

Curso: Tratamiento de Señales I [COD: 2535630]

Profesores: Juan Rafael Orozco Arroyave [rafael.orozco@udea.edu.co]
Daniel Escobar Grisales [daniel.esobar@udea.edu.co]

Oficinas: 18-339B - 19-428

Horario de atención: *Google meet* mediante cita previa solicitada por correo electrónico — También de manera presencial.

Herramientas para el curso

- Docente auxiliar: Angee Lorena Ocampo
[angee.ocampo@udea.edu.co]
- Monitor: Felipe Zuluaga [felipe.zuluaga1@udea.edu.co]
- Dirección electrónica del curso: [senales.udea@gmail.com]
- Página web <http://gitaudea.wixsite.com/teoria-senales-udea>
- Taller 0: descargar de la página web del curso

Distribución de capítulos

- Ch 1 Señales y sistemas en tiempo continuo (t) y tiempo discreto (n)
- Ch 2 Variable aleatoria y procesos estocásticos
- Ch 3 Análisis en frecuencia de sistemas continuos y discretos
- Ch 4 Filtrado y bancos de filtro
- Ch 5 Modelado de señales del mundo real

Programación detallada con fechas, ver anexo.

Bibliografía útil para este curso y para la vida de Ingeniero

- Bernard Sklar, “Digital Communications”, Ed. Prentice Hall
- B.P Lathi, “Modern Digital and Analog Communication Systems”, Ed. Oxford University Press
- Matthew A. Carlton and Jay L. Devore, “Probability with applications in Engineering, Science and Technology”, Springer 2017
- A. Bruce Carlson et al., “Communication Systems: An introduction to signals and noise in Electrical Communication”, Ed. McGraw-Hill
- Luis F. Chaparro. Signals and Systems Using Matlab. Ed. Elsevier
- J.G. Proakis y D.G. Manolakis, “Tratamiento digital de señales”, Ed. Prentice Hall
- Google®
- Artículos científicos
- Otros de los muchos libros que hay disponibles sobre cada tema del curso

Lineamientos Generales

- Se recomienda leer el tema antes de ingresar al aula.
- Los micrófonos estarán silenciados todo el tiempo.
- Se espera de los estudiantes una actitud proactiva durante el curso, y se les motiva para que hagan preguntas y cuestionen los conceptos que se presentan en éste.
- No es permitido el uso de dispositivos electrónicos (favor apagarlos).
- **La asistencia al aula de clase es obligatoria.**

Las diapositivas son una guía para la clase. No reemplazan el material que se encontrará en los libros y en los artículos científicos. Podrá haber clases que no tengan diapositivas.

El material principal de estudio son los libros para el curso.

Ver guía de libros para el curso¹.

¹<https://docs.google.com/document/d/1MjdVQfYGGVBJaursGHSrC00YDl-Ekbcc/edit>

Lineamientos Generales (Cont.)

Evaluación

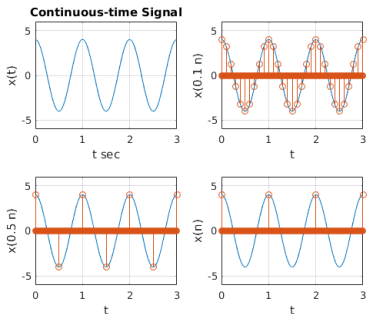
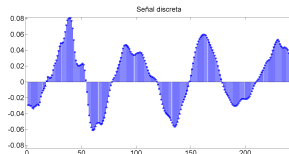
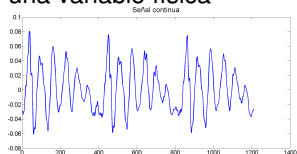
- Examen # 1 (teórico): 15 %
- Examen # 2 (teórico): 15 %
- Examen # 3 (teórico): 20 %
- Examen # 4 (teórico-acumulativo): 15 %
- Trabajo final # 5 (práctico*): 15 %
- Laboratorio*: 20 %

Se asume una actitud profesional y honesta de todos los estudiantes

No se permite el uso de dispositivos electrónicos diferentes al computador usado por el estudiante para leer su examen

* Requiere sustentación.

SEÑAL: Función univariada del tiempo & Representación matemática de una variable física



Señal continua y señal muestreada a diferentes tasas de muestreo.

Señales del mundo real

Speech



Handwriting



Gait



Video



Rostro y estado de ánimo



Tomado y adaptado de: S. Du, Y. Tao, A.M. Martinez, "Compound facial expressions of emotion", Proceedings of the NAS, 2014.

