

**SUPERIORES DE OCCIDENTE**

**Guía tutorial para el Electronics Workbench**

# Contenido

<b>1. CONCEPTOS GENERALES</b>	<b>3</b>
DESCRIPCIÓN DE LA PANTALLA	3
DIBUJANDO UN CIRCUITO	4
<b>2. CIRCUITOS RESISTIVOS</b>	<b>5</b>
CIRCUITO CON FUENTE DE VOLTAJE INDEPENDIENTE	5
CIRCUITO CON FUENTE DE CORRIENTE INDEPENDIENTE	9
CIRCUITO CON FUENTE DE VOLTAJE CONTROLADA POR VOLTAJE	10
CIRCUITO CON FUENTE DE VOLTAJE CONTROLADA POR CORRIENTE	11
CIRCUITO CON FUENTE DE CORRIENTE CONTROLADA POR VOLTAJE	11
CIRCUITO CON FUENTE DE CORRIENTE CONTROLADA POR CORRIENTE	12
<b>3. CIRCUITOS RL, RC Y RLC, ANÁLISIS TRANSITORIO</b>	<b>12</b>
CIRCUITO RC SIN FUENTES	12
CIRCUITO RLC SUBAMORTIGUADO	15
CIRCUITO RLC CON FUENTES	17
RESPUESTA EN FRECUENCIA	19

# 1. Conceptos generales

## *Descripción de la pantalla*

La pantalla del Electronics Workbench (EWB) consta de los siguientes elementos:

- Menús: ubicado en la parte superior, incluye las funciones básicas para abrir o cerrar archivos, guardar, editar, etc. Refiérase a los manuales para una descripción de cada una de las funciones.
- Barra de herramientas de circuitos: inmediatamente debajo de la barra de Menús, contiene algunas de las funciones más utilizadas como abrir archivos, guardar, imprimir etc.
- Barra de componentes: es el tercer renglón de la pantalla. En esta barra de herramientas se encuentran agrupados todos los componentes que utiliza el EWB:
  - En el extremo izquierdo se encuentran los componentes que se hayan utilizado con mayor frecuencia.
  - **FUENTES** tanto de voltaje como de corriente, controladas e independientes. También se incluyen algunas fuentes más especializadas como un VCO, generadores de AM y FM, un One-Shot y algunas otras.
  - **COMPONENTES PASIVOS** como resistencias, capacitores, bobinas, potenciómetros, transformadores, etc.
  - **DIODOS** que incluye diodos zener, SCR, DIAC, TRIAC y puentes de diodos.
  - **TRANSISTORES**, tanto bipolares como de efecto de campo e IGBT.
  - **AMPLIFICADORES OPERACIONALES**, además de comparadores y un PLL.
  - **CONVERTIDORES A/D Y D/A**, así como un multivibrador monoestable y otro astable (555).
  - **CIRCUITOS INTEGRADOS TTL Y CMOS.**
  - **COMPUERTAS LÓGICAS GENÉRICAS.**
  - **CIRCUITOS DIGITALES GENÉRICOS**, como flip-flops, registros de desplazamiento, contadores y ALU.
  - **INDICADORES**, que cuenta con un voltímetro, un amperímetro, un foco, un led, display de 7 segmentos, un buzzer y displays de barras.
  - **BLOQUES DE CONTROL**, en donde se tienen bloques para sistemas de control que incluyen integradores, derivadores, bloque de ganancia, bloque de función de transferencia, sumadores, limitadores, etc.
  - **VARIOS**, con elementos como fusibles, cables, motor, cristal, dibujos de diferentes encapsulados para circuito integrado, etc.
  - **INSTRUMENTOS**: multímetro, generador de funciones, osciloscopio, analizador de espectros, generador de palabras digitales, analizador lógico y convertidor lógico.
- Ventana de circuito, que es en donde se dibuja el circuito que con el que se va a trabajar.

## ***Dibujando un circuito***

Para colocar un componente o un instrumento en la ventana de circuito, ubique el cursor en el grupo correspondiente y oprima el botón izquierdo del mouse, con esto se despliegan los componentes existentes para dicho grupo. A continuación ubique el cursor en el componente que desea colocar, oprima el botón izquierdo del mouse y “arrastre” el componente a la posición que desea, luego libere el botón.

Por ejemplo, si se desea colocar una resistencia de 10 kohms orientada verticalmente se deben seguir los siguientes pasos:

1. Colocar el cursor sobre el bloque de elementos pasivos en la barra de componentes (tiene el símbolo de resistencia), y oprimir el botón izquierdo del mouse (se despliega el contenido del bloque).
2. Colocar el cursor sobre el símbolo de la resistencia.
3. Manteniendo oprimido el botón izquierdo del mouse mueva la resistencia a la ventana de circuito.
4. Una vez liberado el botón del mouse la resistencia aparece en forma horizontal y de color rojo, esto significa que estamos seleccionando la resistencia, para girarla de manera que quede en dirección vertical ubique el cursor en el comando *rotate* de la barra de herramientas de circuitos (el octavo cuadro de izquierda a derecha).
5. Para cambiar el valor de la resistencia colocar el cursor sobre el símbolo de la misma y oprimir dos veces seguidas el botón izquierdo del mouse, con esto se abre un recuadro con los datos de la resistencia. Cambiar el valor a 10 kohms.

Para realizar la conexión entre los componentes se deben seguir los siguientes pasos:

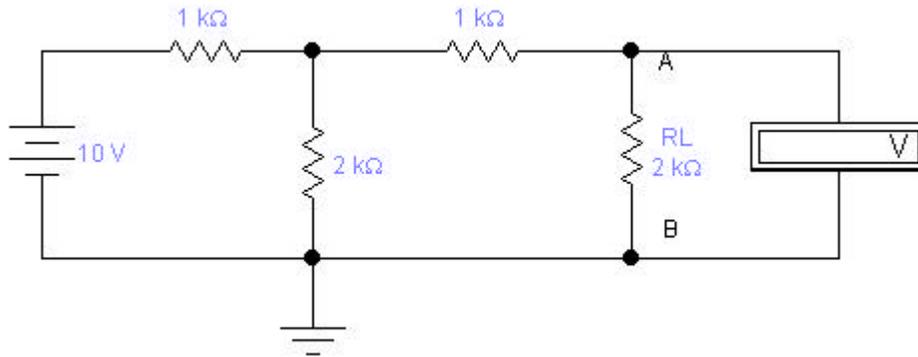
1. Colocar el cursor sobre la terminal del componente que se desea conectar (debe aparecer un pequeño punto en la terminal).
2. Oprima el botón izquierdo del mouse y arrastre el cursor hasta la terminal del otro componente de la conexión (debe aparecer un punto en la terminal).
3. Libere el botón izquierdo del mouse, automáticamente la conexión se vuelve a dibujar de manera que sólo se utilicen trazos en ángulos rectos sin pasar

Para que empiece la simulación se puede “encender” el circuito con el switch ubicado en la parte superior derecha de la pantalla colocando el cursor sobre éste y oprimiendo el botón izquierdo del mouse. Se puede hacer una pausa en la simulación o detenerla completamente. Esta simulación, desde el punto de vista de Spice equivale al análisis transitorio, sólo que no se tiene un tiempo específico para el terminar la simulación y los resultados se pueden ver mientras ésta se está llevando a cabo. Más adelante se explicará cómo realizar otros análisis como el de DC de AC, Fourier, etc.

## 2. Circuitos resistivos

### *Circuito con fuente de voltaje independiente*

Como ejemplo de simulación obtener el voltaje AB en la resistencia RL del siguiente circuito:

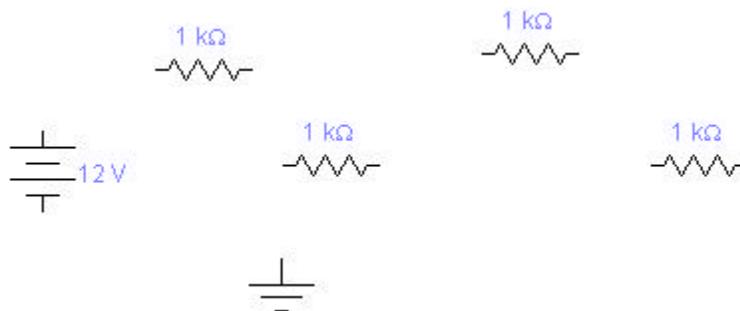


Vamos a obtener el voltaje en la resistencia de 2 kohms, con referencia positiva en la parte superior.

