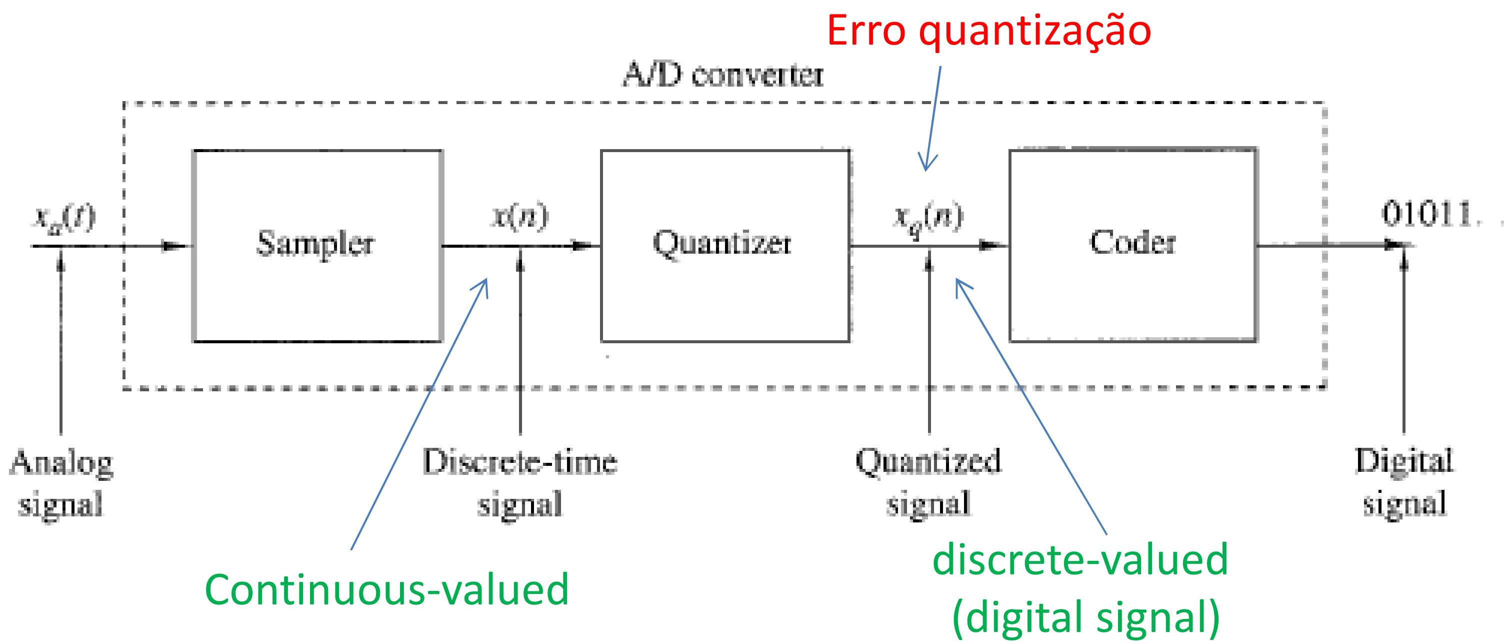
Universidade Federal de Uberlândia
Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

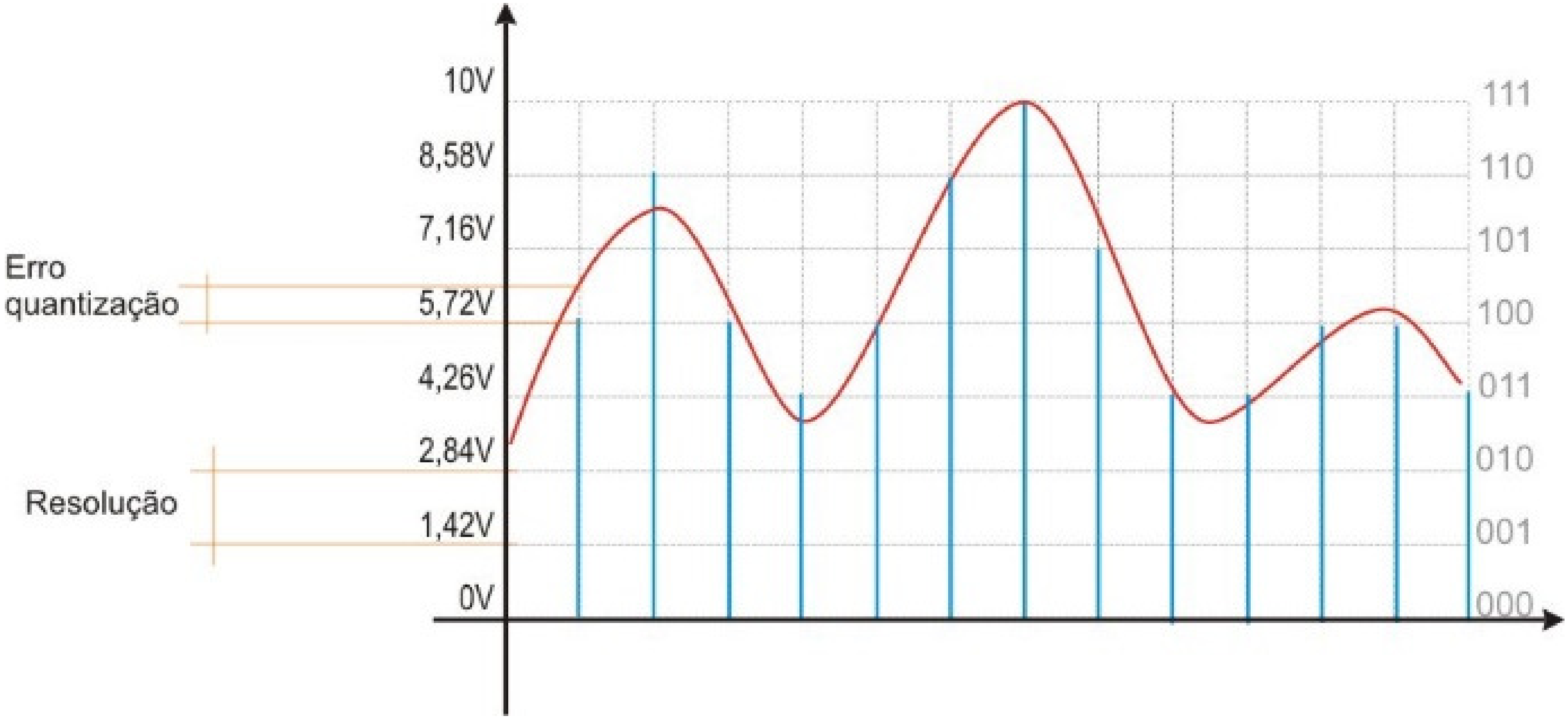
- Processamento digital de sinais –
Capítulo 3 – Amostragem

