

Laboratorio 1: Análisis de un Circuito Eléctrico

Objetivos

- Obtener la función de transferencia de un circuito eléctrico.
- Utilizar Matlab/Simulink para analizar y simular un circuito eléctrico.
- Comparar respuestas analíticas, simuladas y físicas del circuito.

Este laboratorio se desarrollará en 2 sesiones.

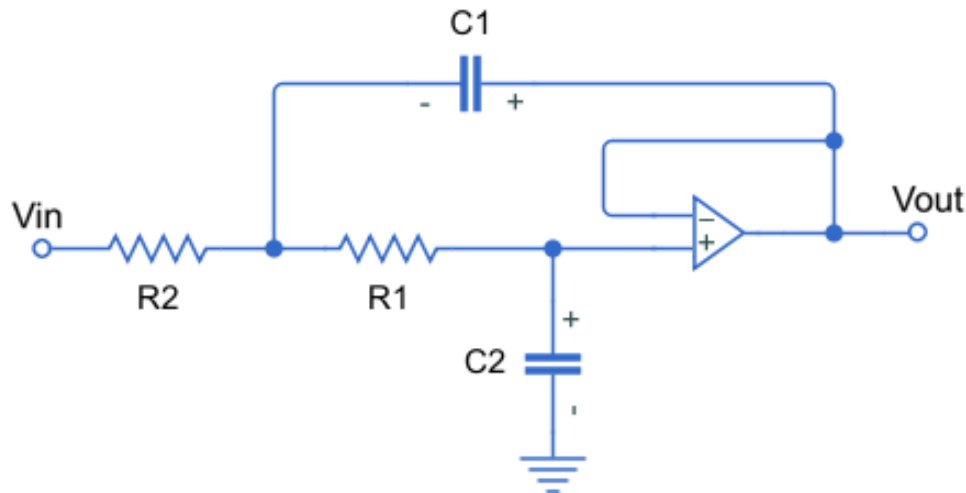


Figura 1. Circuito a trabajar en el laboratorio 1.

Primera Parte: Simulación y Gráficas de Respuestas en Matlab

1. Usando la función de transferencia evaluada en el inciso 2 del pre-laboratorio, **encuentren la función de respuesta al impulso del sistema, en el dominio del tiempo ($y(t) = \dots$)**. Pueden hacer el análisis a mano, o pueden usar Matlab.
2. Usando nuevamente la función del inciso 2 del pre-laboratorio, **encuentren la función de respuesta del sistema cuando la entrada es un escalón unitario, en el dominio del tiempo ($y(t) = \dots$)**. Pueden hacer el análisis a mano, o pueden usar Matlab.
3. En Matlab, usen la función **tf** para definir la función de transferencia encontrada en el pre-laboratorio. **Sugerencia:** Definan variables R1, R2, etc. con los valores indicados, y usen dichas variables en la función **tf**. Asignen el resultado a una variable: $G1 = \text{tf}(\dots)$; $R_1 = 4.7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$, $C_2 = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$.

4. **Grafiquen la función de respuesta al impulso encontrada en el inciso 1.** Ayuda: usen las funciones de Matlab **plot** o **fplot**. Usen el intervalo de tiempo [0, 0.5] seg.
5. Usen la función de Matlab **impulse** para **graficar la respuesta al impulso del sistema** (usando la variable tipo **tf** encontrada en el inciso 3). **¿Cómo se compara esta gráfica con la del inciso anterior?**
6. **Grafiquen la función de respuesta al escalón encontrada en el inciso 2.** Usen **plot** o **fplot**.
7. Usen la función de Matlab **step** para **graficar la respuesta al escalón del sistema.** **¿Cómo se compara esta gráfica con la del inciso anterior?**

Segunda Parte: Simulación del Circuito en Simulink (Simscape)

