

## Tema II: Régimen permanente continuo

### 1 Consideraciones generales

Este tema está dedicado a la descripción del modo de utilizar PSpice para analizar circuitos que funcionan en régimen permanente continuo (DC; *direct current, corriente directa*). Para lograr este objetivo hay que tratar tres aspectos, además de los ya mencionados en el tema I: elementos utilizables en DC (fuentes independientes, elementos pasivos), establecimiento de las condiciones de análisis y utilización de medidores de corrientes y tensiones específicos para DC. A cada uno de estos aspectos se le dedica una sección en la exposición que sigue.

Antes de comenzar tal exposición hay que señalar que los únicos elementos pasivos que se emplean en PSpice cuando se trata de analizar circuitos funcionando en DC son resistencias. Como es bien sabido a partir de la teoría convencional de circuitos (TCC), en DC las inductancias y las capacidades se comportan como si fueran, respectivamente, cortocircuitos y circuitos abiertos.

En otras palabras, si debemos analizar en DC un circuito que contiene inductancias, antes de proceder al análisis propiamente dicho sustituiremos cada inductancia por un cortocircuito. Por su parte, las capacidades son eliminadas del circuito, dejando al aire, en primera instancia, las conexiones a las que se unían tales elementos. Ahora bien, tal y como se indicó en el tema anterior, esta situación es inaceptable en PSpice. Para soslayarla hay dos posibilidades:

- Conectar entre los terminales a los que estaba unida la capacidad una resistencia de valor muy elevado. A este respecto, téngase en cuenta que, cuanto más alto es el valor de una resistencia, más se aproxima su comportamiento al de un circuito abierto.
- Eliminar cualquier rastro de conexión entre la capacidad (ahora suprimida) y el resto del circuito.

Recuérdese también que la tensión en una inductancia es nula en DC y que la corriente que circula por una capacidad es nula en DC. La figura II.1 muestra cómo se representa en PSpice un circuito con inductancias y capacidades que funciona en DC. El hecho de que  $C_1$  sea un circuito abierto impone la ausencia de corriente en su rama, con lo que no hay caída de tensión en  $R_C$  y puede prescindirse de ésta. Por otro lado,  $L_1$  se comporta como un cortocircuito, con lo que toda la corriente que llega a la agrupación en paralelo de  $R_L$  y  $L_1$  circula únicamente por ésta; en consecuencia, puede prescindirse de la consideración de  $R_L$ , en la que tampoco hay caída de tensión. Se sugiere al lector que compruebe que apenas hay diferencia entre los resultados que se obtienen con el circuito de PSpice representado en II.1 y los que se obtendrían si se mantuviera  $R_C$  y se sustituyera  $C_1$  por una resistencia de valor  $1\text{ M}\Omega$  (tres órdenes de magnitud superior al valor de  $R_C$ ) o mayor.

## Representación en PSpice de un circuito funcionando en DC

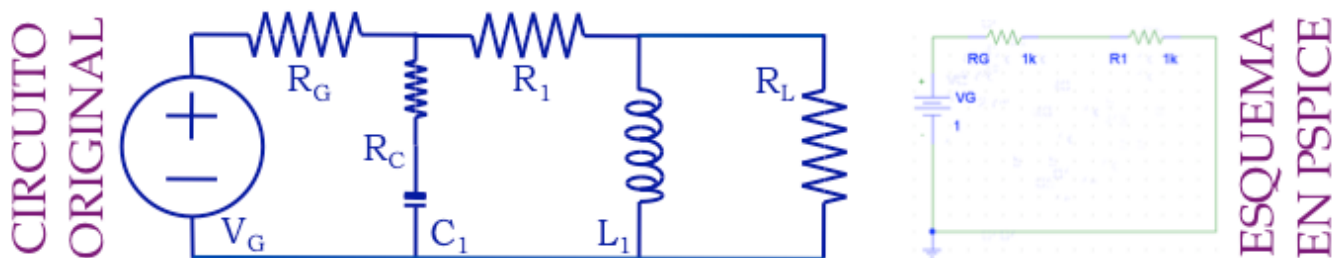


Figura II.1. Representación en PSpice de un circuito que funciona en DC. En la representación se han eliminado la inductancia y la capacidad presentes en el circuito original.

## 2 Fuentes independientes en régimen permanente continuo

La figura II.2 resume los elementos típicos de la representación de circuitos funcionando en DC en PSpice. Para cada uno se indican el símbolo gráfico que se obtiene al extraerlo de la librería de elementos y el código por el que es identificado en dicha librería.

