GABARITO – lista III

1) O espectro do sinal $\bar{x}(nT) = x(t)\,\delta_T(t)$ foi deduzido em sala e está repetido abaixo

$\delta_T(t)$ é um sinal periódico e, portanto, pode ser escrito como:

$$\delta_T(t) = \frac{1}{T}\left[1 + 2\left(\cos\omega_s t + \cos 2\omega_s t + \cos 3\omega_s t + \dots\right)\right]$$

$$\omega_s = \frac{1}{T}$$

Dessa forma,

$$\bar{x}(t) = \frac{1}{T}\left[x(t) + 2x(t)\cos\omega_s t + 2x(t)\cos 2\omega_s t + \dots\right]$$

$$x(t)\cos\omega_s t = \frac{1}{2}\left[x(t)\,e^{j\omega_s t} + x(t)\,e^{-j\omega_s t}\right]$$

$$x(t)\,e^{-j\omega_s} \Longleftrightarrow X(\omega+\omega_s)$$

$$x(t)\,e^{j\omega} \Longleftrightarrow X(\omega-\omega_s)$$

$$\therefore\ x(t)\cos\omega_s t = \frac{1}{2}\left[X(\omega+\omega_s) + X(\omega-\omega_s)\right]$$

$$\therefore\ \bar{X}(\omega) = \frac{1}{T}\left[X(\omega) + X(\omega+\omega_s) + X(\omega-\omega_s) + X(\omega+2\omega_s) + X(\omega-2\omega_s) + \dots\right]$$

$$\boxed{\therefore\ \bar{X}(\omega) = \frac{1}{T}\sum_{K=-\infty}^{\infty} X(\omega - K\omega_s)}$$

Particularmente para este exercício, $T = \frac{1}{3}$ e, $\therefore$, $\omega_s = \frac{2\pi}{1/3}$

$$\bar{X}(\omega) = 3\sum_{K=-\infty}^{\infty} X(\omega - 6\pi K)$$

como $x(t) = \cos \omega_0 t$

$$X(\omega) = \pi \delta(\omega - \omega_0) + \pi \delta(\omega + \omega_0)$$

$$X(\omega - 6\pi k) = \pi \delta(\omega - 6\pi k - \omega_0) + \pi \delta(\omega - 6\pi k + \omega_0)$$

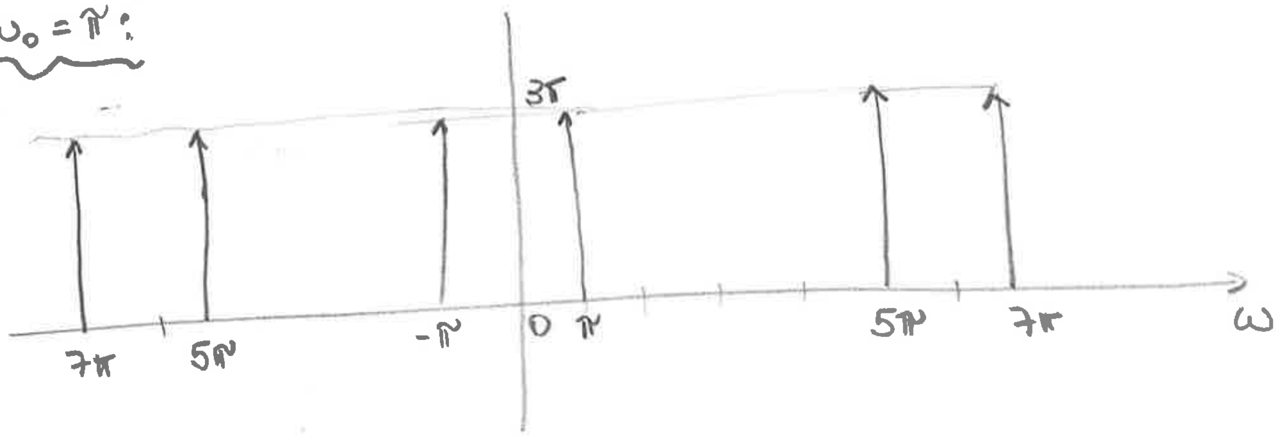
$$X(\omega + 6\pi k) = \pi \delta(\omega + 6\pi k - \omega_0) + \pi \delta(\omega + 6\pi k + \omega_0)$$

Supondo $-1 \leq k \leq 1$,

$$\bar{X}(\omega) = 3\left[X(\omega + 6\pi) + X(\omega) + X(\omega - 6\pi)\right]$$

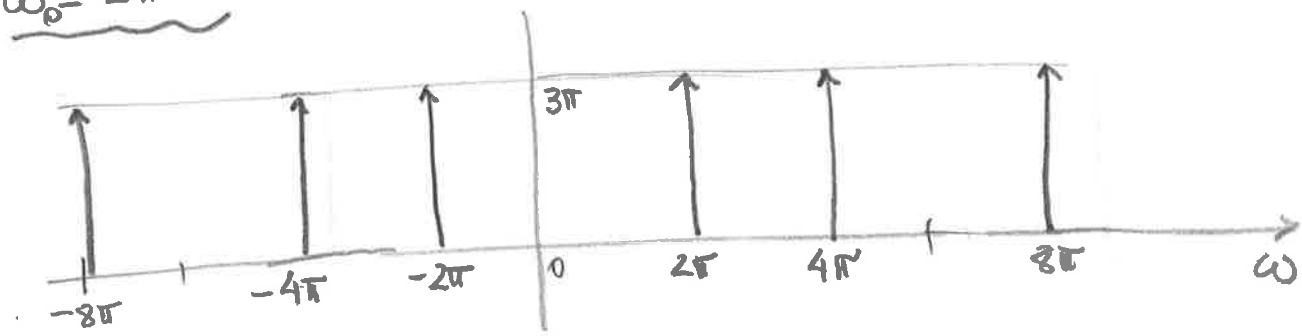
$$= 3\pi\left[\delta(\omega + 6\pi - \omega_0) + \delta(\omega + 6\pi + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - 6\pi - \omega_0) + \delta(\omega - 6\pi + \omega_0)\right]$$

