

# Introducción a la Adquisición de datos

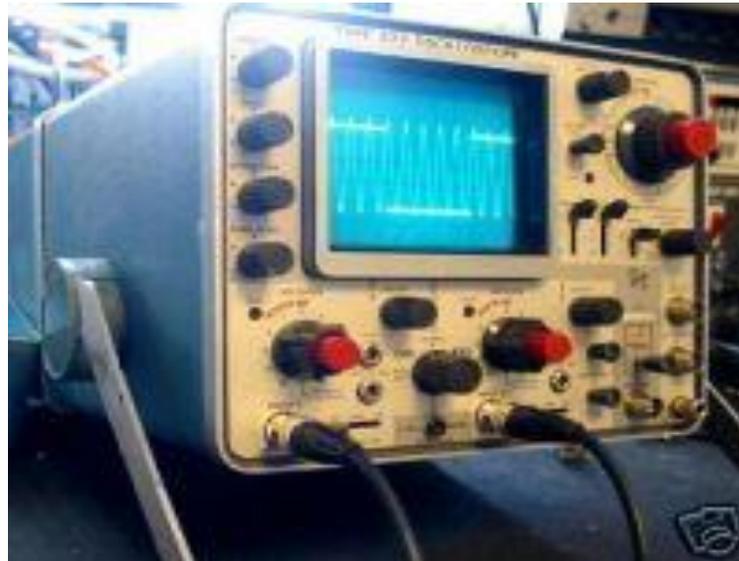


LABORATORIO 3  
1er cuatrimestre 2024  
DF - FCEyN - UBA

*Parte del material es extraído de la presentación del Prof. Carlos Acha  
1er cuatrimestre 2021*

# Evolución de las mediciones...

**Medir:** determinar numéricamente el valor de una magnitud - se trata de una variable analógica



Osciloscopio analógico

# Sistema de adquisición de datos (DAQ)



<https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

[https://marceluda.github.io/python-para-fisicos/tuto/lab02/05\\_instrumentacion/](https://marceluda.github.io/python-para-fisicos/tuto/lab02/05_instrumentacion/)

# Sensor



Convierten las magnitudes físicas en señales eléctricas. Entrega una señal eléctrica analógica ( o digital)



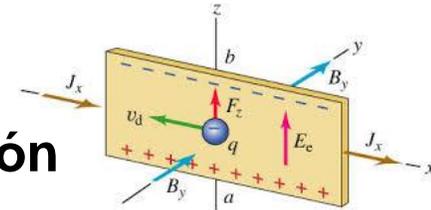
Señal eléctrica ruidosa

## •Termocupla



## •Sonda de tensión

## •Sensor de campo magnético Efecto Hall



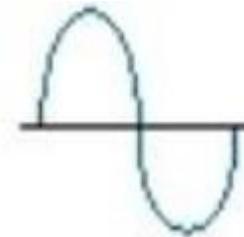
# Instrumento de adquisición



Dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas.

Componentes principales :

- Circuito de acondicionamiento de señales (atenuación/amplificación, filtrado, multiplexado...)
- Convertidor analógico-digital (ADC)



Señal filtrada y amplificada

Circuito de acondicionamiento de señales : manipula una señal de tal forma que sea apropiada para entrada a un ADC

# Detector



Convierten las magnitudes físicas en señales eléctricas. Entrega una señal eléctrica analógica.



Señal eléctrica ruidosa

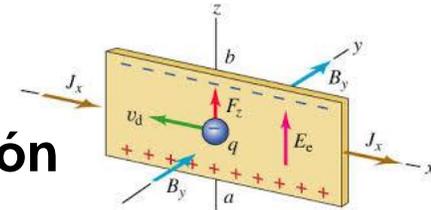
## •Termocupla



## •Sonda de tensión

## •Sensor de campo magnético

Efecto Hall



# Instrumento de adquisición

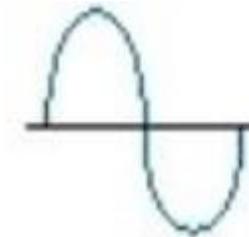


Dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas.

Componentes principales :

- Circuito de acondicionamiento de

Conversor analógico-digital (ADC) :  
 Convierte las señales analógicas acondicionadas en valores digitales.  
 Realiza "muestras" periódicas de la señal a una frecuencia predefinida



Señal filtrada y amplificada



Resolución (en bits)

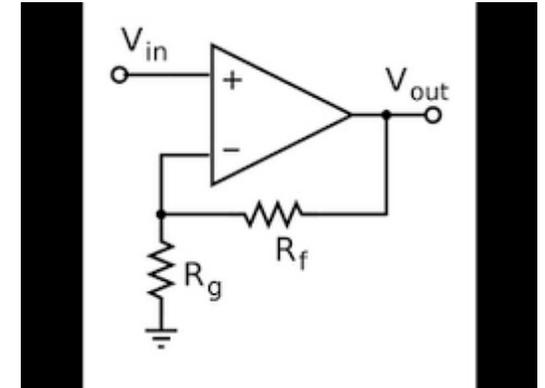


# de muestras/s

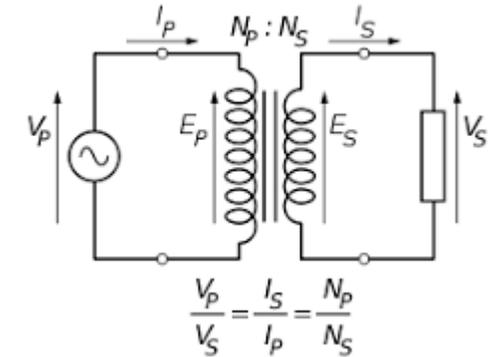
Señal digitalizada

# Acondicionamiento

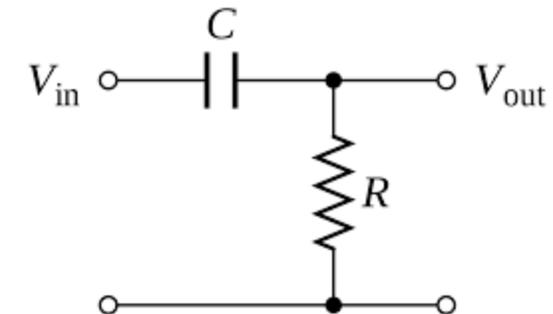
**Amplificación:** las señales de bajo voltaje deben ser amplificadas para mejorar la resolución y disminuir el ruido. Se debe tener en cuenta que el rango de amplificación no supere el rango de entrada del hardware.  
(amplificadores operacionales → no se estudiarán en este curso)



**Aislamiento:** por cuestiones de seguridad la señal generada por el transductor es aislada. La señal puede contener picos de alto voltaje capaces de dañar al conversor. (Uso de transformadores)

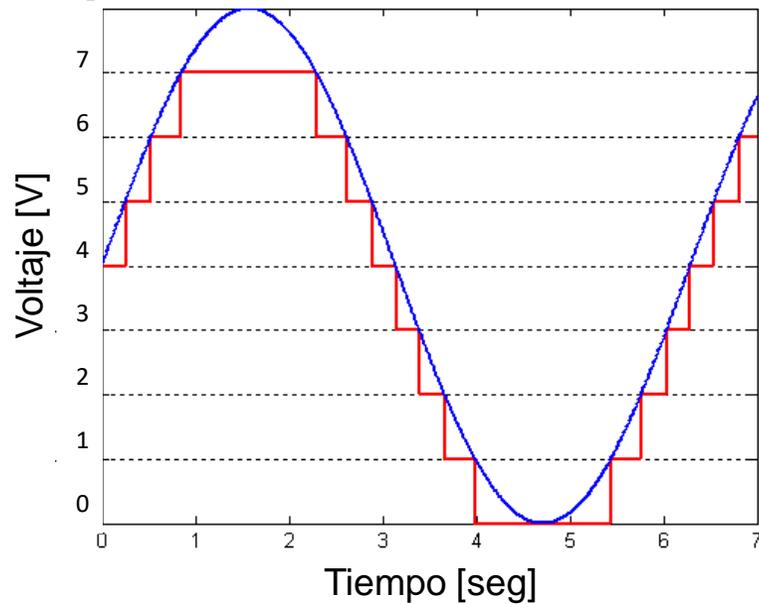


**Filtrado:** las señales no deseadas (“ruido”) son eliminadas seleccionando la banda de frecuencia en la que se encuentra la señal de interés (filtros pasa-banda, pasa-altos y pasabajos).



