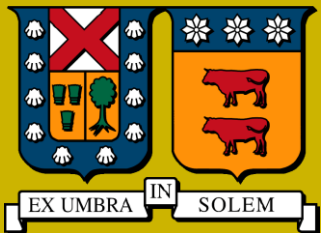


Conversión Análoga - Digital

*ELO 313 –Procesamiento Digital de Señales con Aplicaciones
Primer semestre - 2012*



Matías Zañartu, Ph.D.

Departamento de Electrónica

Universidad Técnica Federico Santa María

Conversión A/D

Cuantización de señales

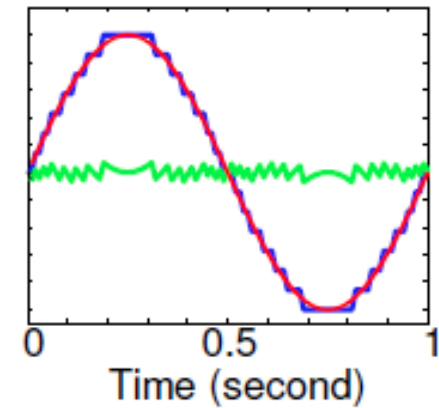
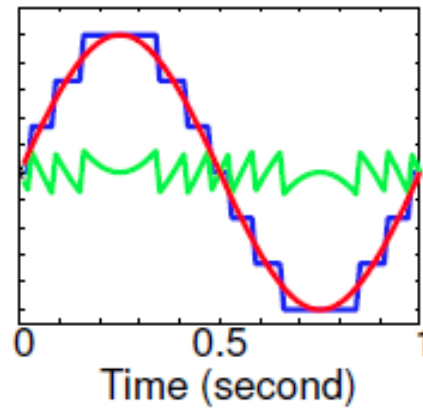
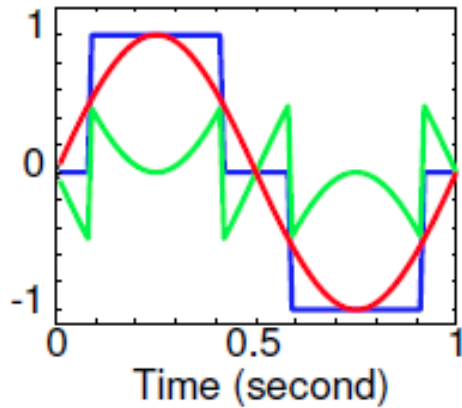
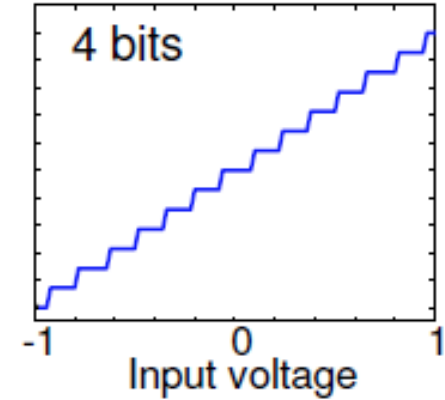
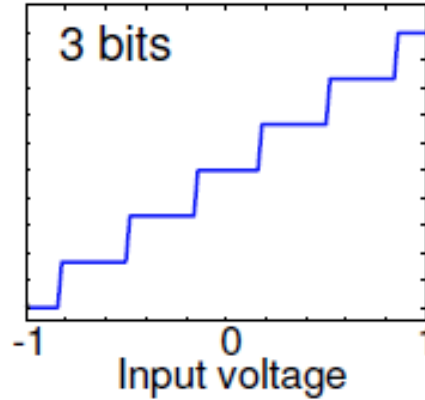
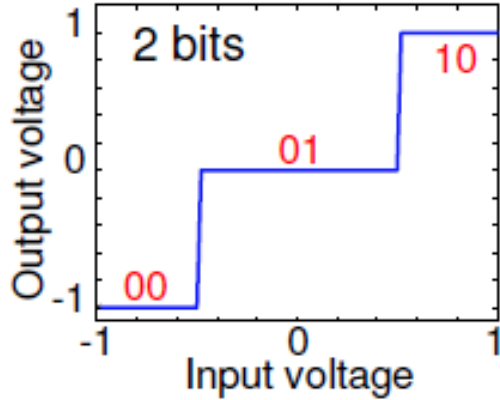
Cuantización

