

PRÁCTICA Nº 4: SIMULACIÓN DE CIRCUITOS EN RÉGIMEN TRANSITORIO Y CORRIENTE ALTERNA

4.1. Medidas con el osciloscopio

El osciloscopio es un instrumento que sirve para visualizar señales periódicas. Nos permite, entre otras cosas, medir amplitudes, frecuencias y desfases entre dos señales.

4.1.1. Circuito RC en alterna

El primer paso será montar el circuito RC de la Figura 4.1. Los elementos que lo forman son:

- Una fuente de tensión alterna de 2 V de pico y un frecuencia de 10 kHz.
- Una resistencia de 10 k Ω
- Un condensador de 100 nF.

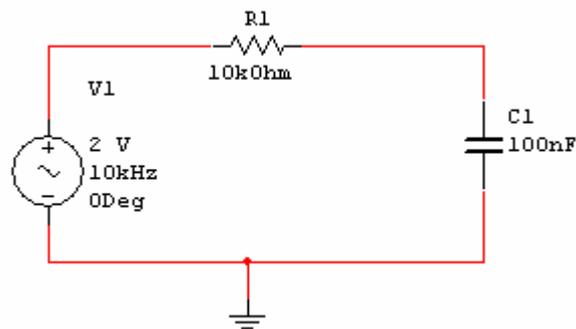


Figura 4.1. Circuito RC

Importante: Siempre que se monte un circuito se tiene que colocar un punto referenciado a masa.

Para realizar las medidas en el circuito se seleccionará el osciloscopio que está dentro de la barra de instrumentos y se conectará tal como se muestra en la Figura 4.2.

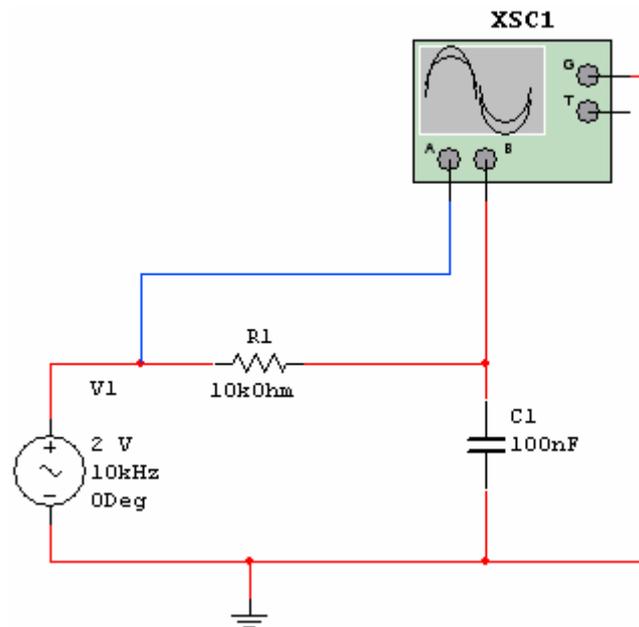


Figura 4.2. Conexión del osciloscopio en un circuito RC

El osciloscopio tiene 4 terminales, que son los siguientes:

- **A:** Es la entrada del canal A.
- **B:** Es la entrada del canal B.
- **G:** Es la terminal de masa del osciloscopio. Este terminal es común para los dos canales. Esto quiere decir que las tensiones que se visualizarán en él son: V_{AG} y V_{BG} .
- **T:** Es una entrada para un trigger exterior. Normalmente no se utiliza.

Para poder ver de colores diferentes las señales de cada canal se tiene que cambiar el color de la conexión del canal A o B. Para realizar esta operación hay que situarse con el ratón encima del cable del canal y hacer "clic" con el botón derecho, entonces aparecerá el menú que puede verse en la Figura 4.3. Hay que seleccionar la opción "color segment".

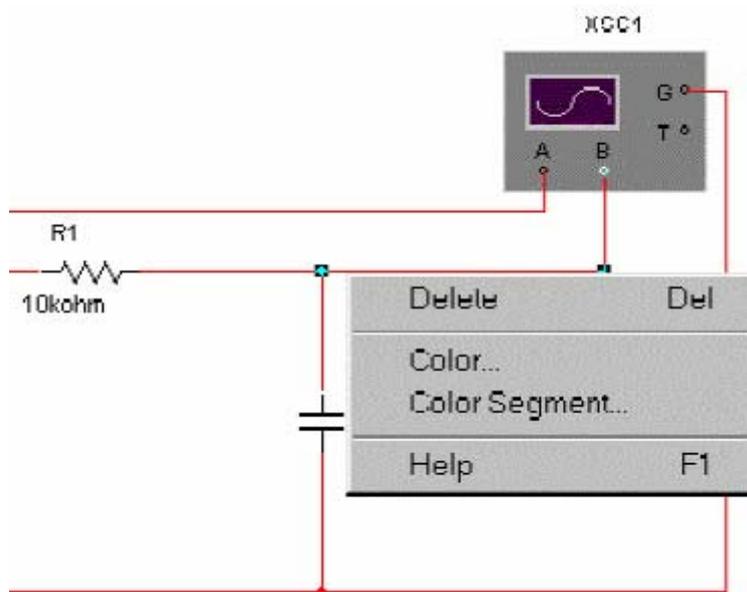


Figura 4.3. Selección del color del canal del osciloscopio

Una vez se ha montado el circuito se tiene que iniciar la simulación, mediante la F5, Simulate, Run o activando el interruptor RUN que hay en la parte superior derecha de la pantalla principal del programa.

Para ver la pantalla del osciloscopio hay que pulsar dos veces seguidas encima del instrumento y aparecerá una pantalla como la de la figura 4.4.