# Conversión Analógica-Digital(ADC)

## Discretización de la señal

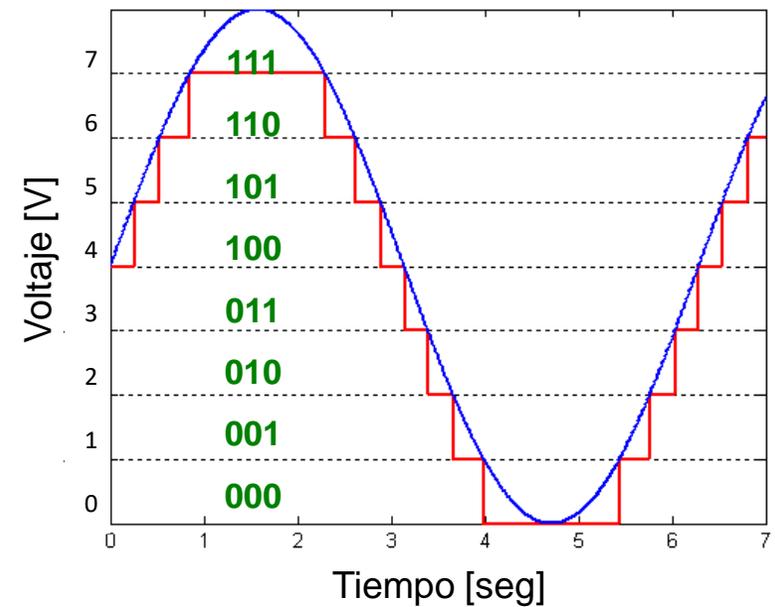


3 bits:  
 $2^3 = 8$  valores

$$D_{Out} = \sum_{m=0}^{n-1} B_m 2^m$$

1	0	1
$2^2$	$2^1$	$2^0$

## Codificación en binario

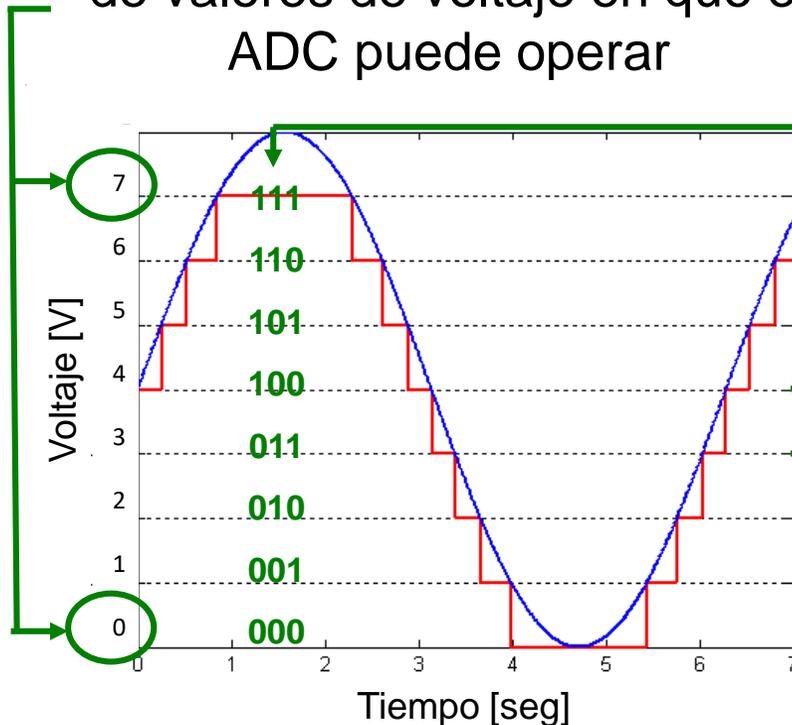


$V=f(t)$   $\longrightarrow$   $\{V_1, \dots, V_N\}$   
 $\{t_1, \dots, t_N\}$

# Conversión Analógica-Digital (ADC)

- Rango operativo

El rango operativo es el rango de valores de voltaje en que el ADC puede operar



- Resolución

La resolución de un ADC es el número de bits que posee

3 bits:  $2^3 = 8$  valores

$$D_{Out} = \sum_{m=0}^{n-1} B_m 2^m$$

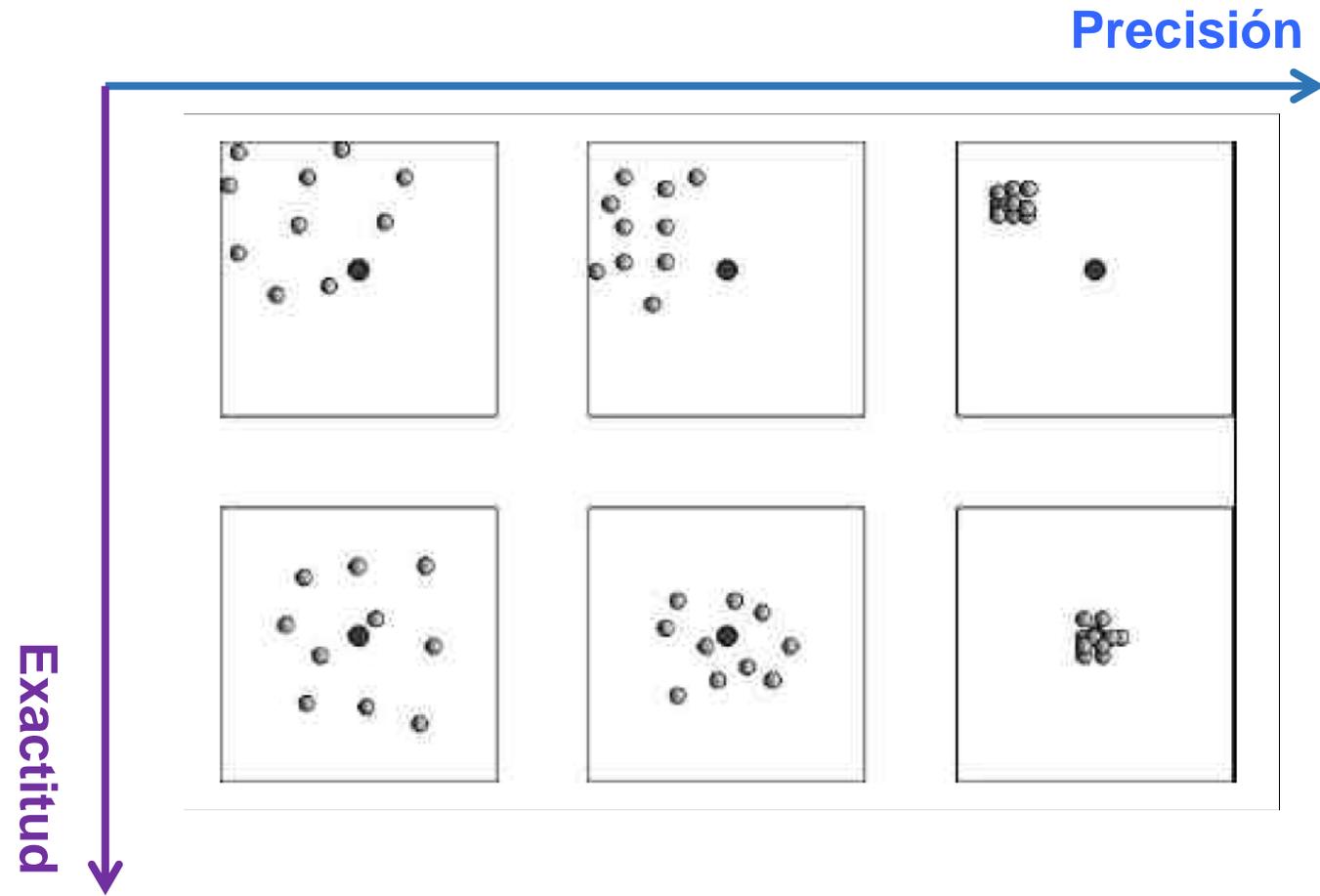
1	0	1
$2^2$	$2^1$	$2^0$

- Sensibilidad

Determina la magnitud mínima que debe tener un cambio en la señal para ser detectado