3

□ Cuantización

- Discretización de amplitud, i.e. $x_q[n] = Q(x[n])$
- Por definición un proceso de distorsión, con un error $e_q[n] = x[n] - x_q[n]$
- Error es acotado: $-\Delta/2 \leq e_q[n] \leq \Delta/2$
- Step size: $\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{L}$, donde L es el # de niveles $\rightarrow L = 2^{\text{bits}}$
- El error tiende a una variable aleatoria uniforme con $\mu = 0$ y $\sigma_e^2 = \Delta^2 / 12$
(para cuantización con alta resolución y banda ancha)
- La $SNR_q = 10 \log(P_x / P_e)$
- Cada bit agregado aumenta la SNR_q en 6 dB.....¿Por qué?
- Se puede reducir el error $e_q[n]$: \uparrow #bits o $\downarrow x_{\max} - x_{\min}$

Cuantización de señales



Distorsión por cuantización



8 bits



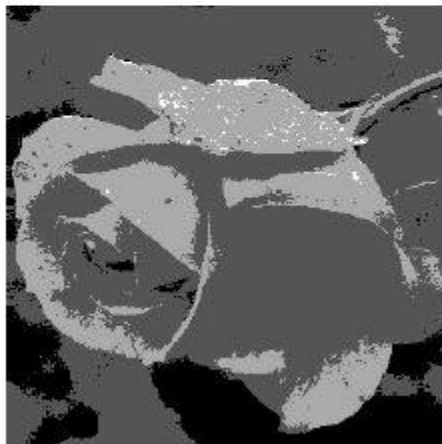
6 bits



4 bits



3 bits



2 bits



1 bit

Cuantización

6

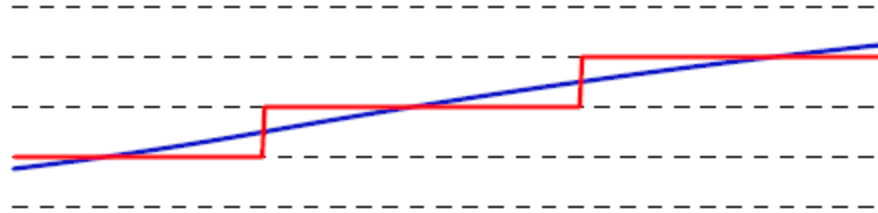
- **Error de cuantización**
 - ▣ Afecta la calidad perceptual de una señal
 - ▣ Produce serios problemas en el diseño de filtros digitales IIR (Punto Fijo)
 - ▣ Cuantización en Punto Flotante no es uniforme por esta razón

- **Dither**
 - ▣ Reduce la distorsión perceptual del error $e_q[n]$
 - Agregando ruido antes de que la señal sea cuantizada
 - Amplitud del ruido que se superpone es menor a $\Delta/2$

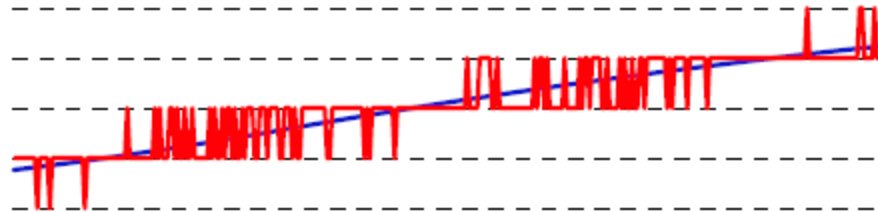
- **Método de Robert**
 - ▣ Introduce y elimina el ruido del Dither

