

Tema I: Características generales

1 Descripción general

Al igual que ocurre en muchos otros programas de simulación de circuitos, a la hora de utilizar PSpice pueden distinguirse tres grandes bloques o grupos de funciones, tal y como se indica a continuación.

- El primer bloque que ha de utilizar el usuario es el de adquisición de datos. En el contexto de éste el usuario ha de facilitar al programa los datos básicos que aquél necesita para ser ejecutado. Tales datos son la topología del circuito a considerar (es decir, un dibujo en el que se representan los elementos del circuito y las conexiones entre ellos) y los valores numéricos de los parámetros que figuran en las relaciones funcionales de los distintos elementos. Este bloque se denomina *Schematics*. De hecho, es muy habitual utilizar como sinónimos los términos PSpice y *Schematics*. Además de servir para incorporar datos al programa, *Schematics* proporciona al usuario el acceso a los otros dos bloques del programa. *Schematics* suele estar representado en la pantalla del ordenador por el icono mostrado en la figura I.1; pulsando sobre dicho icono se accede al programa y sus prestaciones.

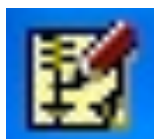


Figura I.1. Icono representativo del módulo o bloque *Schematics*; pulsando sobre dicho icono se accede a PSpice.

Al activar *Schematics* aparece en la pantalla un cuadro como el mostrado en la figura I.2¹. Como puede observarse, el cuadro consta de tres partes principales:

- La barra de comandos, a través de la cual se activan determinadas funciones relativas a archivos o a la edición del dibujo representativo del circuito.
- La botonera, que puede disponerse de distintas formas dependiendo de la versión concreta del programa que se está utilizando y de las características específicas del ordenador en el que corre aquél. En todo caso, los botones que la integran realizan las funciones que se indican aquí. Algunas funciones de la barra de comandos pueden realizarse también a través de la botonera.
- El área de dibujo, donde se dispone el esquema gráfico del circuito que se desea analizar.

¹ Obviamente, las leyendas de texto y las flechas no aparecen en la representación ofrecida por el ordenador; han sido sobreimpresas para facilitar la interpretación del dibujo por el lector.

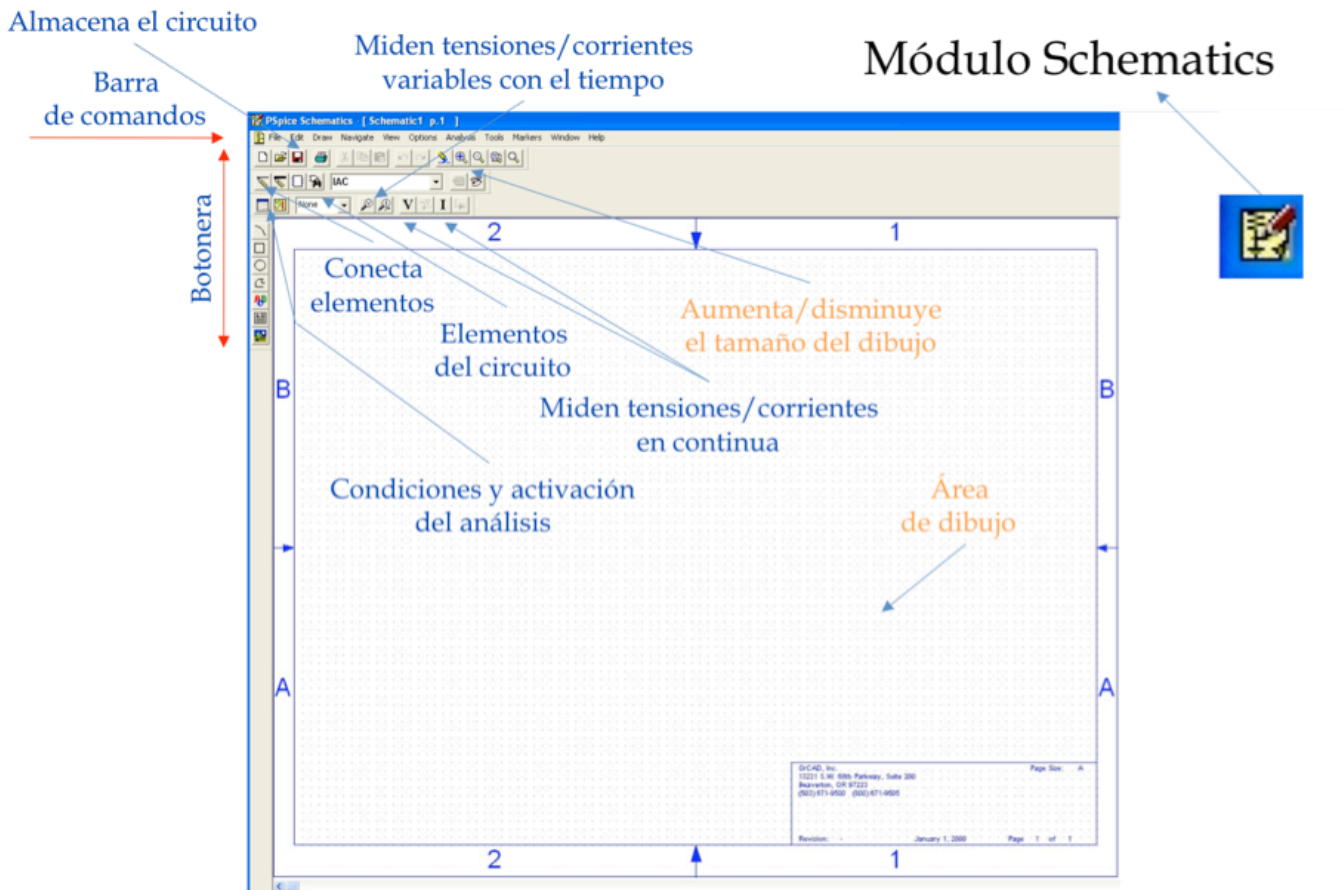


Figura I.2. Aspecto de la pantalla del ordenador como resultado de activar el módulo Schematics.