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Rango operativo}}{2^{N^{\circ} \text{ bits}} - 1}$$

# Ejemplos de Resolución / Precisión Sensibilidad / Exactitud



# Ejemplos de Resolución / Precisión Sensibilidad / Exactitud

## Resolución?

- 8 bits?  $2^8 = 256$
- 10 bits?  $2^{10} = 1024$

→ **Cantidad de estados para representar la señal analógica**

## Sensibilidad?

Para la escala vertical del osciloscopio de 5 V/div  
 $LSB = Escala\ Total / (2^N - 1) = 50\ V / 255 = 0.20\ V$

→ **Mínima variación detectable**

## Precisión?

Repetibilidad de las mediciones → Ruido

→ **Influencia de factores externos sobre la capacidad de detección**

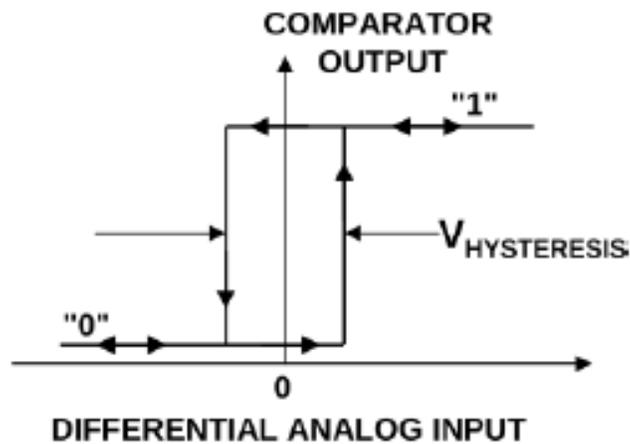
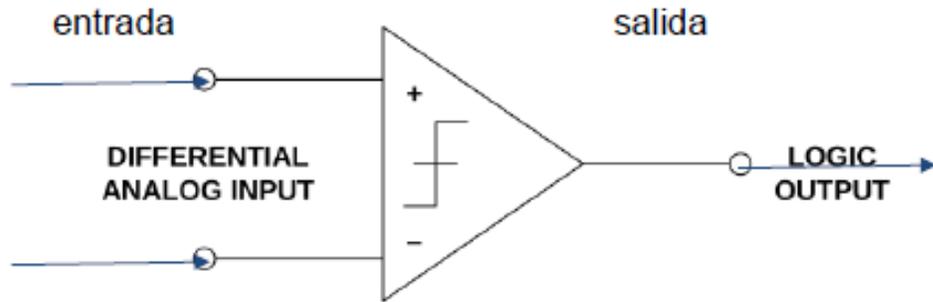
## Exactitud?

Requiere una calibración contra patrones!

