

MANUAL DE USO DE MICRO-CAP V

En este capítulo se describen las posibilidades que proporciona la versión de demostración de Micro-Cap V (“*Micro-Cap V Working Demo Version*”). Se analizan y se ponen algunos ejemplos de los elementos más utilizados en la simulación de circuitos analógicos.

1. INTRODUCCIÓN A MICRO-CAP

Micro-Cap V es una herramienta para el análisis y la simulación de circuitos electrónicos analógicos y digitales asistida por ordenador. Permite simular el comportamiento de circuitos electrónicos analógicos realizando tres tipos de análisis de los circuitos bajo estudio:

- a) Respuesta temporal.
- b) Respuesta en frecuencia.
- c) Función de transferencia en continua.

Micro-Cap V permite implementar circuitos con gran facilidad, ya que está basado en un entorno gráfico Microsoft Windows, funcionando bajo Windows 3.1, 3.11, Windows 95 y Windows NT.

Aunque Micro-Cap V está basado en algoritmos de análisis de SPICE, no es necesario convertir los circuitos a un formato *netlist* de SPICE para simularlos y ejecutar el análisis, puede hacerlo directamente desde la información contenida en el esquemático y en las librerías.

1.1. Cómo empezar con Micro-Cap V

Al ejecutar desde Microsoft Windows 3.1 ó Windows 95 la versión de demostración de Micro-Cap V, aparecerá la ventana principal de Micro-Cap V en la que ya se puede trabajar. Esta pantalla es la que se presenta en Figura 1.

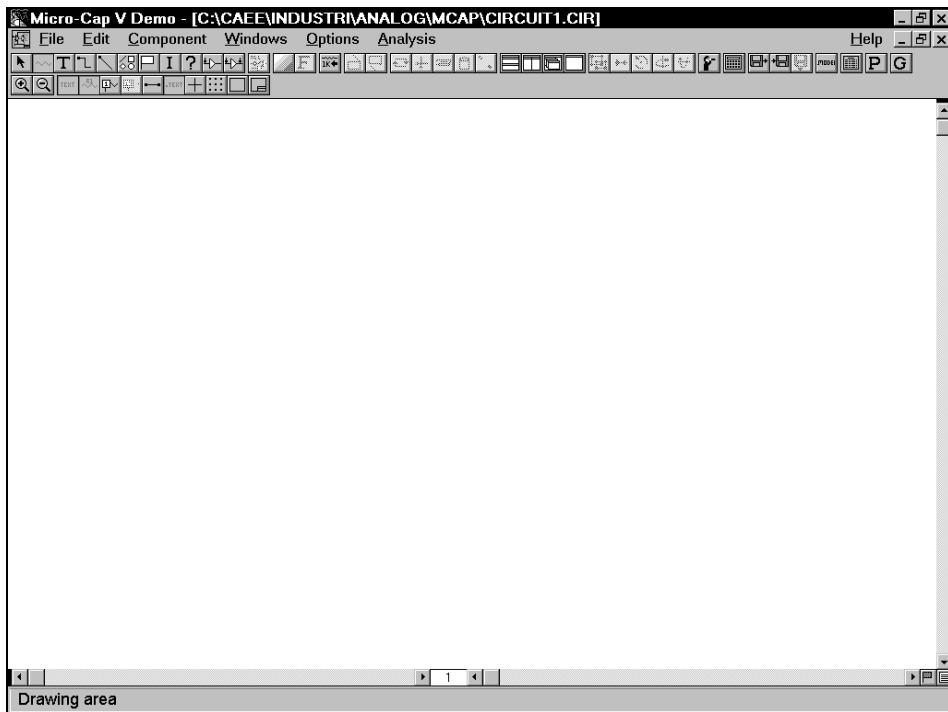


Figura 1. Pantalla inicial de Micro-Cap V

Las distintas partes en las que se divide la ventana principal son:

- a) Menú de la aplicación.
- b) Barra de herramientas.
- c) Área de trabajo.
- d) Barras de desplazamiento.
- e) Barra de estado.

A través del menú de la aplicación, se puede acceder a todas las opciones que ofrece Micro-Cap V. La barra de herramientas facilita el acceso a las opciones más utilizadas, agilizando el trabajo.

El área de trabajo es la zona en donde se implementa el esquema eléctrico del circuito que se desea simular (área de dibujo) y donde se define el comportamiento eléctrico de cada componente (área de texto). Las barras de desplazamiento, en la parte inferior de la pantalla, permiten cambiar de página activa y desplazar la ventana de visualización en el área de trabajo.

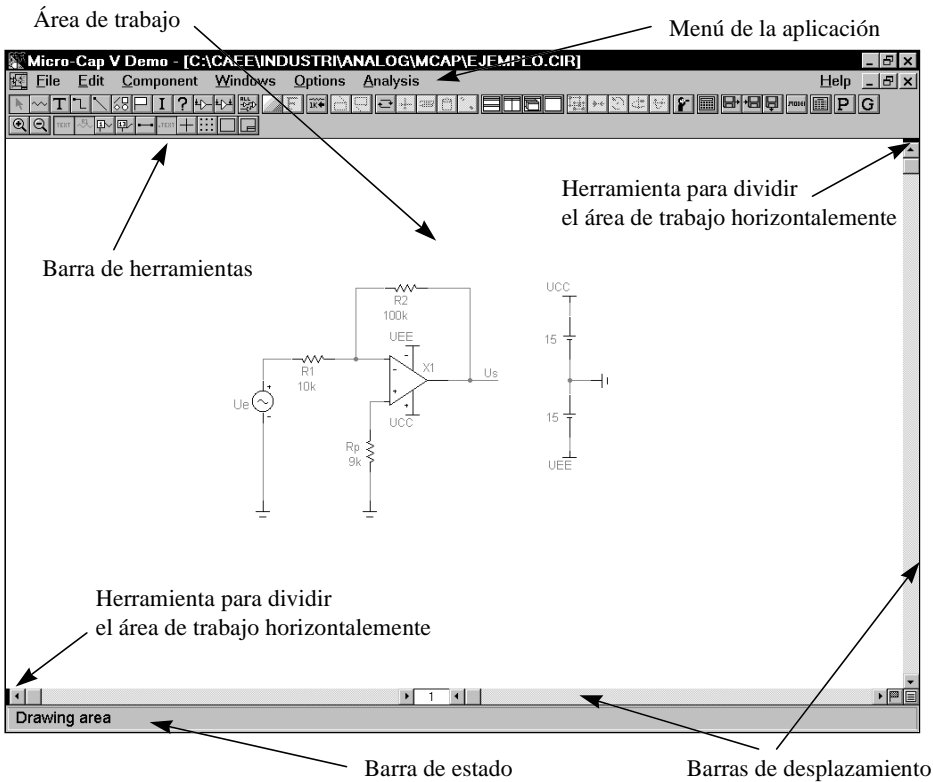


Figura 2. Partes en las que se divide la ventana principal

Por último, la barra de estado muestra mensajes informativos que pueden servir de ayuda respecto a las opciones presentadas en la barra de herramientas. En la Figura 2 se indican cada una de las partes descritas anteriormente.

1.2. Filosofía de Micro-Cap V

Micro-Cap V es una aplicación multi-ventana que se ejecuta bajo Microsoft Windows, de manera que la aplicación puede ser manejada como otra aplicación cualquiera bajo este mismo entorno.

La aplicación está basada en la creación y edición de esquemas eléctricos de circuitos. Un esquema consta de dibujos y texto. Los dibujos son los que describen el circuito a través de la representación del símbolo eléctrico del componente, y el texto define el modelo matemático de dichos componentes, así como información necesaria para el análisis en frecuencia, continua o transitorio.