- El segundo bloque es el relativo a la definición de las condiciones del análisis que se desea realizar (tipo de análisis, rango de variación de la variable); en ciertos casos también almacena los resultados del análisis. Para que pueda realizarse cualquier análisis, el circuito, una vez definido o modificado, ha de ser almacenado en un fichero (el mismo en el que ya se encontraba si la operación realizada ha consistido únicamente en una modificación). El proceso de almacenar un circuito por primera vez consta de los siguientes pasos (véase la figura I.3):
 - Seleccionar **File** en la barra de comandos. Entre las posibilidades presentadas como consecuencia de esta acción se elige **Save As . . .**
 - Se abre automáticamente un cuadro de diálogo, en el que el usuario indica el Nombre que desea utilizar para designar el nuevo circuito; en el ejemplo mostrado en la figura I.3 el nombre elegido es *Prueba*. Obsérvese que no es necesario añadir al nombre una terminación indicativa del tipo de archivo; dicha terminación, que es de la forma **.sch**, es añadida automáticamente por el programa.

Cuando lo que se pretende es almacenar un circuito dado en el que se ha efectuado una modificación, basta con pulsar el icono correspondiente, que se muestra en la figura I.3.

Almacenamiento de un circuito

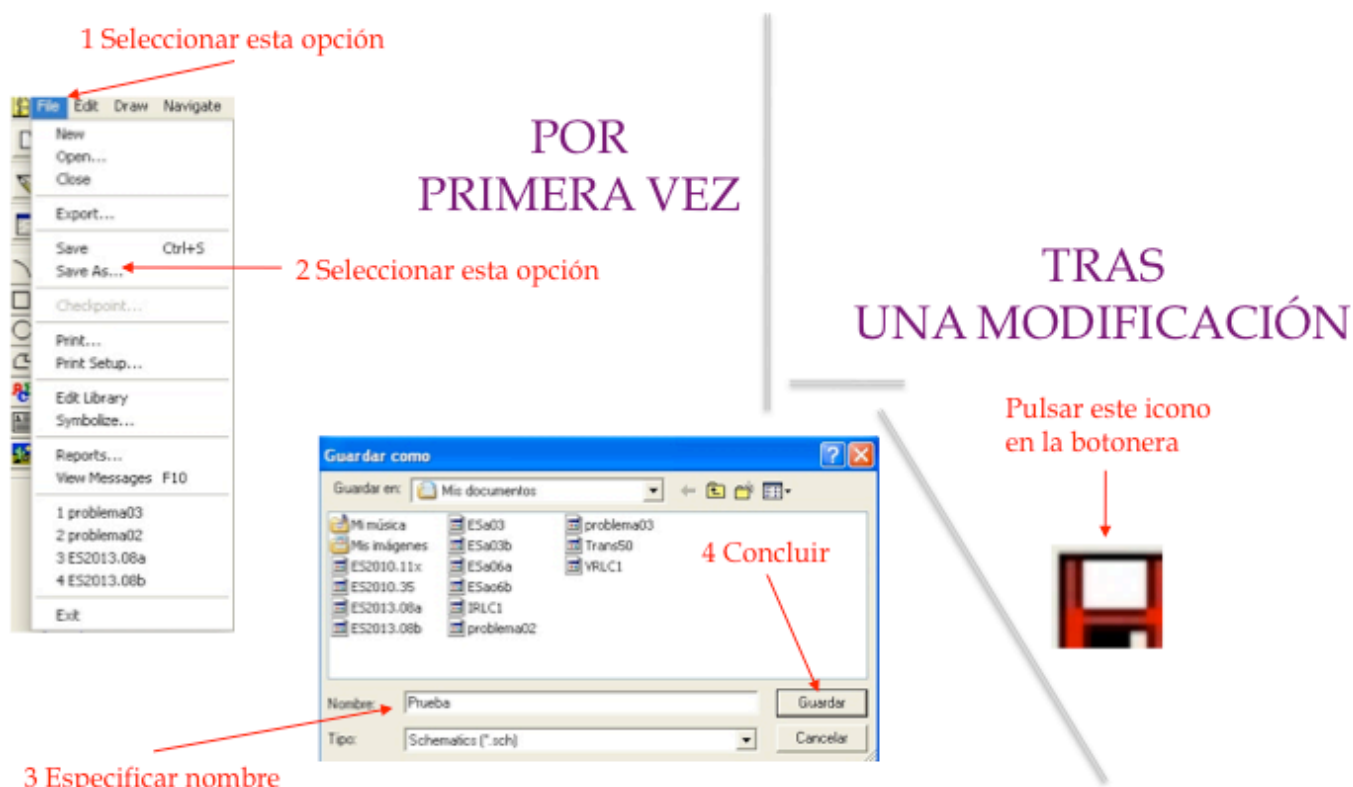


Figura I.3. Proceso de almacenamiento del fichero correspondiente a un circuito.