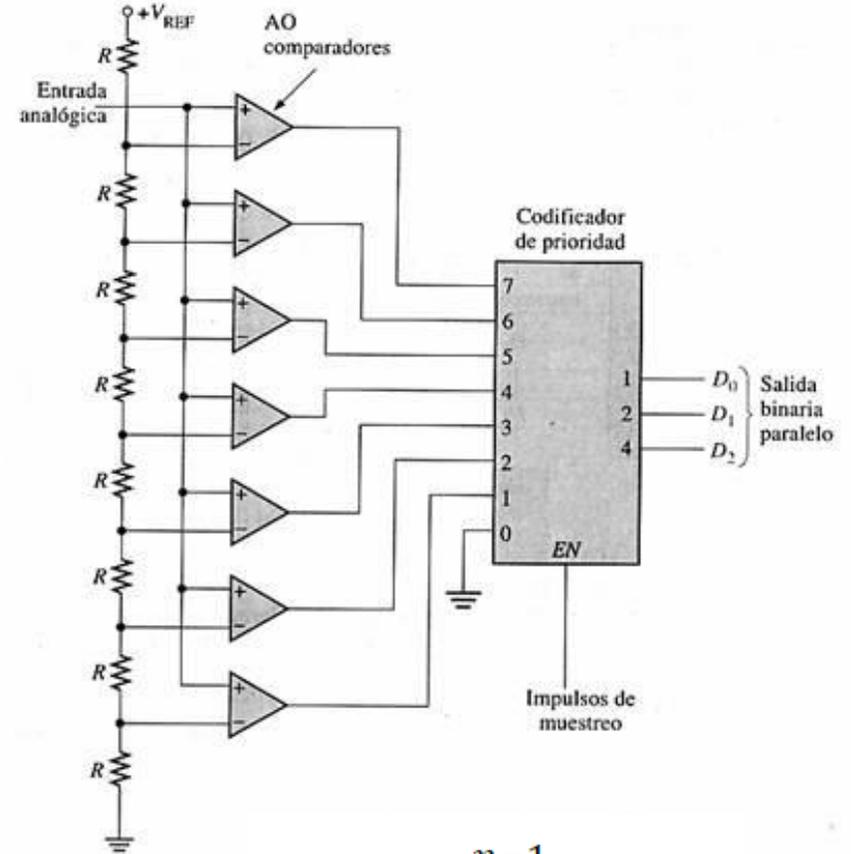
→ **Proximidad con el valor real**

# El proceso de la conversión analógica-digital (ADC)

## Método comparativo



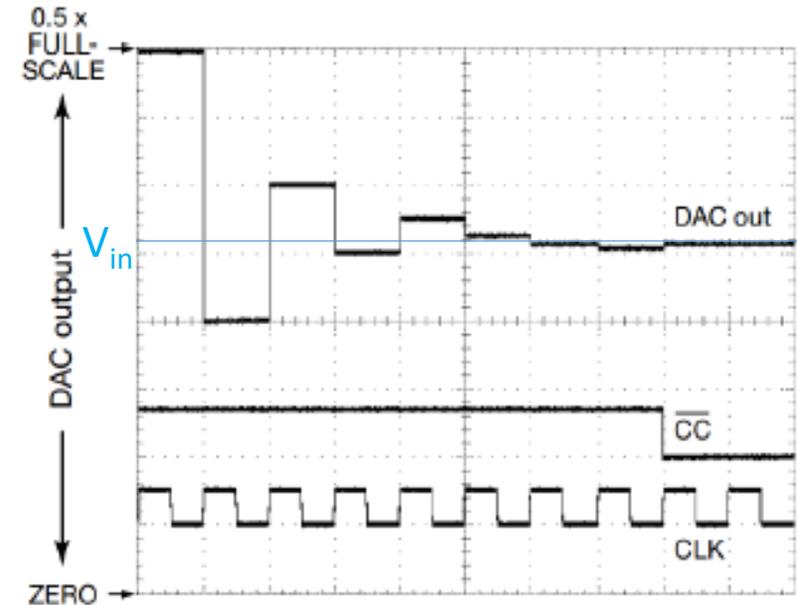
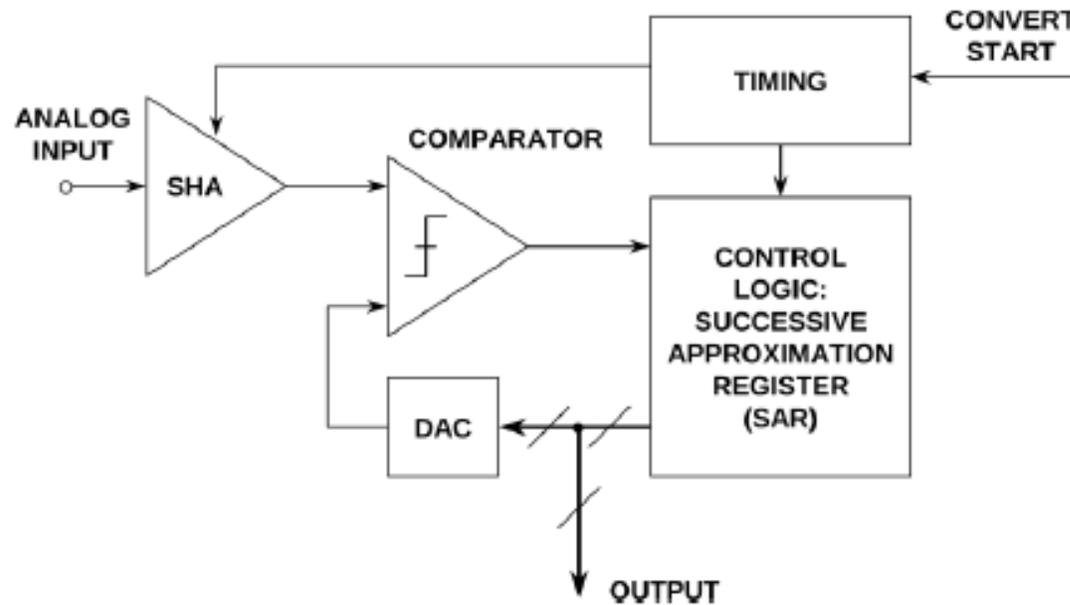
ref: Analog Devices,  
"Basic Linear Design"



$$D_{Out} = \sum_{m=0}^{n-1} B_m 2^m$$

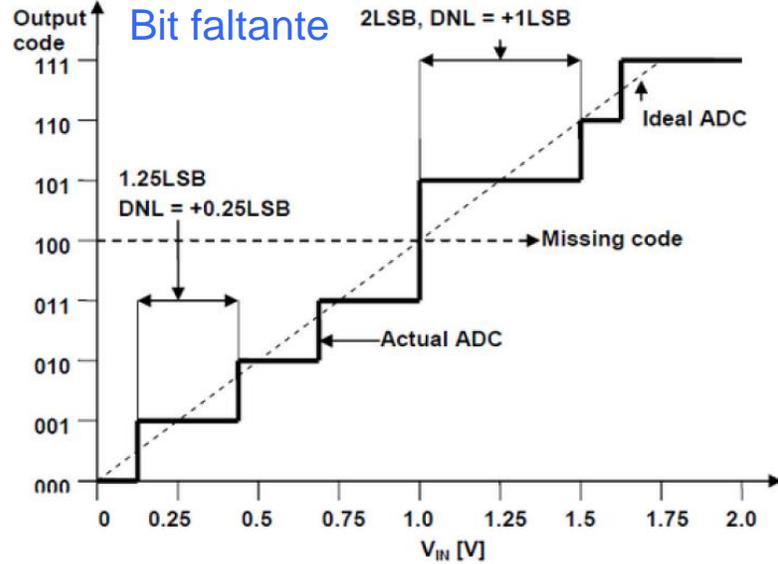
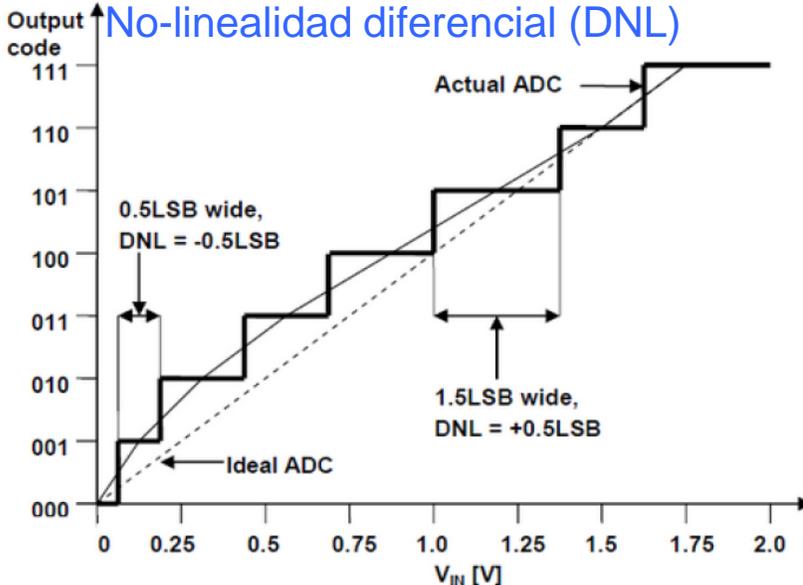
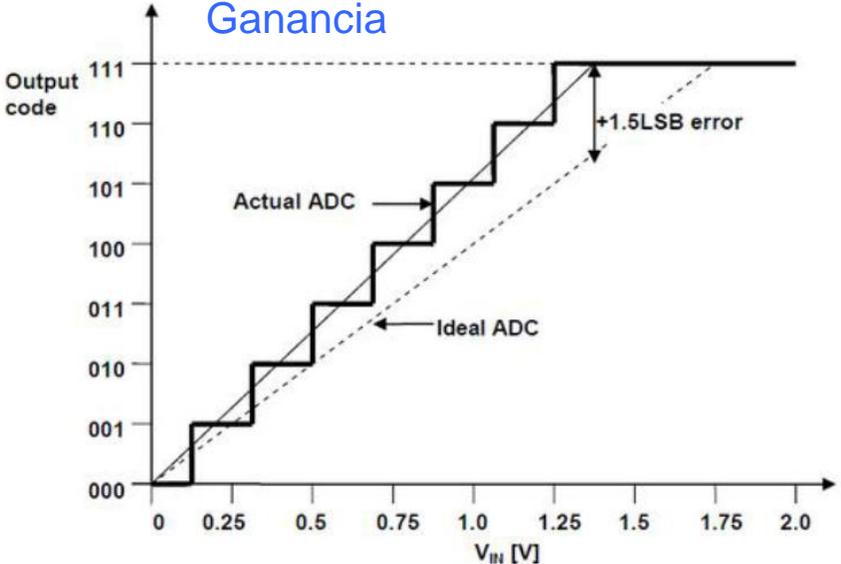
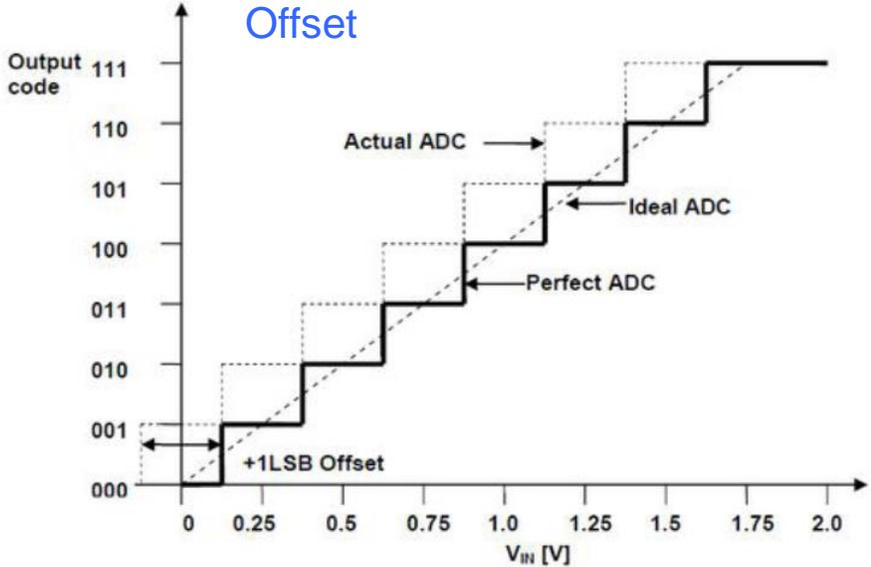
# El proceso de la conversión analógica-digital (ADC)