### 1. Colocar los componentes

Necesitamos colocar cuatro resistencias, una batería y el símbolo de tierra.

- 1.1. En la barra de componentes seleccionar el bloque de componentes pasivos (tiene el símbolo de una resistencia). "Arrastre" cuatro resistencias hacia el área de trabajo (ventana de circuito).
- 1.2. En la barra de componentes seleccionar el bloque de fuentes (tiene el símbolo de una batería). "Arrastre" una batería y el símbolo de tierra. En el área de trabajo tenemos los seis componentes.

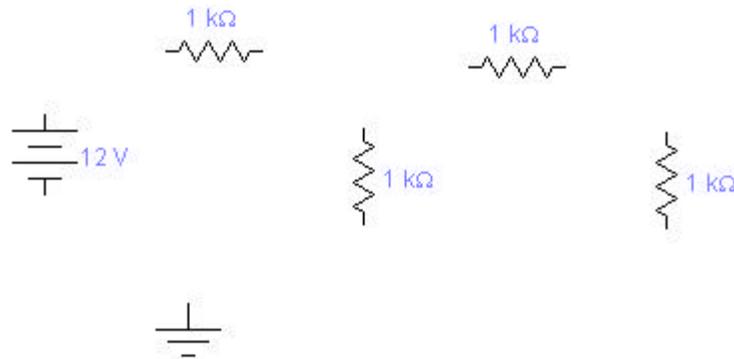


### 2. Girar las resistencias

Tenemos que girar dos de las resistencias, para ello hacemos lo siguiente:

- 2.1. Colocar el cursor sobre la resistencia que se desea girar y oprimir el botón izquierdo del mouse. La resistencia debe adquirir un color rojo.

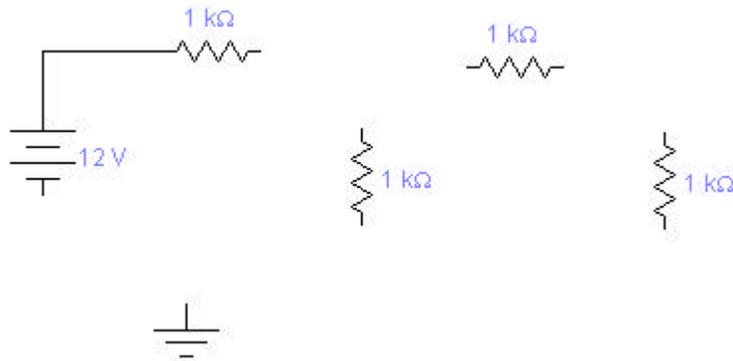
- 2.2. Oprimir las teclas CTRL-R al mismo tiempo. La resistencia girará 90 grados. Otra forma de hacer la rotación es utilizar el comando que para tal efecto se encuentra en la barra de herramientas de circuitos.
- 2.3. Repetir los pasos anteriores para la segunda resistencia. El aspecto ahora del circuito es como sigue:



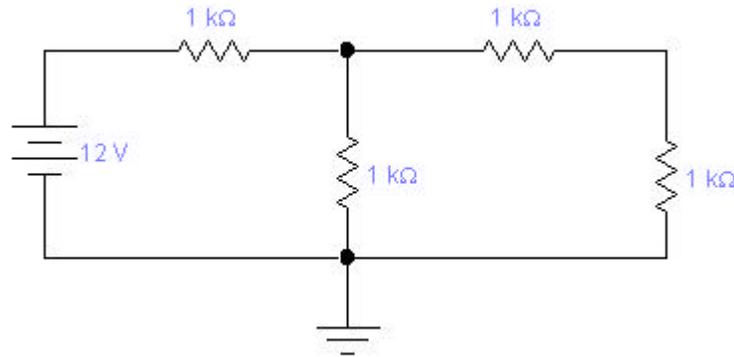
### 3. Conectar los componentes

Para conectar los componentes seguir el siguiente procedimiento:

- 3.1. Colocar el cursor en el terminal superior de la batería. Cuando el cursor se convierta en una flecha y la terminal se resalte (aparezca un punto en la terminal), oprima el botón izquierdo del mouse y arrastre el cursor al terminal izquierdo de la primera resistencia. El aspecto del circuito es como sigue:



- 3.2. Siga el procedimiento anterior para conectar el resto de las terminales.



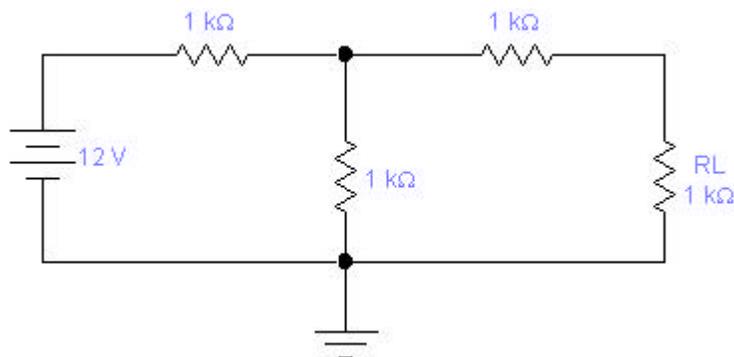
Una vez hechas las conexiones puede mover los componentes para que el circuito aparezca de una forma más ordenada.

Si las conexiones siguen caminos tortuosos recomendamos activar el *grid* de la pantalla, a través del menú Circuit en la opción Schematic Options, habilitar el comando Show grid. Colocar los componentes de manera que sus terminales coincidan con los puntos de la pantalla.

#### 4. Etiquetar los componentes y agregar texto

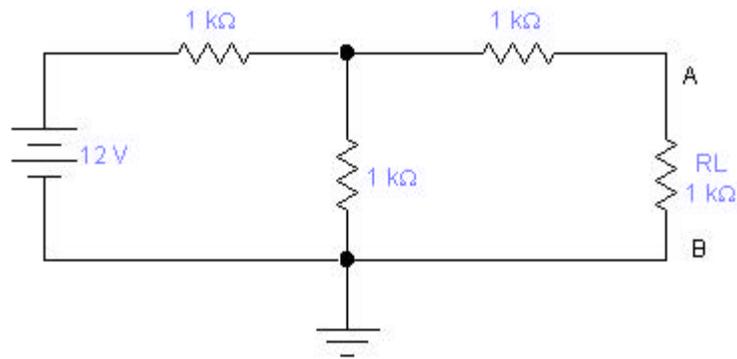
Para poner la etiqueta RL seguir los siguientes pasos:

- 4.1. Colocar el cursor sobre la resistencia que se desea etiquetar y oprimir dos veces seguidas el botón izquierdo del mouse.
- 4.2. Una vez desplegada la pantalla de propiedades de la resistencia seleccionar la opción Label.
- 4.3. En el renglón Label escribir la etiqueta deseada: RL.



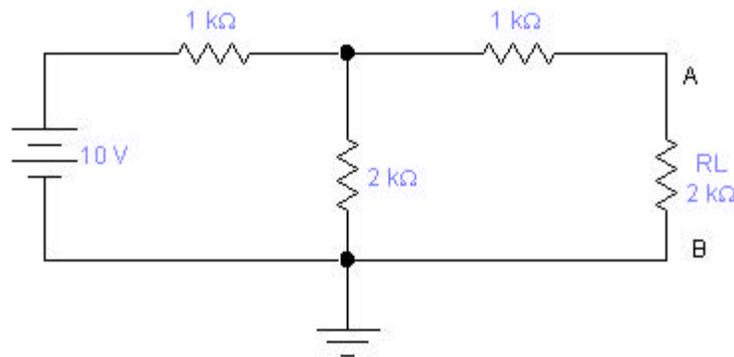
Para agregar texto:

- 4.4. Seleccionar el bloque de varios en la barra de componentes y seleccionar la opción Text box (tiene una A mayúscula en negritas).
- 4.5. Arrastrar la letra A hacia el área de trabajo y hacer un doble CLICK sobre ella, con esto se despliega el bloque de texto.
- 4.6. Escribir una letra A y luego la opción OK.
- 4.7. Mover la letra a la posición deseada.
- 4.8. Repetir los pasos del 4.4 al 4.7 para la letra B.