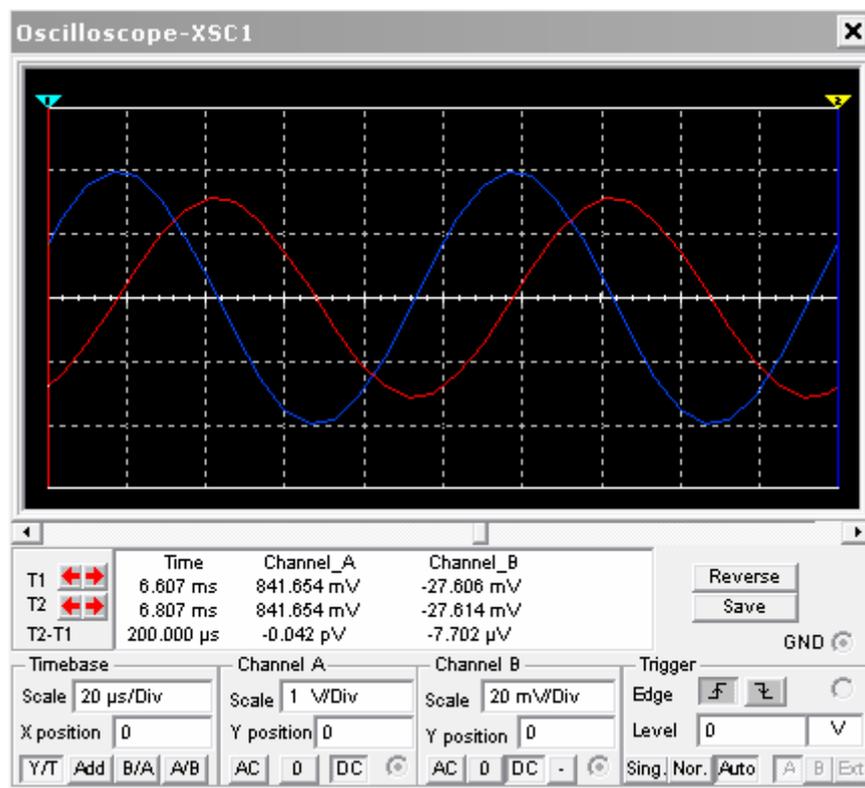


Figura 4.4. Pantalla del osciloscopio

En la Figura 4.4 se puede ver en color azul la señal del canal A y en color rojo la del canal B. Se puede cambiar tanto la escala vertical (amplitud) como la escala horizontal (tiempo). Por ejemplo, la señal del canal A ocupa 2 cuadros de pico y está seleccionada una amplitud por cuadro de 1 Voltio, por lo cual su valor de pico será de: 2 cuadros x 1 V = 2V de pico. En cambio la señal del canal B tiene un valor de 1,5 cuadros x 20 mV = 30 mV de pico.

Para medir la frecuencia de una señal se hace de forma indirecta, primero se mide su periodo y después se aplica la fórmula $F=1/T$. Para medir un periodo hay que contar los cuadros horizontales que ocupa y multiplicarlos por el valor de la base de tiempos. En el caso de la señal del canal A se puede observar que su periodo (T) ocupa 5 cuadros y que la base de tiempos está seleccionada a 20 μ s. por cuadro, por lo cual tenemos que $T = 5 \text{ cuadros} \times 20 \mu\text{s/cuadro} = 100 \mu\text{s}$. La frecuencia (F) será, por tanto, de 10 kHz.

En el caso de querer medir con mayor precisión se pueden utilizar los cursores como se muestra en la Figura 4.5.

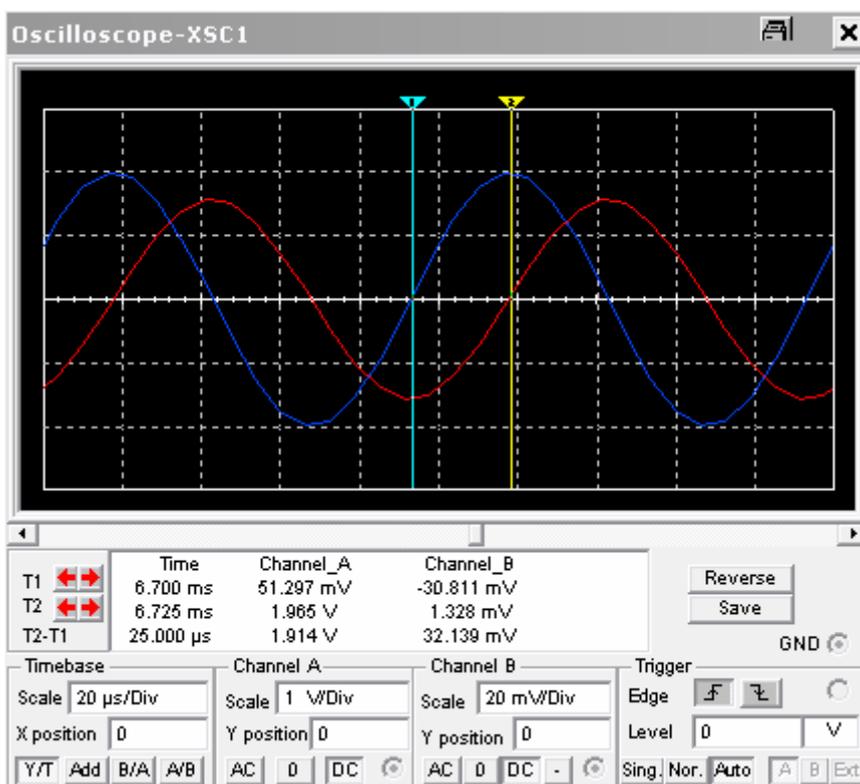


Figura 4.5. Cursores del osciloscopio

Para medir, por ejemplo, el ángulo de desfase entre dos señales (ϕ) también hay que hacerlo de forma indirecta. Mediante los cursores se mide el tiempo de desfase (t_1) y después se aplica la siguiente relación para hallar el ángulo de desfase:

$$\omega \cdot t_1 = \phi$$

$$\frac{t_1}{T} = \frac{\phi}{2 \cdot \pi}$$

siendo:

- T = Periodo de la señal
- t₁ = tiempo de desfase entre las dos señales
- ϕ = Ángulo de desfase entre las dos señales

En la Figura 4.5 se puede ver que t₁=25 μ s y antes se ha hallado que el periodo era de 100 μ s, por lo que el ángulo de desfase será de 90°.

