

Señales

¿ Qué es una señal ?

Una señal es la representación de una magnitud analógica como presión, temperatura, ondas sonoras, etc.

Una señal puede estar representada por una función con múltiples variables y que represente algo mensurable

Adquisición y procesamiento

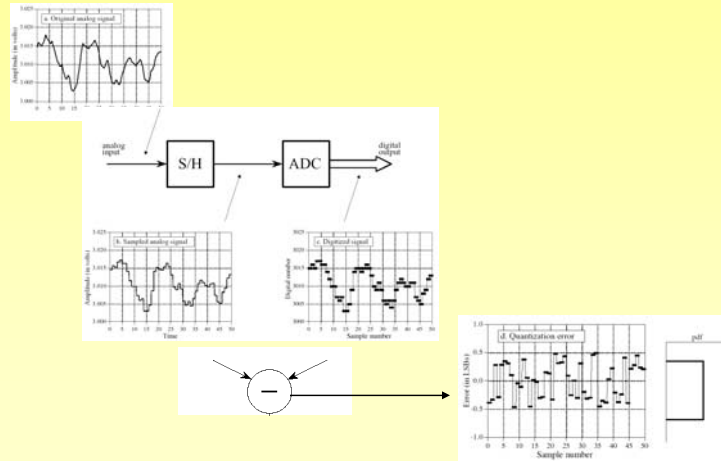
¿Qué pretendemos?

Adquirir datos analógicos, convertirlos a digitales

- Medirlos
- Filtrarlos
- Comprimirlos y/o expandirlos
- Demodularlos
- etc.

y eventualmente, volverlos al mundo analógico

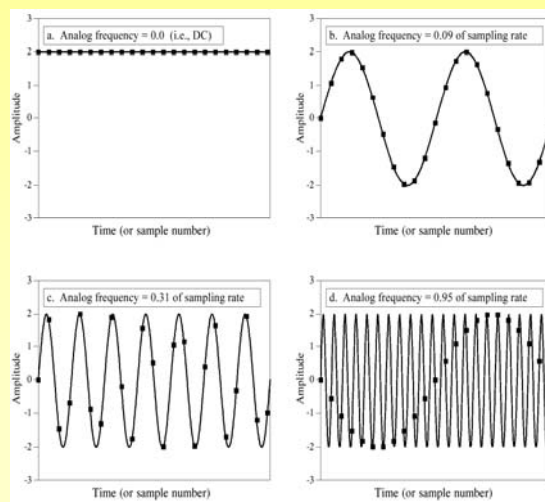
Cuantización y discretización



Muestreo y Conversión

3

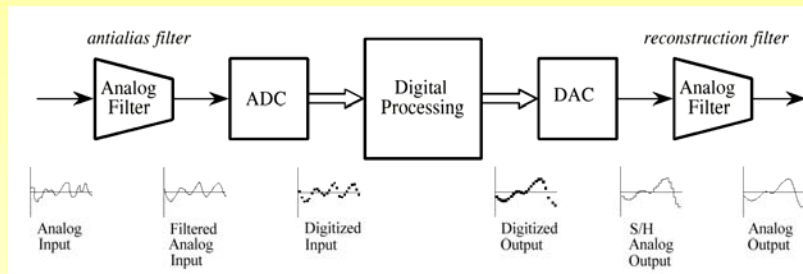
Aliasing



Muestreo y Conversión

4

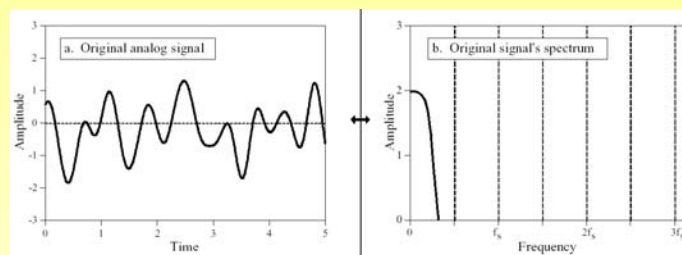
Aliasing



Muestreo y Conversión

5

Muestreo

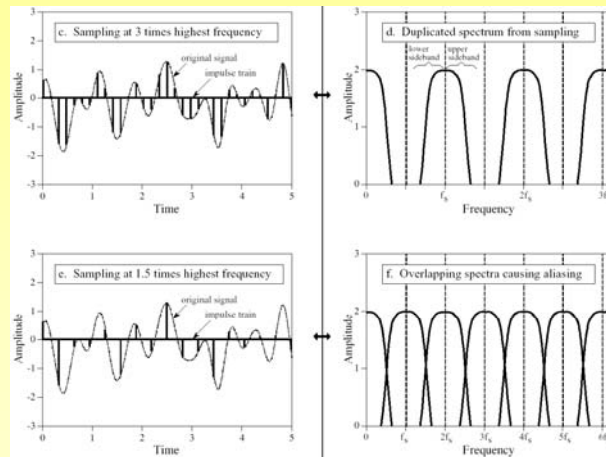


$$H(f) = \left| \frac{\sin(\pi f / f_s)}{\pi f / f_s} \right|$$

Muestreo y Conversión

6

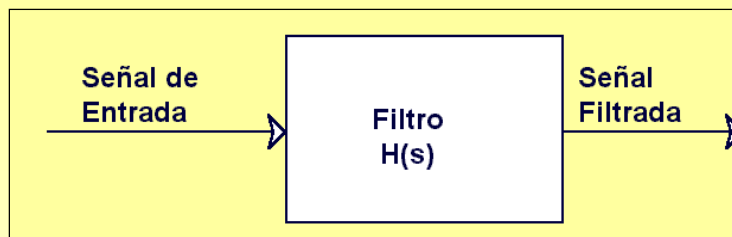
Muestreo



Muestreo y Conversión

7

Filtros - Concepto

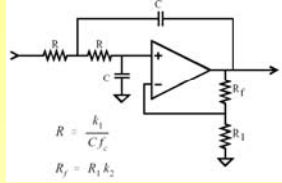


Concepto de Filtro
Función Transferencia

Muestreo y Conversión

8

Filtros Analógicos



Circuito Sallen-Key
2 polos pasabajo

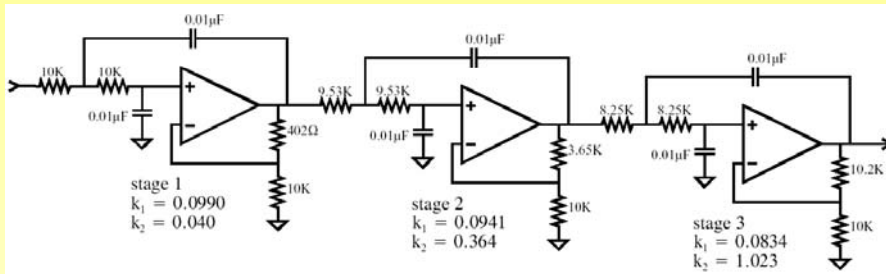
$$R = \frac{k_1}{C f_c}$$

$$R_f = R_1 k_2$$

# poles		Bessel		Butterworth		Chebyshev	
		k ₁	k ₂	k ₁	k ₂	k ₁	k ₂
2	stage 1	0.1251	0.268	0.1592	0.586	0.1293	0.842
	stage 2	0.0991	0.759	0.1592	1.235	0.1544	1.660
4	stage 1	0.0990	0.040	0.1592	0.068	0.4019	0.537
	stage 2	0.0941	0.364	0.1592	0.586	0.2072	1.448
	stage 3	0.0834	1.023	0.1592	1.483	0.1574	1.846
8	stage 1	0.0894	0.024	0.1592	0.038	0.5359	0.522
	stage 2	0.0867	0.213	0.1592	0.337	0.2657	1.379
	stage 3	0.0814	0.593	0.1592	0.889	0.1848	1.711
	stage 4	0.0726	1.184	0.1592	1.610	0.1582	1.913

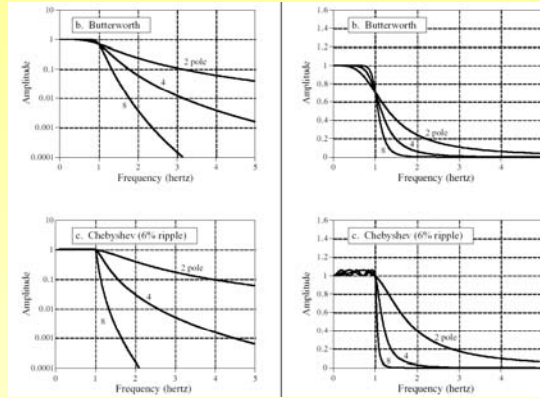
Parámetros para diseño de Filtros Bessel, Butterworth y Chebyshev (6% de ripple)