- El tercer y último bloque de PSpice es el de representación gráfica de los resultados del análisis de un circuito. Se denomina *Probe* y se activa automáticamente al concluir el análisis. En cierto número de casos (aquéllos en los que resultados son simples números, independientes del tiempo de la frecuencia) la presentación se reduce a un punto en la gráfica, con lo cual carece de interés. Proporcionaremos más detalles acerca de Probe al tratar del régimen transitorio en el tema III.

2 Topología del circuito

Los elementos del circuito se seleccionan pulsando el icono correspondiente en la botonera, con lo que se abre un cuadro de diálogo (véase la figura I.4). Éste actúa como una biblioteca que contiene todos los elementos disponibles en el programa. Muchos de ellos son dispositivos activos (por ejemplo, transistores) o destinados a ser utilizados en circuitos digitales, por lo que, de acuerdo con el planteamiento general de este texto, no los tendremos en cuenta en lo sucesivo.

Los elementos de interés en este texto pueden ser agrupados en cinco tipos: elementos pasivos, fuentes independientes, fuentes dependientes, elementos de medida y otros elementos. Las fuentes independientes y los elementos de medida son específicos de cada tipo de análisis, por lo que serán considerados en los temas correspondientes. En el capítulo de *otros elementos*

puede incluirse el que identifica el nudo de tierra, designado como EGND en el programa. El nudo de tierra ha de ser señalado explícitamente en cada circuito que haya de ser analizado con ayuda de PSpice; si falta esta indicación, el programa no ejecuta el análisis y genera un mensaje de error.

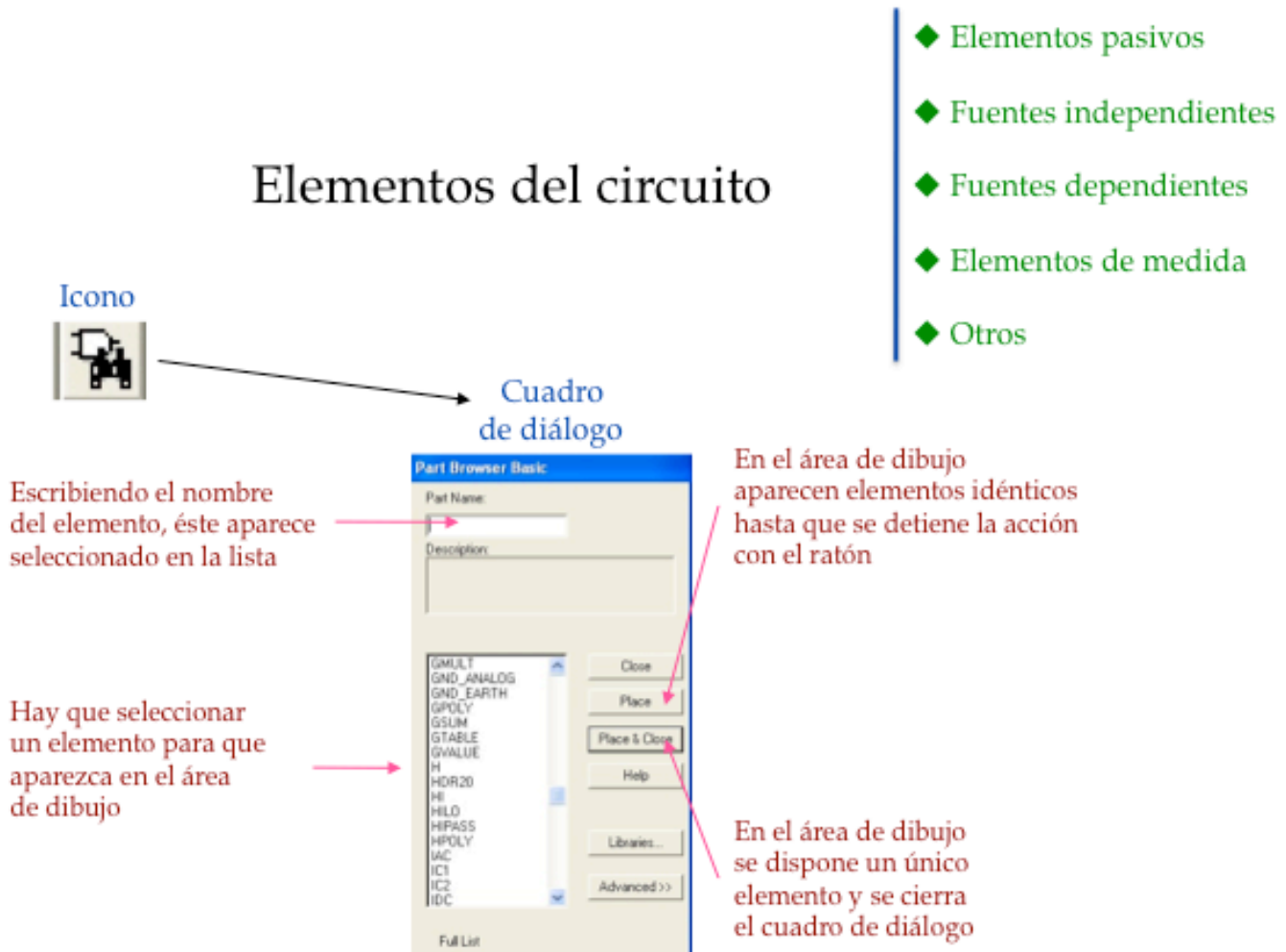


Figura I.4. Selección y tipos de elementos disponibles en PSpice.