4.2. Análisis de transitorios

En este apartado vamos a estudiar dos casos típicos de transitorio:

- La descarga de un condensador
- La carga de un condensador

4.2.1. Descarga de un condensador

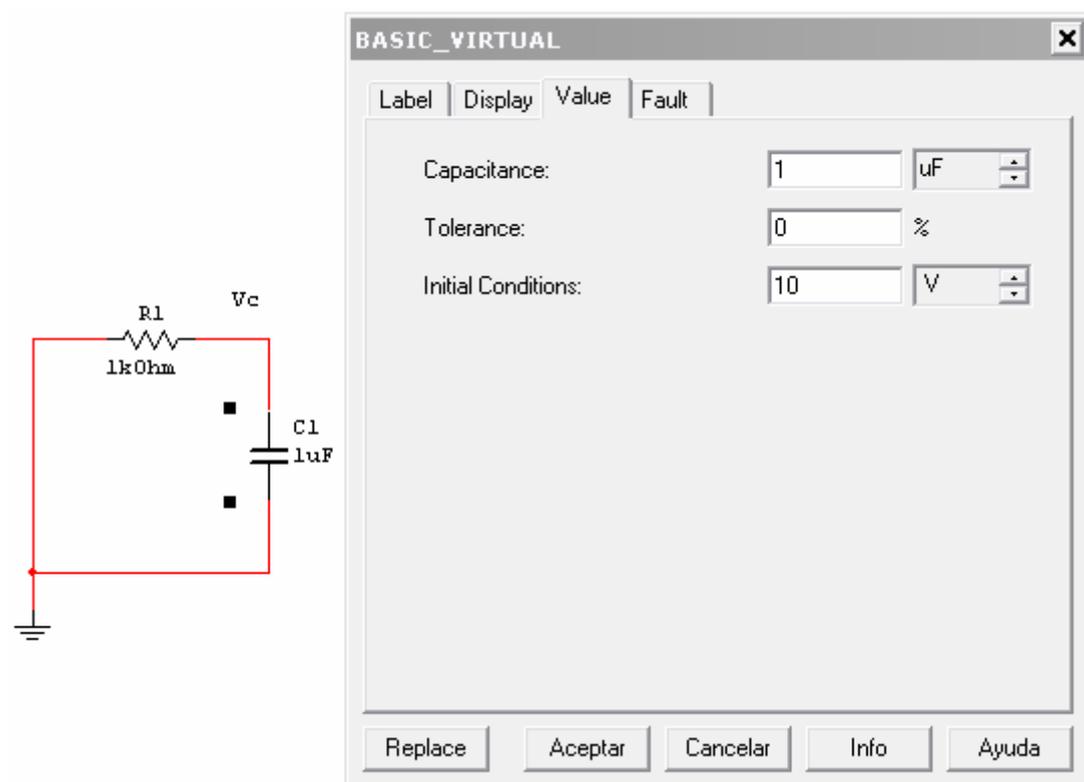


Figura 4.6. Circuito de descarga de un condensador

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Una vez montado el circuito de la Figura 4.6 hay que activar la condición inicial del condensador. Este valor es la tensión que queremos que tenga el condensador en el momento de iniciar la descarga.
- Seleccionar el menú "Transient Analysis" que está dentro del menú "Simulate", como se muestra en la figura 4.7.

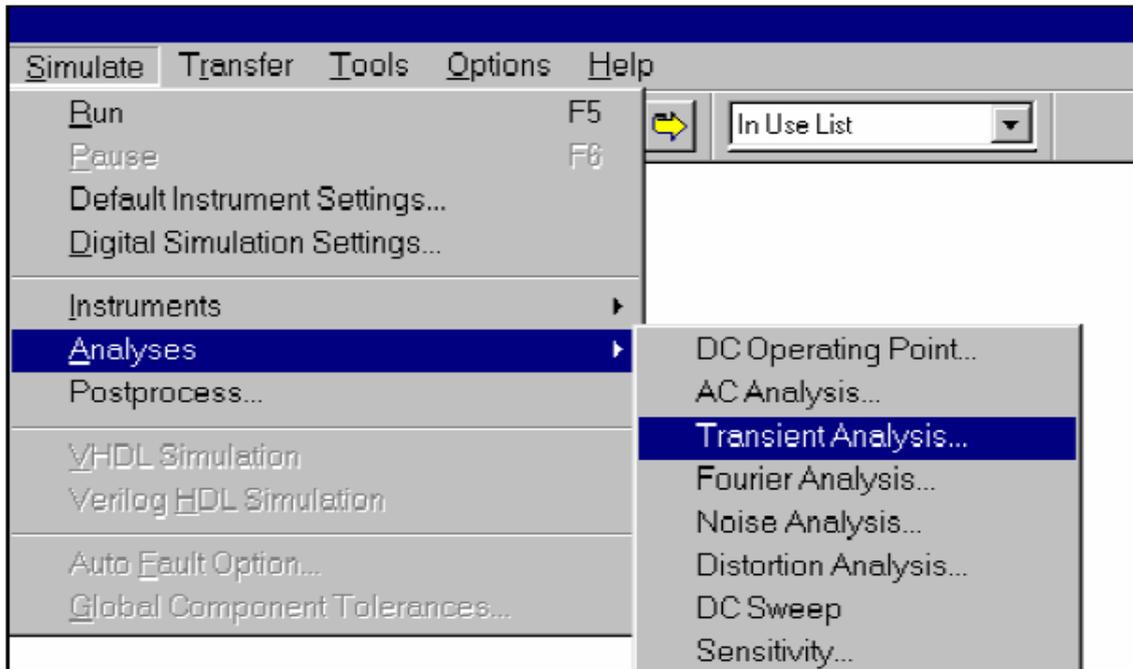


Figura 4.7. Menú de análisis de transitorios

- Una vez seleccionado este menú aparecerá una ventana como la de la figura 4.8. Los parámetros que se tienen que rellenar son:
 - "Initial Conditions". Son las condiciones iniciales. Hemos de escoger "user defined" (definidas por el usuario).
 - "Start Time". Indica en que instante de tiempo queremos que empiece la simulación. En nuestro caso al inicio de todo (0 segundos).
 - "End time". Indica hasta que instante queremos simular. En nuestro caso será 0.005 s.
 - "Maxim time step settings". Este apartado se refiere al paso de integración que utilizará el programa para resolver las ecuaciones diferenciales del circuito. En nuestro caso dejamos la opción de "Generate time steps automatically".