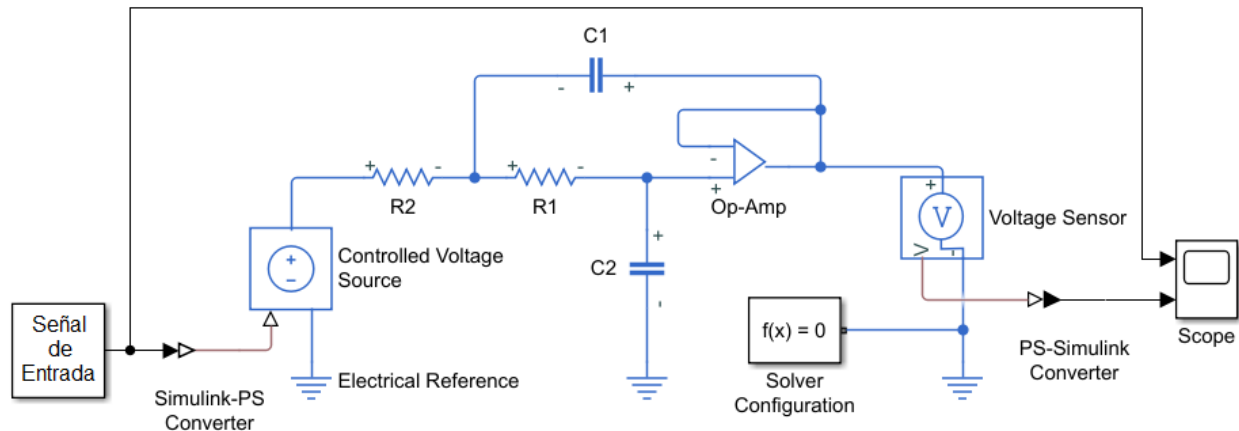


Figura 2. Circuito en Simulink (componentes de Simscape).

A continuación, usarán **Simulink** y elementos de **Simscape** para simular el circuito eléctrico y obtener su función de transferencia. Se necesitan los toolboxes: *Simulink*, *Simscape*, *Control System Toolbox*, *Simulink Control Design*. **El instructor les dará algunas indicaciones para poder completar los siguientes incisos.**

1. Construyan el circuito eléctrico en Simulink (Figura 2). Usen capacitores ideales (resistencia de 0 ohms). Nota: En lugar de valores constantes, pueden asignar variables como valores de los resistores y capacitores. Usen las variables que definieron en el inciso 3 de la Primera Parte. **Usen un bloque Step como señal de entrada, y un bloque Scope para visualizar tanto la entrada como la salida** (para visualizar varias señales simultáneamente, se pueden agregar puertos de entrada al bloque **Step**. Busquen la propiedad “*Number of Input Ports*”). Cambien el “step time” del bloque **Step** a 0 s, y ajusten el tiempo de simulación a 0.5 s. Los otros bloques necesarios, además de los componentes eléctricos, son: *Simulink-PS Converter*, *Controlled Voltage Source*, *Voltage Sensor*, *PS-Simulink Converter*, *Solver Configuration*. **¿Cómo se compara la salida con las respuestas al escalón obtenidas anteriormente?**

2. A continuación, usarán el *Linear Analysis Tool* (versiones de Matlab 2019 o anteriores) o *Model Linearizer* (versiones de Matlab 2020 o posteriores). Para poder hacer el análisis, se necesitan agregar puntos de análisis en la entrada y la salida (clic derecho sobre las líneas de conexión: *Linear Analysis Points: Open-loop input* y *Open-loop output*, respectivamente). El *Linear Analysis Tool* lo encuentran en el menú principal de Simulink, bajo *Analysis>Control Design>Linear Analysis*. El *Model Linearizer* lo encuentran en la pestaña APPS, en la parte superior de la ventana de Simulink.
3. Usen el *Linear Analysis Tool/Model Linearizer* para obtener **las gráficas de las respuestas al impulso y al escalón**. Para ello, hagan clic en “Impulse” y “Step”, respectivamente, en la parte superior de la pestaña LINEAR ANALYSIS. **¿Cómo se comparan las gráficas con las obtenidas anteriormente?**
4. Al generar las respuestas, aparecen variables “linsys” en el *Linear Analysis Workspace* (linsys1, linsys2, etc.). Arrastren una de ellas al *MATLAB Workspace* (dentro de la misma ventana del *Linear Analysis Tool/Model Linearizer*). Luego, en Matlab, obtengan la función de transferencia usando `tf`. Asignen el resultado a una variable: `G2 = tf(linsys1)`. **¿Coincide dicha función con la obtenida en el inciso 3 de la Primera Parte?**
5. De nuevo en Simulink, usen ahora una señal cuadrada (0 – 5 V, 1 Hz, ciclo de trabajo del 50%) como entrada. Usen el bloque *Pulse Generator*. **Observen tanto la entrada como la salida en el Scope. Ajusten el tiempo de simulación para mostrar 3 períodos completos de las señales**. **Nota:** Es posible que se requiera ajustar el tiempo de muestreo en las configuraciones del *Scope*, para que las gráficas se vean mejor.

