

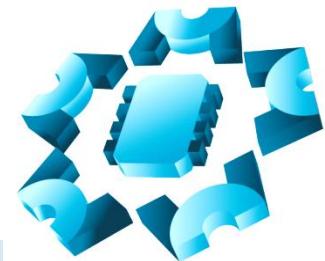


# MECATRONICA D I G I T A L

ING. ROBERTO ISAAC SUASTE MARTINEZ

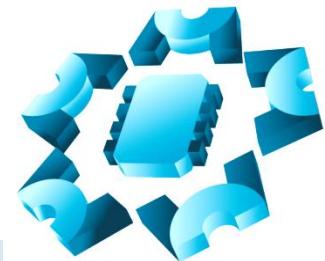
# CONTENIDO

- **El Mundo Analógico**
- **¿Qué es ADC?**
- **Funcionamiento del ADC**
- **Relación Valor ADC con Voltaje**
- **Conexiones**
- **Aplicaciones**



**MECATRONICA  
D I G I T A L**

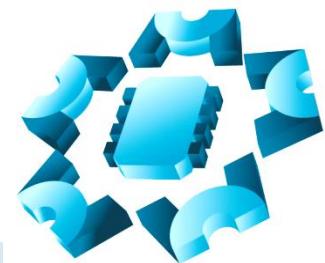
# **El Mundo Analógico**



**MECATRONICA  
DIGITAL**

- ▶ Los microcontroladores son capaces de detectar señales binarias: ¿el botón está presionado o no?
- ▶ *Estas son señales digitales*

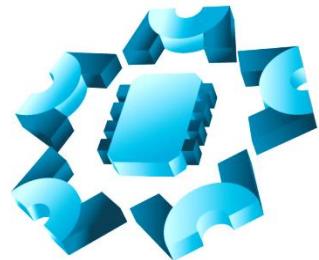
- ▶ Cuando un microcontrolador se alimenta de 5 volts, entiende 0 volts como un “0” binario y los 5V como un “1” binario.
- ▶ Sin embargo, el mundo no es tan simple y le gusta utilizar tonos gris.



MECATRONICA  
D I G I T A L

# **¿Qué pasa si la señal es 2.72 V?**

# **¿Eso es un cero o un uno?**

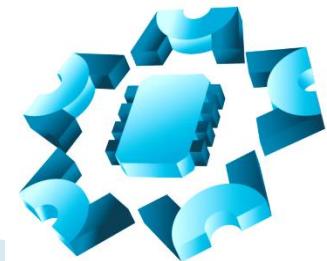


**MECATRONICA  
D I G I T A L**

**2.72 v ??**

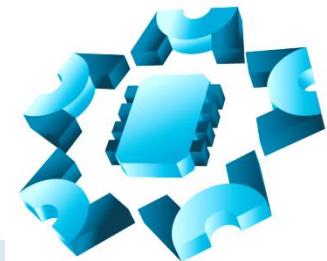
0 v  
0

5 v  
1

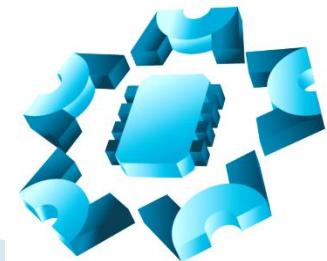
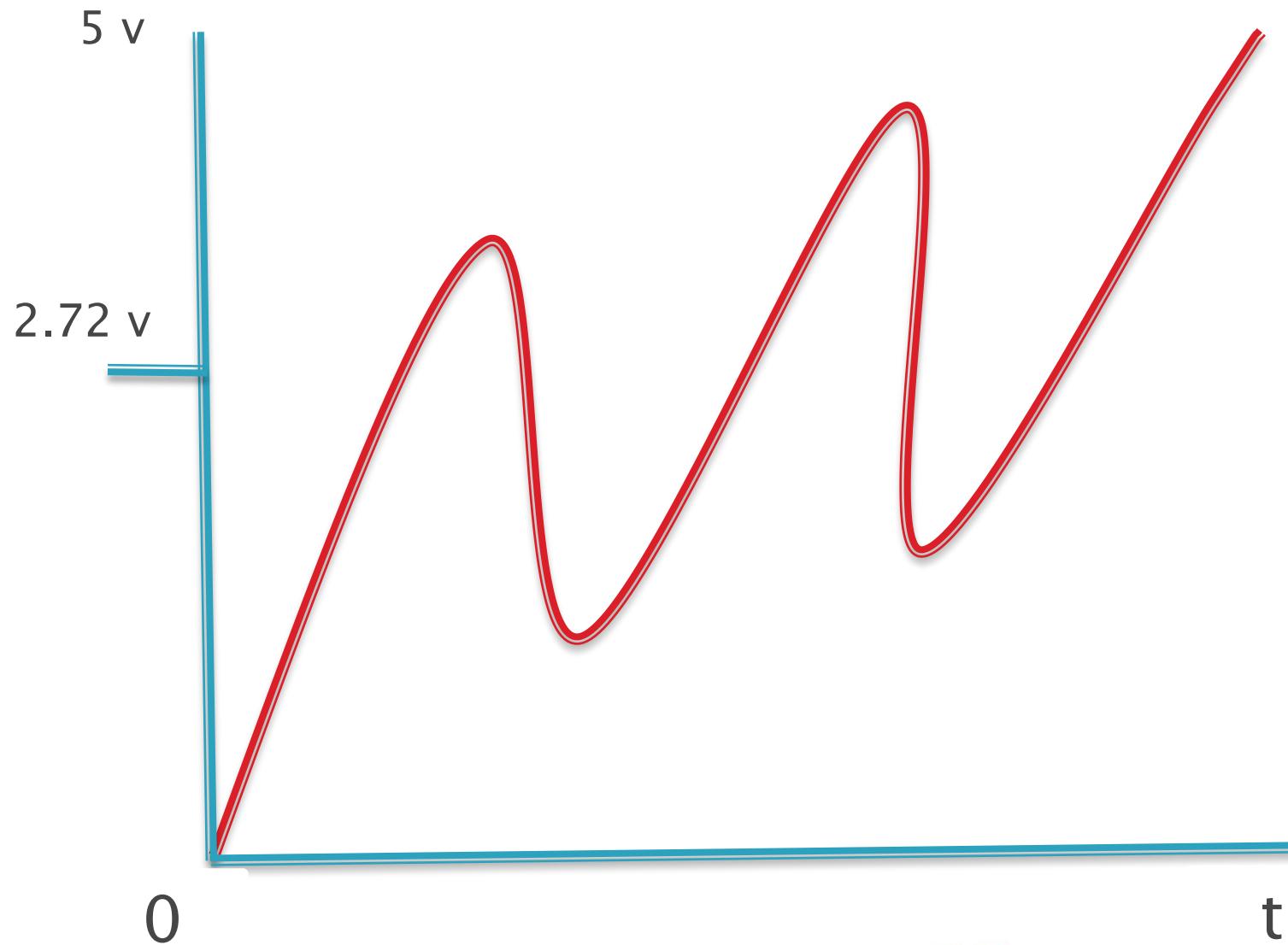


**MECATRONICA  
DIGITAL**

Con frecuencia es necesario medir señales que varían, las cuales son llamadas ***Señales Analógicas.***

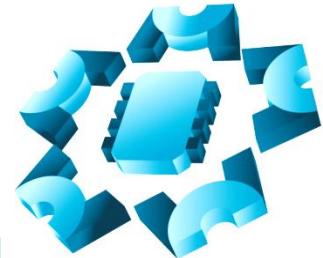


MECATRONICA  
D I G I T A L



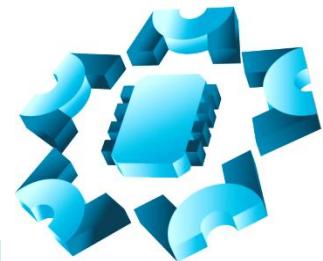
**MECATRONICA  
DIGITAL**

**Un sensor analógico de 5V puede emitir una salida de 0.01 V o 4.99 V o algún valor dentro de este rango.**



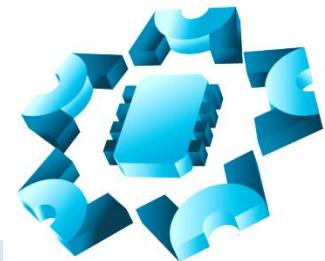
**MECATRONICA  
D I G I T A L**

Por suerte, casi todos los microcontroladores tienen un dispositivo integrado que nos permite convertir estos valores de voltaje en valores que podemos usar en un programa para tomar una decisión.



MECATRONICA  
D I G I T A L

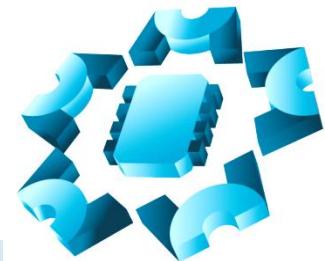
# ¿Qué es ADC?



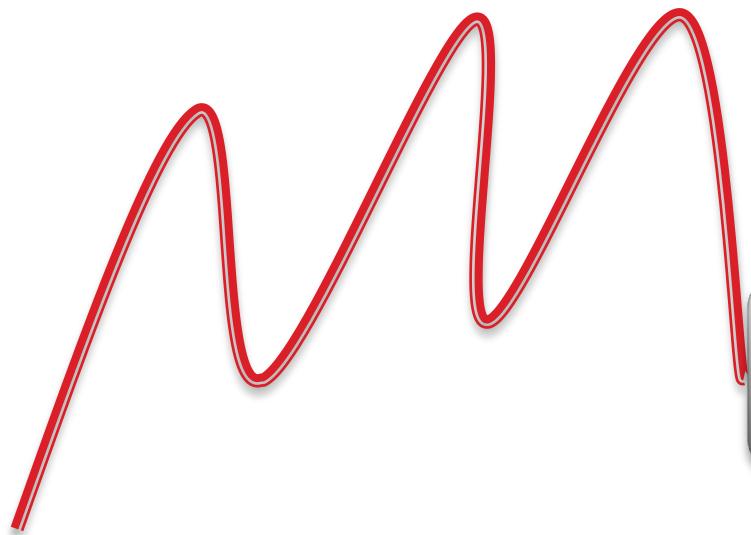
MECATRONICA  
D I G I T A L

Un Convertidor Analógico Digital (ADC), es una modulo muy útil que convierte un voltaje analógico en un pin a un valor digital.

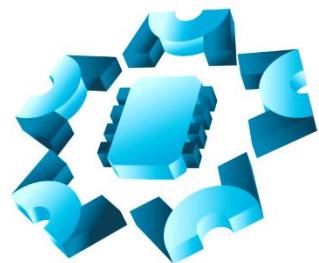
Mediante la conversión del mundo analógico al mundo digital, podemos comenzar a utilizar la electrónica para interactuar con el mundo que nos rodea.