Cuantización de señales usando dither

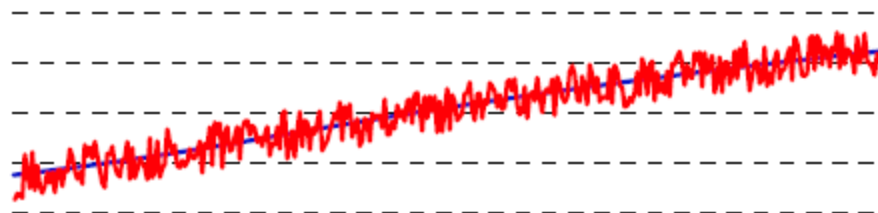
Quantization: $y = Q(x)$



Quantization with dither: $y = Q(x + n)$



Quantization with Robert's technique: $y = Q(x + n) - n$



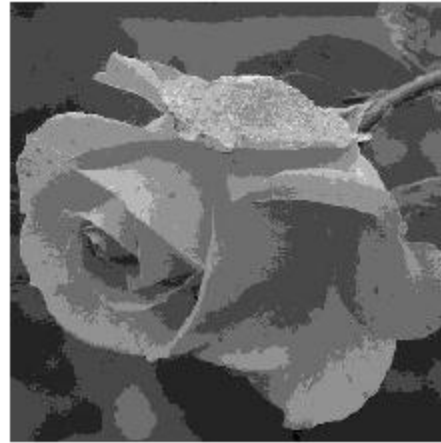
Cuantización de señales

Cuantización con 3 bits

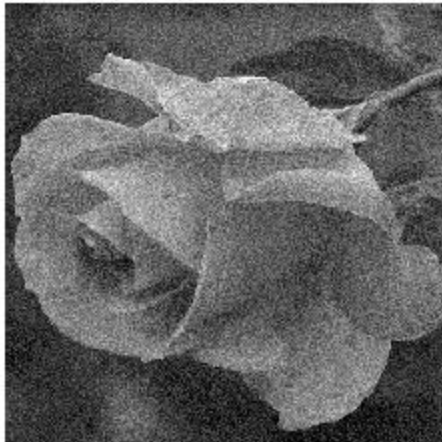
8 bits



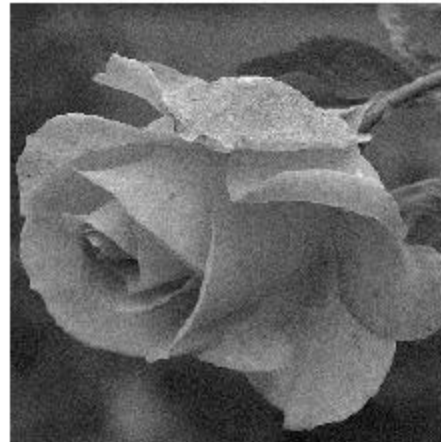
3 bits



dither



Robert's



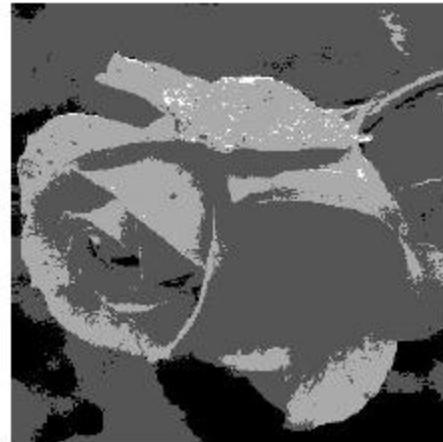
Cuantización de señales

Cuantización con 2 bits

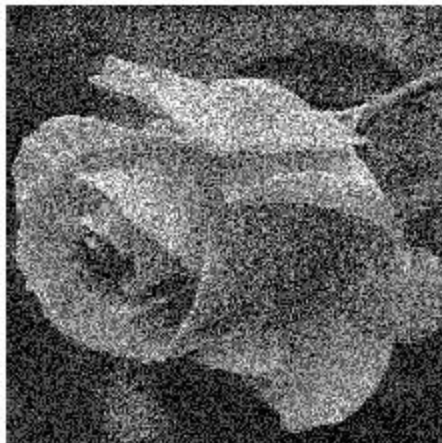
8 bits



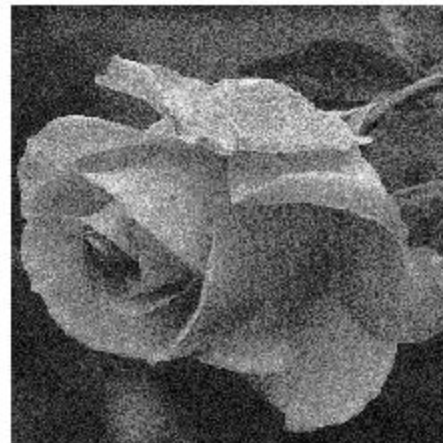
2 bits



dither



Robert's



Cuantización de señales

