

**UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR  
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA Y CIRCUITOS  
LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EC 1081  
PRACTICA N° 2**

**SIMULACION DE CIRCUITOS CON PSPICE**

**Objetivos**

- Familiarizar al estudiante con el uso del programa simulador de circuitos basado en SPICE, a fin de utilizarlo como una herramienta para el análisis de circuitos.

**Preparación**

- 1.- ¿Qué es el programa SPICE?
- 2.- ¿Qué significan sus siglas?
- 3.- ¿Para qué se puede utilizar este programa?
- 4.- ¿Qué versiones de SPICE están disponibles en el Laboratorio?
- 5.- Indique los pasos a seguir para simular un circuito en SPICE.
- 6.- Haga los diagramas de los circuitos que se van a simular, colocando los valores de los componentes indicados por su profesor en el Prelaboratorio.

**NOTA: Recuerde traer al laboratorio algún dispositivo que le permita guardar la información observada en el osciloscopio para luego imprimirla y analizarla.**

Grupo N° \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

**EC1081**  
**Práctica N° 2**  
**Trabajo de Laboratorio**

- 1.- Recuerde que al entrar al laboratorio tiene que llenar la hoja de asistencia.
- 2.- Encienda su mesón de trabajo.
- 3.- Si al iniciar la práctica encuentra faltas ó fallas en el equipo o en partes del mesón de trabajo que le corresponde, notifíquelo inmediatamente al profesor.
- 4.- Abra la versión disponible del programa SPICE y realice una primera identificación de los menús e íconos disponibles. Los que están en negritas son los más usados.



De izquierda a derecha:

**Nuevo** – **Abrir** – **Guardar** – Imprimir – **Cortar** – **Copiar** – **Pegar** – **Deshacer** – Rehacer – Redibujar – Ampliar – Reducir – Ampliar selección – **Ajustar a pantalla** – **Dibujar Cable (Ctrl + W)** – Dibujar Bus – Dibujar bloque – **Obtener un nuevo componente (Ctrl + G)** – **Selector manual de componentes** – Editar atributos – Editar símbolo.



De izquierda a derecha:

**Configuración de análisis** – **Simular (F11)** – Seleccionar color de marcadores – **Marcador de voltaje (referenciado a tierra)** – **Marcador de corriente** – **Ver voltajes DC** – **Ver corrientes DC**

- 5.- Sobre una **hoja nueva**, identifique las **herramientas para seleccionar componentes** (menú de dispositivos) y coloque en la hoja una fuente DC y dos resistencias, utilizando los botones correspondientes. **Rote los componentes** con “Ctrl-R” para ubicarlos en la posición deseada, según se muestra en la figura 1.
- 6.- Utilizando el **lápiz para dibujar cables**, complete el primer circuito con una fuente DC y dos resistencias de la figura 1(a) (**borrar todo lo demás**).
- 7.- Compruebe que los componentes están **bien conectados entre sí**, seleccionando cada uno de ellos y moviéndolo, para observar si sigue conectado con los demás.
- 8.- Seleccione cada uno de los componentes para observar la **ventana asociada**, donde se pueden cambiar los parámetros del componente. Colóquele a cada componente los valores correspondientes para obtener el circuito de la Figura 1(a).