**MECATRONICA  
DIGITAL**

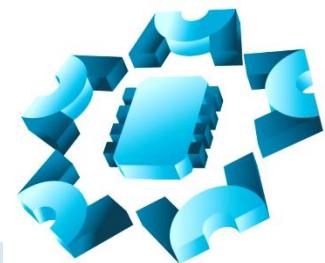


01101011001010101

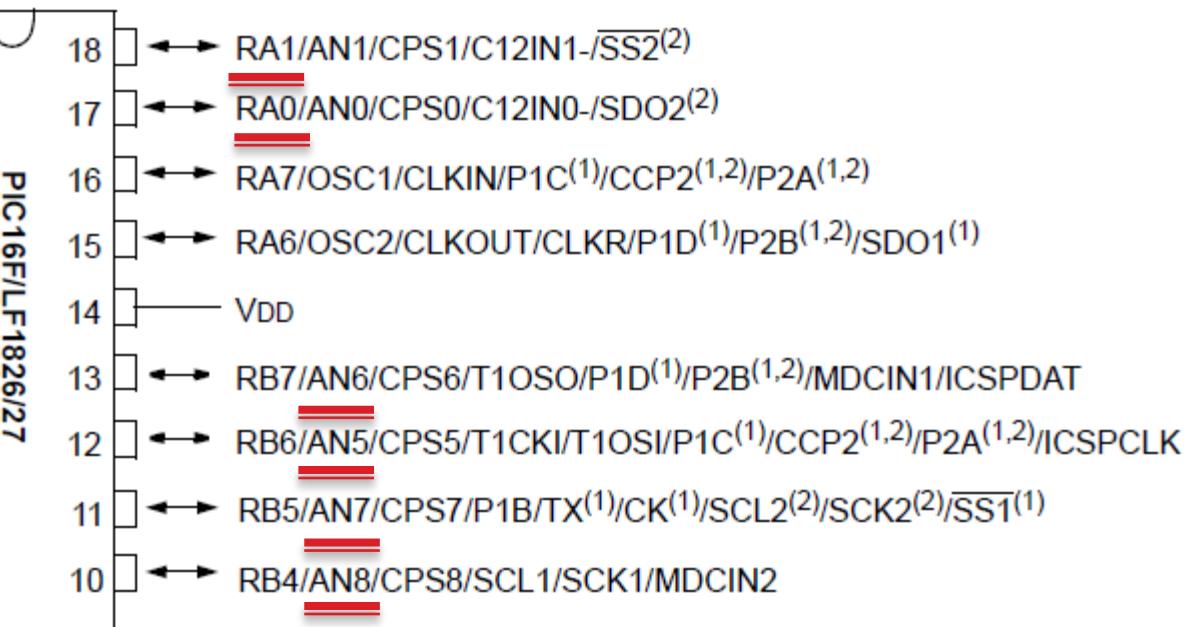
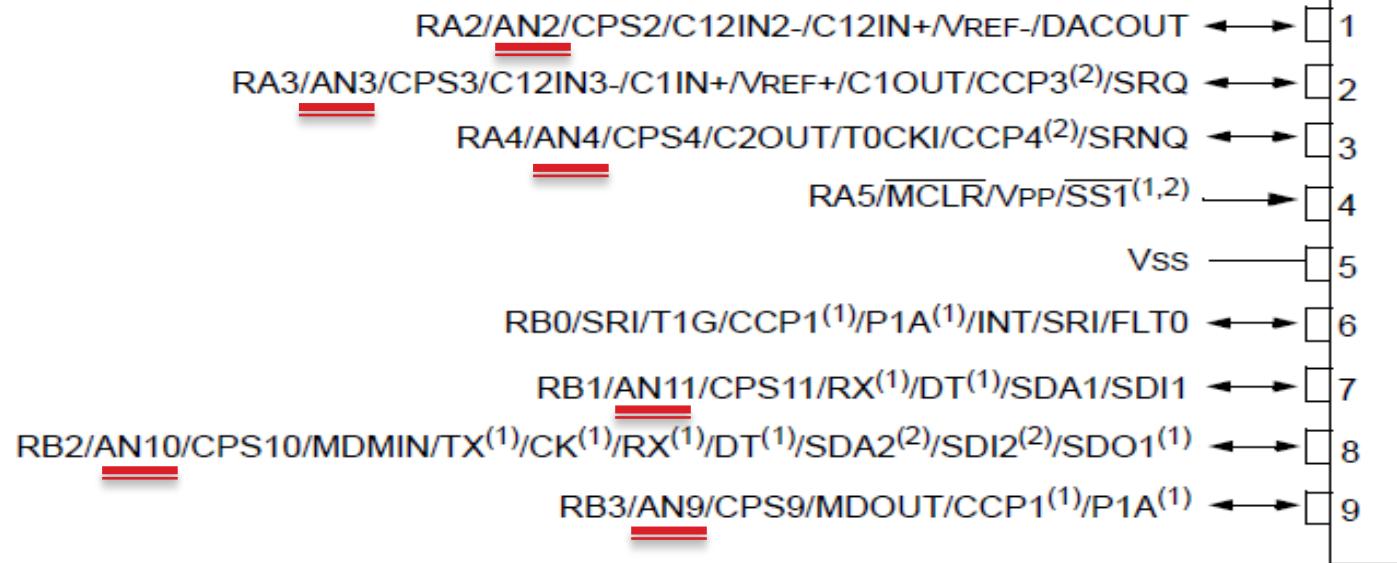


**MECATRONICA  
DIGITAL**

No todos los pines del microcontrolador tienen la capacidad de hacer conversiones analógicas a digitales. En el caso particular de los PIC's de Microchip, dichos pines por lo general están o comienzan en el Puerto A y se referencian por las letras "ANx", siendo "x" el numero de canales analógicos con los que cuente el microcontrolador.



**MECATRONICA  
D I G I T A L**

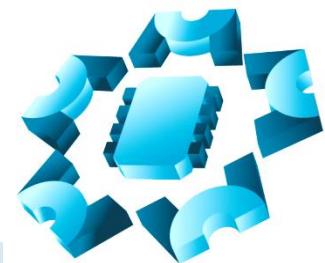


MECATRONICA  
DIGITAL

Los ADC's pueden variar ampliamente dependiendo el microcontrolador.

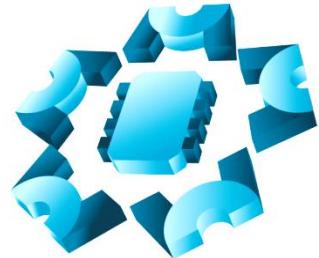
Algunos microcontroladores tienen ADC's de 8 bits ( $2^8 = 256$  niveles discretos) hasta 16 bits ( $2^{16} = 65,535$  niveles discretos).

El PIC16F1827 posee un ADC de 10 bits, lo que significa que tiene la capacidad de detectar 1,024 valores discretos ( $2^{10}$ ).



MECATRONICA  
D I G I T A L

# Funcionamiento del ADC



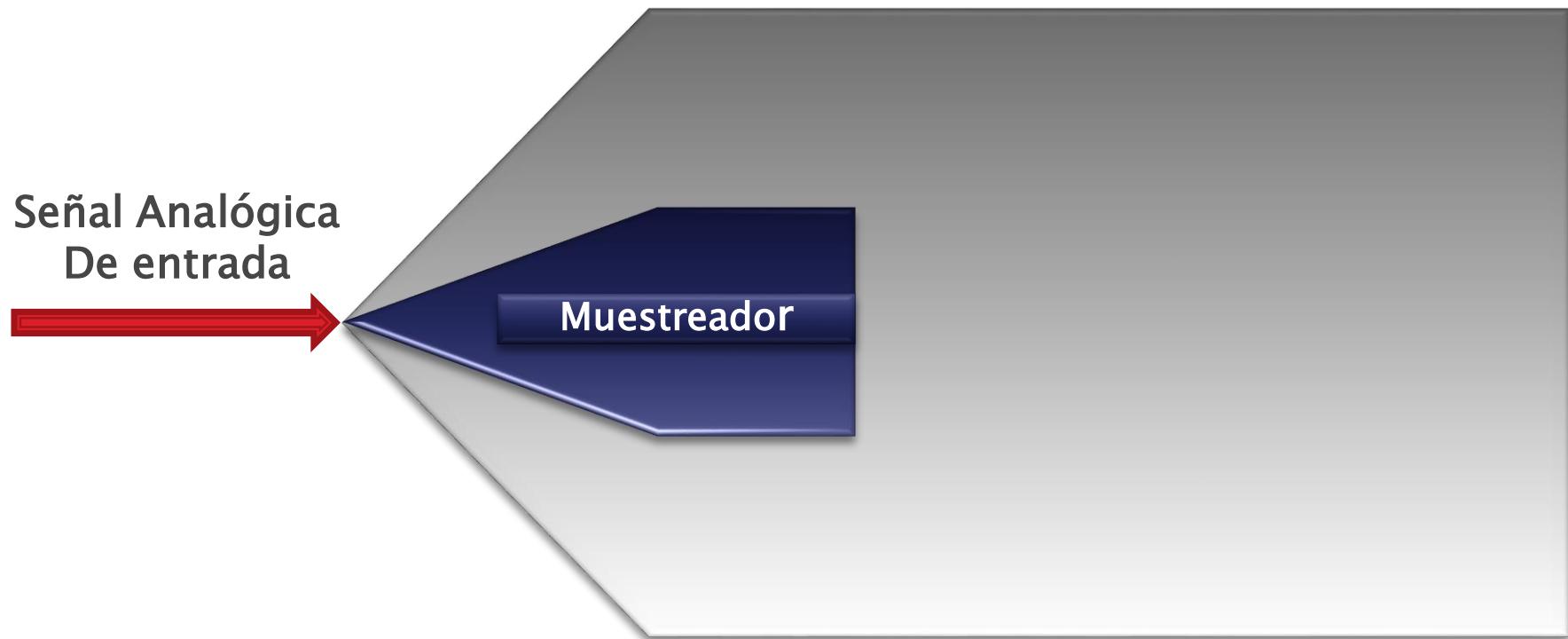
MECATRONICA  
DIGITAL

La forma en que funciona un ADC es bastante compleja. Hay diversas formas de realizar este proceso ([ver Wikipedia](#)).

La técnica que más común es la de utilizar la señal analógica para cargar un capacitor interno y posteriormente medir el tiempo que tarda en descargarse a través de una resistencia interna y por medio de aproximaciones sucesivas.

El microcontrolador supervisa el numero de ciclos de reloj que pasan antes de que se descargue el capacitor. Y estos números de ciclos es el valor que es arrojado, una vez que el ADC se completa.

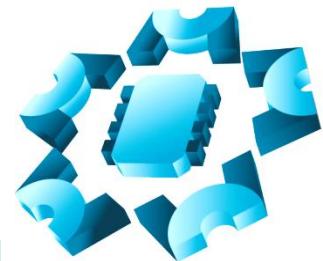
# Módulo ADC



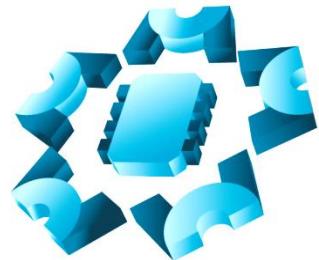
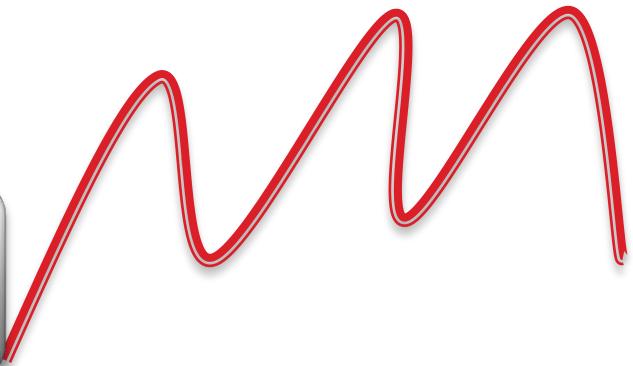
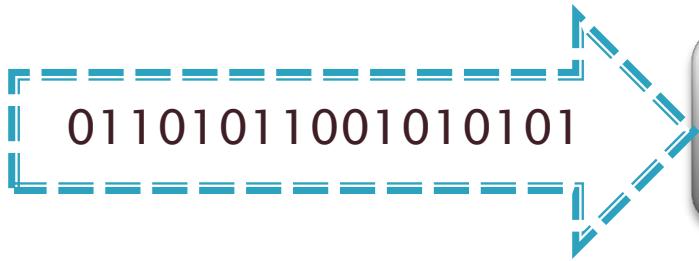
# Voltaje de Referencia.