También se pueden incluir objetos gráficos que no tienen ningún efecto sobre el comportamiento del circuito, pero que pueden hacer los esquemas de circuitos más comprensibles. Estos objetos son líneas, rectángulos o círculos.

Todo esquema eléctrico creado con Micro-Cap V contiene un área de dibujo y un área de texto. El área de dibujo consta de diversas páginas en las que se encuentran representados componentes analógicos y digitales conectados entre sí. Como ya se ha mencionado anteriormente, también se pueden incluir objetos gráficos, que no contienen ninguna información eléctrica, y además pueden contener texto con información eléctrica, es el llamado *grid text*. Este texto incluido en el área de dibujo puede ser movido al área de texto y viceversa.

El área de texto, en cambio, contiene únicamente texto. Este texto se usa normalmente para establecer declaraciones y comandos como declaraciones de modelos de componentes, que puede ser suficientemente extenso como para situarlo en el área de dibujo.

Es posible intercambiar la presentación del área de dibujo y el área de texto presionando la combinación de teclas CTRL+G o haciendo clic sobre el botón situado en la esquina inferior derecha de la ventana principal. Micro-Cap V también permite visualizar simultáneamente el área de texto y el área de dibujo dividiendo el área de trabajo en dos. Esto se consigue arrastrando las herramientas de división del área de trabajo situadas en la parte superior de la barra de desplazamiento vertical y en el extremo izquierdo de la barra de desplazamiento horizontal (Figura 2).

En cuanto a la parte técnica de la aplicación, los circuitos que maneja Micro-Cap V está formados básicamente por componentes e interconexiones entre ellos. También se puede insertar texto, de manera que el esquema sea más comprensible y de fácil manejo en la simulación; el texto también se usa para definir los parámetros de un determinado modelo.

En capítulos sucesivos se estudiará insertar componentes en un esquema y cómo definir los parámetros del modelo asociado.

Cualquier componente debe tener un símbolo asociado, que será la representación en pantalla de dicho componente, y un modelo, que describe el comportamiento del componente.

Los componentes están agrupados en:

- Componentes pasivos.
- Componentes activos.
- Generadores de onda.

- Generadores de Laplace.
- Generadores de función.
- Fuentes dependientes.
- Macros.
- Conectores.
- Otros.

Más adelante, en este mismo capítulo, se tratará cada uno de estos grupos de componentes en detalle.

2. EL MENÚ DE MICRO-CAP

Se pueden encontrar los siguientes elementos de menú en la versión de demostración de Micro-Cap V:



- **File** (Fichero o Archivo). Manejo de archivos.
- **Edit** (Editar). Comandos de edición.
- **Component** (Componente). Elección de componentes.
- **Windows** (Ventanas). Gestión de ventanas activas de la aplicación.
- **Options** (Opciones). Selección de las opciones de la aplicación.
- **Analysis** (Análisis). Comandos de análisis y simulación del circuito.
- **Help** (Ayuda). Ayuda de la aplicación.

2.1. Menú **File (Fichero)**

El menú **File** (Fichero) se usa para cargar circuitos nuevos o existentes, para grabar en disco, cerrar los circuitos e imprimirlos. En la Figura 3 se ha representado este menú tal como se presenta en Micro-Cap V.

- 1) **New...** (Nuevo). La selección de esta opción hace aparecer el cuadro de diálogo de la Figura 4, que permite crear un esquema nuevo, un fichero de texto con formato SPICE o una librería. También se puede usar CTRL+N.
- 2) **Open...** (Abrir). Esta opción provoca la aparición del cuadro de diálogo de la Figura 5, que permite seleccionar el circuito que se desea cargar. También se puede usar CTRL+O.



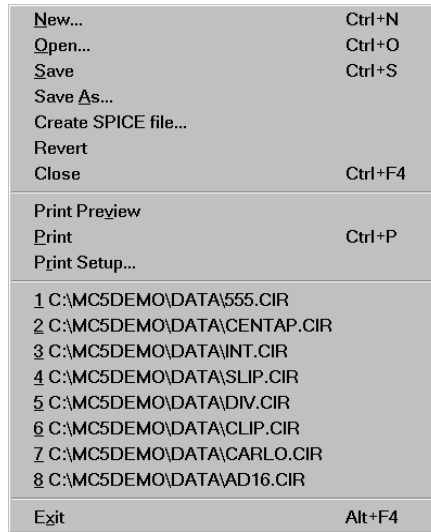


Figura 3. Menú **File** (Fichero)

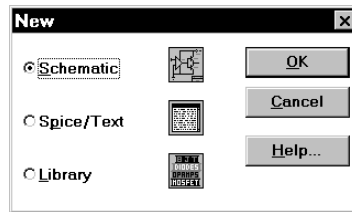


Figura 4. Cuadro de diálogo **New file** (Fichero nuevo)

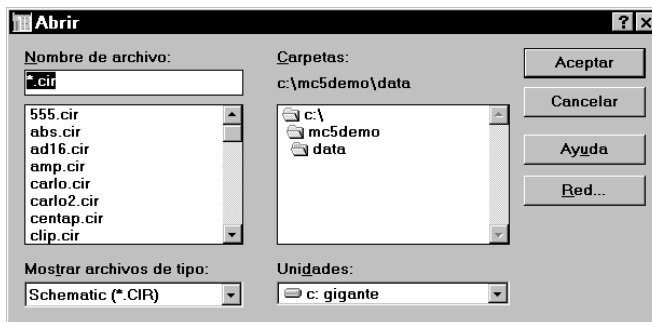


Figura 5. Cuadro de diálogo estándar para abrir un fichero

- 3) **Save** (Guardar, Almacenar). Esta opción almacena el circuito en disco utilizando el nombre y directorio mostrado en la barra de título de la aplicación. También se puede usar CTRL+S.



- 4) **Save As...** (Guardar como). Esta opción almacena el circuito en disco después de ofrecer la posibilidad al usuario de cambiar el nombre y directorio del fichero.

- 5) **Create SPICE file...** (Crear un fichero SPICE). Esta opción provoca la aparición del cuadro de diálogo de la Figura 6, que permite almacenar un esquema creado con Micro-Cap V con formato *netlist* de Spice2g o PSpice. Se puede especificar cualquiera de los análisis, y el *netlist* puede ser compilado expandiendo o no los subcircuits.

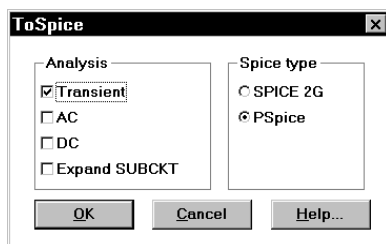


Figura 6. Cuadro de diálogo para crear un fichero con formato SPICE

- 6) **Revert** (Restaurar). Esta opción restaura el circuito activo con la versión guardada en disco.



- 7) **Close** (Cerrar). Esta opción cierra el circuito activo. También puede utilizarse CTRL+F4.

- 8) **Print Preview** (Presentación preliminar). Esta opción hace aparecer el cuadro de diálogo de la presentación preliminar del documento impreso (Figura 7).

- 9) **Print** (Imprimir). Esta opción imprime una copia del circuito tal como se muestra en pantalla en la presentación preliminar, teniendo en cuenta la configuración de la página. También puede utilizarse CTRL+P para acceder a este cuadro de diálogo.

- 10) **Print Setup...** (Configuración de impresión). Esta opción permite cambiar la configuración de la impresora y el formato de la hoja. Se trata de un cuadro de diálogo estándar de Windows para este fin.