Obsérvese que hay dos formas posibles de seleccionar un elemento: escribiendo su nombre en la parte superior del cuadro de diálogo o bien marcándolo en la lista. También hay dos formas de trasladar el elemento seleccionado al área de dibujo: pulsando **Place**, con lo que aparece el elemento en el área, y repitiendo esta acción tantas veces como elementos idénticos se desee representar, o bien pulsando **Place&Close**, con lo que el cuadro de diálogo se cierra automáticamente una vez dispuesto en el área el elemento deseado.

Los elementos del circuito han de ser conectados entre sí. Como se muestra en la figura I.5, en la botonera hay dos iconos, representativos de los dos tipos de conexiones que son posibles en PSpice. El icono en el que aparece un lápiz grueso permite conectar elementos mediante un bus electrónico y no será utilizado en el ámbito de este texto; para los propósitos de éste se utilizará exclusivamente el tipo de conexión que se selecciona mediante el icono en el que

aparece un lápiz delgado. Obsérvese que, en la representación de un circuito, ambos tipos de conexiones son marcadas con trazos de distintos colores.

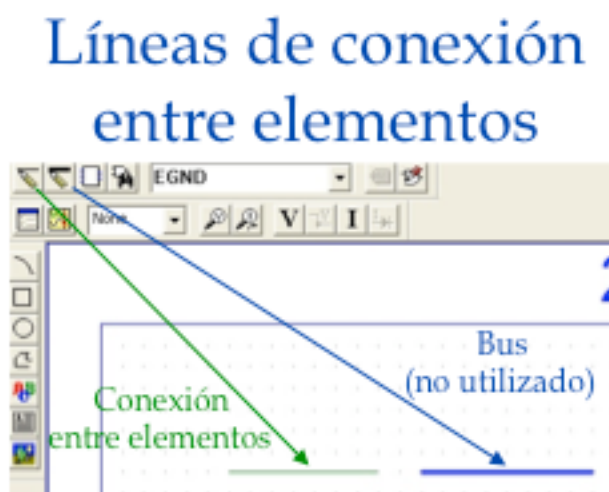


Figura I.5. Tipos de conexiones entre elementos en PSpice.

Para que el análisis sea posible las conexiones entre elementos han de efectuarse correctamente. Es decir, la línea de conexión ha de ir desde un extremo de un elemento hasta un extremo de otro. Expresando esta idea con otras palabras puede decirse que no está permitido montar un elemento sobre una línea de conexión; si se realiza esta acción, en los extremos de los elementos a conectar aparecen sendos puntos indicativos de una disposición errónea. En la figura I.6 se muestran ejemplos de conexiones correctas e incorrectas. Como puede verse, en la conexión incorrecta la longitud de la línea de conexión es mayor que la distancia que separa los elementos.

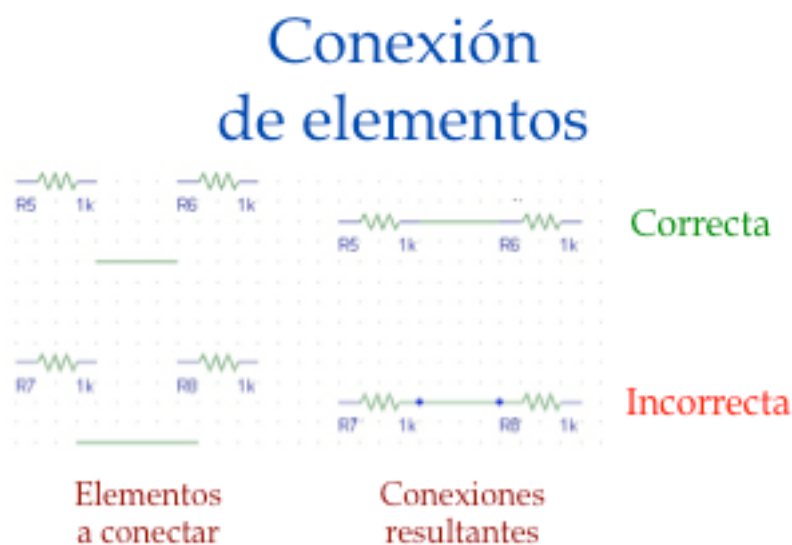


Figura I.6. Ejemplos de conexiones correcta e incorrecta entre dos elementos de un circuito.

Un nudo es un punto o una línea que conecta dos o más elementos. El programa trata los nudos (en realidad, PSpice aplica el método de las tensiones en los nudos para resolver un circuito) tras numerarlos internamente. La numeración es secuencial, empezando en 0; este valor se reserva para identificar el nudo de tierra. En principio, el usuario desconoce el número que ha sido utilizado para denotar cada nudo, si bien puede acceder a esta información eligiendo la opción *Analysis* en la barra de comandos y, a continuación, dentro de ella, seleccionando *Examine Netlist*. Sin embargo, parece preferible que sea el propio usuario quien numere los nudos a su conveniencia y, además, que éstos aparezcan explícitamente en el circuito (lo cual es una ventaja a la hora de identificar los resultados proporcionados por distintos elementos de medida, ya que éstos se denotan mediante los números de los nudos asociados). En la figura I.7 se muestra cómo efectuar la numeración de los nudos de un circuito (no es preciso numerarlos todos, ni tampoco es obligatorio hacerlo en orden secuencial; los únicos requisitos son respetar el valor 0 para el nudo de tierra, que es generado automáticamente por el programa, y que no puede haber dos nudos con el mismo número). Debe notarse que el proceso se inicia pulsando sobre una de las conexiones (cualquiera) que definen el nudo y no sobre los elementos propiamente dichos.