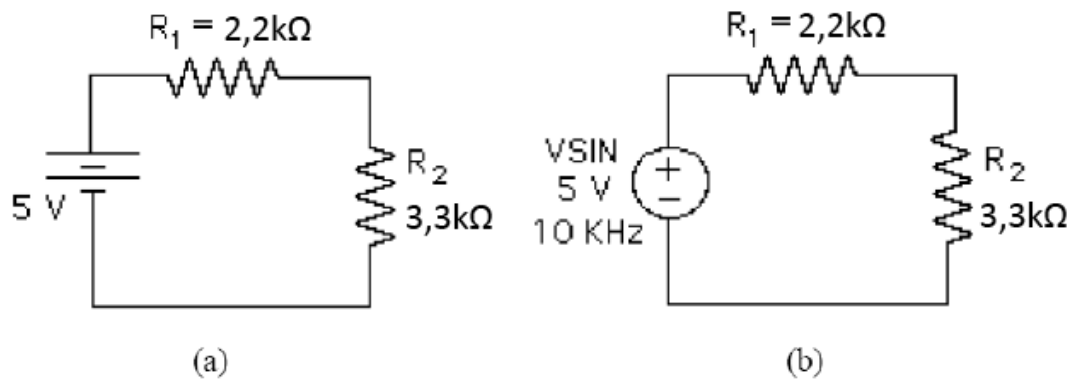


Figura 1.- Circuitos con dos resistencias

- 9.- Seleccione un nodo como valor de referencia para ubicar el **símbolo de tierra (GND)**. Usualmente se selecciona el terminal negativo de la fuente.
- 10.- Identifique los **puntos donde se quieren observar voltajes o corrientes** (Markers). Usualmente se comienza por seleccionar voltajes entre algunos de los nodos y tierra (por ejemplo, el valor de la fuente de voltaje y el voltaje sobre la resistencia de 3,3kΩ. Ponga un marcador también en el punto de tierra, para que el eje vertical comience en cero).
- 11.- Observe los distintos **tipos de análisis** que se pueden realizar con el programa. En este curso se van a emplear el análisis Transitorio (**TRANSIENT**), la determinación de los voltajes y corrientes DC en el circuito, llamado también punto de operación (**BIAS POINT DETAIL**) y el análisis AC (**AC Sweep**). Para el primer ejemplo, se va a utilizar TRANSIENT.
- 12.- Observe la **caja de diálogo** que se abre cuando se selecciona **TRANSIENT**. Aquí es imprescindible seleccionar adecuadamente el **tiempo entre un punto y el siguiente** o "paso" (step) del análisis y el **tiempo total de análisis** (tiempo final). El segundo número depende de la frecuencia de la fuente aplicada. Como en este primer ejemplo la fuente es DC, puede seleccionarse prácticamente cualquier valor (por ejemplo, 1 milisegundo). El primer número mencionado puede seleccionarse en principio como la centésima parte del tiempo total (en el caso del ejemplo, 0.01ms o 10us. Los microsegundos se representan con la letra u).
- 13.- Una vez listo el circuito que se quiere simular y el tipo de análisis que se quiere realizar, **asigne un nombre al archivo y guárdelo** para poder procesarlo cuando lo desee.
- 14.- Para **correr la simulación**, se debe seleccionar el ícono correspondiente. El resultado aparece en una gráfica (en la que se observan las dos señales solicitadas, el voltaje de la fuente y el de la resistencia de 3,3 kΩ). El eje vertical se encuentra calibrado en voltaje y el horizontal en tiempo.
- 15.- El siguiente paso es **guardar el archivo y la gráfica de la corrida** del circuito, y pasar estas gráficas a un programa de dibujo (Paint por ejemplo) para guardarlas y posteriormente imprimirlas o introducirlas en otro tipo de documento (Word).
- 16.- Una vez realizado todo el proceso para el análisis **TRANSIENT** con una fuente DC, repítalo con una fuente alterna, para lo cual tiene que modificar el circuito (identificándolo con otro nombre), colocando una **fuentes VSIN**, a la que se le va a dar una amplitud de 5 V y una frecuencia de 10kHz, como se puede observar en la Figura 1(b). Los parámetros del análisis **TRANSIENT** deben modificarse en la **caja de diálogo** para poder observar cuatro ciclos del voltaje sobre la

fuente y sobre la resistencia de  $3,3k\Omega$  (En este caso elimine el marcador de tierra). El **tiempo total de análisis** debe ser igual a cuatro veces el período de la señal y el **tiempo entre un punto y el siguiente** puede seleccionarse como la centésima parte del tiempo total. Tanto el diagrama circuital en SPICE como la gráfica resultante con las dos señales sinusoidales se deben guardar para poderlas utilizar posteriormente.

- 17.- Sobre el diagrama circuital de un circuito pueden observarse los valores de las corrientes y voltajes DC en los distintos componentes. Para ello, en la ventana de selección de los tipos de análisis que se pueden realizar, escoja BIAS POINT DETAIL, presione el ícono para correr la simulación y finalmente presione la opción de presentación de los voltajes (ENABLE BIAS VOLTAJE DISPLAY, V) o de las corrientes (ENABLE BIAS CURRENT DISPLAY, I). Aplique BIAS POINT DETAIL para voltajes y corrientes al circuito de la Figura 1(a).