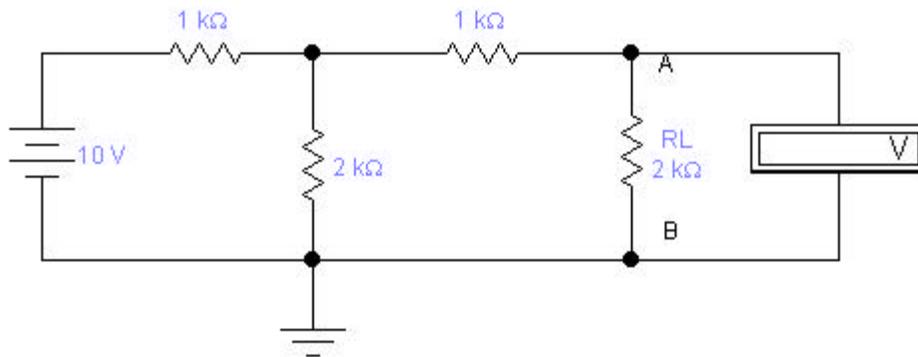
5. **Cambiar los valores de los componentes**

Para cambiar el valor de los componentes se sigue el mismo procedimiento para etiquetarlos sólo que en esta ocasión se utiliza la opción Value de la pantalla de propiedades.



6. **Agregar el voltímetro**

- 6.1. Del bloque indicadores en la barra de componentes seleccionar el voltímetro y arrastrarlo a la posición deseada.
- 6.2. Hacer la conexión siguiendo el procedimiento descrito en el punto 3.

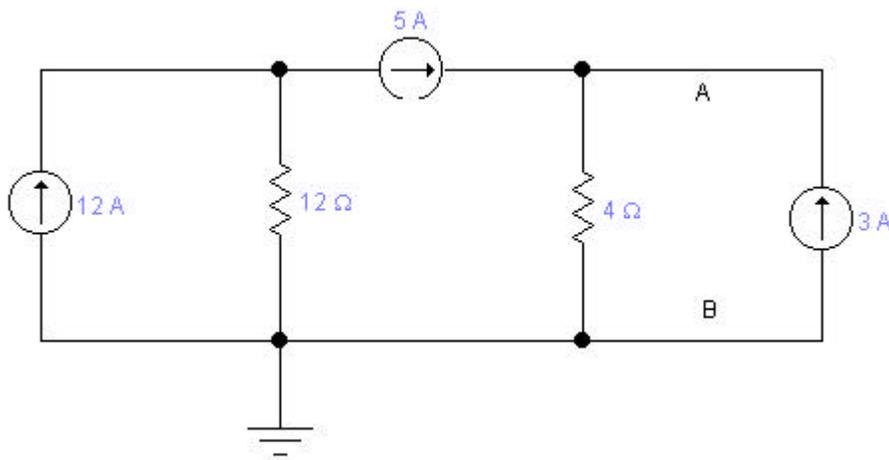


### 7. Activar la simulación

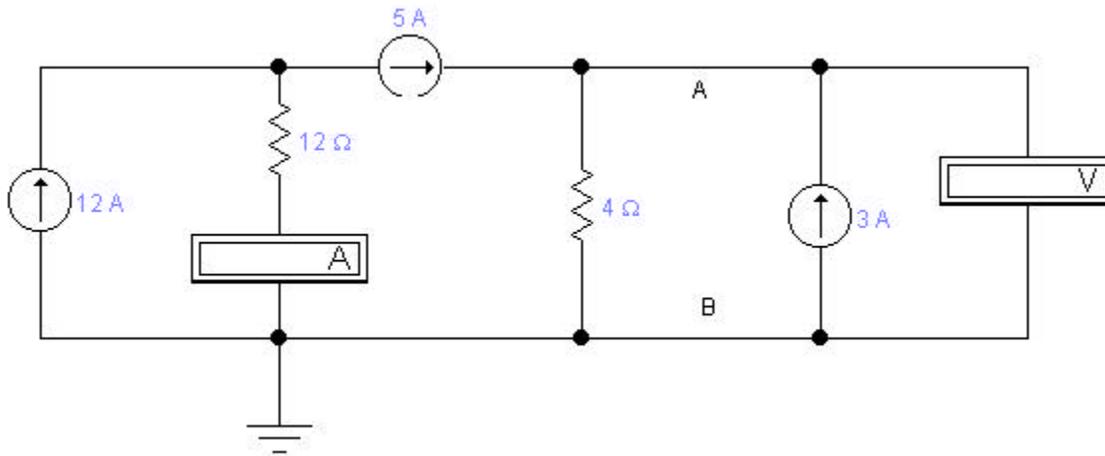
Colocar el cursor sobre el interruptor de encendido (en la parte superior derecha de la pantalla) y oprimir el botón izquierdo del mouse. Con esto se inicia la simulación y debe aparecer el voltaje deseado: 3.633 V.

### ***Circuito con fuente de corriente independiente***

Obtener el voltaje AB del siguiente circuito, así como la corriente en la resistencia de 12 ohms (dirección positiva hacia abajo).



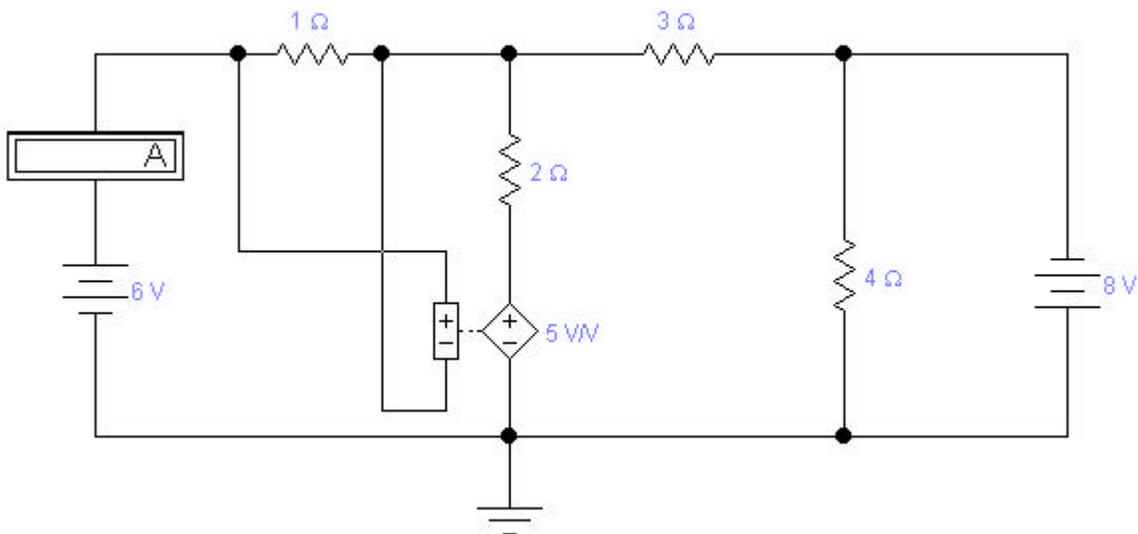
Dibujar el circuito siguiendo los pasos del ejemplo anterior. Agregar el voltímetro y el amperímetro como se muestra a continuación:



Para colocar el amperímetro en la posición vertical con su referencia conectada a tierra hay que girarlo 270 grados (la referencia aparece con una línea más gruesa). Activar el circuito. El resultado es de 32 V, 7 A.