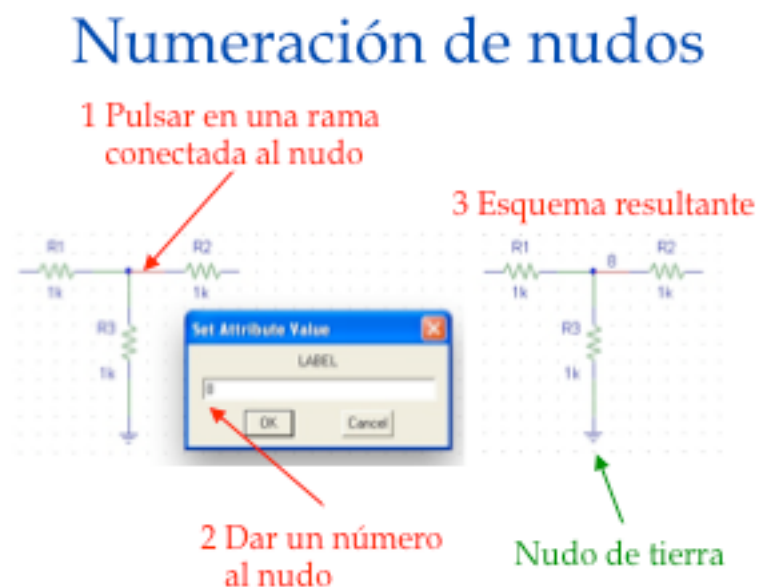


Figura I.7. Proceso de numeración de los nudos de un circuito.

A la hora de construir un circuito en el área de dibujo es preciso tener en cuenta otras consideraciones adicionales (véase la figura I.8).

- PSpice no admite configuraciones en las que uno o más elementos tengan uno o más terminales al aire. En otras palabras, cada elemento (excepto el que representa el nudo de tierra) ha de estar conectado a, al menos, otros dos elementos. En las exposiciones teóricas es frecuente, por ejemplo, dejar dos terminales al aire y pedir la tensión de circuito abierto entre ellos. En PSpice esta situación se solventa preguntando por la diferencia de tensión en un elemento del circuito que esté en paralelo con el par de terminales de interés.

- El circuito no puede contener ninguna malla en la que únicamente figuren fuentes de corriente e inductancias. Si esta situación se da en teoría, en PSpice puede ser afrontada disponiendo resistencias muy pequeñas o muy grandes en serie o en paralelo con una o más inductancias. A este respecto recuérdese que una resistencia muy pequeña en comparación con los valores de los elementos a los que está conectada en serie apenas afecta a la corriente que circula por ellos y a las caídas de tensión en los mismos; y algo similar puede decirse de una resistencia de valor muy elevado dispuesta en paralelo con otros elementos.
- El circuito no puede contener ninguna malla formada exclusivamente por elementos reactivos (inductancias y capacidades) y fuentes de corriente. Si esta situación se da en teoría, en PSpice puede ser afrontada de forma análoga a la que se expuso en el punto anterior.

Precauciones

- ◆ El circuito no puede tener terminales en circuito abierto
- ◆ El circuito no puede contener una malla en la que sólo haya fuentes de corriente e inductancias
- ◆ El circuito no puede contener una malla en la que sólo haya elementos reactivos

Figura I.8. Topologías no admisibles en PSpice.

3 Elementos pasivos en PSpice

Los principales elementos pasivos utilizados en PSpice son las resistencias y los elementos reactivos. El programa incluye la posibilidad de usar otros elementos pasivos, como pueden ser los transformadores, basados en fenómenos de inducción mutua, pero nos referiremos a ellos en el tema IV, dedicado a la consideración del régimen sinusoidal permanente.

Tales elementos se seleccionan y se disponen en el área de dibujo tal y como se indicó en la sección anterior. En este proceso hay que mantener en todo momento el código correspondiente a cada tipo de elemento: R, L y C para resistencias, inductancias y capacidades, respectivamente. Lo mismo puede decirse con relación a las denominaciones empleadas para identificar los distintos elementos concretos que forman parte de un circuito. En otras palabras, una resistencia puede ser designada como R7 o RG, pero no como A7 o AG.

Cuando son extraídos de la librería correspondiente para ser dispuestos en el área de dibujo, los elementos pasivos aparecen con un nombre y un valor. El nombre está formado por el código del elemento seguido de un número (en orden secuencial) que indica el número total de elementos de la misma naturaleza presentes en el circuito que se está construyendo. Así, por ejemplo, en el caso mostrado en la figura I.9 la resistencia considerada es R1 (es la primera

resistencia que se dispone en el circuito), que vale 1 K Ω (este valor, así como los correspondientes para capacidades e inductancias, es el establecido internamente como estándar por el programa).

Modificación de las características de un elemento pasivo



Figura I.9. Procedimientos para cambiar el nombre y/o el valor de un elemento pasivo.