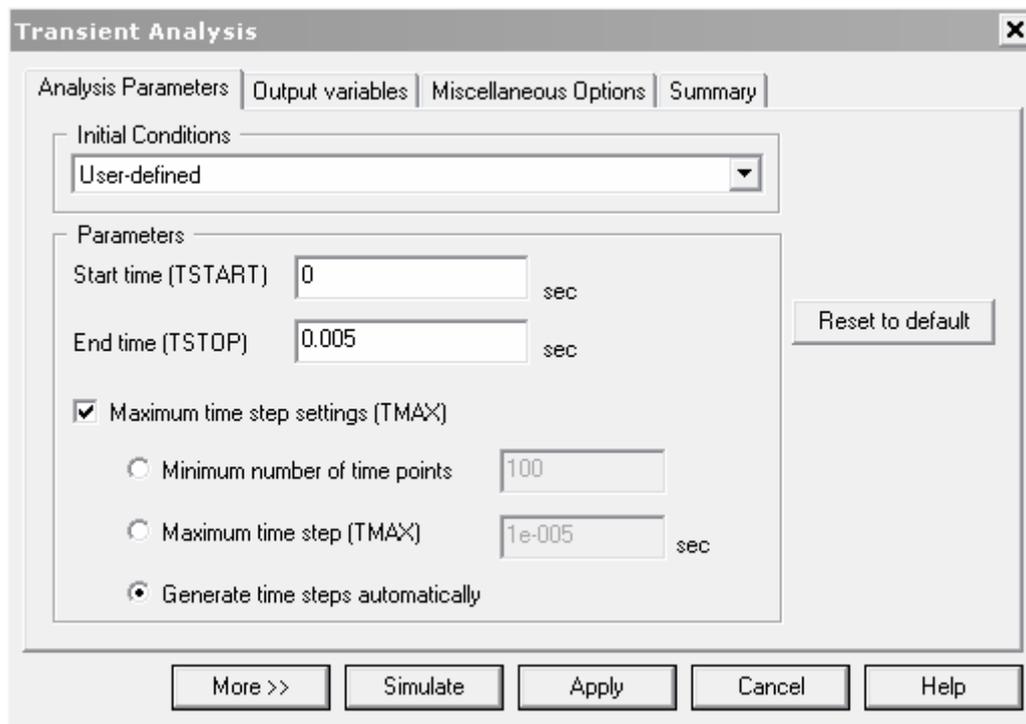


Figura 4.8. Opciones del menú "Transient Analysis"

- El siguiente paso es indicar que variables queremos simular. Para esto iremos al submenú OUTPUT VARIABLES (Figura 4.9).

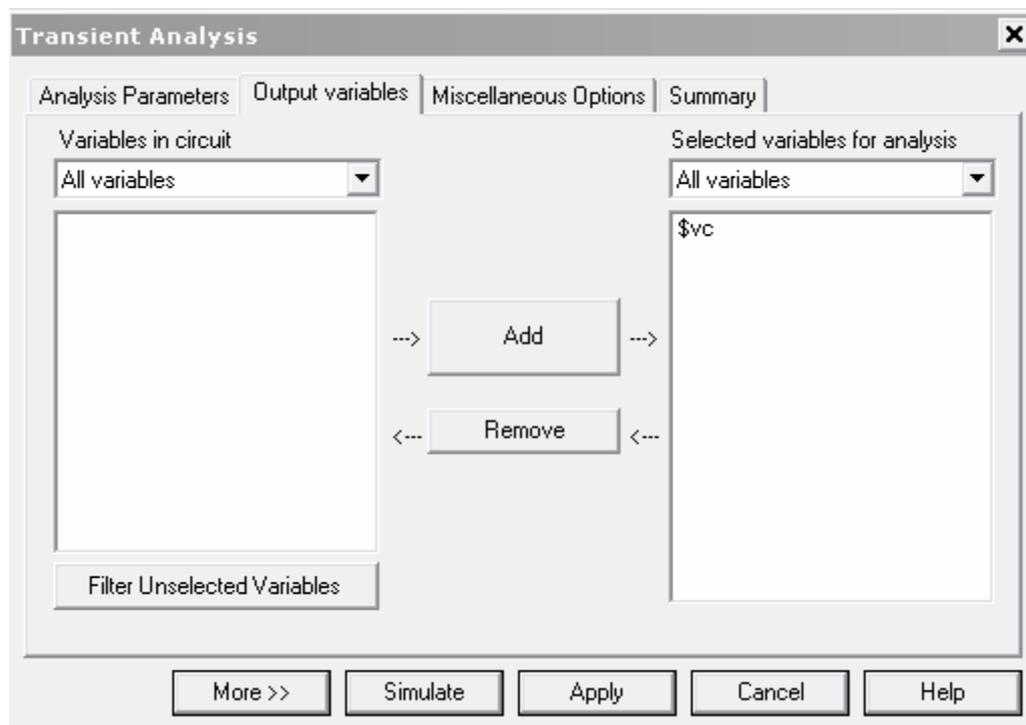


Figura 4.9. Selección de las variables a analizar

- La variable V_c se refiere a la tensión de en el nodo del condensador. Para saber el número o la etiqueta de un nodo determinado hay que "clickar" con el ratón dos veces encima de él.

- El siguiente paso es empezar la simulación. Para esto hay que hacer "click" encima de "Simulate".
- En la Figura 4.10 se puede ver el resultado de la simulación. Activando los cursores se abre una ventana pequeña en la que se da información detallada de la señal. Por ejemplo, se pueden utilizar los cursores para la medida del tiempo de subida que es del orden de 2.2 ms.