Filtros Analógicos



Filtro de 6 polos conectando en cascada filtros individuales

Filtros Antialias

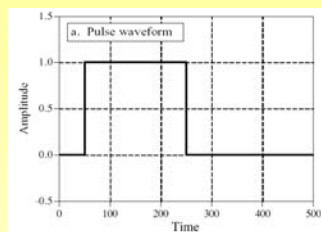


Aún Chebyshev atenúa en banda para filtro antialias
 $f_s = 10 \text{ kHz} \rightarrow$ Atenuac = 100 Atenuación en 3,7 kHz
 Supresión de armónicas altas - Distorsión

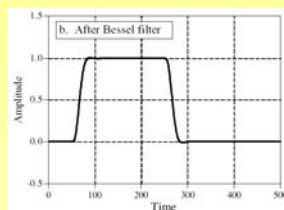
Muestreo y Conversión

11

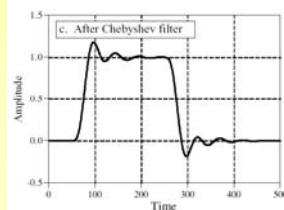
Filtros Antialias



Excitación



Respuesta Bessel



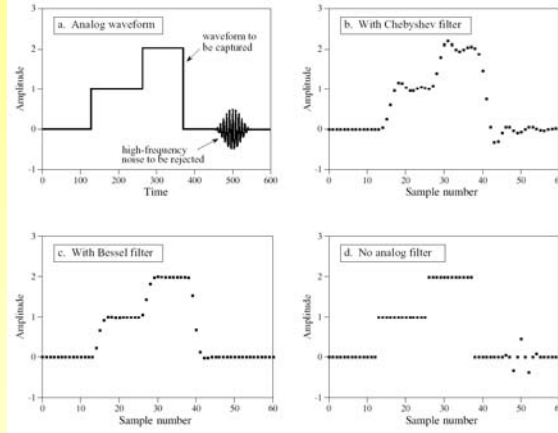
Respuesta Chebyshev

Respuesta al Escalón

Muestreo y Conversión

12

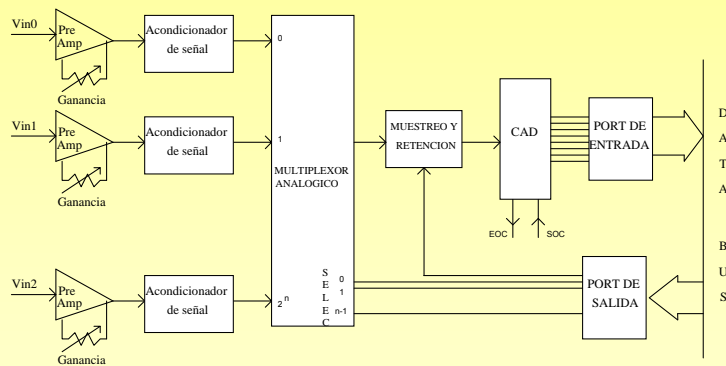
Antialias



Comparación de la respuesta de varios antialias a señales escalón
Muestreo y Conversión

13

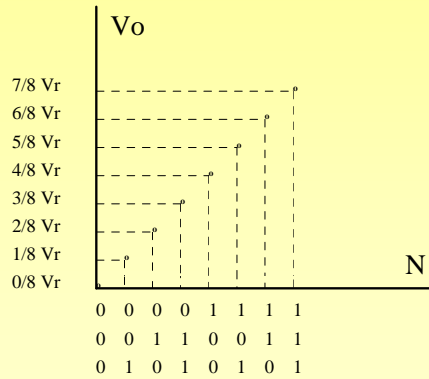
Adquisición de datos



Muestreo y Conversión

14

Conversores D/A



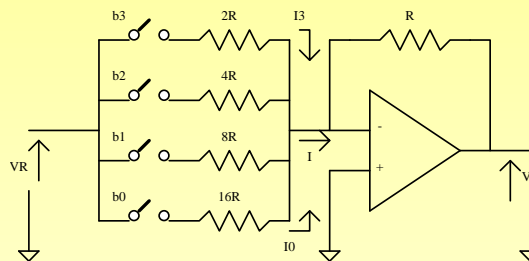
$$V_o = \frac{N}{2^n} V_R$$

FUNCIÓN TRANSFERENCIA DEL
CONVERSION

$$N = \sum_{j=0}^n b_j \cdot 2^j$$

donde $b_j = 0$ si el bit de orden j es 0 y $b_j = 1$ si el bit de orden j es 1.

D/A por red de resistores



Transferencia del D/A

$$V_o = \sum_{j=0}^n -I_j \cdot R = -R \cdot \sum_{j=0}^n I_j = -R \cdot \sum_{j=0}^n b_j \cdot V_R / R_j \quad \begin{array}{l} b_j = 0 \text{ llave abierta} \\ b_j = 1 \text{ llave cerrada} \end{array}$$

$$R_j = 2^{n-j} \cdot R \quad (\text{Ej: bit } 2 \quad j=2 \quad R_j |_{j=2} = 2^{n-2} \cdot R = 2^{4-2} \cdot R = 4R)$$

$$V_o = -R \cdot \sum_{j=0}^n \frac{b_j \cdot V_R}{2^{n-j} \cdot R} = -\sum_{j=0}^n \frac{b_j \cdot V_R}{2^{n-j}} = -\sum_{j=0}^n \frac{b_j \cdot V_R \cdot 2^j}{2^n} = -\frac{V_R}{2^n} \sum_{j=0}^n b_j \cdot 2^j$$

$$\text{pero } \sum_{j=0}^n b_j \cdot 2^j = N \quad (\text{Número binario})$$

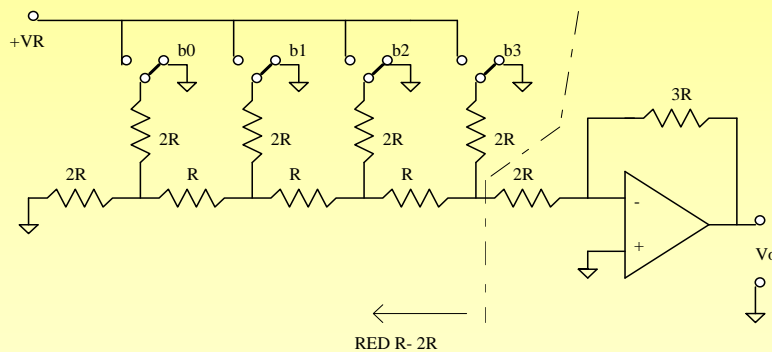
luego:

$$V_o = -\frac{N}{2^n} V_R$$

Muestreo y Conversión

17

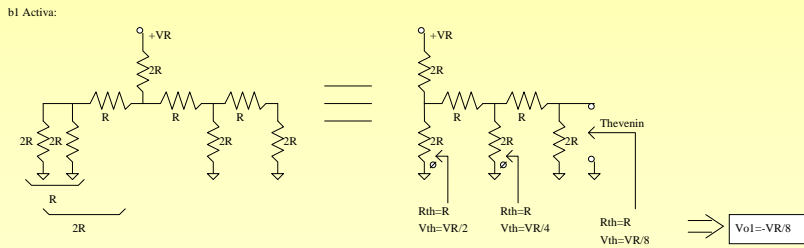
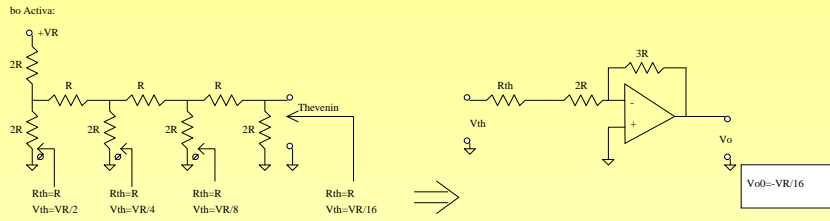
Red R/2R