### Elementos usados en PSpice para análisis DC

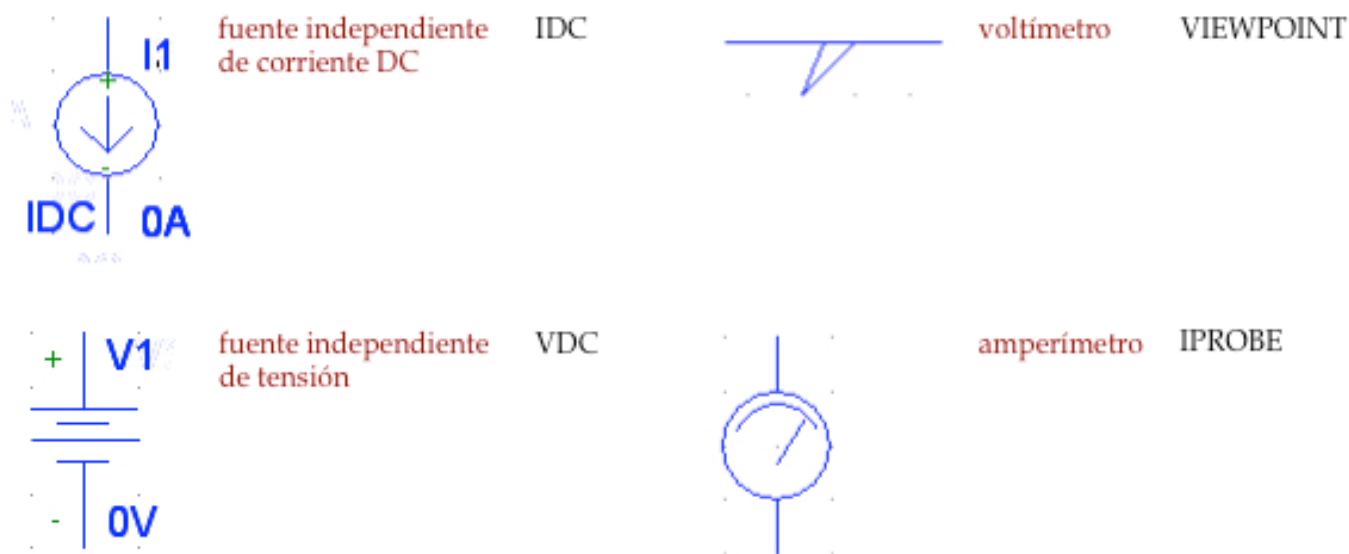


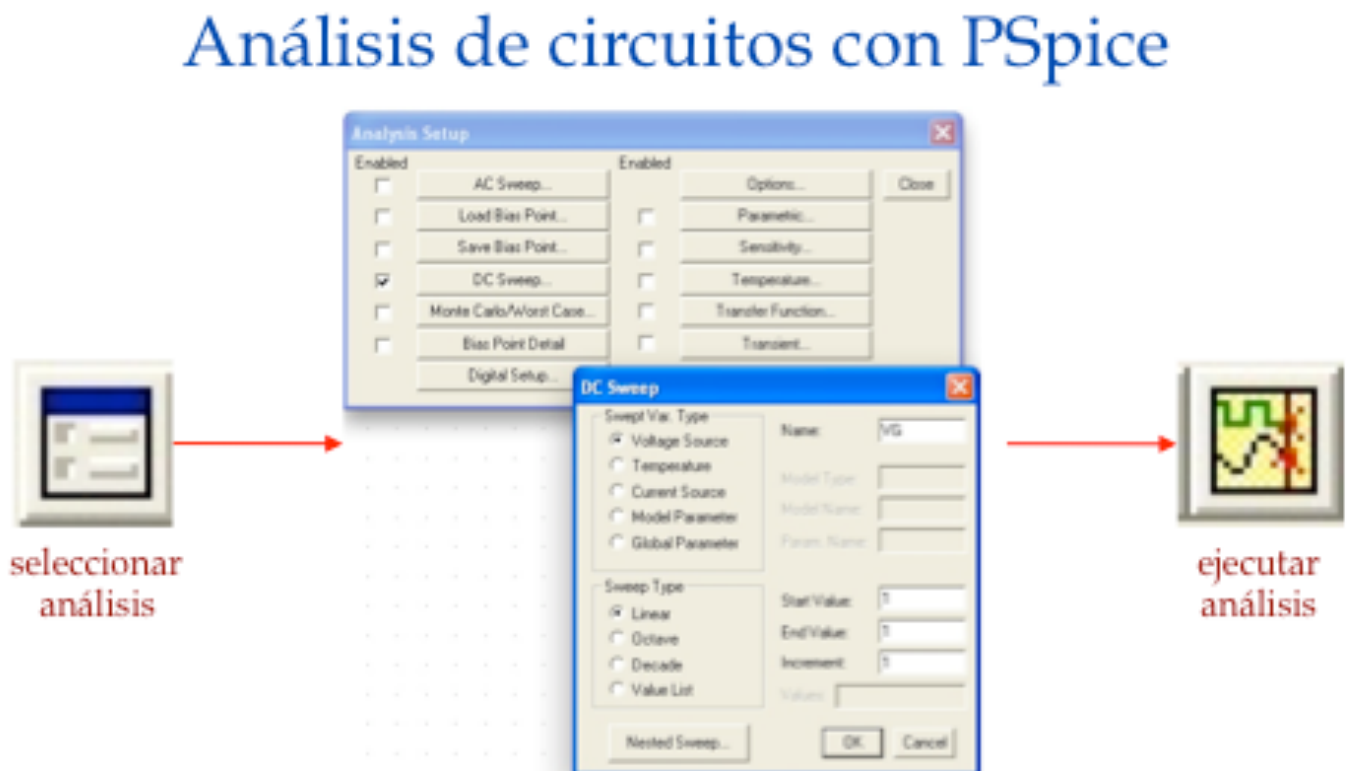
Figura II.2. Elementos típicos de representaciones de circuitos funcionando en DC en PSpice.