**Circuito con fuente de voltaje controlada por voltaje**

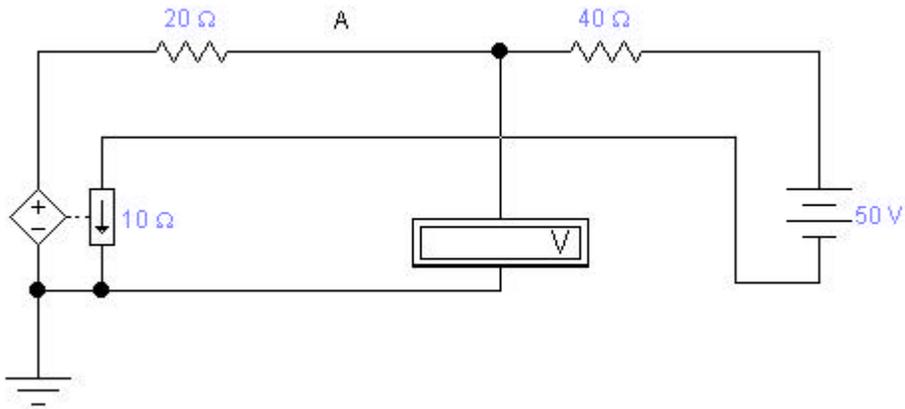
Calcular la corriente que entrega la fuente de 6 V.



En este caso la fuente es controlada por el voltaje en la resistencia de 1 ohm y tiene una ganancia de 5. La corriente que aparece en el amperímetro debe ser de 1.769 A.

**Circuito con fuente de voltaje controlada por corriente**

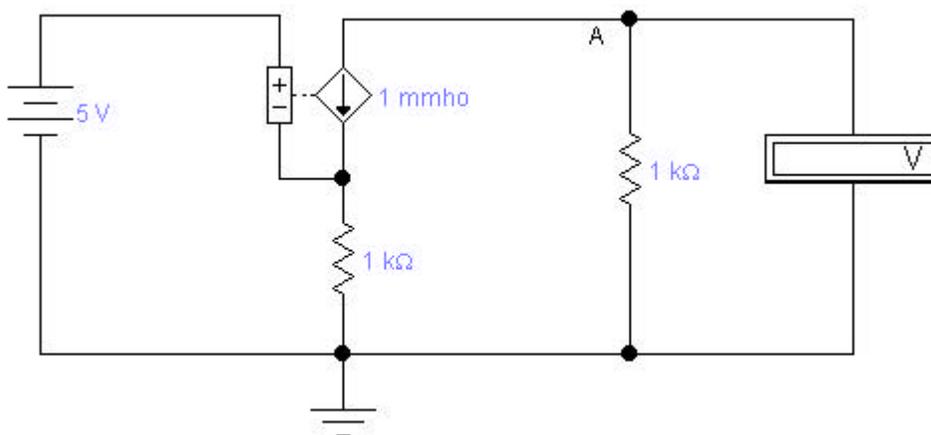
Obtener el voltaje del punto A con respecto a tierra para el siguiente circuito:



Los 10 ohms que aparecen en la fuente controlada corresponden a la transresistencia de la fuente, es decir que el voltaje de salida es igual a 10 veces la corriente de control, que es la que entra a la fuente de 50 V. El voltaje desplegado en el medidor debe ser de 10 V.

**Circuito con fuente de corriente controlada por voltaje**

Obtener el voltaje de A con respecto a tierra.

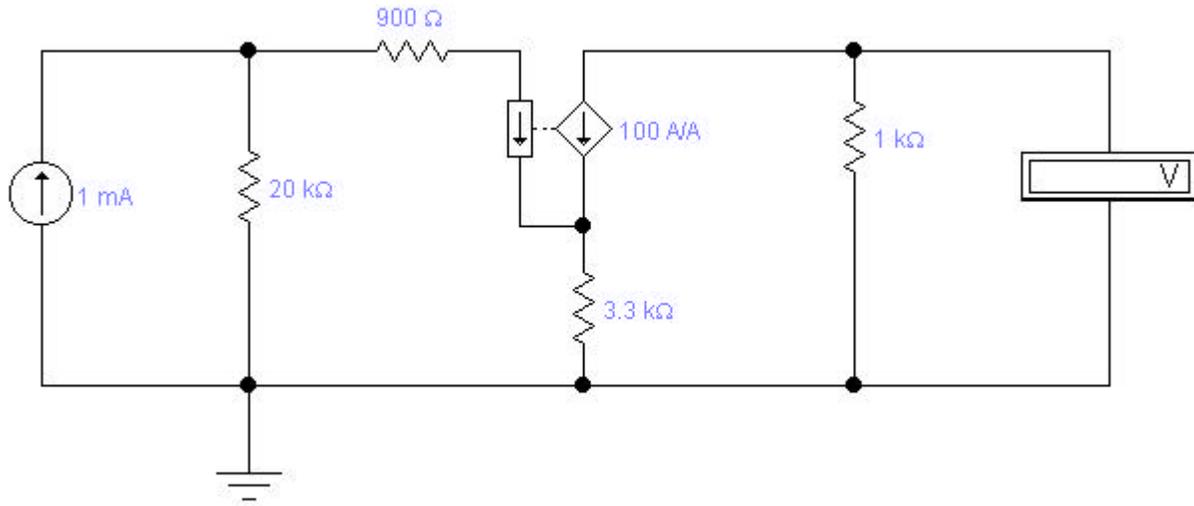


El resultado deben ser -2.5 V. Si no se obtiene el resultado correcto es porque la impedancia del voltímetro no es lo suficientemente grande (el voltímetro está produciendo efecto de carga en el circuito). Para corregirlo hacer doble CLICK sobre el voltímetro para

desplegar su pantalla de propiedades. En la opción Value aumentar el valor de la resistencia del voltímetro (por ejemplo a 100 megaohms). De esta manera se obtiene el resultado correcto.

**Circuito con fuente de corriente controlada por corriente**

Obtenga el voltaje en la resistencia de 1 kohm.



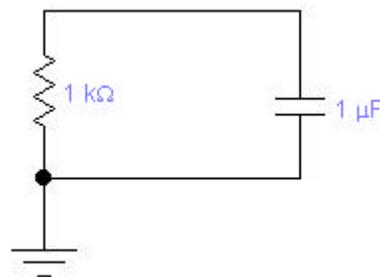
La corriente que controla la fuente es la que pasa por la resistencia de 900 ohms, la ganancia es de 100. El resultado debe ser de -2.594 V.

**3. Circuitos RL, RC y RLC, análisis transitorio**

**Circuito RC sin fuentes**

Graficar el voltaje de descarga del capacitor. Como condición inicial considerar que el voltaje almacenado es  $V_C(0) = 10V$ .

Dibujar el circuito tal y como se muestra en la figura.



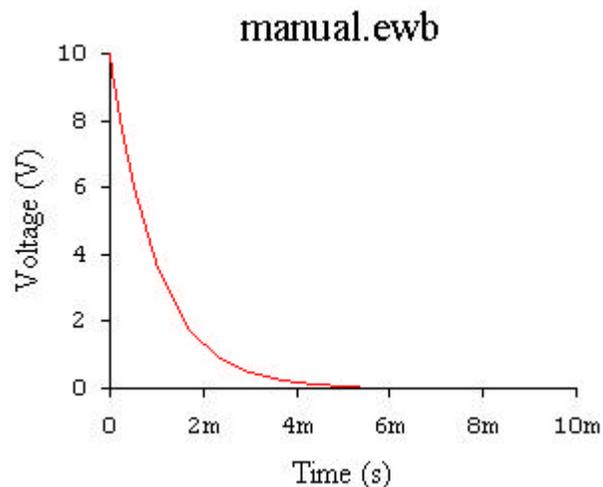
Para indicar las condiciones iniciales:

1. colocar el cursor sobre el cable de conexión de las terminales superiores de los componentes y oprimir dos veces seguidas el botón izquierdo del mouse.
2. Una vez desplegada la opción de propiedades del cable seleccionar el comando Node.
3. En el recuadro de Analysis (en la parte inferior) activar la opción Use initial conditions.
4. Escribir en el renglón Transient analysis (IC) el valor de la condición inicial (en este caso 10 V).