- 11) **Ficheros recientes.** Se trata de una lista de los circuitos utilizados más recientemente. Es posible volver a cargar cualquiera de ellos seleccionándolo en esta lista del menú de fichero.
- 12) **Exit** (Salir). Esta opción permite abandonar la aplicación, cerrando todas las ventanas. Micro-Cap V pide confirmación para abandonar la aplicación y, posteriormente, comprueba si se ha realizado algún cambio en un circuito y no se ha guardado. En caso de ser así, presenta un cuadro de alerta. También se puede usar ALT+F4.

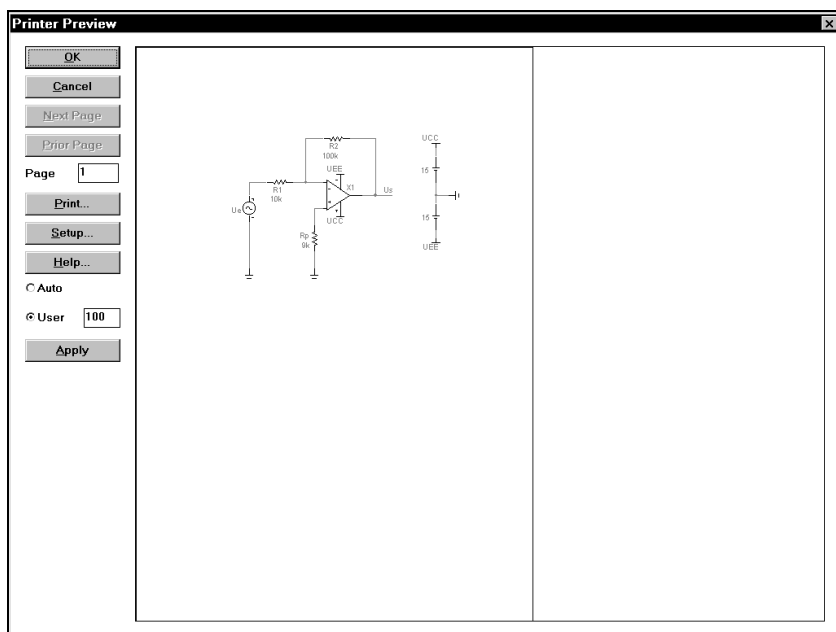


Figura 7. Cuadro de diálogo para la presentación preliminar

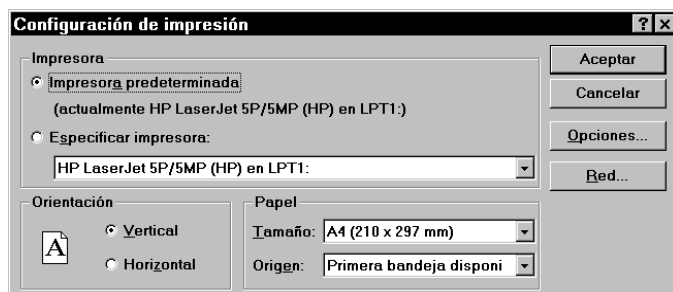






Figura 8. Cuadro de diálogo para la configuración de la impresión

2.2. Menú Edit (Editar)

Este menú proporciona las siguientes opciones. Cualquier botón equivalente en la barra de herramientas aparece cerca de cada selección. En la Figura 9 se ha representado este menú tal como aparece en Micro-Cap V.

<u>U</u> ndo	Ctrl+Z
C <u>u</u> t	Ctrl+X
<u>C</u> opy	Ctrl+C
P <u>a</u> ste	Ctrl+V
C <u>l</u> ear	Del
S <u>e</u> lect <u>A</u> ll	Ctrl+A
Copy Front Window to ClipBoard	
Add Page	
Delete Page...	
Add Model Statements	
<u>B</u> ox	
Change Attribute Display	
Color...	
Font...	
Bring to Front	
Send to Back	
<u>F</u> ind...	
Repeat <u>L</u> ast Find	F3
<u>R</u> eplace...	

Figura 9. Menú Edit (Editar)

- 1) **Undo** (Deshacer). La mayoría de las operaciones, que cambian el circuito o el texto asociado, pueden ser anuladas seleccionando esta opción. Debe tenerse en cuenta que esta opción únicamente deshará la última operación realizada. También se puede utilizar CTRL+Z.

- 2) **Cut** (Cortar). Esta opción borra el objeto seleccionado haciendo una copia en el portapapeles. Los objetos pueden incluir texto, cualquier elemento o área del esquema. También puede utilizarse CTRL+X.

- 3) **Copy** (Copiar). Esta opción copia el objeto seleccionado en el portapapeles. También puede utilizarse CTRL+C.

- 4) **Paste** (Pegar). Esta opción copia el contenido del portapapeles en el esquema activo comenzando en la posición actual del cursor. También se puede utilizar CTRL+V.


- 5) **Clear** (Eliminar). Esta opción elimina los objetos seleccionados sin hacer una copia en el portapapeles. También puede utilizarse la tecla Del.



- 6) **Select All** (Seleccionar todo). Esta opción selecciona todos los elementos del circuito de la ventana activa o todo el texto en la ventana de texto. También puede utilizarse CTRL+A.
- 7) **Copy Front Window to Clipboard** (Copiar la ventana activa al portapapeles). Esta opción copia todo lo mostrado en la ventana activa al portapapeles en formato *bitmap* (BMP) estándar.
- 8) **Add Page** (Añadir una página). Esta opción añade una página nueva al esquema del circuito.
- 9) **Delete Page...** (Eliminar una página). Esta opción provoca la aparición del cuadro de diálogo de la Figura 10 que permite eliminar una o varias páginas del esquema.

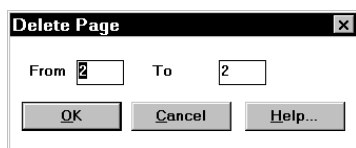


Figura 10. Cuadro de diálogo para eliminar páginas

- 10) **Add Model Statements** (Añadir sentencias de modelos). Esta opción añade las sentencias de modelos en la ventana de texto para cualquier componente que no tenga modelo. La aplicación busca a través de todas las librerías, y si no encuentra el modelo asociado a un componente, aplica el modelo por defecto para ese componente.



- 11) **Box** (Caja, Recuadro). Bajo esta opción aparecen los siguientes cinco comandos que afectan a los objetos encerrados en el área seleccionada. El área se especifica dibujando un recuadro alrededor de los objetos que se desea seleccionar, estando en el modo seleccionar.

- a) **Step Box...** (Múltiples copias). Esta opción provoca la aparición del cuadro de diálogo de la Figura 11, que permite realizar múltiples copias de los objetos seleccionados.



- b) **Mirror Box...** (Imagen espejo). Esta opción hace aparecer el cuadro de diálogo de la Figura 12 en el que se puede crear una imagen espejo horizontal o verticalmente de los objetos seleccionados.



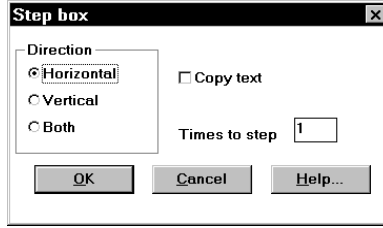


Figura 11. Cuadro de diálogo para realizar múltiples copias

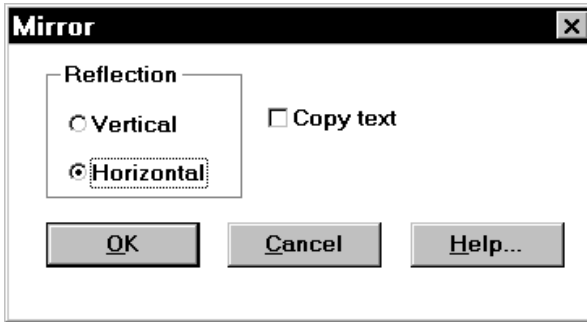


Figura 12. Cuadro de diálogo para realizar una inversión de la selección

- c) **Rotate** (Girar). Esta opción gira los objetos seleccionados. También puede utilizarse CTRL+R.