Entre esos elementos los que nos conciernen en esta sección son las dos fuentes. Como puede observarse, el símbolo representativo de la fuente de corriente incorpora el código identificativo, lo cual no ocurre en el símbolo representativo de la fuente de tensión. Los nombres, los valores y las posiciones de las fuentes pueden modificarse tal y como se indicó en el tema anterior para las resistencias. Todas las fuentes han de incorporar en sus nombres las letras  $I$  y  $V$ , según se trate de fuentes de corriente o de tensión, respectivamente. Se sugiere

prestar atención a las disposiciones relativas de la polaridad y el sentido de la corriente en la fuente de corriente; en la práctica es muy habitual cometer errores a causa de no tener en cuenta correctamente tales disposiciones. En concreto, obsérvese que, contrariamente a lo que suele hacerse en TCC, en la fuente de corriente se asigna la polaridad positiva al terminal por el que entra la corriente; en cualquier caso, la caracterización correcta de dicha fuente es la marcada por la flecha indicativa del sentido de la corriente.

### 3 Procedimiento para analizar con PSpice circuitos en DC

La figura II.3 muestra el esquema del procedimiento a seguir para analizar circuitos con PSpice. El procedimiento es absolutamente general en el sentido de que no depende del tipo concreto de análisis que se desee realizar.



**Figura II.3.** Procedimiento general para analizar circuitos con PSpice.

El procedimiento comienza seleccionando el botón indicado en la figura en la botonera. En respuesta a esta acción se abre un cuadro de diálogo, en el que se muestran los tipos de análisis que son posibles en PSpice. El usuario debe marcar el o los cajetines correspondientes a los análisis que desea realizar. En el caso particular de análisis DC se marca con ✓ el cajetín asociado al análisis DC Sweep.

A continuación, pulsando sobre el recuadro correspondiente al tipo de análisis, se abre un segundo cuadro de diálogo, en el que el usuario puede activar o desactivar distintas opciones: tipo de excitación (Voltage Source, Current Source, otras; en este texto únicamente

estamos interesados en las dos que acabamos de mencionar), tipo de barrido (*Linear*, *Octave*, *Decade*, *Value List*)<sup>1</sup>, nombre de la fuente representativa de la excitación y rango de variación de ésta. En otras palabras, se supone que la fuente no conserva el valor indicado en el dibujo del circuito, sino que éste varía entre un valor inicial (*Start Value*) y un valor final (*End Value*). La variación queda caracterizada por un tercer parámetro, que depende del tipo de variación de la excitación (*Sweep Type*) que se ha seleccionado previamente. Si tomamos como ejemplo de referencia el caso representado en la figura II.1, se escoge *VG* para representar la variación de la excitación (no hay otras fuentes en el circuito), se opta por una variación lineal (como podía haberse elegido cualquier otra) y no se desea explorar lo que ocurre cuando la fuente toma distintos valores, sino tan sólo realizar el análisis correspondiente a un valor dado. Para ello el valor final se hace igual al inicial, y se elige el salto entre dos valores consecutivos (*Increment*; es el tercer parámetro al que se aludió anteriormente) de modo que la suma del mismo con el valor inicial sea superior al final, con lo que la variación se detiene en el valor inicial. Es decir, el programa analiza el comportamiento del circuito cuando la fuente tiene el valor indicado en el dibujo.

