

# PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES MUESTREO DE SEÑALES

Ariel Alcides Canezo Gómez  
Carrera de Ingeniería Mecatrónica, Escuela Militar de Ingeniería  
La Paz, Bolivia  
[acanezog@doc.emi.edu.bo](mailto:acanezog@doc.emi.edu.bo)

## DIGITAL SIGNAL PROCESSING SIGNAL SAMPLING

**Resumen**— El presente trabajo tiene por objetivo analizar la fase de muestreo de señales para su procesamiento digital, considerando como una de las fases más importantes como el inicio del procesamiento digital de señales.

**Palabras Claves**— Señal, pulso, muestreo, digital, fourier.

**Abstract**- The objective of this work is to analyze the signal sampling phase for digital processing, considering one of the most important phases as the beginning of digital signal processing.

**Keywords**- Signal, pulse, sampling, digital, fourier.

### I. INTRODUCCIÓN

Podría definirse al Procesamiento Digital de Señales como la manipulación matemática y algorítmica de señales discretizadas y cuantizadas; con el fin de extraer la mayor cantidad de información importante, la cual esta contenida en la señal.

El procesamiento digital de señales puede considerar muchos conceptos en la percepción de quienes pueden aplicarlo pero estos convergen en una razón común que responde a la manipulación de señales aplicando la matemática y luego la realización de implementación de algoritmos con el propósito de convertir, analizar y mejorar la señal que se requiere.

Para este caso entonces debemos definir ciertos conceptos importantes como:

**Señal.** Se puede definir como cualquier perturbación física medible que transporta información, por ejemplo, la señal de audio afecta a la presión que el aire ejerce sobre la membrana timpánica, si consideramos una señal luminosa es el fenómeno que afecta al tipo y cantidad de radiación electromagnética que alcanza un dispositivo sensible a la luz.

Entonces podemos preguntarnos, ¿Qué obtenemos luego de muestrear una señal?

Naturalmente, las señales son analógicas, por tanto esta característica hace que su manipulación sea muy complicada, por ejemplo la diferencia entre la manipulación de audio en los tocadiscos con la actual manipulación en los formatos digitales y su capacidad transportable e un CD o un Usb, entonces para este caso es necesario realizar previamente la digitalización de esta señal para su manipulación.

Aquí es donde inicia nuestro tema de análisis.

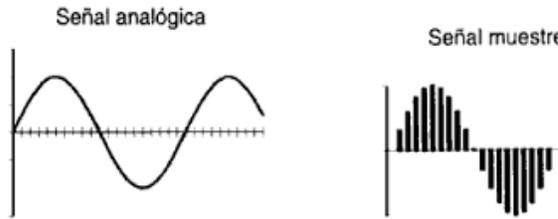
El muestreo es prácticamente la primera etapa de la digitalización de señales.

Si consideramos una señal de audio, al muestrearla obtenemos la señal de audio original en aquellos puntos donde se toma cada muestra.

Si tomamos una imagen estática, es decir la que podemos obtener de una cámara fotográfica, al realizar el muestreo se va a generar una matriz bidimensional de muestras

recogidas en diferentes puntos espaciales.

Ahora si tomamos una señal de vídeo y la muestreamos sobre el dominio del espacio o sobre el del tiempo, lo que llegaríamos a obtener, es una secuencia de imágenes como imágenes estáticas.



**Fig. 1.** Señal sinusoidal y su muestreo  
Fuente.

<http://www.pulso.uniovi.es/wiki/index.php/Muestreo>

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la aplicación del muestreo inicialmente se debe recordar:

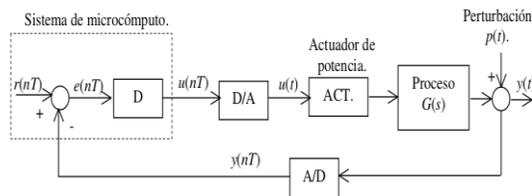
### Teorema del muestreo de Nyquist-Shannon

Se establece que la reconstrucción exacta de una señal periódica que es continua en banda base a partir de sus muestras, es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda.

$$f_s \geq 2f_{\max}$$

Aplicando estas características iniciamos el análisis.

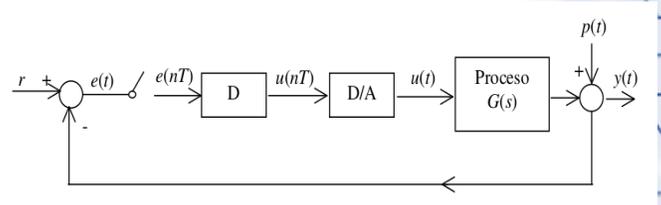
Debemos iniciar en un esquema basico del control digital;



**Fig. 2.** Señal sinusoidal y su muestreo  
Fuente. Universidad Nacional de la Plata-Argentina

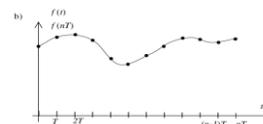
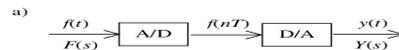
En el grafico podemos observar que la señal a controlar,  $y(t)$ , es muestreada a través de un convertidor analógico digital A/D y comparada con el valor de referencia  $r(nT)$  almacenado en una posición de memoria del sistema de microcontrol en el cual debe implementarse el controlador digital. La información que resulta de esta comparación que es una señal de error (discreta), es procesada por el microprocesador, que, mediante un algoritmo, es encargado de generar una señal de mando discreta  $u(nT)$ , esta señal es convertida en analógica a través de un convertidor D/A. Esta secuencia de operaciones es realizada cada  $T$  segundos, siendo  $T$  el período de muestreo.

