

# Introducción

Señales y Sistemas  
Juan Cardelino  
juan@fing.edu.uy

Centro Universitario Regional Litoral Norte  
Sede Paysandú  
Licenciatura en Ingeniería Biológica

Curso 2016



# Introducción

## Señales y Sistemas

- ▶ Introducción a la teoría de Señales
- ▶ Introducción a la teoría de Sistemas
- ▶ Sistemas Lineales Invariantes en el Tiempo
- ▶ Series y transformadas de Fourier en tiempo continuo
- ▶ Series y transformadas de Fourier en tiempo discreto
- ▶ Muestreo y cuantización
- ▶ Transformada de Laplace
- ▶ Transformada Z
- ▶ Filtrado de Señales
- ▶ Aplicacion

# Introducción

## Bibliografía

### Procesamiento de señales

Alan V. Oppenheim, Ronald W.  
Schafer  
Tratamiento de señales en  
tiempo discreto  
3ra edición, 2009.

### Sistemas de comunicación

Bruce Carlson, Paul. B. Crilly  
Sistemas de Comunicación  
4ta edición, 2002

Bibliografía complementaria: [?, ?, ?]

# Introducción

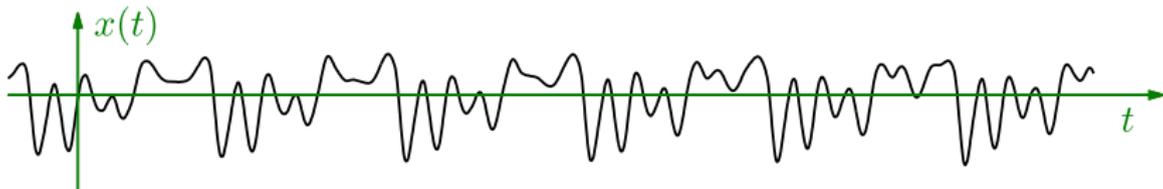
## Señal

Función de una o varias variables independientes que contiene algún tipo de información.

## Ejemplo: señal de voz

Presión de aire en función del tiempo en cierto punto del espacio (*señal acústica*).

Tensión eléctrica en el cable del micrófono en función del tiempo (*señal eléctrica*).



## Características

- ▶ **Señal de una dimensión.** La señal es función de una única variable independiente: el tiempo ( $t$ ).
- ▶ **Señal en tiempo continuo o analógica.** La variable independiente es continua, es decir, puede tomar cualquier valor real arbitrario.

# Introducción

## Ejemplo de señal multidimensional: imagen



Jean-Baptiste Joseph Fourier  
1768-1830

- ▶ Representación visual en dos dimensiones que manifiesta la apariencia visual de un objeto real o imaginario.
- ▶ La señal es en este caso

*Luminosidad(horiz, vert)*

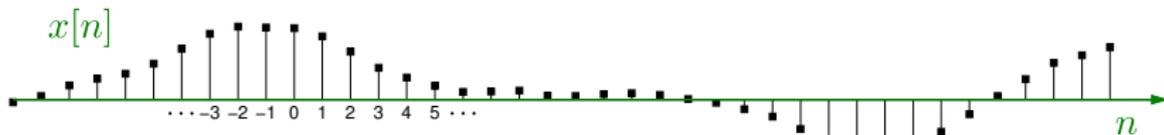
- ▶ **Señal de dos dimensiones.** La señal es función de dos variables espaciales: la posición en el eje horizontal y la posición en el eje vertical.
- ▶ Una imagen es intrínsecamente **analógica**, porque las variables independientes espaciales son continuas.

# Introducción

Las señales de voz y las imágenes son intrínsecamente analógicas debido a que son funciones de variables continuas.

## Señal en tiempo discreto

La señal es función de una o varias variables independientes, pero las variables independientes solo toman valores enteros.