Muestreo y Conversión

18

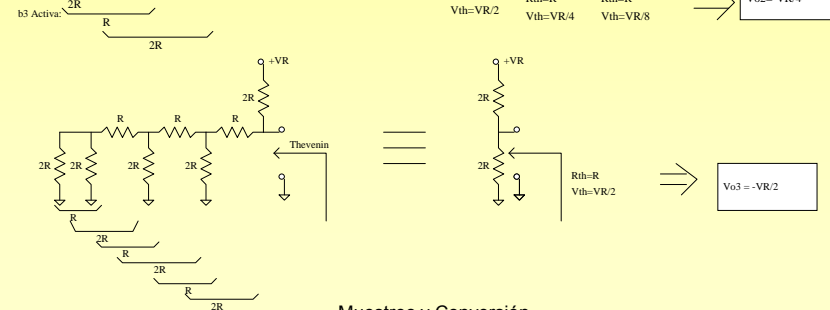
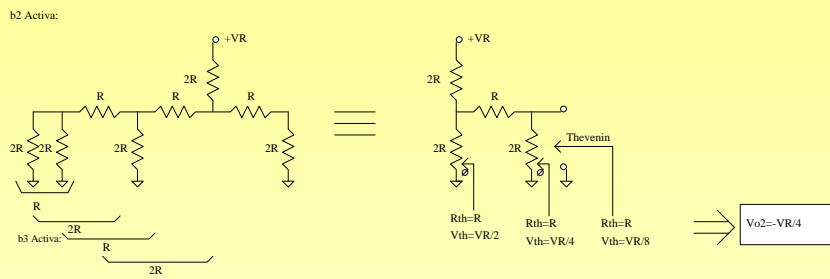
Red R/2R



Muestreo y Conversión

19

Red R/2R



Muestreo y Conversión

20

Red R/2R

Aplicando Superposición:

$$V_o = V_{o0} + V_{o1} + V_{o2} + V_{o3}$$

Suponiendo activas todas las llaves b_j :

$$V_o = -\frac{V_R}{16} - \frac{V_R}{8} - \frac{V_R}{4} - \frac{V_R}{2}$$

$$V_o = \sum_{j=0}^n \frac{b_j \cdot V_R}{2^{n-j}}$$

Donde n es el número de bits y $b_j = 0$ si la llave está inactiva y $b_j = 1$ si está activa.

Como:

$$\sum_{j=0}^n b_j \cdot 2^j = N$$

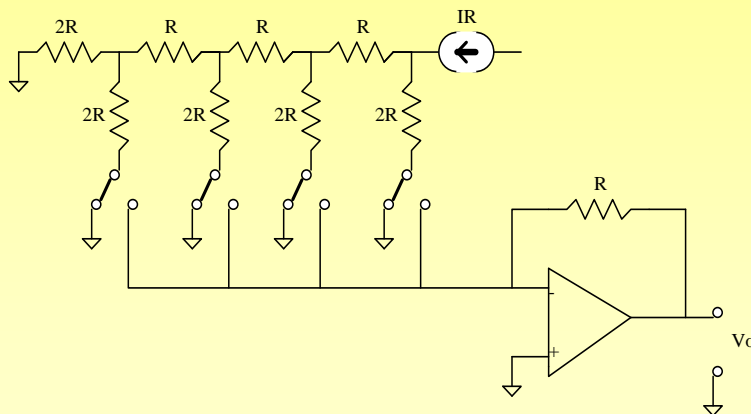
Entonces:

$$V_o = \frac{V_R \cdot N}{2^n}$$

Muestreo y Conversión

21

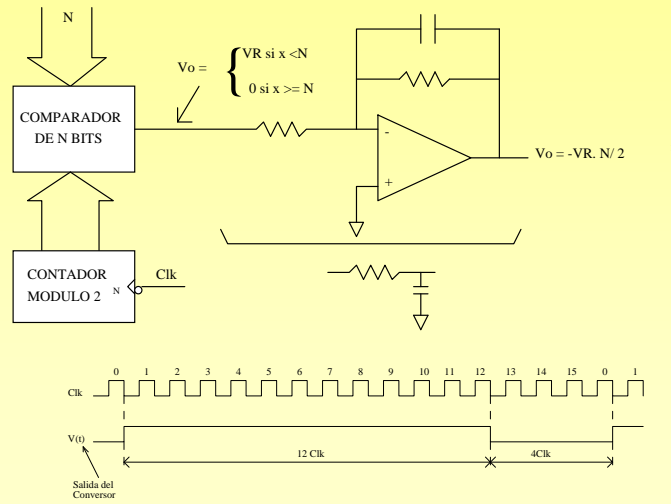
R/2R en conmutación de tensión



Muestreo y Conversión

22

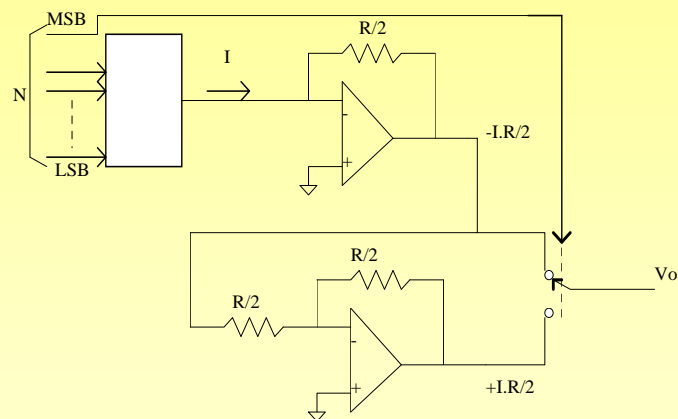
Modulación del ancho del pulso



Muestreo y Conversión

23

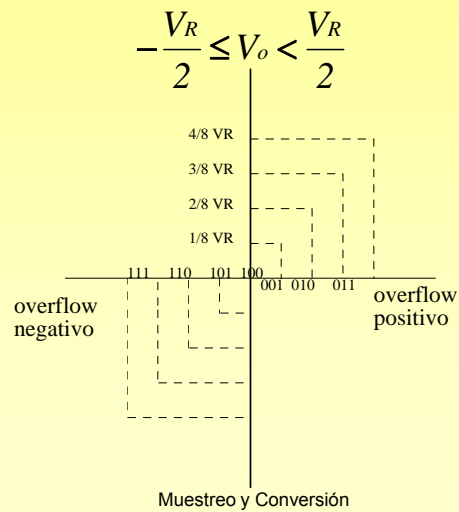
Signo y Magnitud



Muestreo y Conversión

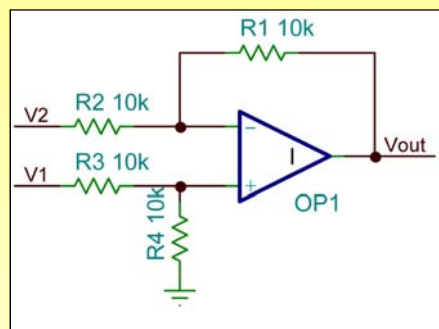
24

Signo y Magnitud



25

Amplificador Diferencial

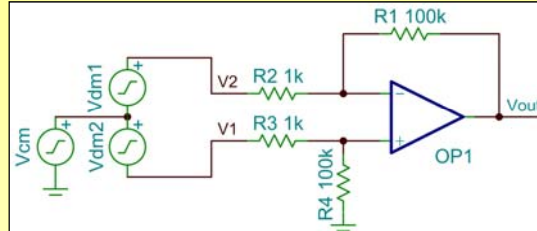


$$V_{out} = \left(\frac{R1 + R2}{R2} \right) \left(\frac{R4}{R3 + R4} \right) V1 - \frac{R1}{R2} V2$$

