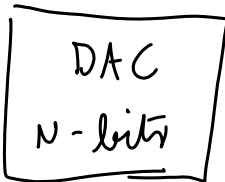
16

∇ Codificação

011011, 111011,

DAC

00001100



0110001



$$\text{volt} = \sum 2^k$$

$$k \text{ bit } k=1$$

Teria ruído nas transições

↳ filtro passa baixa em $R/2$ Hz



17

Teorema (Nyquist): qualquer sinal digital amostrado a R Hz não pode ser representado corretamente frequências até $\frac{R}{2}$ Hz

R amostras = 1 segundo

período ≥ 2 amostras $\equiv \frac{1}{R}$ segundos

freq = $\frac{1}{\text{período}} \leq \frac{R}{2}$ Hz

Prova: $\cos(\omega n)$ índice da amostra
freq. angular

$\cos(\omega n) = \cos(\omega n + k2\pi n) \quad \forall k \in \mathbb{Z}$
 $= \cos((\omega + k2\pi)n) \quad \forall \omega \in \mathbb{R}$
todas as frequências da família $\{\omega + 2\pi k\}_{k \in \mathbb{Z}}$

possuem a mesma representação

18

São consideradas "válidas" as representações
de frequências (angulares) entre $-\pi$ e
 $+\pi$

$$\operatorname{seno} \left(2\pi f \frac{n}{R} \right) = \operatorname{seno} \left(2\pi f \frac{n}{R} + 2k\pi n \right)$$

H_2

$$= \operatorname{seno} \left(2\pi \left(\frac{f}{R} + k \right) n \right), \quad \operatorname{sen}(-x) = -\operatorname{sen}(x)$$
$$= \operatorname{seno} \left(2\pi \left(f + R \right) \frac{n}{R} \right) = -\operatorname{sen}(x)$$

H_2

A família $\left\{ f, f+R, f+2R, \dots \right\}$
 $f-R, \dots, f-2R, \dots$

(toda codificada do mesmo jeito)

As frequências $\left\{ -\frac{R}{2}, \dots, +\frac{R}{2} \right\}$ Hz são

"próprias" para representação digital 219