- Voltaje Externo – Vdd y Vss
  - 5V o 3.3 V
- Voltaje Interno – DAC

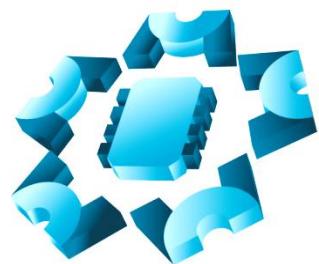
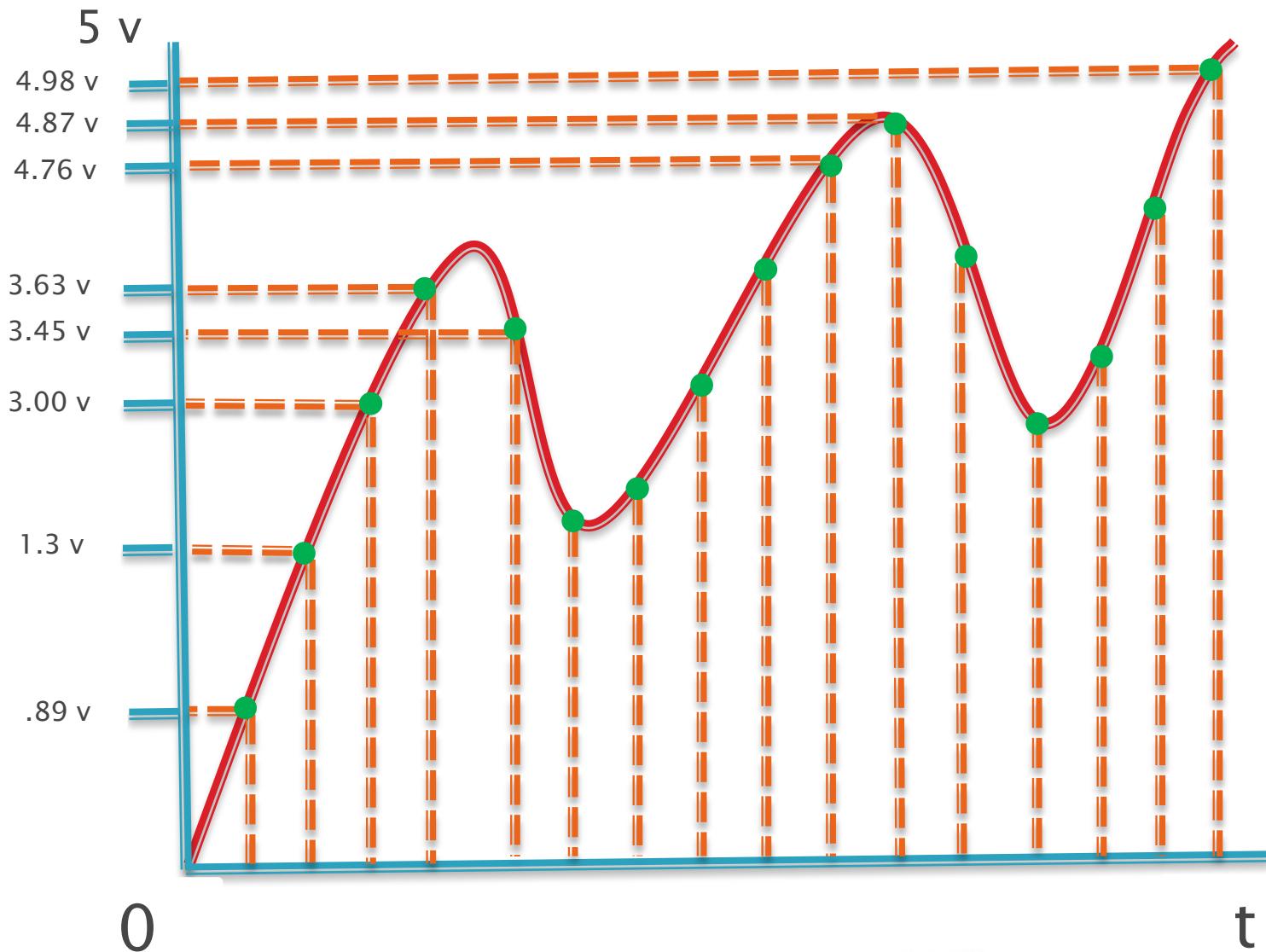
5V - 1023 Bits



MECATRONICA  
D I G I T A L



**MECATRONICA  
DIGITAL**



**MECATRONICA  
DIGITAL**

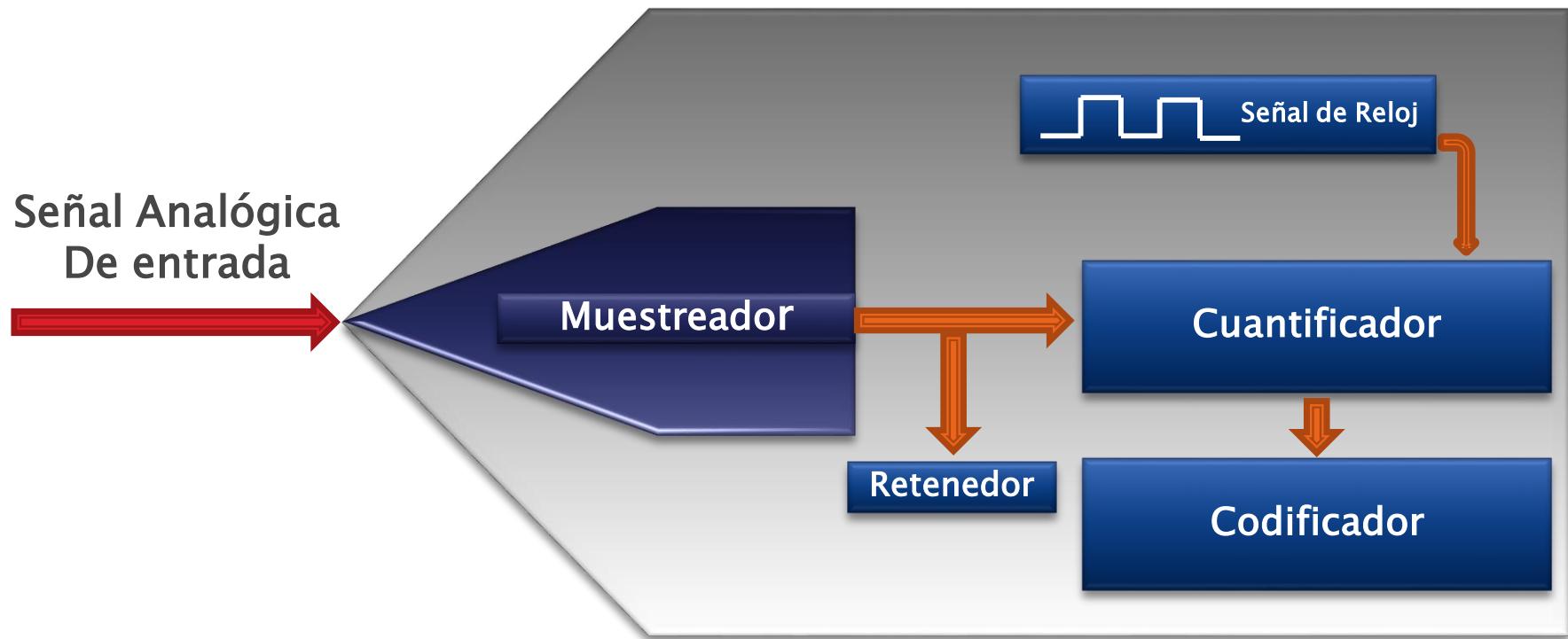
$$V_{ref} = 5V = \frac{5\text{ V}}{1024 (2^{10})} = 5\text{ mV}$$

$$V_{ref} = 5V = \frac{5\text{ V}}{512(2^9)} = 10\text{ mV}$$

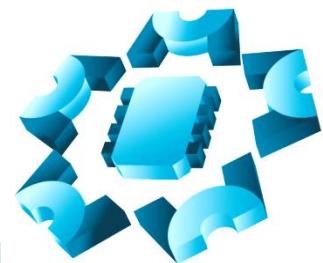
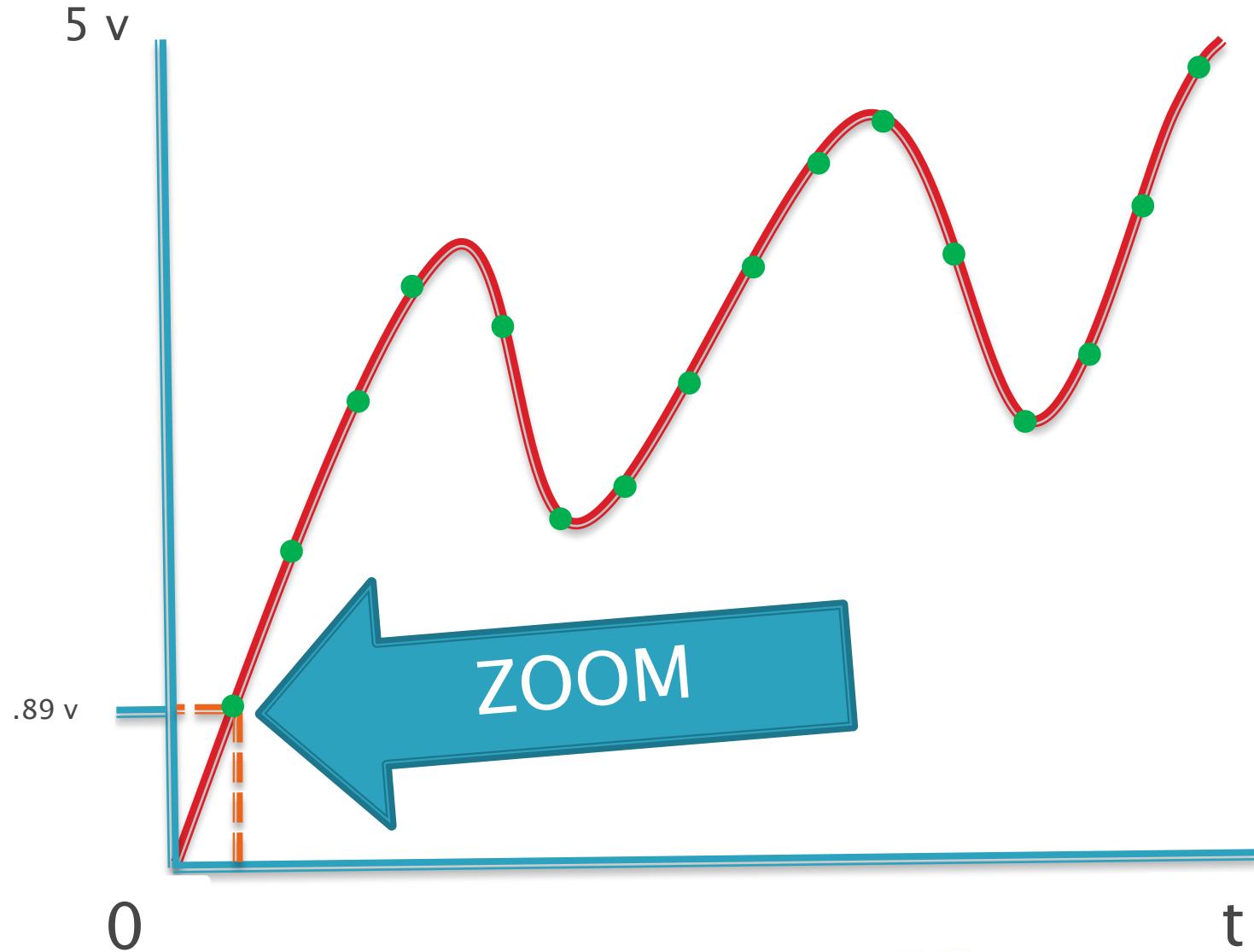
$$V_{ref} = 5V = \frac{5\text{ V}}{256(2^8)} = 20\text{ mV}$$

