Técnicas Digitales II

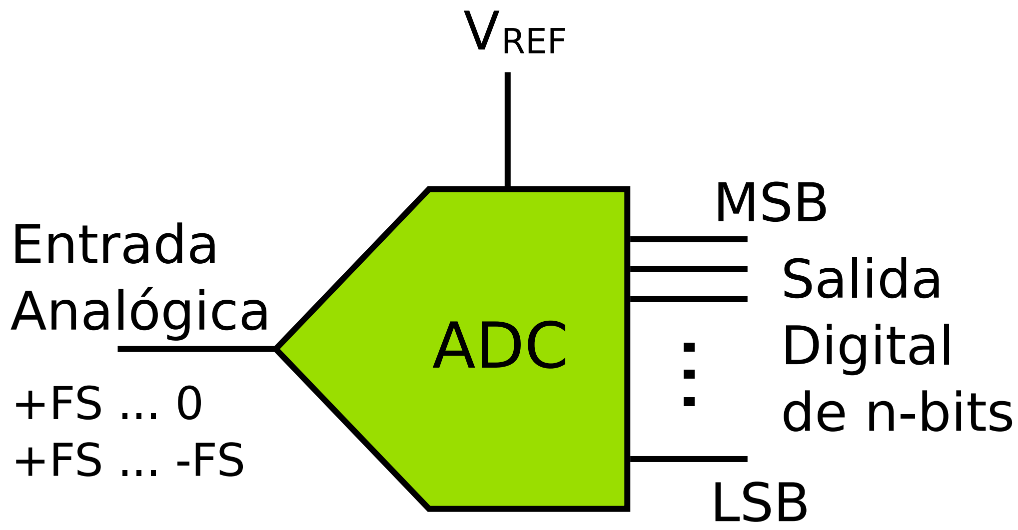
ADC / DAC

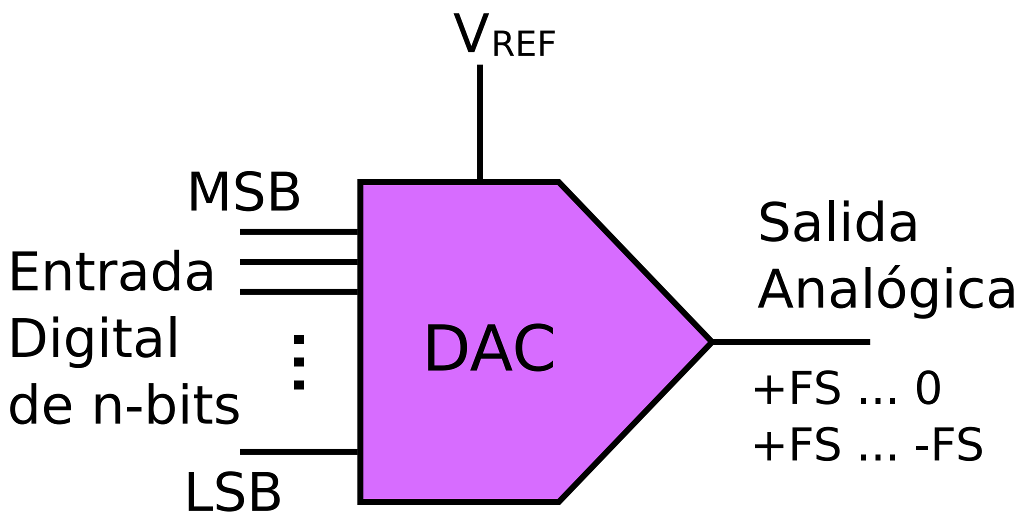
Dr.Ing.Steiner Guillermo

ADC / DAC

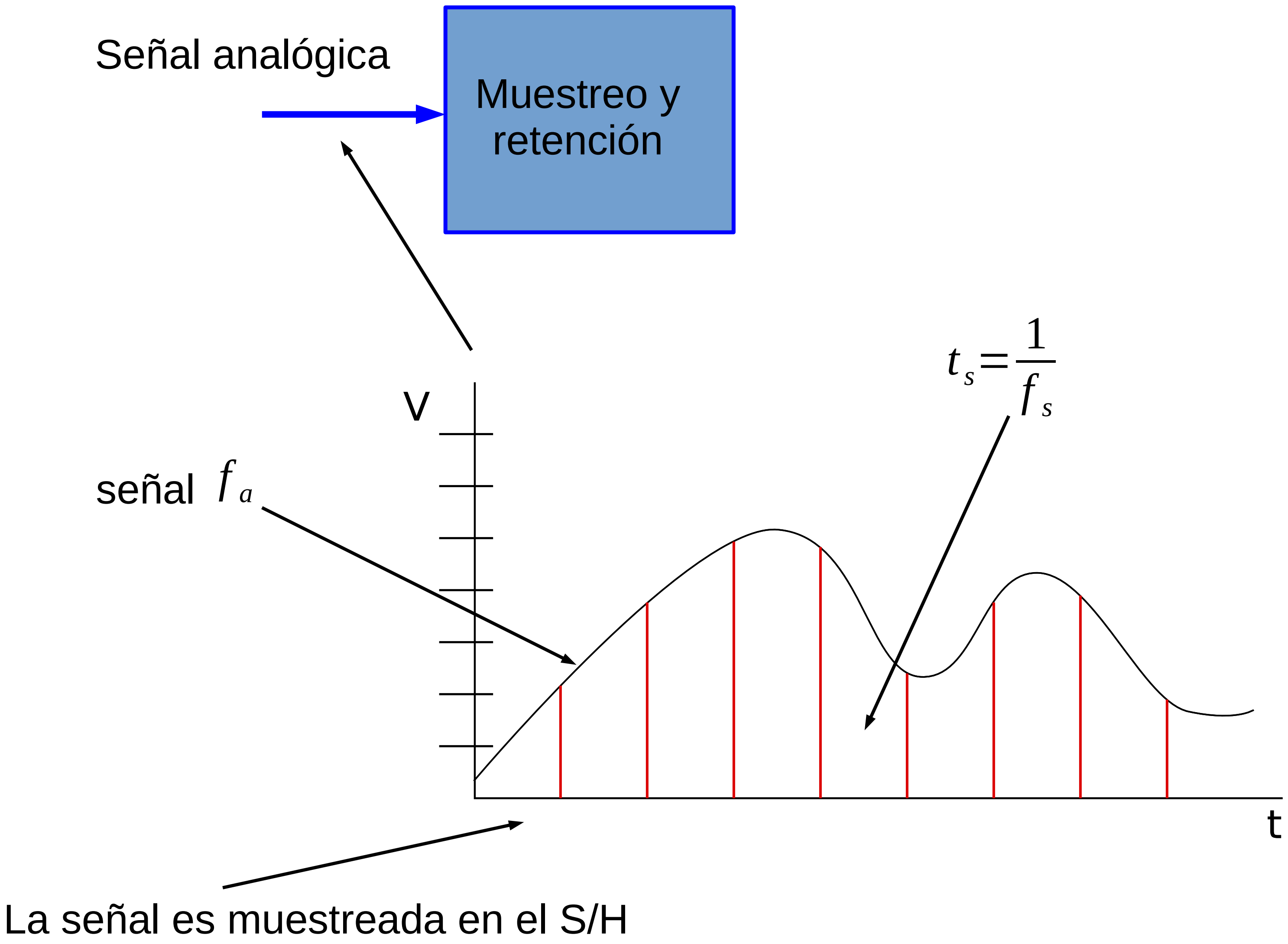
- **Conversor Analógico Digital**
  Transforma cantidades analógicas (fenómenos del ”mundo real”) a lenguaje digital para guardado, transmitido o utilizado en algún procesamiento, sistema de control, etc.