- d) **Flip x** (Invertir en el eje x). Esta opción invierte los objetos seleccionados haciéndolos girar sobre el eje X, eje horizontal que corta el área seleccionada por la mitad. También puede utilizarse CTRL+F.



- e) **Flip y** (Invertir en el eje y). Esta opción invierte los objetos seleccionados haciéndolos girar sobre el eje Y, eje vertical que corta el área seleccionada por la mitad.



- 12) **Change Attribute Display...** (Cambiar los atributos visibles). Esta opción provoca la aparición del cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 13 que permite cambiar los atributos que se hacen visibles en el esquema de todos los componentes del circuito.



- 13) **Color...** (Color). Esta opción hace aparecer el cuadro de diálogo de la Figura 14, que permite cambiar el color del texto o del objeto gráfico seleccionado.



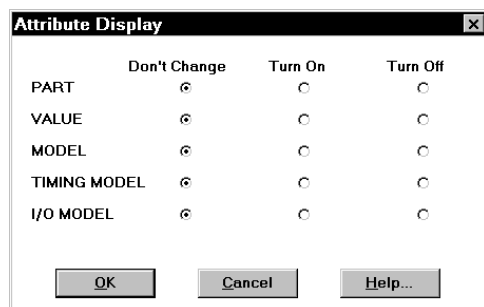


Figura 13. Cuadro de diálogo para cambiar los atributos visibles

- 14) **Font...** (Tipo de letra). Esta opción abre el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 15 permitiendo cambiar el tipo de letra y los efectos asociados a cualquier texto seleccionado.

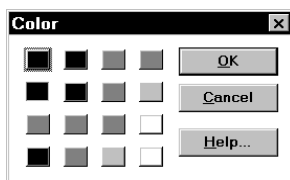


Figura 14. Cuadro de diálogo que permite cambiar el color del texto seleccionado

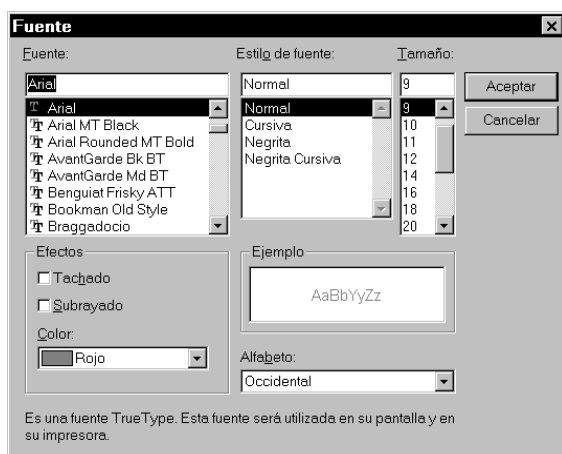


Figura 15. Cuadro de diálogo que permite cambiar el tipo de letra del texto seleccionado

- 15) **Bring to Front** (Traer al primer plano). Cada objeto tiene un área que lo encierra sensible a una pulsación con el ratón, de forma que puede ser seleccionado pulsando en dicha zona. Esta opción da a los objetos seleccionados la prioridad más alta en caso de que se solapen áreas de distintos objetos.



- 16) **Send to Back** (Enviar al segundo plano). Esta opción da a los objetos seleccionados la prioridad más baja en caso de que se solapen áreas de distintos objetos.



- 17) **Find...** (Buscar, Encontrar). Esta opción provoca la aparición del cuadro de diálogo de la Figura 16, que se utiliza para buscar una serie de elementos en el fichero como son: texto de parámetros, texto situado en el área de dibujo, números de nodo y componentes.

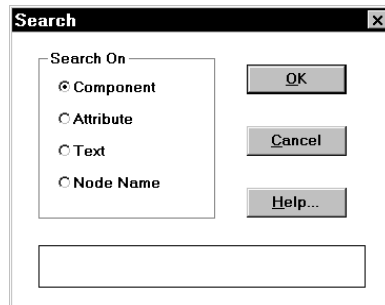


Figura 16. Cuadro de diálogo para encontrar objetos

- 18) **Repeat Last Find** (Repetir la última búsqueda). Simplemente repite la última búsqueda y encuentra el próximo elemento en el circuito que se ajusta al criterio de búsqueda. También se puede usar F3.
- 19) **Replace...** (Reemplazar). Esta opción abre el cuadro de diálogo de la Figura 17, que producirá una búsqueda y reemplazo de cualquier cadena de texto.

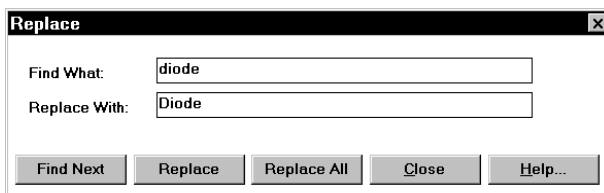


Figura 17. Cuadro de diálogo reemplazar

2.3. Menú Component (Componente)

Este menú se utiliza para seleccionar el componente que se desea situar en el esquema del circuito. La selección de un elemento de este menú, no sitúa el componente, únicamente selecciona el componente activo, que podrá ser incluido en el esquema haciendo clic en el área de dibujo.

Tras situar el componente en el área de dibujo, Micro-Cap V proporciona un cuadro de diálogo para la definición del componente. Esta definición produce, en caso de ser necesaria, una sentencia .MODEL que se añade en el área de texto.

Se trata de un menú jerárquico, de manera que el primer nivel del menú está dividido en cuatro grupos, Figura 18.

- 1) **Analog Primitive** (Componentes analógicos básicos). Este submenú contiene los componentes analógicos más generales clasificados en grupos tales como **Passive** (Pasivos), **Active** (Activos) o **Waveform Sources** (Generadores de Onda). Se deja la posibilidad al usuario de parametrizar y definir el comportamiento de estos componentes. Se puede acceder a las librerías para obtener sentencias relacionadas con el modelo de cada componente. Componentes como una resistencia o un generador de pulsos se pueden seleccionar en este submenú.
- 2) **Analog Library** (Librería analógica). Este submenú contiene dispositivos analógicos comerciales modelizados en la librería. Se encuentran clasificados por grupos como son BJT y diodos, y componentes específicos como un 2N2222 o un 1N4148.
- 3) **Digital Primitive** (Componentes digitales básicos). Este submenú contiene los componentes digitales más generales.
- 4) **Digital Library** (Librería digital). Este submenú contiene dispositivos analógicos comerciales modelizados en la librería.

También se pueden seleccionar componentes a través de nueve ventanas. Estas *paletas* de componentes se encuentran situadas en el menú **Options** (Opciones), pulsando la combinación de teclas: CTRL+[número de la paleta deseada].

Estas paletas se muestran sobre el esquema del circuito y contienen los componentes más comúnmente utilizados que pueden ser seleccionados haciendo clic sobre ellos. Estas paletas pueden ser modificadas en el editor de componentes.

2.4. Menú Windows (Ventanas)

Este menú contiene opciones para manipular las ventanas abiertas, y proporciona acceso a los editores de Micro-Cap V, el editor de modelos y la calculadora. En la Figura 19 se ha representado este menú tal como aparece en Micro-Cap V.