$$V_{ref} = 5V = \frac{5\text{ V}}{16(2^4)} = 320\text{ mV}$$

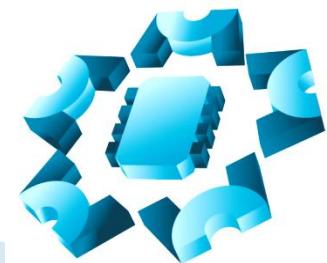
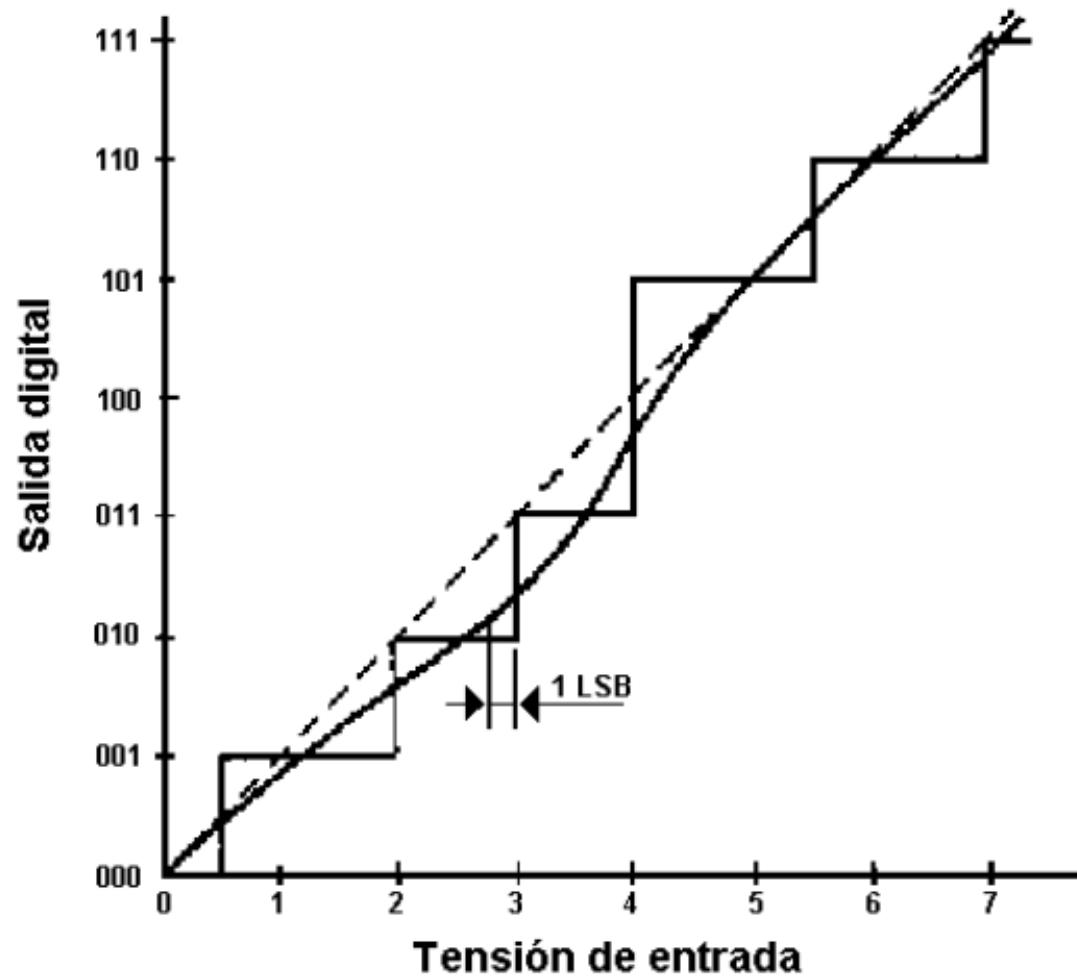
# Módulo ADC



**MECATRONICA  
DIGITAL**

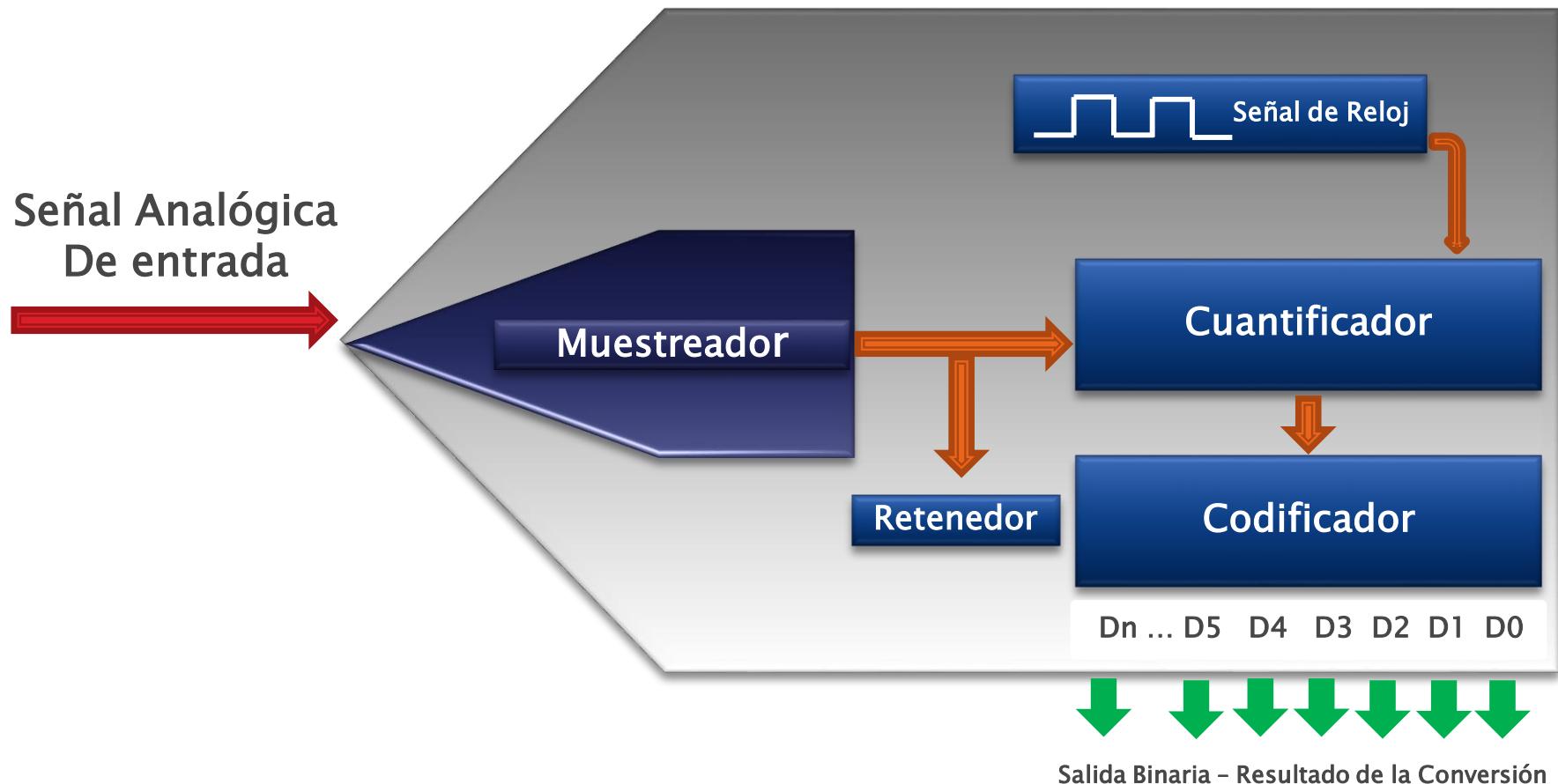


**MECATRONICA  
DIGITAL**

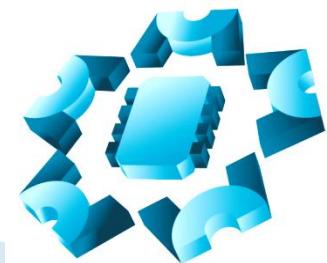
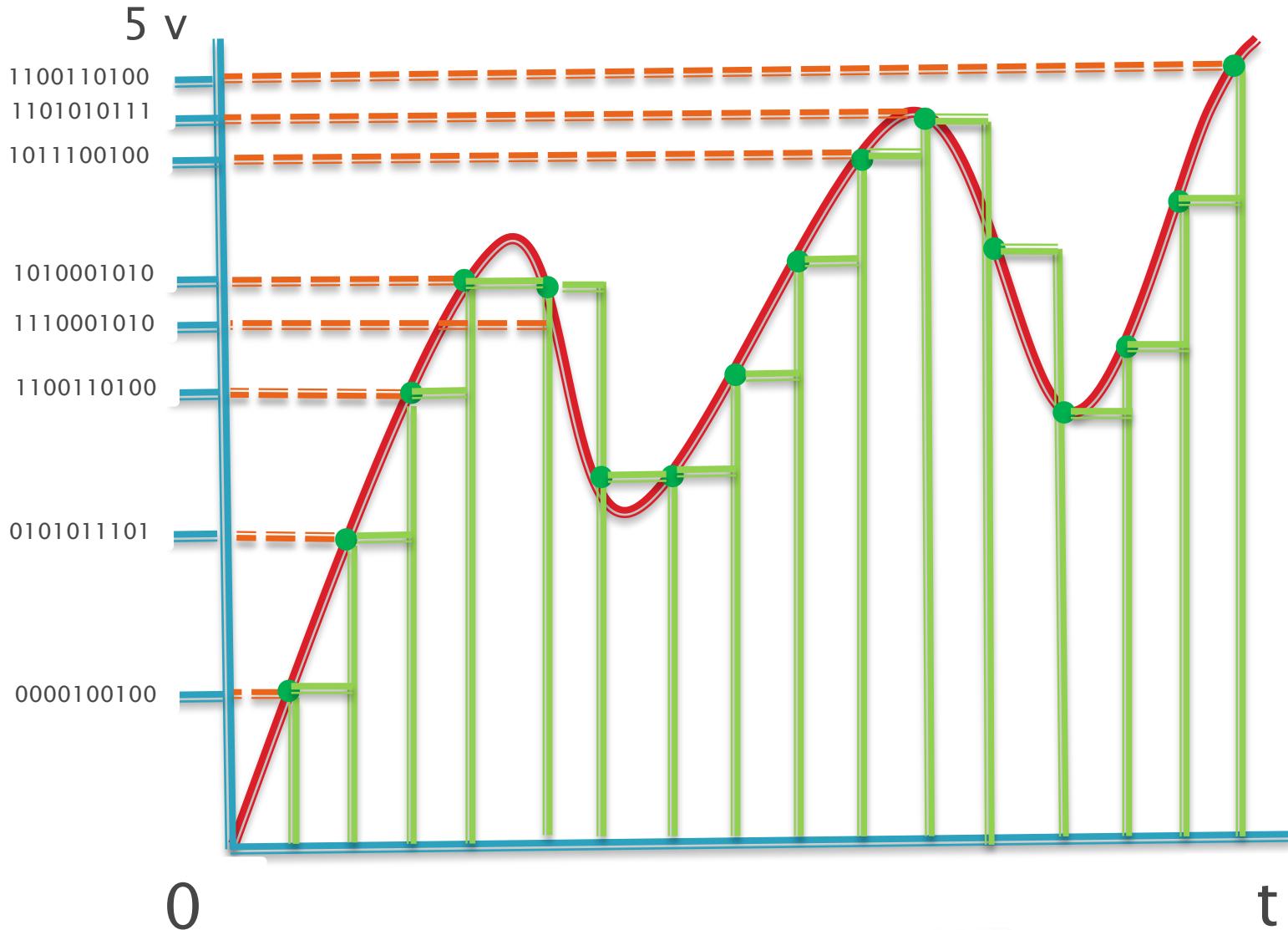