Tercera Parte: Simulación del Sistema Usando Bloques en Simulink

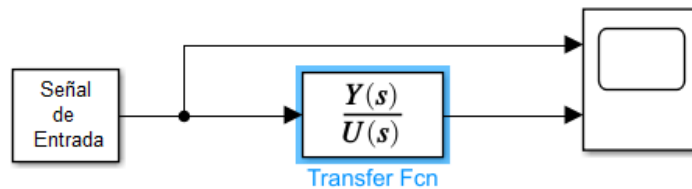


Figura 3. Bloque de Función de Transferencia representando el sistema.

En esta parte simularán el sistema usando un bloque de Función de Transferencia. La idea es comparar los resultados usando el bloque con los obtenidos en la Segunda Parte.

1. Construyan el modelo mostrado en la Figura 3 en Simulink. Exploren las propiedades del bloque “*Transfer Fcn*”. La función de transferencia debe coincidir con la encontrada anteriormente.
2. Usen la misma señal cuadrada del inciso 5 de la Segunda Parte (cuadrada, 0 – 5 V, 1 Hz, ciclo de trabajo del 50%) como entrada del sistema. **Observen tanto la entrada como la salida en el Scope. Muestren 3 períodos completos de las señales**.

Cuarta Parte: Recordando el uso del equipo de laboratorio

1. Verifiquen la configuración del generador de funciones. En las opciones de las señales de salida (*Utility > Output Setup*), debe tenerse **Alta Impedancia (High Z)**. Si observan una impedancia de 50 ohms u otra que no sea alta impedancia, cámbienla.
2. Con el generador de funciones, obtengan una señal cuadrada de entre 0 y 5 V, de una frecuencia de 1 Hz, y ciclo de trabajo del 50%. Noten que se tienen dos canales, los cuales se habilitan/deshabilitan con unos botones. Observen la señal en ambos canales del osciloscopio. Asegúrense de que la punta y el osciloscopio estén configurados correctamente (1× o 10×, ambos igual). Ajusten la escala temporal del osciloscopio para mostrar **~3 períodos de la señal cuadrada (lo adecuado sería usar 200 ms/división)**. Ajusten la escala y posición vertical para aprovechar al máximo la pantalla y que se vea la señal lo mejor posible. **Sugerencia:** usen la funcionalidad de “Trigger” del osciloscopio, en el modo “Normal”. Esto permite visualizar de mejor forma la señal. Noten que puede tomar algunos segundos en lo que se despliega la señal. **Esta señal cuadrada les servirá para la siguiente Parte.**
3. Necesitaremos usar la fuente de voltaje para alimentar el circuito. Noten que se cuenta con tres canales independientes; los primeros dos pueden dar hasta 30 V, y el tercero puede dar hasta 5 V. Noten también que los canales se pueden activar y desactivar con un botón (On/Off), además del botón de encendido y apagado de la fuente. Para tener una alimentación positiva y negativa para el circuito, se necesita conectar la terminal negativa de uno de los canales con la terminal positiva de otro de los canales. Estando los canales desactivados, usen un jumper para conectar la terminal negativa del primer canal con la terminal positiva del segundo canal. **Esta será la tierra.** Noten que, si desenroscan las terminales, se encuentran agujeros en los que se pueden insertar los extremos de los jumpers.
Ahora configuren ambos canales a 12 V. Activen los canales y midan los voltajes con un multímetro, respecto a tierra. Asegúrense de medir +12 V y -12 V, respectivamente.

