

# ETAPAS DEL DSP -CONVERSOR A/D

LEONARDO ALONZO

TD3 - 5R4

#### ETAPAS DE UN DSP

 Las etapas típicas de un DSP (Digital Signal Processor – Procesador de señales digitales) son:

Conversor A/D

Filtro Anti Aliasing

Conversor D/A



Un conversor ideal C/D convierte una señal de tiempo continua en una señal de tiempo discreto, donde cada señal se conoce con precisión infinita.



Una aproximación a esto para el procesamiento de señales discretas se usa un circuito en una señal digital, es decir una secuencia de precisión finita o muestras cuantizadas

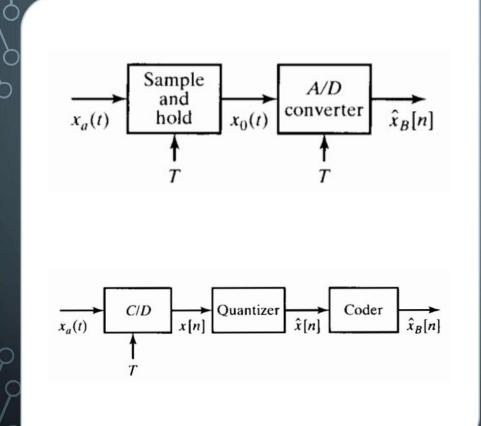
## CONVERSOR A/D (ANALÓGICO A DIGITAL)

Etapa de conversión A/D

Cuantizador (en otra trad. Cuantificador)

Relación señal/ruido del conversor

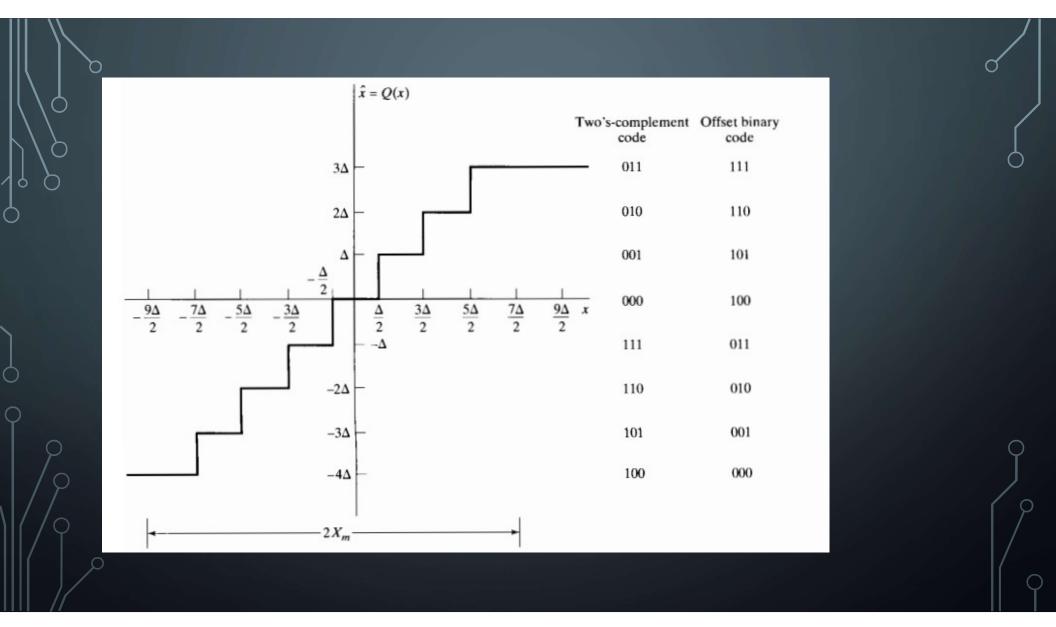
Resolución de una señal del conversor



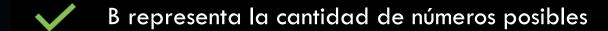
- Sample and hold: Mantener un valor de tensión electrica durante un tiempo, ya que la conversión lleva un tiempo finito, para que el conversor puede actuar
- C/D: Muestra de tensión ideal
- Quantizador: Solo puede tomar una serie de valores en base a la cantidad de bits del conversor
- Coder: Lo coloca en un sistema determinado, string a signo, sin signo, complemento a 2, etc.