**MECATRONICA  
DIGITAL**

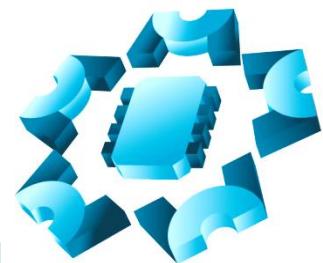
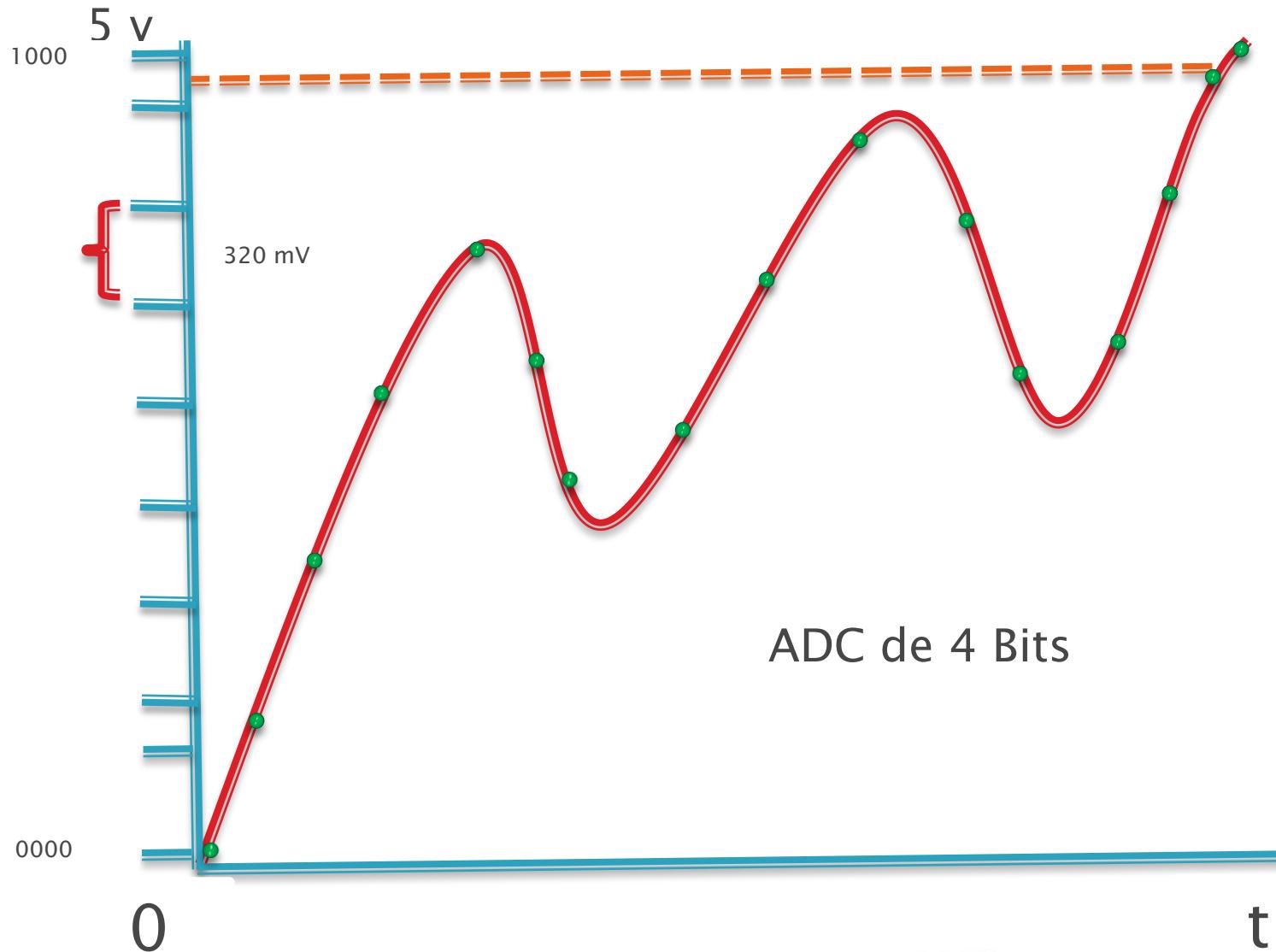
# Módulo ADC



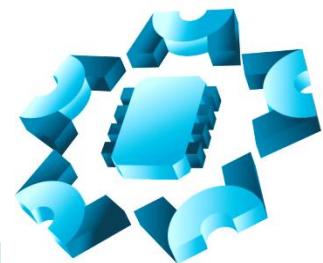
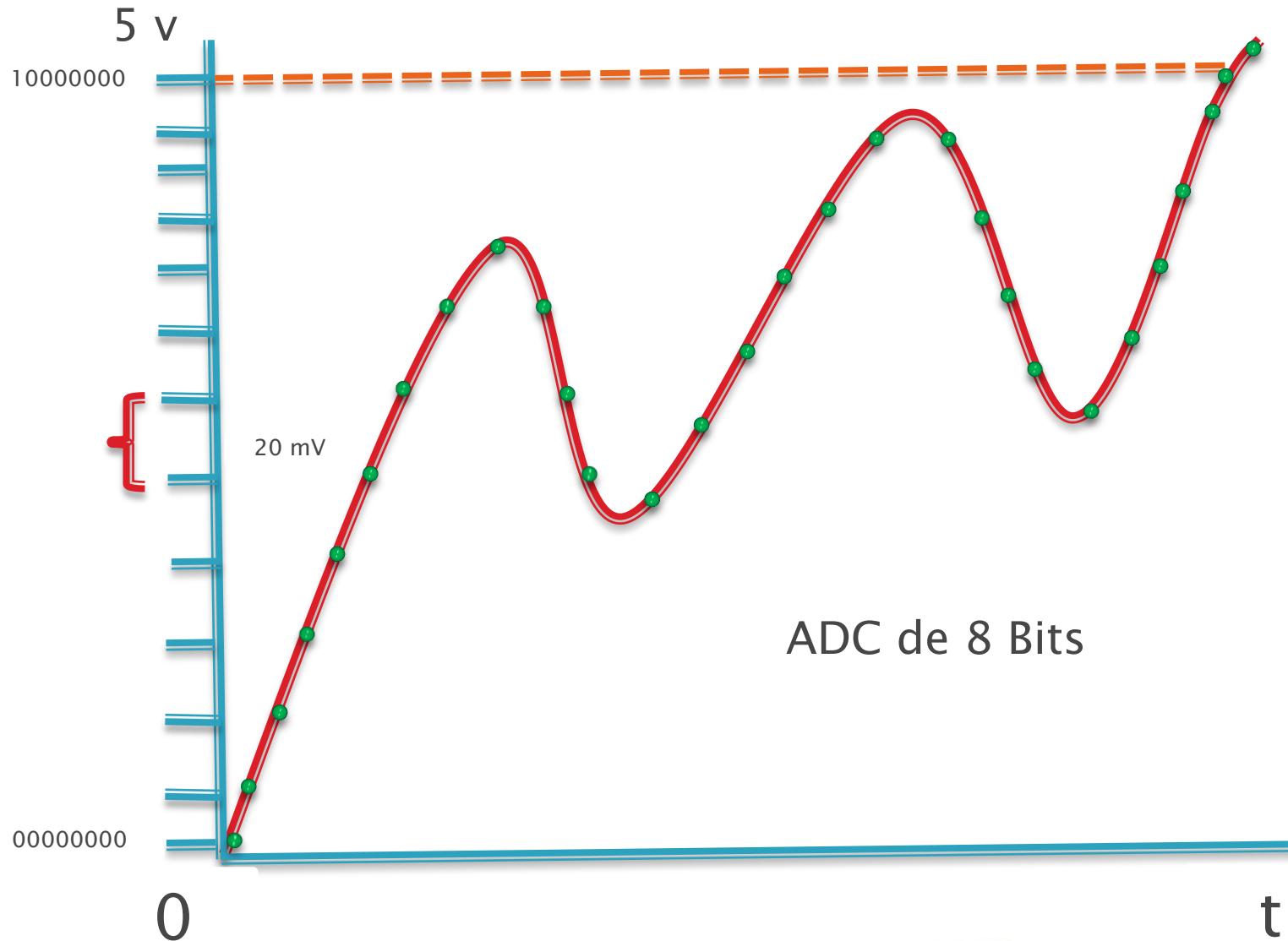
**MECATRONICA  
DIGITAL**