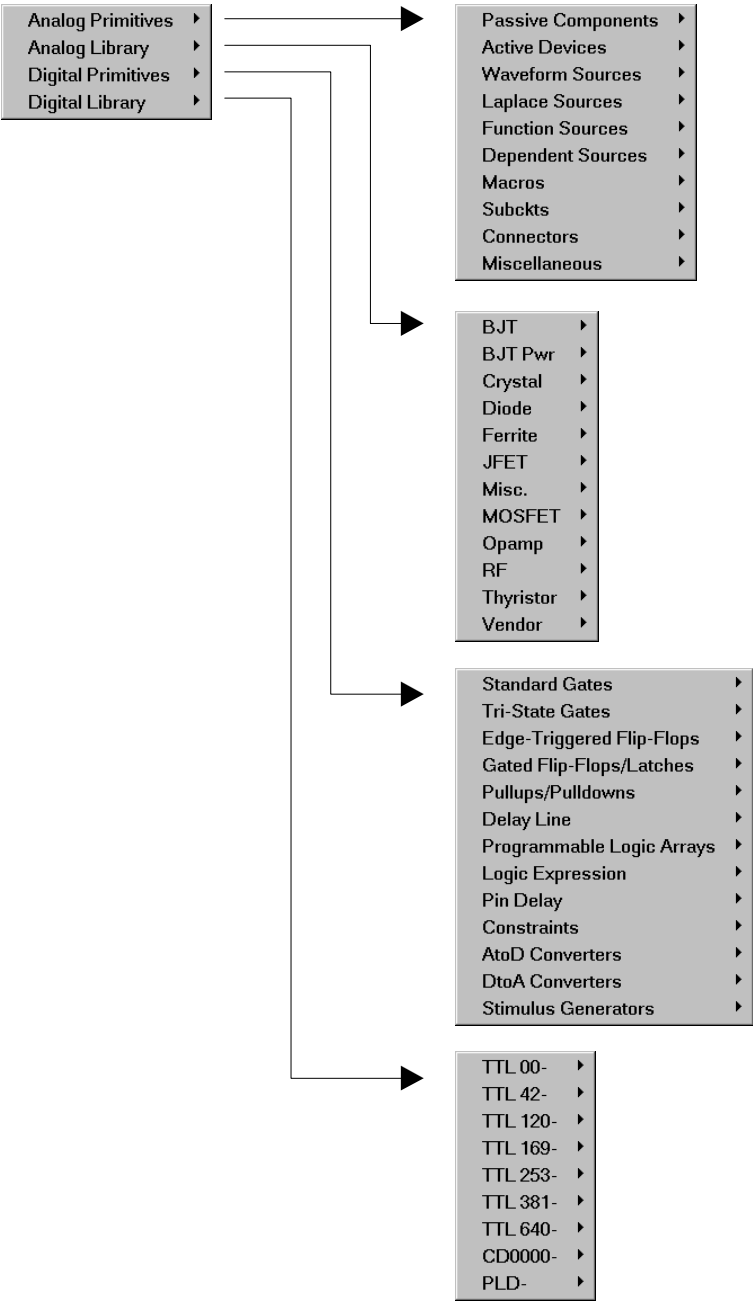


Figura 18. Menú Component (Componente)

El editor de modelos no se encuentra disponible en esta versión de demostración de Micro-Cap V.

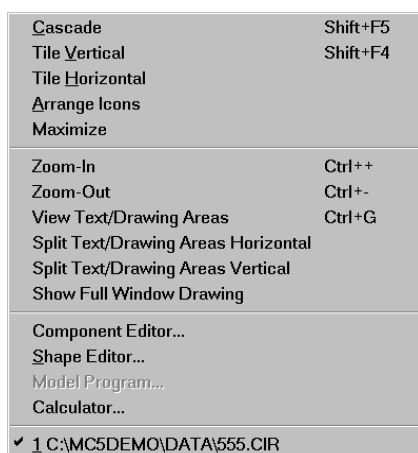


Figura 19. Menú Windows (Ventanas)

- 1) **Cascade** (Cascada). Esta opción sitúa y cambia el tamaño de las ventanas de manera que aparecen unas detrás de otras, viéndose por completo la primera y el título de las demás. También se puede utilizar MAYÚS+F5.
- 2) **Tile Vertical** (Mosaico vertical). Esta opción sitúa y cambia el tamaño de las ventanas de manera que no se solapan unas con otras, quedando visibles todas a la vez, con una orientación vertical. También se puede utilizar MAYÚS+F4.



- 3) **Tile Horizontal** (Mosaico horizontal). Esta opción sitúa y cambia el tamaño de las ventanas de manera que no se solapan unas con otras, quedando visibles todas a la vez, con una orientación horizontal.



- 4) **Arrange Icons** (Organizar iconos). Esta opción organiza los iconos en una ventana. Estos iconos proceden de minimizar una ventana.

- 5) **Maximize** (Maximizar). Esta opción cambia el tamaño de la ventana activa de manera que lo maximiza.



- 6) **Zoom-In** (Zoom para acercar). Esta opción permite ampliar un área del esquema para verlo con más detalle. En documentos de texto, esta opción aumentará el tamaño del tipo de letra. También puede utilizarse CTRL++, tecleando el símbolo '+' en el teclado numérico alternativo.



- 7) **Zoom-Out** (Zoom para alejar). Esta opción permite reducir un área del esquema para tener una visión más global. En documentos de texto, esta opción reducirá el tamaño del tipo de letra. También puede utilizarse CTRL+-, tecleando el símbolo '-' en el teclado numérico alternativo.



- 8) **View Text/Drawing Areas** (Ver área de texto / área de dibujo). Esta opción permite conmutar entre el área de texto y el área de dibujo de un esquema. También se puede utilizar CTRL+G.
- 9) **Split Text/Drawing Areas Horizontal** (Dividir área de texto / área de dibujo horizontalmente). Esta opción divide el esquema activo horizontalmente en dos ventanas del mismo tamaño, una correspondiente al área de texto y otra correspondiente al área de dibujo.
- 10) **Split Text/Drawing Areas Vertical** (Dividir área de texto / área de dibujo verticalmente). Esta opción divide el esquema activo verticalmente en dos ventanas del mismo tamaño, una correspondiente al área de texto y otra correspondiente al área de dibujo.
- 11) **Show Full Window Drawing** (Muestra la ventana de dibujo completa). Esta opción restaura la división realizada y muestra el área de dibujo del esquema.
- 12) **Component Editor...** (Editor de componentes). Esta opción abre el cuadro de diálogo del editor de componentes, Figura 20. Este editor gestiona la librería de componentes que almacena todos los tipos de componentes que pueden ser incluidos en un esquema de un circuito. El editor de componentes se puede utilizar para añadir un componente nuevo o modificar los componentes existentes.
- 13) **Shape Editor...** (Editor de símbolos). Esta opción accede al editor de símbolos que se muestra en la Figura 21. Este editor gestiona la librería que contiene los símbolos utilizados para representar los componentes en el esquema eléctrico del circuito. El editor de componentes se puede utilizar para añadir un símbolo nuevo o modificar los símbolos existentes.
- 14) **Model Program...** (Programa *model*). Esta opción ejecuta el programa de gestión de modelos. Este programa puede ser utilizado para crear componentes basados en la información incluida por los fabricantes en el libro de características. Se pueden modelar transistores bipolares BJT, diodos, transistores MOSFET, transistores JFET, amplificadores operacionales y transformadores.

Esta opción no se encuentra disponible en la versión de demostración de Micro-Cap V.