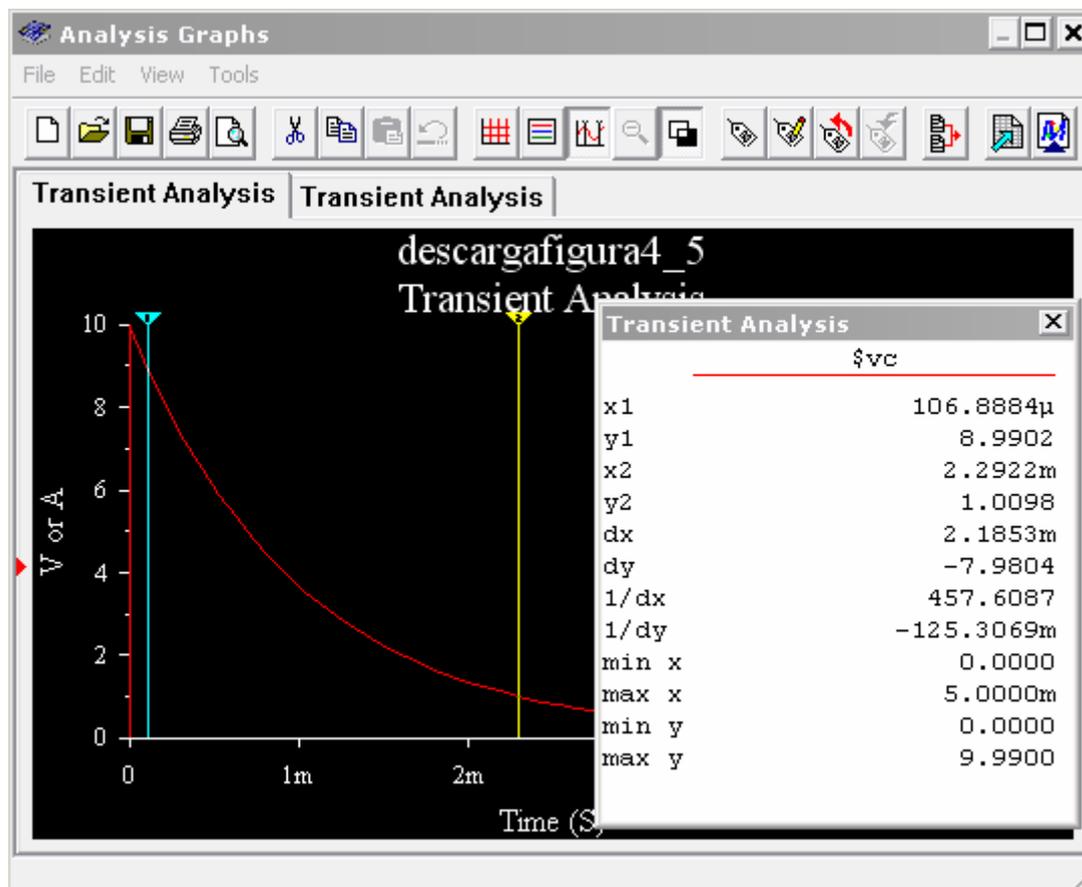


Figura 4.10. Resultados de la simulación

4.2.2. Carga de un condensador

Primero se tiene que montar el circuito de la Figura 4.11.

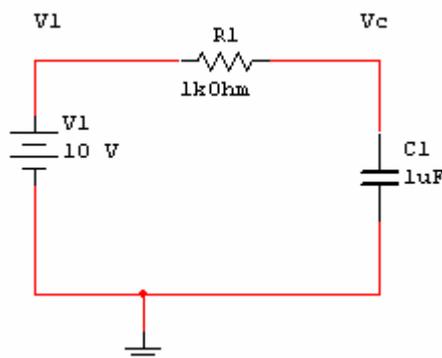


Figura 4.11. Circuito de carga de un condensador

Después se tienen que seguir los pasos del ejemplo anterior cambiando únicamente la opción "initial conditions" del condensador a cero.

La gráfica que se obtiene es la que se muestra en la figura 4.12

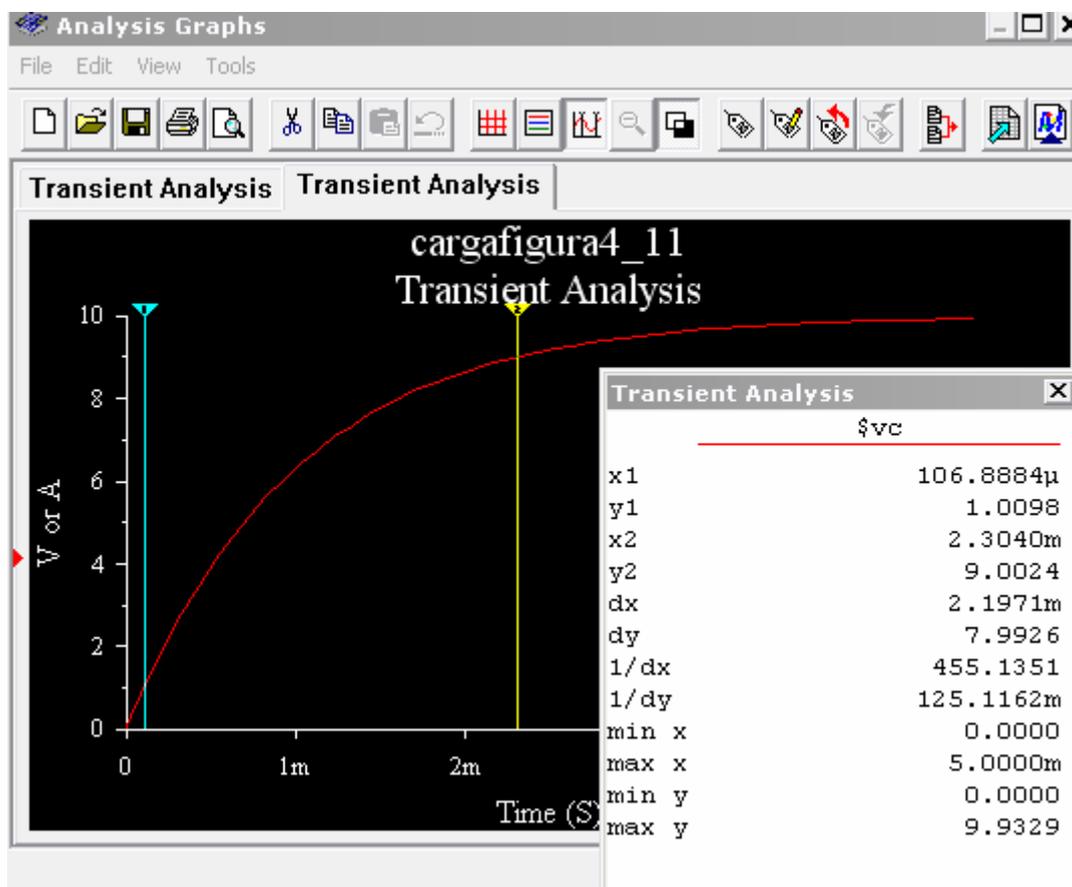


Figura .4.12. Gráfica de la carga de un condensador

4.3. Análisis de la respuesta frecuencial de un circuito

Como ejemplo estudiaremos la respuesta frecuencial de un circuito RLC como el de la figura 4.13.