Quinta Parte: Verificación Física

1. Busquen un Opamp y los resistores y capacitores adecuados según los valores en el inciso 3 de la Primera Parte.
2. Armen el circuito en un protoboard.
3. Alimenten el circuito y conecten como entrada la señal cuadrada del inciso 2 de la Cuarta Parte (0 – 5 V, 1 Hz, ciclo de trabajo del 50%). Observen en el osciloscopio tanto la entrada como la salida del circuito. De ser necesario, ajusten las escalas para que sean lo más parecidas a las escalas del *Scope* usado en el inciso 5 de la Segunda Parte (mostrar ~3 períodos). **Exporten una imagen con las señales obtenidas usando el software OpenChoice Desktop. Deberán incluir la imagen en el reporte. ¿Cómo se comparan las señales simuladas con las reales?** **Nota:** si no observan un acceso directo al *software* en el escritorio, lo encuentran en “C:\Program Files (x86)\Tektronix\OpenChoice PC Communication Software”. Para facilitar el uso del *software* en el futuro, creen un acceso directo en el escritorio.

4. Ahora ajusten el generador de funciones para obtener una señal que se asemeje a un escalón (de 5 V). Usen una señal cuadrada de una frecuencia más baja que la usada anteriormente. Conecten la señal como entrada al circuito. Observen en el osciloscopio tanto la entrada como la salida del circuito. Ajusten las escalas para mostrar 0.5 segundos a partir de un flanco de subida de la señal de entrada. Traten de que las escalas sean lo más parecidas a las del **Scope** usado en el inciso 1 de la Segunda Parte. **Exporten una imagen con las señales obtenidas. ¿Cómo se comparan las señales simuladas con las reales?**

Evaluación:

A más tardar una semana después de la segunda sesión (el día de inicio del laboratorio 2), deberán subir un reporte (.pdf) a Canvas (uno por pareja de laboratorio).

El reporte deberá incluir:

- 1) **Identificación:** sus nombres, carnés, nombre del curso, sección de laboratorio (11, 12, 21 o 22), número y título del laboratorio, fecha.
- 2) Una sección de **Resultados**, en la que incluyan todas las ecuaciones, funciones, gráficas y demás resultados obtenidos (pre-laboratorio y guía). También deben incluir las respuestas a las preguntas planteadas en la guía (breves, al punto). **Asegúrense de incluir todo lo requerido en la guía del pre-laboratorio y en esta guía. Se verificará que esté todo lo indicado en color azul.**

USEN LA NUMERACIÓN DE LA GUÍA PARA ORGANIZAR SUS RESULTADOS. Por ejemplo, la función pedida en el inciso 1 de la Primera Parte de la guía debe estar bajo el numeral 1 de una sección titulada “Primera Parte” en el reporte. Si lo prefieren, pueden numerar las secciones así: 1.1, 1.2, ..., 2.1, etc. Los incisos de la guía que no requieran resultados (nada en azul) no necesitan aparecer en el reporte (por ejemplo, el inciso 3 de la Primera Parte o el inciso 2 de la Segunda Parte).

Asegúrense de numerar y titular todas las gráficas (ejs. Figura 1. Respuesta al impulso, función del tiempo. Figura 2. Respuesta al impulso usando función impulse de Matlab).

En cuanto a los **resultados del pre-laboratorio**, no necesitan reescribir el análisis del circuito hecho a mano con un editor de ecuaciones. **Pueden escanearlo o tomarle una fotografía, e incluir la imagen en el reporte.** Sin embargo, **sí deben escribir las funciones finales con un editor de ecuaciones** (la simbólica, en términos de R_1 , R_2 , etc., y la numérica).

Pueden organizar los resultados bajo una sección “Pre-laboratorio”, o una sección número 0.

Asistencia y trabajo en las sesiones: 30%

Reporte: 70%