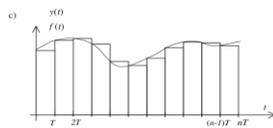
Simplificando el esquema presentado tenemos entonces:



**Fig. 3.** Señal sinusoidal y su muestreo  
Fuente. Universidad Nacional de la Plata-Argentina

Al simplificar este esquema podemos observar que dos módulos son los importantes dentro del procedimiento, el de muestreo (Conversión Analógico a Digital) y el de Reconstrucción (Conversión digital a Analógico).





**Fig. 4.** a) Conjunto a Modelar  
b) Señal Continua  $f(t)$  y discreta  $f(nT)$ .  
c) Señal Continua  $f(t)$  y reconstruida  $y(t)$

Analizando la señal reconstruida  $y(t)$ , se observa que puede ser expresada en una sumatoria de escalones desplazados en el tiempo.

$$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) [\infty(t - nT) - \infty(t - (n + 1)T)]$$

Realizando la transformada de La Place de esta señal reconstruida tenemos:

$$Y(s) = \frac{\sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) e^{-nTs} - e^{-nTs-Ts}}{S}$$

realizando operaciones la ecuación queda:

$$Y(s) = \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) e^{-nTs} \right] \left[ \frac{1 - e^{-Ts}}{S} \right]$$

Considerando el esquema básico de la ecuación;

$$Y(s) = F^*(s) \cdot H_0(s)$$

Se puede llegar a la conclusión de que la señal muestreada es  $F^*(s)$ , y que el segundo factor, corresponde a la transferencia del reconstructor de señal que denominaremos en este caso  $H_0(s)$ .

$$F^*(s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) e^{-nTs}$$

$$H_0(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s}$$

Como transformada inversa es también una operación lineal, la anti transformada de  $F^*(s)$  resulta entonces:

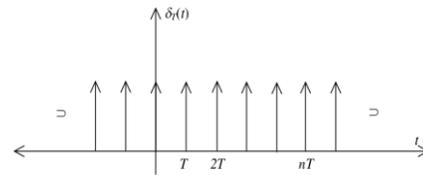
$$F^*(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \delta(t - nT)$$

$$F^*(t) = f(t) \delta_T(t)$$

Donde llegamos a la relación de:

$$\delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT)$$

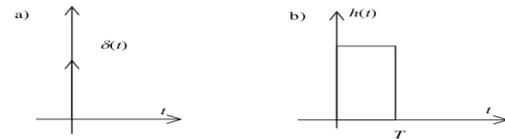
Si representamos gráficamente puede ser representado en un tren de pulsos modulados por  $f(t)$ .



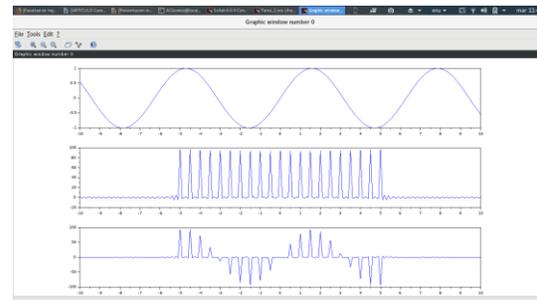
**Fig. 5.** Tren de Impulsos.

### III. RESULTADOS

Analizando el procedimiento en software de computo como SCILAB se tiene entonces la respuesta de señales a trenes de impulsos como muestreo.



**Fig. 5.** a) Excitación de Impulso  
b) Respuesta del reconstructor de orden cero



**Fig. 6.** Señal a Muestrear, Generación de Tren de Pulsos y Señal Muestreada.

Fuente. Elaboración Propia (Software SciLab).

#### IV. CONCLUSIONES

La aplicación de la modelación matemática ofrece en el estudio de los sistemas digitales una facilidad en su procesamiento y manipulación, puesto que de forma analógica la pérdida de información es mayor.

Para la manipulación de señales digitales es muy importante el muestreo, por tanto, es importante considerar perder lo más mínimo de la información, pero al mismo tiempo reducir al máximo la información innecesaria para la reconstrucción, de modo que la señal no debe cambiar esencialmente en la información que ofrece.

El apoyo de software matemático permite un estudio más detallado de las diferentes

etapas en el procesamiento digital de señales.

#### REFERENCIAS

- [1] Universidad Nacional del Plata, "Nociones sobre Muestreo y Reconstrucción de Señales," Apuntes de clase Argentina.
- [2] Semeria, Marcelo, "Serie de Documentos de Trabajo", Fourier, Nyquist - Shannon, Argentina, 2015
- [3] Cortés Osorio, Jimmy Alexander; Cano Garzón, Hugo Baldomiro, Chaves Osorio, José Andrés, "FUNDAMENTOS Y Aplicación Del Muestreo En Señales Ubicadas En Las Bandas Altas Del Espectro", Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2008.
- [4] Steven W. Smith, "The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing", Second Edition, San Diego – California, 1999.

**RECEPCION:** 28/02/2019

**APROBACION:** 12/03/2019