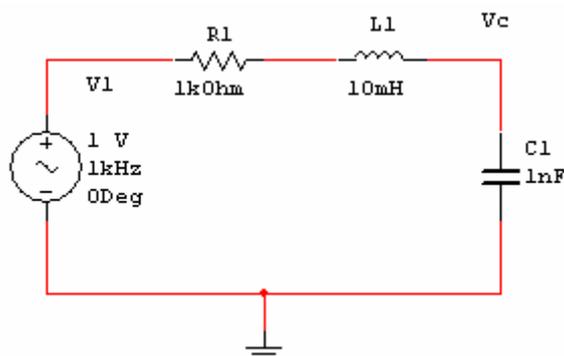


Figura .4.13. Circuito RLC para el análisis de frecuencia

Lo que se quiere obtener es el diagrama de Bode de la función de transferencia V_c/V_1 .

El programa Multisim tiene dos formas de conseguirlo:

- Mediante "AC Analysis"
- Mediante el instrumento Bode plotter

4.3.1. Estudio de la respuesta frecuencial con "AC analysis"

Para realizar el estudio de la respuesta en frecuencia del circuito RLC de la figura 4.13 se seguirán los siguientes pasos:

- Montar el circuito de la Figura 4.13
- Seleccionar el submenú "AC análisis", el cual está dentro del menú "Simulate/Análisis". La pantalla que saldrá será la de la Figura 4.14.

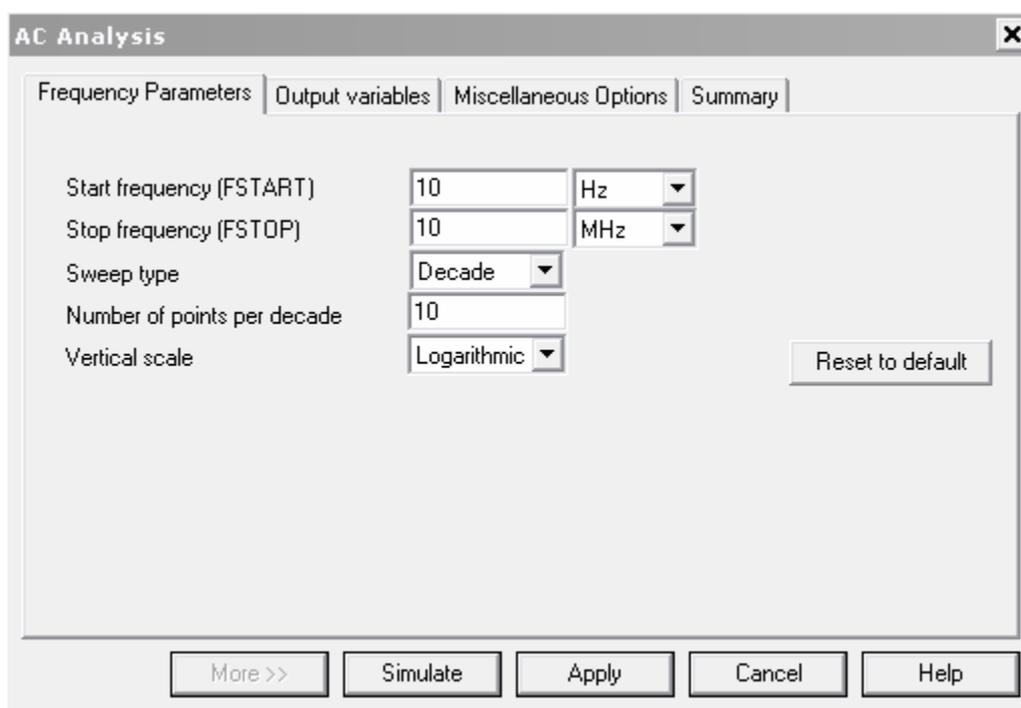


Figura .4.14. Menú de AC análisis

- En la pantalla del menú se tienen que seleccionar los siguientes parámetros:
 - "Start Frequency": Frecuencia a la que queremos empezar a realizar el análisis
 - "Stop Frequency": Frecuencia final del análisis
 - "Sweep Type": Tipo de representación del eje horizontal de las frecuencias
 - "Number points per decade" : Resolución con la que queremos realizar el análisis
 - "Vertical scale": Tipo de representación de la ganancia en el eje vertical: dB, lineal, etc.
- Cuando ya se han seleccionado los parámetros, se seleccionan las variables de salida "Output variables" que se quieren simular, en este caso V_c , y se

activa la opción "Simulate", para empezar la simulación. La pantalla que nos aparecerá será como la de la Figura 4.15.