Muestreo y Conversión

26

Amplificador diferencial



$$V_{out} = \frac{R1}{R2} (V1 - V2) = 100(V1 - V2)$$

$$A_{cl} = \frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$$

$$CMR = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{cm}}$$

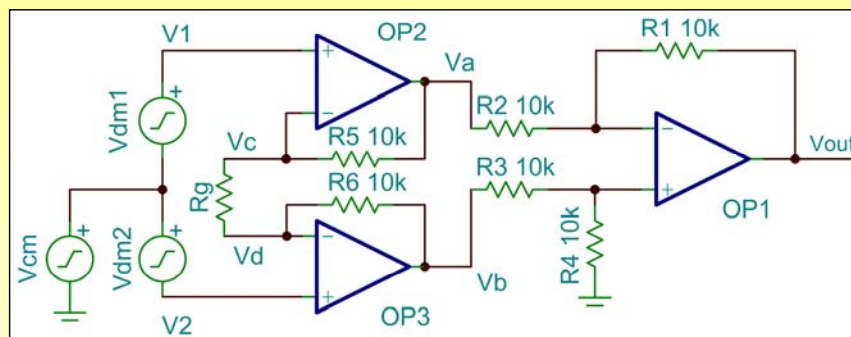
$$CMRR = \frac{CMR}{A_{cl}}$$

$$CMRR|_{dB} = 20 \log \left(\frac{CMR}{A_{cl}} \right)$$

Muestreo y Conversión

27

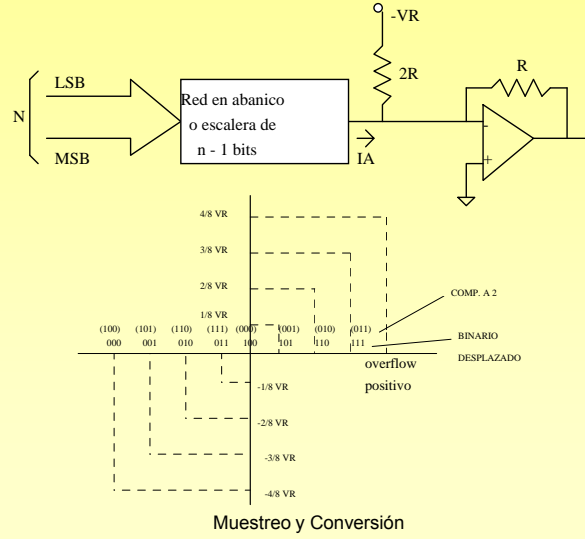
Amplificador de Instrumentación



Muestreo y Conversión

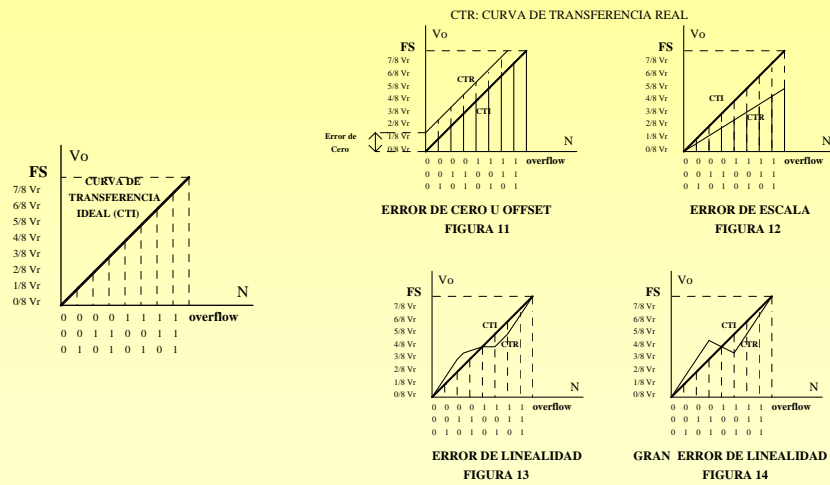
28

Binario Desplazado



29

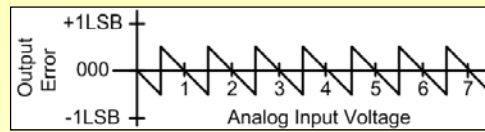
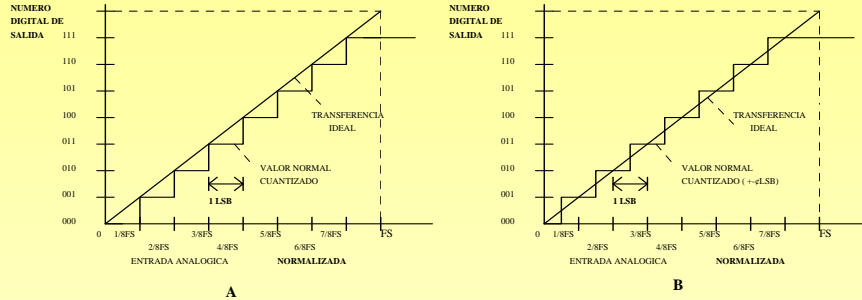
Errores



Muestreo y Conversión

30

Conversores A/D



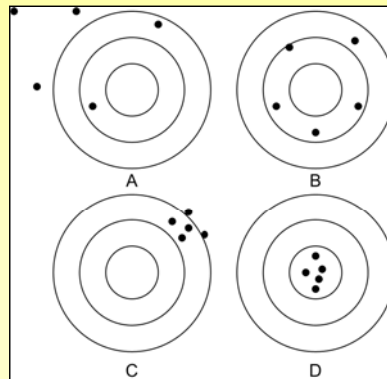
Muestreo y Conversión

31

Resolución, exactitud y precisión

$$1\text{LSB} = \frac{V_{fs}}{2^N}$$

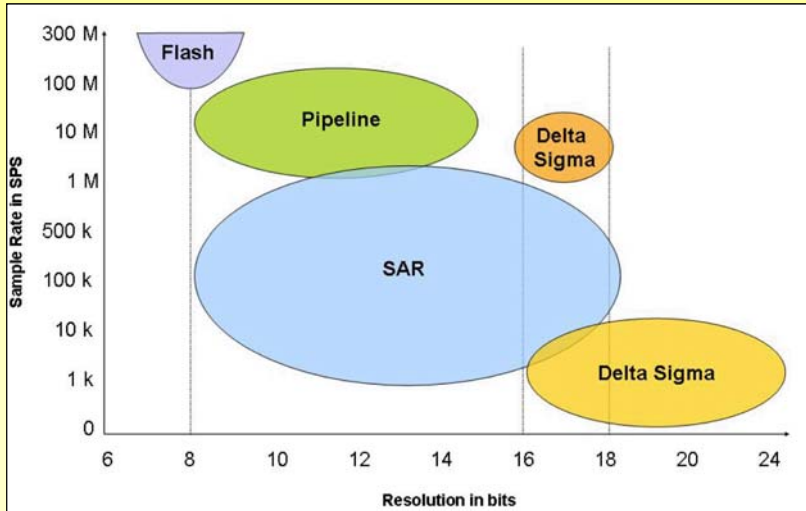
$$1\text{LSB} = \frac{5}{2^{16}} = \frac{5}{65536} = 76.2\mu\text{V}$$