Una vez definidas las condiciones del análisis éste se activa pulsando el botón correspondiente en la botonera (véase la figura II.3). Recuérdese que, como se indicó en el tema anterior, el circuito ha de estar almacenado en un fichero para que el análisis sea posible. Concluido el análisis, PSpice activa automáticamente el módulo *Probe*. Ahora bien, en circuitos funcionando en DC con un valor dado y único de la excitación (como es el caso al que nos estamos refiriendo mayoritariamente) dicho módulo carece de utilidad para presentar los resultados del análisis. En consecuencia, habrá que cerrarlo y emplear otros procedimientos para ver tales resultados.

## 4 Presentación de resultados del análisis de circuitos DC

Existen distintas posibilidades para obtener los resultados de un análisis DC llevado a cabo con ayuda de PSpice.

La primera de ellas, representada en la figura II.4, consiste en utilizar el amperímetro (medidor de corriente) y el voltímetro (medidor de tensión) mostrados en la figura II.2. Sobre estos elementos es preciso tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El voltímetro se dispone sobre cualquiera de las ramas de conexión que llegan a un nudo. Es preciso evitar que el contacto del voltímetro con el circuito tenga lugar en el extremo de la conexión de un elemento.
- El voltímetro mide la diferencia de tensión entre el nudo elegido y el de tierra; si se supone que éste tiene una tensión nula, la medida arroja el valor de la tensión en el nudo considerado. Si se desea conocer la caída de tensión en un elemento, hay que disponer sendos voltímetros en los nudos más próximos a los extremos de aquél y calcular la diferencia entre sus medidas.

---

<sup>1</sup> En una variación lineal hay una separación constante entre cualesquiera dos valores consecutivos de la fuente. Una década es un intervalo de variación en el que el valor más elevado es diez veces el más pequeño. Una octava es un intervalo de variación en el que el valor más elevado es el doble del más pequeño. En la variación de acuerdo con una lista de valores se indica al programa los valores concretos de la fuente que se desea considerar.

- En el amperímetro se supone implícitamente que la corriente entra por el extremo en el que hay un arco de circunferencia. Sin embargo, a la hora de realizar medidas, es preciso tener en cuenta que el amperímetro no muestra el signo de la corriente. Compárense, por ejemplo, los resultados mostrados en las partes central y derecha de la figura II.4; aunque se ha cambiado el signo de la tensión de la fuente, el amperímetro sigue mostrando el mismo valor de la corriente, mientras que los voltímetros sí reflejan la influencia del cambio de signo.
- Obsérvese que la caída de tensión en un amperímetro es nula. Nótese también el hecho de que una fuente independiente de tensión impone su tensión al resto del circuito.

## Análisis DC de un circuito usando PSpice

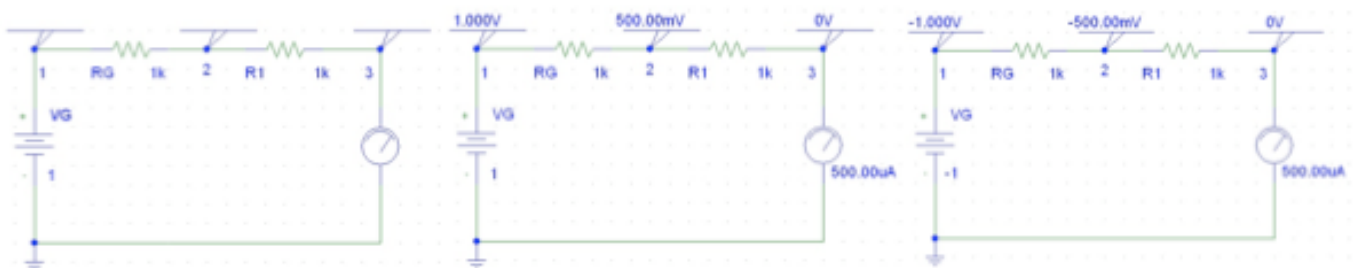


Figura II.4. Utilización de amperímetros y voltímetros para obtener los resultados de un análisis DC en PSpice.