- **Conversor Digital Analógico**
  Usado para transformar datos transmitidos ,guardados o el resultado de un procesamiento digital a el “mundo real”.

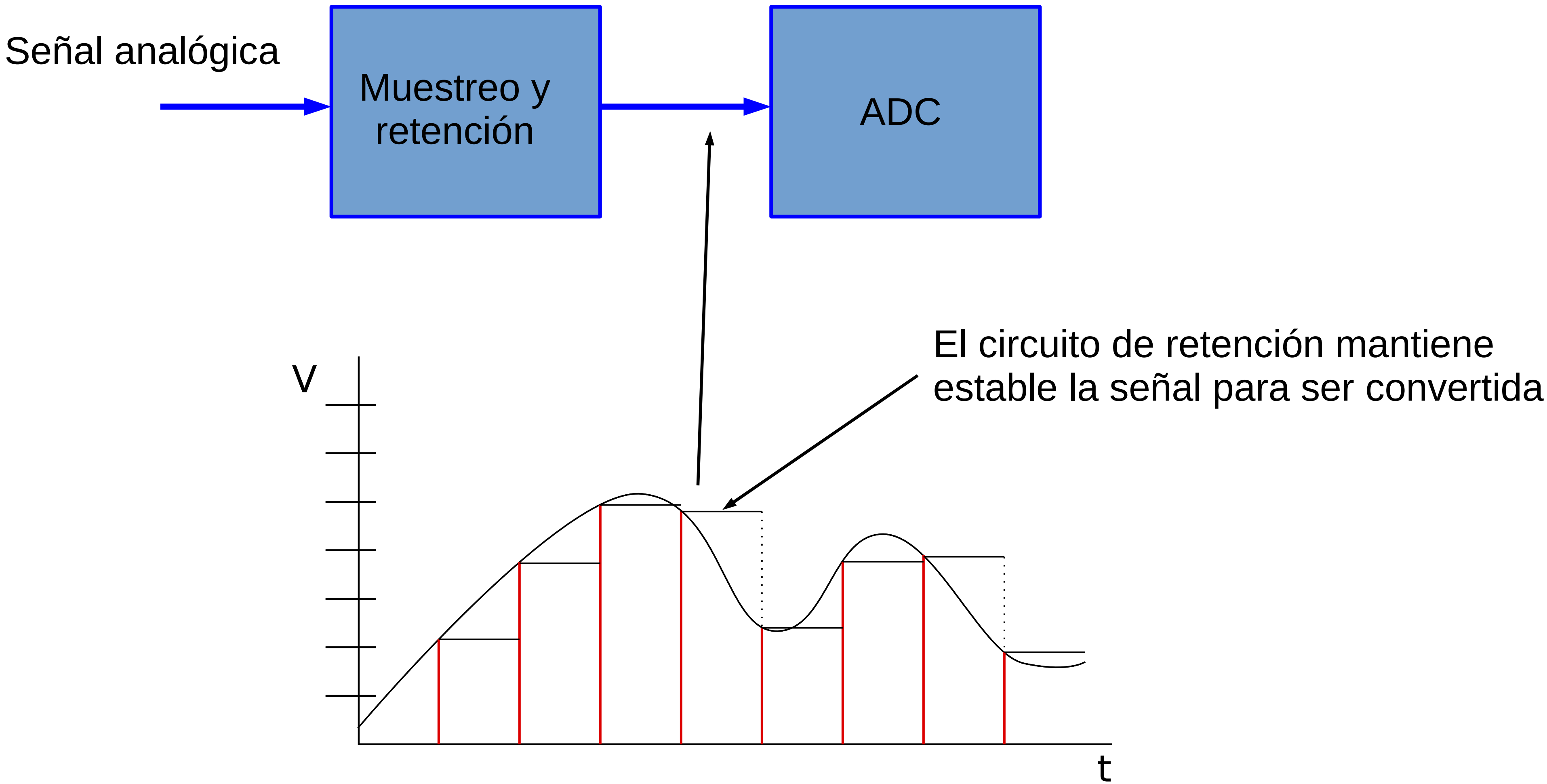




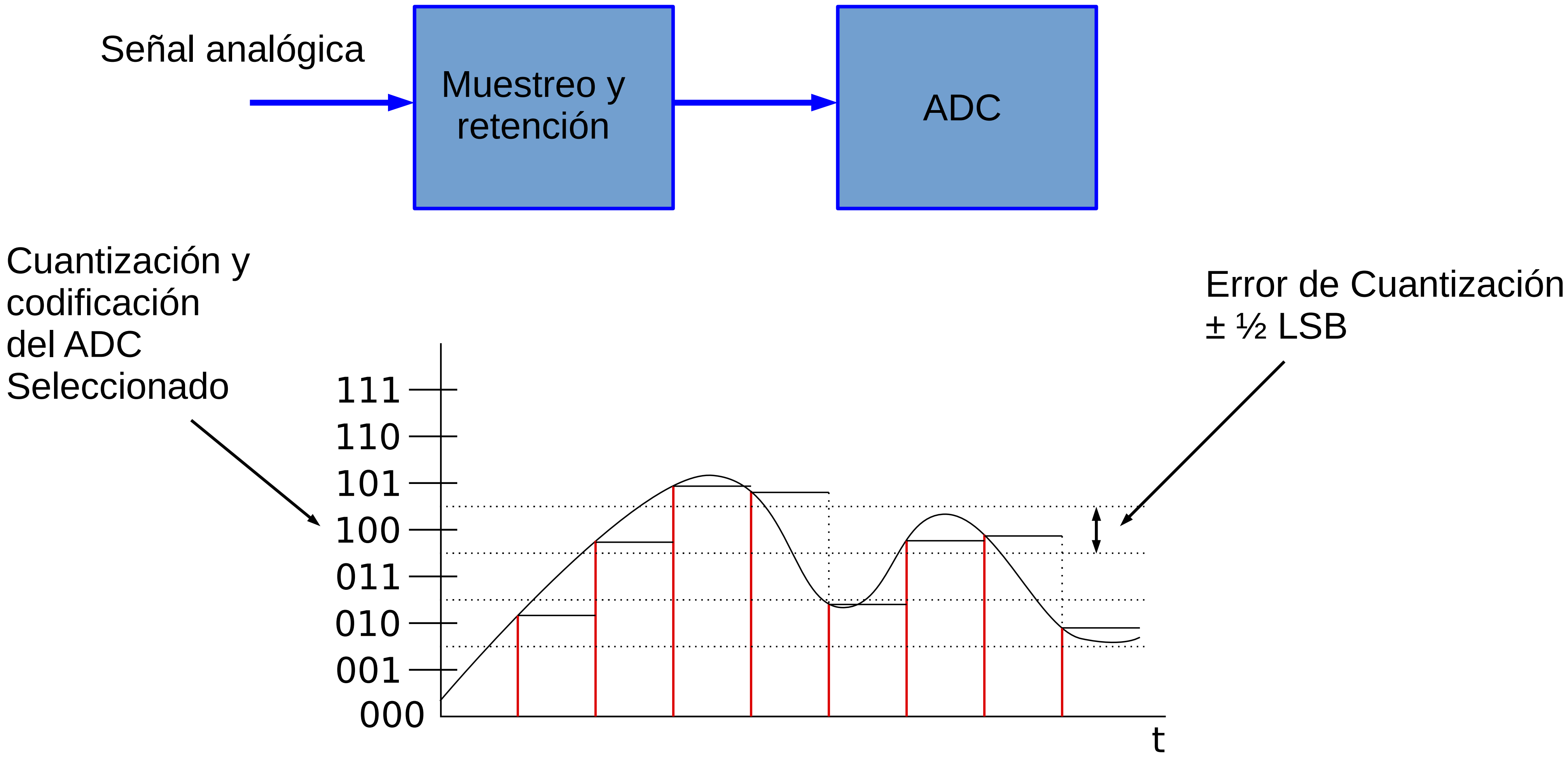
Proceso de Digitalización



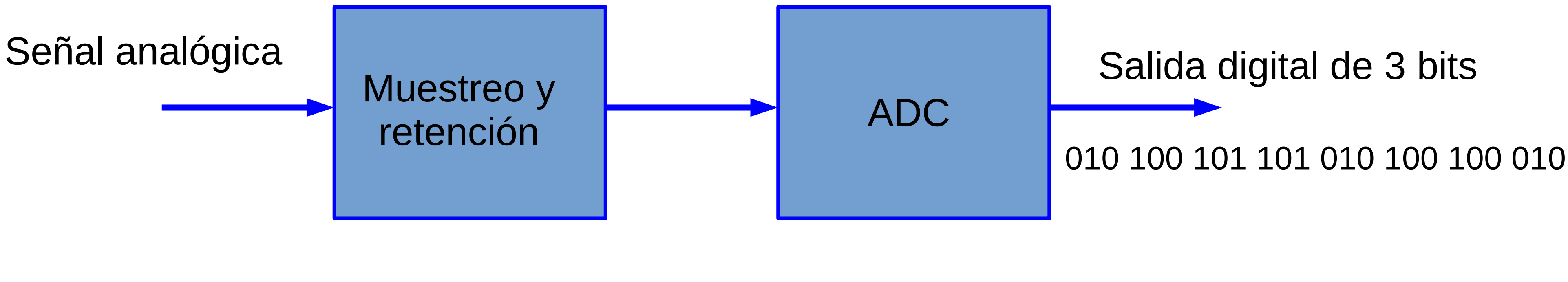
Proceso de Digitalización

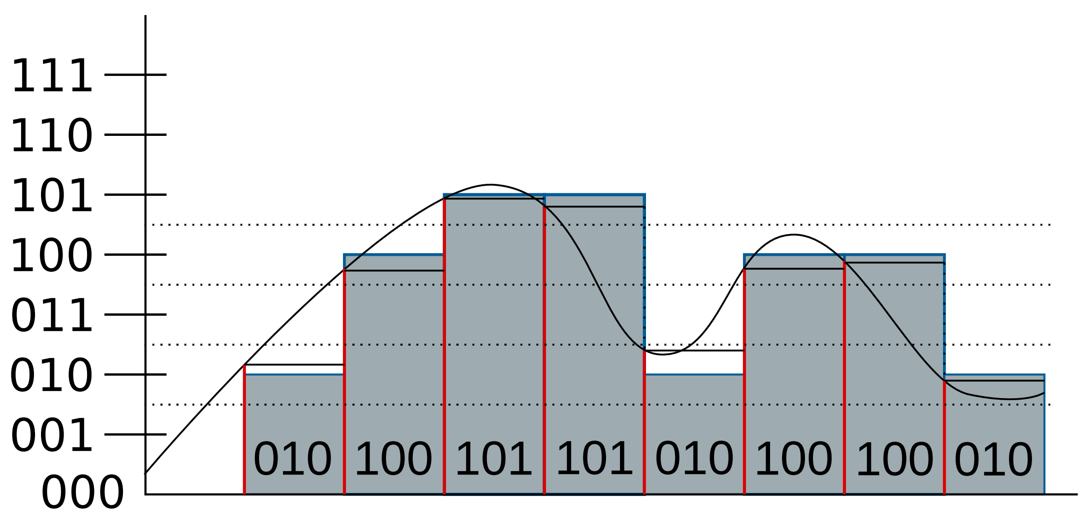


Proceso de Digitalización



Proceso de Digitalización





Muestreo y Retención

- Actualmente la mayoría de los ADC poseen un SH, pero en ADC viejos no es tan común.
- Asumiendo que se esta midiendo una señal AC, la señal debe permanecer constante durante la etapa de conversión.
- Se asume como máximo 1LSB de variación y teniendo una señal cuya amplitud es $q(2^N/2)$ donde $q=1\,LSB$

$$v(t)=q(2^N/2)\,sen(2\pi f\,t)$$

derivamos

$$dv/dt=q\,2\pi f\,(2^N/2)\cos(2\pi f\,t) \qquad dv/dt|_{max}=q\,2\pi f\,(2^N/2)$$