Señal en tiempo discreto de una dimensión

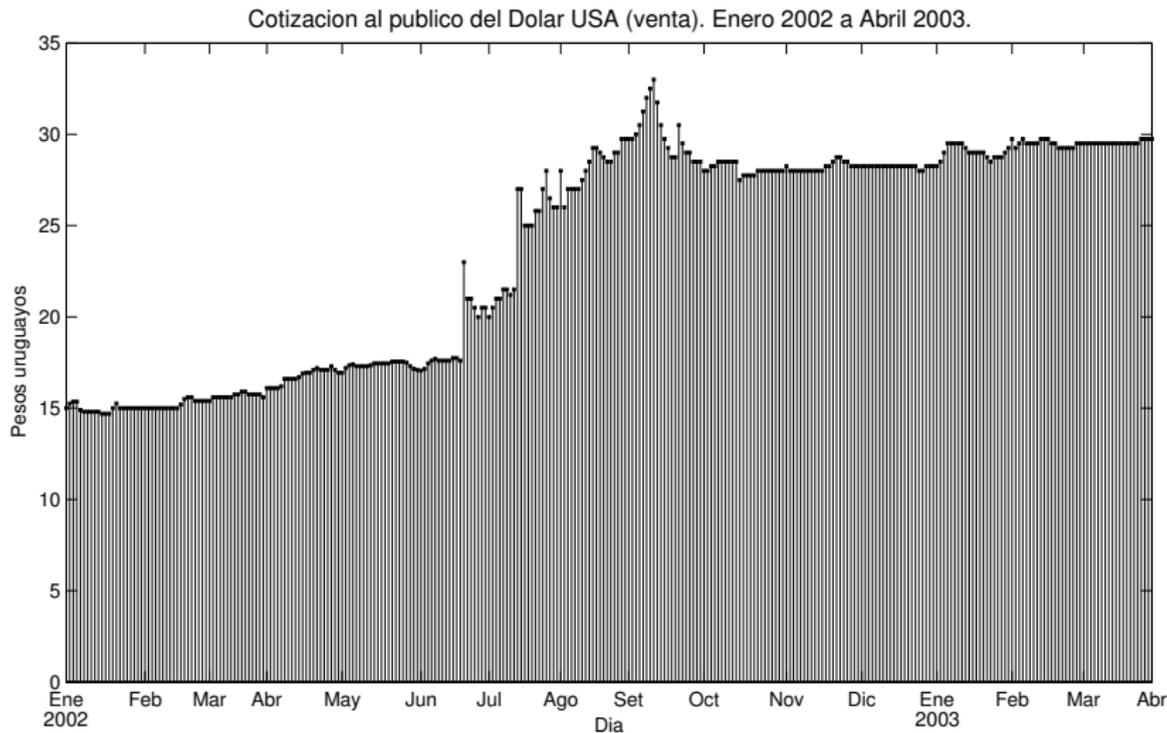
- ▶ Análogamente al caso en tiempo continuo, la **señal discreta** puede ser multidimensional

señal en tiempo discreto de dos dimensiones  $x[n, m]$

- ▶ Las señales en tiempo discreto aparecen en casi todas las áreas de la ciencia (ejemplos: datos climáticos, series temporales en economía)

# Introducción

## Ejemplo: evolución de la cotización del dólar



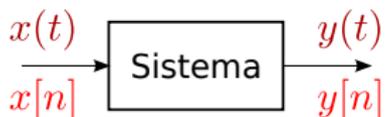
Datos obtenidos del *Instituto Nacional de Estadística*

<http://www.ine.gub.uy/preciosysalarios/cotizacion.asp?Indicador=cotizacion>

# Introducción

## Sistema

- ▶ Un sistema toma una señal a la entrada y la modifica mediante una operación matemática resultando en una señal de salida.
- ▶ Enfoque de caja negra



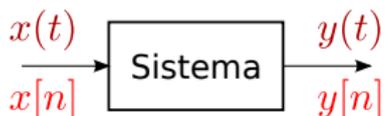
- ▶ Sistema en tiempo continuo
- ▶ Sistema en tiempo discreto

- ▶ Visión dual: Análisis vs Síntesis.
- ▶ Análisis: Modelado de sistemas
- ▶ Síntesis: Procesamiento de Señales

# Introducción

## Sistema

- ▶ Un sistema toma una señal a la entrada y la modifica mediante una operación matemática resultando en una señal de salida.