Cuantización con 1 bit

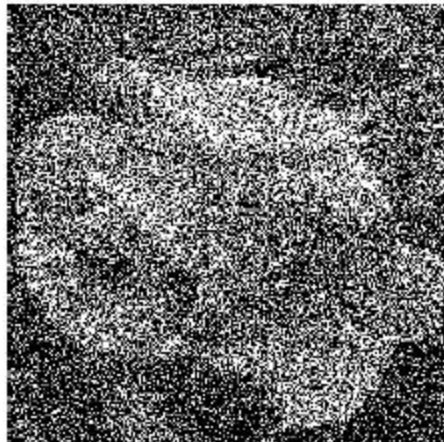
8 bits



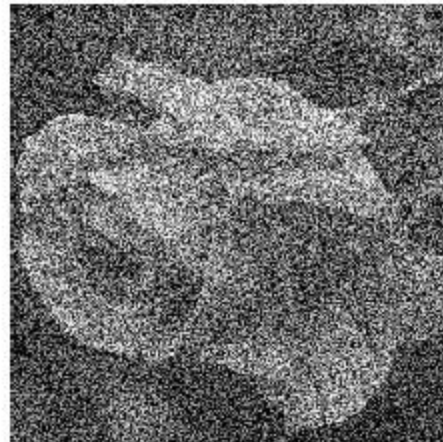
1 bit



dither



Robert's



Conversión A/D

Hardware para conversión

Conversores A/D

12

- **Conversores A/D**
 - ▣ Flash (conversión directa)
 - ▣ Aproximaciones sucesivas (AS)
 - ▣ Delta Sigma (DS)

- **Otros conversores A/D**
 - ▣ Pipelined (similar a AS), Counter ramp (similar a DS), FM stage, Cíclico, etc. (Más detalles en IPD-414)
 - ▣ Los conversores ideales no existen. Todo depende de la aplicación.

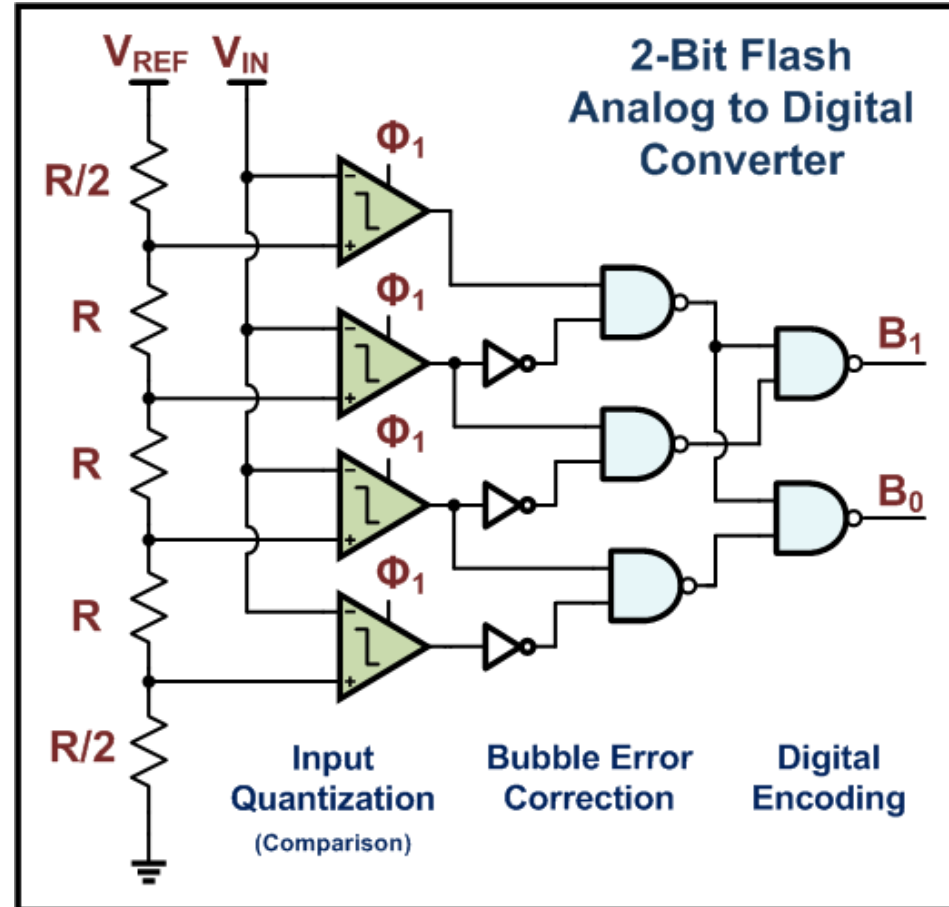
- **Conversores D/A**
 - ▣ Basados en los mismos principios que sus contrapartes A/D (Más detalles en IPD-414)