Rostro y Parkinson

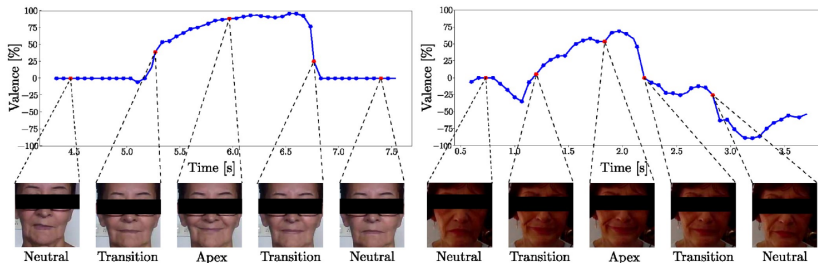


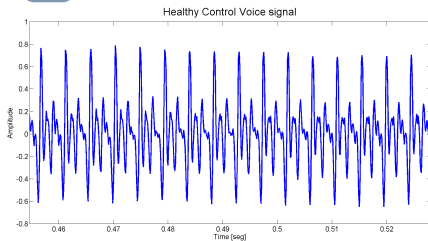
Fig 2. Facial expression stages according to the elicited valence measured with the Affectiva tool. (left) Healthy woman, 63 years old; (right) Woman with Parkinson's disease, 67 years old, FE item = 2.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281248.g002>

Tomado de: Gómez L.F., Morales A., Fierrez J., and Orozco-Arroyave J.R., "Exploring facial expressions and action unit domains for Parkinson detection", PloS ONE, 18(2):e0281248, 2023.

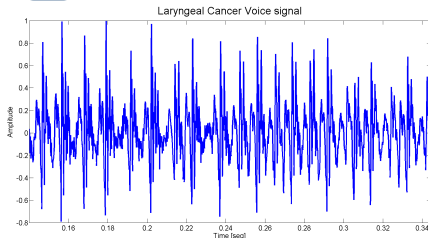
Persona sana

Play

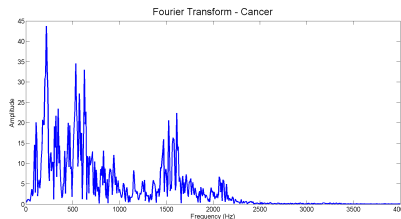
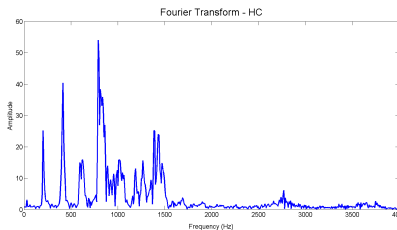


Paciente con cáncer de laringe

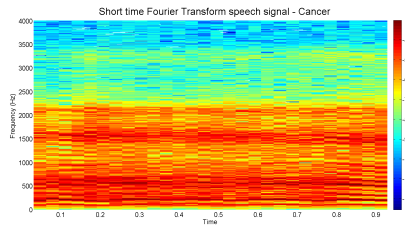
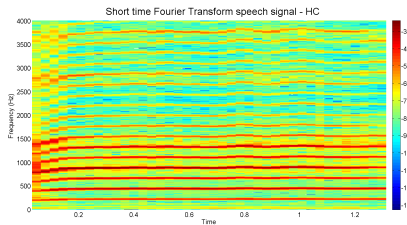
Play



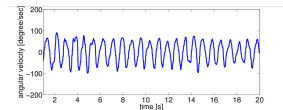
Tal vez analizar la señal directamente en el dominio del tiempo no sea suficiente → existen otros dominios, como el de la frecuencia.



O tal vez el espectrograma nos aporte más información.

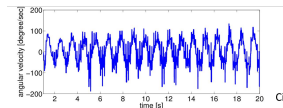


Veamos otras señales del mundo real



Control

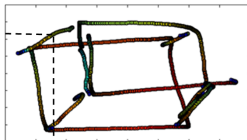
— Gyroscope
(transversal)



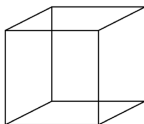
PD patient
Intermediate stage

Circling foot movement

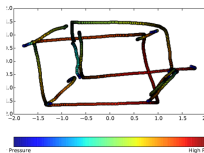




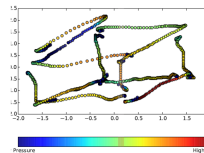
Template



Patient 23: UPDRS=19



Patient 6: UPDRS=81

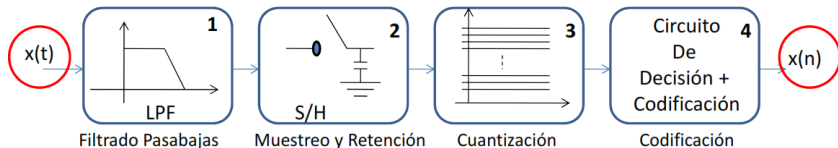




Cómo es posible representar señales del mundo real (análogas) en un computador?