Prof. Alan Petrônio Pinheiro

Introdução

- Conversão analógico-digital:





- Cálculo resolução:

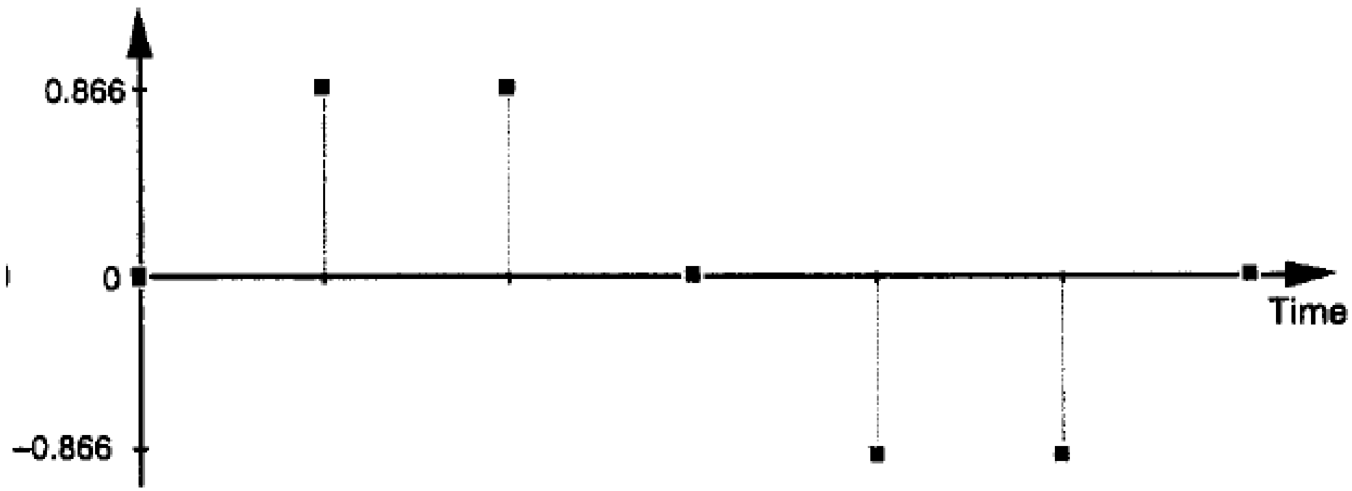
$$R = \frac{V_{fundo\_escala}}{2^N - 1}$$

- Erro quantização máximo:

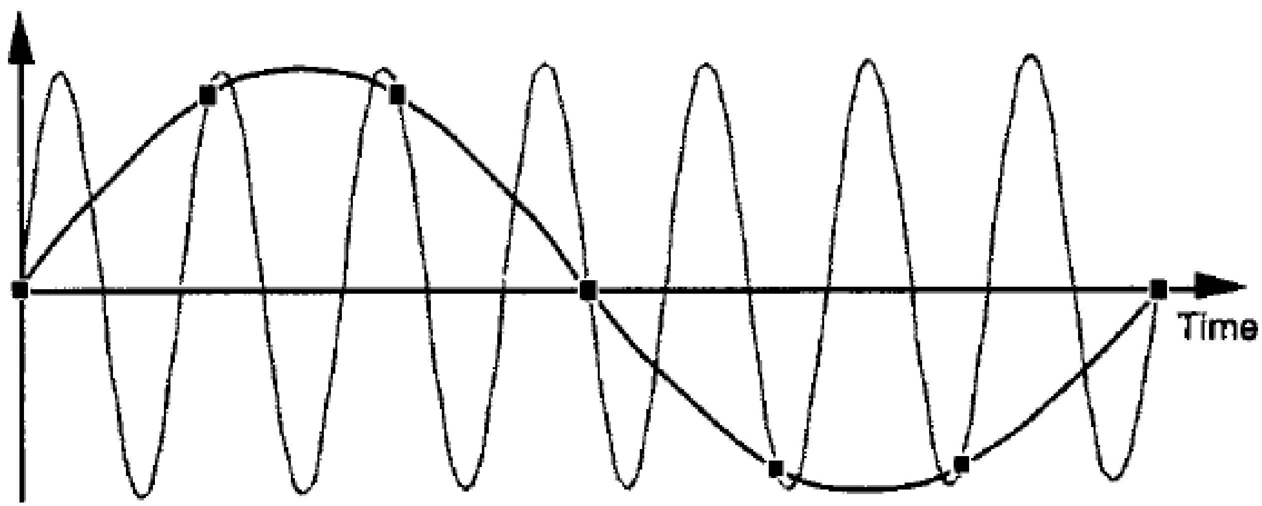
$$Erro_{máx} = \frac{R}{2}$$

- Que sinal é este?

  x[n]={0, 0.866, 0.866, 0, -0.866, -0.866, 0}



- Resposta:



- Relembrando parâmetros digitalização:

$$x_a(t) = A\cos(2\pi Ft + \theta) = A\cos(\Omega t + \theta)$$

t = tempo
(seg.)
F = frequência domínio analógico
(Hz)

$$x[n] = A\cos(2\pi fn + \theta) = A\cos(wn + \theta)$$

n = *índice amostra*
T_s = período amostragem
(seg. por amostra)
F_s = frequência amostragem
(amostras por seg.)
w = freq. angular domínio discreto
(rad. por amostra)
f = freq. domínio discreto
(ciclos por amostra ou 1/amostra por ciclo)

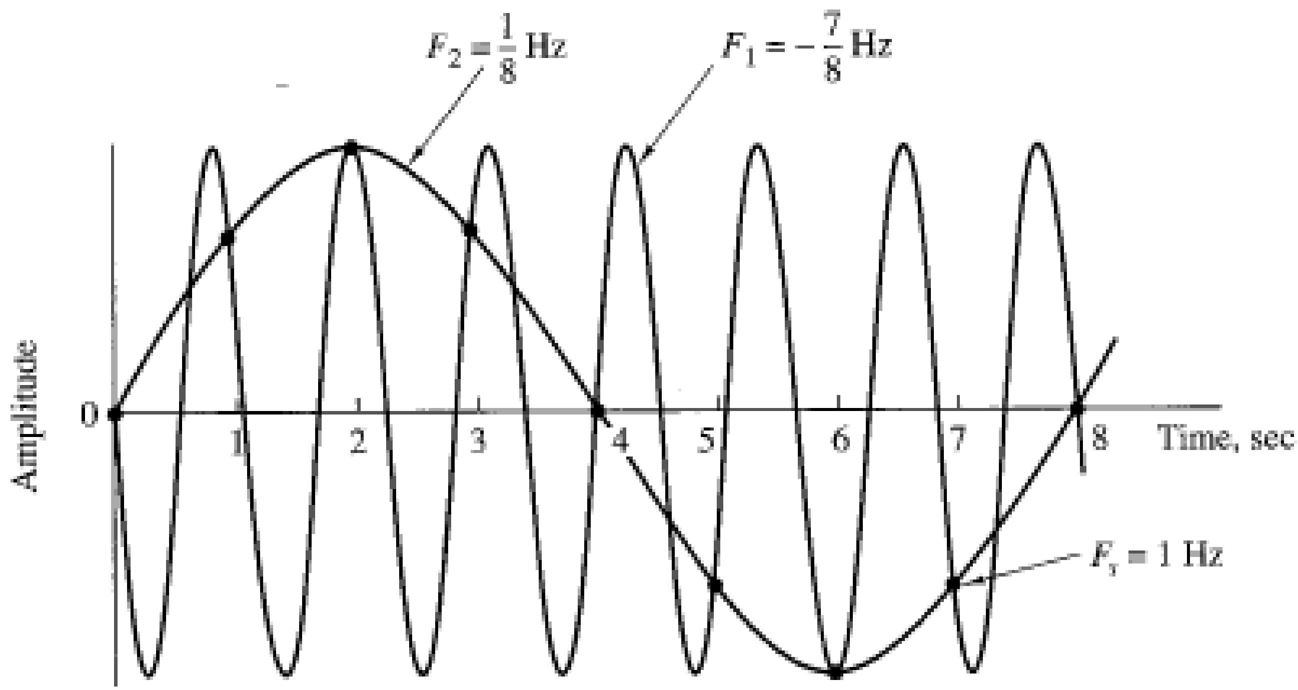
Continuous-time signals		Discrete-time signals
$\Omega = 2\pi F$		$\omega = 2\pi f$
$\frac{\text{radians}}{\text{sec}}$ Hz		$\frac{\text{radians}}{\text{sample}}$ $\frac{\text{cycles}}{\text{sample}}$
	$\omega = \Omega T,\ f = F/F_s$ →	$-\pi \le \omega \le \pi$
	← $\Omega = \omega/T,\ F = f \cdot F_s$	$-\frac{1}{2} \le f \le \frac{1}{2}$
$-\infty < \Omega < \infty$		$-\pi/T \le \Omega \le \pi/T$
$-\infty < F < \infty$		$-F_s/2 \le F \le F_s/2$

- Exemplo: considere os sinais analógicos x_1 e x_2. Determine seu correspondente digital considerando F_S=40Hz.