$\omega_0 = \pi$:



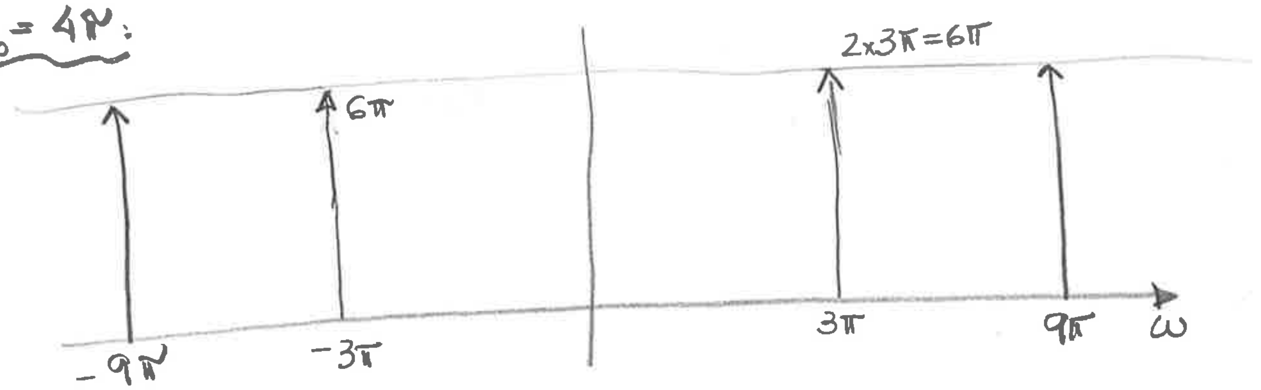
$$\bar{X}(\omega) = 3\pi\left[\delta(\omega + 5\pi) + \delta(\omega + 7\pi) + \delta(\omega - \pi) + \delta(\omega + \pi) + \delta(\omega - 7\pi) + \delta(\omega - 5\pi)\right]$$

$\omega_0 = 2\pi$:



$$\bar{X}(\omega) = 3\pi\left[\delta(\omega + 4\pi) + \delta(\omega + 8\pi) + \delta(\omega - 2\pi) + \delta(\omega + 2\pi) + \delta(\omega - 8\pi) + \delta(\omega - 4\pi)\right]$$

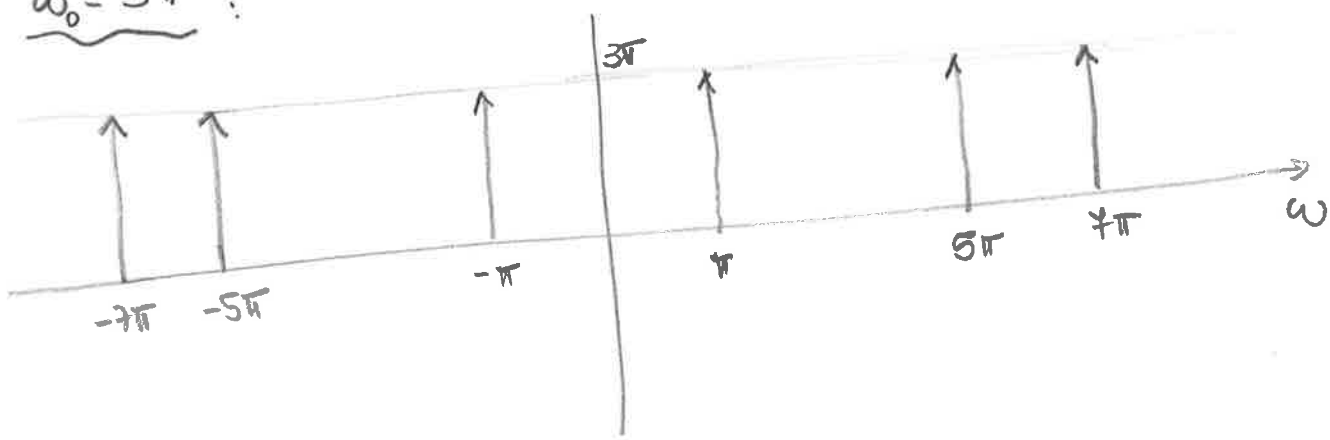
$\underline{\omega_0 = 4\pi}$:



$$\bar{X}(\omega) = 3\pi\Big[\delta(\omega+3\pi) + \delta(\omega+9\pi) + \delta(\omega-3\pi) + \delta(\omega+3\pi) + \delta(\omega-9\pi) + \delta(\omega-3\pi) + \dots\Big]$$

OBS: Repare que, pela nossa equação truncada, a amplitude em 9π seria de 3π, porém se adicionarmos mais um termo $K = 2$, percebe-se que o termo $\delta(\omega-9\pi)$ é somado a $\bar{X}(\omega)$.