despejamos f y tomamos dv igual a q

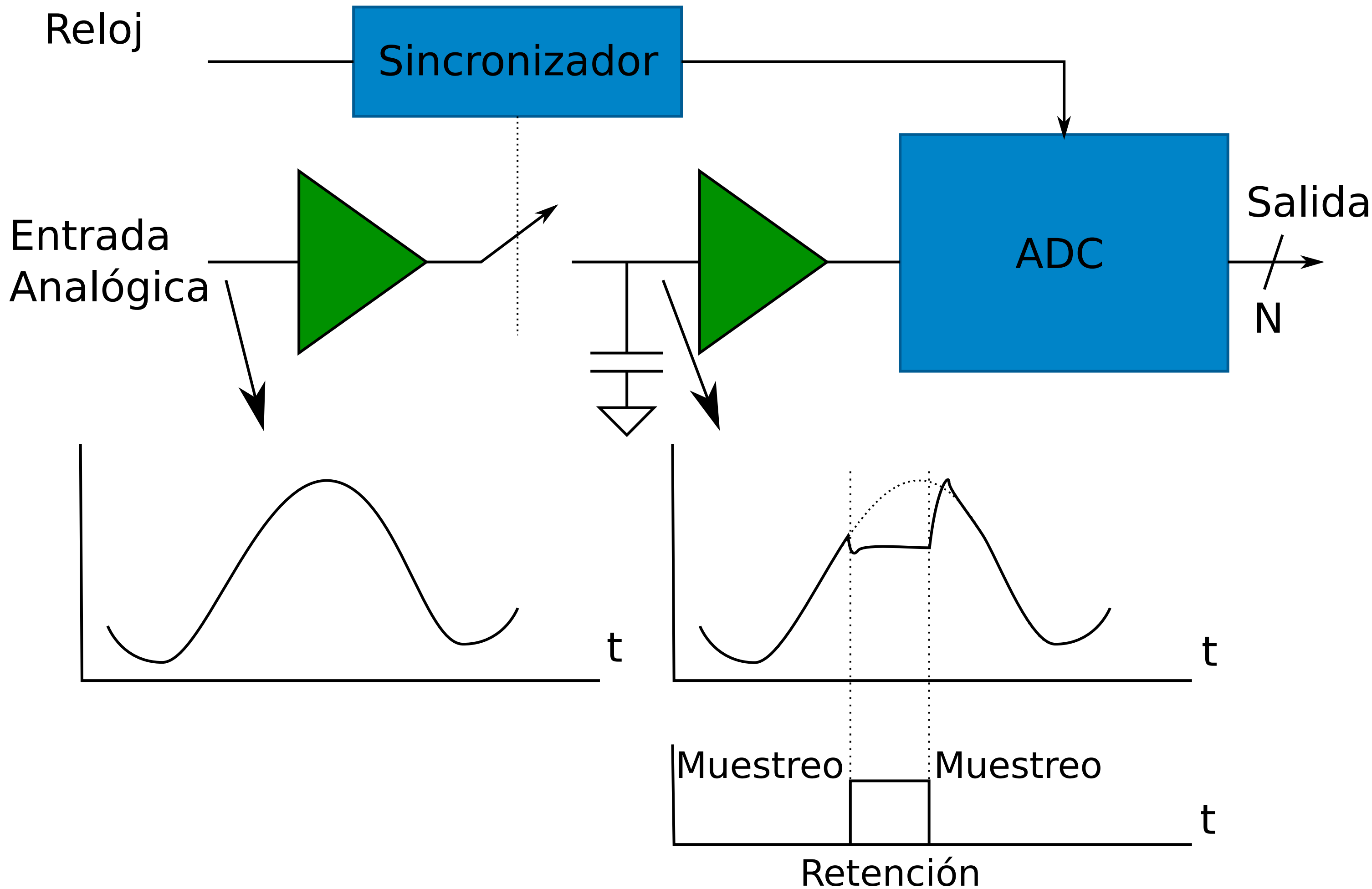
$$f=1/(dt|_{max}\,\pi 2^N)$$

Ejemplo: ADC de 12 bits con un tiempo de conv de 8us

$$f_{max}=9{,}7\,Hz \qquad f_C=1/T_C=1/(8\,uS+2\,uS)=100\,kSPS$$

Muestreo y Retención

.



Codificación

- El método de codificación mas utilizado para representar los datos digitales en ADC o en DAC es el binario directo.

$$Numero_{10} = \underbrace{a_{N-1} 2^{N-1}}_{MSB} + a_{N-2} 2^{N-2} + \ldots + a_1 2^1 + \underbrace{a_0 2^0}_{LSB}$$

$$Ejemplo: 1011_2 = (1\,x\,2^3) + (0\,x\,2^2) + (1\,x\,2^1) + (1\,x\,2^0) = 8 + 0 + 2 + 1 = 11_{10}$$

- Permite tener todos los valores posibles entre 0 a 2^N-1
- Otra codificación utilizada es la fraccional (valor entero dividido por 2^N).

$$Numero_{10} = \underbrace{a_{N-1} 2^{-1}}_{MSB} + a_{N-2} 2^{-2} + \ldots + a_1 2^{-(N-1)} + \underbrace{a_0 2^{-N}}_{LSB}$$

$$Ejemplo: 0{,}1011_2 = (1\,x\,2^{-1}) + (0\,x\,2^{-2}) + (1\,x\,2^{-3}) + (1\,x\,2^{-4}) = 0{,}5 + 0 + 0{,}125 + 0{,}0625 = 0{,}6875_{10}$$

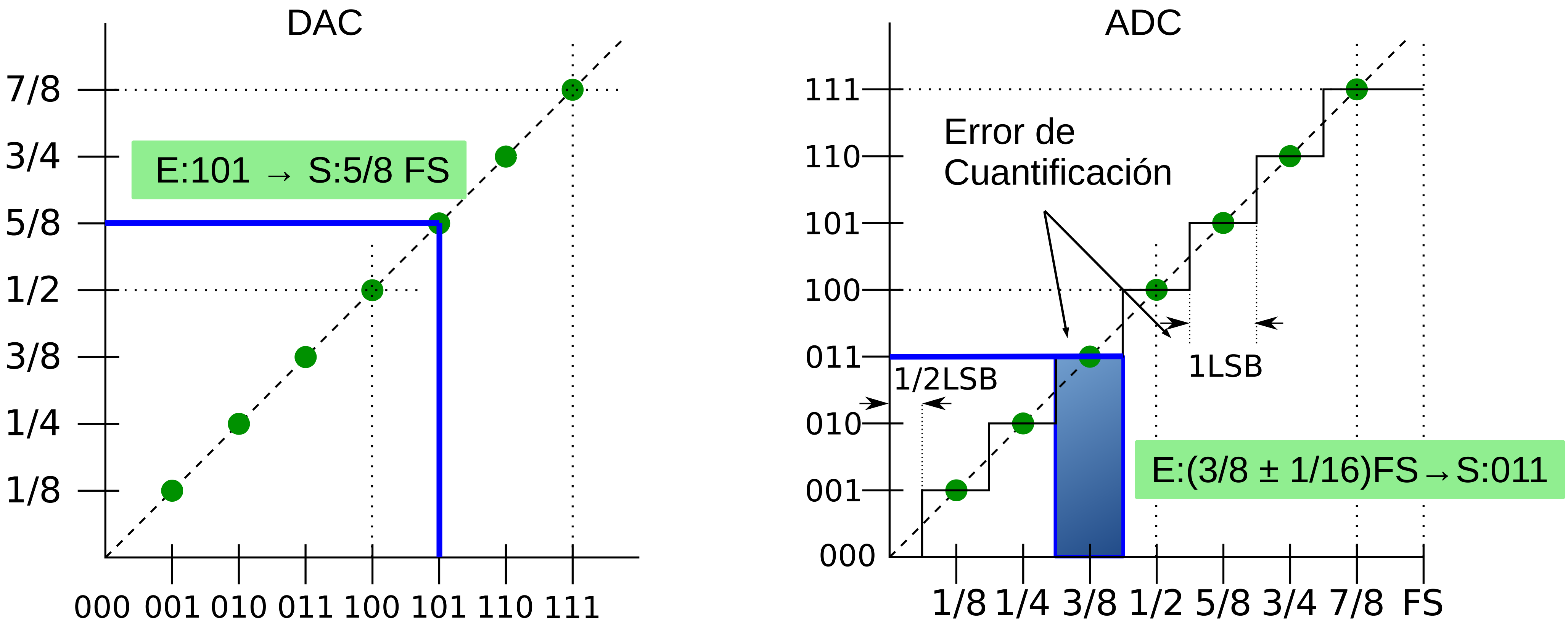
ADC/DAC Unipolar

- La entrada de un ADC o la salida del DAC es siempre positiva
- Para un convertidor de 4 bits, se tendrá 16 niveles posibles. desde 0000 a 1111
- Se observa que el valor representado será 0 a FS – LSB, es decir, no será la escala completa.
- Esto es una convención adoptada generalmente tanto para DAC como ADC

##	Escala	+10FS	Bin
15	**+15/16 FS (+FS - 1 LSB)**	**9,375**	**1111**
14	+14/16 FS	8,750	1110
13	+13/16 FS	8,125	1101
...	...	...	...
2	+2/16 FS	1,250	0010
1	+1/16 FS (1 LSB)	0,625	0001
0	**0**	**0,000**	**0000**