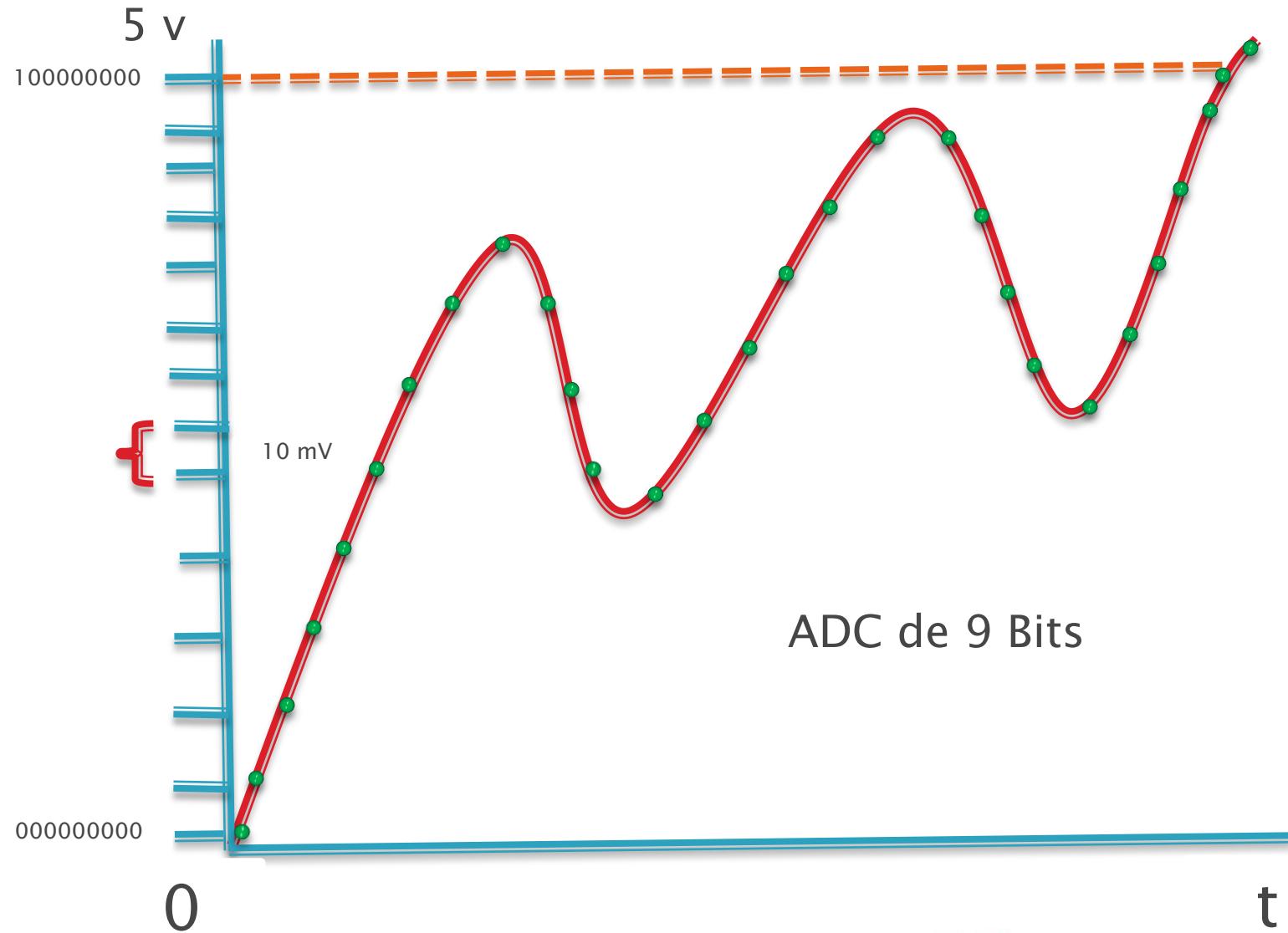
**MECATRONICA  
DIGITAL**



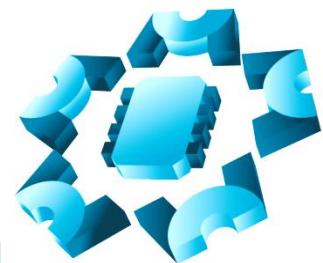
**MECATRONICA  
DIGITAL**



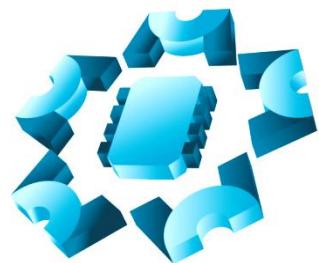
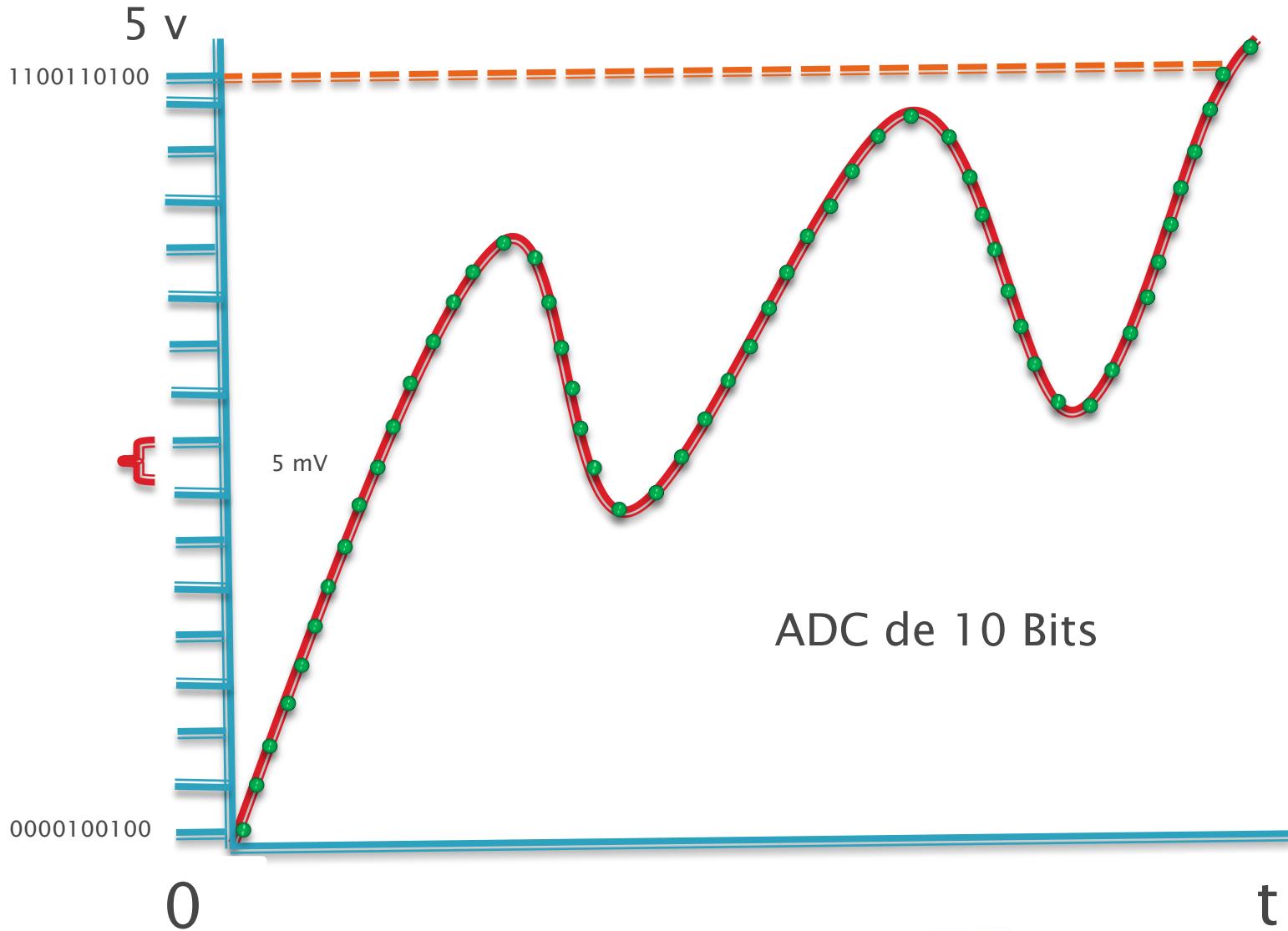
**MECATRONICA  
DIGITAL**



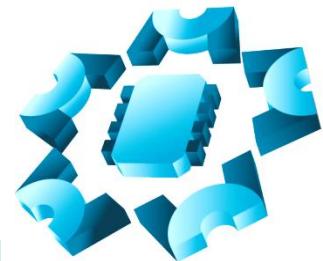
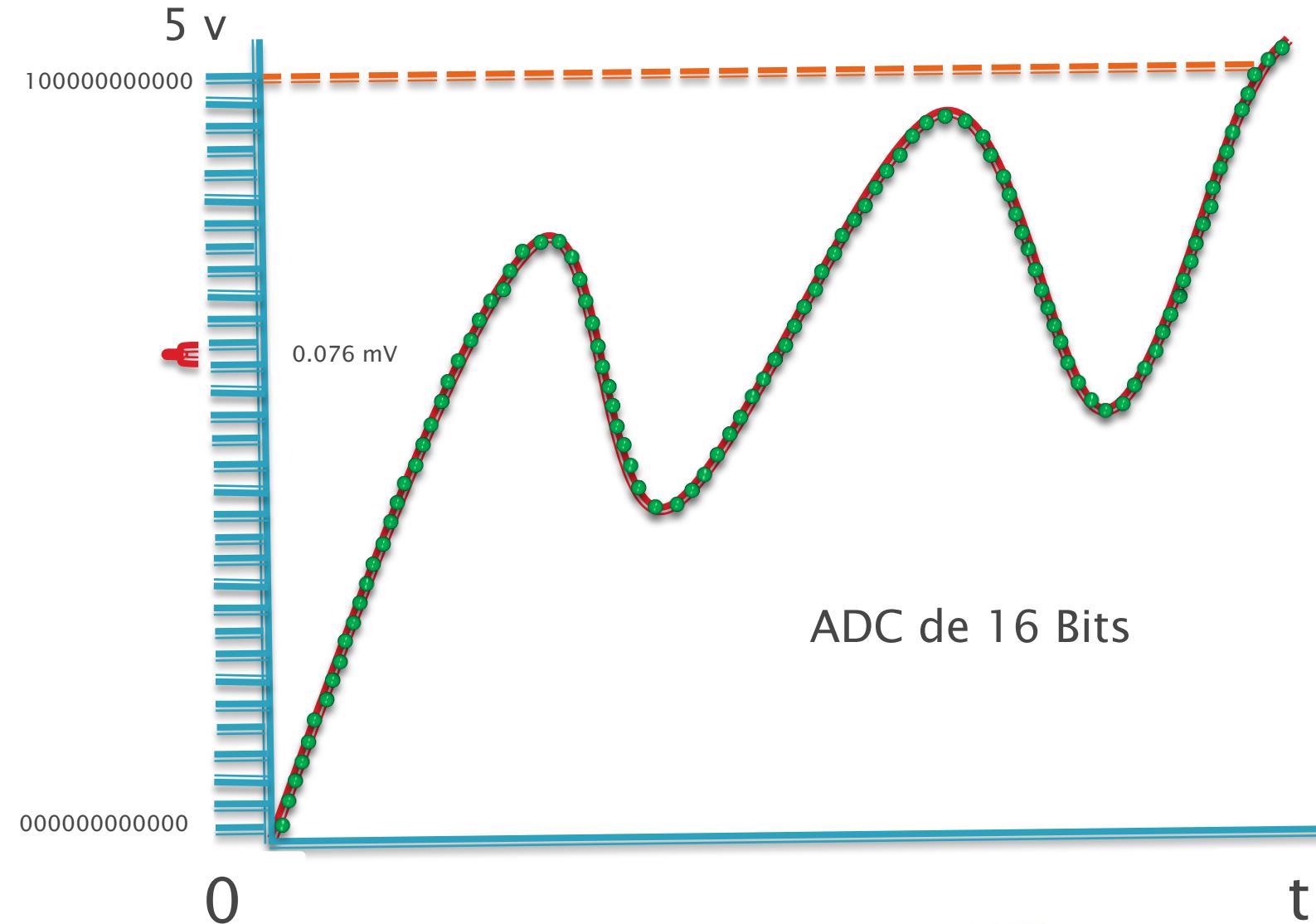
ADC de 9 Bits