Conversores A/D

13

Flash

- Compara voltajes directamente para cada rango
- Necesita múltiples circuitos en paralelo
- Puede operar con un muestreo muy rápido, pero baja cuantización
- Gran número de circuitos: No logra cuantizar en más de 8 bits
- Alto consumo de potencia
- Aplicación en imágenes y señales de banda ancha (comunicaciones)

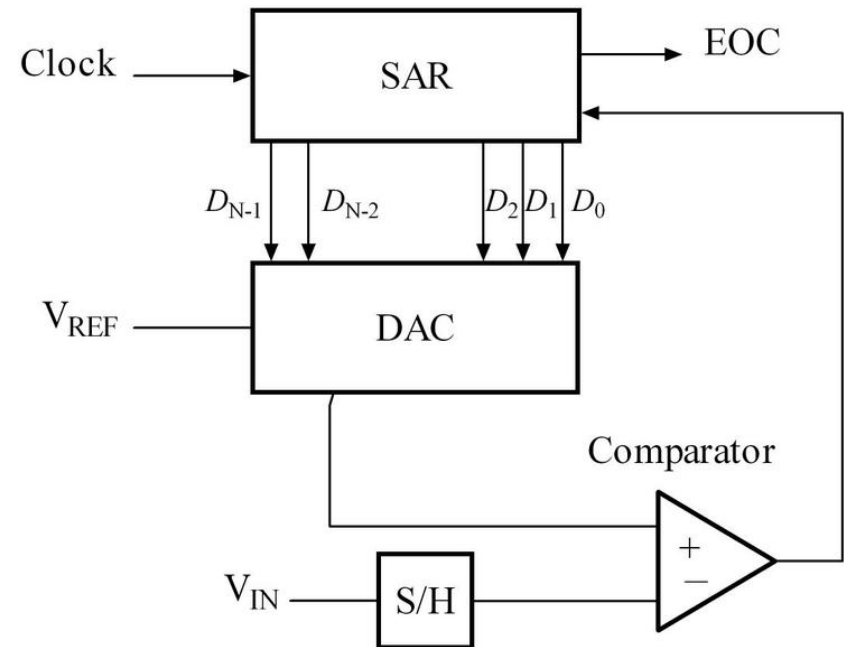


Conversores A/D

14

□ Aproximaciones sucesivas

- Una sola etapa de comparación
- Realiza una búsqueda binaria mejorando la resolución en cada iteración
- Velocidad limitada por el repetido número de iteraciones
- Resolución de la cuantización es flexible (aunque limitada por el DAC)
- Tradeoff entre muestreo y resolución
- Aplicación en señales con velocidad de muestreo y precisión moderadas