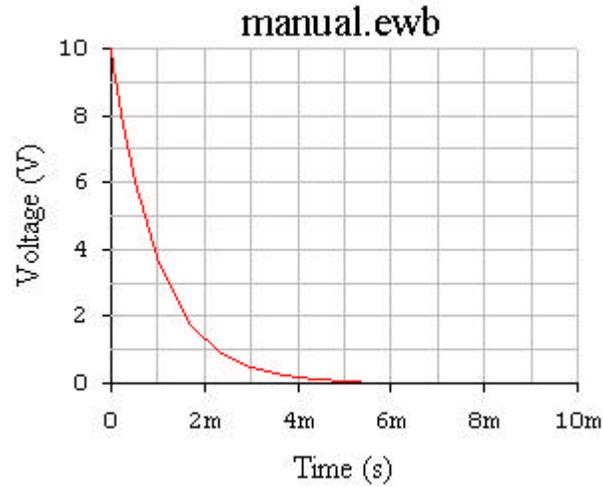
Para configurar el análisis transitorio:

1. Seleccionar en el menú Analysis la opción Transient...
2. En el recuadro Initial conditions activar el comando User-defined.
3. En el recuadro Analysis poner el tiempo en el que debe terminar la simulación (poner en este caso End time = 0.01 seg.
4. En la parte inferior seleccionar el número 1 en recuadro Nodes in circuit.
5. Hacer CLICK en la opción Add de manera que en el recuadro Nodes for analysis aparezca el 1. Esto indica que se va a graficar el voltaje en el nodo 1.
6. Hacer CLICK en el comando Simulate.

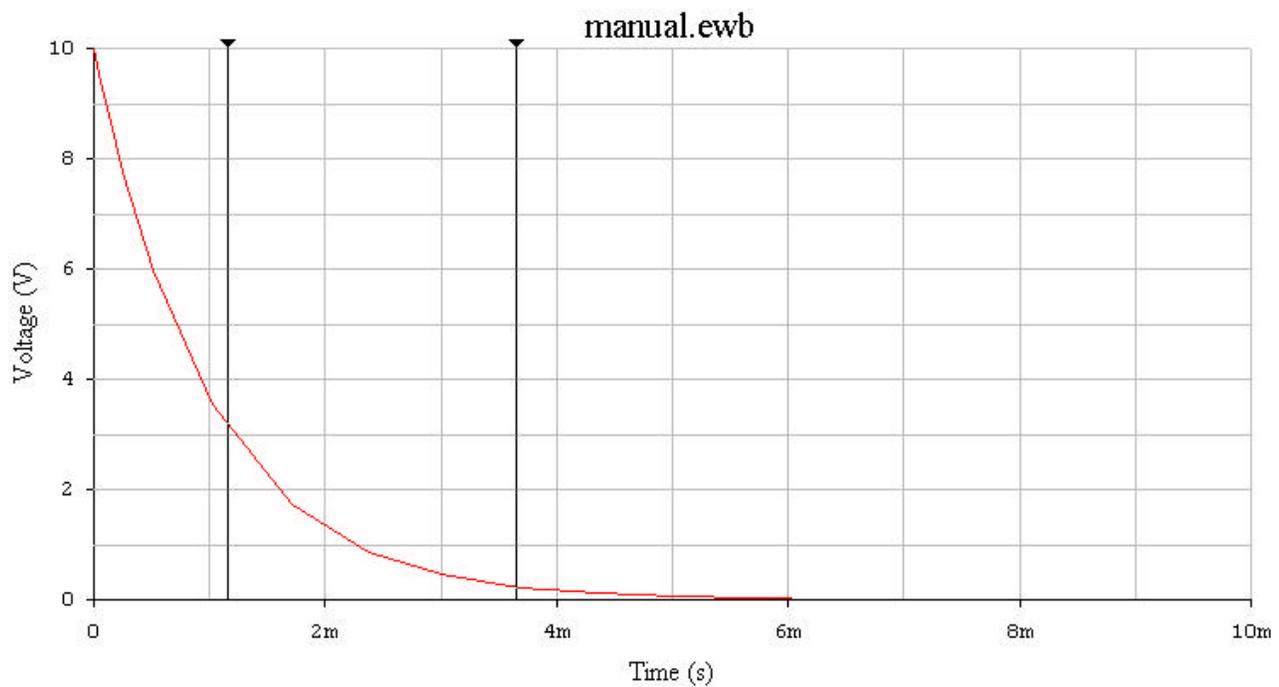
Una vez terminada la simulación se despliega la gráfica con el resultado.



Es posible mejorar la presentación de la gráfica agregando una cuadrícula mediante la opción Toggle grid en la barra de herramientas del recuadro de gráficas (el dibujo de esta opción presenta un cuadrículado). El resultado se ve como sigue:



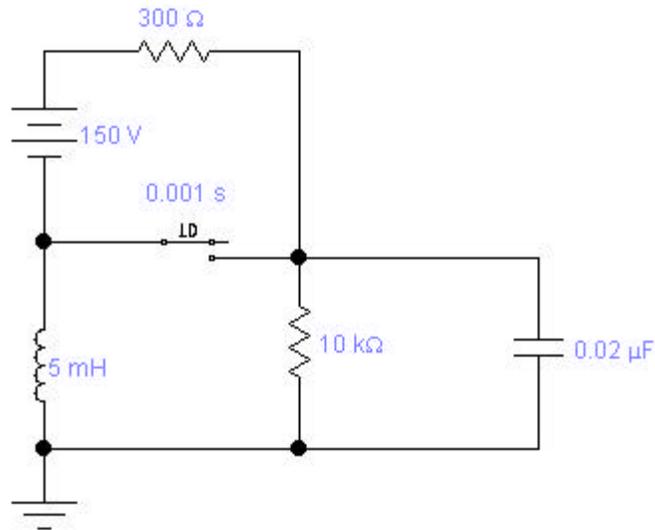
Podemos agregar cursores (con la opción Toggle cursors en la barra de herramientas de la pantalla de gráficas) para tener una lectura más precisa del resultado. Si se agranda la pantalla de gráficas el resultado es más claro:



Para transferir las gráficas al documento texto se puede utilizar la opción Copy-Paste de la barra de herramientas de la pantalla de gráficas.

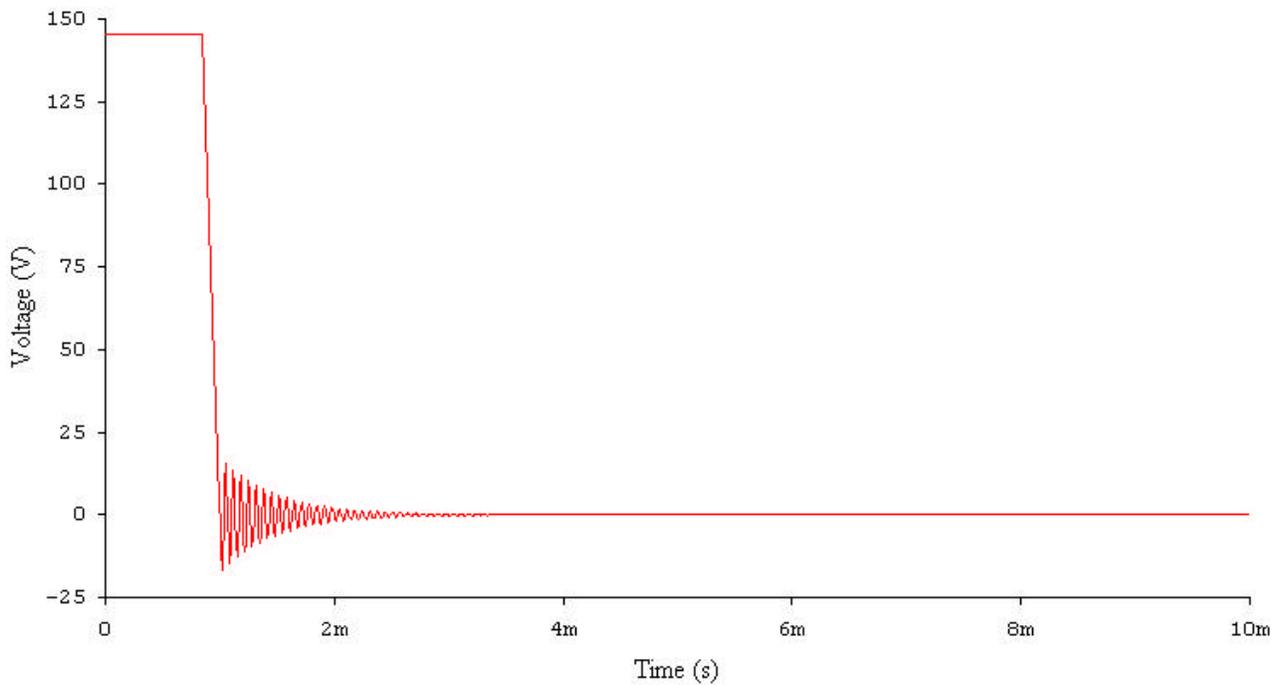
### **Circuito RLC subamortiguado**

En el circuito de la figura, el interruptor se cierra en  $t = 0.001$  seg., graficar el voltaje en el capacitor.