- ▶ Sistema en tiempo continuo
- ▶ Sistema en tiempo discreto

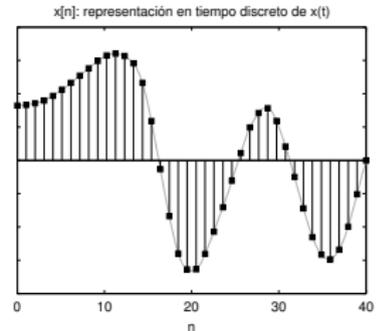
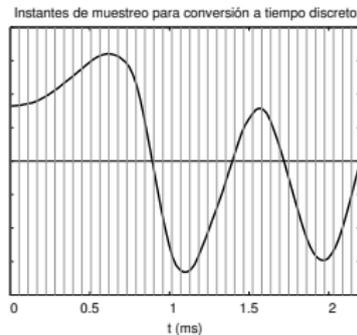
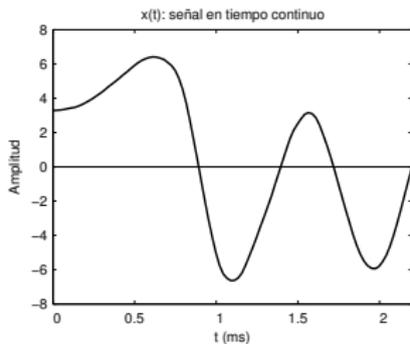
- ▶ Los sistemas son difíciles de tratar porque se definen de forma muy amplia y general.
- ▶ Clasificación de sistemas
  - ▶ Lineal
  - ▶ Invariante en el tiempo
  - ▶ No lineal
  - ▶ Variante en el tiempo
- ▶ En el curso vamos a estudiar un tipo particular de sistemas que poseen gran utilidad práctica y tienen características que facilitan el análisis:

Sistemas lineales e invariantes en el tiempo (SLIT)

# Introducción

## Señal en tiempo discreto

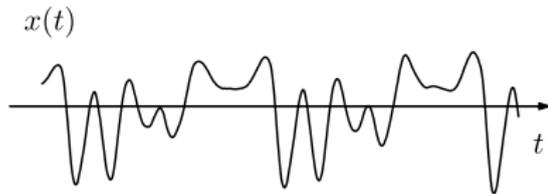
- ▶ Existen señales que son intrínsecamente de tiempo discreto.
- ▶ También es posible construir señales en tiempo discreto a partir del **muestreo** de señales en tiempo continuo.



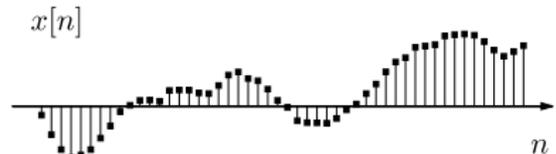
- ▶ ¿Se pierde información? ¿Es posible reconstruir la señal analógica original a partir de la señal en tiempo discreto?
- ▶ **Teorma de muestreo**: se puede demostrar que bajo ciertas condiciones (las muestras se toman suficientemente juntas) no se pierde información.

# Introducción

Señal en tiempo continuo



Señal en tiempo discreto



## Procesamiento de señales

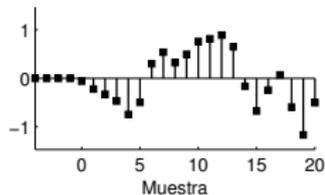
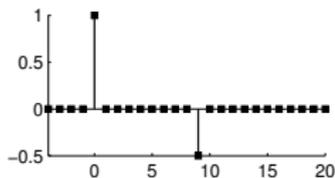
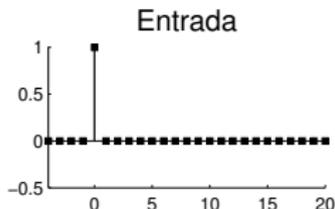
- ▶ El procesamiento de señales es el conjunto de técnicas y algoritmos para manipular señales.

