



# Sistemas y Señales I

## Trabajo Práctico N° 1 Introducción a Matlab

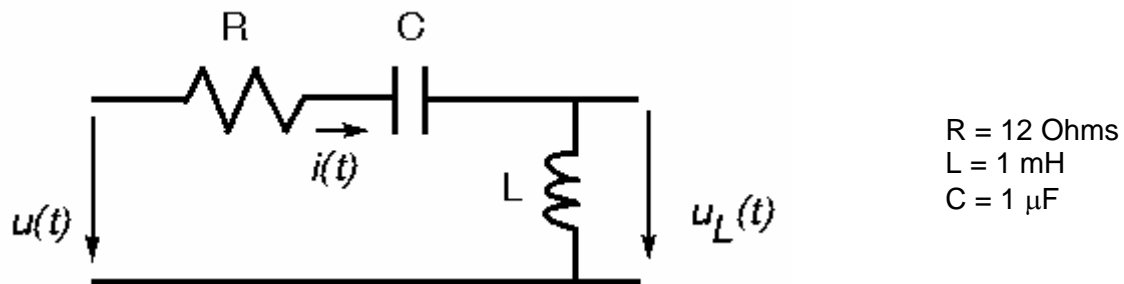
### Problemas a Incluir en el Informe del TP

**Autores:** Cátedra SyS-I

Abril de 2021

### Problema 1: Circuito RLC

La Figura 1 corresponde a un circuito RLC serie.



**Figura 1:** Circuito RLC serie.

- Escriba la ecuación diferencial ordinaria que describe la dinámica del circuito, tomando como **entrada la tensión  $u(t)$**  y como **salida la carga  $q(t)$  del capacitor.**
- Escriba un sistema de dos ecuaciones diferenciales de primer orden en las variables  **$x_1(t) = q(t)$  y  $x_2(t) = i(t)$** , equivalente a la ecuación diferencial obtenida en el apartado a.
- Escriba un script Matlab que implemente la integración numérica de las ecuaciones del apartado b., usando la aproximación de Euler de primer orden de las derivadas  $x_1'(t)$  y  $x_2'(t)$ , y realice la **simulación para una entrada pulso rectangular de amplitud 1 V y duración 10 ms en la tensión  $u(t)$** , a partir de condiciones iniciales nulas en las variables  $x_1(t)$  y  $x_2(t)$ . Realice la simulación con un tiempo total de integración de 20 ms. Utilice el comando `plot` para graficar la tensión en el capacitor  $u_c(t)$ , la tensión en la inductancia  $u_L(t)$  y la corriente por la inductancia  $i(t)$ , en función del tiempo. Considere los siguientes pasos de integración numérica:

$$\text{c1. } T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{100\sqrt{1 - \frac{R^2C}{4L}}}$$

$$\text{c2. } T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{15\sqrt{1 - \frac{R^2C}{4L}}}$$

Comente sobre los resultados obtenidos.

- Considere ahora entradas senoidales de la forma:

$$u(t) = \sin(2\pi Ft)$$

Como es de su conocimiento (Teoría de Circuitos), cuando el circuito de Fig. 1 se excita con una tensión senoidal, las corrientes y tensiones alcanzan un régimen permanente senoidal, una vez extinguido el transitorio inicial. Con el objetivo de estudiar el comportamiento en frecuencia del circuito (respuesta en frecuencia) realice simulaciones con entradas senoidales de distintas frecuencias y mida la amplificación (atenuación) que introduce el circuito, realizando el cociente entre la amplitud de la salida del mismo (tensión en la inductancia  $u_L(t)$ ) en régimen permanente senoidal y la amplitud de la entrada (tensión  $u(t)$ ). Realice un plot de la amplificación (expresada en decibeles (dB)) en función de la frecuencia  $F$  en escala logarítmica, es decir:

$$20\log_{10}\left(\frac{\text{Amplitud salida}}{\text{Amplitud entrada}}\right) \text{ vs. } \log_{10} F$$

Esta gráfica es la denominada **respuesta en frecuencia de amplitud**. Similarmente se puede medir el desfase entre la senoide de entrada y la señal de salida en régimen permanente senoidal, en función de la frecuencia  $F$ , lo que constituye la denominada **respuesta en frecuencia de fase**.

Considere las siguientes frecuencias de la señal de entrada para realizar las simulaciones: 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, 4700 Hz, 5000 Hz, 5300 Hz, 5500 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz y 10000 Hz.

- e. Determine la frecuencia donde la respuesta en frecuencia de amplitud determinada en el apartado d. tiene un máximo. Compárela con la frecuencia  $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ .

## **Problema 2: Localización y seguimiento de una fuente sonora**

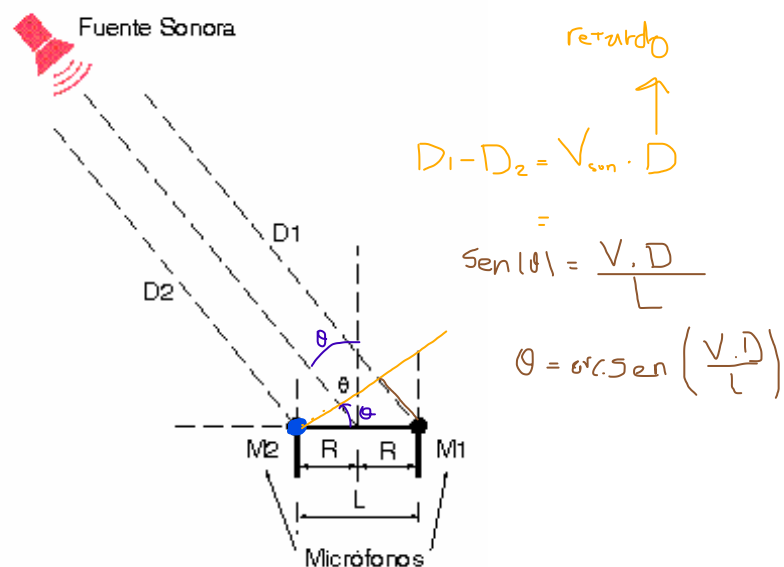
En las últimas décadas, una intensa actividad de investigación se ha llevado a cabo en el área de localización de fuente (*source localization*), principalmente para aplicaciones de radar, sonar, localización en telefonía móvil, sistemas de navegación y posicionamiento global, arreglo de sensores, robótica, interacción humano-computadora, detección y seguimiento de locutor, video conferencias, etc. En particular, la localización de fuente sonora (**SSL**: *Sound Source Localization*) se ha convertido en una importante área de investigación debido a que la mayoría de los sistemas de reconocimiento de habla, voz, y eventos asumen el conocimiento de la posición de la fuente sonora [3].

Diversas técnicas de SSL han sido propuestas en la literatura. La mayoría de las técnicas se basan en el hecho de que la señal de una fuente sonora se ve sometida a diferentes retardos y atenuaciones cuando alcanza un número de sensores separados espacialmente. Tanto la atenuación como el retardo temporal dependen de la distancia entre la fuente y los sensores.

Una de las técnicas clásicas de SSL es la basada en la Estimación del Tiempo de Retardo (**TDE**: *Time Delay Estimation*) en un arreglo de micrófonos, que ha probado ser un marco metodológico de alta eficiencia para la localización de fuente sonora. Estas técnicas son también conocidas como **TDOA** (Time Difference of Arrival), o **ITD** (Interaural Time Difference). Otras técnicas para SSL están basadas en mediciones de energía de las señales para localizar la fuente sonora. Una de las más difundidas es la denominada Diferencia de Nivel Interaural (**ILD**: *Interaural Level Difference*) que mide la diferencia de energía de las señales recibidas por diferentes micrófonos de un arreglo.

Para el caso de SSL en dos dimensiones en ambientes interiores, el uso de técnicas combinadas TDE-ILD permite reducir el número de micrófonos en el arreglo a sólo dos [1],[2]. Típicamente en este caso se asume la hipótesis de campo-lejano (*far-field*) que permite considerar un frente de onda plano de la señal acústica.

En este problema se pretende determinar del ángulo de arribo de la señal de una fuente sonora mediante un arreglo lineal de dos micrófonos en la disposición esquemáticamente representada en la Figura 2. A partir de la señal recibida por los dos micrófonos se deberá computar el ángulo  $\theta$  de arribo del frente de onda. La distancia  $L$  entre los micrófonos se asume conocida.



**Figura 2:** Arreglo de micrófonos y fuente sonora.

- Hallar una expresión para el cálculo del ángulo  $\theta$  de arribo del frente de onda acústico. Asuma que la velocidad de propagación del sonido en el aire es  $c = 343,2$  m/s, y que la distancia entre micrófonos es  $L = 0.2$  m. Note que el ángulo  $\theta$  depende de la diferencia  $\Delta t$  entre los tiempos de arribo del frente de onda a cada uno de los micrófonos, que a su vez depende de la diferencia ( $D_1 - D_2$ ) entre las distancias entre la fuente sonora y cada micrófono.
- Los archivos `datos_1.wav`, `datos_2.wav`, `datos_3.wav`, `datos_4.wav`, `datos_5.wav`, `datos_6.wav`, `datos_7.wav`, `datos_8.wav`, y `datos_9.wav` contienen las señales captadas por ambos micrófonos para 9 posiciones distintas de la fuente sonora. Los archivos pueden cargarse en el espacio de trabajo de Matlab usando el comando `wavread`, con la siguiente sintaxis:

```
[y, Fs] = wavread('datos.wav');
```

donde  $y$  es una matriz con dos columnas conteniendo en cada una de ellas la señal de cada micrófono, y donde  $F_s$  es la frecuencia de muestreo.

Determine el ángulo asociado a cada uno de los archivos, justificando el procedimiento empleado, e indicando si es hacia la derecha o hacia la izquierda de la posición correspondiente a  $\theta = 0^\circ$ .

- Determine cuál es el mínimo ángulo que puede detectarse (resolución) y analice si esa resolución es constante para ángulos entre  $-90^\circ$  y  $90^\circ$ .

### Referencias

- [1] Ho, K.C. and Sun, M..An Accurate Algebraic Closed-Form Solution for Energy-Based Source Localization, *IEEE Transactions on Audio Speech and Language Processing*, Vol. 15, No. 8, pp. 2542-2550, 2007.
- [2] Ho, K.C. and Sun, M.. Passive Source Localization Using Time Differences of Arrival and Gain Ratios of Arrival, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 56, No. 2, pp. 464-477, 2008.
- [3] Pourmohammad, A and Ahadi, S.M. N-dimensional N-microphone sound source Localization, *EURASIP Journal on Audio, Speech and Music Processing*, **2013**: 27, pp. 1-19, 2013.