Muestreo y Conversión

32

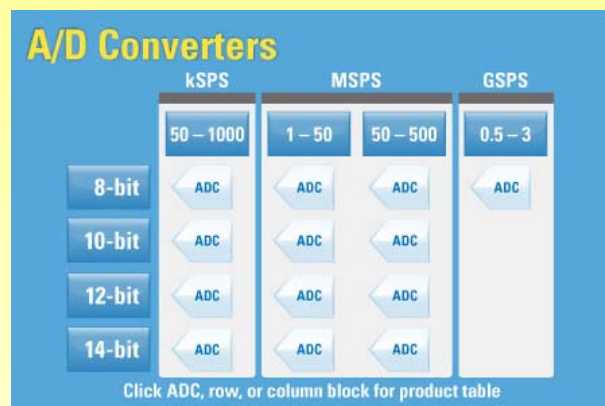
Distintos tipos



Muestreo y Conversión

33

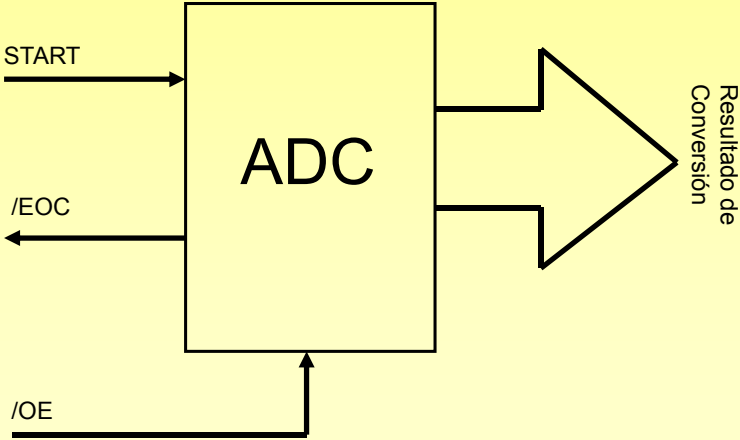
Selección



Muestreo y Conversión

34

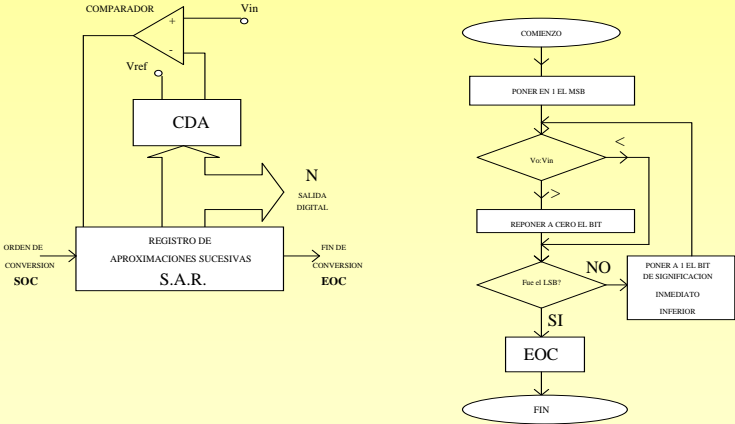
Señales



Muestreo y Conversión

35

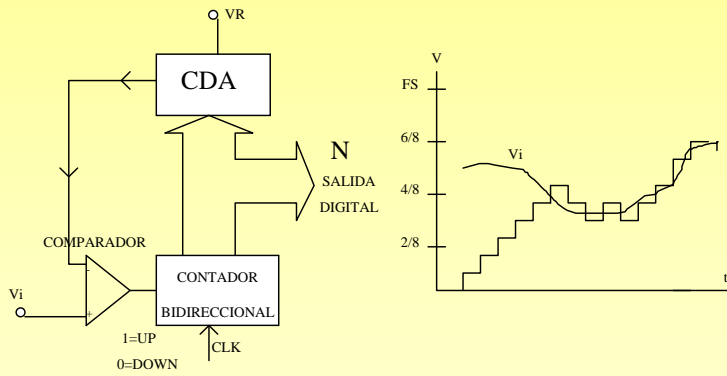
Aproximaciones sucesivas



Muestreo y Conversión

36

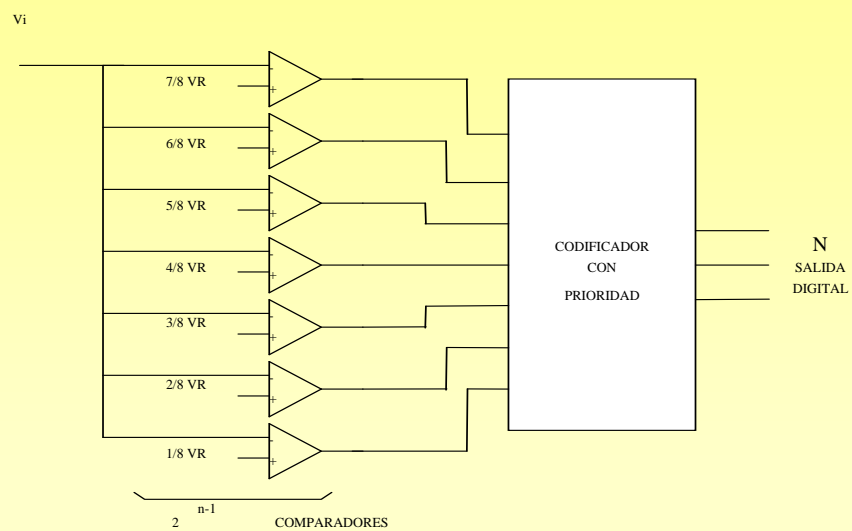
Por arrastre



Muestreo y Conversión

37

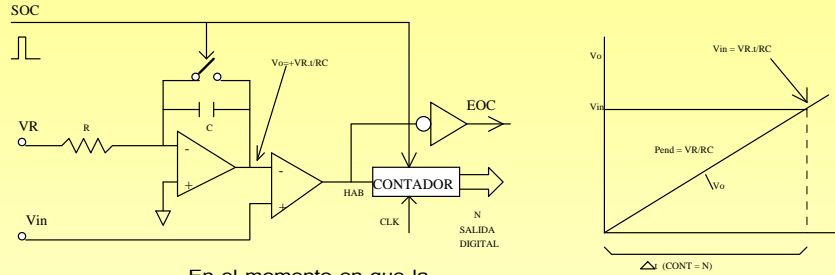
Paralelo o Flash



Muestreo y Conversión

38

Rampa



En el momento en que la tensión de la rampa alcanza el mismo valor que V_i , se verifica la siguiente igualdad:

$$\frac{\Delta t \cdot V_R}{R \cdot C} = V_i \therefore \Delta t = \frac{R \cdot C \cdot V_i}{V_R}$$

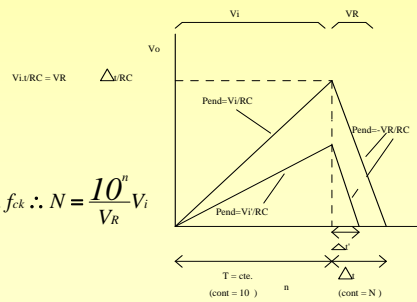
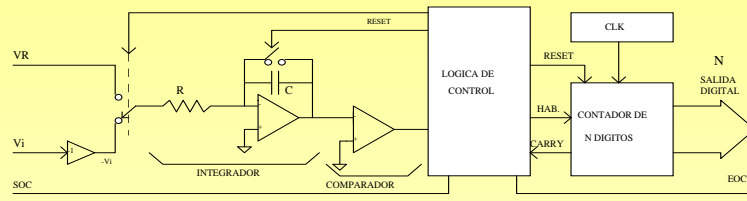
Reemplazando t en la expresión de N se tiene:

$$N = \frac{f_{ck} \cdot R \cdot C}{V_R} \cdot V_i$$

Muestreo y Conversión

39

Doble Rampa

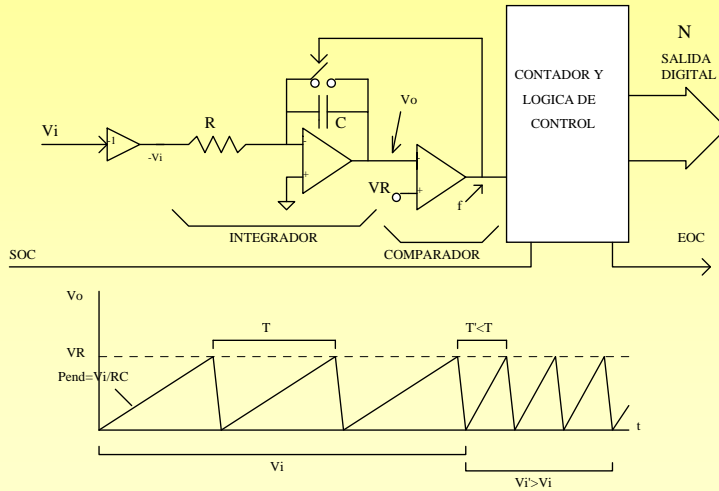


$$T = \frac{10^n}{f_{ck}}; \Delta t = V_i \frac{T}{V_R}; N = \Delta t \cdot f_{ck} \therefore N = \frac{10^n}{V_R} V_i$$

Muestreo y Conversión

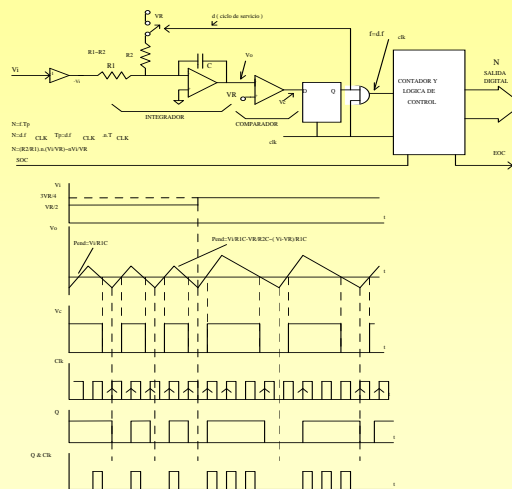
40

Conversión V - f



Muestreo y Conversión

Carga Balanceada



Muestreo y Conversión

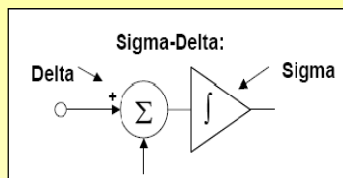
Sigma Delta – Principios

- Para un CAD de 16 bits y 3 V de referencia: LSB = 23 μ V.
- Buscaremos hacer un filtrado digital basado en sobremuestreo y dándole formato a la distribución del ruido.