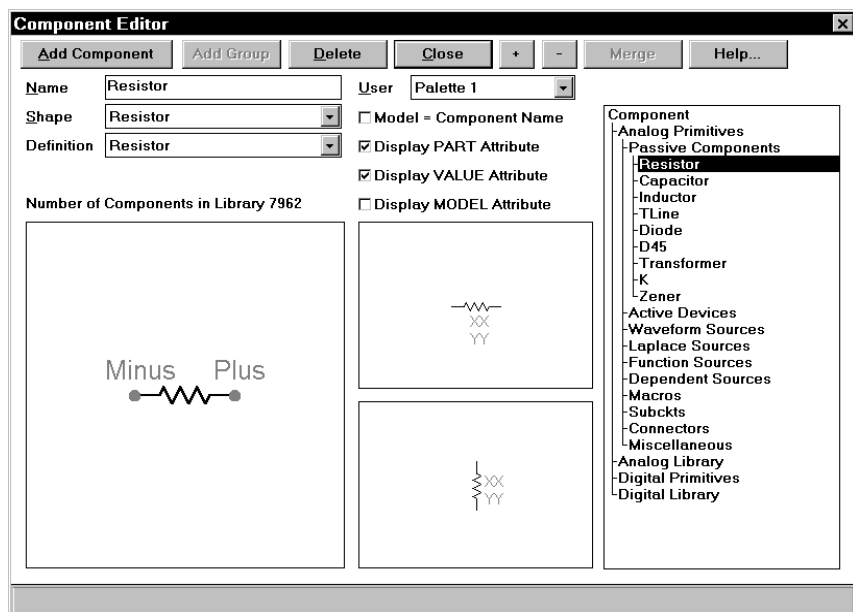


Figura 20. Editor de componentes

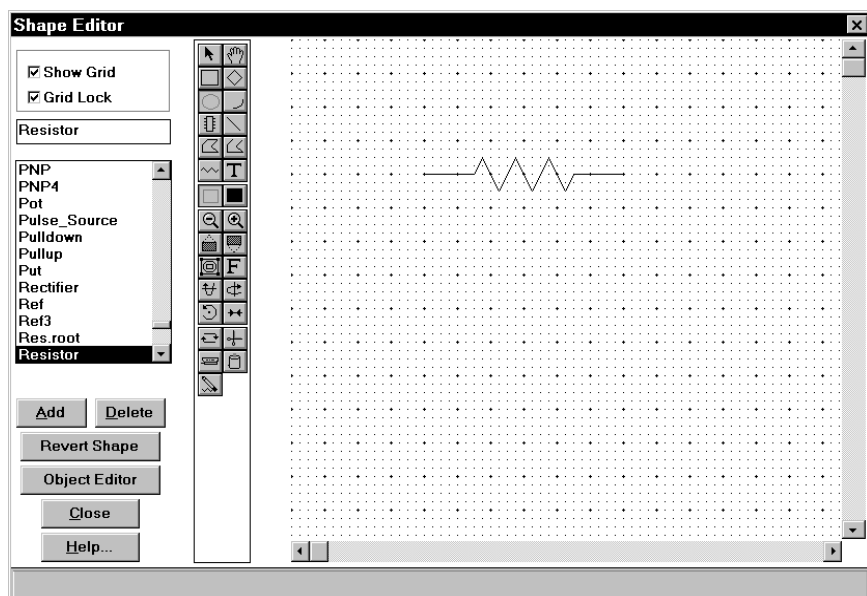


Figura 21. Editor de símbolos

- 15) **Calculator...** (Calculadora). Esta opción arranca la calculadora de Micro-Cap V, que tiene el aspecto que se muestra en la Figura 22. Para utilizar la calculadora se debe introducir una expresión matemática evaluable, luego se pulsa el botón *Calculate* (Calcular).

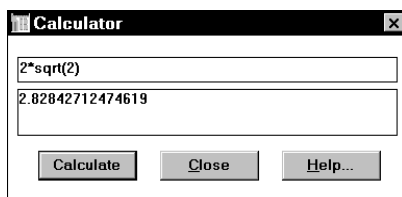


Figura 22. Calculadora

En la calculadora se pueden utilizar los operadores que se verán más adelante en este mismo capítulo. A continuación, se citan algunos ejemplos:

"5 MOD 2" devuelve "2"

"5*5+2" devuelve "27"

"NOT 5" devuelve "0"

"V(1,2)*I(1,2)" devuelve la potencia entre los nodos 1 y 2 en el último instante calculado.

- 16) **Filename(s)** (Nombres de archivos). Cada circuito abierto puede convertirse en el circuito activo seleccionándolo en esta lista de archivos.

2.5. Menú Options (Opciones)

El menú Options (Opciones) contiene una serie de opciones, preferencias y configuraciones. En la Figura 23 se muestra este menú con los dos submenús en los que se despliega.

A continuación, se describen cada una de ellas, incluyendo el icono correspondiente a la barra de herramientas, si existe.

- 1) **Tools** (Herramientas). Esta opción muestra la barra de herramientas que proporciona acceso directo a distintas opciones del menú. Estas opciones están representadas mediante iconos. Más adelante se tratará en detalle las distintas opciones que ofrece la barra de herramientas. También se puede utilizar CTRL+0.

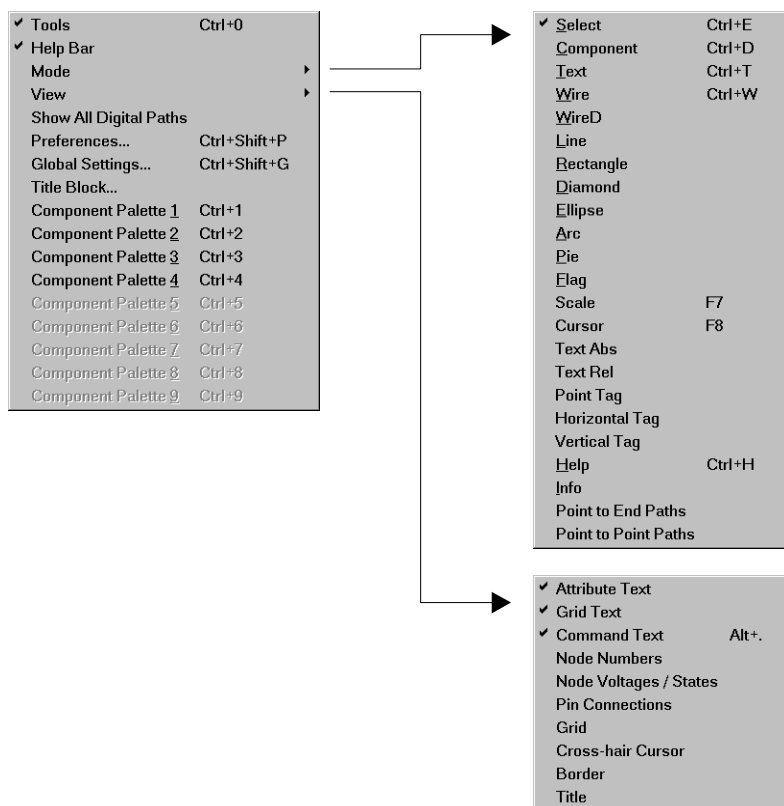


Figura 23. Menú Options (Opciones)

- 2) **Help Bar** (Barra de ayuda). Esta opción muestra la barra de estado que proporciona información sobre los botones de la barra de herramientas, elementos del menú y sobre los componentes situados en la pantalla.
- 3) **Mode** (Modo). Esta opción se despliega en un submenú que contiene los distintos modos de operación, tanto en el análisis como a la hora de crear el esquema eléctrico del circuito.
 - a) **Select** (Selección). Esta opción habilita el modo de selección. En este modo se pueden seleccionar elementos individuales del circuito haciendo clic sobre ellos.