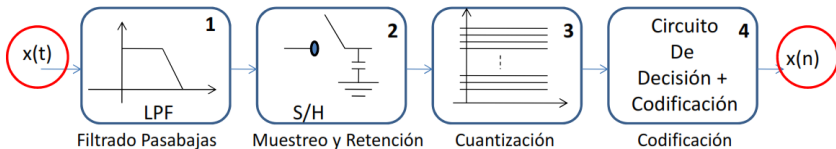
Proceso de conversión de análogo a digital

Gran parte de este curso se desarrolla alrededor de este proceso, así que lo vamos a recorrer paso a paso de manera detallada mientras estudiamos otros conceptos alrededor de cada etapa.



Proceso de conversión de análogo a digital

Gran parte de este curso se desarrolla alrededor de este proceso, así que lo vamos a recorrer paso a paso de manera detallada mientras desarrollamos otros conceptos alrededor de cada etapa.



Proceso de filtrado – LPF:

Se aplica para limitar la banda de la señal a procesar. Esto permite saber cuál será la frecuencia máxima (f_m) en la señal y así poder aplicar el **teorema del muestreo de Shannon-Nyquist** tal que $f_s \geq 2f_m$.

Estrategias de muestreo

- Muestreo y retención (S/H)
- Muestreo ideal
- Muestreo con tren pulsado (real)

Estrategias de muestreo

- Muestreo y retención (S/H)
- Muestreo ideal
- Muestreo con tren pulsado (natural)

Si $x(t)$ es una señal analógica y la queremos muestrear a un periodo T_s , entonces:

$$x(n) = x(nT_s), \quad -\infty < n < \infty \quad n \in \mathbb{Z}^+$$

$\frac{1}{T_s} = F_s$: Frecuencia de muestreo (en Hz) ó velocidad de muestreo (en muestras/seg)

El tiempo analógico queda “redefinido” en función de T_s así:

$$t = nT_s = \frac{n}{F_s}$$

Concepto de frecuencia normalizada

Considere la señal senoidal analógica $x_a(t) = A \cos(2\pi F t + \theta)$

F : frecuencia analógica.

La señal puede ser muestreada así:

$$x(nT_s) = A \cos(2\pi F n T_s + \theta), \quad \text{pero} \quad nT_s = \frac{n}{F_s}$$

$\Rightarrow$

$$x(nT_s) = A \cos\left(2\pi n \frac{F}{F_s} + \theta\right)$$

En forma general, las señales senoidales se expresan como

$x(n) = A \cos(2\pi n f + \theta)$, entonces:

$$f = \frac{F}{F_s} \quad \text{Frecuencia normalizada}$$

De manera similar podemos hacer la definición en rad/s.

$$2\pi f = \frac{2\pi F}{F_s}$$

Pero $\omega = 2\pi f$ y $\frac{1}{F_s} = T_s$

$\therefore$

$$\omega = \Omega T_s$$

Veamos ahora cuáles son los rangos de frecuencia para trabajar con señales discretas.

$$-\infty < F < \infty$$

$$-\infty < \Omega < \infty \quad \text{analógicas}$$

$$-\frac{1}{2} < f < \frac{1}{2}$$

$$-\pi < \omega < \pi \quad \text{porque} \quad \omega = 2\pi f$$

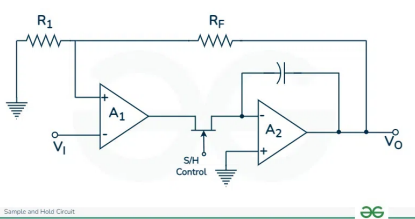
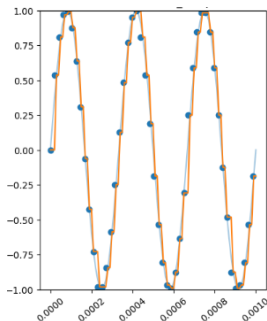
Cada 2π repito el espectro
(periódico)