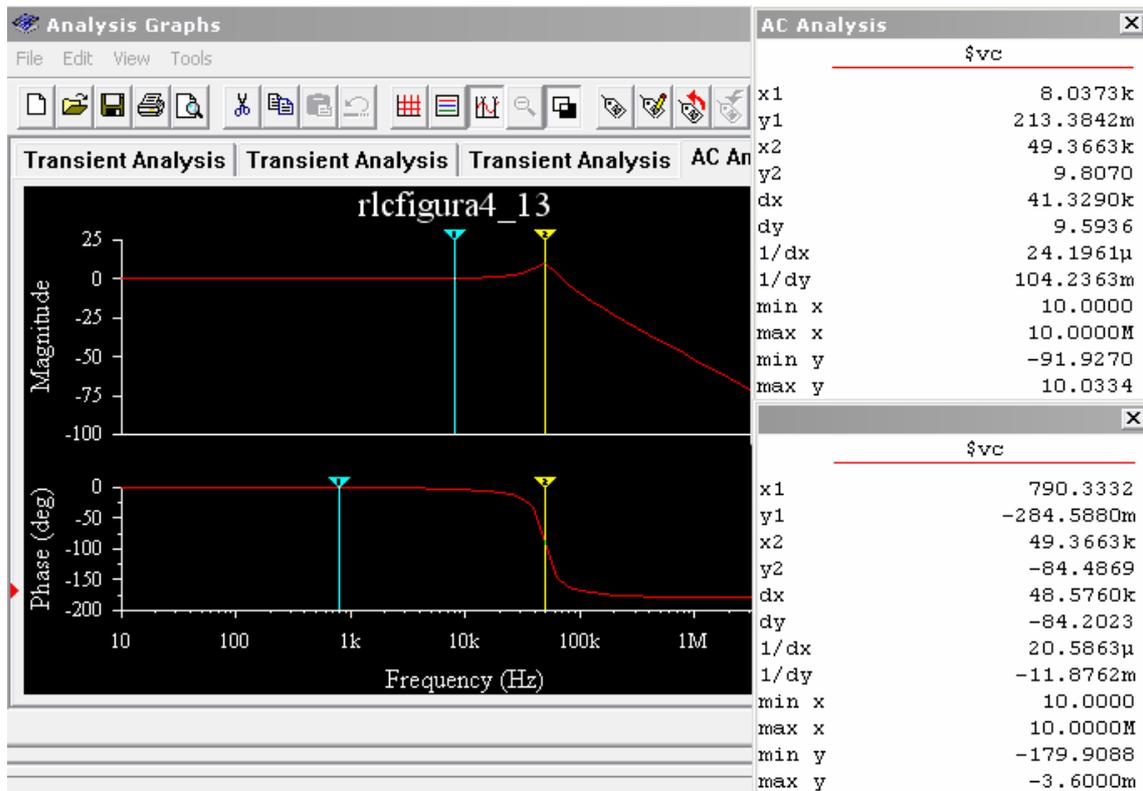


Figura .4.15. Resultado de la simulación con "AC análisis"

Observando la respuesta frecuencial deducimos que el circuito es un filtro paso baja de 2º orden y que tiene una frecuencia de resonancia aproximada de 50 kHz.

4.3.2. Estudio de la respuesta frecuencial con "Bode plotter"

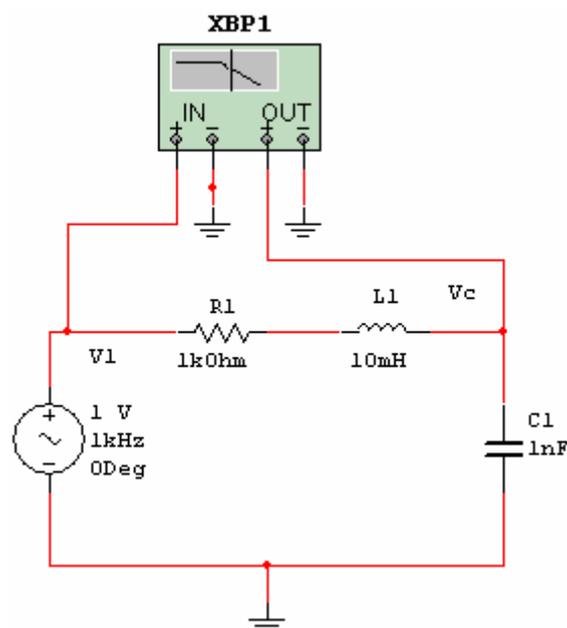


Figura 4.16. Conexión del Bode Plotter a un circuito

Los pasos a seguir para obtener la respuesta frecuencial del circuito RLC una vez que se conecta el instrumento "Bode plotter" tal como se muestra en la Figura 4.16 son:

- El "bode plotter" tiene dos terminales para la entrada y dos para la salida
- Después de conectar el instrumento hay que activar el interruptor "RUN" para realizar la simulación.
- Finalmente para ver el resultado se tiene que hacer "clic" dos veces en cima del instrumento. La pantalla que sale es la que se muestra en la Figura 4.17.
- En dicha pantalla se pueden seleccionar los siguientes parámetros:
 - Representar la magnitud o la fase de la respuesta frecuencial
 - El intervalo de frecuencias a estudiar
 - El rango de la escala vertical de magnitud o fase
 - El tipo de escala que se quiere utilizar: lineal o logarítmica
 - Se puede desplazar el cursor punto a punto

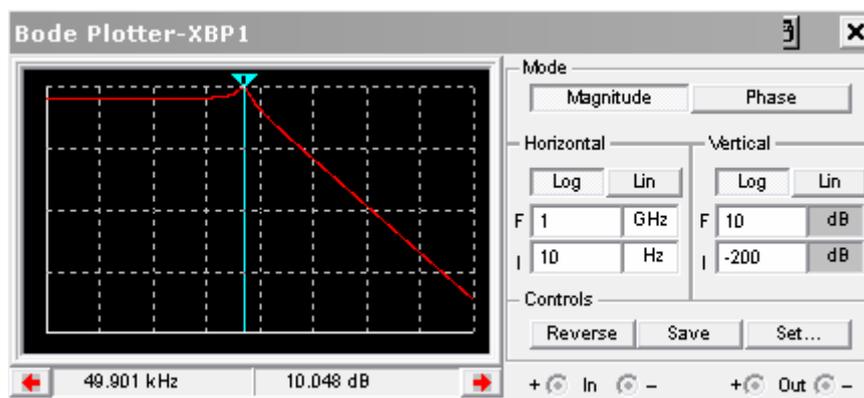


Figura 4.17. Pantalla de la respuesta en frecuencia con el instrumento Bode Plotter

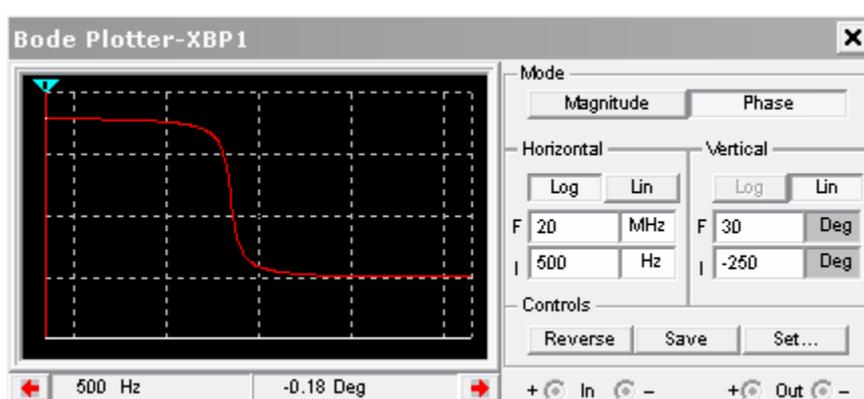


Figura 4.18. Pantalla de la respuesta en frecuencia en fase del circuito RLC con el instrumento Bode Plotter

Se puede comprobar que con los dos métodos se obtiene el mismo resultado.