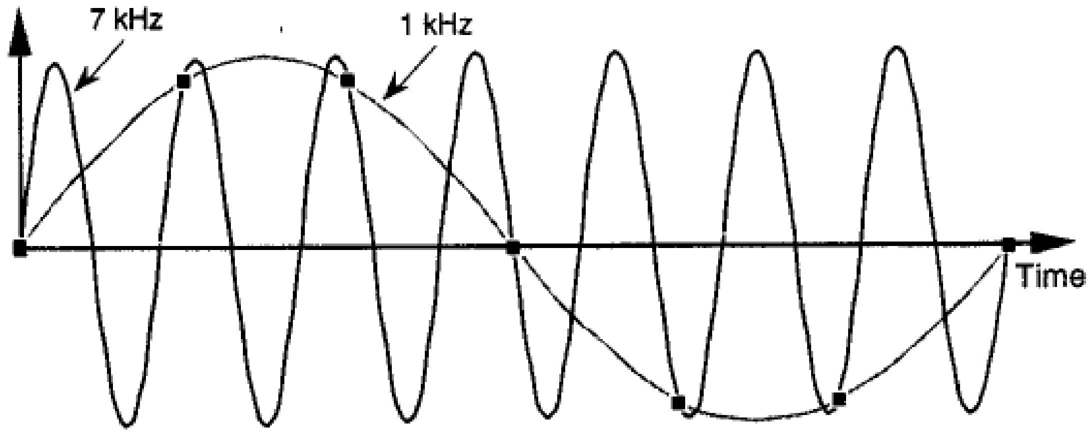
$$x_1(t) = \cos 2\pi(10t)$$

$$x_2(t) = \cos 2\pi(90t)$$

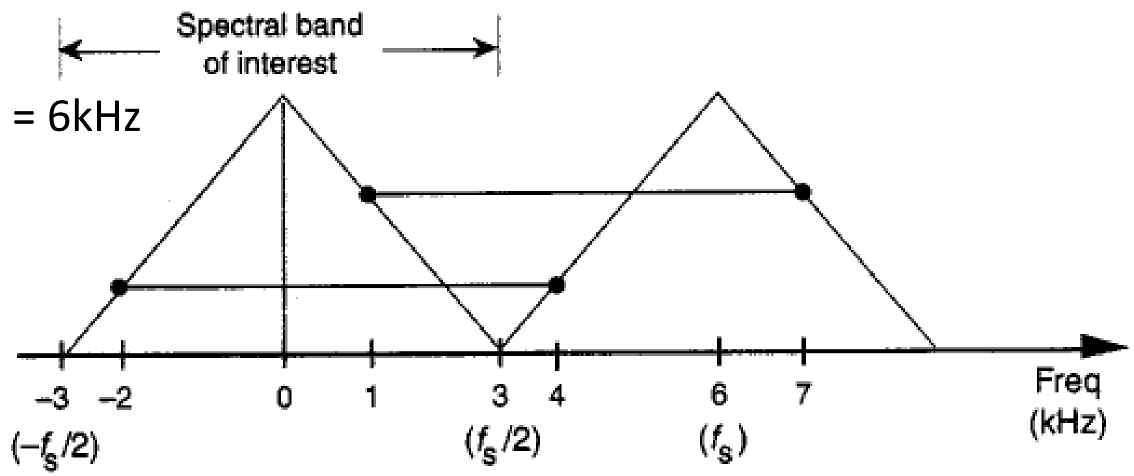
- Ilustração aliasing:

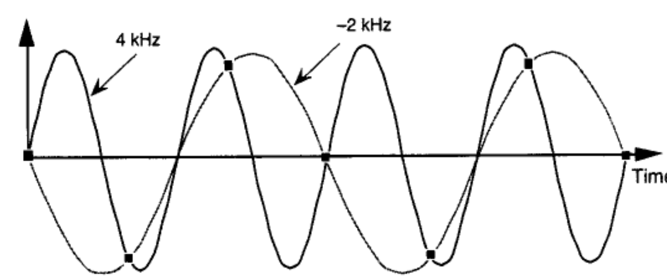


- Espectro:

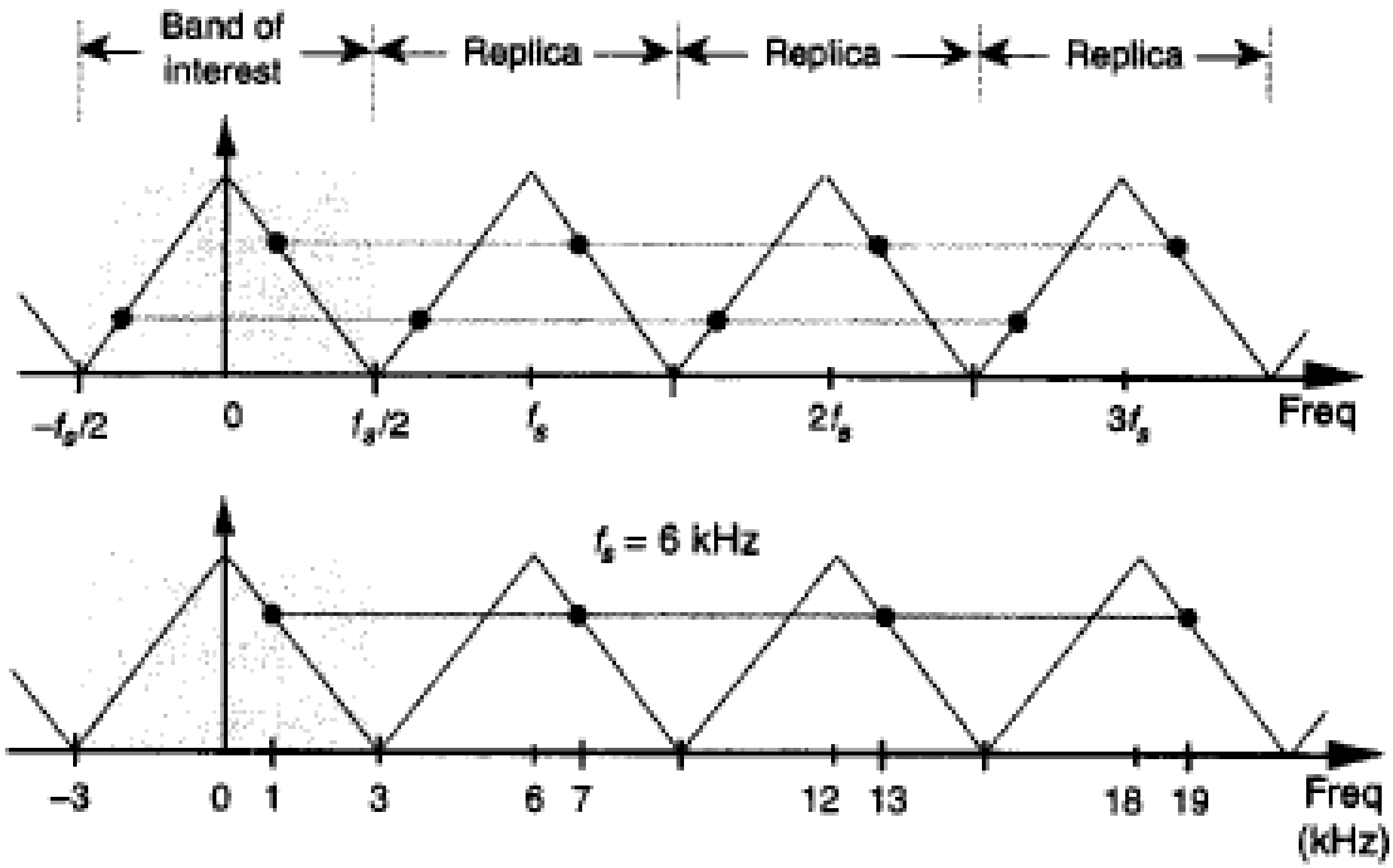


Fs = 6kHz



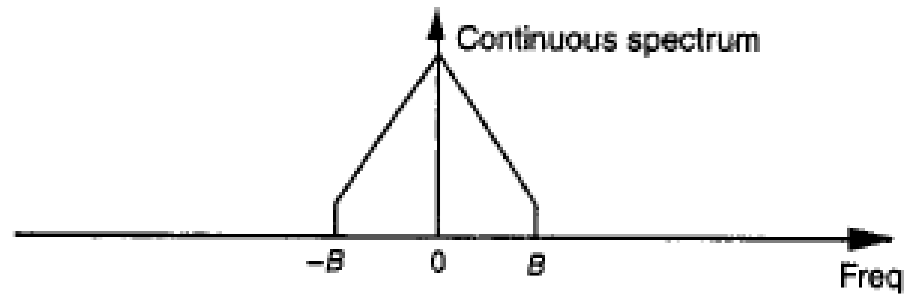


- Replicação:

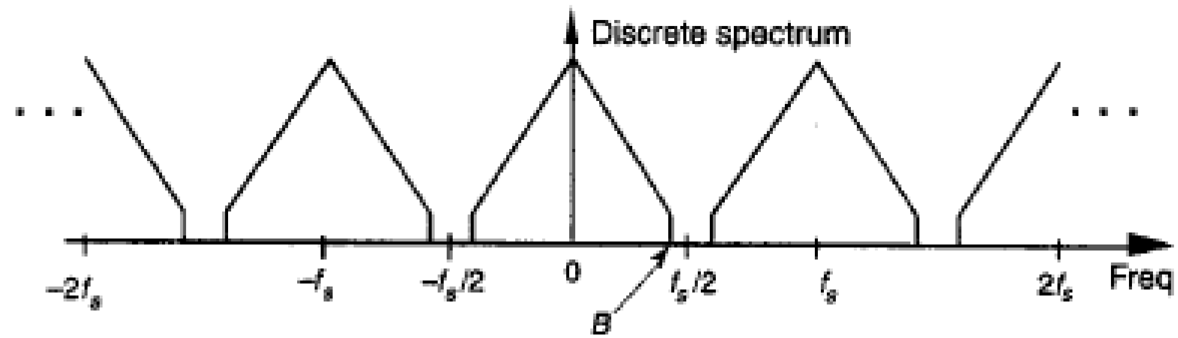

Band of interest
Replica
Replica
Replica
−fs/2
0
fs/2
fs
2fs
3fs
Freq
fs = 6 kHz
−3
0
1
3
6
7
12
13
18
19
Freq (kHz)

