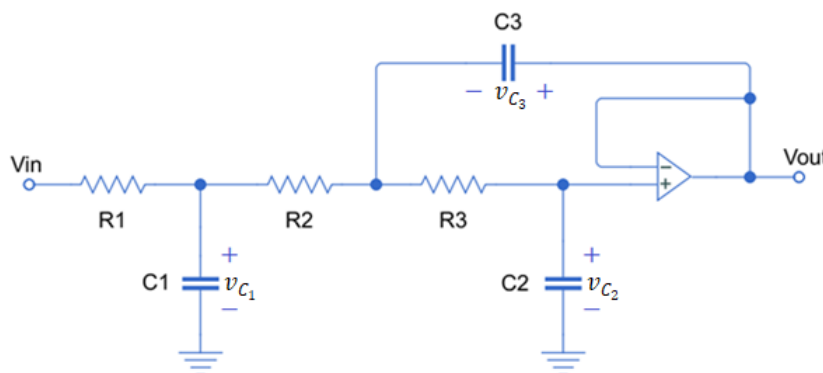


## Lab 5: Trayectorias de las Variables de Estado; Linealización

### Objetivos

- Verificar las trayectorias de las variables de estado del circuito estudiado anteriormente, en simulación y en físico.
- Introducir no linealidades al circuito y observar su respuesta.
- Usar Simulink para linealizar el sistema y comparar la simulación con lo observado experimentalmente.

**Duración:** 1½ sesiones



**Figura 1.** Circuito a trabajar.  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_3 = 10 \text{ }\mu\text{F}$ .

### Primera Parte: Circuito Original

En la práctica del lab 3 ustedes obtuvieron distintas representaciones en el Espacio de Estados para el circuito mostrado en la Figura 1. En esta práctica armarán el circuito en un protoboard, harán varias mediciones, y compararán sus resultados con lo obtenido en Matlab/Simulink.

Usarán los mismos valores de resistencia y capacitancia usados anteriormente.

1. Usen el circuito armado en Simulink en la práctica 1 (con componentes de Simscape). Usen como entrada una señal cuadrada: 0 – 5 V, 0.667 Hz, ciclo de trabajo del 50%. Usen bloques Scope para medir las trayectorias de las variables de estado (voltajes en los capacitores). **Muestren lo correspondiente a 2 períodos de la señal de entrada. Guarden las gráficas. Deberán incluirlas en el reporte.**

**Nota:** Para medir el voltaje  $v_{C_3}$ , deberán usar dos sensores de voltaje, uno en cada terminal del capacitor. La resta de esas mediciones es la señal de voltaje deseado. Las mediciones deben ser consistentes con las polaridades de los voltajes, como se muestran en la Figura 1.

- Ahora usarán el modelo del sistema, y **generarán y graficarán las trayectorias de las variables de estado directamente en Matlab**. Usen la variable tipo **ss** exportada del *Model Linearizer* (o *Linear Analysis Tool*, según su versión de Simulink), i.e, la variable “*linsys*”. **Ayuda:** pueden usar la función **lsim** con 3 argumentos de salida (revisen el *help*) para obtener las trayectorias. Deberán generar una señal de entrada igual al pulso usado en Simulink (2 períodos). Pueden usar la función **gensig**, o las funciones **rectpuls** y **pulstran**, si su versión de Matlab no cuenta con **gensig**. Usen un  $T_s = 0.0001$  para generar la señal.
- Nuevamente **generarán las trayectorias de las variables de estado**, pero esta vez usarán la variable tipo **ss** generada **a partir de sus matrices A3, B3, C3 del laboratorio 3**. Usen la función **ss** únicamente con las matrices como argumento de entrada, NO el  $T_s$  (para que la variable sea de tiempo continuo). Usen la misma señal de entrada del inciso anterior. **Grafiquen las trayectorias**.
- Finalmente, armen el circuito en un protoboard. **Midan los voltajes en los capacitores con el osciloscopio, y guarden las imágenes con las señales obtenidas (una imagen por cada voltaje)**. **Muestren 2 períodos de las señales**, para que la comparación con las señales simuladas sea fácil (**usen la escala temporal de 200 ms/div**).  
**Importante:** Asegúrense de medir los voltajes de igual forma que en la simulación (atención con las polaridades).  
**Ayuda:** Para medir el voltaje  $v_{C_3}$ , usen la funcionalidad de resta del osciloscopio (opción MATH).

## **Segunda Parte: Linealización del Circuito con No-linealidades**

En esta parte introducirán diodos al circuito, los cuales son elementos no lineales. Compararán los voltajes en los capacitores obtenidos en Simulink (sin linealizar), los obtenidos a partir del modelo linealizado del circuito, y los medidos en el circuito físico.