Muestreo y Conversión

43

Sigma Delta – Principios



Ruido de cuant = $q/\sqrt{12}$ en $f_s/2$

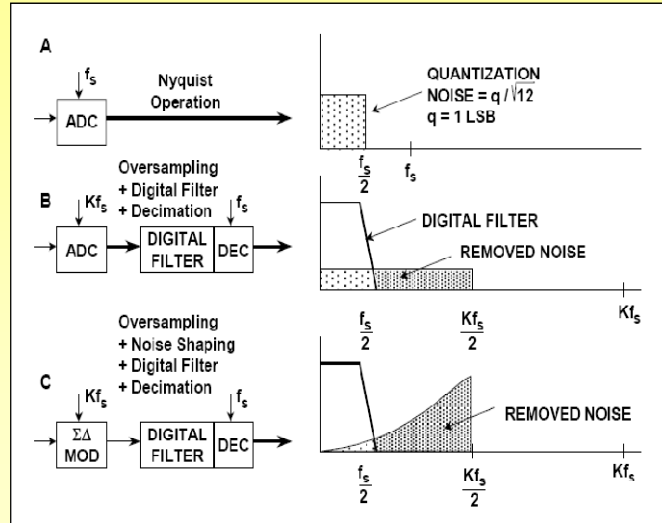
SNR = (6.02N + 1.76) dB

$$ENOB = \frac{SNR - 1.76dB}{6.02dB}$$

Muestreo y Conversión

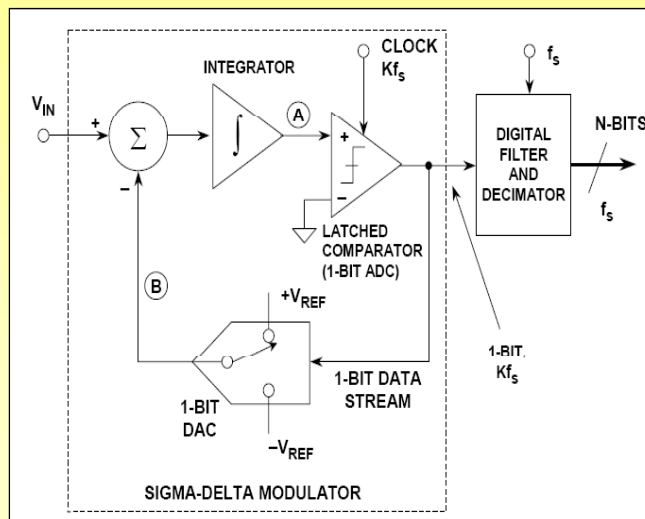
44

Sigma Delta – Principios



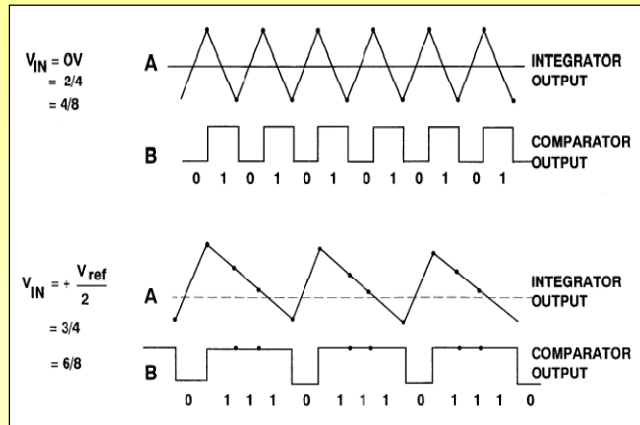
Muestreo y Conversión

Circuito básico



Muestreo y Conversión

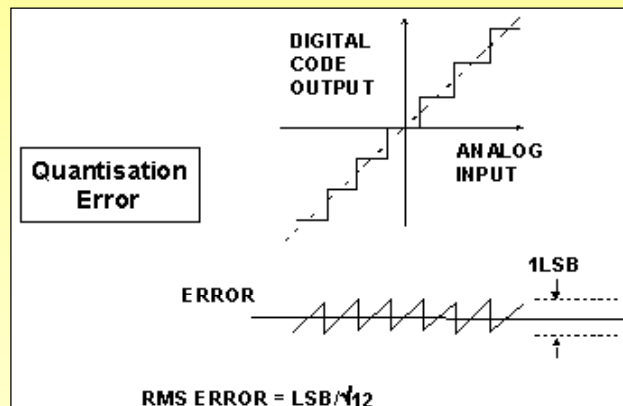
Formas de señal



Muestreo y Conversión

47

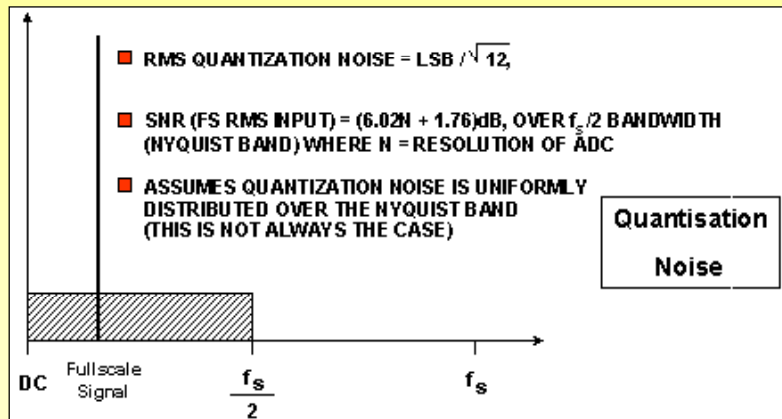
Error de cuantización



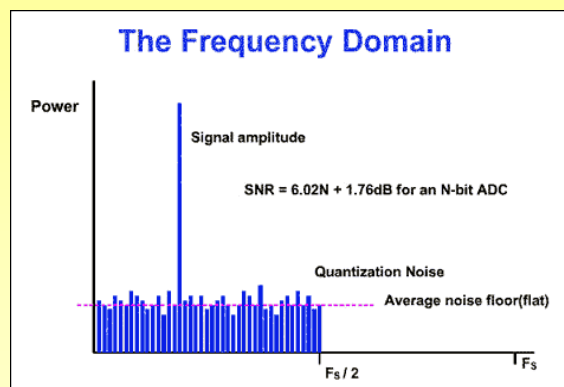
Muestreo y Conversión

48

Ruido de cuantización

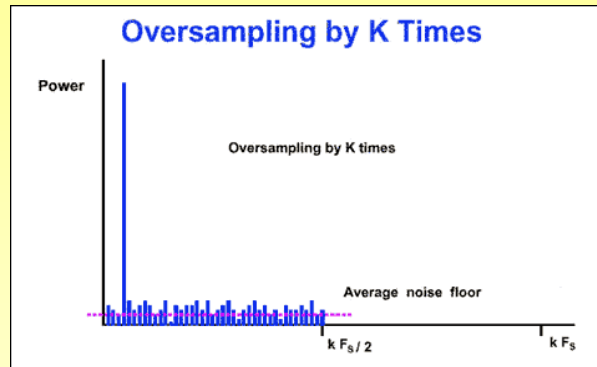


FFT



SNR para un ADC de 1-bit es de 7.78dB ($6.02 + 1.76$)

Sobremuestreo

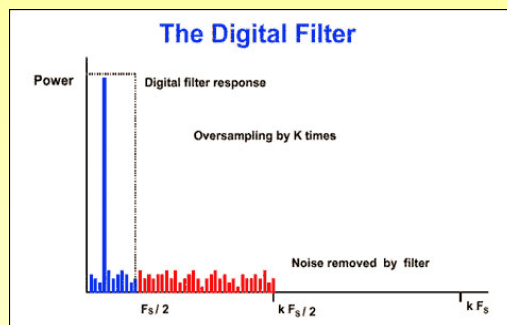


El sobremuestreo por 4 incrementa la SNR en 6dB, y cada 6dB de mejora equivale a ganar 1 bit