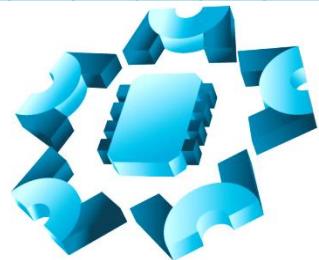
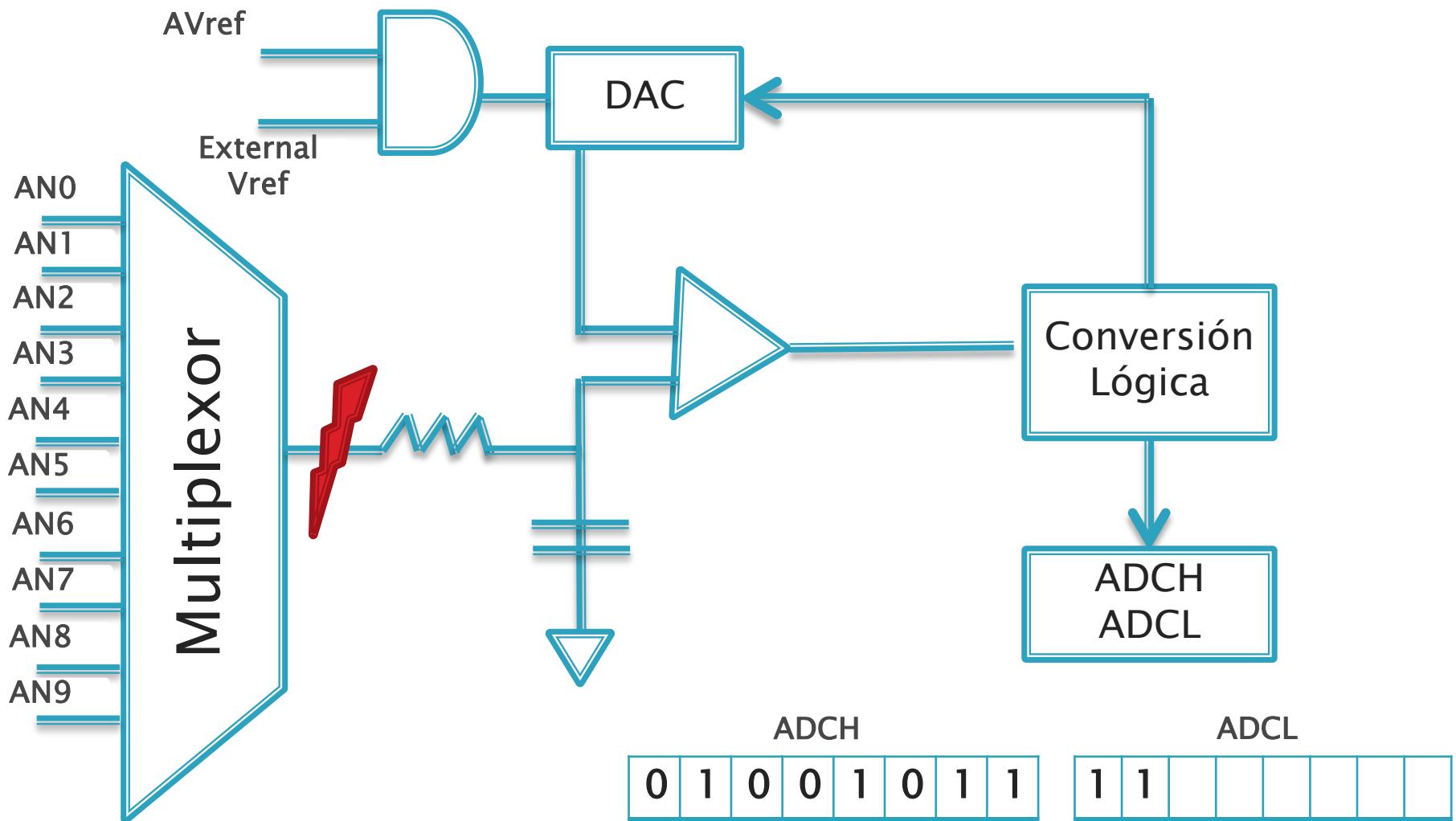
**MECATRONICA  
DIGITAL**



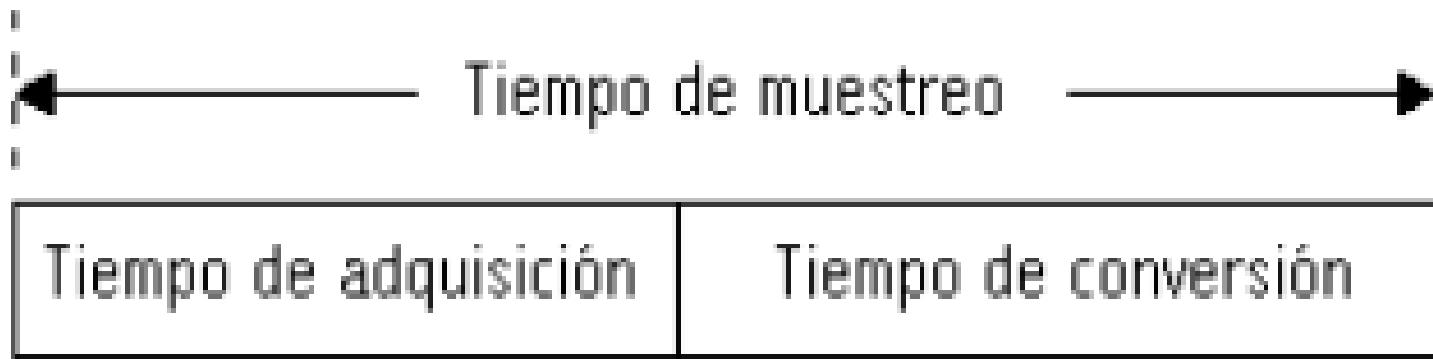
**MECATRONICA  
DIGITAL**



**MECATRONICA  
DIGITAL**



**MECATRONICA  
DIGITAL**



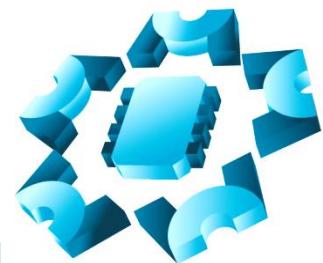
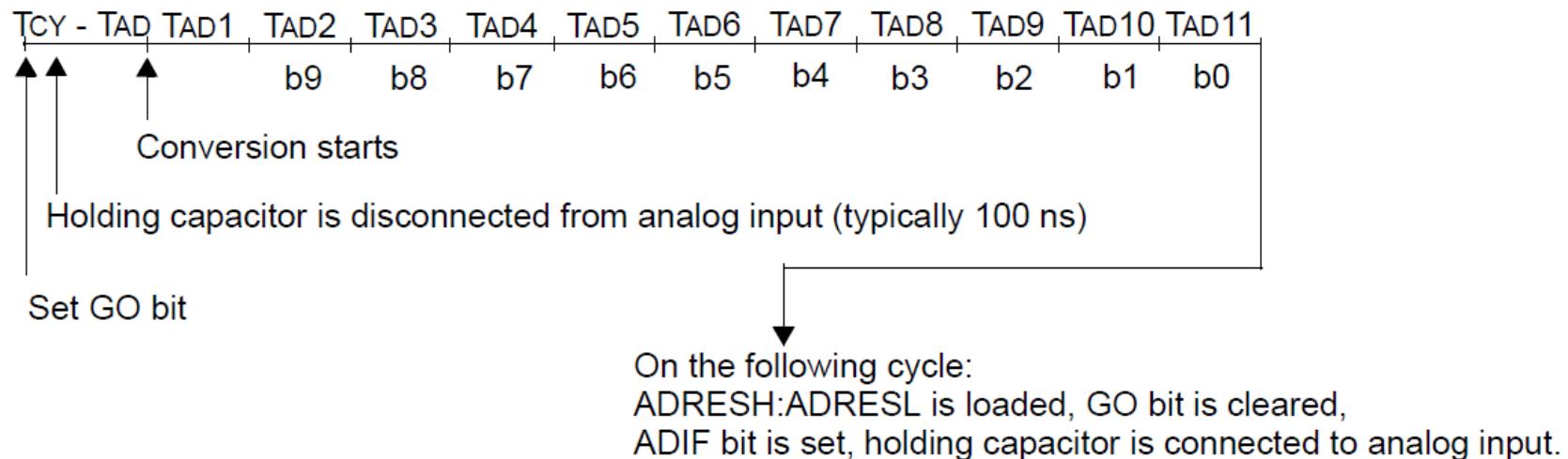
## Tiempo de adquisición:

Es el tiempo que tarda en cargarse el Capacitor, a nivel del voltaje de entrada del canal analógico.

## Tiempo de conversión:

Es el tiempo que tarda en convertir el voltaje almacenado en el capacitor, en su correspondiente valor digital..

**FIGURE 15-2: ANALOG-TO-DIGITAL CONVERSION TAD CYCLES**



**MECATRONICA  
D I G I T A L**

**TABLE 15-1: ADC CLOCK PERIOD (TAD) Vs. DEVICE OPERATING FREQUENCIES**

ADC Clock Period (TAD)		Device Frequency (Fosc)					
ADC Clock Source	ADCS<2:0>	32 MHz	20 MHz	16 MHz	8 MHz	4 MHz	1 MHz
Fosc/2	000	62.5ns <sup>(2)</sup>	100 ns <sup>(2)</sup>	125 ns <sup>(2)</sup>	250 ns <sup>(2)</sup>	500 ns <sup>(2)</sup>	2.0 $\mu$ s
Fosc/4	100	125 ns <sup>(2)</sup>	200 ns <sup>(2)</sup>	250 ns <sup>(2)</sup>	500 ns <sup>(2)</sup>	1.0 $\mu$ s	4.0 $\mu$ s
Fosc/8	001	0.5 $\mu$ s <sup>(2)</sup>	400 ns <sup>(2)</sup>	0.5 $\mu$ s <sup>(2)</sup>	1.0 $\mu$ s	2.0 $\mu$ s	8.0 $\mu$ s <sup>(3)</sup>
Fosc/16	101	800 ns	800 ns	1.0 $\mu$ s	2.0 $\mu$ s	4.0 $\mu$ s	16.0 $\mu$ s <sup>(3)</sup>
Fosc/32	010	1.0 $\mu$ s	1.6 $\mu$ s	2.0 $\mu$ s	4.0 $\mu$ s	8.0 $\mu$ s <sup>(3)</sup>	32.0 $\mu$ s <sup>(3)</sup>
Fosc/64	110	2.0 $\mu$ s	3.2 $\mu$ s	4.0 $\mu$ s	8.0 $\mu$ s <sup>(3)</sup>	16.0 $\mu$ s <sup>(3)</sup>	64.0 $\mu$ s <sup>(3)</sup>
F <sub>RC</sub>	x11	1.0-6.0 $\mu$ s <sup>(1,4)</sup>					

*Pagina 141 - Datasheet*

Es importante saber que variable analógica quiero muestrear

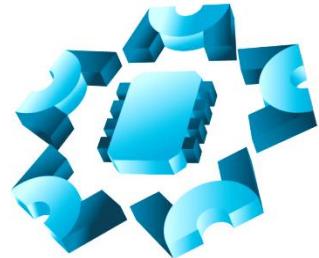
Ejemplo:

Vibración Vs Temperatura



¿Qué variable requiere  
mayor velocidad de  
muestreo?

# **Relación Valor ADC con Voltaje**



**MECATRONICA  
DIGITAL**

El ADC reporta valores radiométricos. Esto significa que el ADC asume que 5V son 1023 y cualquier cosa menor que 5V, será una proporción entre 5 y 1023.

*Resolución del ADC  
(bits)*

---

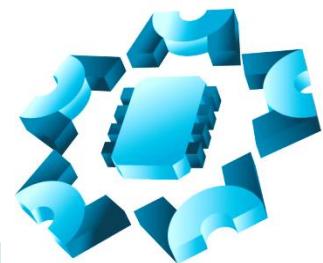
*Voltaje del Sistema*

=

*Lectura del ADC*

---

*Voltaje Analógico Medido*



**MECATRONICA  
DIGITAL**

Las conversiones Analógicas a Digitales dependen del voltaje del sistema. Debido a que por lo general usamos el ADC de 10 bits del PIC16F1827 en un sistema de 5V, podemos simplificar la ecuación ligeramente:

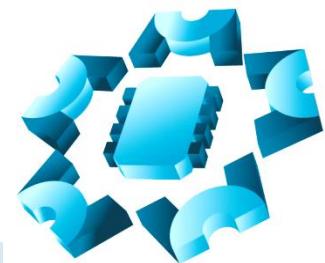
$$\frac{1023}{5 \text{ V}} = \frac{\text{Lectura del ADC}}{\text{Voltaje Analógico Medido}}$$

Si el sistema fuera de 3.3 V, simplemente cambiamos nuestro 5V por 3.3V en la ecuación.