## ADC de aproximaciones sucesivas



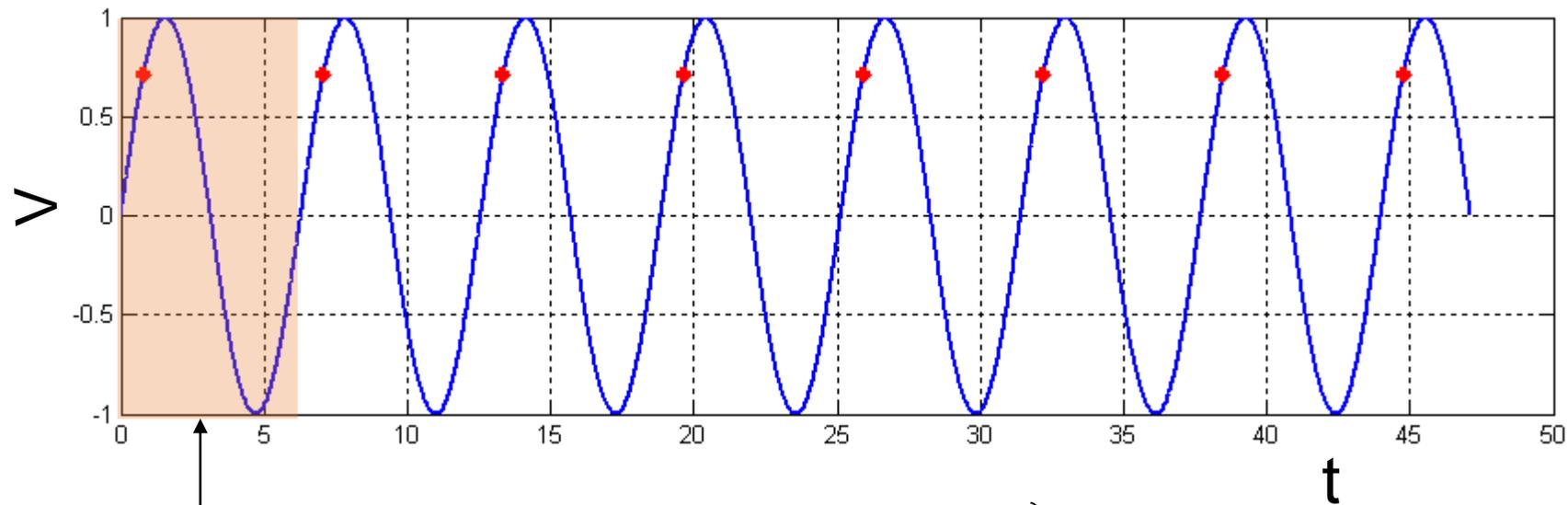
Estos procesos requieren de un “tiempo de conversión”

# Errores de la conversión analógica-digital(ADC)



# Conversión Analógica-Digital (ADC)

- Velocidad de Muestreo [Sampling Rate]



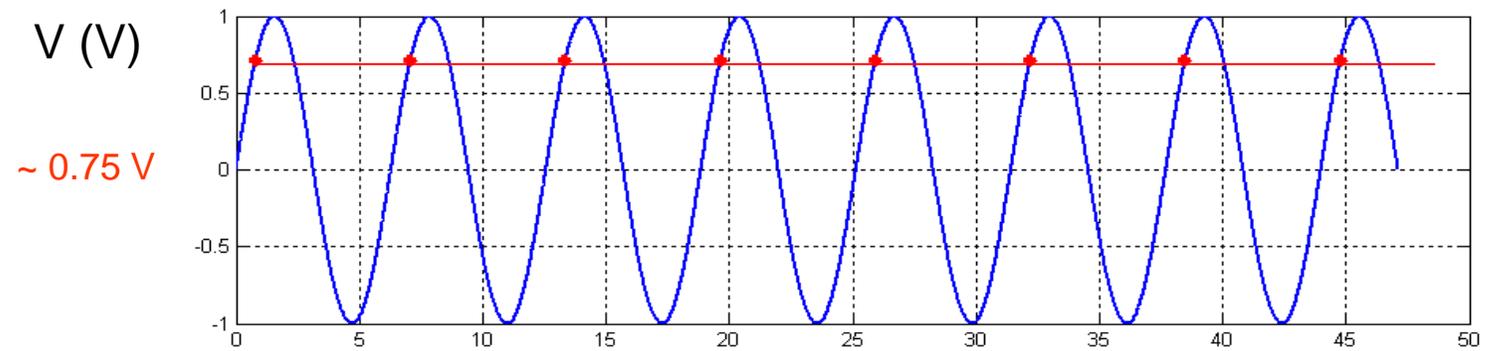
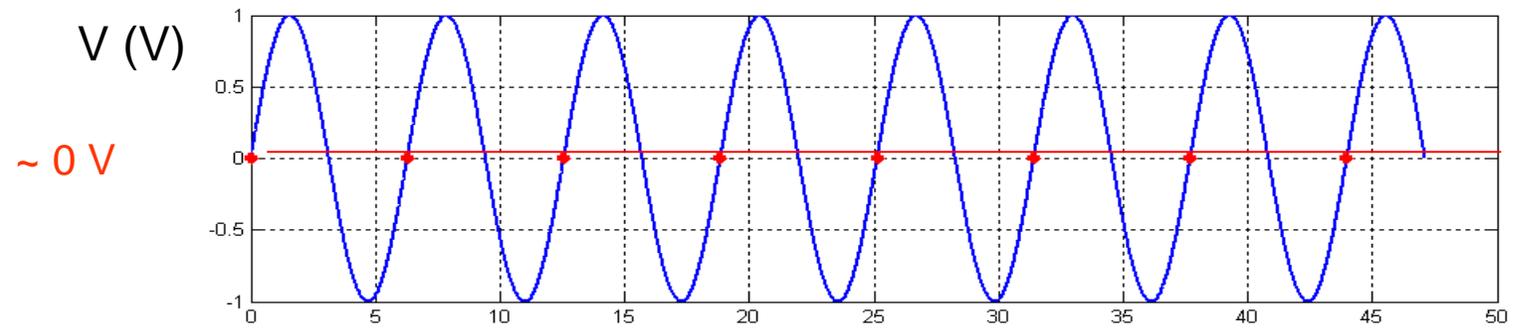
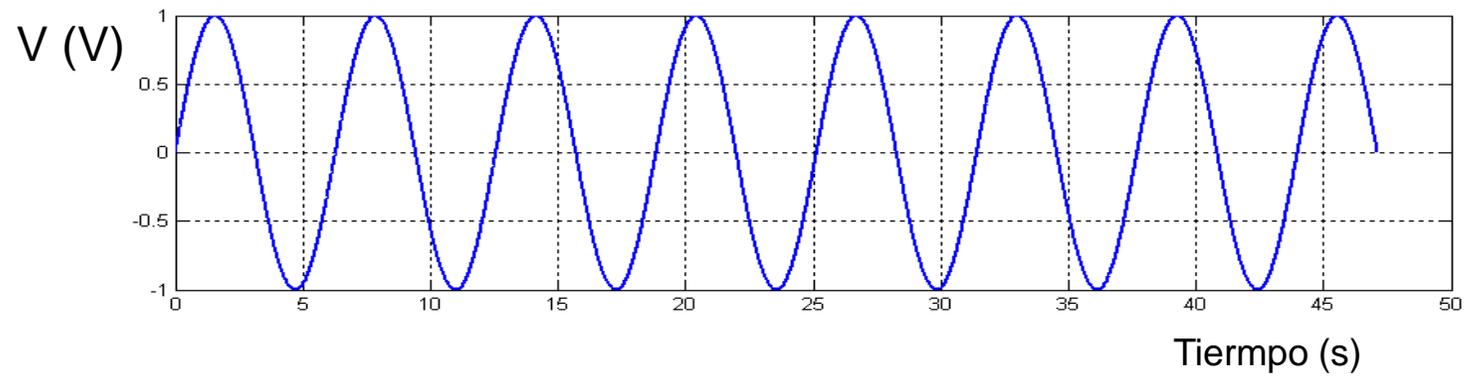
Por ej. señal generada  
sinusoidal  $f_{gen}$

