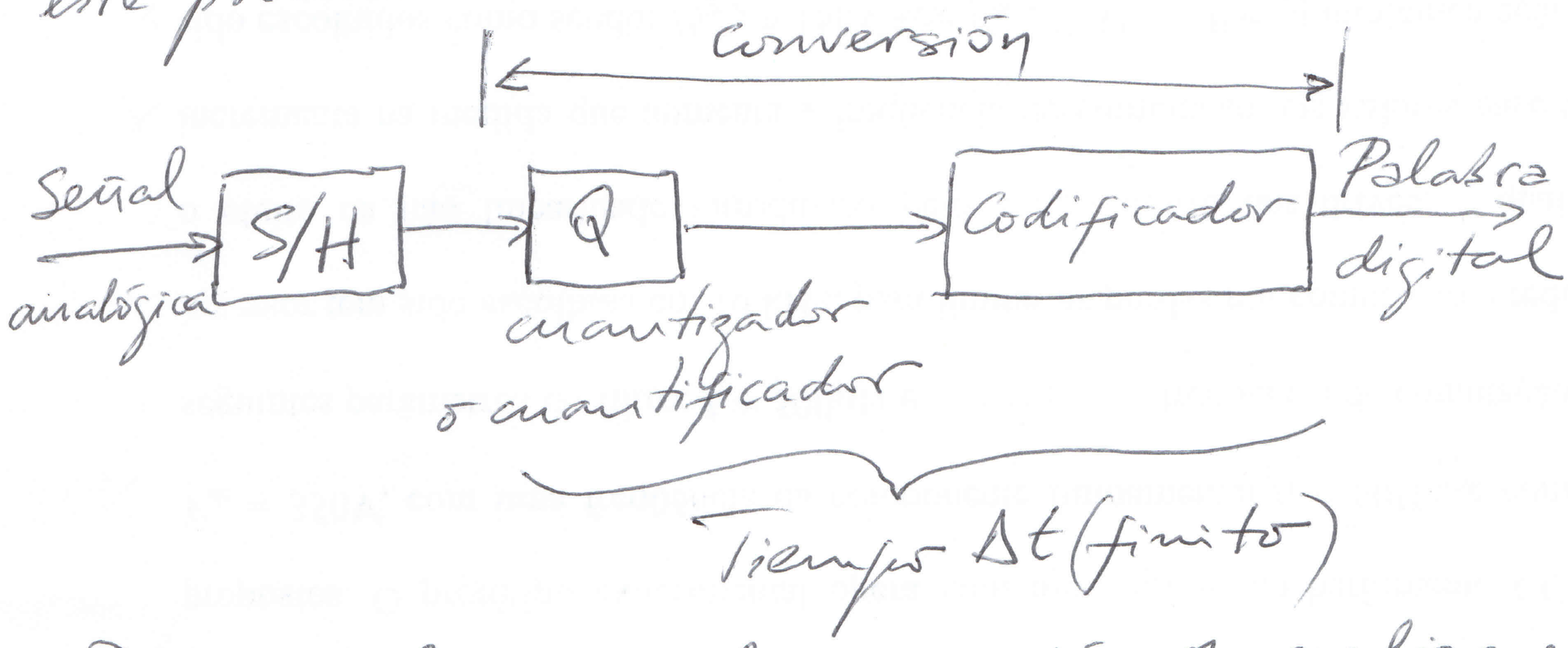
Conversión Analógica a Digital.

El proceso de conversión analógico a digital, consiste en convertir la información numérica contenida en la señal analógica o en tiempo continuo a una palabra digital. O sea, el conversor A/D realiza las operaciones de cuantización y codificación, luego del proceso de muestreo y retención de la señal.

En un diagrama de bloques, se puede simplificar este procedimiento:



Dado q' el proceso de conversión ~~se~~ realiza en un tiempo finito, es necesario efectuar el muestreo y la retención del valor de la señal analógica p' q' el conversor A/D pueda realizar satisfactoriamente el proceso de cuantización y de codificación.

La retención de la señal se realiza p' minimizar o eliminar el efecto de variación de la señal durante la conversión.

Existen diferentes métodos de conversión, entre los q' podemos mencionar:

1. Por aproximaciones sucesivas ⊛ (Alta resolución y velocidad)
2. Por integración
3. Por contador o tipo servo
4. En paralelo (Alta velocidad - circuitería compleja)
5. Σ - Delta (Precisos)
6. De Rampa escalera
7. De Doble Rampa (precisos) (lentos)

El tipo de conversor utilizado dependerá de la aplicación, la velocidad de conversión, costo y precisión y/o exactitud requeridas.