Conversores A/D

15

□ Delta-Sigma

- ▣ Uno de los métodos más comunes para conversión A/D en velocidades de muestreos intermedias y bajas ($f_s < 1$ MHz)
- ▣ Trabaja a una alta velocidad (interna, mayor a f_s) y muy baja resolución (e.g., 1 bit) para la conversión, lo que permite:
 - Permite alta resolución
 - Consume baja potencia
 - Económico
- ▣ Utilizado en aplicaciones de audio (teléfonos, DSK 6713, audio profesional)
- ▣ Se basa en dos principios fundamentales:
 - Oversampling: muestreo a f_s mucho mayor que el límite de Nyquist
 - Noise shaping: Redistribución (en frecuencia) del ruido de cuantización

Conversores A/D

16

□ Delta-Sigma

□ Principio básico:

- Muestrear con alta frecuencia $\rightarrow e_q[n]$ uniforme en todo el espectro
 - Redistribuir la energía del ruido $e_q[n]$ hacia frecuencias más altas
 - Filtrar digitalmente las frecuencias altas
 - Reducir la frecuencia de muestreo
-
- Sobremuestra a 256fs o 384fs (OBS: no es upsampling) distribuye la energía de $e_q[n]$ y permite relajar las especificaciones del filtro antialiasing
 - Redistribución de energía se realiza con un feedback del error $e_q[n]$
 - El conversor es de baja resolución (generalmente 1 bit): bitstream

Conversores A/D

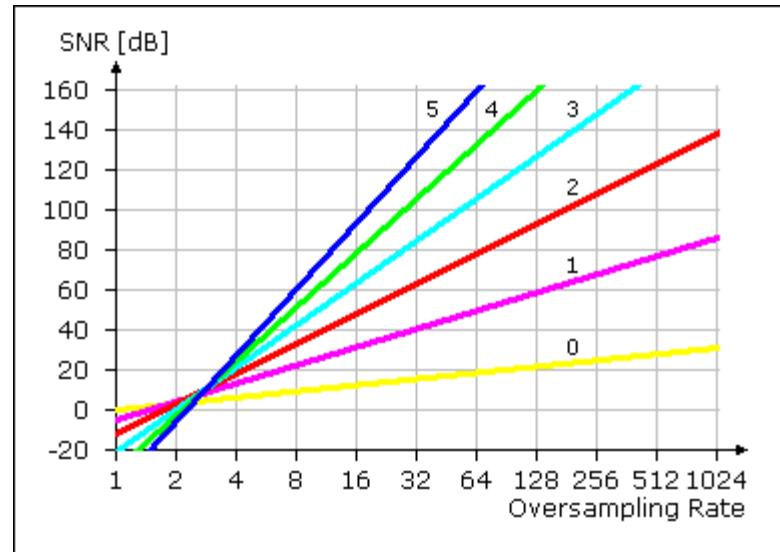
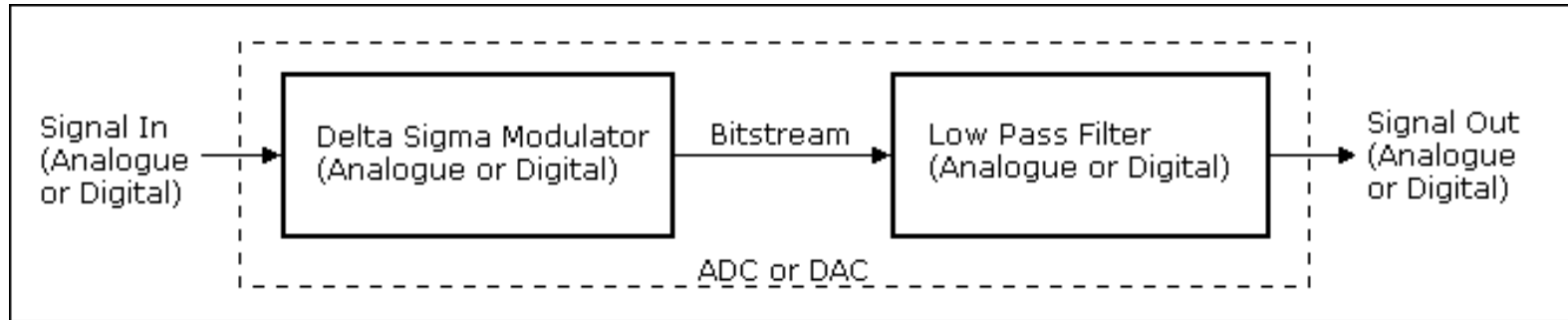
17