Un doble clic sobre un elemento lleva al editor al modo de edición, pudiendo editarse texto o componentes. Estando en el modo de selección, se pueden elegir un grupo de componentes dibujando un recuadro alrededor de ellos. También se puede mantener pulsada la tecla MAYÚS mientras se hace clic sobre varios componentes. Es posible añadir

también un grupo de componentes a otro grupo ya seleccionado, para ello se debe mantener la tecla MAYÚS pulsada mientras se dibuja otro recuadro que envuelva a los nuevos objetos. Además se puede acceder a este modo a través de la combinación de teclas CTRL+E.

- b) **Component** (Componente). Esta opción habilita el modo de colocación de componentes en el esquema. Mediante el ratón se añade el último componente seleccionado en el menú **Component**. Manteniendo pulsado el botón izquierdo, se puede arrastrar el componente por toda el área de dibujo hasta el lugar deseado. Si la orientación no es la adecuada, siempre manteniendo pulsado el botón izquierdo, se puede girar el componente pulsando el botón derecho a la vez que el izquierdo. También se puede acceder a este modo a través pulsando CTRL+D.



Más adelante, en este mismo capítulo, se tratará el tema del manejo de componentes en Micro-Cap V.

- c) **Text** (Texto). Esta opción habilita el modo de texto. Al hacer clic sobre el área de dibujo, en el punto donde se desea colocar, aparece una cuadro de diálogo como el que se muestra en la Figura 24 en el que se puede introducir el texto deseado. Al terminar se debe presionar ENTER. Si se desea seguir escribiendo en una línea nueva se debe pulsar la combinación de teclas CTRL+ENTER. Para acceder al modo de texto se puede utilizar también la combinación de teclas CTRL+T.

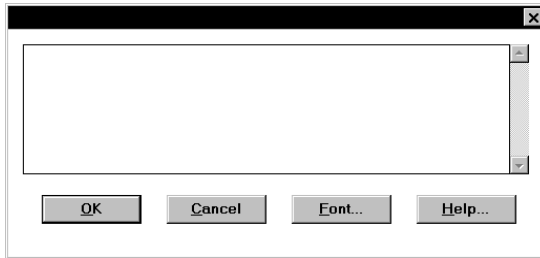


Figura 24. Cuadro de diálogo para la introducción de texto

- d) **Wire** (Cableado, interconexión). Esta opción habilita el modo de interconexión entre componentes.



Las interconexiones se añaden haciendo clic y manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón en el origen de la línea se debe arrastrar éste al punto final de la conexión, liberando finalmente el botón izquierdo del

ratón. Micro-Cap V añadirá automáticamente una esquina a la línea si los puntos de origen y de destino no se encuentran en la misma horizontal o vertical.

Pulsando el botón derecho mientras se arrastra el ratón, se puede cambiar la orientación de la esquina. Pulsando la tecla MAYÚS mientras se arrastra el ratón, se consigue una línea horizontal o vertical. Para acceder a este modo se puede utilizar también la combinación de teclas CTRL+W.

- e) **WireD** (Cableado diagonal). Esta opción habilita el cableado diagonal. Las interconexiones se añaden de la misma manera que para el cableado ortogonal del apartado anterior. La diferencia es que las líneas a que da lugar este modo pueden tener cualquier ángulo de inclinación y no solamente horizontal y vertical.



- f) **Line** (Línea). Esta opción habilita el modo de dibujo de líneas. Las líneas se añaden haciendo clic y manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón en el origen de la línea se debe arrastrar éste al punto final de la línea, liberando finalmente el botón izquierdo del ratón. Haciendo un doble clic sobre la línea se accede al cuadro de diálogo de la Figura 25 que permite cambiar algunas propiedades de la línea dibujada.

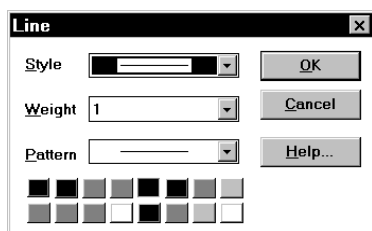


Figura 25. Cuadro de diálogo para la modificación de las propiedades de una línea

- g) **Rectangle** (Rectángulo). Esta opción habilita el modo de dibujo de rectángulos. Los rectángulos se dibujan haciendo clic y manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón mientras se arrastra hasta liberar finalmente el botón. Haciendo un doble clic sobre el rectángulo se accede al cuadro de diálogo de la Figura 26 que permite cambiar algunas propiedades del rectángulo dibujado.
- h) **Diamond** (Rombo). Esta opción habilita el modo de dibujo de rombos. Los rombos se dibujan de la misma forma que los rectángulos. Y al igual que aquellos, haciendo un doble clic sobre el rombo se accede a un cuadro de diálogo que permite cambiar algunas propiedades del rombo dibujado.

- i) **Ellipse** (Elipse). Esta opción habilita el modo de dibujo de elipses. Las elipses se dibujan de la misma forma que los rectángulos. Y al igual que aquéllos, haciendo un doble clic sobre la elipse se accede a un cuadro de diálogo que permite cambiar algunas propiedades de la elipse dibujada.

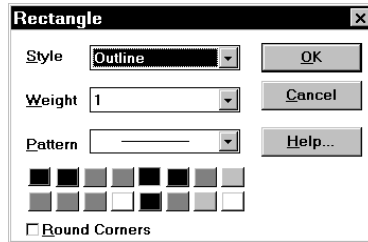


Figura 26. Cuadro de diálogo para la modificación de las propiedades de un rectángulo

- j) **Arc** (Arco). Esta opción habilita el modo de dibujo de arcos. Los arcos se dibujan de la misma forma que los rectángulos. Y al igual que aquéllos, haciendo un doble clic sobre el arco se accede a un cuadro de diálogo que permite cambiar algunas propiedades del arco dibujado.
- k) **Pie** (Arco cerrado, sector). Similar al anterior. Es posible acceder a los seis objetos gráficos anteriores (*Line*, *Rectangle*, *Diamond*, *Ellipse*, *Arc*, *Pie*) a través del icono que se muestra a continuación.



Una vez seleccionado, haciendo clic sobre el área de dibujo, aparecerá un menú emergente como el que se muestra en la Figura 27 con estas seis opciones, de las cuales se debe elegir una. Después de dibujar el objeto, Micro-Cap V pasa a modo selección.

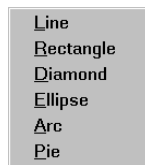


Figura 27. Menú emergente para la selección de un objeto gráfico

- l) **Flag** (Bandera, Marca). Esta opción habilita el modo de colocación de marcas. Las marcas se utilizan para identificar un punto determinado en el esquema, de forma que se puede saltar de un punto a otro. Las marcas se colocan haciendo clic en la zona donde se desea situar.



Después de soltar el botón izquierdo del ratón, aparece un cuadro de diálogo como el mostrado en la Figura 28. En él se debe introducir la descripción de la marca. La manera de acceder a cualquier marca colocada es pulsando el botón con una bandera como icono, situado en la parte inferior derecha de la ventana; aparecerá un menú emergente con todas las marcas colocadas en el esquema.