# ETAPAS DE CONVERSIÓN A/D

- El conversor A/D es un dispositivo físico que convierte un voltaje o una corriente en un código binario que representa una amplitud cuantificada con una amplitud lo más cercana a la amplitud de la entrada
- La etapa de muestra puede ser de retención de orden cero (cada valor de la señal muestreada se mantiene constante hasta que se tome el siguiente valor de muestra, creando una función escalonada)



# CONVERSIÓN ANALÓGICA/DIGITAL



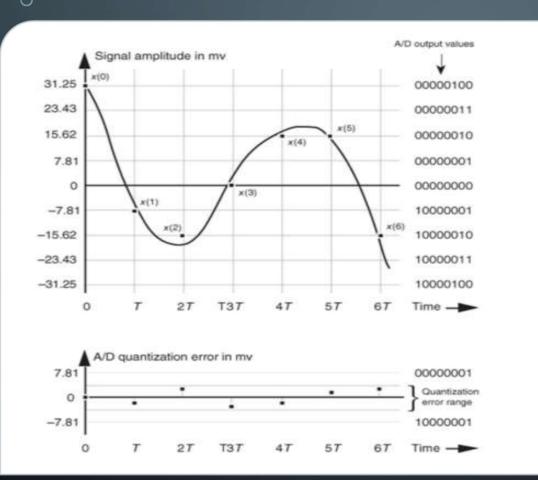
- Para un valor de x tal que  $-\frac{\Delta}{2} \le x \le \frac{\Delta}{2}$ , el valor que toma en  $\hat{x}$  es  $\Delta$
- La columna 2 representa al Coder (codificador), con lo que se convierte la salida del conversor al sistema de numeración deseado

### CUANTIFICADOR (CUANTIZADOR)

- Cuantizador espaciado uniformemente, función Q(x)
- El N de niveles cuantificados va a ser una potencia de 2
- La precisión del cuantificador es

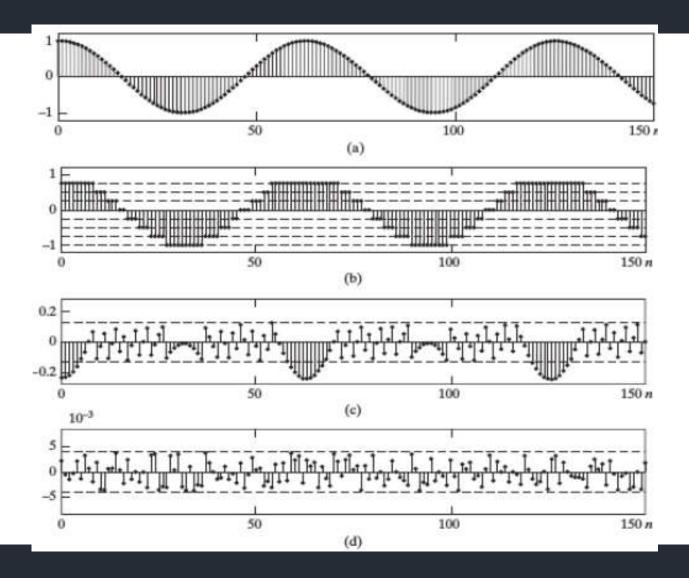
$$q = \Delta = \frac{Rango \ de \ voltaje \ completo}{2 \ Largo \ de \ la \ palabra} = \frac{2V_p}{2^B}$$