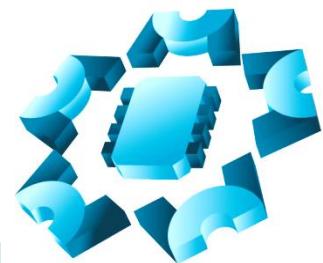
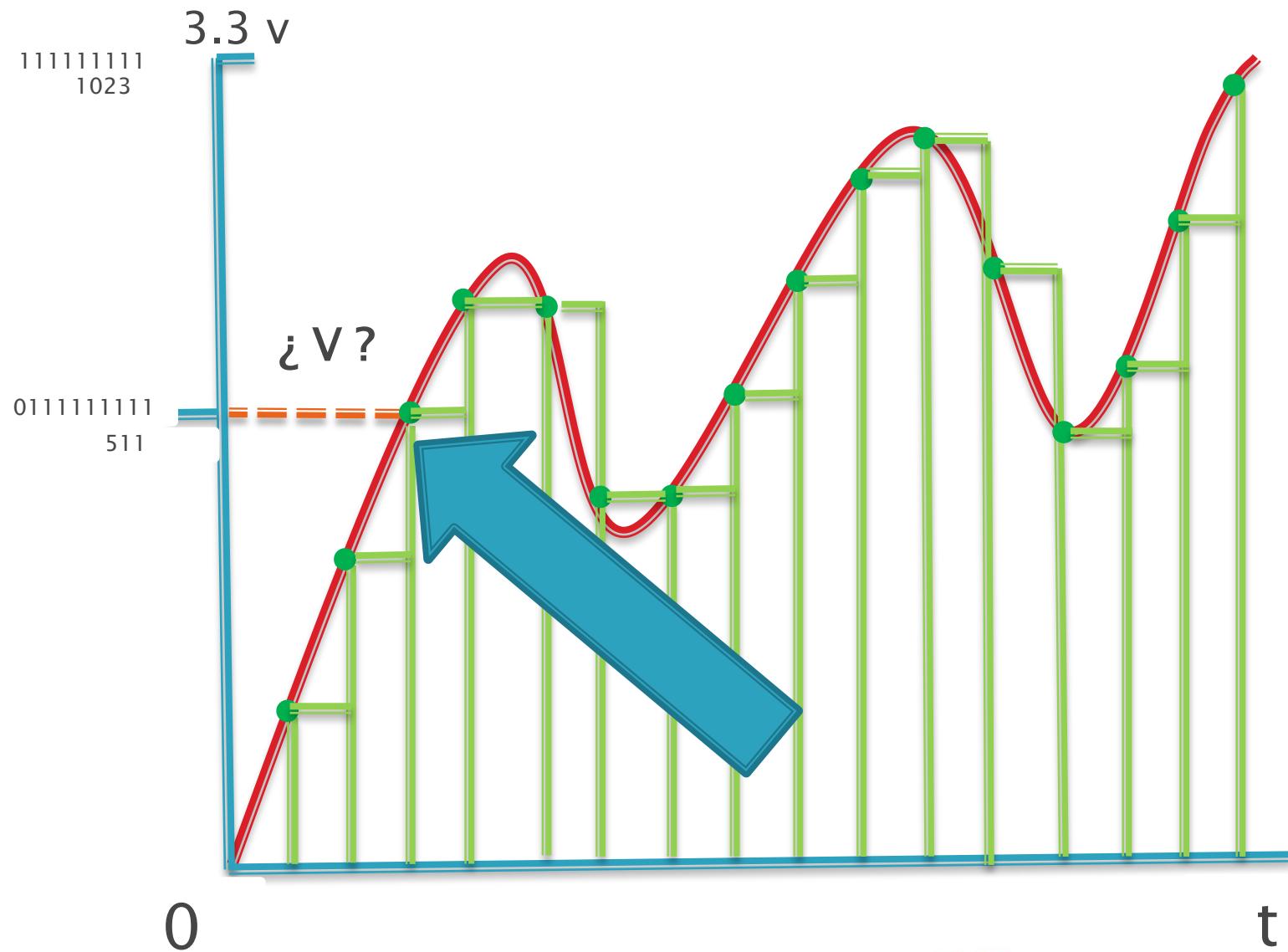
Pregunta 1:

Si es el sistema es de 3.3V y el ADC nos entrega un valor de 512 bits, ¿Cuál es el valor del voltaje medido?

$$\frac{1023}{3.3 \text{ V}} = \frac{512}{\text{Voltaje Analógico Medido}}$$



MECATRONICA  
D I G I T A L



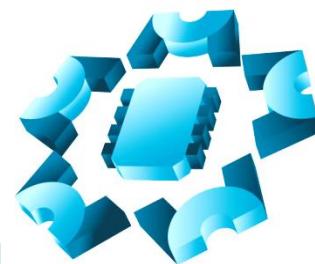
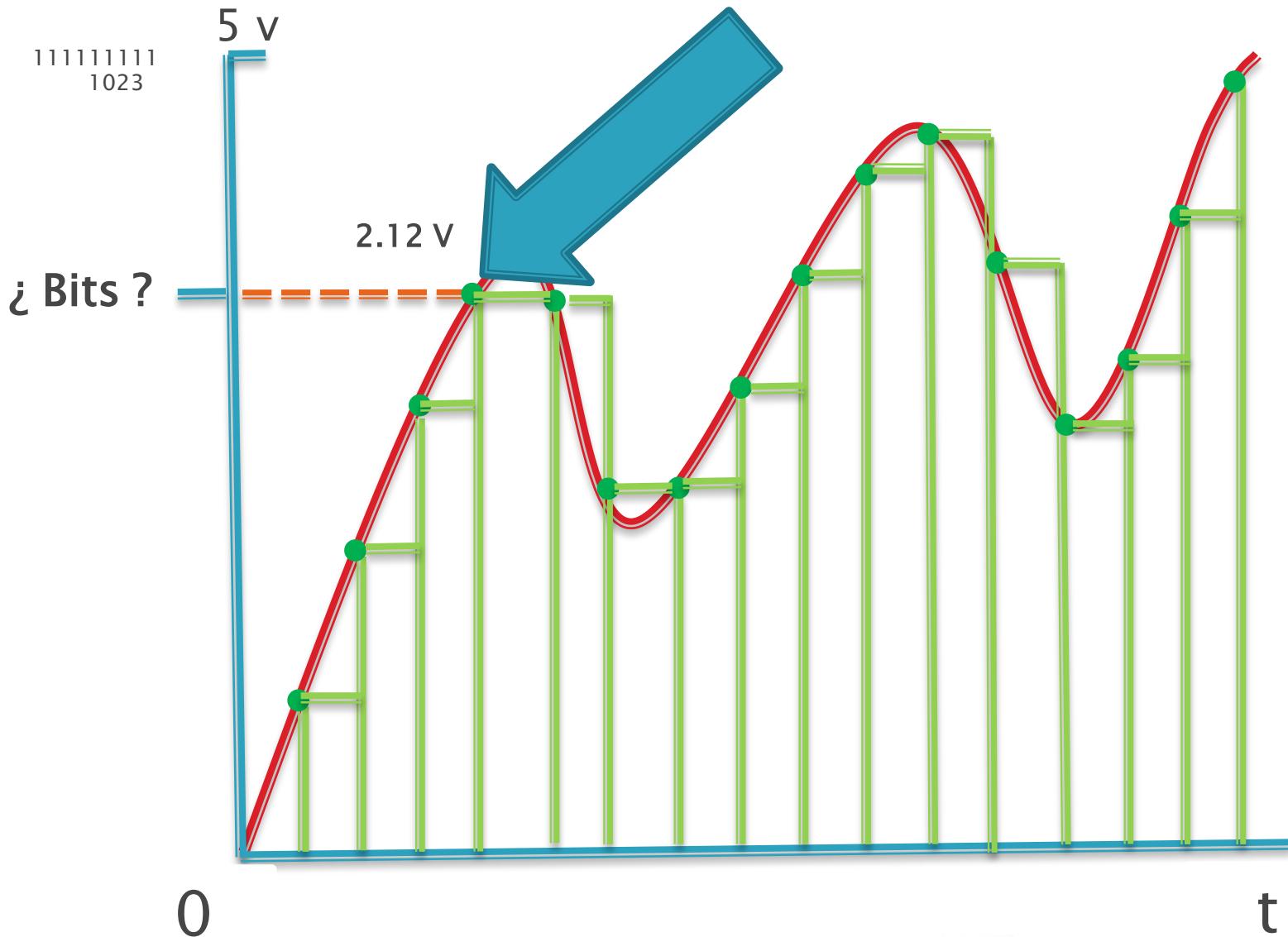
**MECATRONICA  
DIGITAL**

$$\frac{1023}{3.3 \text{ } V} = \frac{512}{1.65 \text{ } V}$$

## Pregunta 2:

Si es el sistema es de 5V y el Voltaje Medido, ¿Cuál es el valor en bits que nos entregaría el ADC?

$$\frac{1023}{5 \text{ V}} = \frac{X}{2.12 \text{ V}}$$



**MECATRONICA  
DIGITAL**

$$\frac{1023}{5 \text{ V}} = \frac{434}{2.12 \text{ V}}$$

$$433.752 = 434$$

*Bits = 0110110010*

# Conexiones



**MECATRONICA  
DIGITAL**

# ¿Qué pasa si conecto un sensor analógico a un pin digital?



MECATRONICA  
D I G I T A L

Nada malo pasará. Solo no seremos capaces de hacer una lectura analógica exitosa.

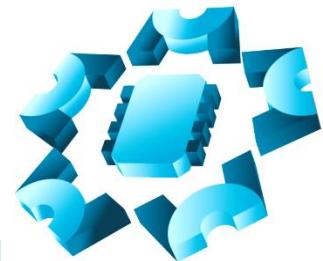
El programa compilará, pero nos entregará valores sin sentido

¿Qué pasa si conecto un  
sensor digital a un pin  
analógico?

Una vez más, no quemaremos nada.

Si hacemos una conversión analógica a digital en un botón, lo mas probable es ver los valores de ADC muy cerca de 1023 o 5V que en binario es "1" o muy próximos a 0 o 0V que en binario es "0".

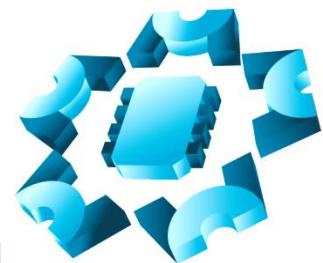
# Aplicaciones



MECATRONICA  
D I G I T A L

Una vez que quedo claro este importante concepto de conversiones analógicas a digitales, estamos listos para usar:

- ▶ Potenciómetros o Trimpot's
- ▶ Sensores de Luz
- ▶ Sensores de Temperatura
- ▶ Joysticks
- ▶ Sensores de Fuerza Resistivos
- ▶ Sensores Infrarrojos
- ▶ Sensores Ultrasónicos
- ▶ Sensores de Vibración
- ▶ Y muchos más...



**MECATRONICA  
D I G I T A L**

***GRACIAS POR SU  
ATENCION***