Muestreo y Conversión

51

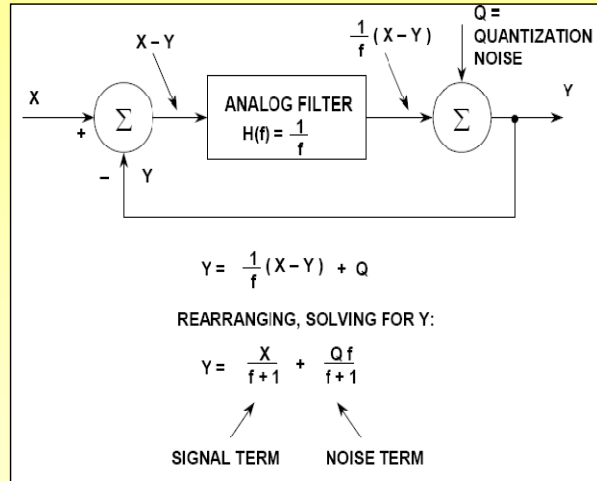
Filtrado Digital



Muestreo y Conversión

52

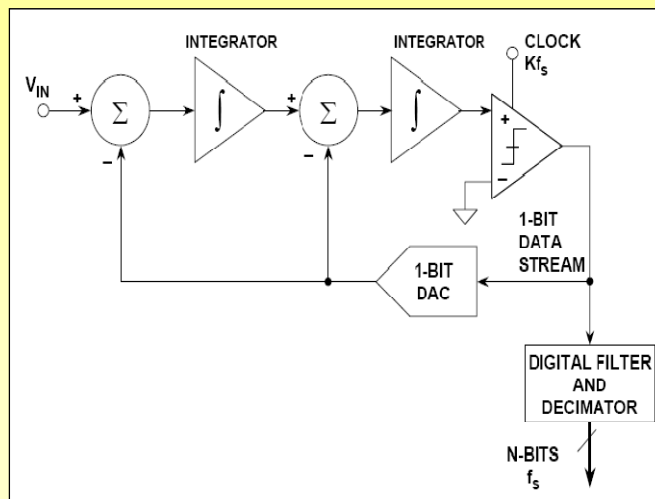
Filtrado



Muestreo y Conversión

53

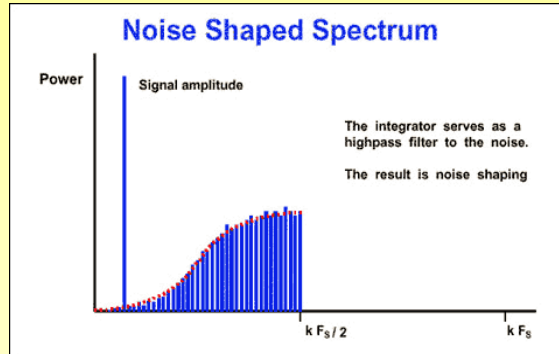
De segundo orden



Muestreo y Conversión

54

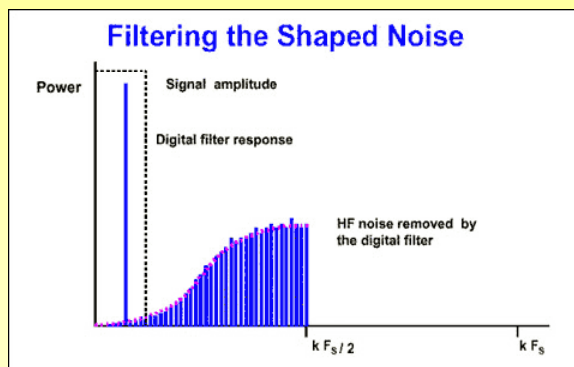
Espectro Configurado



Muestreo y Conversión

55

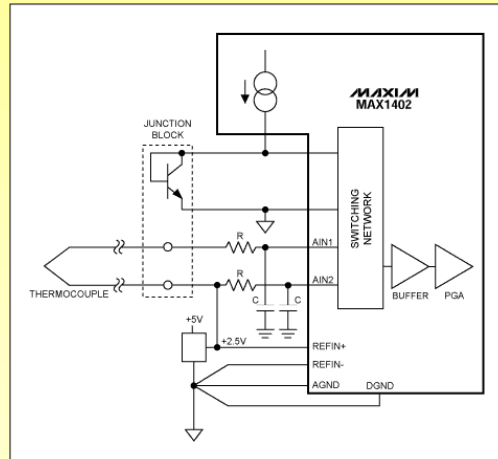
Filtrado Digital



Muestreo y Conversión

56

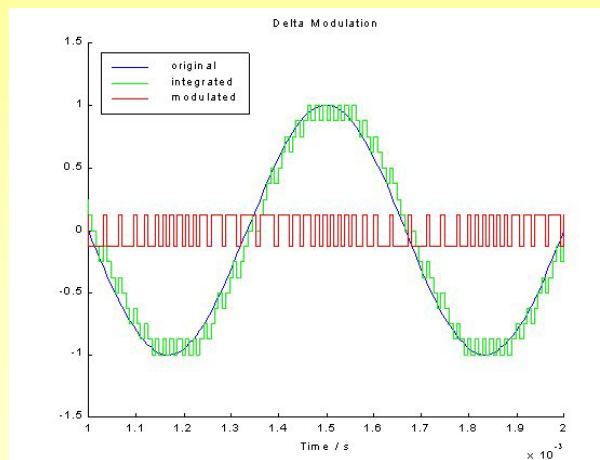
Ejemplo



Muestreo y Conversión

57

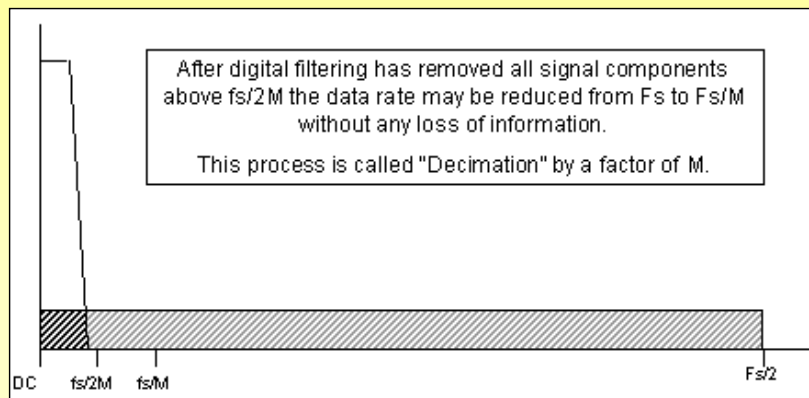
Sobremuestreo



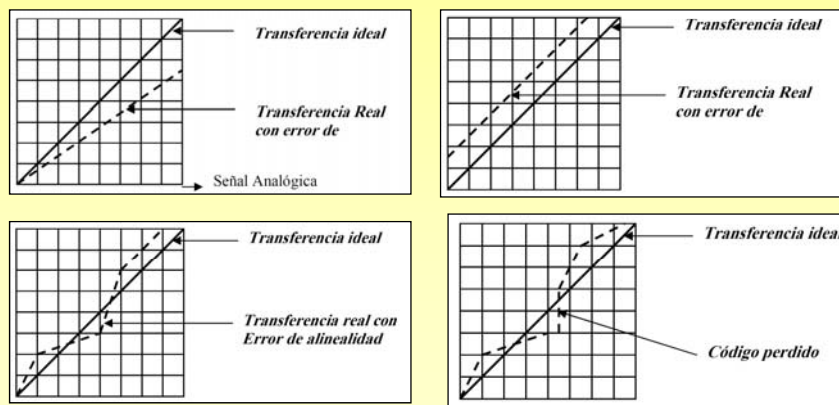
Muestreo y Conversión

58

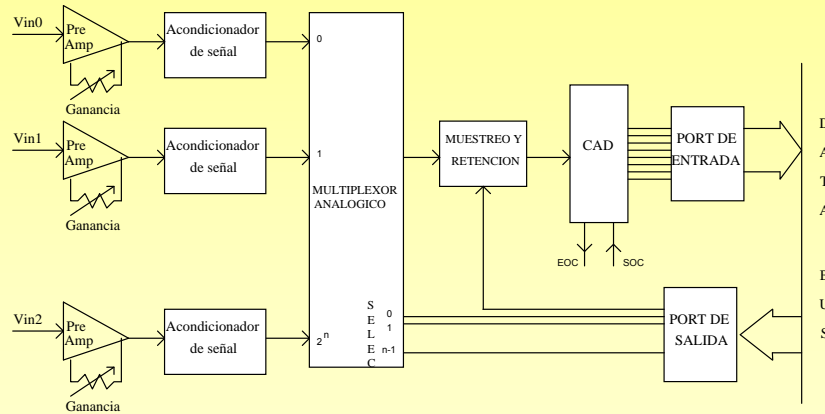
Decimación



Errores

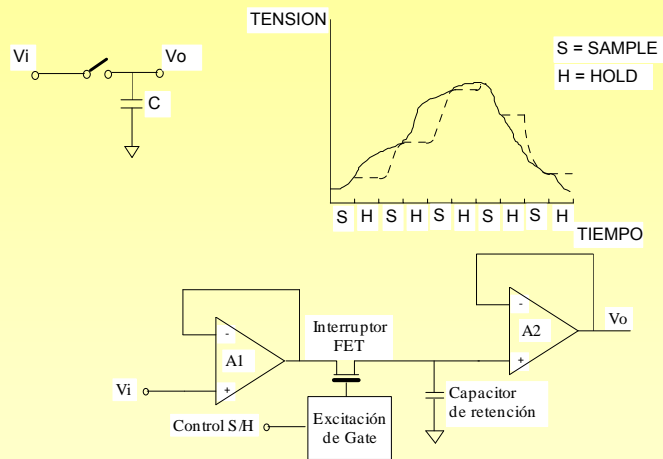


Sistema de Adquisición de Datos