4.4. Simulación de los circuitos de las prácticas 5 y 6

Antes de ir a las sesiones de laboratorio será imprescindible simular todos los circuitos que se han de montar en las sesiones de prácticas correspondientes a las prácticas de corriente alterna:

- Medida del circuito RC en condiciones transitorias (sección 5.2 de la práctica 5)

Estudio de la respuesta en frecuencia de los circuitos RC paso bajo y paso alto propuestos en la práctica 6

4.5. Estudio de la respuesta en frecuencia de circuitos de segundo orden

Se trata de realizar el estudio de la respuesta en frecuencia de los circuitos de las Figuras 4.19, 4.20, 4.21, 4.22 utilizando el "Bode Plotter" y el "AC analysis".

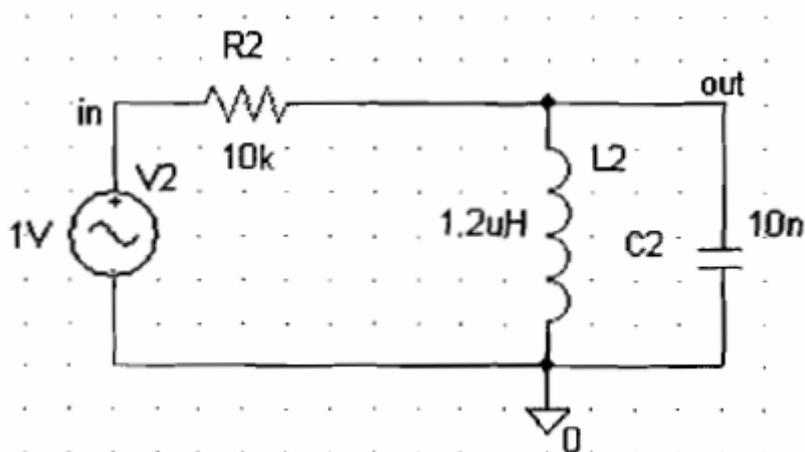


Figura 4.19. Estudio de la respuesta en frecuencia con el instrumento Bode Plotter y con "AC analysis"

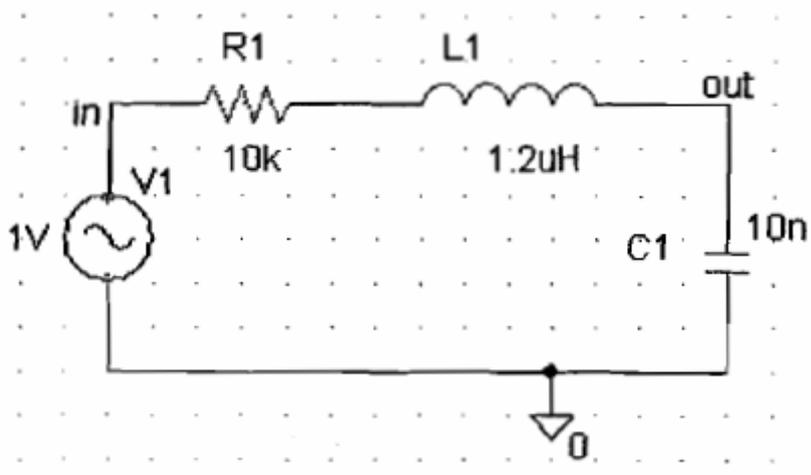


Figura 4.20. Estudio de la respuesta en frecuencia con el instrumento Bode Plotter y con "AC analysis"

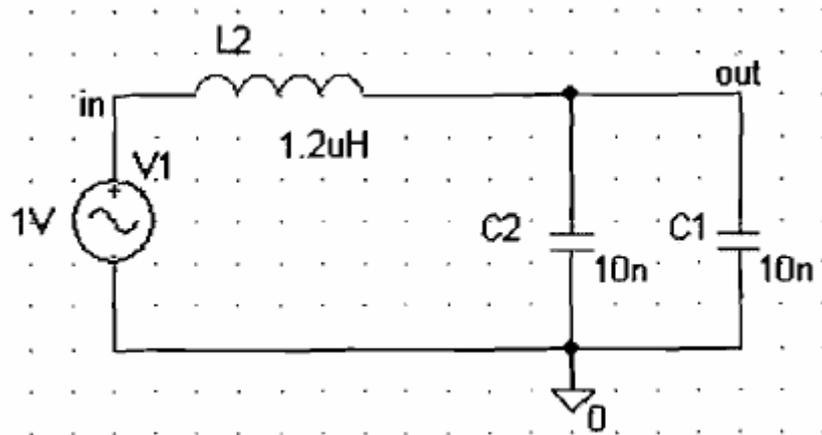


Figura 4.21. Estudio de la respuesta en frecuencia con el instrumento Bode Plotter y con "AC analysis"

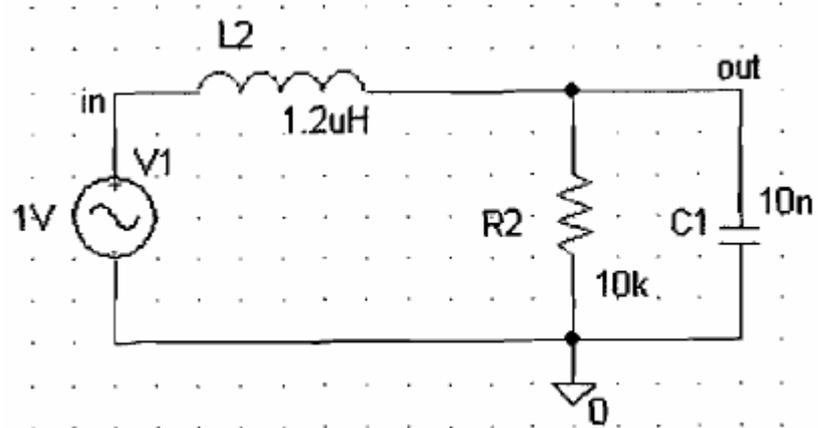


Figura 4.22. Estudio de la respuesta en frecuencia con el instrumento Bode Plotter y con "AC analysis"

4.6. Video del osciloscopio.

Antes de acudir a la quinta sesión de prácticas se recomienda leer los guiones de la práctica 5 y ver el video de manejo del osciloscopio que hay en descargas.