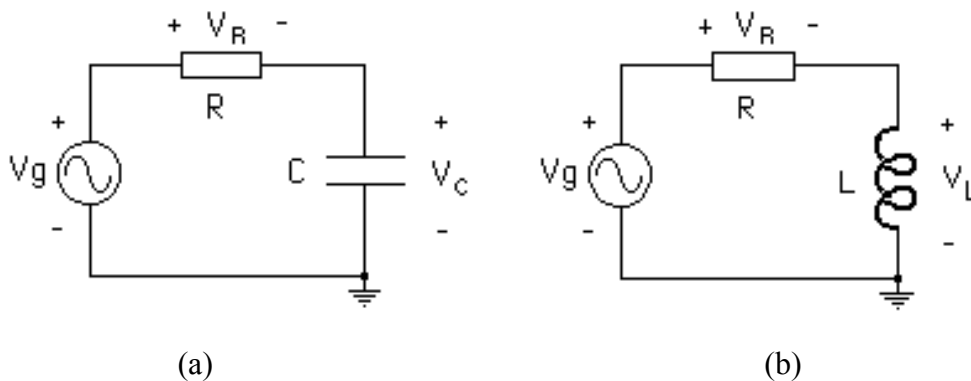


Figura 2.- Circuitos RC y RL

- 18.- Realice el análisis **TRANSIENT** de los circuitos mostrados en la Figuras 2(a) y 2(b), empleando los valores indicados por su profesor tanto para los componentes como para la magnitud y la frecuencia de las fuentes. Grafique dos o tres ciclos de los voltajes  $V_g$  y  $V_c$ , para el circuito 2(a) y dos o tres ciclos de  $V_g$  y  $V_L$  para el circuito 2(b). Guarde los resultados.
- 19.- A fin de utilizar la herramienta denominada **marcadores diferenciales**, la cual es de utilidad cuando alguna de las señales no está referida a tierra, realice el análisis **TRANSIENT** de los circuitos mostrados en la Figuras 2(a) y 2(b), empleando los valores indicados por su profesor tanto para los componentes como para la magnitud y la frecuencia de las fuentes, para graficar dos o tres ciclos de los voltajes  $V_R$  y  $V_c$ , para el circuito 2(a) y dos o tres ciclos de  $V_R$  y  $V_L$  para el circuito 2(b). Guarde los resultados.
- 20.- El siguiente paso es realizar el análisis **AC Sweep** de los circuitos mostrados en la Figuras 2(a) y 2(b), empleando los valores indicados por su profesor tanto para los componentes como para la magnitud y el rango de frecuencia de las fuentes. En el análisis AC Sweep el programa aplica a la entrada del circuito una fuente sinusoidal, identificada como fuente AC, cuya amplitud la fija el usuario (por ejemplo 1V), y cuya frecuencia varía entre los límites de frecuencia que el usuario indique para la gráfica de salida. La idea es tener en una sola gráfica el comportamiento del circuito para todo el rango de frecuencias. Esto es lo que se llama la **respuesta en frecuencia** de un circuito, a partir de la cual se define el ancho de banda. Debido a la respuesta que presenta para distintas frecuencias, el circuito de la Figura 2(a) se dice que es un **filtro pasa-bajo pasivo de primer orden**, ya que a frecuencias muy bajas, el voltaje de salida  $V_c$  es similar a  $V_g$ , mientras que al aumentar la frecuencia, el voltaje de salida  $V_c$  tiende a cero. Por otra parte, el circuito de la Figura 2(b) se dice que es un **filtro pasa-alto pasivo de primer orden**, ya que a

frecuencias muy bajas, el voltaje de salida  $V_L$  es prácticamente cero, mientras que al aumentar la frecuencia, el voltaje de salida  $V_L$  tiende a  $V_g$ . Observe la **caja de diálogo** que se abre cuando se selecciona **AC Sweep**. Como se quiere la respuesta en frecuencia para un rango muy amplio de valores (de 100 Hz a 1 MHz), debe seleccionarse el modo de presentación **década**, además de definir **la frecuencia inicial** (100 Hz) y **la frecuencia final** (1 MHz o 1000kHz) para el análisis que se va a realizar. Una vez definidos los parámetros adecuados, corra las simulaciones para cada uno de los circuitos. Las gráficas obtenidas, correspondientes a los voltajes  $V_c$  y  $V_L$  en función de la frecuencia respectivamente, se deben pasar a un programa de dibujo y guardarlas.

- 21.- A continuación realice el análisis **AC Sweep** del circuito mostrado en la Figura 3, utilizando los valores indicados por su profesor y tomando como señal a analizar el voltaje sobre la resistencia  $R$ . Este circuito es un **filtro pasa-banda pasivo**. Una vez obtenida la gráfica del voltaje  $V_R$  en función de la frecuencia, debe pasarla a un programa de dibujo y guardarla.

