

a) Para determinar la velocidad mínima del conmutador tenemos que tener en cuenta el teorema de Nyquist y que el muestreo debe realizarse a una velocidad determinada por el mayor A.B.

$$\text{Nyquist} \rightarrow F_s \geq 2B$$

$$\begin{cases} \sin(6\pi t + \pi/4) \rightarrow \omega = 6\pi \rightarrow F = 3 \text{ Hz} \\ \cos(12\pi t) \rightarrow \omega = 12\pi \rightarrow F = 6 \text{ Hz} \end{cases}$$

$$\rightarrow F_s \geq 2 \cdot 6 = 12 \text{ Hz}$$

b) $F_s = 24 \text{ Hz}$ 32 niveles

$$T = \frac{1}{F_s} = \frac{1}{24}$$

BINARIO

$$M = n^m \rightarrow 32 = 2^m \rightarrow m = 5 \text{ pulsos}$$

$$T = \frac{1/24}{5} = \frac{1}{120} \text{ segundos}$$

$$C = \frac{\log_2 n}{T} = \frac{1}{1/120} = 120 \text{ Hz}$$

↳ Capacidad Mínima

$$C = 2\omega \log_2 n \rightarrow \omega = \frac{C}{2} = 60 \text{ Hz}$$

↓
A.B. del Canal

CUATERNARIA

$$M = n^m \rightarrow 32 = 4^m \rightarrow m = 3 \rightarrow M = 64 \text{ niveles}$$

$$T = \frac{1/24}{3} = \frac{1}{72} \text{ seg}$$

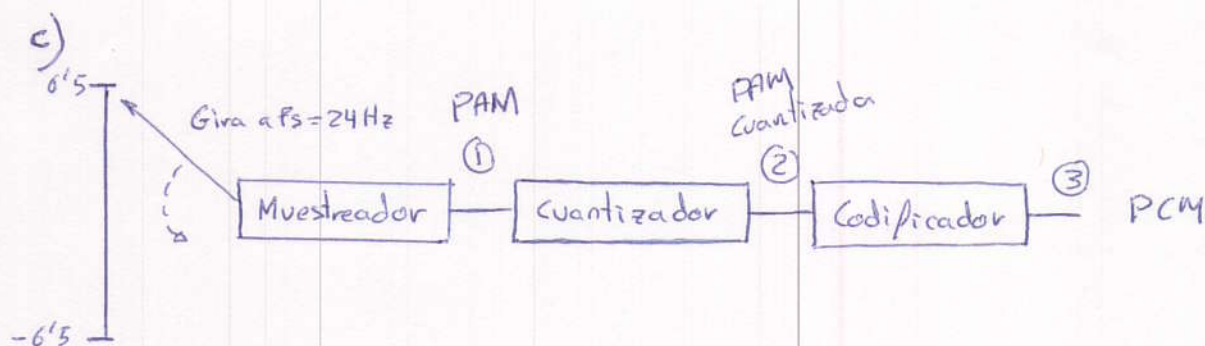
Nos sobran niveles pero no pasa nada.

$$C = \frac{\log_2 n}{T} = \frac{2}{1/72} = 144 \text{ Hz}$$

↳ Capacidad Mínima

$$C = 2\omega \log_2 n \rightarrow \omega = \frac{C}{2} = 72 \text{ Hz}$$

↓
A.B. Canal.



* El muestreador gira a 24 Hz, con lo que toma 24 muestras en un segundo, como tenemos una señal que varía de 6'5 a -6'5 y 32 niveles de cuantización, tenemos que averiguar el incremento entre niveles.

$$\Delta = \frac{\text{lim Sup} - \text{lim Inf}}{\text{niveles} - 1} = \frac{6'5 - (-6'5)}{31} = \underline{\underline{0'41935}}$$

* Como la señal se repite a lo largo del tiempo, los valores de las muestras también se van a repetir, con lo que buscando el valor de las primeras $F(t)$ puedo representar la PAM.