$$-\frac{F_s}{2} < F < \frac{F_s}{2}$$

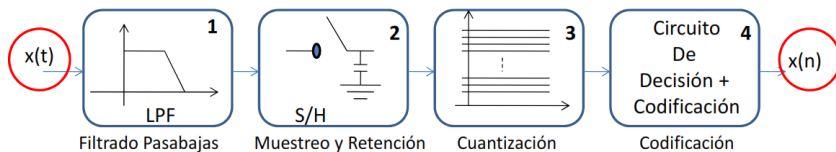
$$-\frac{\pi}{T_s} < \Omega < \frac{\pi}{T_s}$$

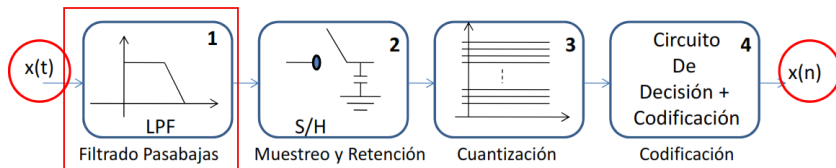
Note que la frecuencia máxima que se podrá observar una vez la señal haya sido muestreada es $F_{\text{máx}} = \frac{F_s}{2}$ o equivalentemente $\Omega_{\text{máx}} = \frac{\pi}{T_s}$.

Circuito de muestreo y retención

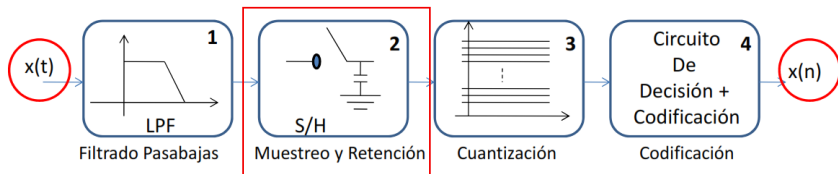


Tomado de
<https://www.geeksforgeeks.org/sample-and-hold-circuit/>

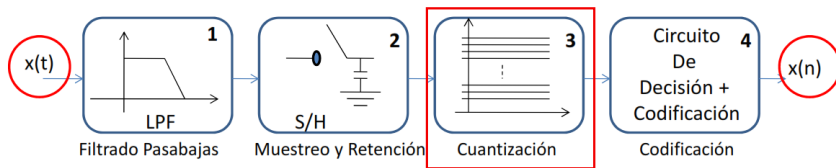




Veamos algunos ejemplos en Colab.



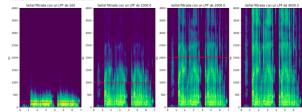
Veamos algunos ejemplos en Colab.



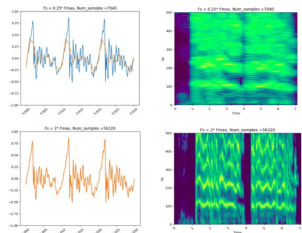
Veamos algunos ejemplos en Colab.

En resumen

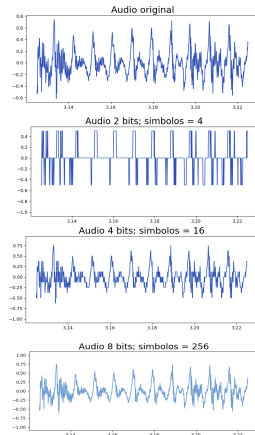
Filtrado



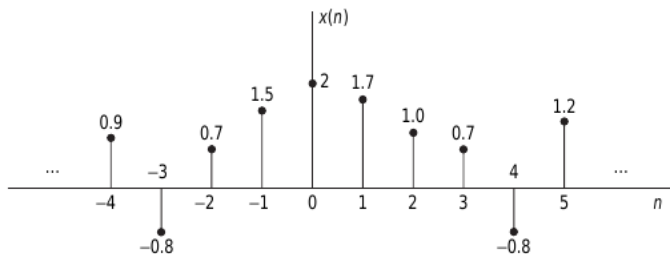
Muestreo



Cuantización de audio



∴ la cuantización tiene un efecto exponencial.



Ahora que conocemos al menos un método para generar señales (y sistemas) de tiempo discreto, vamos a estudiar algunos tipos de señales y sistemas tanto analógicos como de tiempo discreto².

²Figura tomada de J. Proakis and D. Manolakis. "Tratamiento digital de señales". Prentice Hall.