□ Delta-Sigma

- ▣ Output: Bitstream que después de filtrado corresponde a la señal digital
- ▣ Codifica la diferencia en amplitud entre muestras consecutivas
- ▣ Se requiere un operador de diferencia (Delta) y un acumulador (Sigma)
- ▣ La operación resultante tiene un efecto de filtro pasa-alto, lo que distribuye el ruido de cuantización hacia frecuencias altas

- ▣ Existen versiones con más de un acumulador (delta-sigma de segundo orden) y más de un bit (multi-bit)
 - Permite trabajar con un mayor ancho de banda
 - Menor ciclo de reloj (oversampling)
 - Mejor resolución

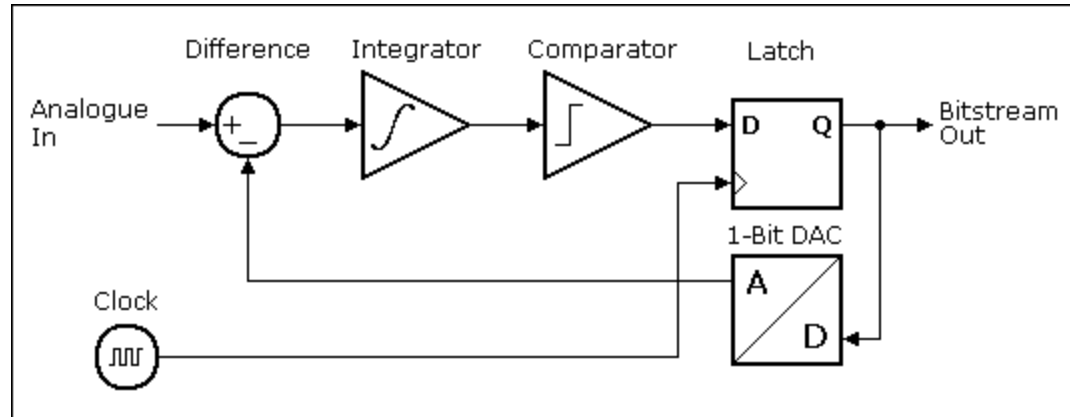
Conversor Delta-Sigma



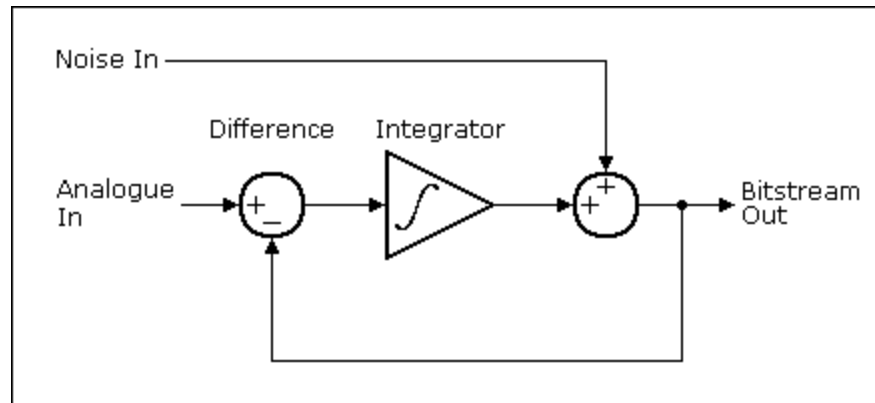
Efecto del orden del conversor en SNR

Conversor Delta-Sigma

Conversor de primer orden



Interpretación en función del ruido de cuantización



$$Y(z) = X(z) + H_{ns}(z)E_q(z)$$

$$H_{ns}(z) = 1 - z^{-1}$$

Conversor Delta-Sigma