ADC/DAC Unipolar

- Funciones de transferencias para un DAC y un ADC de 3 bits



ADC/DAC Bipolar

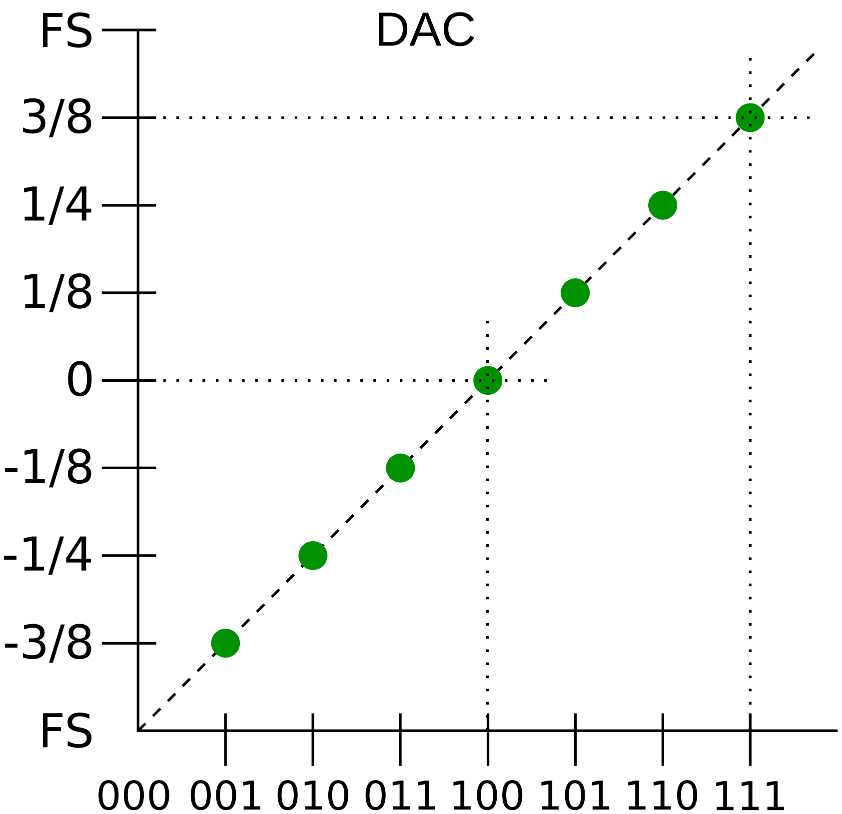
- Cuando es necesario representar vaores positivos y negativos, son varias las opciones.
- Las representaciones en offset binario, complemento a dos son las mas populares
- Las representaciones en complemento a uno y magnitud y signo tienen el problema de poseer dos 0 lo que dificulta las operaciones aritméticas

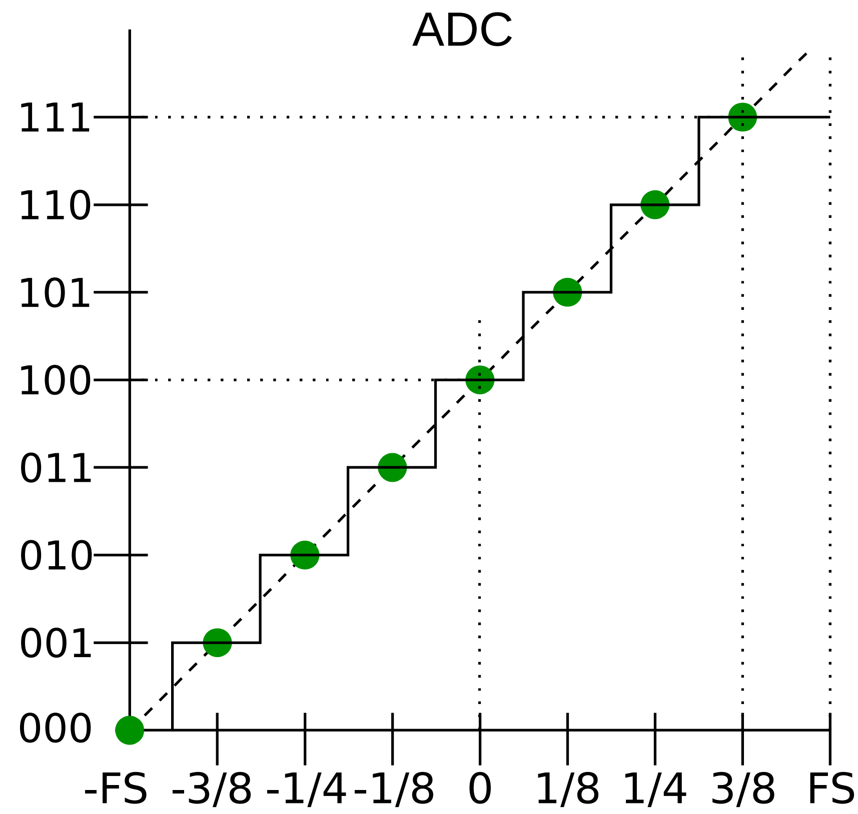
##	Escala	+10FS	OBin	C^2	C^1	S+M
+7	+7/8 (+FS-1LSB)	**4,375**	**1111**	**0111**	**0111**	**0111**
+6	+3/4 FS	3.750	1110	0110	0110	0110
+5	+5/8 FS	4,375	1101	0101	0101	0101
...	...	...	...			
0	0	0,000	1000	0000	*0000	*1000
...	...					
-5	+5/8 FS	-3,125	0011	1011	1010	1101
-6	+3/4 FS	-3,750	0010	1010	1001	1110
-7	-7/8 (-FS+ 1LSB)	-4,375	0001	1001	1000	1111
-8	**-FS**	**5,000**	**0000**	**1000**		

Normalmente no utilizado

ADC/DAC Bipolar

- Funciones de transferencias para un DAC y un ADC de 3 bits





Teorema de Muestreo

- El teorema de muestreo o
  - Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon.
  - Teorema de muestreo de Whittaker-Nyquist-Kotelnikov-Shannon.
  - Teorema de Nyquist.
- Teorema fundamental de la teoría de la información.
- Conjeturado por Harry Nyquist de Bell Telephone Laboratories en 1924 y 1928.
- Demostrado por Claude E. Shannon en 1949.

Teorema de Muestreo

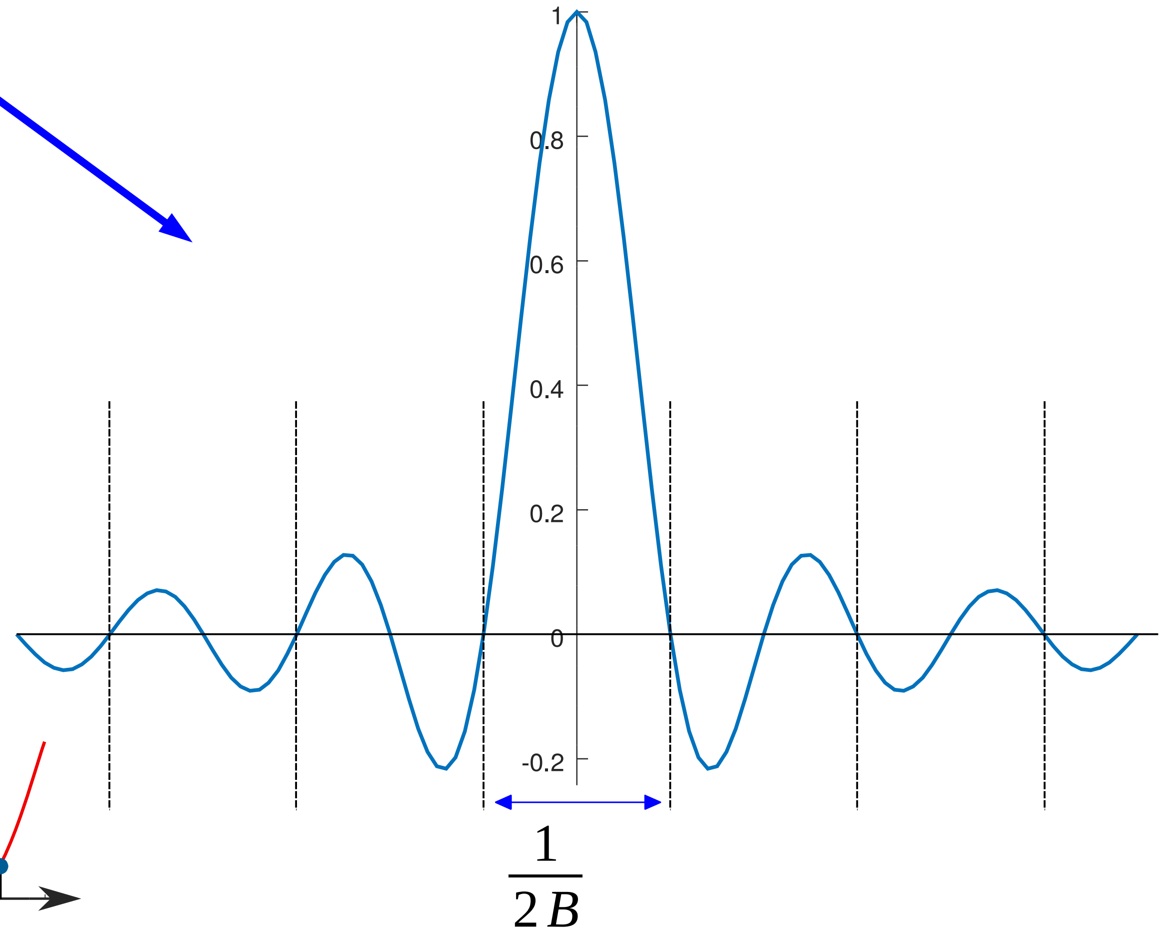
- Demuestra que una señal periódica continua en banda base, puede ser reconstruida sin perdida de información a partir de sus muestras.
- Esto es posible si:
  - La señal está limitada en banda.
  - El muestreo se realiza a una tasa superior al doble del ancho de banda.
- La Señal entonces, queda perfectamente representada por las muestras que de ella fueron tomadas.