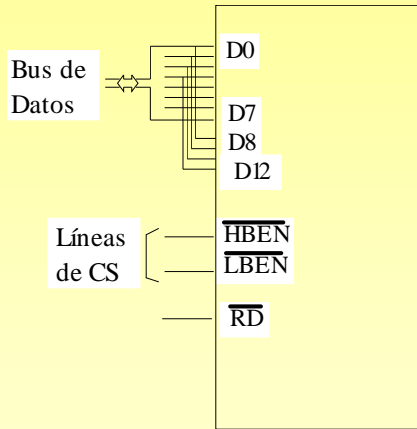
Muestreo y Conversión

Muestreo y retención



Muestreo y Conversión

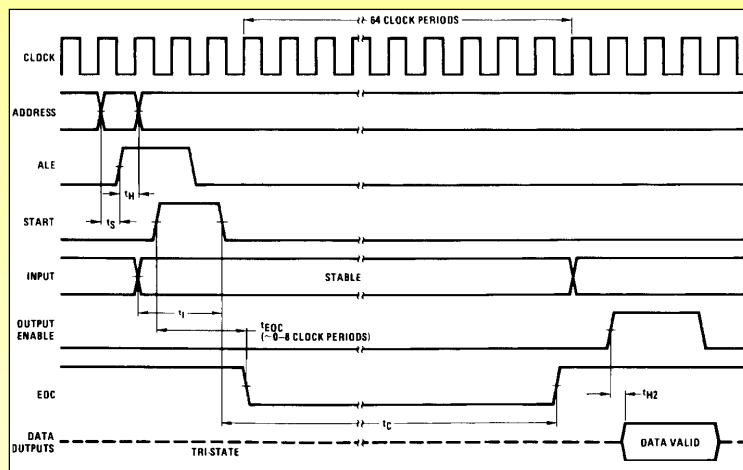
Conexión con un microprocesador



Muestreo y Conversión

63

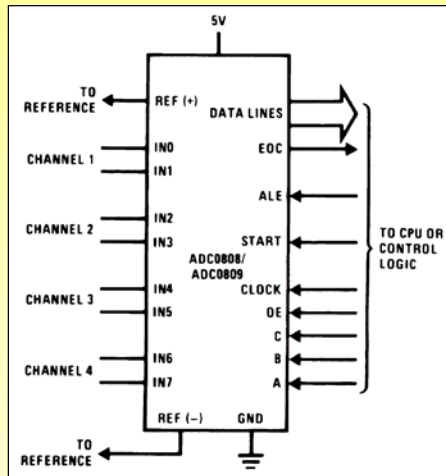
Conversión



Muestreo y Conversión

64

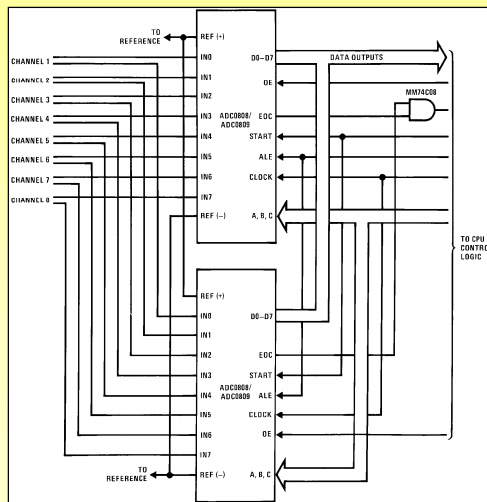
Conexión a un μP



Muestreo y Conversión

65

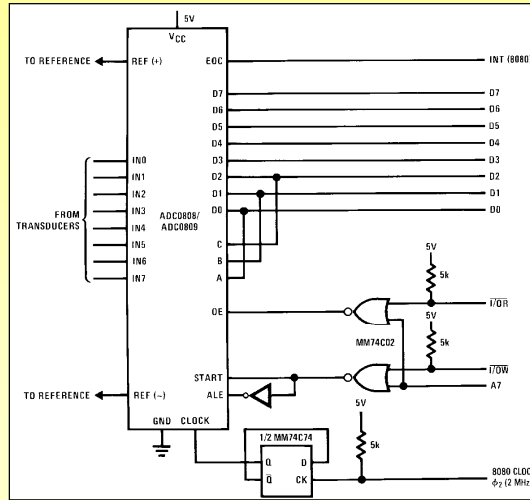
Conexión a un μP



Muestreo y Conversión

66

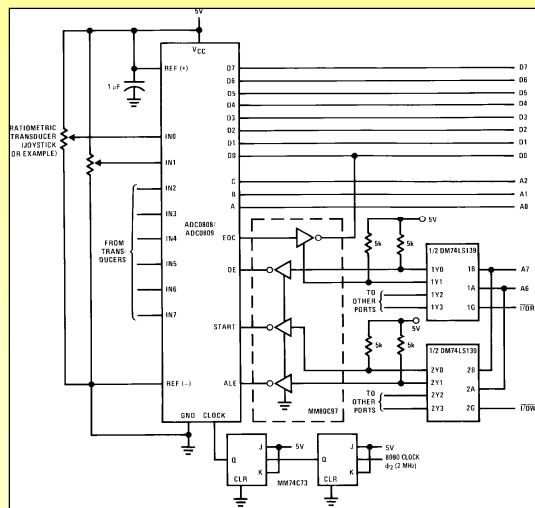
Conexión a un μP



Muestreo y Conversión

67

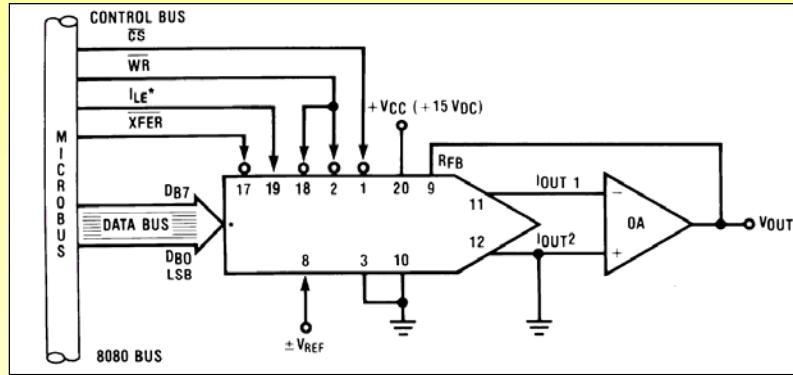
Conexión a un μP



Muestreo y Conversión

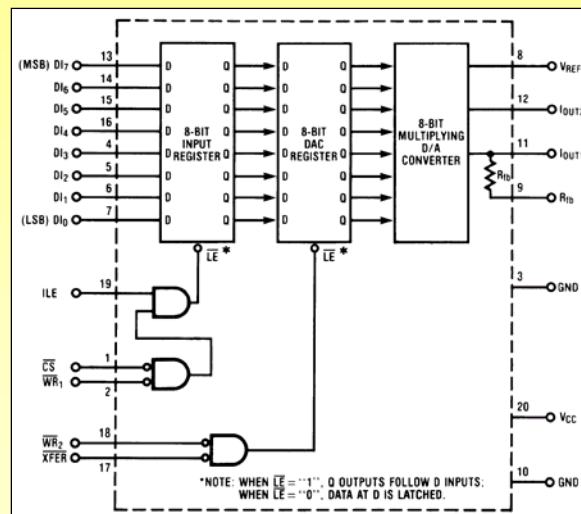
68

D/A



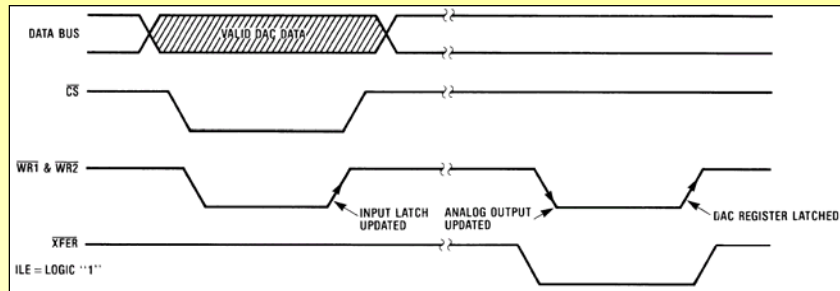
Muestreo y Conversión

D/A



Muestreo y Conversión

D/A



Muestreo y Conversión

71