

# Ayudantía 4 Comunicaciones Digitales

## "PCM"

Nicolás Araya Caro

Docente:  
Diego Dujovne

18 de abril de 2022

Al enviar información a través de algún medio, esta información es enviada de forma analógica. La modulación por pulsos codificados (PCM) es una de las formas más básicas de convertir esa información analógica en información digital.

Esta conversión se enfoca en representar cada muestra de la información analógica en un código digital. Esto se hace en 3 pasos principales: Muestreo, Cuantificación y Codificación.

Como primer paso, se debe generar muestras de la señal analógica. Para esto se ha de convertir en una señal de pulsos que utiliza una mayor frecuencia. Con el fin de evitar la pérdida de información en el muestreo, para esto se necesita que:

$$f_s \geq 2f \quad [Hz]$$

Siendo  $f_s$  la frecuencia de muestreo y  $f$  como la frecuencia de la señal original.

El siguiente paso es asignar un valor digital a cada posible pulso deseado. De esta forma podremos representar la señal de pulsos en una serie discreta de valores digitales.

El rango de valores que puede tomar una muestra es definido por los niveles posibles. En términos generales, una muestra tiene un valor entre  $[0, M]$  donde  $M$  equivale a la cantidad de niveles posibles. En una cuantificación uniforme, se define la **precisión** de la cuantificación como la diferencia porcentual entre 2 niveles consecutivos en nuestra señal de pulsos. Esta diferencia se representa de la siguiente forma:

$$p = \frac{1}{M}$$



Figura: Muestreo y cuantificación de una onda senoidal (roja) en código MIC (PCM) de 4-bits

Como último paso, se codifica cada valor digital como código binario o un código multinivel, en general se utilizan códigos binarios para representar los diferentes niveles. Si se poseen  $M$  niveles de cuantificación, estos pueden ser representado como un código binario de largo:

$$n = \log_2(M) \quad \text{bits}$$

Una señal que fue modulada con PCM, posee el siguiente ancho de banda dependiendo de como se desee transmitir en señales sinusoidales:

$$B \geq \frac{nf_s}{2} \quad [Hz], \text{ Usando } \left(\frac{\sin(x)}{x}\right)$$

o en el caso de señales cuadradas:

$$B \geq nf_s \quad [Hz]$$

Y la tasa de bits de la señal o bitrate es:

$$R = nf_s \quad bps$$

En cada paso de PCM, se le introduce ruido a la señal original para hacer las conversiones. Por ello en la generación y recepción de una señal PCM se tiene que la relación señal-ruido en los peaks de la señal original se aproxima a:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{peak} = 3M^2 \quad \text{veces}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{peak} = 6,02n + 4,77 \quad \text{dB}$$

Y la relación señal-ruido promedio se aproxima a:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{prom} = M^2 \quad \text{veces}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{prom} = 6,02n \quad \text{dB}$$



Se requiere transmitir una señal cuyo error de cuantificación no sobrepase 0,1 por ciento . El ancho de banda disponible es de 200KHz. ¿Cuál es la frecuencia máxima de muestreo posible?

El error de cuantificación (conocido también como precisión) se usa para medir la cantidad de niveles requeridos del sistema. Para que exista un error de 0,1 por ciento se requiere:

$$p = \frac{1}{M}$$

$$M = \frac{1}{p}$$

$$M = \frac{1}{0,001} = 1000 \text{ veces}$$

Para codificar 1000 niveles, se necesitan  $\log_2(M)$  bits. Por lo tanto

$$n = \log_2(M)$$

$$n = \log_2(1000) = 9,96bits$$

(redondeado a 10 bits por ser bit valor entero).

Luego, la frecuencia de muestreo máxima depende de como se envía la señal de salida. Para sinusoides:

$$B = \frac{nf_s}{2}$$

$$f_s = \frac{2B}{n}$$

$$f_s = \frac{2 * 200,000}{10} = 40,000 \quad [Hz]$$

Para el caso de señales cuadradas:

$$B = nf_s$$

$$f_s = \frac{B}{n} = \frac{200,000}{10} = 20,000 \quad [Hz]$$

Entonces, la frecuencia de muestreo máxima se da con una señal sinusoidal y posee un valor de 40KHz.

1 sistemas de comunicacion digitales y analogicos couch 7e