Ahora bien, en la mayoría de las situaciones prácticas suele ser necesario modificar la designación, el valor o ambos simultáneamente del elemento pasivo extraído de la librería. Ello puede hacerse utilizando los siguientes procedimientos (véase la figura I.9):

- Para cambiar el nombre se pulsa con el ratón sobre éste, con lo que se abre un cuadro de diálogo en el que ya es posible efectuar la modificación deseada. Recuérdese que el primer símbolo del nuevo nombre debe ser el código identificativo del tipo de elemento; a continuación se añaden los números o las letras escogidos por el usuario. Téngase en cuenta que, en PSpice, no es posible atribuir la misma designación a elementos distintos de un mismo circuito.
- Para cambiar el valor del elemento se pulsa con el ratón sobre dicho valor, con lo que se abre un cuadro de diálogo en el que ya es posible efectuar la modificación deseada. Recuérdese que el nuevo valor elegido para el elemento ha de ser mayor que 0.
- Tanto el nombre como el valor pueden ser modificados a partir de un único cuadro de diálogo, que se obtiene pulsando con el ratón directamente sobre el símbolo representativo del elemento. Cuando se efectúa esta acción, el color del elemento pasa de verde a rojo, lo cual indica que el elemento ha sido seleccionado. En el cuadro de diálogo hay más parámetros modificables (en particular, el designado como IC, que corresponde a inductancias y capacidades -no aparece en el cuadro de diálogo correspondiente a las resistencias- y al que haremos referencia al tratar del régimen transitorio), pero los únicos que serán tenidos en cuenta en este texto son el nombre y el valor.

En la operación de asignar valores numéricos a los elementos pasivos hay que tener en cuenta que no se especifican las unidades de tales valores si son las básicas; es decir, si se está haciendo referencia a ohmios, henrios y faradios para resistencias, inductancias y capacidades, respectivamente. Cuando se pretende expresar el valor de un elemento utilizando múltiplos o submúltiplos es posible recurrir a letras indicativas del factor de escala utilizado o bien a notación exponencial. Unos y otros se resumen en la figura I.10.

Valores de los elementos pasivos

factor de escala	significado	notación exponencial	valor
F	femto	1e-15	10 ⁻¹⁵
P	pico	1e-12	10 ⁻¹²
N	nano	1e-9	10 ⁻⁹
U	micro	1e-6	10 ⁻⁶
M	mili	1e-3	10 ⁻³
	<i>unidad básica</i>	1	1
K	kilo	1e3	10 ³
MEG	mega	1e6	10 ⁶
G	giga	1e9	10 ⁹
T	tera	1e12	10 ¹²

Figura I.10. Valores de los elementos pasivos. Representaciones mediante factores de escala y notación exponencial.

Con relación al contenido de la figura I.10 conviene tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es indiferente escribir los factores de escala con mayúsculas o minúsculas.
- Los números se expresan con ayuda de puntos (no comas) decimales. Por ejemplo, es válido 16.8, pero no 16,8.
- Los factores de escala deben seguir inmediatamente (sin espacio intermedio) a los valores numéricos. Por ejemplo, es válido 16.8u, pero no 16.8 u.
- Las unidades básicas no se mencionan explícitamente (están contenidas implícitamente en el código que figura en el nombre del elemento). Esto es particularmente relevante en el caso de las capacidades. Así, el programa no interpreta 40F como 40 faradios, sino como 40 femtofaradios.

Es fundamental tener en cuenta la polaridad de los elementos. Al extraer uno para disponerlo sobre el área de dibujo, PSpice no muestra explícitamente tal polaridad (véanse, por ejemplo, las representaciones de resistencias en las figuras I.7 e I.9); sin embargo, la especificación de ésta se encuentra presente implícitamente. Así, una resistencia extraída de la librería se dispone automáticamente como si se ajustara a la representación simbólica mostrada en la figura I.11; es decir, se supone que la corriente entra en el elemento por su extremo izquierdo. En otras palabras, si disponemos en serie con el elemento un medidor de corriente el resultado que proporcionará éste será positivo (si lo es la corriente; negativo en caso contrario) si su terminal negativo coincide con el terminal del elemento pasivo por el que entra la corriente. Para ayudar a la comprensión de esta idea puede suponerse que el elemento pasivo tiene marcado con un punto el terminal por el que entra la corriente.

Polaridad de los elementos pasivos



Figura I.11. Polaridad de los elementos pasivos.

Hay casos en los que los elementos pasivos deben ser dispuestos en el área de dibujo en posiciones diferentes de la que tienen cuando son extraídos de la librería. Esto puede hacerse seleccionando la opción **Edit** en la barra de comandos y, dentro de ella, cualquiera de las opciones **Rotate** o **Flip**; la primera gira el elemento en sentido antihorario un cuarto de vuelta cada vez que es activada (lo cual significa que, tras la primera activación, el elemento tiene el terminal marcado con el punto en la parte inferior), mientras que la segunda invierte derecha e izquierda cada vez que es activada. Por ejemplo, la representación de la derecha en la figura I.11 puede ser obtenida ejerciendo una vez la acción **Flip** sobre la representación de la izquierda.

La opción **Edit** también incluye la posibilidad de borrar cualquier elemento (no sólo los pasivos) o líneas de conexión. Para ello se traza con el ratón un rectángulo en torno al elemento en cuestión (lo cual hace que su color pase de verde a rojo) y a continuación se elige la opción **Delete**.