$\underline{\omega_0 = 5\pi}$:



$$\bar{X}(\omega) = 3\pi\Big[\delta(\omega+\pi) + \delta(\omega+11\pi) + \delta(\omega-5\pi) + \delta(\omega+5\pi) + \delta(\omega-11\pi) + \delta(\omega-\pi) + \dots\Big]$$

OBS: Novamente, mais termos do somatório devem ser acrescentados para a equação coincidir com o gráfico.

b) Do item (a), os sinais amostrados para $\omega_0 = \pi$ e $\omega_0 = 5\pi$ são idênticos.

2) Sabe-se que $f_N = 2B$, onde B é a frequência máxima do espectro do sinal.

a) $x(t) = 1 + \cos 2000\pi t + \text{sen}\, 4000\pi t$

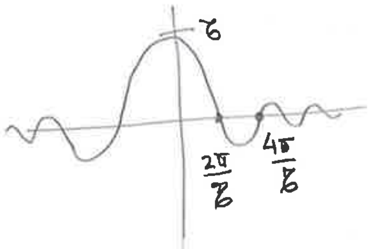
$$B = \frac{4000\pi}{2\pi} = 2000$$

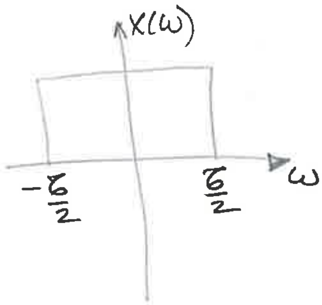
$$\therefore f_N = 4000 \text{ Hz}$$

b) $x(t) = \text{sinc}(50\pi t)$.

$$\text{sinc}(50\pi t) \Leftrightarrow \frac{2\pi}{100\pi} \text{rect}\left(\frac{\omega}{100\pi}\right).$$

$$\text{sinc}(50\pi t) \Leftrightarrow 0{,}02 \text{ rect}\left(\frac{\omega}{100\pi}\right)$$





$$\tau \,\text{sinc}\left(\frac{\tau t}{2}\right) \Longleftrightarrow 2\pi \,\text{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right)$$

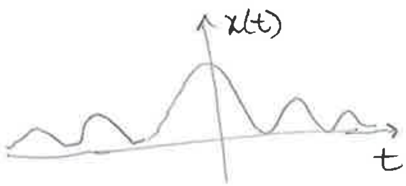
$\frac{\tau}{2} = 50\pi \Rightarrow \tau = 100\pi$ $\therefore$ espectro varia entre $\pm 50\pi$

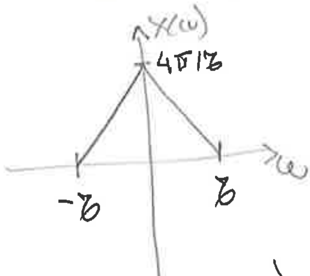
$$\therefore B = \frac{50\pi}{2\pi} = 25\text{Hz},$$

o que leva a $f_N = 2 \times 25\text{Hz} = 50\text{Hz}$

c) $x(t) = \text{sinc}^2(100\pi t)$

$$\text{sinc}^2\left(\frac{\tau t}{2}\right) \Longleftrightarrow \frac{2\pi}{\tau} \Delta\left(\frac{\omega}{2\tau}\right)$$





$$\frac{\tau}{2} = 100\pi \Rightarrow \tau = 200\pi$$

$$\text{sinc}^2(100\pi t) \Leftrightarrow 0{,}01\, \Delta\left(\frac{\omega}{400\pi}\right)$$

$$\therefore B = \frac{200\pi}{2\pi} = 100 \text{ Hz}$$

o que leva a uma $f_N = 2 \times 100\text{Hz} = 200\text{Hz}$

d) $x(t) = \text{sinc}(100\pi t) + 3\,\text{sinc}^2(60\pi t)$

$\hookrightarrow \frac{\tau}{2} = 60\pi \Rightarrow \tau = 120\pi$

$$\Downarrow$$

$$\frac{2\cancel{\pi}}{200\cancel{\pi}}\,\text{rect}\left(\frac{\omega}{200\pi}\right) + \frac{3\times 2\cancel{\pi}}{120\cancel{\pi}}\,\Delta\left(\frac{\omega}{240\pi}\right) =$$

$$= \underbrace{0{,}01\,\text{rect}\left(\frac{\omega}{200\pi}\right)}_{\text{varia entre } \pm\frac{\tau}{2} = \pm 50\,Hz} + \underbrace{\frac{1}{20}\,\Delta\left(\frac{\omega}{240\pi}\right)}_{\text{varia entre } \pm\tau = \pm 60\,Hz}$$

A largura de banda da soma é o maior dos valores, i.é, $B = 60\,Hz$. Portanto, $f_N = 2\times 60 = 120\,Hz$

e) $x(t) = \text{sinc}(50\pi t)\,\text{sinc}(100\pi t)$

$$\text{sinc}(50\pi t) \Longleftrightarrow 0{,}02\,\text{rect}\left(\frac{\omega}{100\pi}\right)$$

$$\text{sinc}(100\pi t) \Longleftrightarrow 0{,}01\,\text{rect}\left(\frac{\omega}{200\pi}\right)$$

Os dois sinais que compõem $x(t)$ têm largura de banda de $25\,Hz$ e $50\,Hz$, respectivamente. Existe uma propriedade da convolução importante para resolver este problema: a largura do sinal resultante da convolução é a soma das larguras de cada sinal.

$\therefore\ B = 25 + 50 = 75\,Hz$.