• B: Cantidad de bits



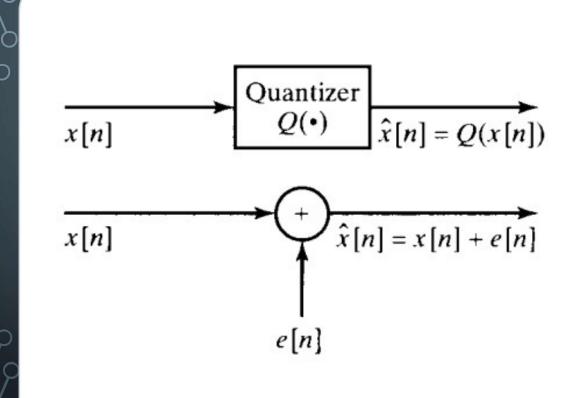
#### EJEMPLO DE ERROR DE CUANTIZACIÓN

- Se le adjudica un valor binario a cada valor de la señal muestreada
- En la gráfica de abajo se grafica el error



#### ERROR EN LA CUANTIZACIÓN

- En la segunda gráfica se muestra primero la señal muestreada perfectamente, la segunda con muestra de 3 bits y después se muestra la diferencia. La conclusión es que se le agrega ruido a la señal
- Se llega a la conclusión de que al disminuir la precisión de la señal se le añade ruido, por lo que el modelo del cuantizador es una señal a la cual se le agrega ruido en la salida, empeorando la señal original



#### MODELO SIMPLIFICADO DEL CUANTIZADOR

 Se utiliza en la bibliografía un modelo simplificado para representar el cuantizador, como fuente de ruido que se le añade a la señal

# RELACIÓN SEÑAL/RUIDO DEL CONVERSOR A/D

• Ya que la precisión del cuantificador es:

$$\Delta = \frac{Rango \ de \ voltaje \ completo}{2^{\ Largo \ de \ la \ palabra}} = \frac{2V_p}{2^B}$$

- Y la relación señal ruido se define como:
- $SNR = \frac{P_{Se\~{n}al}}{P_{Ruido}}$  la cual relaciona dos potencias

# RELACIÓN SEÑAL/RUIDO DEL CONVERSOR A/D

 Ya que q es una variable aleatoria, no puede definirse como relación de potencias, por lo que se usa una versión estadística

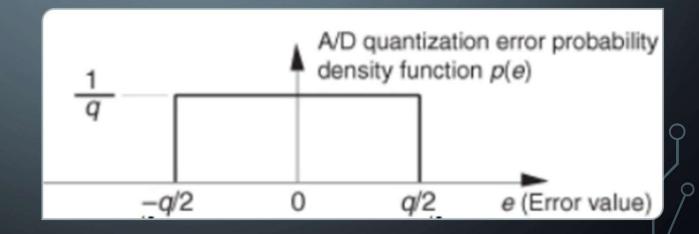
$$SNR_{ADC} = 10 \log_{10} \left( \frac{Varianza\ de\ la\ señal\ de\ entrada}{Varianza\ del\ ruido\ del\ cuantizador\ AD} \right) \ [dB]$$

$$= 10 \log_{10} \left( \frac{\sigma_{se\tilde{n}al}^2}{\sigma_{ADC}^2} \right)$$

RELACIÓN SEÑAL RUIDO (P2)

• 
$$\sigma_{ADC}^2 = \int_{-\frac{q}{2}}^{\frac{q}{2}} (e - \mu)^2 p(e) de$$

• = 
$$\int_{-\frac{q}{2}}^{\frac{q}{2}} e^2 p(e) de = \frac{1}{q} \int_{-\frac{q}{2}}^{\frac{q}{2}} e^2 de = \frac{q^2}{12}$$



# RELACIÓN SEÑAL RUIDO (P2)

$$\sigma_{ADC}^2 = \left(\frac{2V_p^2}{2^B}\right) \cdot \frac{1}{12} = \frac{V_p^2}{3 \cdot 2^{2B}}$$

Factor de carga (Load factor):

$$LF = \frac{rms_{se\~nal}}{V_p} = \frac{\sigma_{se\~nal}}{V_p} \rightarrow \sigma_{se\~nal}^2 = (LF)^2 \cdot V_p^2$$