$$F(t) = 4 \cdot \text{Sen}(6\pi t + \pi/4) - 3 \cos(12\pi t)$$

$$F(0) = 4 \text{ Sen}(\pi/4) - 3 \cos(0) = \frac{4\sqrt{2}}{2} - 3 = 2\sqrt{2} - 3 = \underline{\underline{-0'17157}}$$

$$F(1/24) = 4 \text{ Sen}(\pi/2) - 3 \cos(\pi/2) = \underline{\underline{4}}$$

$$F(2/24) = 4 \text{ Sen}(\frac{3\pi}{4}) - 3 \cos(\pi) = \frac{4\sqrt{2}}{2} + 3 = 2\sqrt{2} + 3 = \underline{\underline{5'828}}$$

$$F(3/24) = 4 \text{ Sen}(\pi) - 3 \cos(\frac{3\pi}{2}) = \underline{\underline{0}}$$

$$F(4/24) = 4 \text{ Sen}(\frac{5\pi}{4}) - 3 \cos(2\pi) = \frac{-4\sqrt{2}}{2} - 3 = -2\sqrt{2} - 3 = \underline{\underline{-5'828}}$$

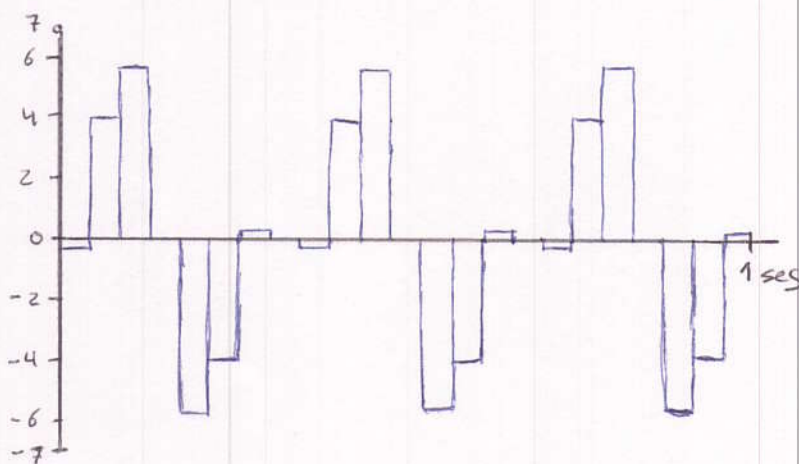
$$f(5/24) = 4 \operatorname{Sen}\left(\frac{6\pi}{4}\right) - 3 \cos\left(\frac{5\pi}{2}\right) = \underline{\underline{-4}}$$

$$f(6/24) = 4 \operatorname{Sen}\left(\frac{7\pi}{4}\right) - 3 \cos(3\pi) = \frac{-4\sqrt{2}}{2} + 3 = -2\sqrt{2} + 3 = \underline{\underline{0'17157}}$$

$$f(7/24) = 4 \operatorname{Sen}(2\pi) - 3 \cos\left(\frac{7\pi}{2}\right) = \underline{\underline{0}}$$

X En este punto empiezan a repetirse

$$f(8/24) = f(0) = 4 \operatorname{Sen}\left(\frac{9\pi}{4}\right) - 3 \cos\left(\frac{8\pi}{2}\right) = \frac{4\sqrt{2}}{2} - 3 = 2\sqrt{2} - 3 = \underline{\underline{-0'17157}}$$



SEÑAL PAM ①

X Para cuantizar esta señal a 32 niveles y con un $\Delta_m = 0'41935$ entre cada nivel, utilizamos la siguiente fórmula, hemos de calcular también únicamente los primeros valores.

$$f'(x) = \frac{f(x) + 6'5}{\Delta_m} \quad \text{donde } f'(x) \text{ será la señal PAM CUANTIZADA}$$