Atenuación de interferencias	Eliminación de ruido u otras señales interferentes en transmisión
Resaltado de características de interés y mejora de la calidad	Resaltado de imágenes o señales de voz deterioradas
Extracción de información de alto nivel	Reconocimiento de voz, identificación del hablante, visión artificial
Compresión de datos para almacenamiento o transmisión	Compresión de audio (mp3), compresión de imágenes (jpg)
Predicción de valores futuros de la señal	Predicción climática, sísmica, de variables económicas

# Introducción

Respuesta al impulso de sistema lineal invariante en el tiempo

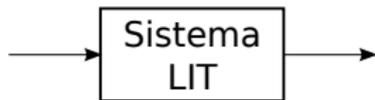
Principio de superposición: conociendo la respuesta al impulso, se puede calcular la respuesta del sistema a cualquier entrada



Si la entrada es un impulso  $\delta[n]$ , la salida es la respuesta al impulso  $h[n]$ .

$\delta[n]$

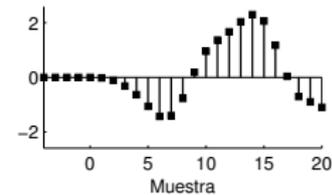
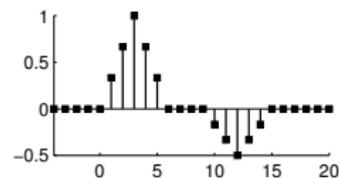
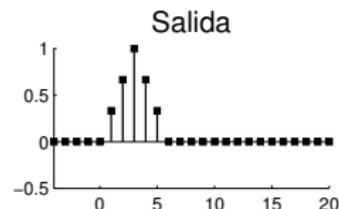
$h[n]$



$x[n]$

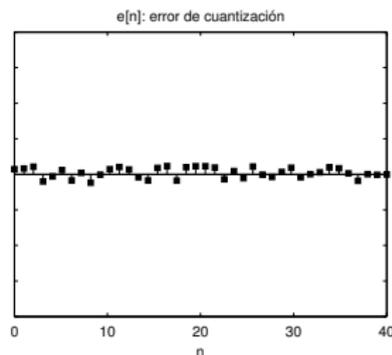
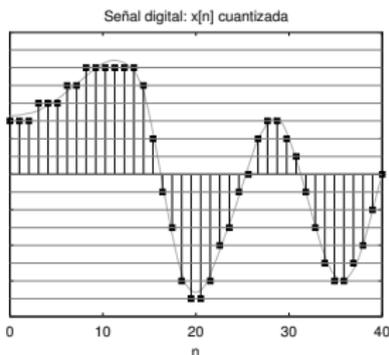
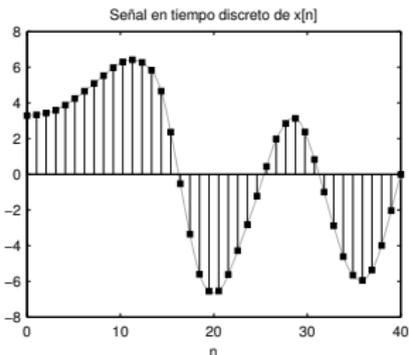
$x[n]*h[n]$

Si la entrada es  $x[n]$  arbitraria, la salida es la convolución entre  $x[n]$  y  $h[n]$ .



# Introducción

## Señal digital



$n$	$x[n]$	$\hat{x}[n]$	Representación binaria (4 bits)	$e[n] = x[n] - \hat{x}[n]$
0	3.28582763671875 ...	3	0011	0.28582763671875 ...
1	3.32600252072388 ...	3	0011	0.32600252072388 ...
2	3.42941229539536 ...	3	0011	0.42941229539536 ...
3	3.59084930367177 ...	4	0100	-0.40915069632823 ...
4	3.87660143251529 ...	4	0100	-0.12339856748471 ...
5	4.23978288513508 ...	4	0100	0.23978288513508 ...
6	4.65752021008642 ...	5	0101	-0.34247978991358 ...
7	5.08101069504742 ...	5	0101	0.08101069504742 ...
8	5.52344033730461 ...	6	0110	-0.47655966269539 ...
9	5.97233525658709 ...	6	0110	-0.02766474341291 ...