4 Fuentes dependientes en PSpice

Los aspectos más relevantes de las fuentes dependientes en PSpice son los resumidos en la figura I.12.

Como puede observarse, las relaciones funcionales de las cuatro fuentes son idénticas y de la forma $y=gx$, donde y y x denotan tensiones o corrientes, dependiendo del tipo de fuente. El parámetro g es designado como **GAIN** en todos ellos, si bien las dimensiones de este parámetro son diferentes en cada tipo de fuente. Las características de cada fuente se obtienen pulsando con el ratón sobre el símbolo de aquella, con lo que se abre un cuadro de diálogo como el mostrado en la figura I.12. En dicho cuadro el nombre y el valor de la fuente son identificados como **REDFES** y **GAIN**, respectivamente.

En el icono representativo de la fuente hay dos conjuntos de símbolos. Uno es la letra identificativa del tipo (E: fuente de tensión controlada por tensión; F: fuente de corriente controlada por corriente; G: fuente de corriente controlada por tensión; H: fuente de tensión controlada por corriente). El otro conjunto es la designación elegida para la fuente, que ha de respetar la regla general de que el código identificativo del elemento ha de mantenerse. En cada icono la parte rodeada por una circunferencia denota la fuente propiamente dicha, mientras que los signos $\pm$ o la flecha establecen las relaciones entre las fuentes y las tensiones o corrientes de control (es decir, las tensiones o las corrientes que figuran en el segundo miembro de la relación funcional de la fuente).

Características y conexiones de fuentes dependientes

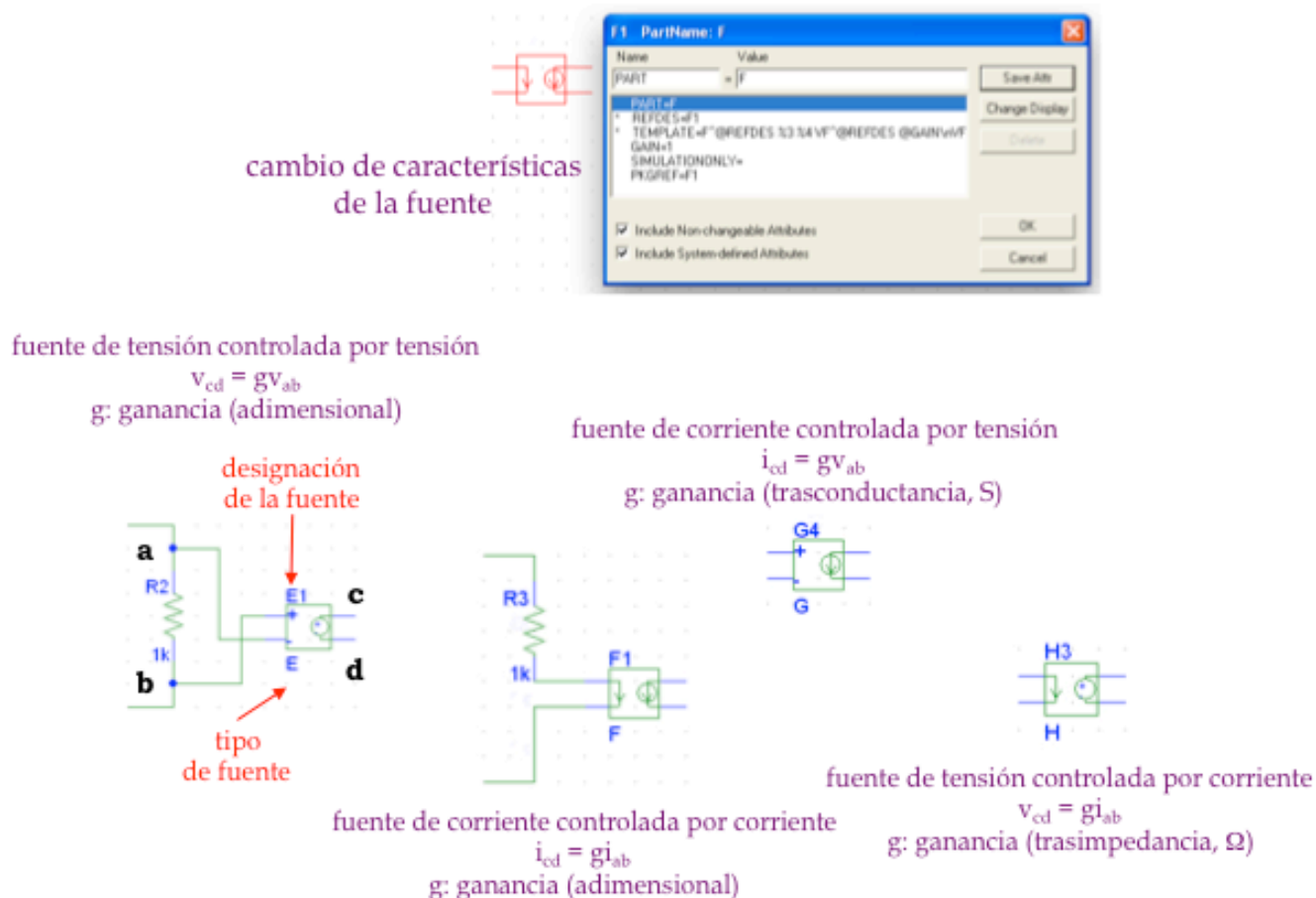


Figura I.12. Aspectos relativos al tratamiento de las fuentes dependientes en PSpice.