$$x(t)=\frac{1}{\pi}\sum_{i=-\infty}^{\infty} x\left(\frac{n}{2B}\right)\frac{\sin(\pi(2Bt-n))}{\pi(2Bt-n)}$$

Teorema de Muestreo

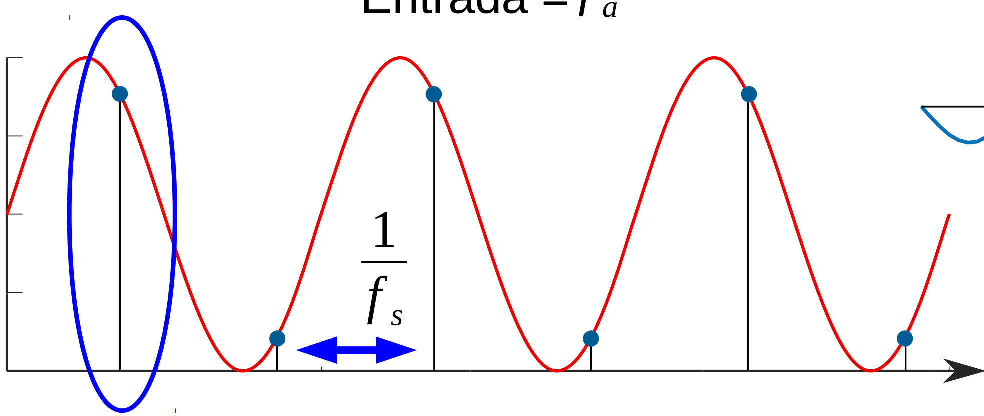
$$x(t)=\frac{1}{\pi}\sum_{i=-\infty}^{\infty} x\left(\frac{n}{2B}\right)\frac{\sin(\pi(2Bt-n))}{\pi(2Bt-n)}$$

Función de Interpolación *sinc*



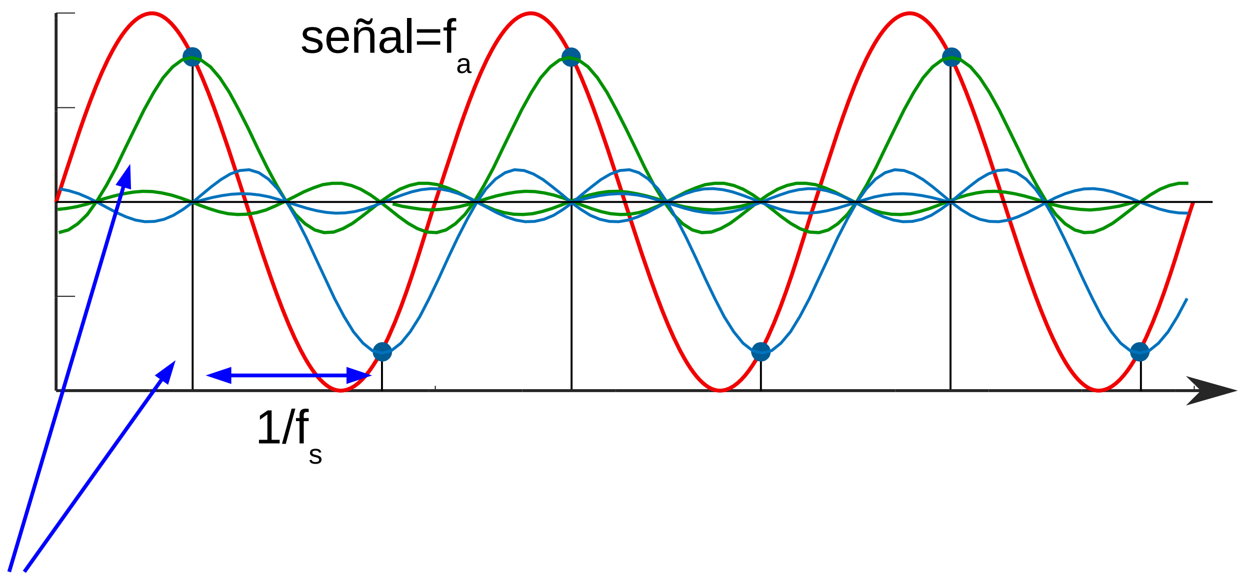
$$f_s>2f_a=2B$$

Entrada $= f_a$



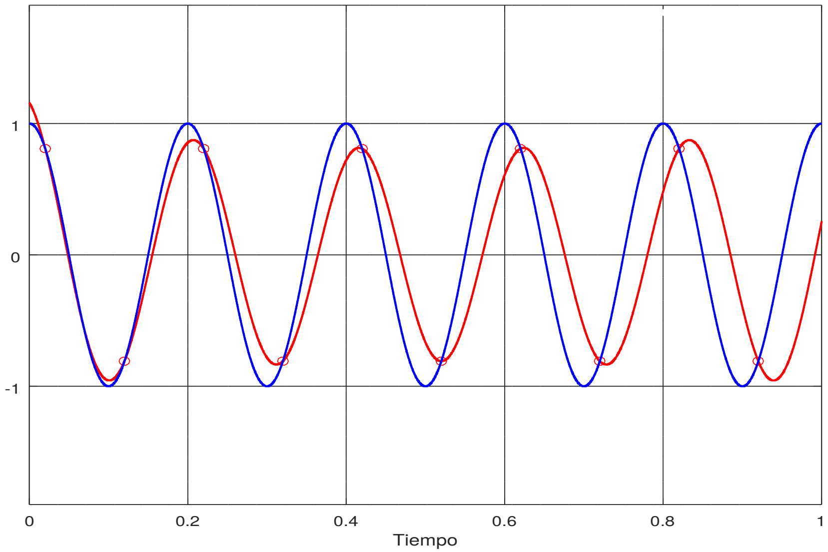
Teorema de Muestreo

Reconstrucción de una señal a frecuencia critica ($f_s = 2f_a$)