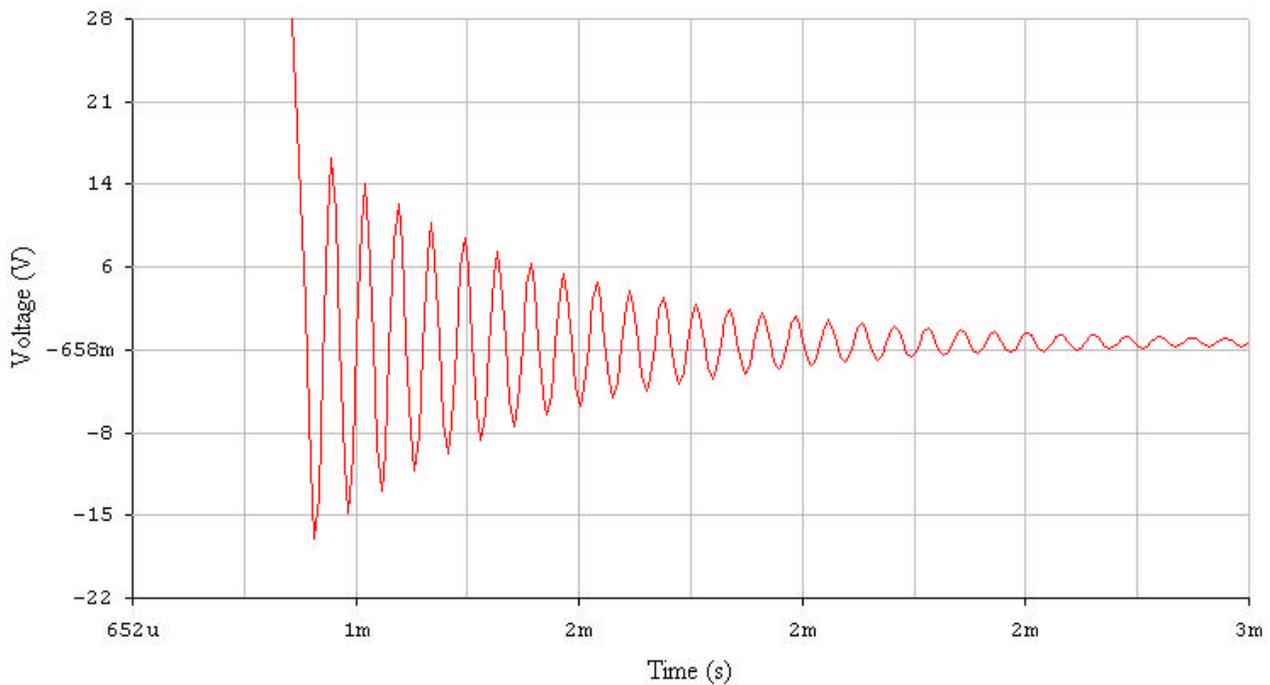


1. Editar el tiempo de cambio del interruptor haciendo un doble CLICK sobre éste y escribiendo el valor de 0.001 seg. en renglón Time on de la opción Value.
2. Hacer un doble CLICK en el cable que conecta al capacitor en su terminal superior para conocer el número de nodo correspondiente (se puede indicar que se despliegue el
3. En el menú Analysis seleccionar la opción Transient...
4. En el recuadro Initial conditions seleccionar la opción Calculate DC operating point.
5. Definir como tiempo final de simulación 0.01 seg.
6. Hacer CLICK sobre el comando Simulate.

Una vez terminada la simulación el resultado debe ser como se muestra a continuación:

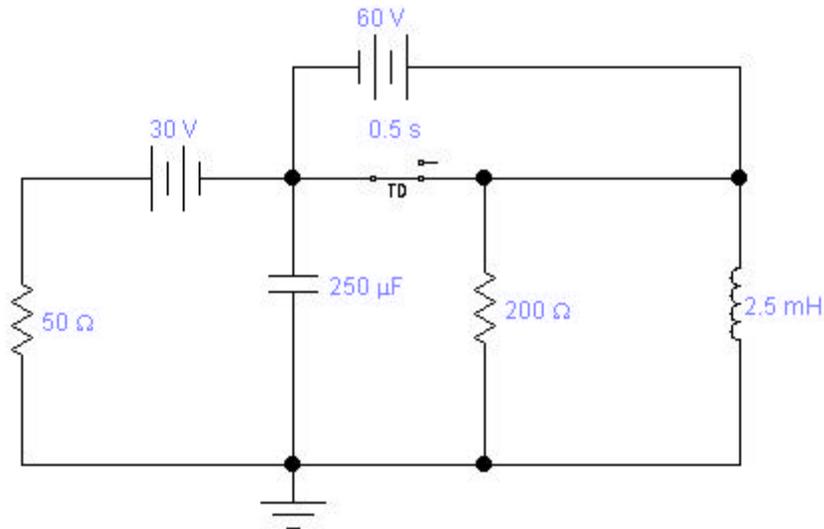


Si nos interesa observar con más cuidado el transitorio podemos hacer un acercamiento en la gráfica dibujando un recuadro en la zona que nos interesa. También podemos agregar un cuadrículado a la gráfica tal y como se explicó en el ejemplo anterior.

