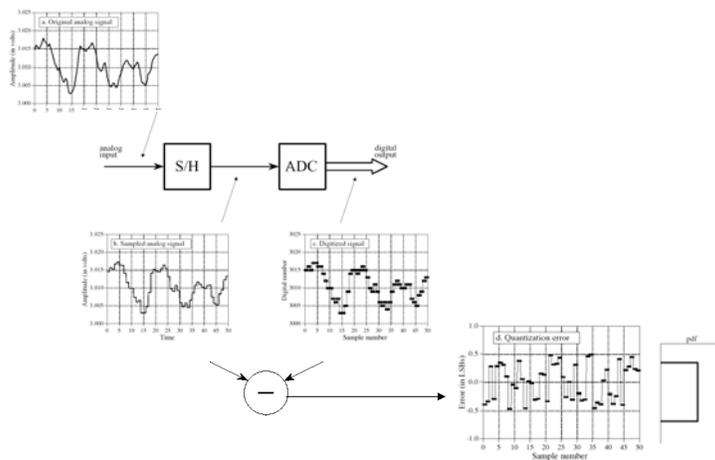
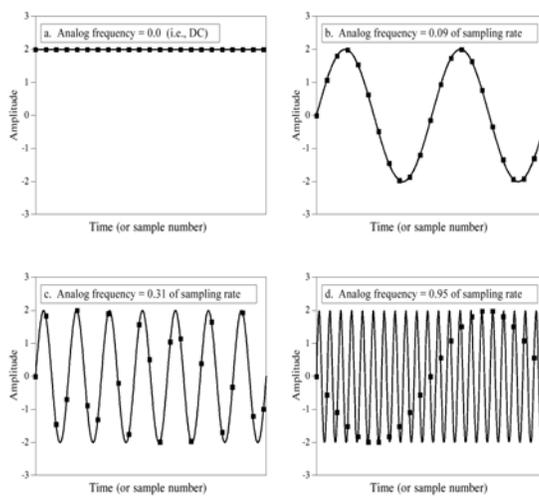


# Cuantización



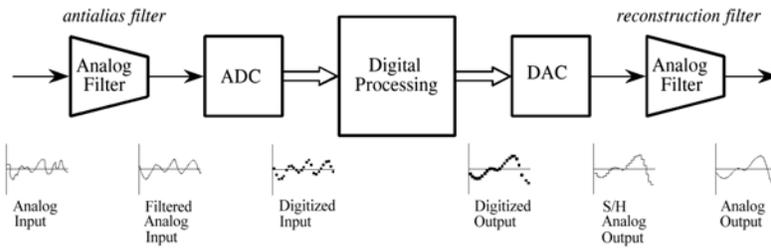
Muestreo y Conversión

# Aliasing



Muestreo y Conversión

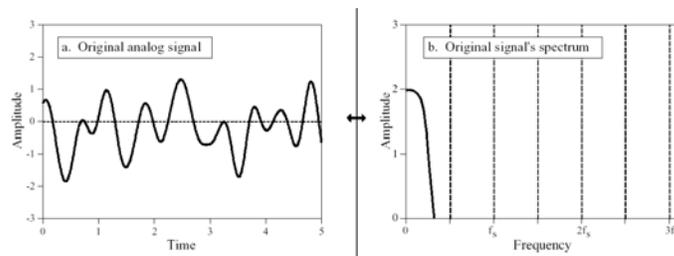
# Aliasing



Muestreo y Conversión

3

# Muestreo

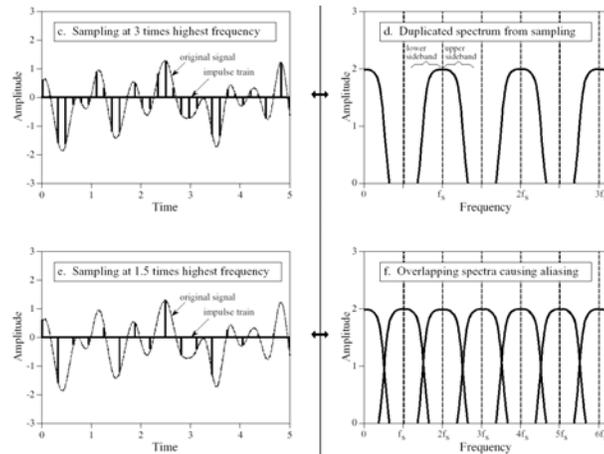


$$H(f) = \left| \frac{\sin(\pi f / f_s)}{\pi f / f_s} \right|$$

Muestreo y Conversión

4

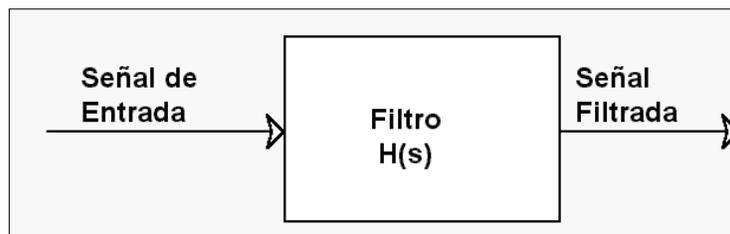
# Muestreo



Muestreo y Conversión

5

# Filtros - Concepto

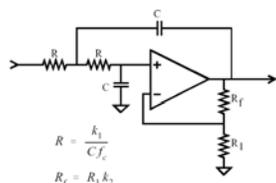


Concepto de Filtro  
Función Transferencia

Muestreo y Conversión

6

# Filtros Analógicos



Circuito Sallen-Key  
2 polos pasabajo

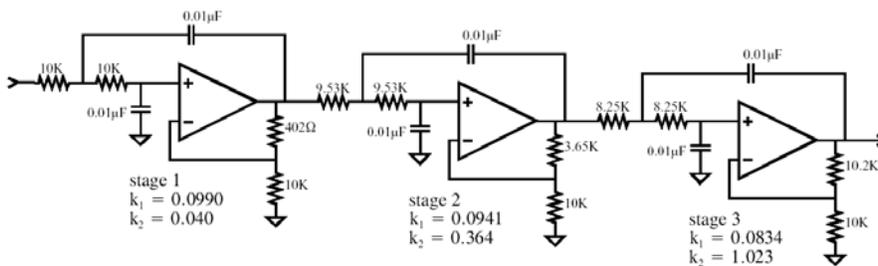
# poles	Bessel		Butterworth		Chebyshev	
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>
2 stage 1	0.1251	0.268	0.1592	0.586	0.1293	0.842
4 stage 1	0.1111	0.084	0.1592	0.152	0.2666	0.582
stage 2	0.0991	0.759	0.1592	1.235	0.1544	1.660
6 stage 1	0.0990	0.040	0.1592	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)