$$f_s = 1 f_{gen}$$

$$T_s = 1 T_{gen}$$

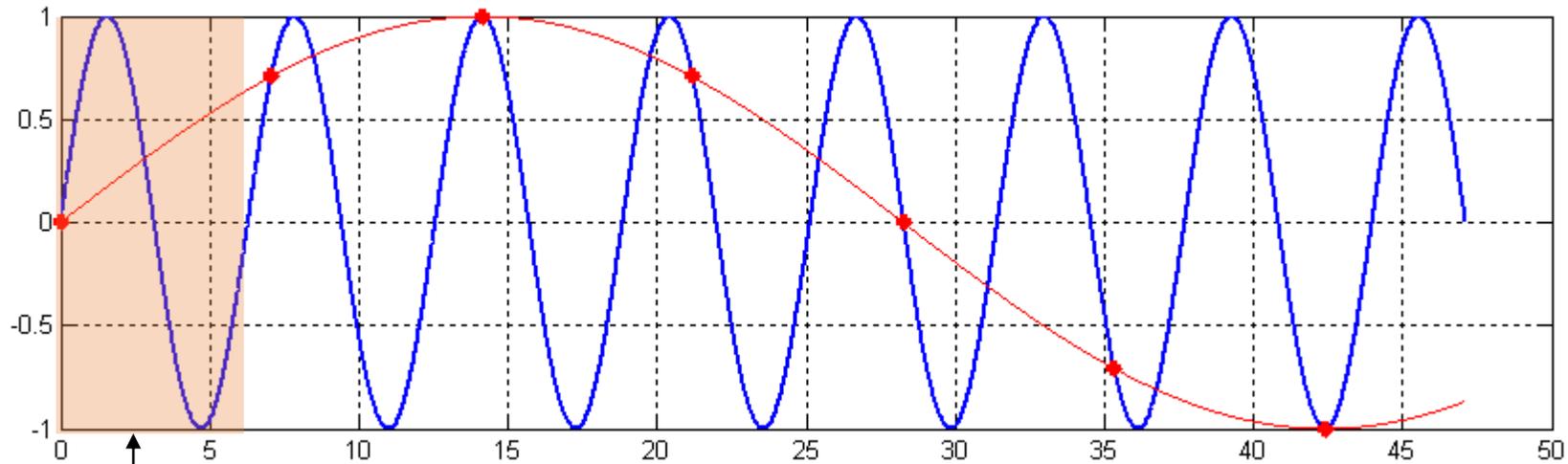
$$T_{gen} \sim 6 \text{ s}$$

**Señal aparente es  
constante !!**



# Conversión Analógica-Digital (ADC)

- Velocidad de Muestreo [Sampling Rate]



Por ej. señal generada  
sinusoidal  $f_{gen}$

$$\left. \begin{aligned} f_s &< 1 f_{gen} \\ T_s &> 1 T_{gen} \end{aligned} \right\}$$

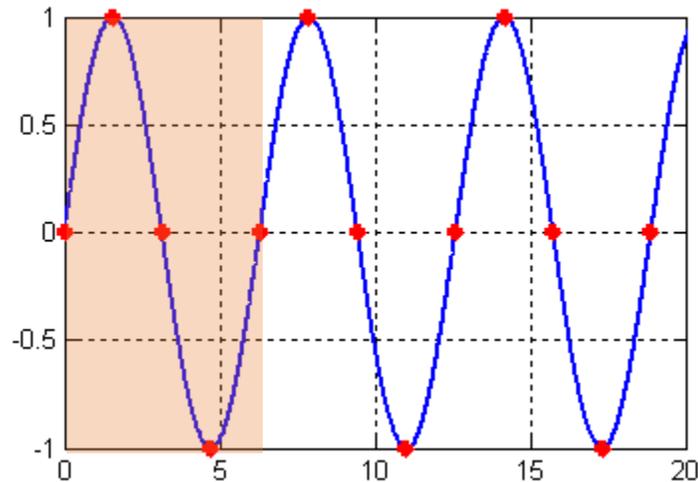
$$T_{gen} \sim 6 \text{ s}$$

$$T_{aparente} \sim 56 \text{ s} !$$

ALIASING

# Conversión Analógica-Digital (ADC)

- Velocidad de Muestreo [Sampling Rate]



Dada una señal,  
Cuál es la mínima frecuencia de  
muestreo que debo utilizar para no  
observar una frecuencia aparente?



**Teorema de Nyquist :**

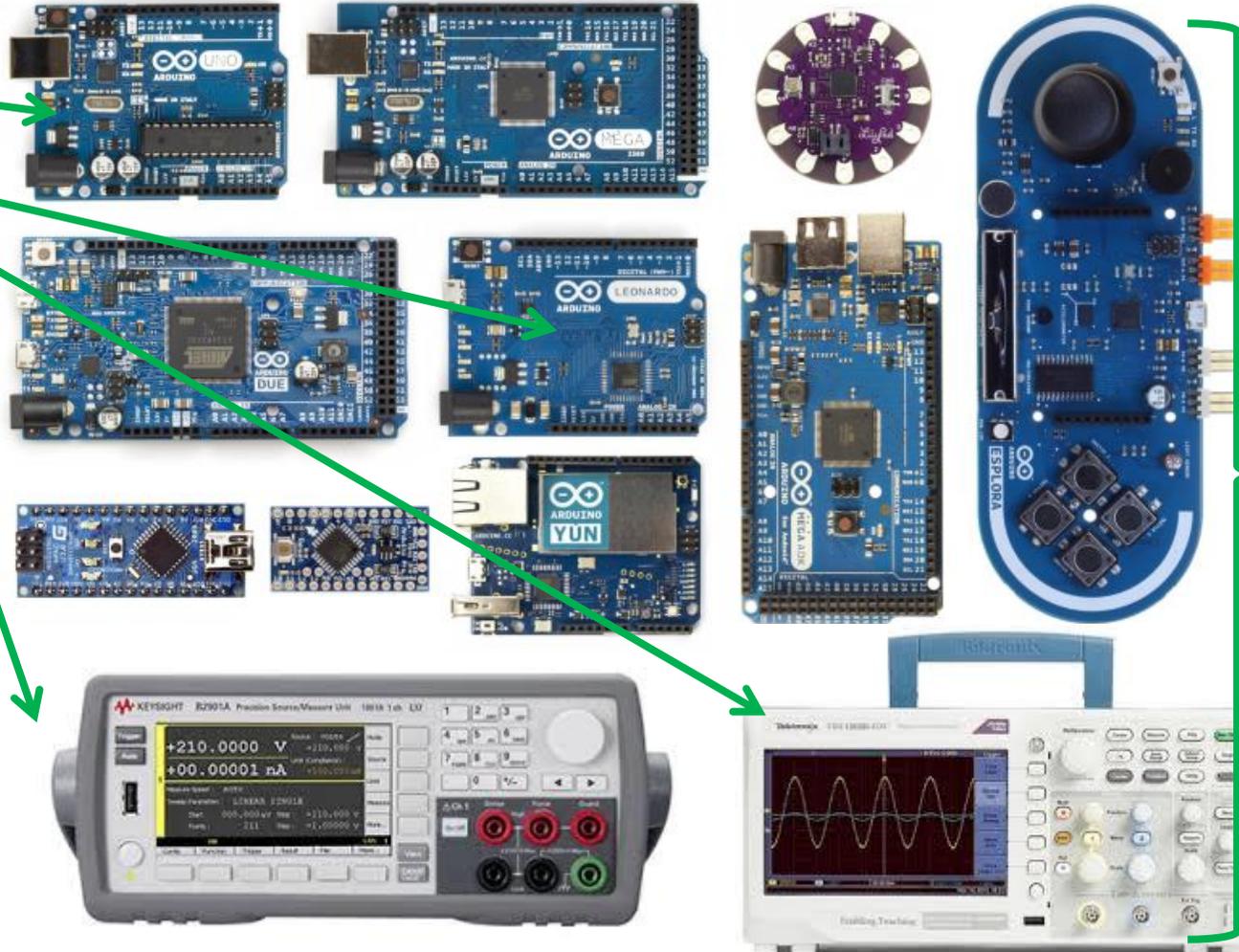
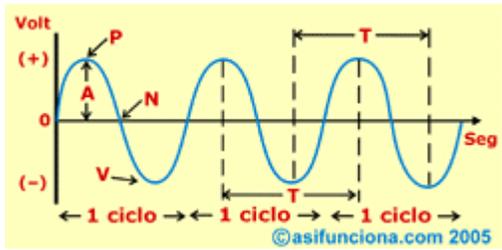
**para reconstruir adecuadamente una  
señal, debo emplear una frecuencia de  
muestreo tal que**