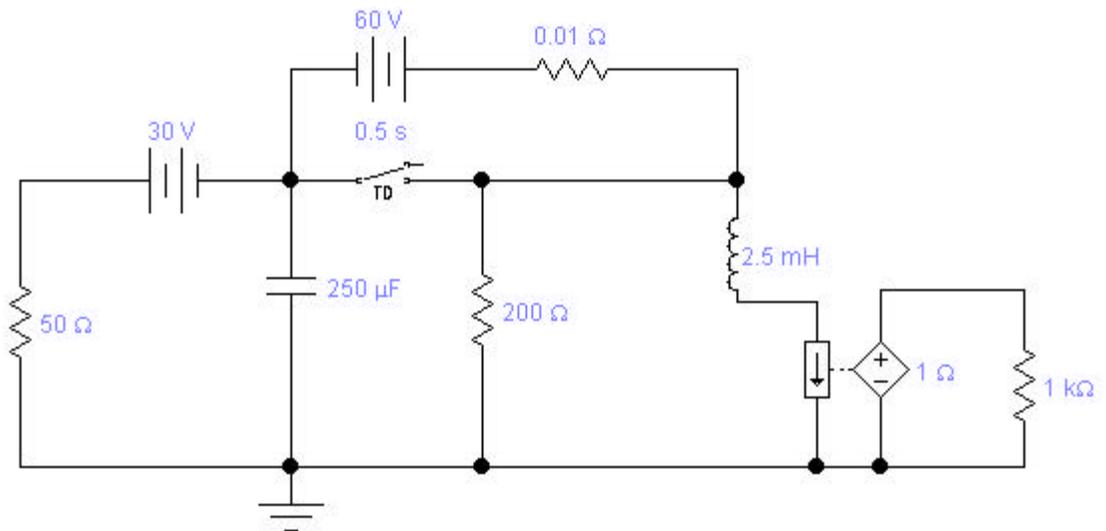


**Circuito RLC con fuentes**

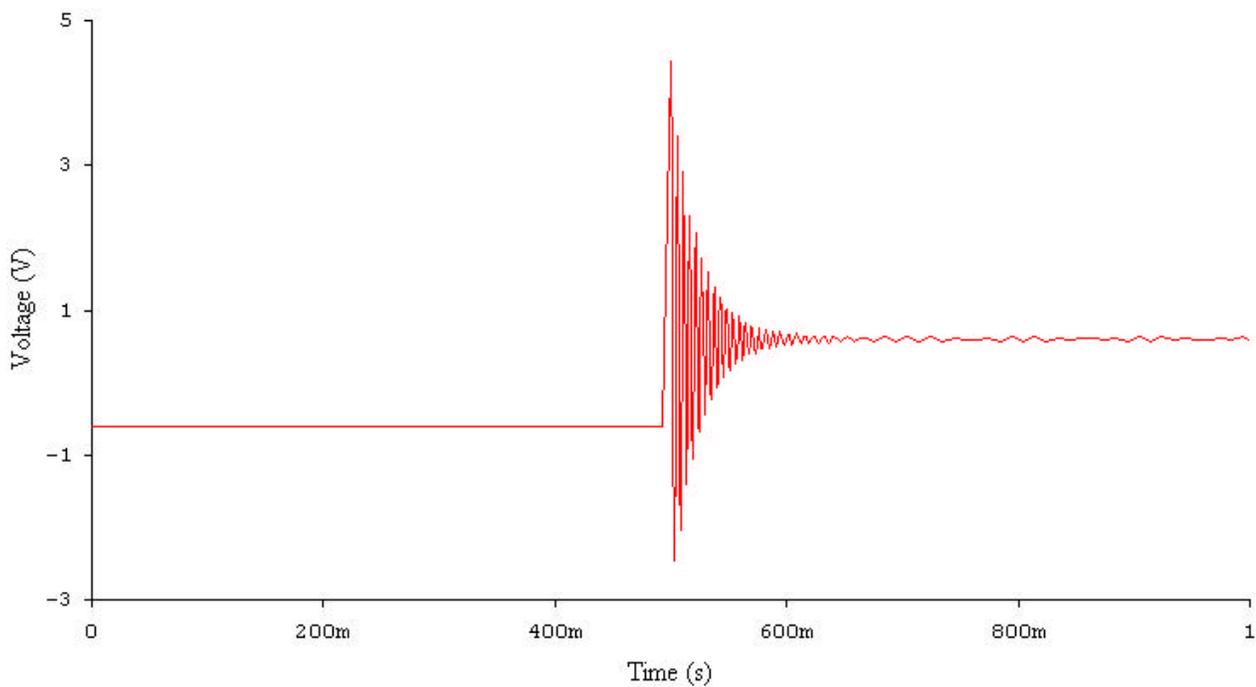
Ahora expondremos un ejemplo de cómo se puede graficar corriente en un circuito. En la figura obtener la corriente en la inductancia.



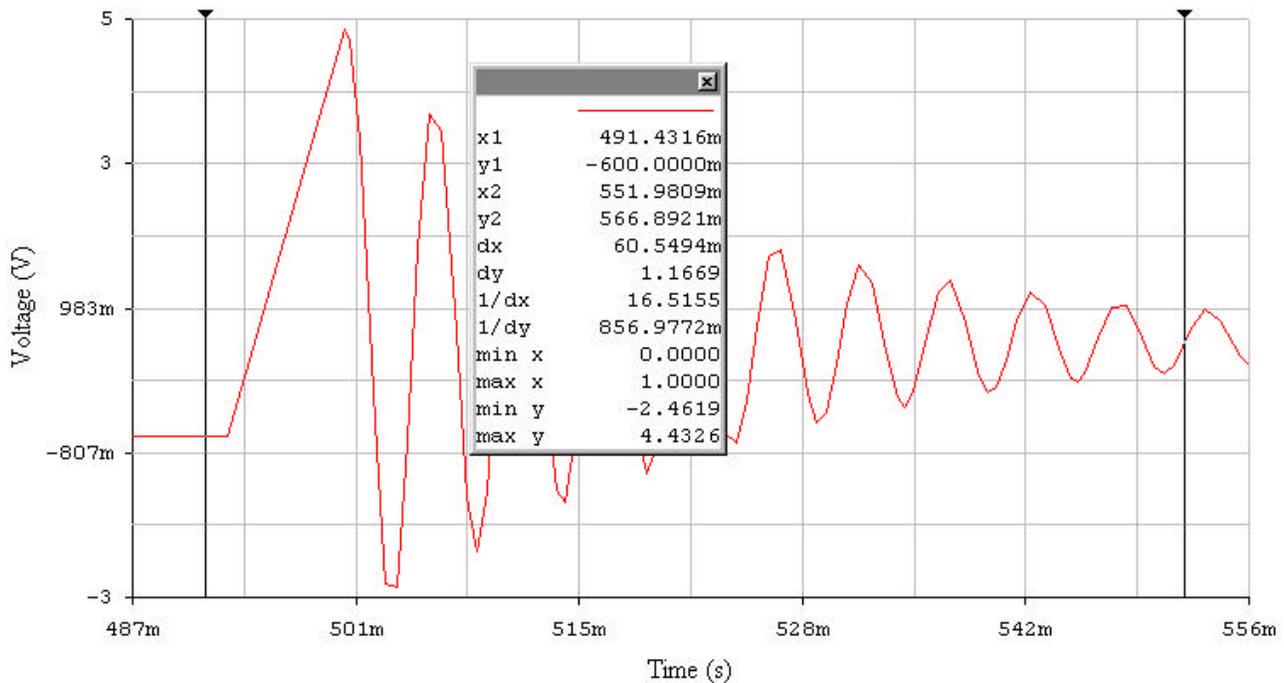
El interruptor se abre en 0.5 seg., la dirección positiva de la corriente es hacia abajo. Para poder simular adecuadamente este circuito lo primero que hay que hacer es agregar una resistencia en serie con la fuente de 60 V, ya que al inicio se encuentra en corto circuito. Dicha resistencia debe ser de un valor muy pequeño para evitar alterar al circuito original. Por otra parte, como se grafican directamente las corrientes podemos agregar una fuente de voltaje controlada por corriente para monitorear este valor. Por último hay que aclarar que los voltajes graficados se miden con respecto a tierra, por lo que es necesario que la salida de la fuente controlada esté con referencia a tierra.



La transresistencia de la fuente controlada es unitaria por lo que un volt equivale a un ampere. La resistencia de 1 kohm es necesaria ya que de otra forma quedaría desconectada la terminal positiva de la batería y la simulación no sería posible. La gráfica resultante tiene el siguiente aspecto:



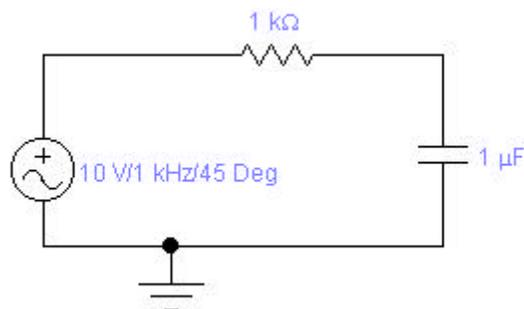
Si queremos ver con más detalle el sobretiro podemos redibujar la gráfica como sigue:



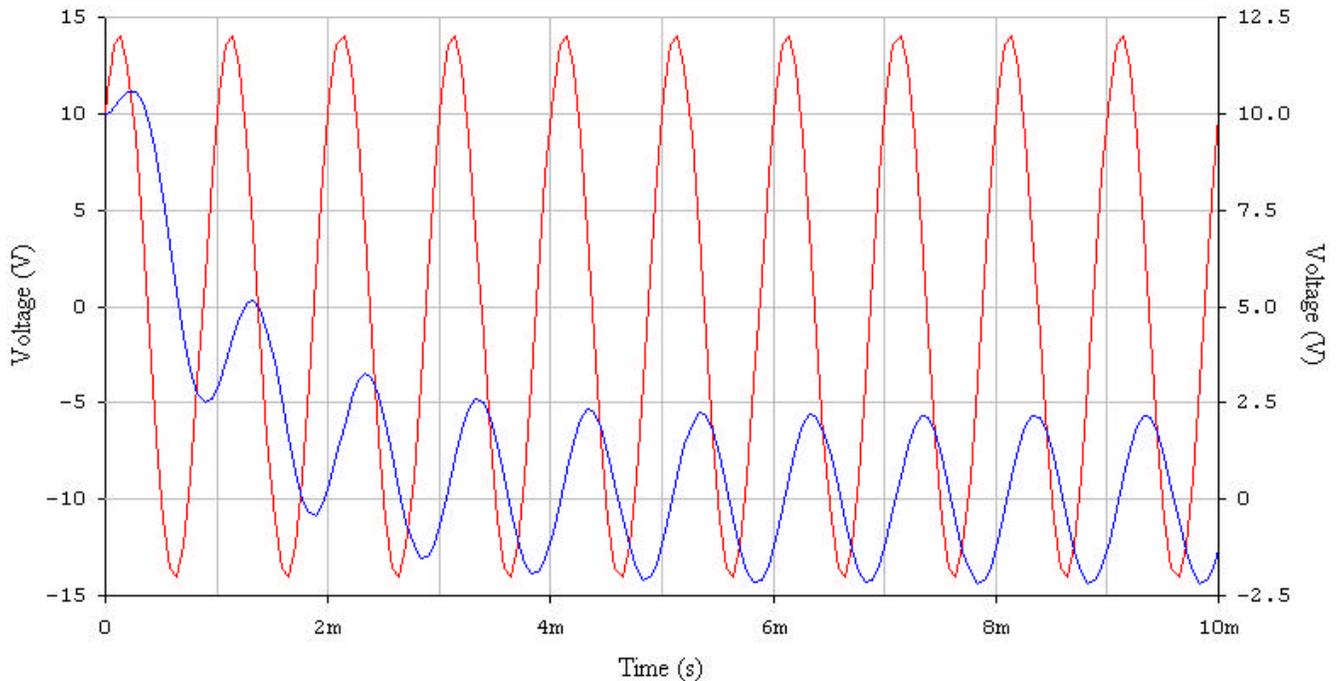
El valor máximo del sobretiro es de 4.4326 A y el mínimo de -2.4619 A.

### **Respuesta en frecuencia**

Como último ejemplo expondremos un circuito RC y obtendremos su diagrama de respuesta en frecuencia. Analizaremos un circuito con una fuente de voltaje se 10 V de amplitud y 45 grados de fase.



Construir el circuito y editar la fuente de voltaje. En la opción Value escribir los parámetros correspondientes a la fuente de alterna (10 V, 45 grados y 1 kHz). Estos valores nos sirven sólo como referencia, ya que éstos se utilizan sólo para el análisis transitorio. El resultado del análisis transitorio se muestra en la siguiente gráfica.

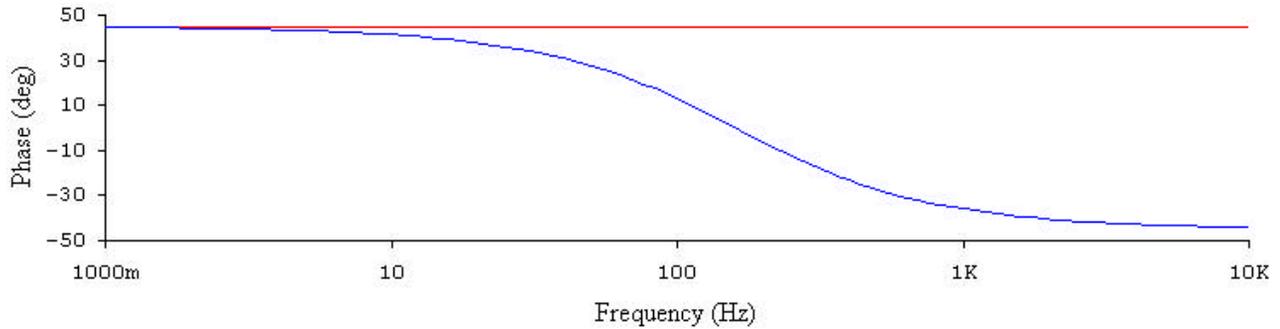
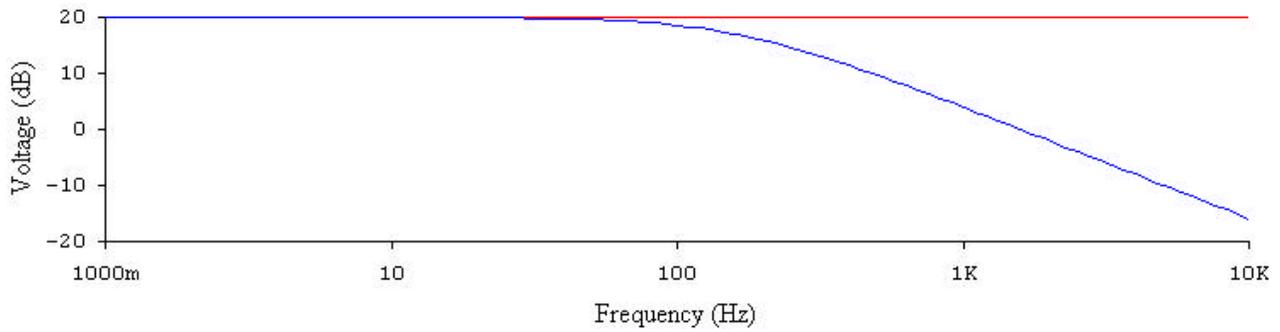


Si ahora deseamos hacer un diagrama de respuesta en frecuencia hay que editar nuevamente la fuente de alterna haciendo un doble CLICK sobre ésta y seleccionar la opción Analysis Setup. En la parte superior derecha tenemos dos recuadros, el primero dice AC Magnitude, en éste escribimos el valor de la amplitud (10 V); en el recuadro inferior (AC Phase) escribimos la fase de 45 grados. Estos son los parámetros que se utilizan para el análisis de respuesta en frecuencia (en el Workbench se designa este análisis como AC Frequency).

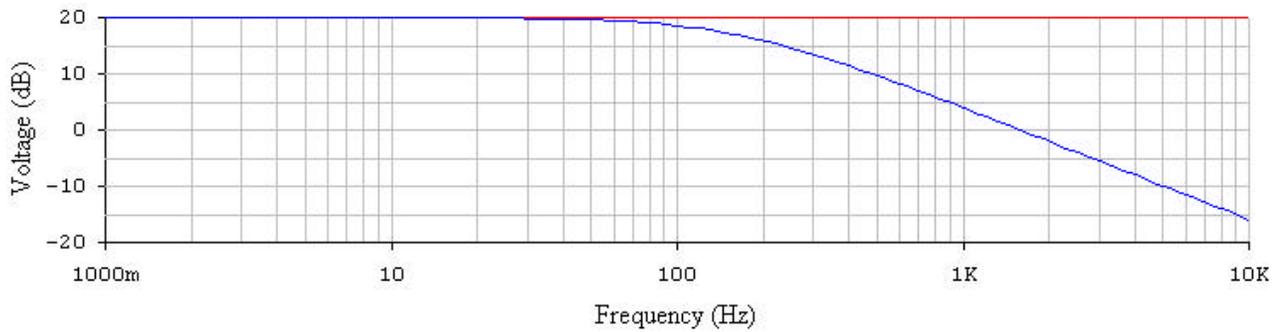
Para obtener las gráficas de respuesta:

1. seleccionar del Menú Analysis la opción AC Frequency.
2. Poner como frecuencia final 10 KHz (FSTOP).
3. Sweep type indica el tipo de escala que se va a utilizar en el eje horizontal (décadas, octavas o lineal), seleccionar décadas.
4. Number of points indica los puntos que se van a calcular para hacer la gráfica (entre más puntos mejor resolución) usaremos el valor ya asignado de 100.
5. En Vertical scale se define la escala en el eje vertical (elegir decibeles)
6. Seleccionar los nodos de entrada y salida para la gráfica.
7. Seleccionar Simulate para realizar la simulación.

El resultado es el siguiente:



Automáticamente se generan las gráficas de magnitud y fase. Podemos agregar un cuadrículado para mejor presentación:



Para seleccionar la gráfica de fase colocar el cursor sobre ésta y oprimir el botón izquierdo del mouse (aparece un triángulo rojo indicando que la gráfica de fase es la seleccionada).