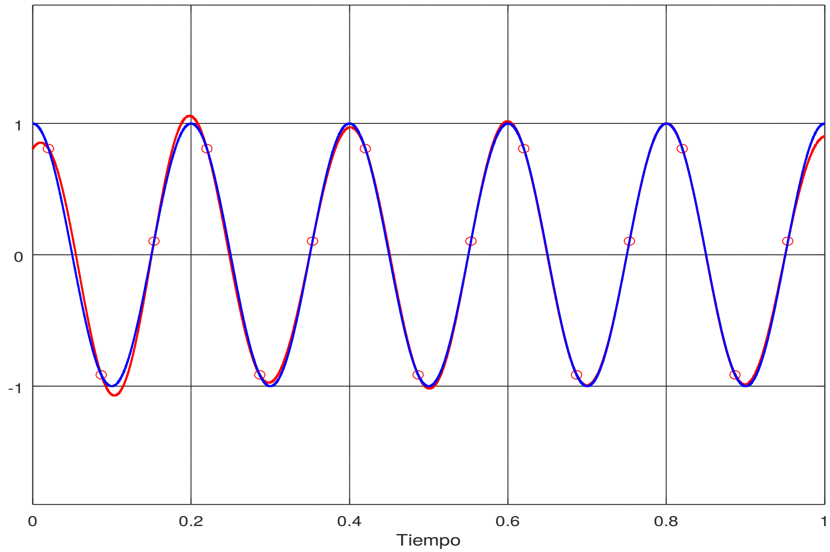


Toma de muestra y su señal
de interpolación (sinc) asociada

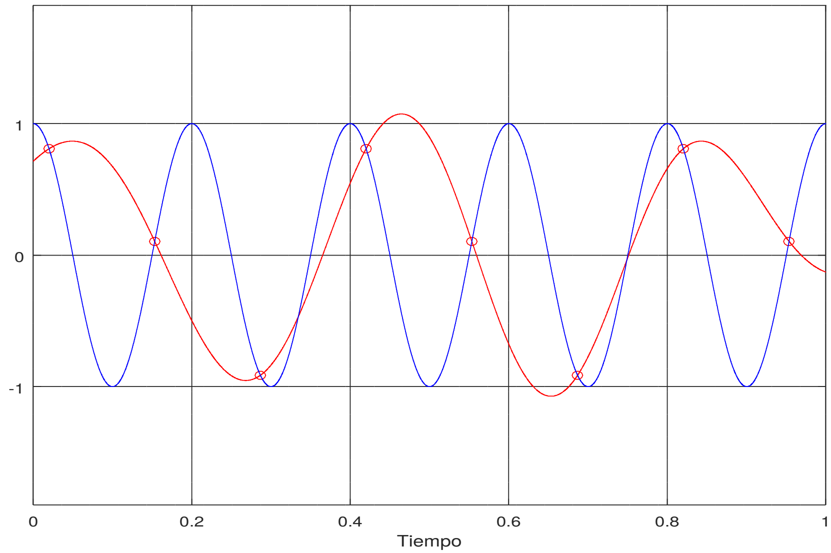
Teorema de Muestreo



Frecuencia fs=2fa (critica)