Muestreo y Conversión

7

# Filtros Analógicos

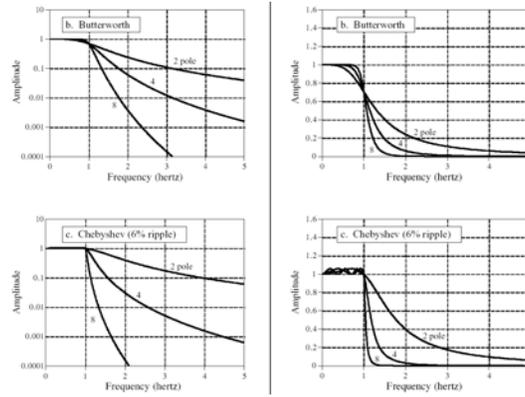


Filtro de 6 polos conectando en cascada filtros individuales

Muestreo y Conversión

8

# Filtros Antialias

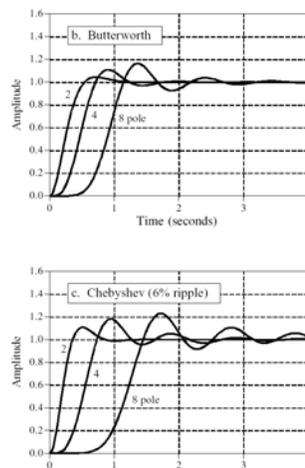


Aún Chebyshev atenúa en banda para filtro antialias  
 $f_s = 10 \text{ kHz} \rightarrow \text{Atenuac} = 100$  Atenuación en 3,7 kHz  
 Supresión de armónicas altas - Distorsión

Muestreo y Conversión

9

# Filtros Analógicos



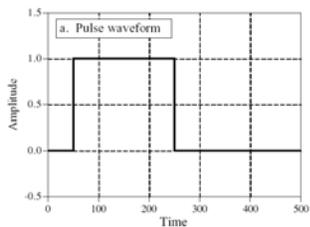
Respuesta  
al  
Escalón

Otro punto de  
enfoque

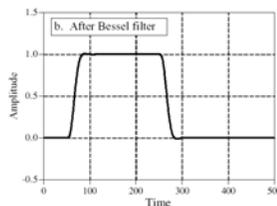
Muestreo y Conversión

10

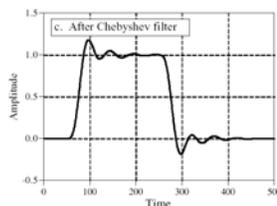
# Filtros Antialias



Excitación



Respuesta Bessel



Respuesta Chebyshev

Respuesta al Escalón

Muestreo y Conversión

11

# Antialias

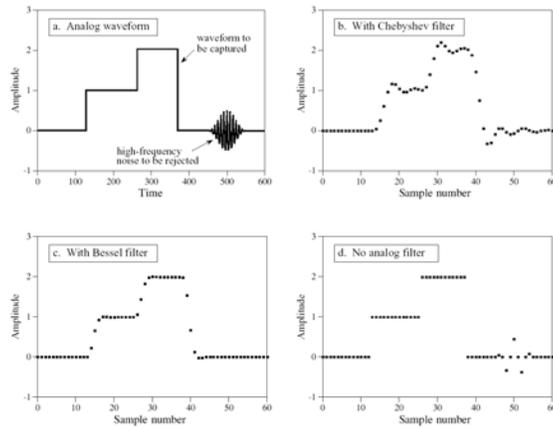
	Voltage gain at DC	Step Response			Frequency Response		
		Overshoot	Time to settle to 1%	Time to settle to 0.1%	Ripple in passband	Frequency for x100 attenuation	Frequency for x1000 attenuation
<b>Bessel</b>							
2 pole	1.27	0.4%	0.60	1.12	0%	12.74	40.4
4 pole	1.91	0.9%	0.66	1.20	0%	4.74	8.45
6 pole	2.87	0.7%	0.74	1.18	0%	3.65	5.43
8 pole	4.32	0.4%	0.80	1.16	0%	3.35	4.53
<b>Butterworth</b>							
2 pole	1.59	4.3%	1.06	1.66	0%	10.0	31.6
4 pole	2.58	10.9%	1.68	2.74	0%	3.17	5.62
6 pole	4.21	14.3%	2.74	3.92	0%	2.16	3.17
8 pole	6.84	16.4%	3.50	5.12	0%	1.78	2.38
<b>Chebyshev</b>							
2 pole	1.84	10.8%	1.10	1.62	6%	12.33	38.9
4 pole	4.21	18.2%	3.04	5.42	6%	2.59	4.47
6 pole	10.71	21.3%	5.86	10.4	6%	1.63	2.26
8 pole	28.58	23.0%	8.34	16.4	6%	1.34	1.66

Tabla de selección del filtro más adecuado como antialias

Muestreo y Conversión

12

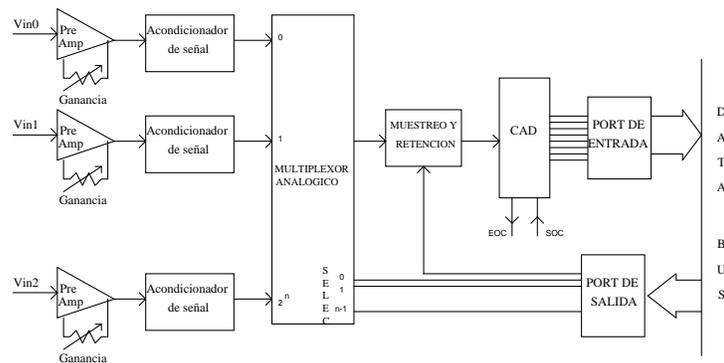
# Antialias



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

13

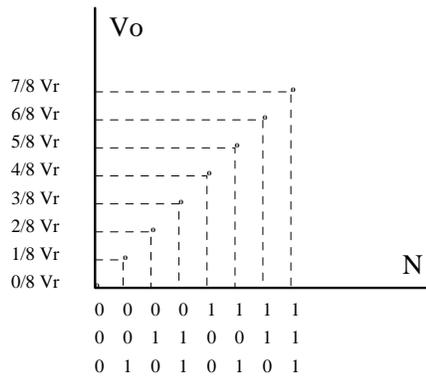
# Adquisición de datos



Muestreo y Conversión

14

# Conversores D/A



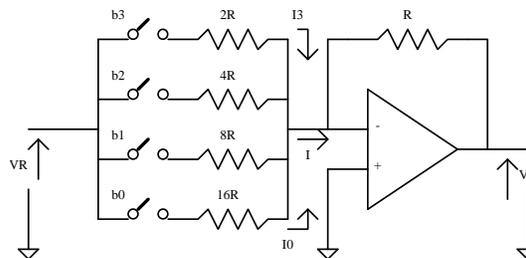
$$V_o = \frac{N}{2^n} V_R$$

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

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

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

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

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

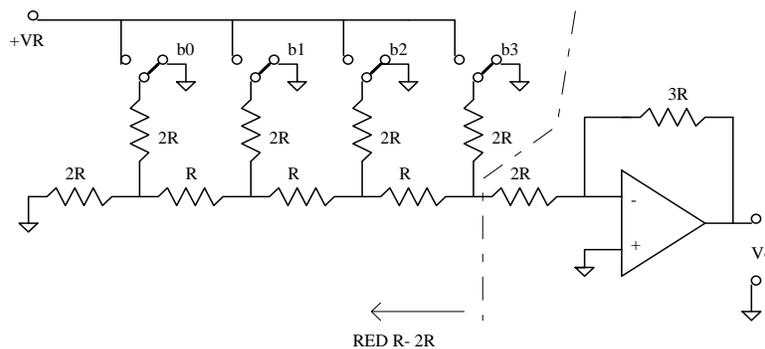
luego:

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

Muestreo y Conversión

17

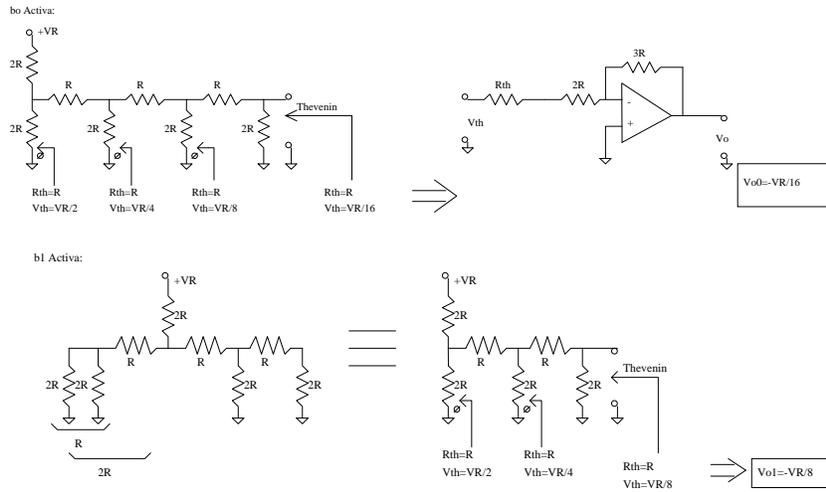
## Red R/2R



Muestreo y Conversión

18

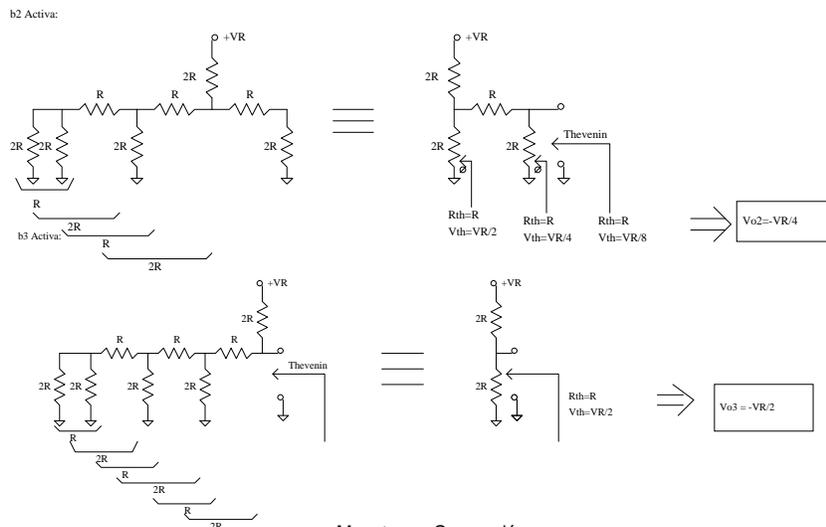
# Red R/2R



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:

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

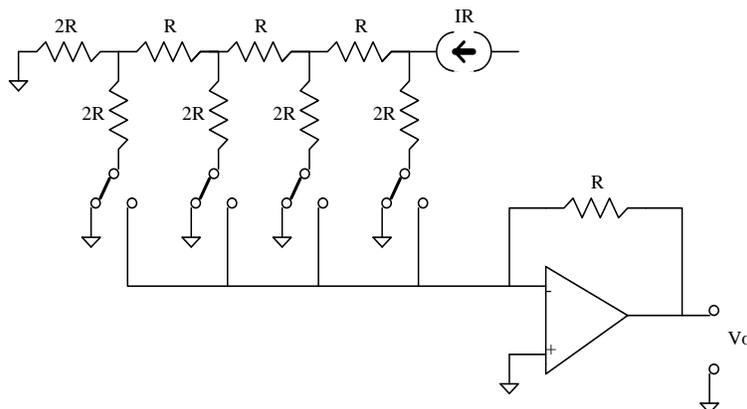
Entonces:

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

Muestreo y Conversión

21

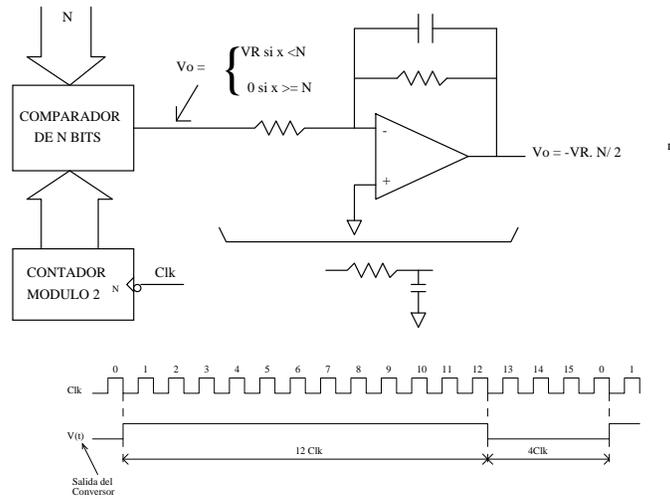
# R/2R en conmutación de tensión



Muestreo y Conversión

22

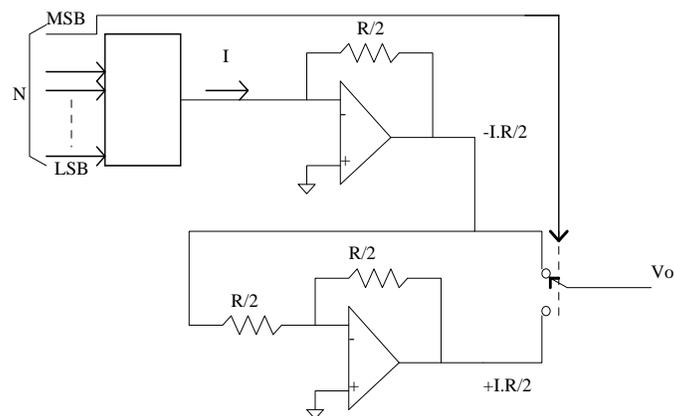
# Modulación del ancho del pulso



Muestreo y Conversión

23

# Signo y Magnitud

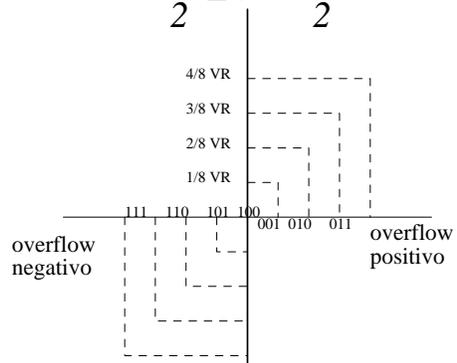


Muestreo y Conversión

24

# Signo y Magnitud

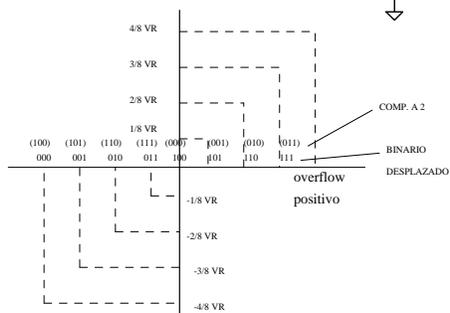
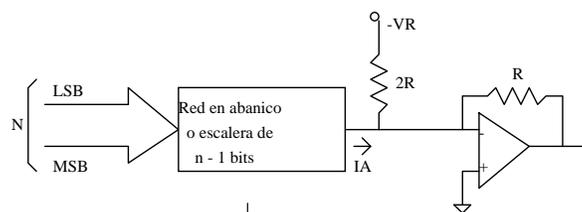
$$-\frac{V_R}{2} \leq V_o < \frac{V_R}{2}$$