# RELACIÓN SEÑAL RUIDO (P3)

$$\begin{split} SNR_{ADC} &= 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{\sigma_{signal}^2}{\sigma_{ADC}^2} \right) \,, \\ &= 10 \cdot \log_{10} \left[ \left( LF^2 \cdot V_p^2 \right) \cdot \frac{3 \cdot 2^{2B}}{V_p^2} \right] = 10 \cdot \log_{10} \left[ \left( LF^2 \cdot 3 \cdot 2^{2B} \right) \right] \\ &= 10 \cdot \left[ \log_{10} (LF^2) + \log_{10} (3) + 2 \log_{10} (2) \cdot B \right] \,, \\ &= 20 \cdot \log_{10} (LF) + 4.77 + 6.02 \cdot B \,. \quad \text{[dB]} \end{split}$$

### CONSIDERACIONES RESPECTO A LF

- Si el valor rms de la señal es mucho mayor a Vp; la relacion señal ruido del convertidor aumenta pero esto produce saturación de la señal de muestreo, con una distorsión
- Si sucede lo contrario, la relación SNR disminuye



La SNR se incrementa 6dB por cada bit del cuantificador del convertidor A/D

Se plantea la pregunta respecto de si al aumentar la cantidad de bits se mejora la condición

# OTRAS FUENTES DE ERROR

 Se considera que el voltaje máximo del ADC = Vp

 El modelo para la función de probabilidad de densidad de e[n] puede no ser uniforme, por lo que la SNR debería ser incrementada 3 o 6 dB (factor de seguridad)

# RELACIÓN SEÑAL/RUIDO PARA UNA SEÑAL SINUSOIDAL

ullet Para una señal sinosuidal  $rms_{se ilde{ ext{n}}al}=rac{v_p}{\sqrt{2}}$ 

$$SNR_{ADC} = 20 \log \left(\frac{rms_{se\tilde{n}al}}{V_p}\right) + 4,77 + 6,02 B$$

$$20 \log \left( \frac{V_p}{\sqrt{2}} \right) + 4,77 + 6,02 B$$

## RELACIÓN SEÑAL/RUIDO PARA UNA SEÑAL SINUSOIDAL

• Por lo tanto, la relación señal ruido máxima es:

$$SNR_{ADC} = 20 \log \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) + 4,77 + 6,02 B$$

$$= -3.01 + 4.77 + 6.02 B = 1.76 + 6.02 B$$

# RESOLUCIÓN DEL CONVERSOR PARA UNA SEÑAL PARTICULAR

- Considerando el ejemplo:
- La relación SNR de salida del amplificador de audio es 110dB
- Se toma un conversor A/D de 24 bits
- Se ingresa una señal sinusoidal al amplificador:

$$SNR_{ADC} = 1.76 + 6.02 \times 24 - 3 = 143,24 \, dB$$

## RESOLUCIÓN DEL CONVERSOR PARA UNA SEÑAL PARTICULAR

• Se usan 6 bits para medir el ruido:  $\frac{143,24 dB - 110dB}{6} \cong 5,5$ 

• En un lazo de control, una mala elección de resolución puede tener consecuencias catastróficas

# RESOLUCIÓN DEL CONVERSOR PARA UNA SEÑAL PARTICULAR (PARTE 2)

• ¿Qué sucedería si se usaran sólo 10 bits? La relación SNR seria:

$$SNR_{ADC} = 61,96 dB$$

$$\frac{110 - 61,96}{6} \cong 8$$

• En el caso de 10 bits, no alcanzan la cantidad de bits para el grado de seguridad de la función a muestrear, se necesitarían 8 bits adicionales

RESOLUCIÓN
DEL
CONVERSOR
PARA UNA
SEÑAL
PARTICULAR CONCLUSIÓN

- El número de bits B en un conversor  $\text{ADC debe proveer } SNR_{ADC} \geq \\ SNR_{Se\~nal}$
- Regla del pulgar: La resolución del conversor debe elegirse para proporcionar ódB (1 bit) por encima de la SNR de la señal a muestrear.
- Luego los bits adicionales (bits de ruido) pueden ser eliminados por corrimiento a la derecha