En el mercado se pueden encontrar conversores A/D desde 6 hasta 24 bits con exactitud comúnmente de ±1/2 LSB

La cuestión está en q' a mayor resolución se necesitan mayor número de bits, lo q' incrementa la circuitería interna resultando más costosos y por otro lado, esto hace q' el tiempo de conversión aumente (o la velocidad de conversión disminuya).

Como ya se mencionó, el tiempo de conversión del A/D es un atraso de transporte q' puede tener efectos adversos sobre la estabilidad de un sistema de control digital en lazo cerrado.

Y el tiempo de conversión dependerá, básicamente, de la resolución del A/D y del método de conversión.

(*) Los conversores A/D utilizados generalmente en µC y DSC's utilizan el método de conversión de aproximaciones sucesivas y la resolución está entre los 8 y 16 bits.

El tiempo de conversión establece el límite de la frecuencia más alta de la señal q' puede ser muestreada con precisión, y ~~este~~ fmáx se define aprox. por:

$$f_{máx} = \frac{1}{2 \cdot \text{tiempo conversión}}$$

En cuanto a la Resolución, determinada por el Nº de bits del convertidor, ~~nos dice~~ nos representa la señal analógica más pequeña p'la cual el convertidor produce un código digital.

Esta puede ser dada en términos del valor de fondo de escala de la señal de entrada, osea:

$$\text{Resolución} = \frac{V_{FS}}{2^n - 1} = q$$

si $V_{FS} = 5V$ y $n = 10$ bits

$$\text{Resolución} = \frac{5V}{1023} = 4{,}8828\,mV$$

frecuentemente se dá solo en función del Nº de bits:

$$\text{Resolución} = \frac{1}{2^n - 1} = \underbrace{0{,}97656}_{p'\,n=10\,bits}$$

"q" representa el nivel de cuantificación, estoes el mínimo valor en voltios de la señal de entrada q' produce una palabra digital.

- Exactitud: Se obtiene de la relación entre la señal de entrada más pequeña, osea, "q" y la señal medida y da una idea de cuan próximo es el valor convertido del valor real:

$$\text{exactitud} = \frac{V_{resolución}(q)}{V_{señal}} \times 100(\%)$$

$$= \frac{0{,}00488828\,V}{5\,V} \times 100 = 0{,}097\%$$

Finalmente, el error máximo de cuantificación o error máx del conversor A/D no puede ser mayor q' $\pm 1/2$ LSB, o sea:

$$\boxed{l_{max} = \pm \frac{1}{2} \times \frac{V_{FS}}{2^n}} \rightarrow \frac{1}{2} \times q \quad n = 1024$$

$$\boxed{l_{max} = 0{,}00048828}$$; o sea, la mitad de la resolución. Esto es, 2,44 mV

A continuación se detalla el proceso de muestreo y retención y tiempos asociados al mismo.

Siendo $S = -\sigma + j\omega$ y definida la transformación conforme entre el plano S y el plano z como siendo: $z = e^{ST}$

$$\Rightarrow z = e^{(-\sigma T + j\omega T)} = e^{-\sigma T} \cdot e^{j\omega T}$$

por otro lado, aplicando Euler:

$$e^{j\omega T} = \cos(\omega T) + j\,\mathrm{sen}(\omega T)$$

$$\Rightarrow z = e^{-\sigma T}[\cos(\omega T) + j\,\mathrm{sen}(\omega T)]$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Re(z) = e^{-\sigma T}\cos(\omega T) \\ Im(z) = e^{-\sigma T}\,\mathrm{sen}(\omega T) \end{cases}$$

Teorema del Muestreo

Cuando se necesita muestrear un determinado sistema, la pregunta q' surge en primer lugar es ¿cuál debe ser o cuál es la frecuencia de muestreo adecuada? y cuáles son los límites de la misma?

Si la frecuencia de muestreo es lo suficientemente alta, comparada con la componente de más alta frecuencia contenida en la señal de tiempo continuo $f(t)$, las características de amplitud de $f(t)$ pueden preservarse en la envolvente de la señal muestreada.

En lo q' respecta al límite inferior, de manera intuitiva se sabe q' frec. de muestreo menores a los cambios más rápidos de la señal $f(t)$, trae como consecuencia pérdida de la información y es posible q' la señal original no pueda ser reconstruida a partir de los datos muestreados.