La figura II.4 también puede servir para ilustrar una circunstancia importante, aunque no relacionada directamente con las medidas. Dibujar correctamente el circuito de la figura II.4 y activar el análisis deseado apenas consume tiempo. Ahora bien, el consumo de tiempo es incluso menor si el circuito se resuelve a mano; es decir, sin recurrir a PSpice. Este programa es de gran ayuda cuando se hace referencia a circuitos complicados o se pretende realizar cálculos reiterativos variando uno o dos parámetros (por ejemplo, el uso de PSpice sería atractivo si lo que se pretendiera fuese calcular la tensión en una de las resistencias para distintos valores de la fuente; en ese caso no habría que repetir todos los cálculos para cada valor de la fuente, sino limitarse a hacer variaciones mínimas sobre el circuito original). Por consiguiente se recomienda al lector que, antes de utilizar PSpice en un problema concreto, evalúe si puede ganar tiempo resolviendo el problema sin ayuda del programa.

Un modo de obtener resultados, complementario del que acabamos de exponer (y útil cuando, por alguna razón, el análisis no proporciona en forma gráfica los resultados numéricos en amperímetros y voltímetros), consiste en seleccionar la opción *Analysis* en la barra de comandos y, dentro de ella, la opción *Examine Output* (véanse estas opciones en la figura II.5). Dentro de ella pueden encontrarse los resultados mostrados en la figura II.5. Como puede observarse, coinciden con los indicados en la parte derecha de la figura II.4 (que se refiere al circuito en el que se producen tales resultados). Además de esto, conviene tener presente lo que se indica seguidamente.

## Representación numérica de los resultados de un análisis DC en PSpice

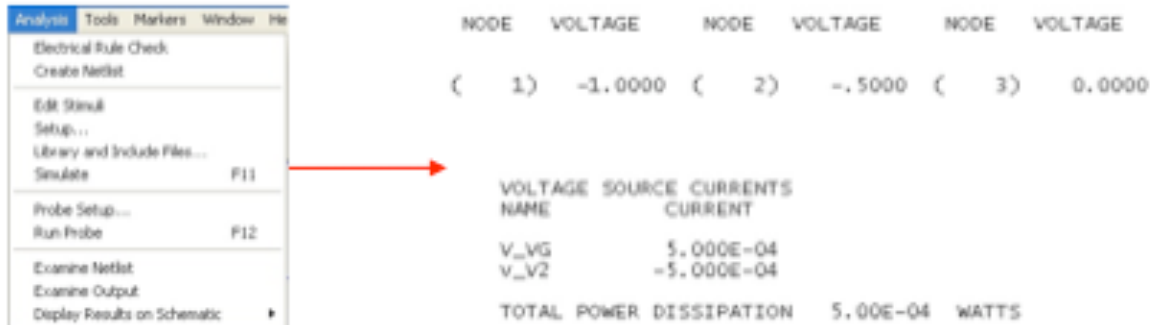


Figura II.5. Presentación numérica de los resultados de un análisis DC en PSpice.

- Para que el programa facilite resultados de tensiones los nudos del circuito deben haber sido numerados previamente, ya que sólo se muestran resultados correspondientes a nudos con número.
- A efectos internos, el amperímetro es tratado como una fuente de tensión de valor nulo. En el caso concreto que estamos considerando dicha fuente es designada internamente como V2 por el programa.
- El sentido de la corriente en la fuente de tensión ha de ser deducido por el usuario. En cambio, el signo de la corriente medida por el amperímetro ahora aparece explícitamente (recuérdese que dicha corriente es positiva si entra por el terminal con el arco de circunferencia).

La tercera posibilidad para presentar los resultados de un análisis DC (la última que consideraremos en este texto) consiste en utilizar los botones de tensiones y corrientes incluidos en la botonera (véase la figura II.6). En este caso se selecciona la opción *Bias Point Detail* (detalle sobre puntos de polarización) en el menú superior de la figura II.3, con lo que ya no se despliega el menú inferior (el programa impone internamente las condiciones del análisis). Una vez almacenado el circuito y ejecutado el análisis, el usuario tiene la opción de pulsar cualquiera de los dos botones aludidos anteriormente.