Portanto, $f_N = 2\times 75 = 150\,Hz$

3)

$x_1(t) = \cos 20\pi t$

$x_2(t) = \cos 100\pi t$

$f_s = 40Hz \implies T = \frac{1}{40}$

a) $\therefore x_1(nT) = \cos(20\pi nT) = \cos \frac{20\pi}{40} n$

$x_1(nT) = \cos \frac{\pi}{2} n$

$x_2(nT) = \cos(100\pi nT) = \cos \frac{100\pi}{40} n$

$x_2(nT) = \cos \frac{5\pi}{2} n = \cos\left(2\pi n + \frac{\pi}{2} n\right) = \cos\left(\frac{\pi}{2} n\right)$

$\therefore$ Os sinais amostrados x_1 e x_2 são idênticos e, $\therefore$, não se pode distinguir. Se, portanto, o sinal é amostrado a $\cos\left(\frac{\pi}{2} n\right)$ não se pode dizer se o sinal corresponde a x_1 ou x_2.

Como x_2 resulta nos mesmos valores de x_1 para uma amostragem de 40Hz, diz-se que a frequência $f = 50Hz$ é uma "aliás" da frequência $f = 10$ Hz à uma taxa de amostragem de 40Hz.

b) Aprendemos em sala que duas amostras são idênticas quando cada uma de suas frequências tem a mesma réplica periódica em múltiplos de f_s:

$$f_i = f_0 + f_s i$$

$$x_i(t) = \cos(2\pi f_i t)$$

$$t = nT = \frac{n}{f_s}$$

$$\therefore \; x_i(nT) = \cos\left[2\pi (f_0 + f_s i)\frac{n}{f_s}\right]$$

$$x_i(nT) = \cos\left[2\pi \frac{f_0}{f_s} n + 2\pi i n\right]$$

$$x_i(nT) = \cos\left(2\pi \frac{f_0}{f_s} n\right)\cancelto{1}{\cos(2\pi i n)} + \operatorname{sen}\left(2\pi \frac{f_0}{f_s} n\right)\cancelto{0}{\operatorname{sen}(2\pi i n)}$$

$$\boxed{x_i(nT) = \cos\left(2\pi \frac{f_0}{f_s} n\right)}$$ independente de i #

$\therefore$, para $f_s = 40Hz$, as frequências:

$f_i = 10 + 40i$ são todas "alias" de $f_s = 10Hz$.

OBS. $\frac{f_0}{f_s} \times 2\pi \Rightarrow$ frequência digital

$2\pi f_0 \Rightarrow$ frequência analógica

4)

a) $x(t) = 2e^{j\pi/3}e^{-j2\pi 30t} + 4e^{-j2\pi 10t} + 4e^{j2\pi 10t} + 2e^{-j\pi/3}e^{j2\pi 30t} + 5$

Juntando os termos em comum para formar cosseno

$$x(t) = 2\times 2\left[\frac{e^{j(2\pi 30t-\pi/3)} + e^{-j(2\pi 30t-\pi/3)}}{2}\right] +$$

$$+\ 4\times 2\left[\frac{e^{-j2\pi 10t} + e^{j2\pi 10t}}{2}\right] + 5$$

$$\boxed{x(t) = 4\cos(60\pi t - \pi/3) + 8\cos(20\pi t) + 5}$$

b) $\cos 60\pi t \Longrightarrow$ período $T = \frac{2\pi}{60\pi} = \frac{1}{30}$ s

$\cos 20\pi t \Longrightarrow$ período $T = \frac{2\pi}{20} = \frac{1}{10}$ s

Se for difícil entender, faça as curvas no Matlab

Devido à soma dos sinais, o período fundamental será um valor de amostra comum entre ambos. ($1/30$ subdivide $1/10$) O período é $1/10$ s e a frequência fundamental é 10 Hz.

Se o sinal fosse $\cos^2(60\pi t) \Rightarrow$ período $T = \frac{\pi}{60\pi} = \frac{1}{60}$ s $\therefore$ frequência fundamental de 60 Hz.

c) $F_s = \frac{1}{T_s} = 50\,Hz$

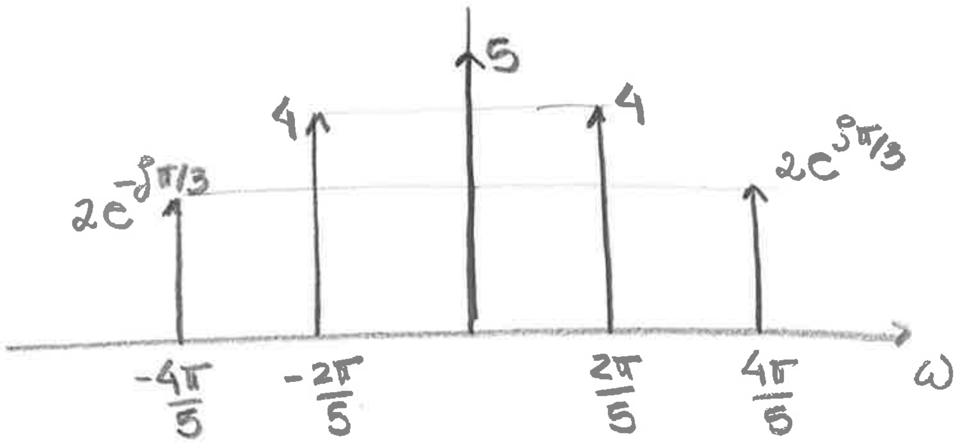
$$x[n] = x(nT_s) = x(n/f_s)$$

$$= 4\cos(60\pi n/50 - \pi/3) + 8\cos(20\pi n/50) + 5$$

$$= 4\cos\left(\frac{6\pi}{5}n - \frac{\pi}{3}\right) + 8\cos\left(\frac{2\pi}{5}n\right) + 5$$

$$= 4\cos\left(2\pi n - \frac{4}{5}\pi n - \frac{\pi}{3}\right) + 8\cos\left(\frac{2\pi}{5}n\right) + 5$$

$$\boxed{x[n] = 4\cos\left(\frac{4}{5}\pi n + \frac{\pi}{3}\right) + 8\cos\left(\frac{2\pi}{5}n\right) + 5}$$