- Sobreposição de espectros

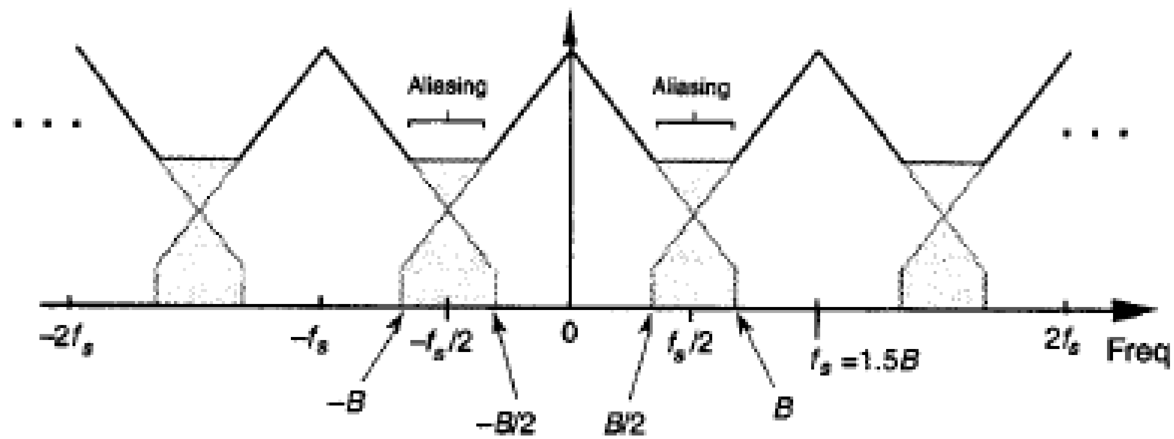
Espectro sinal original:



Espectro replicado sinal amostrado quando:
$f_s/2$ > B para B=$F_{máx}$

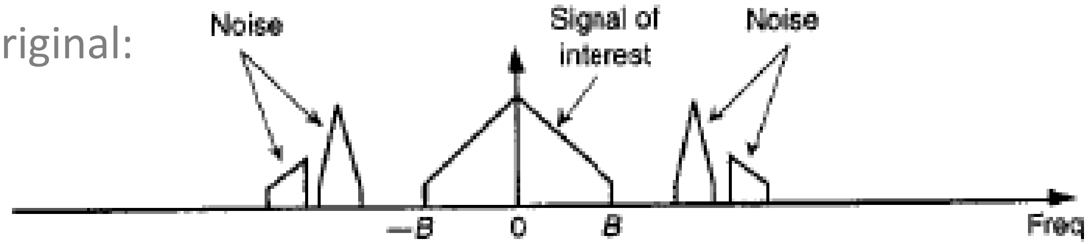


Espectro replicado sinal amostrado quando:
$f_s/2$ < B

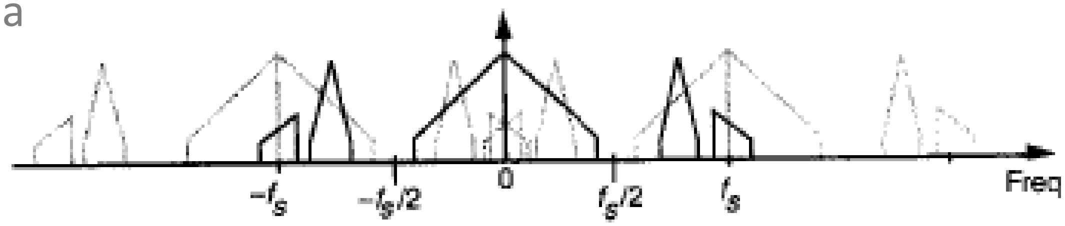


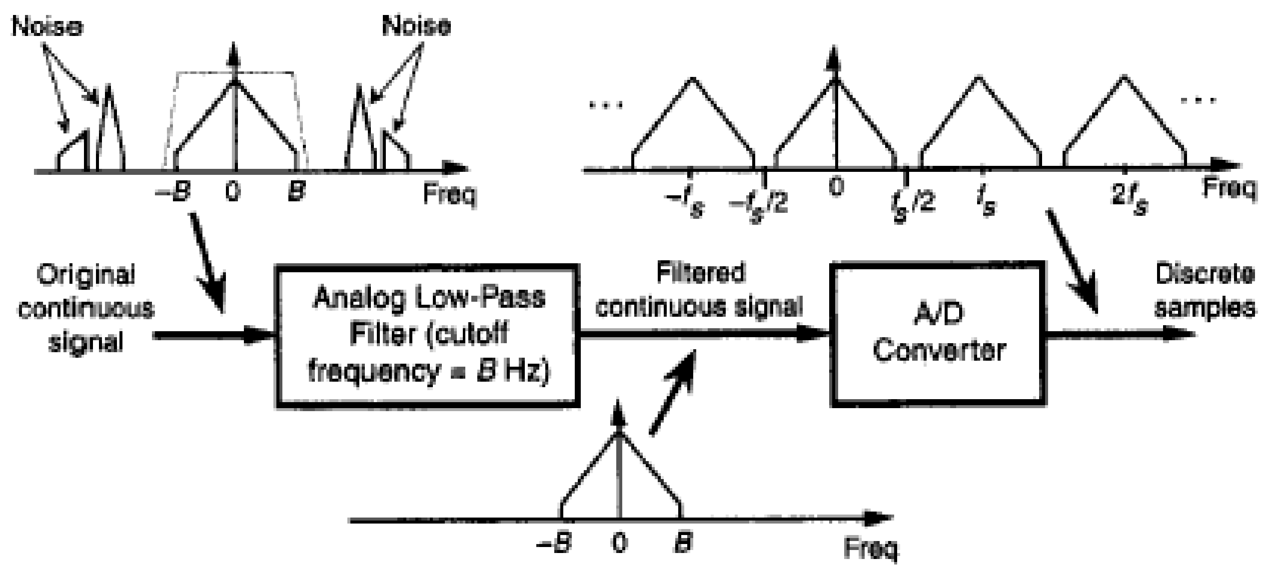
- # Outros efeitos:

Espectro sinal original:



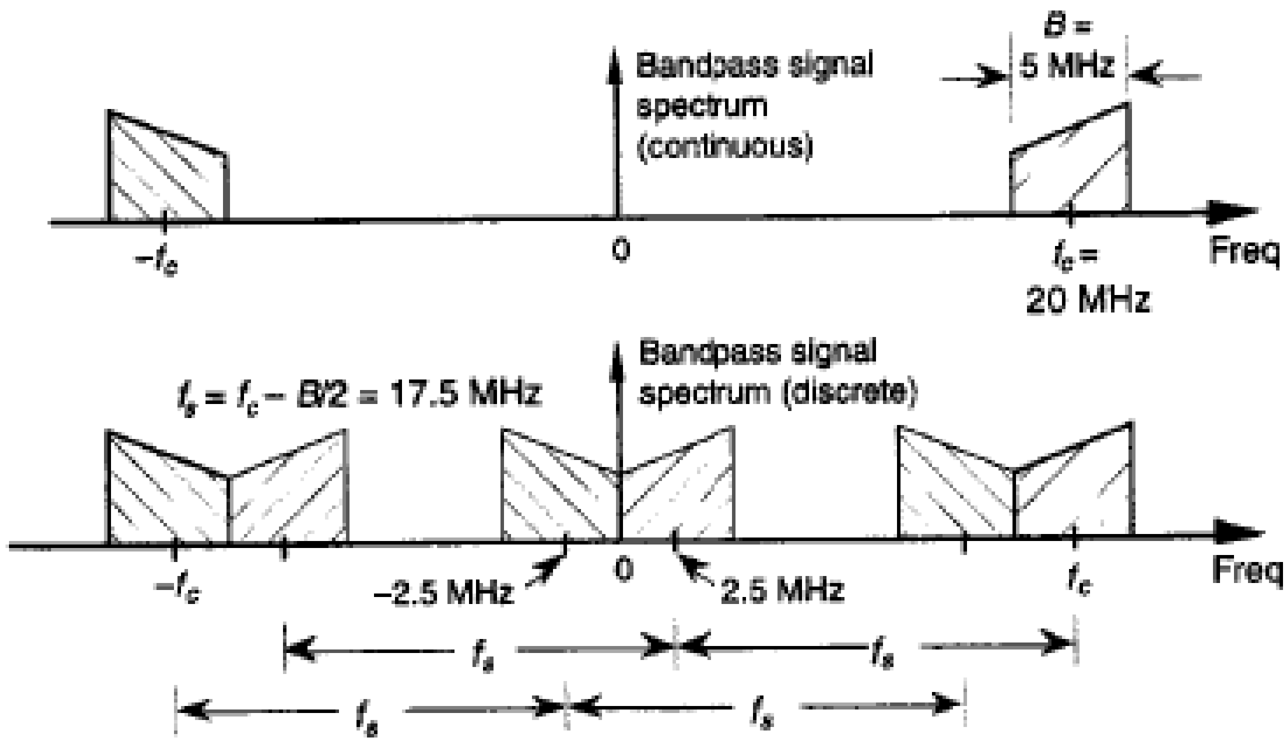
Versão amostrada





- Amostrando sinais passa-banda

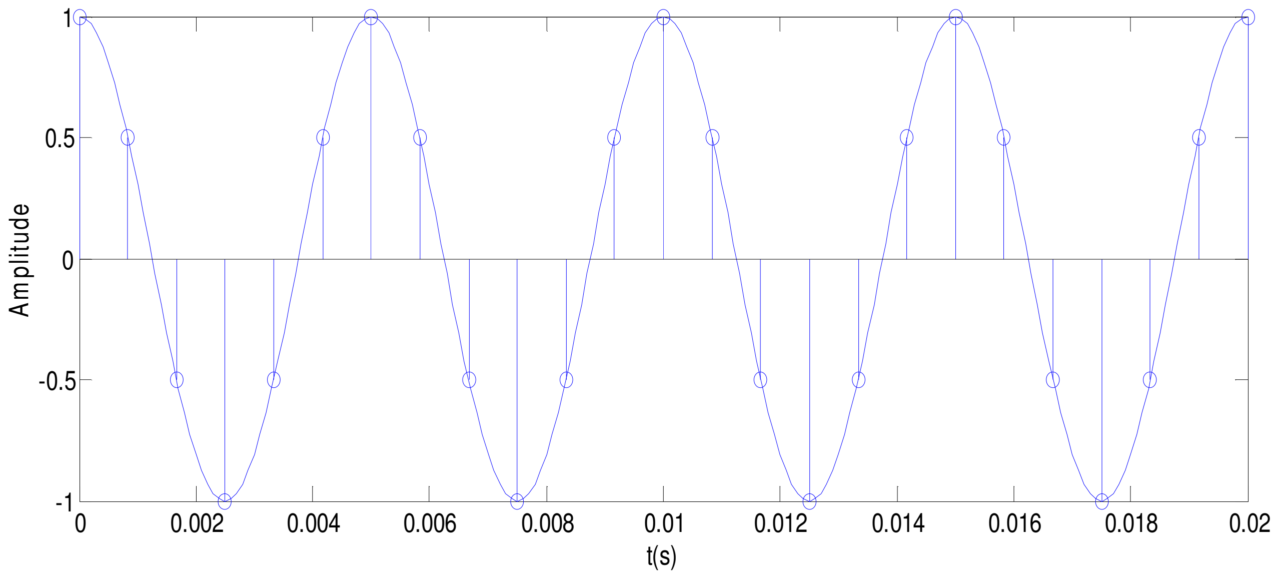
f_s=17,5MHz



- Exemplo: qual deve ser a taxa de Nyquest para o sinal abaixo ? Esboce também as réplicas

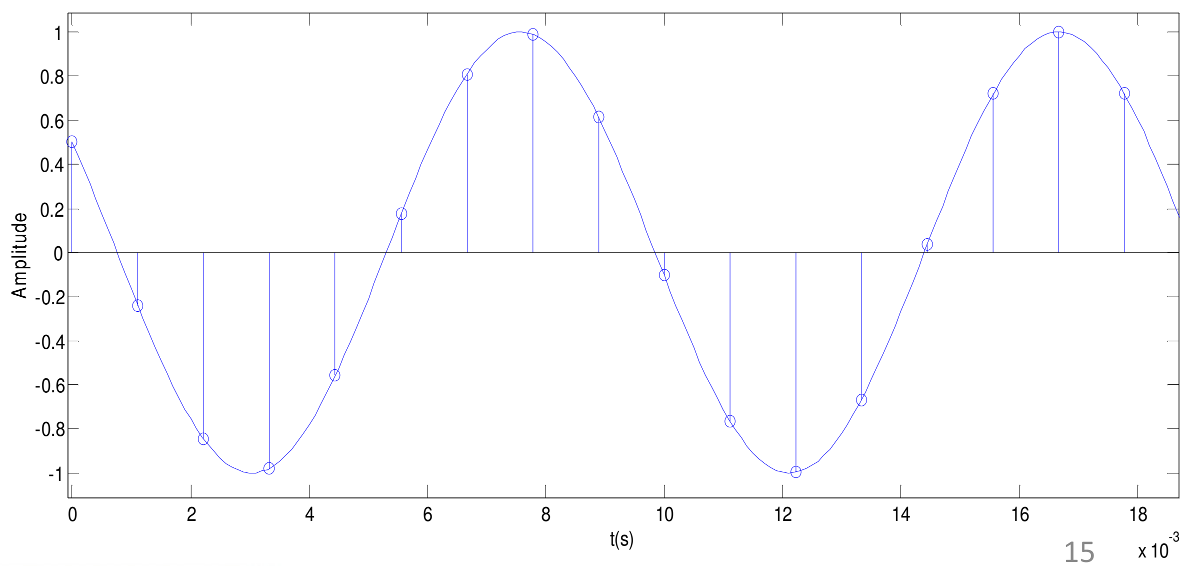
$$x_a(t) = 3\cos 50\pi t + 10\sin 300\pi t - \cos 100\pi t$$

• Periodicidade: analógico x digital