Muestreo y Conversión

25

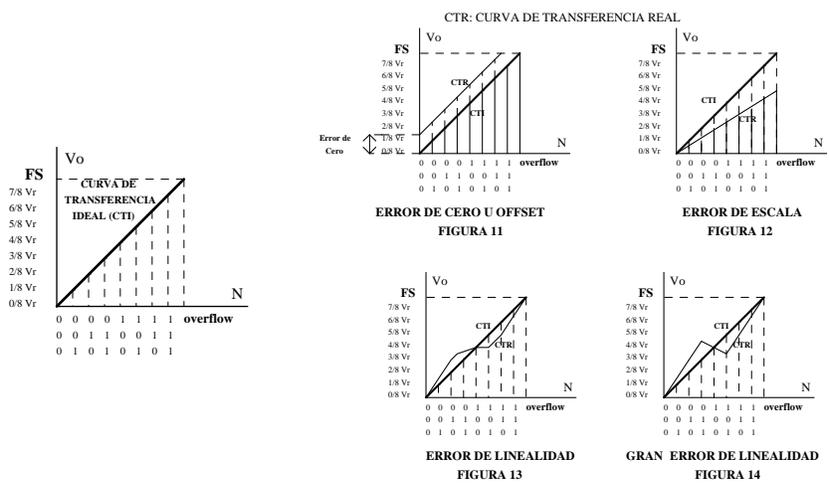
# Binario Desplazado



Muestreo y Conversión

26

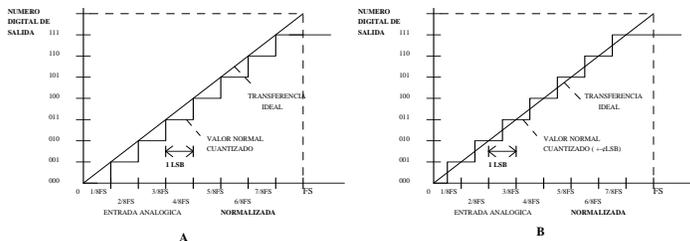
# Errores



Muestreo y Conversión

27

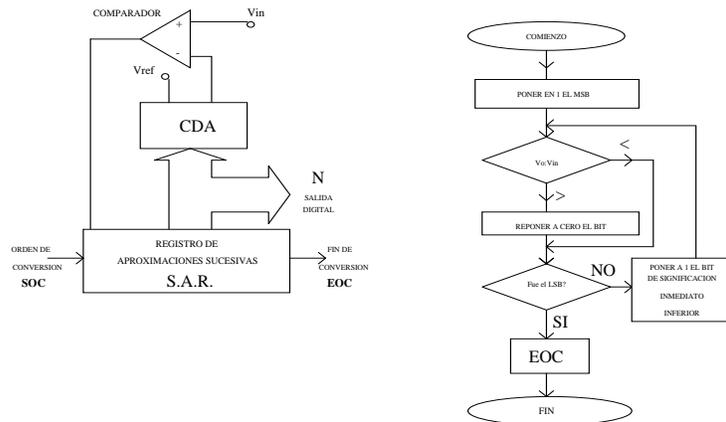
# Conversores A/D



Muestreo y Conversión

28

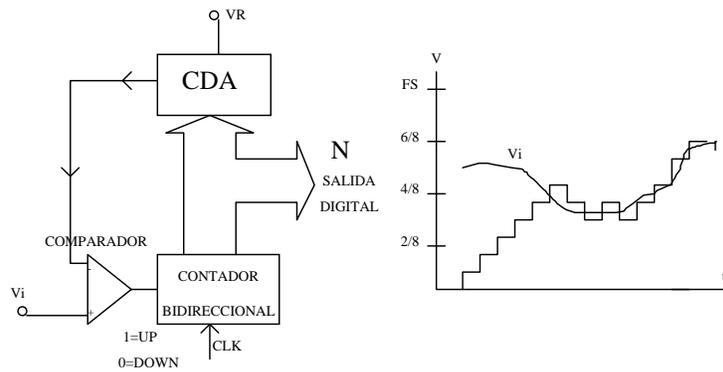
# Aproximaciones sucesivas



Muestreo y Conversión

29

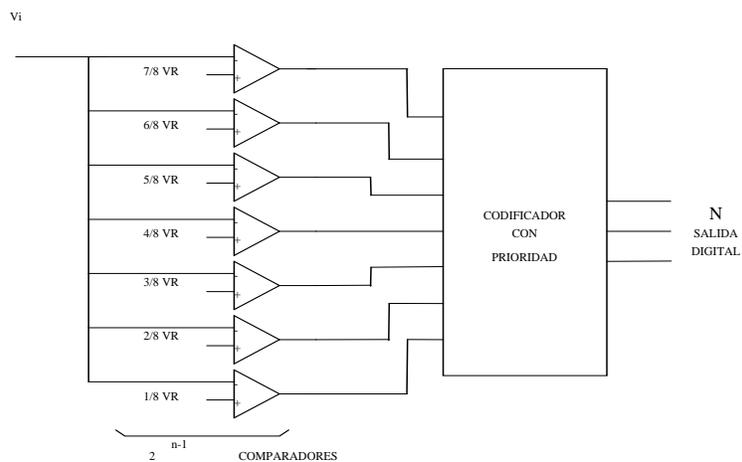
# Por arrastre



Muestreo y Conversión

30

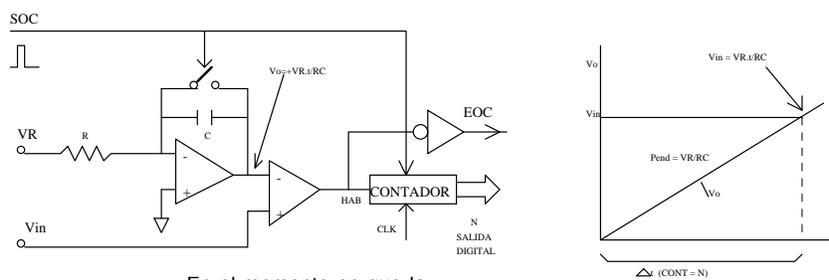
# Paralelo o Flash



Muestreo y Conversión

31

# Rampa



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

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

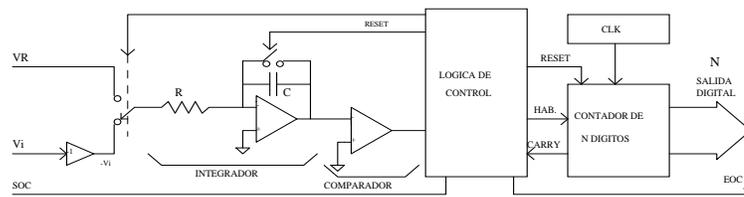
Reemplazando t en la expresión de N se tiene:

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

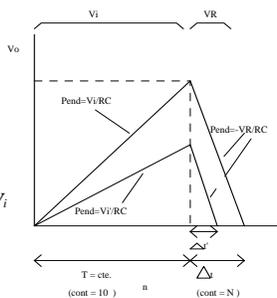
Muestreo y Conversión

32

# Doble Rampa



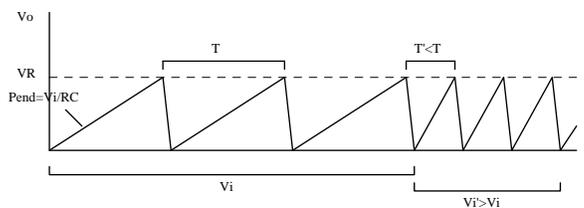
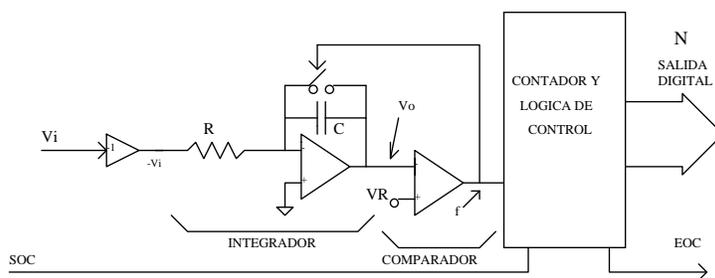
$$T = \frac{10^n}{f_{ck}}; \Delta t = V_i \frac{T}{V_R}; N = \Delta t \cdot f_{ck} \therefore N = \frac{10^n}{V_R} V_i$$



Muestreo y Conversión

33

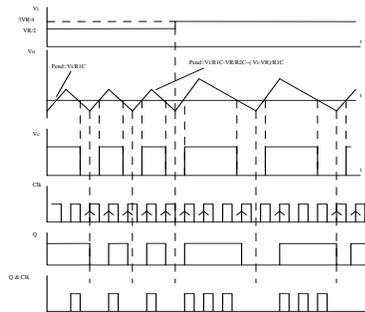
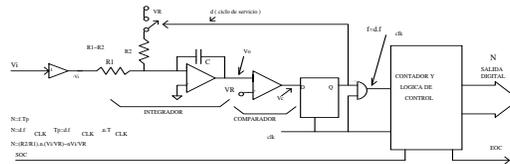
# Conversión V - f



Muestreo y Conversión

34

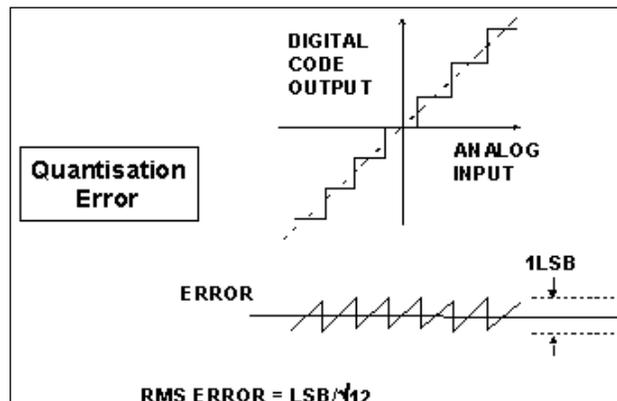
# Carga Balanceada



Muestreo y Conversión

35

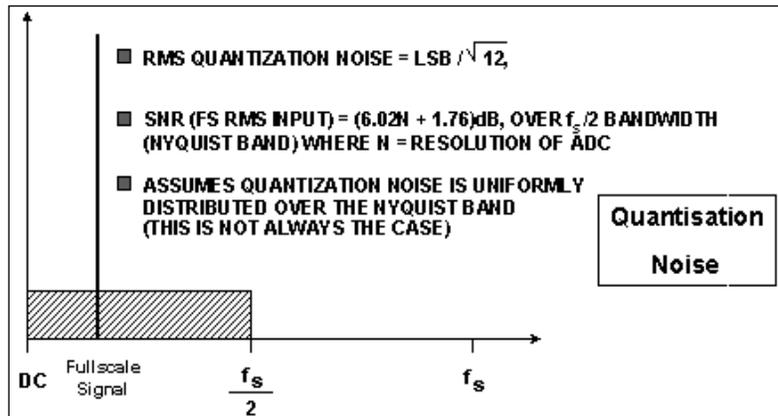
# Error de cuantización



Muestreo y Conversión

36

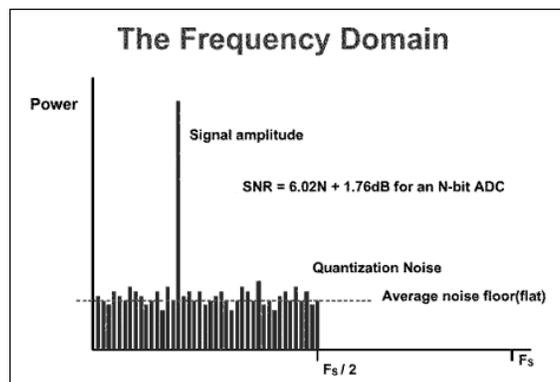
# Ruido de cuantización



Muestreo y Conversión

37

# FFT

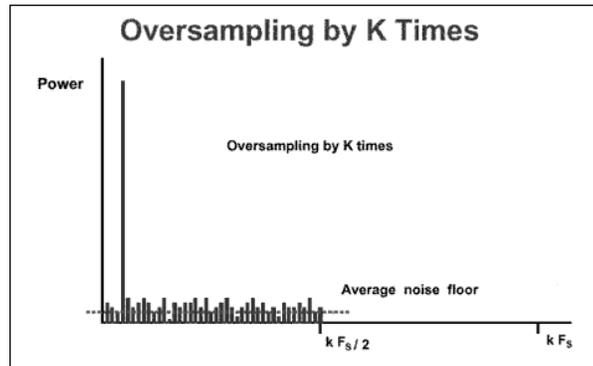


SNR para un ADC de 1-bit es de 7.78dB ( $6.02 + 1.76$ )