En la figura I.12 pueden observarse esquemas indicativos de cómo se efectúan las conexiones entre la fuente y el resto del circuito; es decir, cómo se denota cuál es la tensión o la corriente de control. Así, por ejemplo, en la figura de la izquierda se ve que hay que conectar los puntos de control de la fuente al elemento en cuyos bornes se toma la tensión de control. En realidad, la conexión de control no va directamente al elemento, sino a las líneas que conectan este elemento con otros. Obsérvese que estas conexiones no son del mismo tipo que las que unen otros elementos. En otras palabras, el conjunto de conexiones de control de la figura de la izquierda no forma una malla aunque su apariencia sea similar a la de cualquier malla; dicho de otro modo, no circula corriente por tales líneas de conexión.

Las conexiones de control pueden cruzarse si es necesario. Así, en la figura de la izquierda la tensión positiva de control ha de tomarse en el nudo **b**, lo cual fuerza el cruce de líneas. Ahora bien, el cruce sólo puede efectuarse a cierta distancia de la fuente. Si el cruce fuera un poco más a la derecha aparecería un punto indicativo de que los terminales de control de la fuente están en cortocircuito. Una alternativa al cruce de líneas de conexión consiste en cambiar el signo de la ganancia. Así, el terminal positivo podría estar unido al nudo **a** si se cambia el signo atribuido a la ganancia.

Por cierto, la ganancia ha de expresarse como un número real y no como una fracción. Por ejemplo, no es admisible indicar que la ganancia de una fuente vale $4/3$, mientras que sí lo es asignar a dicho parámetro un valor de 1.33.

La segunda figura por la izquierda muestra cómo se efectúan las conexiones en las que ha de tenerse en cuenta la corriente.

5 Ejercicios propuestos

Para comprobar si ha asimilado correctamente los conceptos expuestos en las secciones anteriores el lector puede probar a resolver las cuestiones planteadas en la figura I.13. En todas ellas se trata de implementar en PSpice una parte de un circuito, que se facilita dibujado utilizando la simbología habitual de la teoría de circuitos.

Ejercicios propuestos

Dibujad en PSpice los esquemas correspondientes a los circuitos que se indican

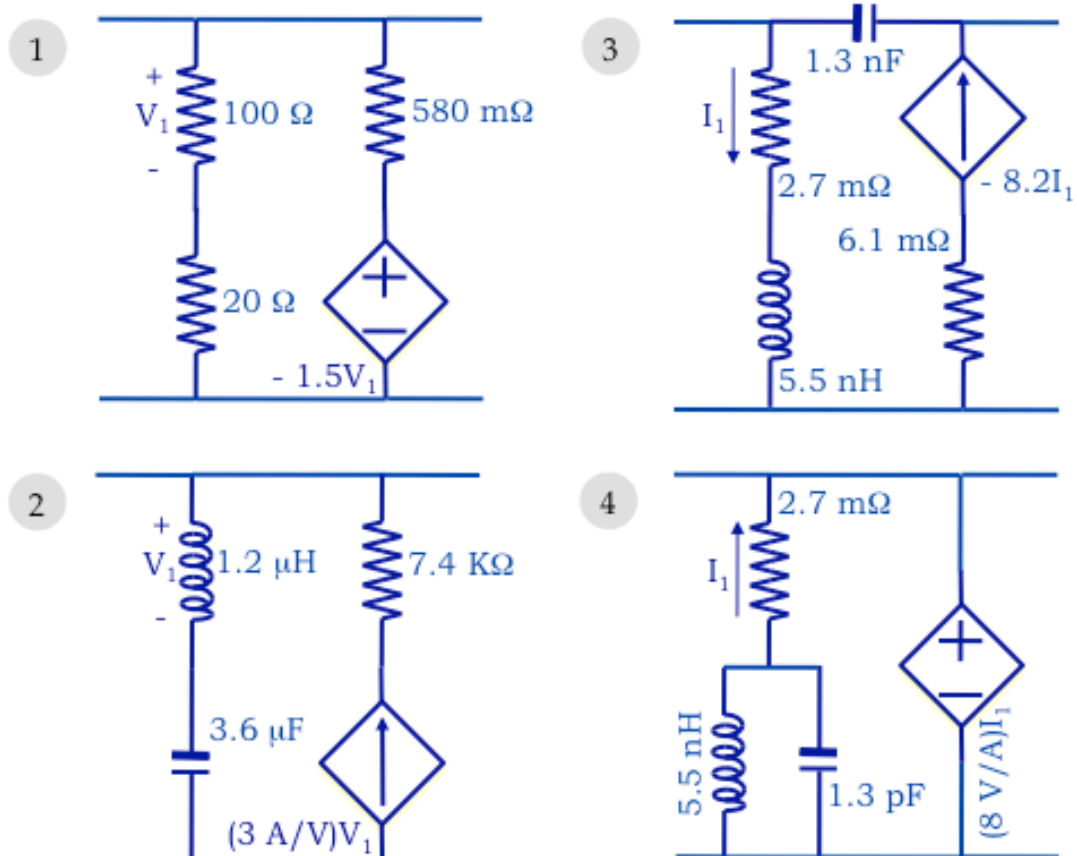


Figura I.13. Ejercicios propuestos.

En el apéndice 1 pueden encontrarse las soluciones de estos ejercicios.