Este límite inferior o frecuencia mínima de muestreo, se especifica en el teorema de muestreo

~~Se supone q' el espectro de frecuencia tiene~~

Se supone q' la señal en tiempo continuo $f(t)$ tiene un espectro de frecuencia como el de la figura 1.

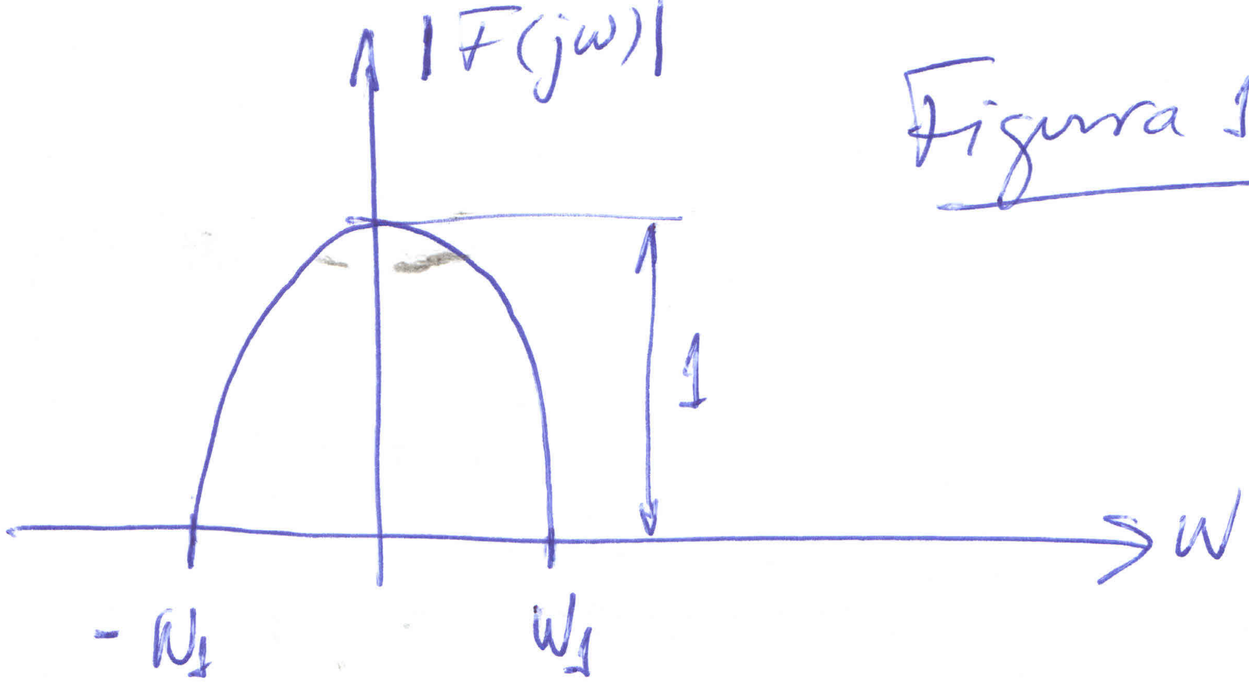


Figura 1: Espectro de frec. de f(t).

La señal f(t) no contiene ninguna otra componente de frec. por arriba de la frec. W_1.

El teorema de muestreo anuncia q' si la frec. de muestreo $W_s = 2\pi/T$ (siendo T el periodo de muestreo) es mayor q' $2W_1$, o sea,

$$W_s > 2W_1$$

siendo W_1 la componente de más alta frecuencia presente en la señal de tiempo continuo f(t) entonces la señal f(t), puede reconstruirse completamente a partir de la señal muestreada $F^*(t)$.

La transformada de Laplace de $F^*(s)$ está dada por:

$$F^*(s) = \frac{1}{T} \sum_{K=-\infty}^{\infty} F(s \pm jW_s K)$$

sustituyéndose $s = jw$ en la anterior, se puede obtener el espectro en frecuencia de $F^*(t)$:

$$F^*(jw) = \frac{1}{T} \sum_{K=-\infty}^{\infty} F(jw \pm jW_s K)$$

$$= \dots + \frac{1}{T} F[j(w - W_s)] + \frac{1}{T} F(jw) +$$

$$+ \frac{1}{T} F[j(w + W_s)] + \dots$$