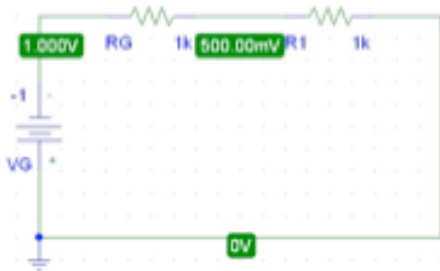
Si se pulsa el botón de tensiones, el programa muestra los valores de tales magnitudes en todos los nudos del circuito, como puede verse en la parte izquierda de la figura II.6. Estos valores son presentados con sus signos correspondientes (se sugiere al lector que compruebe que el circuito de la figura indicada es el mismo que el mostrado en la parte central de la figura II.4).

Si se pulsa el botón de corrientes, el programa muestra los valores de tales magnitudes en todos los elementos del circuito, como puede comprobarse en la parte derecha de la figura II.6. De nuevo estos valores son presentados sin sus signos correspondientes. Sin embargo, el número que denota el valor de la corriente se dispone automáticamente en el extremo del elemento por el que entra la corriente. Se deja para el lector la comprobación de lo que ocurre cuando se invierte la polaridad de la fuente de tensión de la figura II.6.

## Procedimiento alternativo para obtener los resultados de un análisis DC en PSpice



botón de tensiones



botón de corrientes



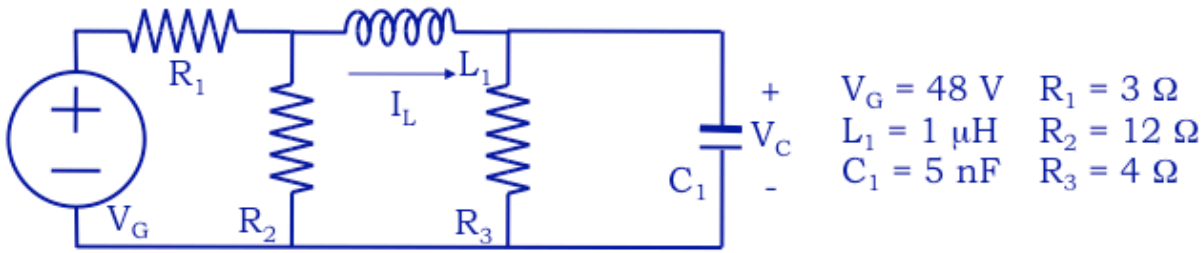
Figura II.6. Obtención de corrientes y tensiones DC por determinación del punto de polarización.

### 5 Ejercicios propuestos

Se sugiere al lector que compruebe hasta qué punto ha asimilado los contenidos incluidos en las secciones anteriores intentando resolver los ejercicios que se proponen en la figura II.7 y cuyos resultados pueden ser encontrados en el apéndice 1.

## Ejercicios propuestos

- 1 En el circuito de la figura la fuente es continua. Obtend los valores de  $I_L$  y  $V_C$



- 2 En el circuito de la figura la fuente independiente es continua. Obtend el valor de  $V_G$

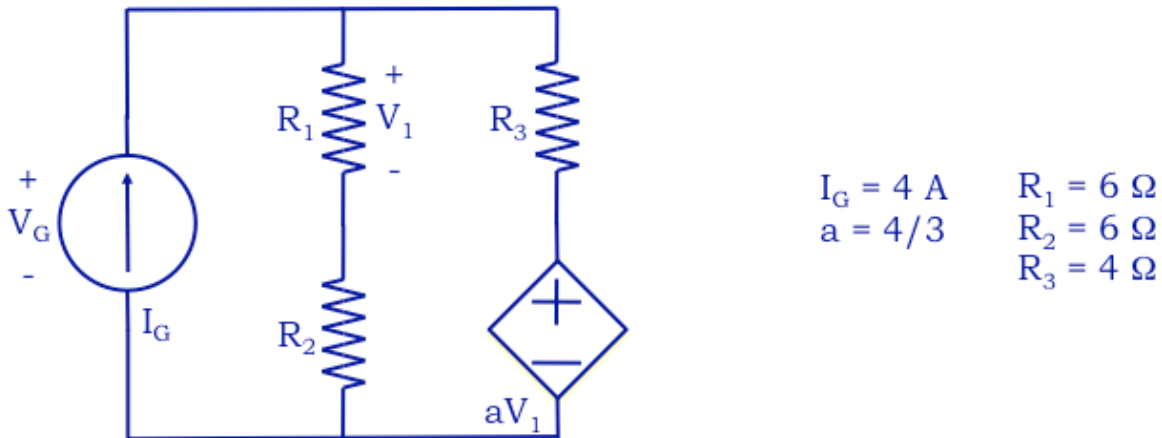


Figura II.7. Ejercicios propuestos sobre análisis DC de circuitos utilizando PSpice.