5
4
4
$2e^{-j\pi/3}$
$2e^{j\pi/3}$
$-\frac{4\pi}{5}$
$-\frac{2\pi}{5}$
$\frac{2\pi}{5}$
$\frac{4\pi}{5}$
ω

5)

$x(t) = 3\cos 100\pi t$

a) $\omega = 100\pi$

$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50\text{ Hz}$

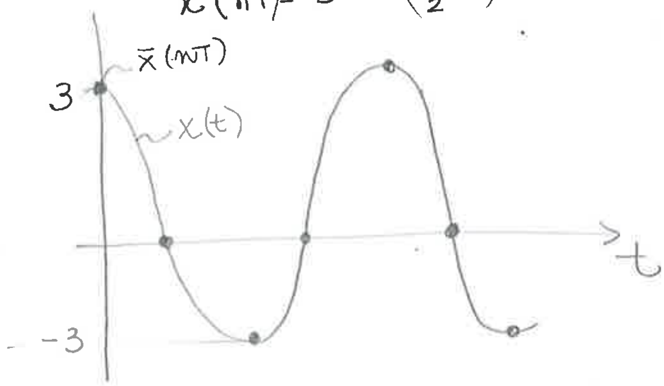
A frequência de Nyquist necessária para evitar aliasing é $f_N = 2 \times f = 100\text{ Hz}$.

b) $f_S = 200\text{ Hz}$

$\bar{x}(nT) = 3\cos 100\pi \cdot nT$

$T = \frac{1}{f_S} = \frac{1}{200}$ $\quad \therefore \bar{x}(nT) = 3\cos \frac{100}{200}\pi n$

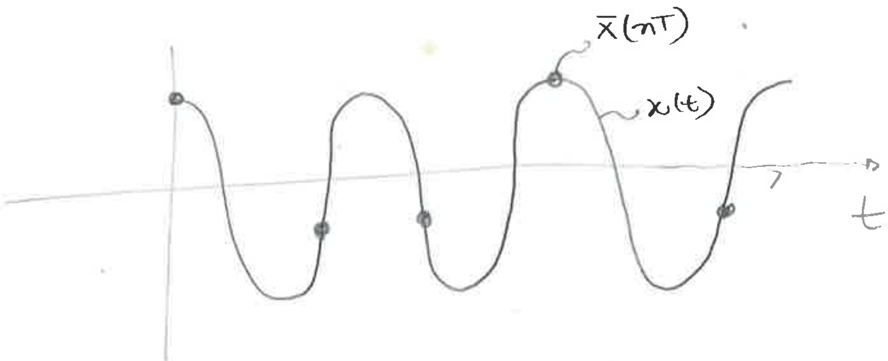
$\bar{x}(nT) = 3\cos\left(\frac{\pi}{2}n\right)$



c) $f_S = 75\text{ Hz}$

$\bar{x}(nT) = 3\cos 100\pi nT$

$\bar{x}(nT) = 3\cos \frac{100\pi}{75} n = 3\cos\left(\frac{4\pi}{3}n\right) = 3\cos\left(\frac{2\pi}{3}n\right)$



10

d) A amostragem a 75Hz gera aliasing. Para essa taxa, pergunta-se, $f = 50$ Hz é um "alias" de qual frequência?

Temos, no item c, $\bar{x}(nT) = 3\cos\underbrace{\frac{2\pi}{3}}\, n$

$$\therefore f = \frac{2\pi}{3 \times 2\pi} = \frac{1}{3}$$

A frequência do sinal amostrado é $\frac{1}{3}$.

Do exercício anterior sabe-se que, a frequência deve seguir:

$$\frac{f_0}{f_s} = \frac{1}{3} \Rightarrow f_0 = \frac{75}{3} = 25\,Hz$$

$\therefore$ $y(t) = 3\cos 2\pi \times 25 t = 3\cos 50\pi t$ amostrado a $f_s = 75$ Hz gera um sinal

$$\bar{y}(nT) = \bar{x}(nT)$$

$$6)\quad i)\ x(t) = \overbrace{3\cos 50\pi t}^{1} + \overbrace{10\,\text{sen}\,300\pi t}^{2} - \overbrace{\cos 100\pi}^{3}$$

f_N: já sabemos que está relacionada com a maior frequência entre os sinais que formam $x(t)$

$$B_1 = 25\,Hz \qquad B_2 = 150\,Hz \qquad B_3 = 50\,Hz$$

$$\therefore\ B = 150\,Hz$$

$$f_N = 2B = 300\,Hz$$

b) $y(t) = 10\,\text{sen}\,300\pi t$

$$y(nT) = 10\,\text{sen}\,\frac{300\pi n}{300} = 10\,\text{sen}\,n\pi = \phi,\ \forall n$$

Este é um caso especial para ressaltar a vocês um detalhe do teorema da amostragem. Para nos certificarmos da reconstrução exata de qualquer sinal qual com base em suas amostras, a taxa de amostragem deve ser maior do que a taxa de Nyquist em lugar de pelo menos a taxa de Nyquist. Nos exemplos em que a potência do sinal exatamente na frequência de Nyquist é zero, esse detalhe não tem importância.