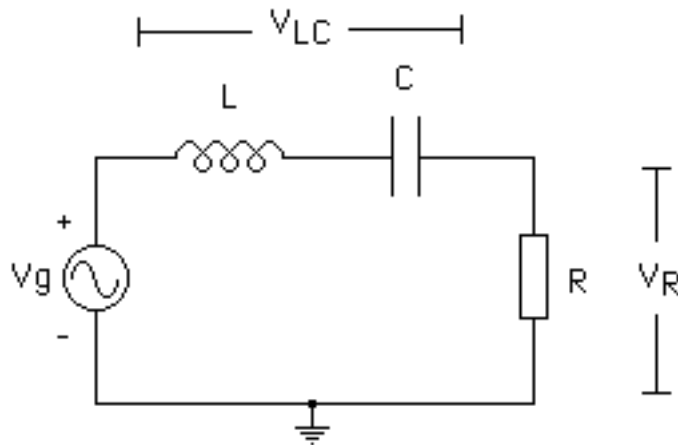
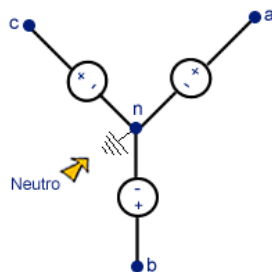
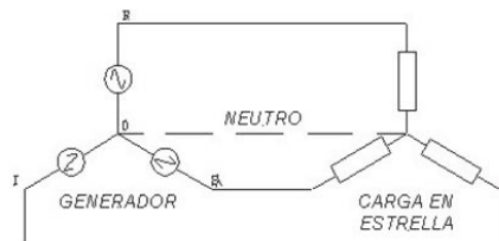


Figura 3.- Circuito RLC

- 22.- Realice el análisis **TRANSIENT** de un sistema trifásico. La fuente trifásica debe conectarse en estrella como se indica en la Figura 4. El voltaje de fase de los generadores es de 120 Vrms. La carga debe conectarse en estrella sin conexión de neutro. Dicha carga está compuesta por tres resistencias de 1200  $\Omega$ . Simule cada una de las tres fases del generador como una fuente VSIN con **la magnitud, la frecuencia y la fase adecuadas**. Grafique los tres voltajes de fase y los tres voltajes de línea sobre la carga en dos gráficas independientes. Guarde los archivos de los circuitos y de los resultados.



(a) Generador trifásico en estrella



(b) Circuito con generador y carga en estrella

Figura 4.-Circuito trifásico

- 23.- Una vez estudiados los tres tipos de análisis que se van a manejar, **TRANSIENT**, **AC Sweep** y **BIAS POINT DETAIL**, pueden aplicarse a circuitos más complejos, que incluyen componentes electrónicos, como por ejemplo un amplificador operacional. Los componentes electrónicos que se encuentran en el menú de dispositivos tienen asociadas rutinas de programación mediante las cuales se realizan los cálculos de los voltajes y las corrientes en dichos dispositivos cuando se encuentran en un circuito determinado. En la Figura 5 se presenta un amplificador inversor diseñado con un amplificador operacional, el cual se encuentra alimentado con dos fuentes DC de +15V y -15V. Seleccione el amplificador operacional 741 (**uA741**) del menú de dispositivos, y complete el circuito de la Figura 5. **Coloque cuidadosamente las fuentes DC** en los terminales correspondientes, **observando con atención los signos indicados en el circuito** y asigne a los componentes los valores indicados por su profesor. Coloque marcadores para observar el voltaje de entrada  $V_i$ , el voltaje de salida  $V_o$ , el voltaje en cada una de las fuentes DC, el voltaje en la entrada inversora y el voltaje en la entrada no inversora del operacional.
- 24.- En primer lugar realice el análisis **BIAS POINT DETAIL** (corriente y voltaje) del amplificador inversor, colocando en  $V_i$  un fuente constante de 1V. Obtenga los resultados y guárdelos.
- 25.- A continuación realice el análisis **TRANSIENT**, colocando en  $V_i$  una fuente VSIN de la magnitud y frecuencia indicadas por su profesor y guarde los resultados.
- 26.- Finalmente realice el análisis **AC Sweep**, colocando en  $V_i$  una fuente VAC con los valores indicados su profesor y guarde los resultados.