# Introducción

## Señal digital

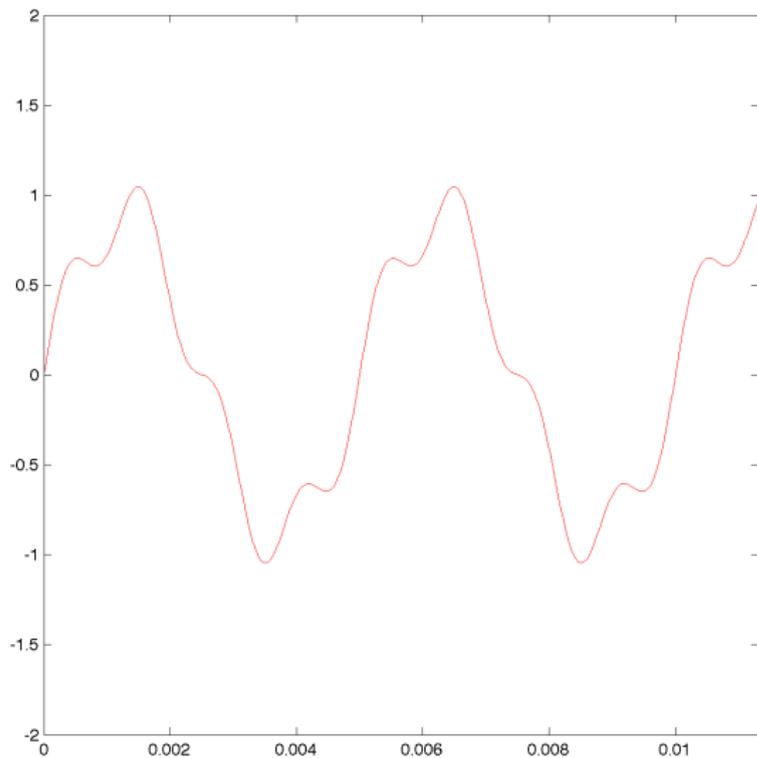
- ▶ Las muestras de la señal en tiempo discreto pueden tomar cualquier valor real. En el ejemplo, toman valores en el intervalo  $[-8, 8]$ .
- ▶ En una computadora, solo es posible almacenar números con precisión finita.
  - ▶ El rango dinámico de la señal se divide en  $M$  niveles ( $M = 16$  en el ejemplo).
  - ▶ Cada muestra se aproxima al nivel más cercano.
  - ▶ A cada nivel se le asigna un código binario.
- ▶ Este proceso para obtener una señal digital se denomina **cuantización**.
- ▶ Mediante la cuantización se convierte la variable dependiente (por ejemplo, voltaje) de continua a discreta.
- ▶ El proceso de cuantización introduce un error inevitable denominado **ruido de cuantización**.

### Código complemento a 2

Decimal	Código binario
7	0111
6	0110
5	0101
4	0100
3	0011
2	0010
1	0001
0	0000
-1	1111
-2	1110
-3	1101
-4	1100
-5	1011
-6	1010
-7	1001
-8	1000