Muestreo y Conversión

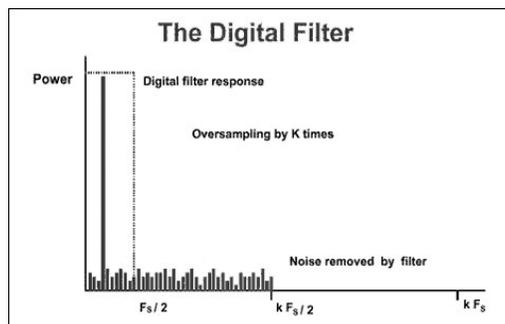
38

# Sobremuestreo

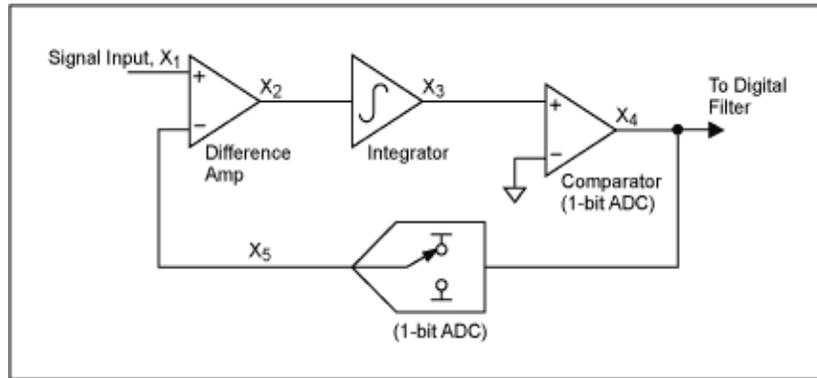


El sobremuestreo por 4 incrementa la SNR en 6dB, y cada 6dB de mejora equivale a ganar 1 bit

# Filtrado Digital



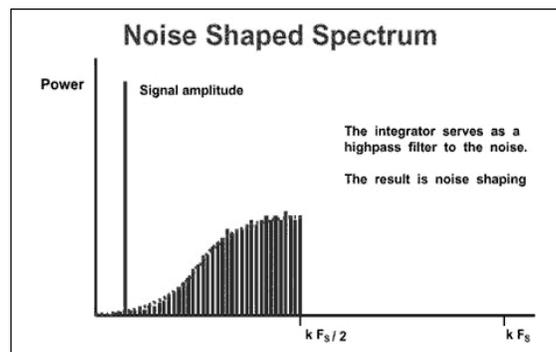
# Configuración del Ruido



Muestreo y Conversión

41

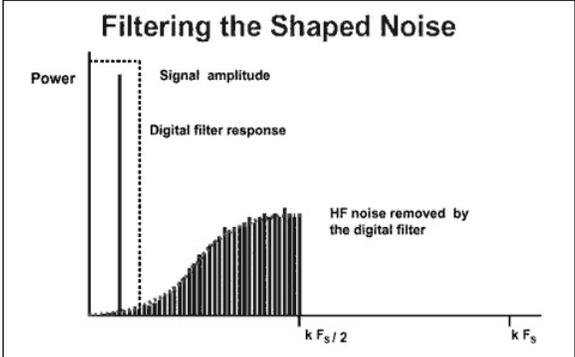
# Espectro Configurado



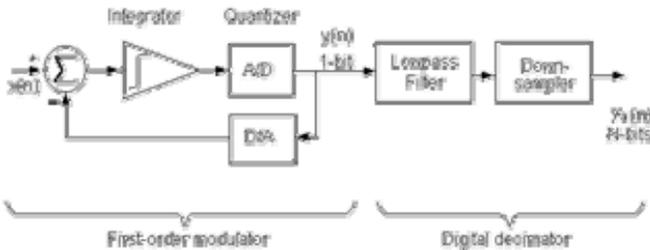
Muestreo y Conversión

42

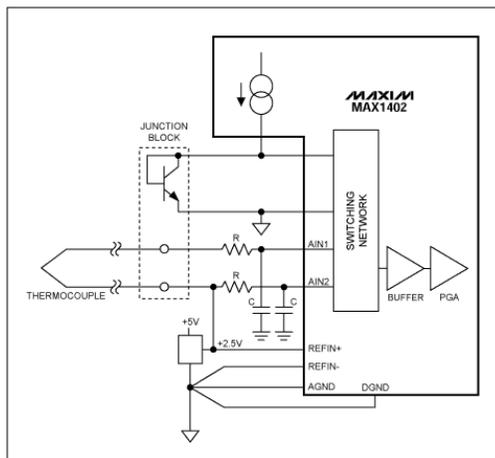
# Filtrado Digital



# Primer Sigma Delta

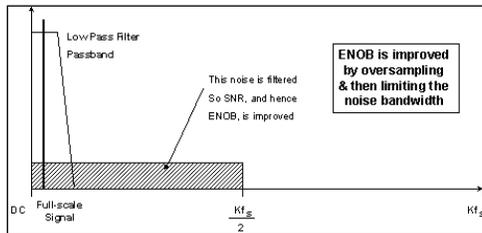
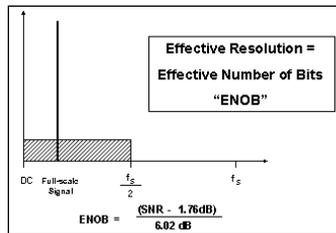