No caso de nosso exemplo, amostramos o sinal exatamente quando ele passa pelo zero, e, portanto, ele foi completamente desconsiderado na composição amostral de $\bar{x}(nT)$.

c)

Qualquer senóide a certa frequência pode ser representada como a soma de um cosseno e um seno:

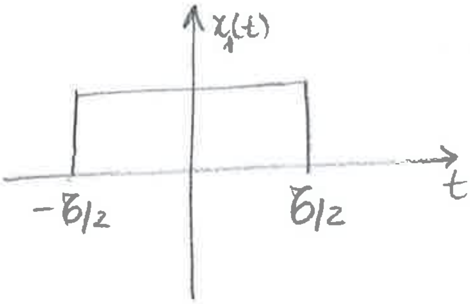
$$A \cos(2\pi f_o t + \theta) = \underbrace{A \cos\theta}_{A_C} \cos 2\pi f_o t - \underbrace{A \operatorname{sen}\theta}_{A_S} \operatorname{sen} 2\pi f_o t$$

$$A \cos(2\pi f_o t + \theta) = A_C \cos 2\pi f_o t + A_S \operatorname{sen} 2\pi f_o t$$

Portanto, quando a senóide é amostrada exatamente à sua taxa de Nyquist, a parte do seno é descartada, restando somente $A_C \cos 2\pi f_o t$.

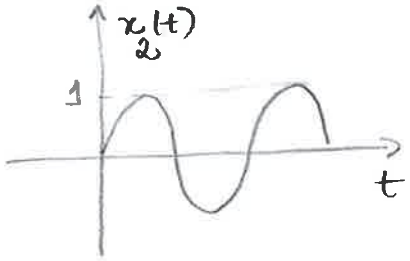
Veja que não há ambiguidade na frequência f_o, mas sim na amplitude $A \neq A_C$ e fase.

7) $x(t) = \cos(8\pi t)\, \text{rect}\left(\frac{t}{2}\right)$



$$\text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) \Longleftrightarrow \tau\, \text{sinc}\left(\frac{\omega\tau}{2}\right)$$

$$\therefore\ \text{rect}\left(\frac{t}{2}\right) \Longleftrightarrow 2\, \text{sinc}(\omega)$$



$$\cos(\omega_0 t) \Longleftrightarrow \pi\left[\delta(\omega+\omega_0) + \delta(\omega-\omega_0)\right]$$

$$\therefore\ \cos(8\pi t) \Longleftrightarrow \pi\left[\delta(\omega+8\pi) + \delta(\omega-8\pi)\right]$$

Multiplicação no domínio do tempo é convolução no domínio da frequência.

$x_1(t) = \text{rect}(t/2)$

$X_1(\omega) = 2\, \text{sinc}\, \omega$

$x_2(t) = \cos 8\pi t$

$X_2(\omega) = \pi\left[\delta(\omega+8\pi) + \delta(\omega-8\pi)\right]$

Convolução na frequência:

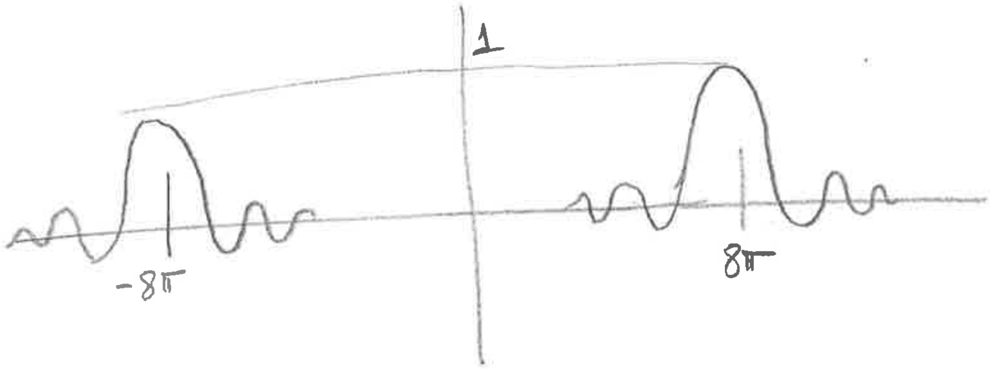
$$X_1(\omega) * X_2(\omega) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} X_1(\Omega)\, X_2(\omega-\Omega)\, d\Omega$$

$$X_1(\omega) * X_2(\omega) = \frac{1\ \cancel{2\pi}}{\cancel{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty} \text{sinc}(\Omega)\left[\delta(\omega+8\pi-\Omega) + \delta(\omega-8\pi-\Omega)\right] d\omega$$

$$X_1(\omega) * X_2(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \text{sinc}\, \Omega\ \delta(\omega+8\pi-\Omega)\, d\Omega\ +$$

$$-\int_{-\infty}^{\infty} \text{sinc}\, \Omega\ \delta(\omega+8\pi+\Omega)\, d\Omega$$

$$\therefore\ \boxed{X_1(\omega) * X_2(\omega) = \left\{\text{sinc}(\omega+8\pi) + \text{sinc}(\omega-8\pi)\right\}}$$



O espectro é obtido deslocando $X_1(\omega)$ para direita por 8π e para esquerda por 8π e, então, multiplicando-se por $1/2$.

8) a) Pelo teorema da amostragem,

$$f_s \geq \frac{2W}{2\pi} \quad \text{ou} \quad \frac{2\pi}{T} \geq 2W \;\therefore\; T \leq \frac{\pi}{W} \Rightarrow \boxed{T_{max} = \frac{\pi}{W}}$$

$$X_p(\omega) = \underbrace{\frac{1}{T}} \sum_{k=-\infty}^{\infty} X\left(\omega - k\frac{2\pi}{T}\right) \Longrightarrow$$

Já deduzimos e usamos várias vezes essa equação. Se você ainda não sabe de onde veio, volte no ex. 1 para relembrar.