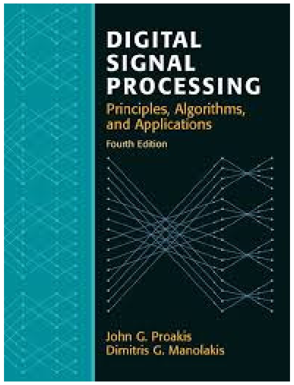


Sinal discretizado periódico

Sinal discretizado Não-periódico

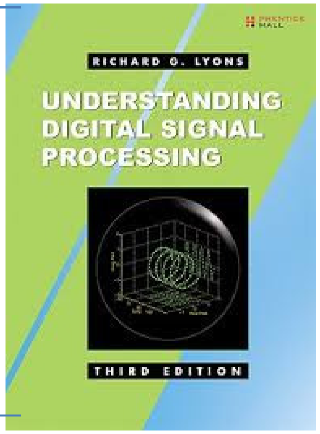


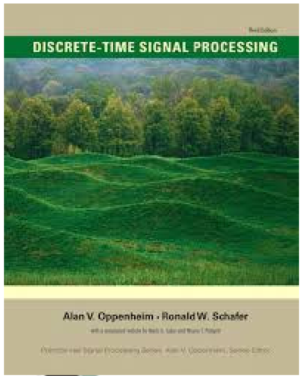
Referencias para leitura:



- Proakis//Manolakis (4ª edição)
  - Cap. 1, seção 1.4

- Lyons (3ª edição)
  - Cap. 2





- Oppenheim (3ª edição, Discrete-time...)
  - Cap. 4, seções 4.0 a 4.4