# Osciloscopio Digital

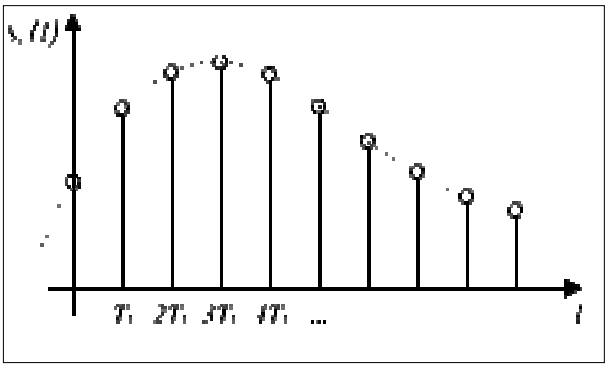
El manejo básico del osciloscopio digital no difiere demasiado del ya expuesto para el analógico si bien su funcionamiento interno es radicalmente diferente. En este tipo de aparatos podemos encontrar una gran variabilidad de prestaciones entre distintos modelos y marcas en particular, el LEF cuenta con varias unidades de **Tektronix** serie **TDS 200** cuyo manual en español se adjunta.

## Conversor A/D:

Antes de referirnos al osciloscopio en particular parece conveniente dar una somera idea sobre el corazón de cualquier instrumento digital, el **Conversor**. Como su nombre lo indica el conversor A/D es un dispositivo que convierte una señal continua de voltaje en una señal discreta y cuantizada digital. Este proceso se realiza en tres pasos básicos:

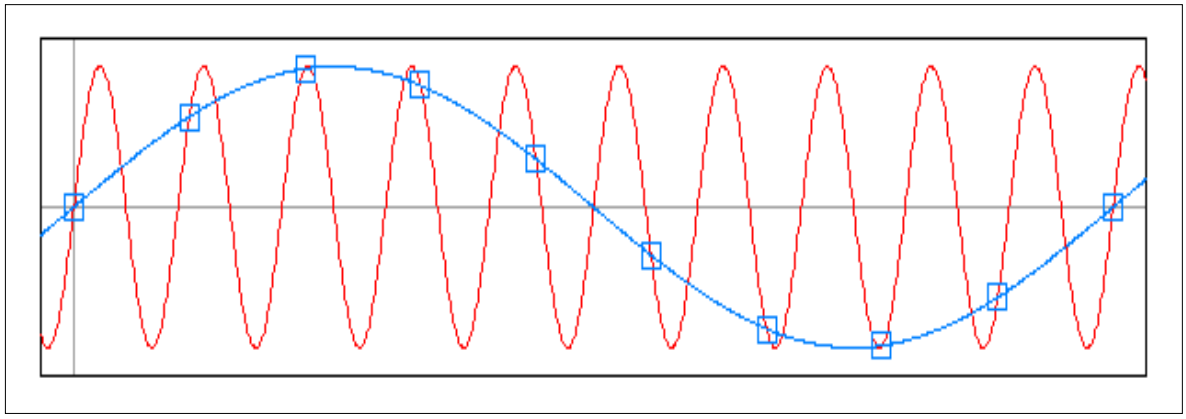
- **Muestreo:**

Las señales digitales son discretas en el tiempo mientras que las analógicas son continuas, por lo tanto es necesario para la conversión A/D muestrear la señal original. Esto significa que el conversor no está "mirando" continuamente la información que le llega sino que toma nota de los valores a intervalos regulares de tiempo. Se puede demostrar rigurosamente que, si la



frecuencia de muestreo es mayor al doble del ancho de banda (**BW**) de la señal original el proceso de muestreo es reversible y, por lo tanto, se puede recuperar la señal original sin pérdida a partir de la señal muestreada. Esta condición se llama **Criterio de Nyquist** y su demostración formal constituye el **Teorema de Nyquist-Shannon.** Una forma más intuitiva de ver esto es analizando el fenómeno de **Aliasing.**

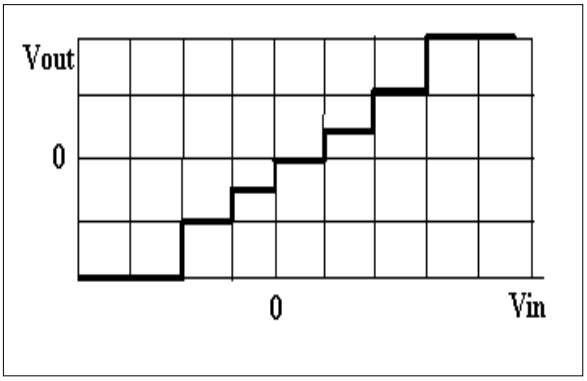
Supongamos una señal sinusoidal de frecuencia ***f*** como la de la imagen. Si la



muestreamos a una frecuencia ***s<2f*** no la distinguiríamos de una señal de frecuencia ***f´=s-f***.
Esto se puede observar en cualquier fenómeno periódico. Por ejemplo, el sol tiene un movimiento aparente en el cielo de este a oeste con una amanecer cada 24hs (supongamos en el Ecuador). Si se muestreara la posición del sol cada 23hs observaríamos un movimiento de oeste a este con un amanecer cada 23.24=552hs. Es también la causa de que las ruedas en movimiento se vean girando al revez. Como último y más representativo ejemplo tenemos el audio digital. El ser humano es capaz de oír frecuencias sonoras en el intervalo 20Hz-20kHz lo que representa un ancho de banda de 20kHz aproximadamente. Por esta razón el muestreo de audio digital es de 44100Hz (el 44kbps que aparece en el WinAmp). Los 4100Hz extras se deben al margen de error a la hora de recuperar la señal.