- Coloquen un diodo en paralelo con el capacitor  $C_1$  (ánodo a tierra) en su circuito en Simulink. De preferencia, usen un diodo que permita seleccionar un modelo exponencial. **Obtengan las señales de voltaje en cada uno de los capacitores. Como en la primera parte, muestren 2 períodos de las señales**. La entrada es una señal cuadrada, de **0 a 5 V, 0.667 Hz**.
- Obtengan el modelo linealizado del sistema, usando el *Model Linearizer*. En Matlab, usen el modelo para **obtener las trayectorias de las variables de estado**. La entrada es una señal cuadrada, de **0 a 5 V, 0.667 Hz**. **¿Cuántas variables de estado se obtienen? Grafíquenlas**.
- Agreguen un diodo en paralelo con el capacitor  $C_1$  (ánodo a tierra) a su circuito físico, y **obtengan los tres voltajes en el osciloscopio (2 períodos)**. La entrada es una señal cuadrada, de **0 a 5 V, 0.667 Hz**. **Guarden las imágenes de las señales obtenidas**.
- Repitan el inciso 1 (Simulink), pero ahora usando como señal de entrada una señal cuadrada de **-2.5 a 2.5 V, 0.667 Hz**. **Reporten las gráficas obtenidas**.

5. Repitan el inciso 2 (Matlab), pero ahora usando como señal de entrada una señal cuadrada de  $-2.5$  a  $2.5$  V,  $0.667$  Hz. **Nota:** No necesitan obtener nuevamente el modelo linealizado del inciso anterior (¿por qué?). **Sólo deben obtener las gráficas a partir de la nueva señal de entrada.**
6. Repitan el inciso 3 (circuito físico), pero ahora usando como señal de entrada una señal cuadrada de  $-2.5$  a  $2.5$  V,  $0.667$  Hz. **Reporten las gráficas obtenidas.**
7. Repitan el inciso 1 (Simulink), esta vez con el diodo en paralelo con el capacitor  $C_2$  (ánodo a tierra). Remuevan el diodo en paralelo con  $C_1$ . Entrada de  $0$  a  $5$  V,  $0.667$  Hz. **Reporten las gráficas obtenidas.**
8. Repitan el inciso 2 (Matlab), para el diodo en paralelo con  $C_2$  (sin el diodo en paralelo con  $C_1$ ). Entrada de  $0$  a  $5$  V,  $0.667$  Hz. **Reporten las gráficas obtenidas.**
9. Repitan el inciso 3 (circuito físico), para el diodo en paralelo con  $C_2$  (sin el diodo en paralelo con  $C_1$ ). Entrada de  $0$  a  $5$  V,  $0.667$  Hz. **Reporten las gráficas obtenidas.**
10. Repitan el inciso 7 (Simulink), (diodo en paralelo con  $C_2$ ) y señal de entrada de  $-2.5$  a  $2.5$  V,  $0.667$  Hz. **Reporten las gráficas obtenidas.**
11. Repitan el inciso 8 (Matlab), (diodo en paralelo con  $C_2$ ) sin obtener un nuevo modelo linealizado, con señal de entrada de  $-2.5$  a  $2.5$  V,  $0.667$  Hz. **Reporten las gráficas obtenidas.**
12. Repitan el inciso 9 (circuito físico), (diodo en paralelo con  $C_2$ ) y señal de entrada de  $-2.5$  a  $2.5$  V,  $0.667$  Hz. **Reporten las gráficas obtenidas.**

### **Evaluación:**

A más tardar 3 días después de la segunda sesión de esta práctica deberán subir su reporte a Canvas (uno por pareja). El reporte deberá incluir:

- 1) **Identificación:** sus nombres, carnés, nombre del curso, sección de laboratorio (11, 12 o 21), número y título del laboratorio, fecha.
- 2) Un **Resumen** de la práctica, incluyendo los objetivos, lo más destacado de sus resultados obtenidos, y **una breve discusión** (máximo una página). Discutan sobre las similitudes y diferencias observadas entre las gráficas de Simulink, Matlab y el circuito físico. Mencionen limitaciones de la linealización, si las hubiese.
- 3) Una sección de **Resultados**. No olviden contestar las preguntas planteadas en la guía.

**Recuerden organizar los resultados según las Partes y los incisos de la guía, como se explicó en la guía del laboratorio 1. Asegúrense de numerar y titular todas las gráficas, figuras, tablas, etc. Asegúrense de incluir todo lo requerido en esta guía. Se verificará que esté todo lo indicado en color azul.**

Asistencia y trabajo durante las sesiones:	20%
Reporte:	80%