$$f'(0) = \frac{-0'17157 + 6'5}{0'41935} = \underline{\underline{15'09}}$$

$$f'(5/24) = \frac{-4 + 6'5}{0'41935} = \underline{\underline{5'96}}$$

$$f'(1/24) = \frac{4 + 6'5}{0'41935} = \underline{\underline{25'63}}$$

$$f'(6/24) = \frac{0'17157 + 6'5}{0'41935} = \underline{\underline{15'9}}$$

$$f'(2/24) = \frac{5'828 + 6'5}{0'41935} = \underline{\underline{29'39}}$$

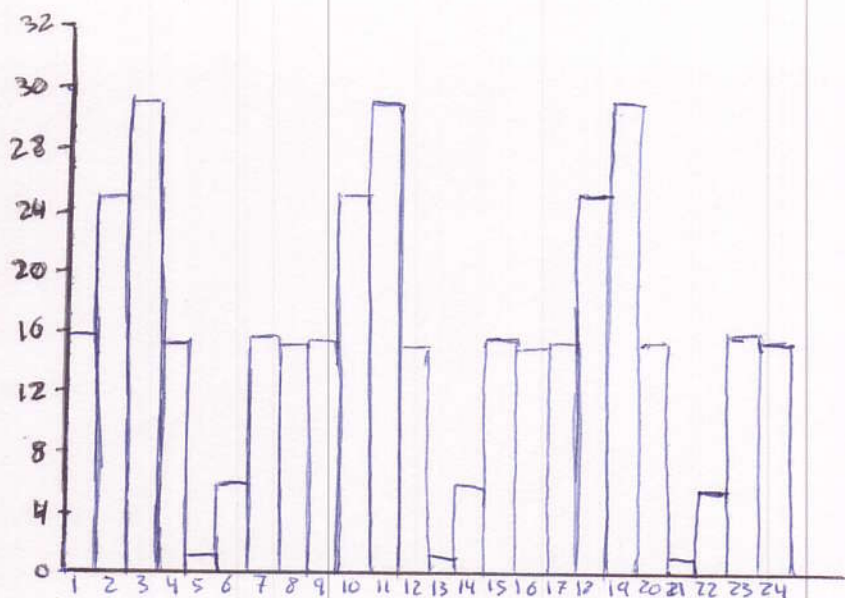
$$f'(7/24) = \frac{6'5}{0'41935} = \underline{\underline{15'5}}$$

$$f'(3/24) = \frac{6'5}{0'41935} = \underline{\underline{15'5}}$$

X En este punto se empiezan a repetir

$$f'(4/24) = \frac{-5'828 + 6'5}{0'41935} = \underline{\underline{1'6}}$$

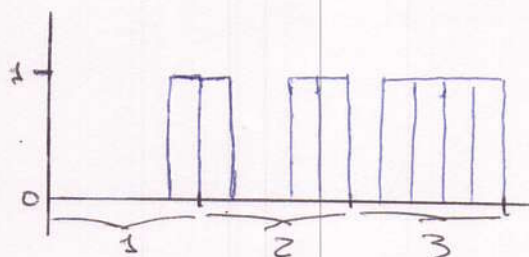
$$f'(8/24) = \frac{-0'17157 + 6'5}{0'41935} = \underline{\underline{15'9}}$$



Señal PAM Cuantizada

(2)

X Ahora cada pulso lo tendremos que codificar en binario y necesitamos como hemos dicho antes 5 bits para representarlo



SEÑAL PCM (3)

d) X Para multiplexar 10 muestras sin perder información tendría que aumentar la f_s para tomar más muestras por segundo y no perder información de cada una de las señales.

$$f_s = 24 \text{ Hz para 1 señal}$$

32 niveles

$$f_s = 240 \text{ Hz para 10 señales}$$

$$T = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{240} \text{ seg}$$

BINARIO

$$M = n^m \rightarrow m = 5 \text{ pulsos}$$

$$T = \frac{1/240}{5} = \frac{1}{1200} \text{ seg}$$

$$C = \frac{\log_2 n}{T} = \frac{1}{1/1200} = 1200 \text{ Hz}$$

$$C = 2W \log_2 n = 2W \log_2 32 \rightarrow W = \frac{C}{2} = 600 \text{ Hz}$$

CUATERNARIA

$$M = n^m \rightarrow m = 3 \text{ pulsos}$$

$$T = \frac{1/240}{3} = \frac{1}{720} \text{ seg}$$

$$C = \frac{\log_2 n}{T} = \frac{2}{1/720} = 1440 \text{ Hz}$$

$$C = 2W \log_2 4 \rightarrow W = \frac{C}{4} = 360 \text{ Hz}$$