# Ejemplo



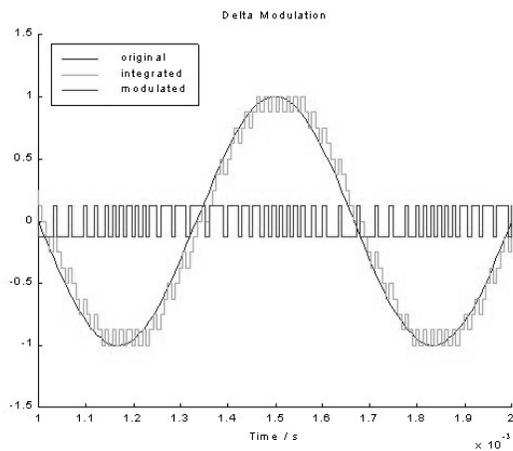
Muestreo y Conversión

# Relación Señal/Ruido



Muestreo y Conversión

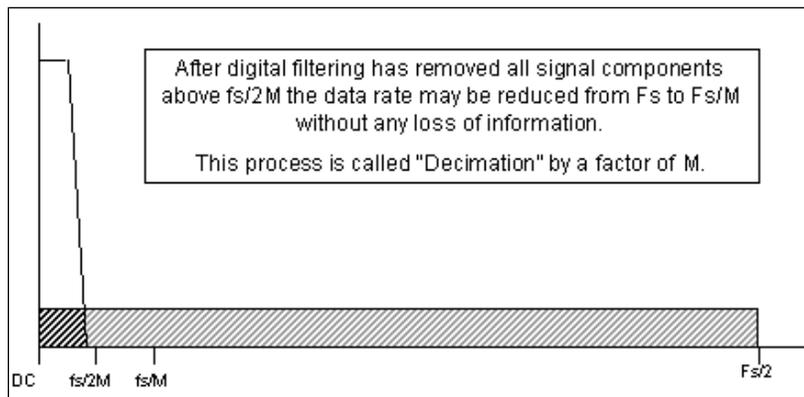
# Sobremuestreo



Muestreo y Conversión

47

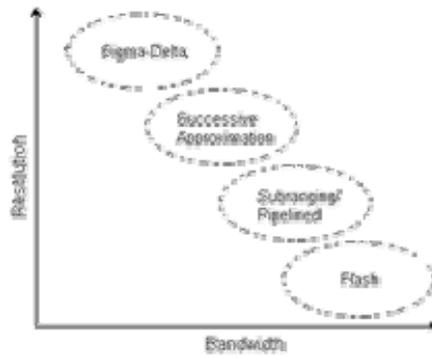
# Decimación



Muestreo y Conversión

48

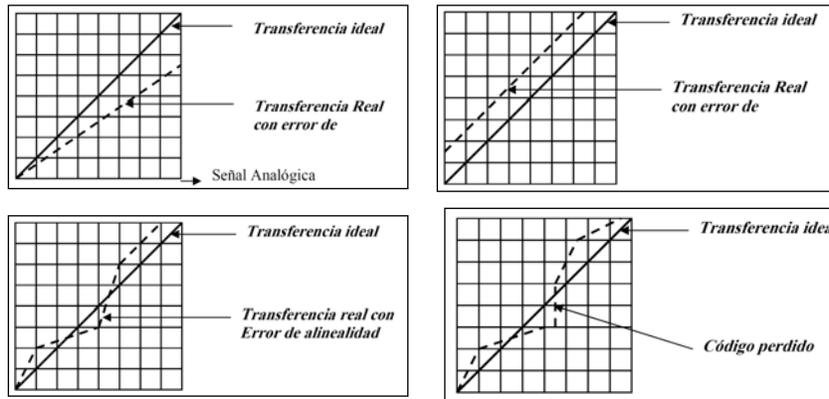
# Selección A/D



Muestreo y Conversión

49

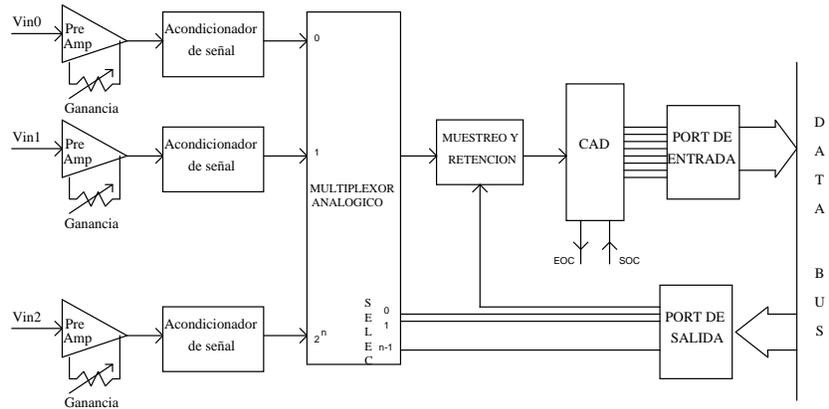
# Errores



Muestreo y Conversión

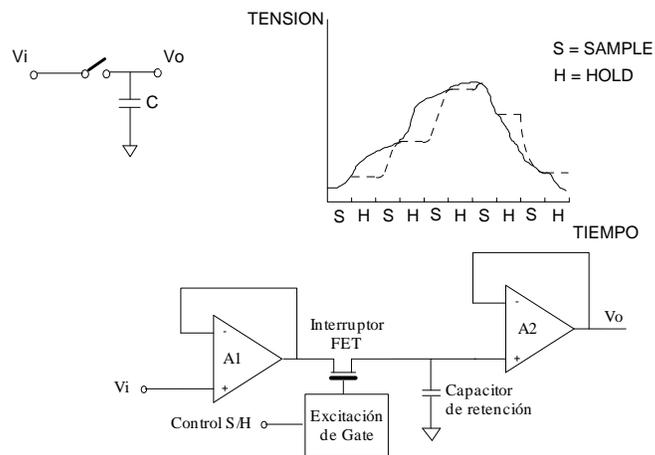
50

# Sistema de Adquisición de Datos



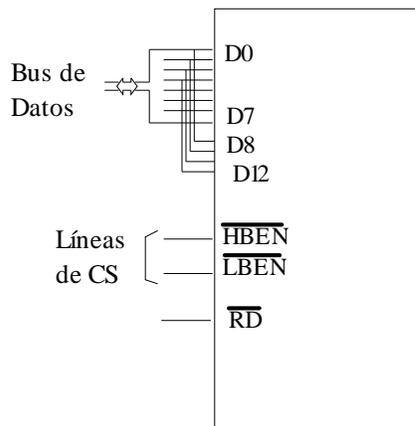
Muestreo y Conversión

# Muestreo y retención



Muestreo y Conversión

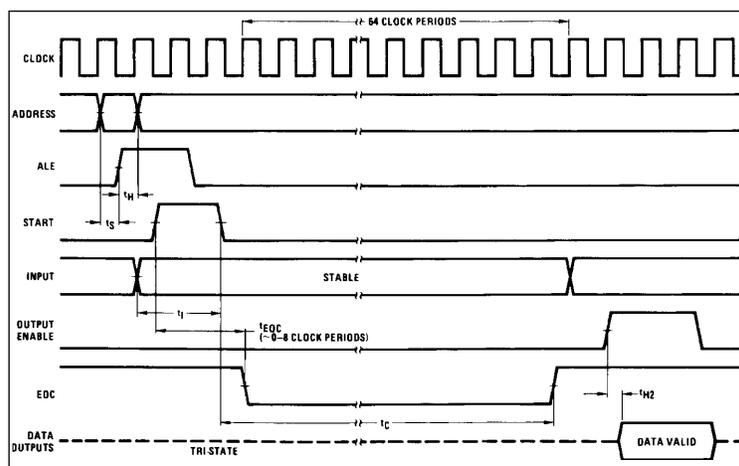