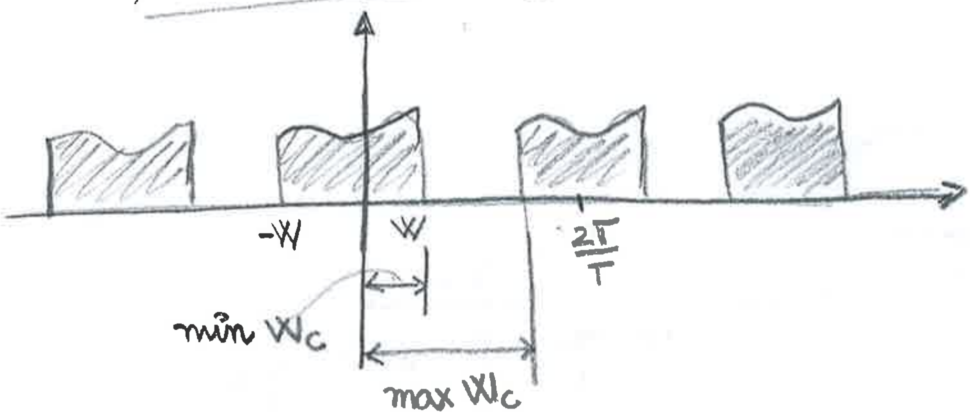
$\Downarrow$

Portanto, $\boxed{A = T}$

O mínimo valor de W_c é W para que não se perca nenhuma informação, e o máximo valor de W_c é $\frac{2\pi}{T} - W$ para que as réplicas no espectro não apareçam em $x_r(t)$.

Portanto,

$$\boxed{W \leq W_c \leq \frac{2\pi}{T} - W}$$



b) (1) Convolução no tempo é multiplicação na frequência.

$\therefore X(\omega) = 0$ para $|\omega| > W$

$$T_{max} = \frac{\pi}{W}, \quad A = T, \quad W < W_c < \frac{2\pi}{T} - W$$

(II) A largura da soma é o maior dos valores;

$\therefore X(\omega) = 0$ para $|\omega| > 2W$

$$T_{max} = \frac{\pi}{2W}, \quad A = T, \quad 2W < W_c < \frac{2\pi}{T} - 2W$$

(III) Multiplicação no tempo é convolução na frequência (soma das faixas)

$\therefore X(\omega) = 0$ para $|\omega| > 3W$

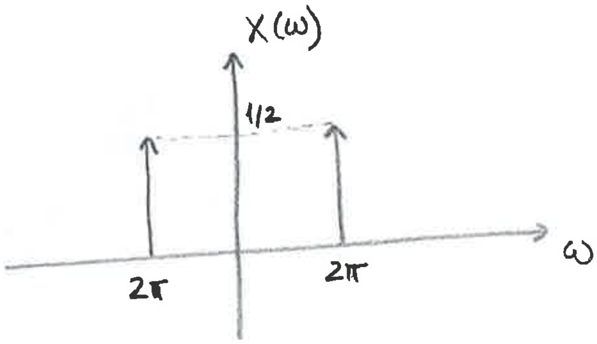
$$T_{max} = \frac{\pi}{3W}, \quad A = T, \quad 3W < W_c < \frac{2\pi}{T} - 3W$$

(IV) Expansão no tempo é contração na frequência.

$\therefore X(\omega) = 0$ para $|\omega| > \frac{W}{10}$

$$T_{max} = \frac{10\pi}{W}, \quad A = T, \quad \frac{W}{10} < W_c < \frac{2\pi}{T} - \frac{W}{10}$$

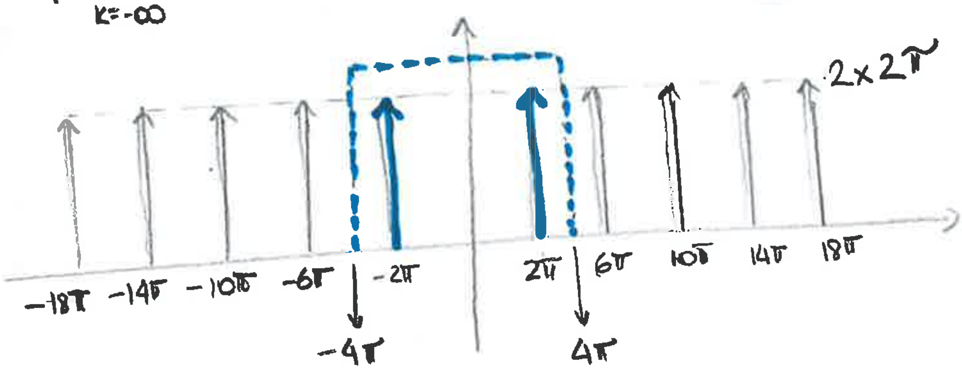
9)



$$X(\omega) = \pi\left[\delta(\omega-\omega_0)+\delta(\omega+\omega_0)\right]$$
$$X(\omega) = \pi\left[\delta(\omega-2\pi)+\delta(\omega+2\pi)\right]$$

$$\bar{X}(\omega) = \frac{1}{T}\sum_{k=-\infty}^{\infty} X(\omega - k\omega_s)$$

(a)



$$T_s = \frac{1}{2} \Rightarrow \omega_s = \frac{2\pi}{1/2} = 4\pi$$

$$\bar{X}(\omega) = 2\sum_{k=-\infty}^{\infty} X(\omega - 4\pi k), \quad X(\omega) = \pi\left[\delta(\omega-2\pi)+\delta(\omega+2\pi)\right]$$