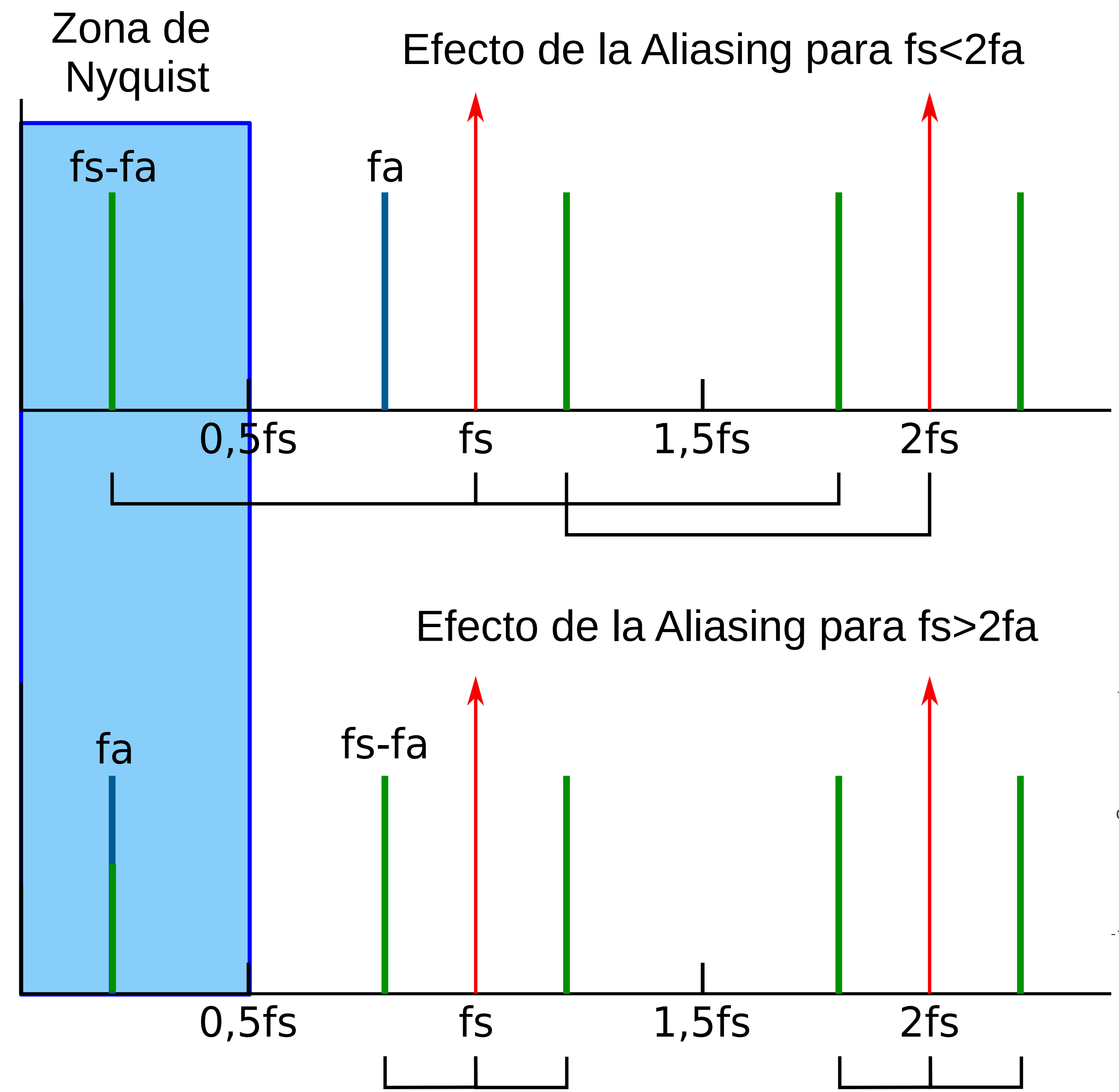


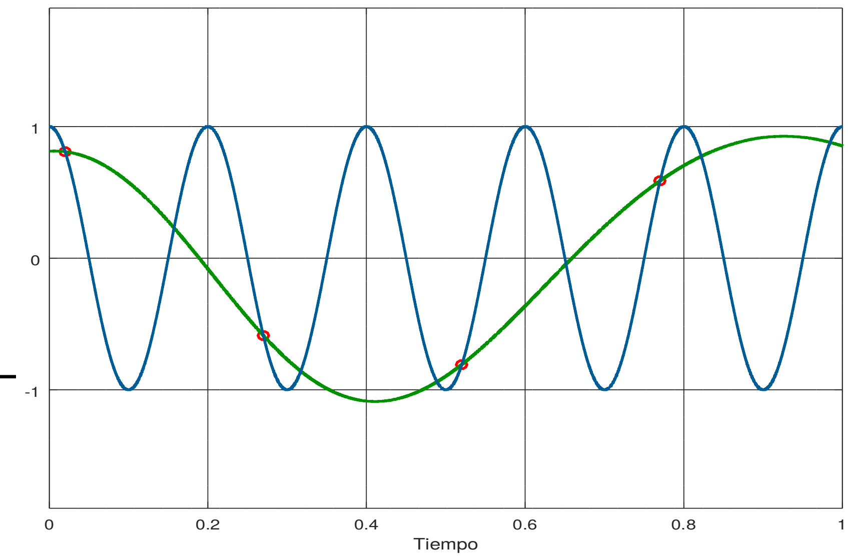
Frecuencia fs=3fa

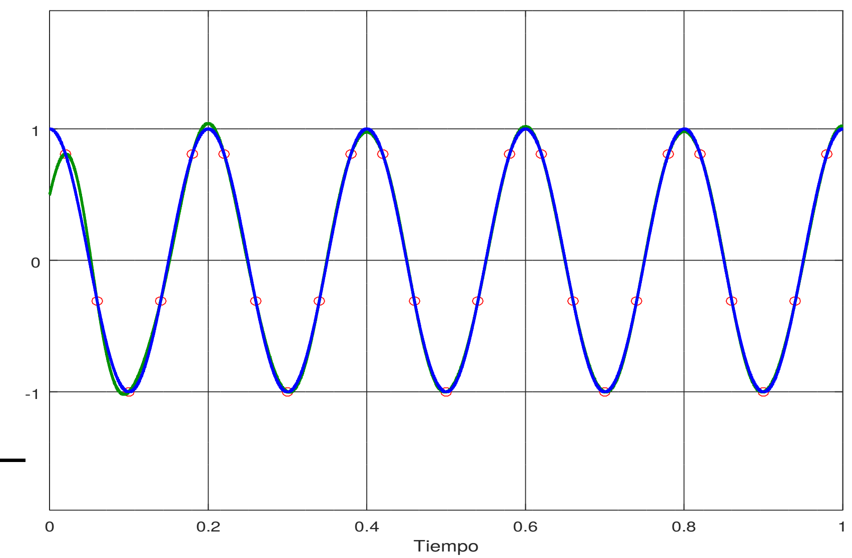


Frecuencia fs=1,5fa

Filtro de Aliasing



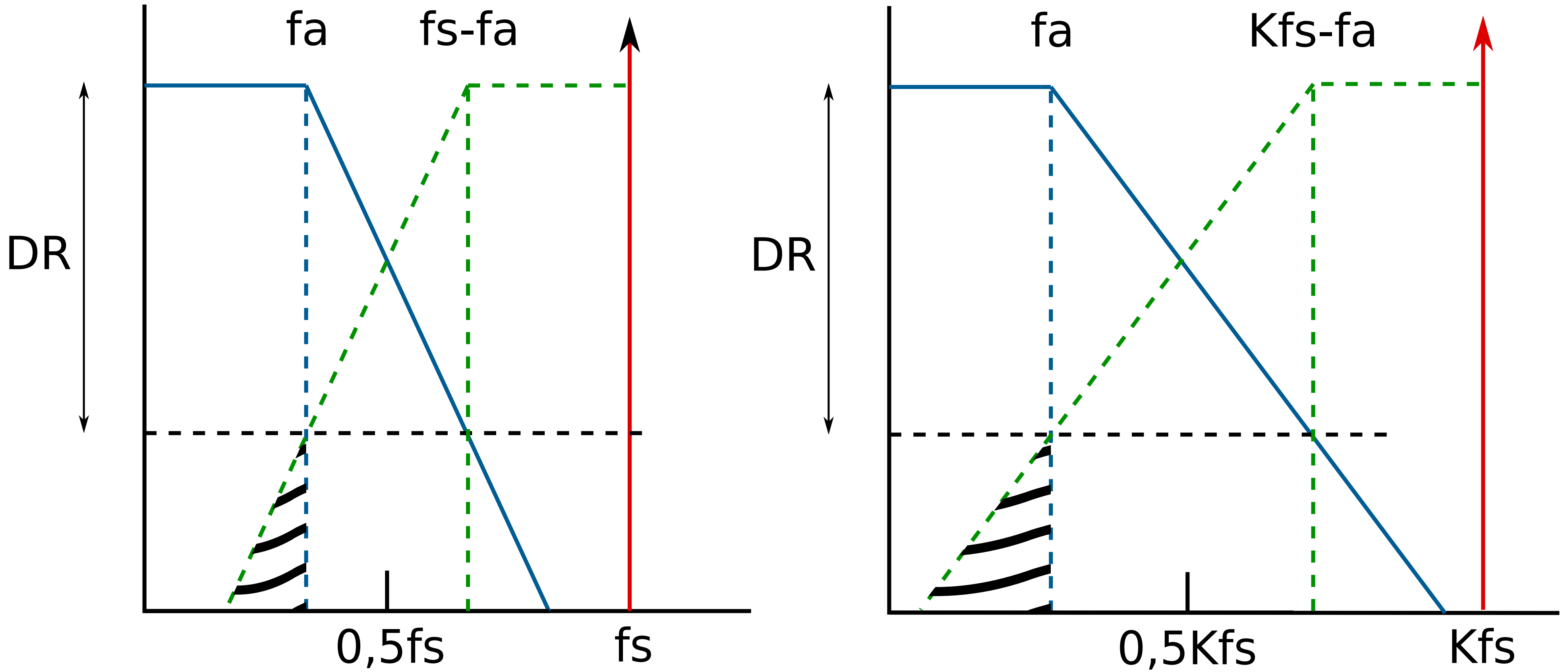




Filtro de Aliasing

- El filtro de anti aliasing se coloca antes de realizar el muestreo.
- Elimina los componentes de la señal con frecuencia superior a 0,5 fs
- O lo que es lo mismo, solo pasan aquellas que se encuentren dentro del Ancho de Nyquist.
- Cualquier señal o ruido fuera del Ancho de Nyquist y que logre pasar el filtro se redireccionará a la primera zona de Nyquist generando Aliasing o solapamiento.

Filtro de anti Aliasing



- A mayor frecuencia de muestreo, mayor costo del conversor y menor complejidad del filtro
- DR indica Stopband Attenuation o la atenuación mínima deseada en la banda de paso.

Filtro de anti Aliasing

Consideraciones de Diseño

- En general el proceso de diseño de un filtro antialiasing comienza con una tasa de muestreo 2,5 a 4 fa
- Si es complejo su diseño se sube la tasa de muestreo.
- Un factor que baja los requerimientos del filtro, son la poca amplitud en señales con frecuencias del rango fs-fa

- Bibliografía

The Data Conversion Handbook 2005, ISBN 0-7506-7841-0. Also published as Analog-Digital Conversion, Analog Devices, Inc. 2004, ISBN 0-916550-27-3

Capítulos 2 y 3 .

¿ Preguntas ?