## Conexión con un microprocesador



Muestreo y Conversión

53

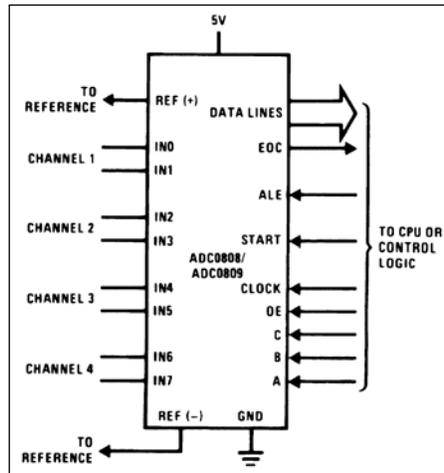
## Conversión



Muestreo y Conversión

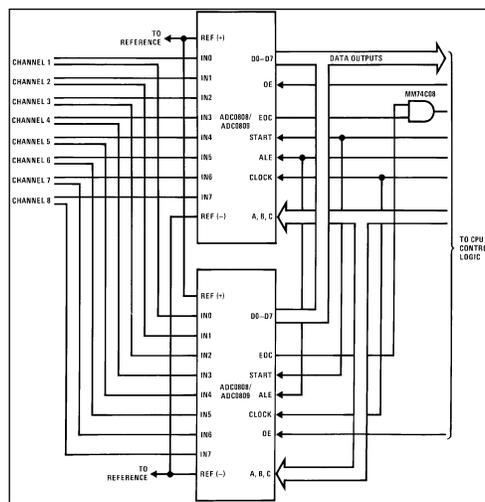
54

# Conexión a un $\mu$ P



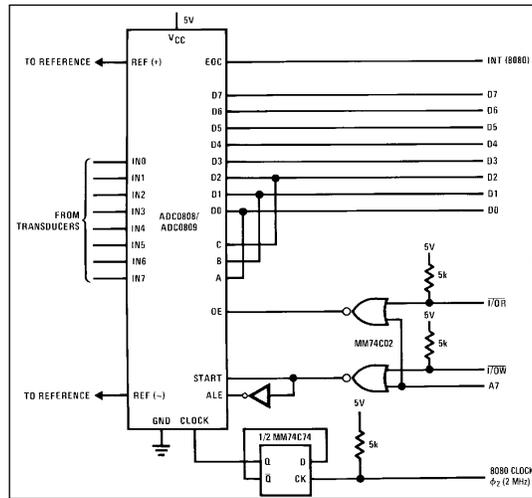
Muestreo y Conversión

# Conexión a un $\mu$ P



Muestreo y Conversión

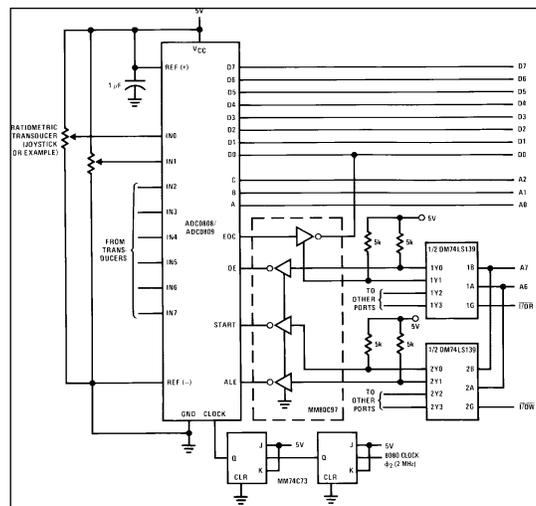
# Conexión a un $\mu P$



Muestreo y Conversión

57

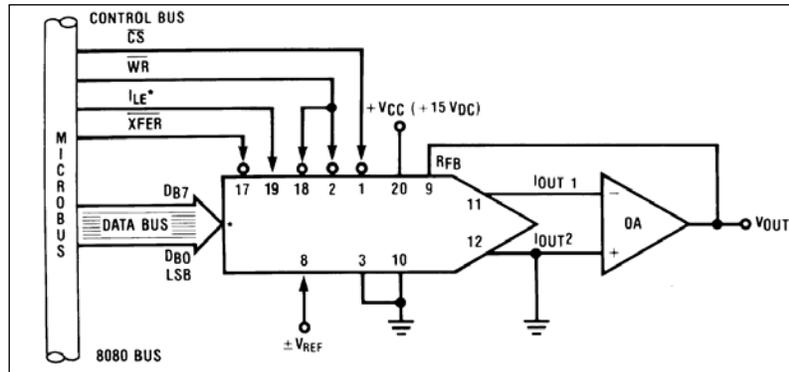
# Conexión a un $\mu P$



Muestreo y Conversión

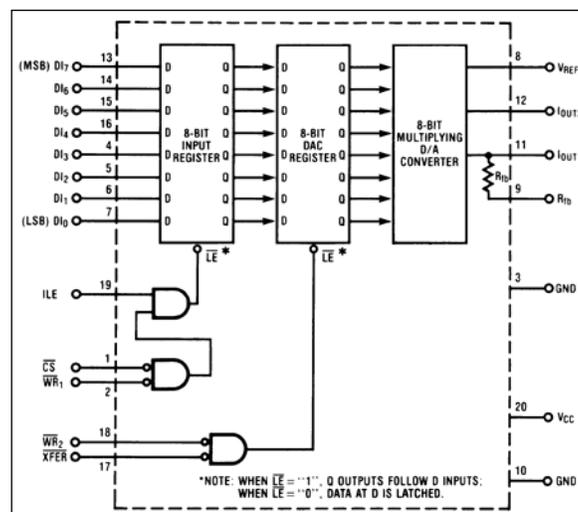
58

# D/A



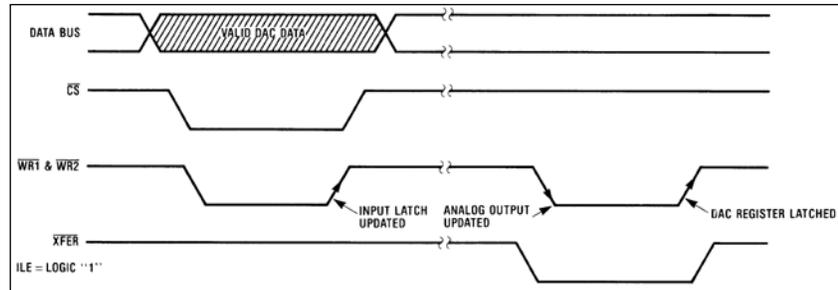
Muestreo y Conversión

# D/A



Muestreo y Conversión

# D/A



Muestreo y Conversión

61