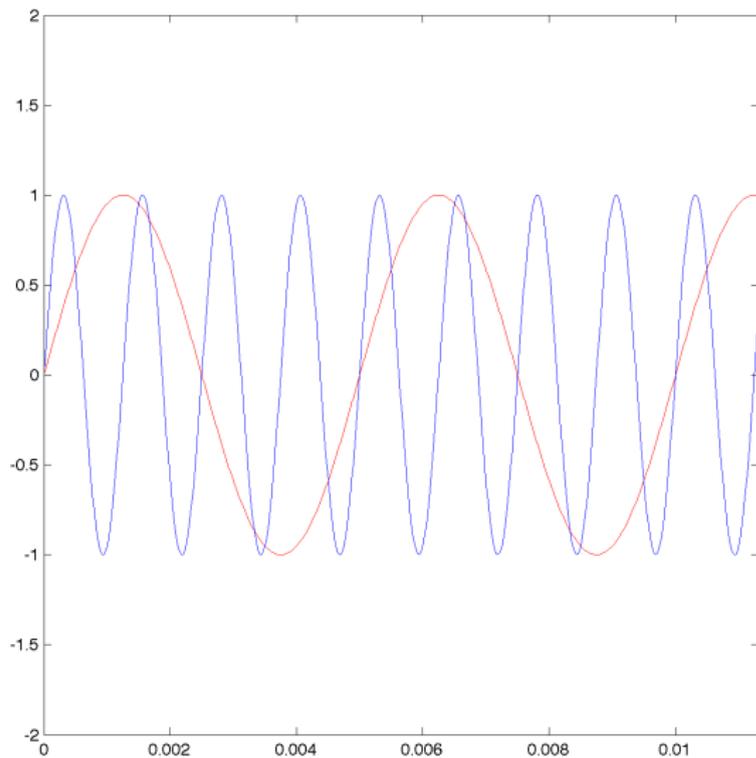
# Introducción

## Análisis



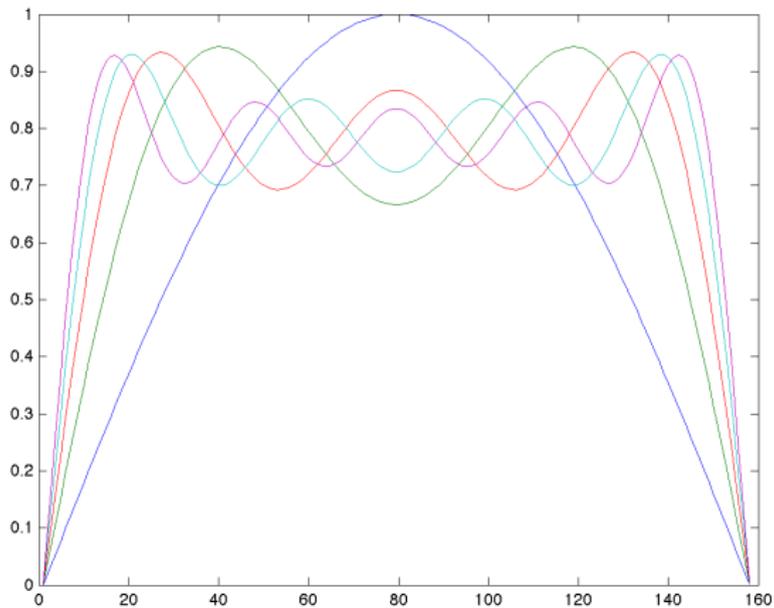
# Introducción

## Análisis



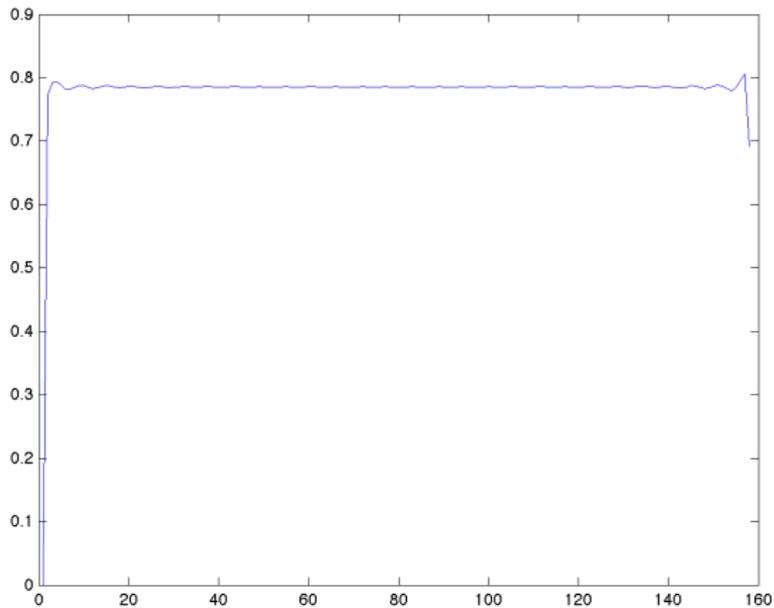
# Introducción

## Síntesis



# Introducción

## Síntesis



# Introducción

## Procesamiento de señales digitales

- ▶ Muchas señales son de naturaleza analógica (audio, imágenes).
- ▶ Es conveniente trabajar con señales digitales, incluso cuando la conversión al dominio digital sea mas costoso que el procesamiento analógico que se desea realizar.
  - ▶ gran potencia y flexibilidad de algoritmos que procesan señales digitales
  - ▶ posibilidad de incluir códigos de detección y corrección de errores
  - ▶ posibilidad de comprimir los datos
  - ▶ fidelidad en la réplica de la información digital
- ▶ El esquema para el procesamiento digital de señales analógicas es el siguiente:



## Referencias I