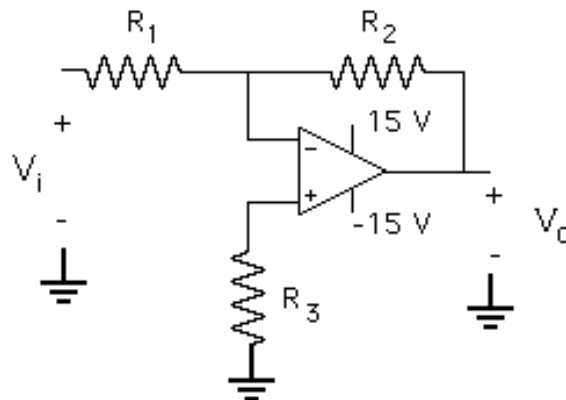


Figura 5.- Amplificador inversor

- 27.- Ordene el mesón antes de retirarse del aula, incluyendo las sillas.
- 28.- Recuerde anotar la hora de salida en la carpeta de asistencia.

## Práctica N° 2

### Análisis de Resultados y Conclusiones

1.- Compare los valores obtenidos en las gráficas de SPICE para los circuitos 1(a) y 1(b) con los valores teóricos correspondientes y explique las diferencias en caso de que existan.

2.- En el circuito RC de la Figura 2(a) las ecuaciones para los valores de los voltajes son:

Voltaje de la fuente  $V_g = V_p \text{sen}(2\pi f)t$

Voltaje pico sobre la resistencia  $V_{Rp} = R V_p / (R^2 + (1/2\pi f C)^2)^{1/2}$

Voltaje pico sobre el condensador  $V_{Cp} = (1/2\pi f C) V_p / (R^2 + (1/2\pi f C)^2)^{1/2}$

Compare los valores obtenidos en las gráficas del análisis TRANSIENT de SPICE con los valores teóricos calculados según estas ecuaciones y explique las diferencias en caso de que existan.

3.- Para el circuito RC de la Figura 2(a) el valor teórico de la frecuencia de corte del filtro pasa-bajo pasivo de primer orden está dado por la relación  $2\pi f_c = 1/RC$ . Compare la frecuencia de corte obtenida en la gráfica del análisis AC Sweep de SPICE con el valor teórico calculado y explique las diferencias en caso de que existan.

4.- Para el circuito RL de la Figura 2(b) las ecuaciones para los valores de los voltajes son:

Voltaje de la fuente:  $V_g = V_p \text{sen}(2\pi f)t$

Voltaje pico sobre la resistencia:  $V_{Rp} = R V_p / (R^2 + (2\pi f L)^2)^{1/2}$

Voltaje pico sobre la inductancia:  $V_{Lp} = 2\pi f L V_p / (R^2 + (2\pi f L)^2)^{1/2}$

Compare los valores obtenidos en las gráficas del análisis TRANSIENT de SPICE con los valores teóricos calculados según estas ecuaciones y explique las diferencias en caso de que existan.

5.- Para el circuito RL de la Figura 2(b) el valor teórico de la frecuencia de corte del filtro pasa-alto pasivo de primer orden está dado por la relación  $2\pi f_c = R/L$ . Compare la frecuencia de corte obtenida en la gráfica del análisis AC Sweep de SPICE con el valor teórico calculado y explique las diferencias en caso de que existan.

6.- Para el circuito RLC de la Figura 3 el valor teórico de la frecuencia de resonancia está dado por la relación  $2\pi f_r = (1/LC)^{1/2}$ . Compare la frecuencia de resonancia obtenida en la gráfica del análisis AC Sweep de SPICE con el valor teórico calculado y explique las diferencias en caso de que existan.

7.- Describa las características más resaltantes de las formas de onda obtenidas en el análisis TRANSIENT de SPICE para los voltajes de fase y los voltajes de línea del circuito trifásico conectado en estrella con carga en estrella, e indique si corresponden con los resultados esperados.

8.- Indique la información que se obtiene al realizar el análisis de BIAS POINT DETAIL de SPICE del amplificador operacional 741 y compare la ganancia del amplificador que se deduce de este análisis (Voltaje de salida sobre voltaje de entrada) con el valor teórico esperado.

9.- Comente las formas de onda obtenidas al realizar el análisis TRANSIENT de SPICE del amplificador operacional y compare la ganancia del amplificador que se deduce de este análisis (Voltaje pico de salida sobre voltaje pico de entrada, tomando en cuenta el desfase entre las señales) con el valor teórico esperado.

10.- Comente la gráfica obtenida al realizar el análisis AC Sweep de SPICE del amplificador operacional en relación con su comportamiento al aumentar la frecuencia.

11.- Escriba sus conclusiones sobre la utilidad del programa SPICE para analizar circuitos eléctricos y electrónicos y sus observaciones generales sobre la práctica realizada.