$$f_S \geq 2 f_{\max}$$

$$f_S = 4 f_{\text{gen}}$$

# Adquisición de datos (DAQ)

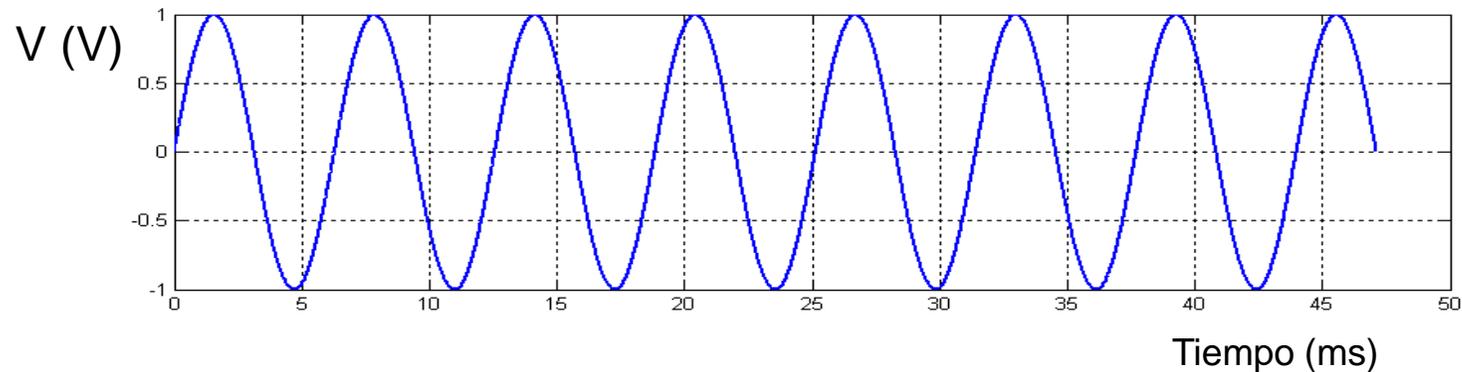
Adquirir correctamente una señal requiere de una serie de elecciones acertadas!



# Adquisición de datos (DAQ)

## ■ Ejercicio para completar en el cuaderno

Se tiene una señal senoidal de 1 V de amplitud y frecuencia de 167 Hz como la que se observa:



**Si esta señal se adquiere con un osciloscopio con un ADC de 8 bits de resolución:**

-1) De cuánto será el LSB? (discuta qué rango consideraría)

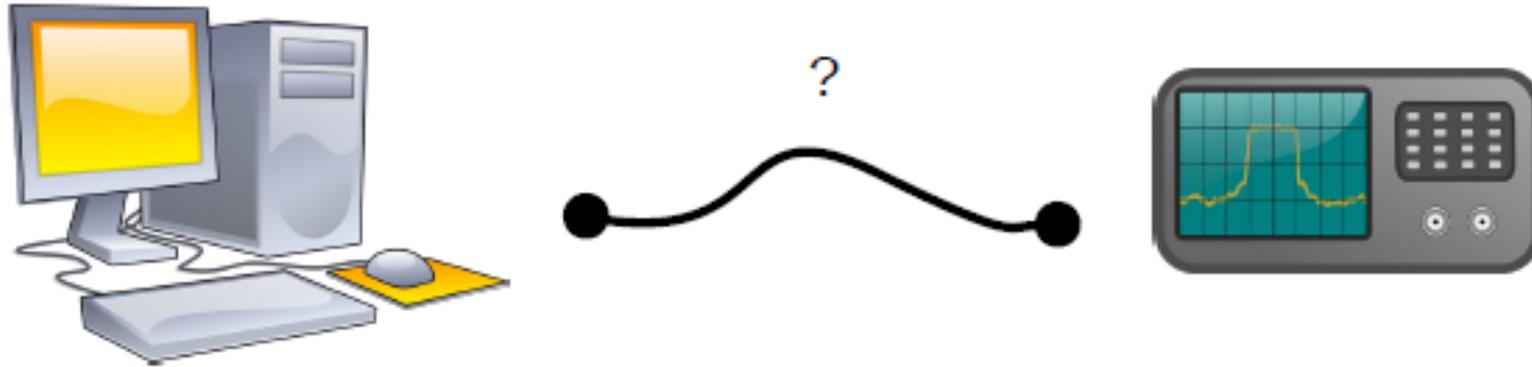
-2) Con qué frecuencia de adquisición (o "Sampling Rate") deberá adquirir esta señal para poder definir los detalles de la misma?