O desenvolvimento é bastante similar ao ex. 1.
(Reveja o ex. 1, se necessário)

Para recuperar $x(t)$, tem-se:

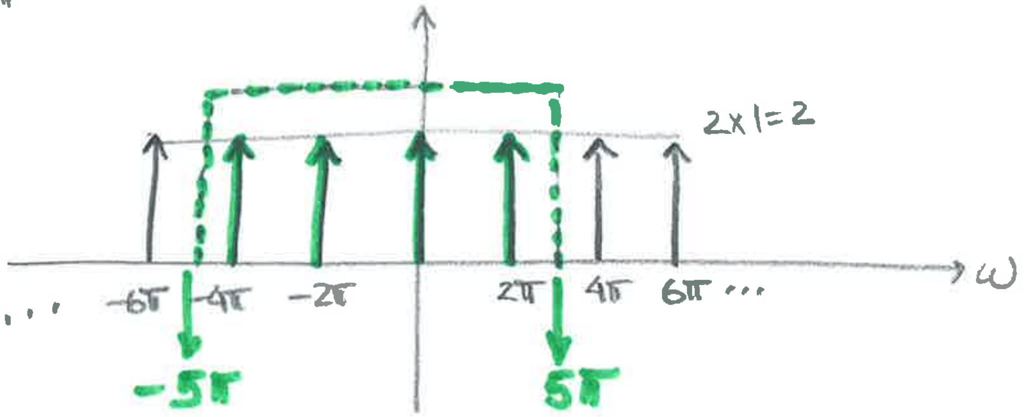
$$X(\omega) = \delta(\omega-\omega_0) \Longleftrightarrow x(t) = \frac{1}{2\pi}e^{j\omega_0 t}$$
$$X(\omega) = \delta(\omega+\omega_0) \Longleftrightarrow x(t) = \frac{1}{2\pi}e^{-j\omega_0 t}$$

$$\therefore X(\omega) = 4\pi\left[\delta(\omega+\omega_0)+\delta(\omega-\omega_0)\right] \Leftrightarrow x(t) = 2\left(e^{-j\omega_0 t}+e^{j\omega_0 t}\right)$$

$$\therefore \boxed{x(t) = 4\cos 2\pi t}$$

(b) $T_s = 1$

$W = 5\pi$



$$x(t) = \frac{1}{2}\left[2 + 4\cos 2\pi t + 4\cos 4\pi t\right]$$

$$\boxed{\hat{x}(t) = 1 + 2\cos 2\pi t + 2\cos 4\pi t}$$

10)

(a) $x[n] = 9\cos\left(2\pi F_s \underbrace{\frac{n}{100}} - \frac{\pi}{2}\right)$

tempo vai de 0 — 0.3

n vai de 1 - 31

$\therefore\ x[n] = 9\cos\left(2\pi(396)\frac{n}{100} - \frac{\pi}{2}\right)$

$396 \Rightarrow 3{,}96 \times 100$

$\therefore\ \cos(2\pi(3{,}96)n) = \cos(2\pi(3+0{,}96)n) =$

$\cos(2\pi \times 0{,}96\, n) = \cos(2\pi(-0{,}04)n)$

$\therefore\ \boxed{x[n] = 9\cos\left[2\pi \times 0{,}04\, n + \pi/2\right]}$

(b) Período: 25 amostras

$dt = \frac{1}{100}$ seg

1 amostra —— $1/100$ seg

25 amostras —— T

$T = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}$ s

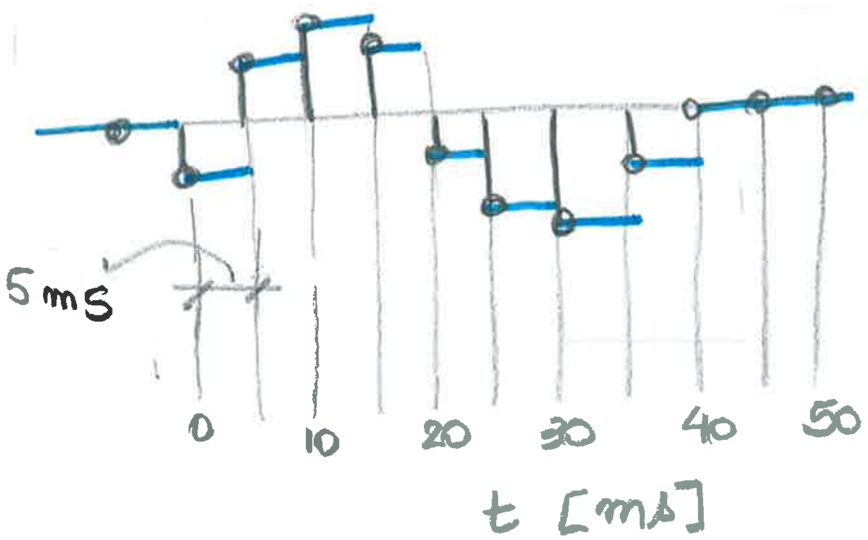
$\therefore$ o sinal aparenta ter uma frequência de 4 Hz

OBS → errar o eixo $\underline{x}$ é um erro comum, não só no gráfico do domínio do tempo mas, principalmente, no domínio da frequência.

11) Em aula, estudamos que este é o reconstrutor de ordem zero (ROZ) e, portanto,

$$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]\, p(t - nT_s)$$

$$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]\, p(t - 0{,}005)$$



Note que a resposta está atrasada $T_s/2$.