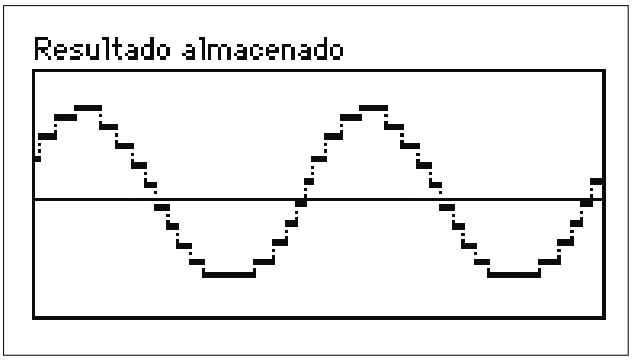
- **Cuantificación:**

Una vez tomadas las muestras se analiza su amplitud. Como se mencionó anteriormente una señal digital es cuantizada lo que significa que, a diferencia de la señal analógica no puede tomar cualquier valor en amplitud.




El proceso de conversión se podría representar sobre la gráfica de la señal en un plano tiempo-amplitud. El muestreo consistiría entonces en dividir el eje de tiempo en intervalos regulares y tomar de la

señal solo los puntos que coinciden con el extremo de los segmentos. De la misma manera podemos dividir el eje de amplitud en intervalos, tomar los puntos anteriores y evaluar su amplitud. Ahora, a los puntos cuyas amplitudes caigan en el interior de un segmento les asignamos el valor del extremo más cercano. De esta manera la señal queda cuantizada ya que las muestras tendrán valores de amplitud pertenecientes a un conjunto predeterminado. Es claro que con este proceso se pierde parte de la información y que la cantidad de información perdida será inversamente proporcional a la cantidad de segmentos en los que dividamos el eje de amplitudes. La cantidad de divisiones está dada por la Resolución del conversor. Esta magnitud se mide en bits si se codifica en código binario (ver **Codificación**).




- **Codificación:**

Consiste en el pasaje de los datos cuantizados al código que se utilice para transmitirlos y almacenarlos. En la mayoría de los casos se utiliza el código binario donde la información se almacena en bits. Un bit es la unidad elemental de información digital y consiste en un 0 o 1 binario, de esta manera, la cantidad de bits que procese el conversor informa sobre la cantidad de dígitos binarios que este maneja. Por ejemplo, un conversor de 1 bit sería aquel que sólo clasifica las amplitudes en dos ($2^1$) categorías: 0 (Apagado, No, Falso) y 1 (Encendido, Si, Verdadero), un conversor de 2 bits tendría cuatro ($2^2$) categorías, etc. Así, un conversor de n bits tendría $2^n$ divisiones en la escala de amplitud. Como ejemplo el audio digital tiene una resolución de 16 bits por lo que su escala de amplitudes admite 65536 valores posibles y la TV digital procesa en 8 bits por lo que distingue entre 256 colores.

**Osciloscopio analógico: diferencias**

Los mandos básicos del osciloscopio digital son los mismos que en el analógico si bien existe una diferencia en lo que a la base de tiempos se refiere. Mientras que la base de tiempos del aparato analógico controla el barrido horizontal del haz

de electrones con tensiones linealmente variables en el tiempo, en un osciloscopio digital los mismos controles actúan sobre el muestreo del conversor. De esta manera ampliar o reducir la escala horizontal significa en este caso aumentar o disminuir la frecuencia de muestreo. En otras palabras, el osciloscopio siempre muestra la misma cantidad de puntos en pantalla por lo que variar el intervalo temporal entre muestras se traducirá en ver una porción mayor o menor de la señal.
Como ventajas evidentes sobre su par analógico, el osciloscopio digital presenta la función de Pretrigger que brinda la posibilidad de visualizar las partes de la señal anteriores a la condición de trigger. Esto es posible ya que el aparato está continuamente leyendo la entrada y grabando esos datos en un registro circular de manera que al elegir un nivel de trigger lo único que se hace es seleccionar para la visualización una sección determinada de los datos almacenados en la memoria.
Como todo tiene su precio existe una falencia en el método de muestreo digital. Como ya se mencionó, al cambiar la escala de tiempos se está modificando la frecuencia de muestreo por lo tanto, si se quiere observar una sección muy amplia de la señal, se corre el peligro de no satisfacer el criterio de Nysquist y, por causa del Aliasing terminar observando una señal falsa.