# Mediciones digitales



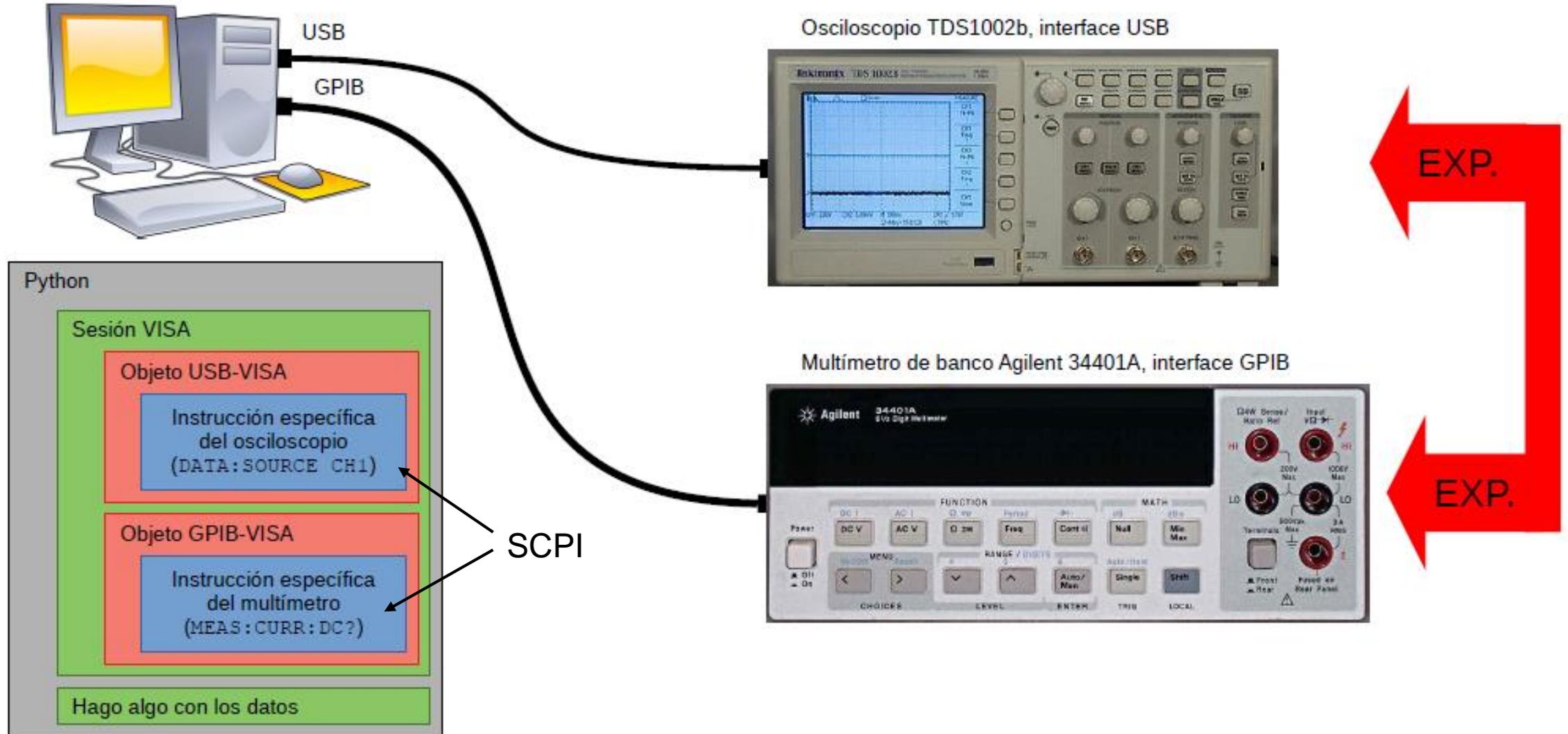
Si el instrumento tiene pantalla, a veces con el instrumento alcanza ...

# Comunicación con instrumentos

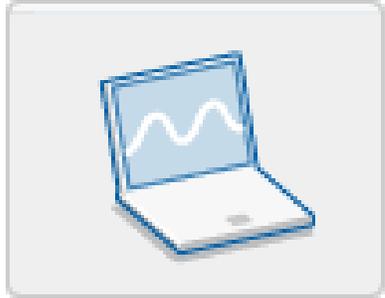


- Qué tipo de interface de hardware tengo? (USB, Puerto Serie o RS232, LAN, GPIB, etc)
- Sobre qué aplicación voy a trabajar? (En la PC: C++, Fortran (?), Python, Matlab, Labview, etc)
- Qué voy a ordenarle o pedirle al instrumento? (algo que el instrumento entienda; por ej SCPI)

# Comunicación con instrumentos



# Procesador (PC)



Desde el procesador se puede configurar el instrumento y adquirir los datos. La señal original es reconstruida desde los datos adquiridos por el software. Permite procesar, visualizar y almacenar datos de medida.

## Componentes del Software

### Controlador

permite que el sistema operativo de la PC pueda reconocer el dispositivo y dar así a los programas acceso al instrumento para escritura y lectura.

VISA

Virtual instrument software architecture

### Aplicación

facilita la interacción entre la PC y el usuario. Permite configurar el instrumento, adquirir, analizar y presentar datos de las mediciones. Eje: C++, Fortran (?), Python, Matlab, Labview, etc. En general se SCPI para la sintaxis de los comandos.

SCPI

Standard Commands for Programming Instruments

# Comunicándonos con Python

Usamos el paquete PyVisa  
(<https://pyvisa.readthedocs.io/en/latest/>)



## Ejemplo de comunicación con un instrumento

```
9 import pyvisa as visa
10
11 rm = visa.ResourceManager()
12
13 instrumentos = rm.list_resources()
14 print(instrumentos)

23 #Con ese nombre abro el vínculo con el osciloscopio
24
25 osc=rm.open_resource(instrumentos[0])
26 #osc=rm.open_resource('USB0::0x0699::0x0363::C065093::INSTR')
```

```
In [1]: runfile('C:/Users/User/Google Drive/Laboratorio 4 2dp2021/
Instrumentos/comunicación.py', wdir='C:/Users/User/Google Drive/
Laboratorio 4 2dp2021/Instrumentos')
('USB0::0x0699::0x0363::C065093::INSTR', 'ASRL4::INSTR',
'ASRL5::INSTR')
```

```
In [5]: instrumentos?
Type:      tuple
String form: ('USB0::0x0699::0x0363::C065093::INSTR', 'ASRL4::INSTR',
'ASRL5::INSTR')
Length:    3
```

osc es un objeto que representa a la comunicación con el instrumento

# ¿Qué comandos entiende VISA?

**write:** le enviamos un mensaje al instrumento

```
In [13]: osc.write('MEASU:MEAS3:SOURCE CH2')
Out[13]: 24

In [14]: osc.write('MEASU:MEAS3:TYPE CRMs')
Out[14]: 23
```

**read:** si el instrumento mandó un mensaje, lo leemos  
(si no mandó nada, obtendremos un timeout)

```
In [16]: osc.read
Out[16]: <bound method MessageBasedResource.read of
<'USBInstrument' ('USB0::0x0699::0x0363::C065093::0::INSTR')>>
```

**query:** enviar mensaje y leer respuesta luego

```
In [17]: osc.query('*IDN?')
Out[17]: 'TEKTRONIX,TDS 1002B,C065093,CF:91.1CT FV:v22.11\n'
```

# ¿Qué comandos entiende VISA?

```
In [18]: osc.query('MEASU:MEAS1:VAL?')  
Out[18]: '7.99999982E-2\n'
```

Podemos especificar el encoding

- `query_ascii_values`
- `query_binary_values`

```
In [19]: osc.query_ascii_values('MEASU:MEAS3:VAL?')  
Out[19]: [0.0282842703]
```

```
In [20]: CRMS1=osc.query_ascii_values('MEASU:MEAS3:VAL?')
```

```
In [21]: CRMS1?  
Type:      list  
String form: [0.0163299311]  
Length:    1
```

# ¿Qué comandos entiende VISA?

## LEER EL MANUAL DEL INSTRUMENTO!!!!

MEASUrement:IMMed:SOUrce[1]      Set or query the channel for immediate measurement

Ej.: osc.write('MEAS:INM:SOU CH1')

MEASUrement:IMMed:TYPe      Set or query the immediate measurement to be taken

MEASUrement:IMMed:UNIts?      Return the immediate measurement units

MEASUrement:IMMed:VALue?      Return the immediate measurement result

[http://materias.df.uba.ar/l4a2021c2/files/2021/02/TBS1000-B-EDU-TDS2000-B-C-TDS1000-B-C-EDU-TDS200-TPS2000-Programmer\\_EN-US-RevA.pdf](http://materias.df.uba.ar/l4a2021c2/files/2021/02/TBS1000-B-EDU-TDS2000-B-C-TDS1000-B-C-EDU-TDS200-TPS2000-Programmer_EN-US-RevA.pdf)

Scripts con comandos básicos para el osciloscopio y el generador de ondas:

<https://nube.df.uba.ar/index.php/s/Ma6cJ4mkPxNRwxJ>

# Scripts de comunicación

---

 `generador_Basico.py`

---

 `TDS1002B_Basico.py`

---

 `TDS1002B_Adq.py`

Armar un script que varíe la frecuencia del generador y adquiera para cada frecuencia el valor VRMS de cada canal