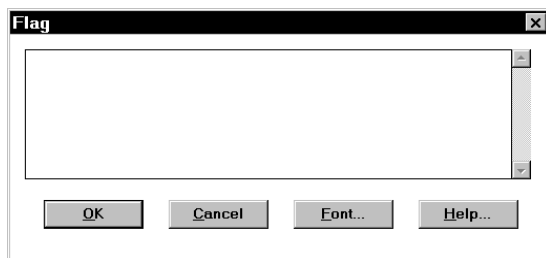


Figura 28. Cuadro de diálogo para la colocación de marcas

- m) **Scale** (Escala). Habilita el modo escala en la ventana de análisis. Esta opción se verá con más detalle en el Tutorial de Micro-Cap V en el siguiente capítulo.
- n) **Cursor** (Cursor). Habilita el modo cursor en la ventana de análisis. Esta opción se verá con más detalle en el Tutorial de Micro-Cap V en el siguiente capítulo.
- o) **Text Abs** (Texto en coordenadas absolutas). Habilita el modo texto en coordenadas absolutas en la ventana de análisis. Esta opción se verá con más detalle en el Tutorial de Micro-Cap V en el siguiente capítulo.
- p) **Text Rel** (Texto en coordenadas relativas). Habilita el modo texto en coordenadas relativas en la ventana de análisis. Esta opción se verá con más detalle en el Tutorial de Micro-Cap V en el siguiente capítulo.
- q) **Point Tag** (Etiqueta asociada a un punto). Esta opción se verá con más detalle en el Tutorial de Micro-Cap V en el siguiente capítulo.
- r) **Horizontal Tag** (Etiqueta asociada al eje de abscisas). Esta opción se verá con más detalle en el Tutorial de Micro-Cap V en el siguiente capítulo.
- s) **Vertical Tag** (Etiqueta asociada al eje de ordenadas). Esta opción se verá con más detalle en el Tutorial de Micro-Cap V en el siguiente capítulo.
- t) **Help** (Ayuda). Una vez seleccionada esta opción, haciendo clic sobre un objeto situado en el esquema, se obtiene ayuda relacionada con dicho objeto seleccionado. Para seleccionar esta opción, también se puede utilizar la combinación de teclas CTRL+H.



- u) **Info** (Información). Esta opción habilita el modo de información. Una vez seleccionada, haciendo clic sobre un componente situado en el esquema, se obtiene información relacionada con el modelo de dicho componente.



- v) **Point to End Paths** (Rutas de inicio a fin). Esta opción permite estudiar los retardos en circuitos digitales.



- w) **Point to Point Paths** (Rutas punto a punto). Esta opción permite estudiar los retardos en circuitos digitales.



- 4) **View** (Ver). Este submenú contiene varias opciones de visualización del esquema.

En la Figura 29 se ha representado de nuevo este submenú para mayor comodidad del lector.

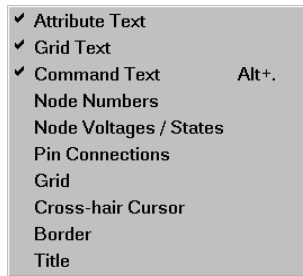


Figura 29. Submenú **View** (Ver)

- a) **Attribute Text** (Atributos de los componentes). Esta opción muestra los atributos de los componentes situados en el esquema.



- b) **Grid Text** (Texto en la rejilla). Muestra el texto situado en el área de dibujo utilizando el modo texto.



- c) **Command Text** (Comandos). Esta opción muestra los comandos en el esquema. Los comandos son cualquier texto que comienza con un punto (‘.’). Ejemplos de comandos son `.MODEL` y `.DEFINE`. Para seleccionar esta opción se puede utilizar la combinación de teclas [ALT+].



- d) **Node Numbers** (Números de los nodos). Micro-Cap V asigna números a todos los nodos del circuito. El número de cada nodo se actualiza cada

vez que se cambia la topología del circuito. Esta opción muestra el número de los nodos en el esquema.



- e) **Node Voltages / States** (Estados o Tensiones en los nodos). Esta opción muestra el último valor de tensión o estado digital obtenido tras el análisis transitorio.



- f) **Pin Connections** (Puntos de conexión). Los puntos de conexión se añaden a los símbolos en el editor de componentes. Se utilizan para identificar dónde se encuentran las conexiones eléctricas de un componente. Esta opción muestra estos puntos de conexión.



- g) **Grid** (Rejilla). Esta opción muestra la rejilla en el área de dibujo.



- h) **Cross-hair Cursor** (Cursor en forma de cruz). Esta opción muestra el cursor en forma de cruz que atraviesa toda el área de dibujo.



- i) **Border** (Recuadro). Esta opción añade un recuadro alrededor de cada página del esquema.



- j) **Title** (Título, Cajetín). Esta opción añade un cajetín en cada página del esquema. En el cajetín se incluye información sobre el esquema.



- 5) **Show All Digital Paths** (Mostrar todas las rutas digitales). Esta opción permite estudiar los retardos en circuitos digitales.



- 6) **Preferences...** (Preferencias). Al seleccionar esta opción se muestra el cuadro de diálogo de preferencias, Figura 30. También se puede usar la combinación de teclas CTRL+MAYÚS+P.



- 7) **Global Settings...** (Variables globales). Al seleccionar esta opción se muestra el cuadro de diálogo de la Figura 31, en el que se pueden cambiar variables que afectan a los resultados de la simulación.

También se puede usar la combinación de teclas CTRL+MAYÚS+G.



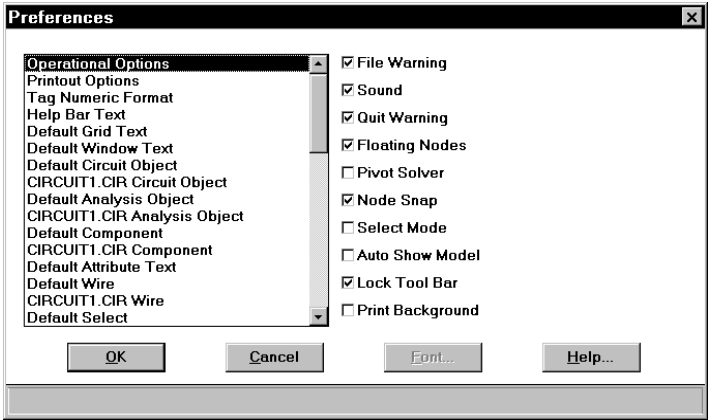


Figura 30. Cuadro de diálogo *Preferences*

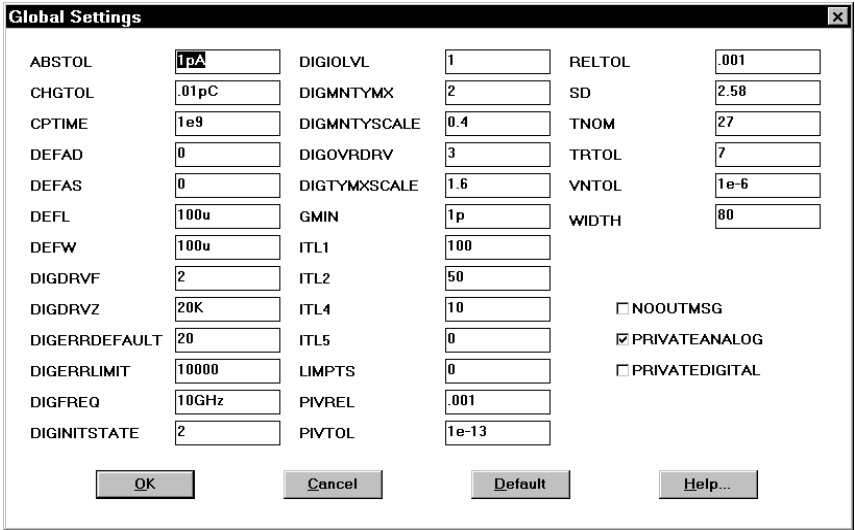


Figura 31. Cuadro de diálogo *Global Settings* (Variables globales)

8) **Title Block...** (Cajetín). Al seleccionar esta opción se muestra un cuadro de diálogo de la Figura 32, que permite el acceso a cinco campos de texto que se situarán en el cajetín del esquema. El campo 1 (*Field 1*) se imprime como texto de gran tamaño, el resto se imprime como texto pequeño. Existen algunas variables que facilitan la tarea:

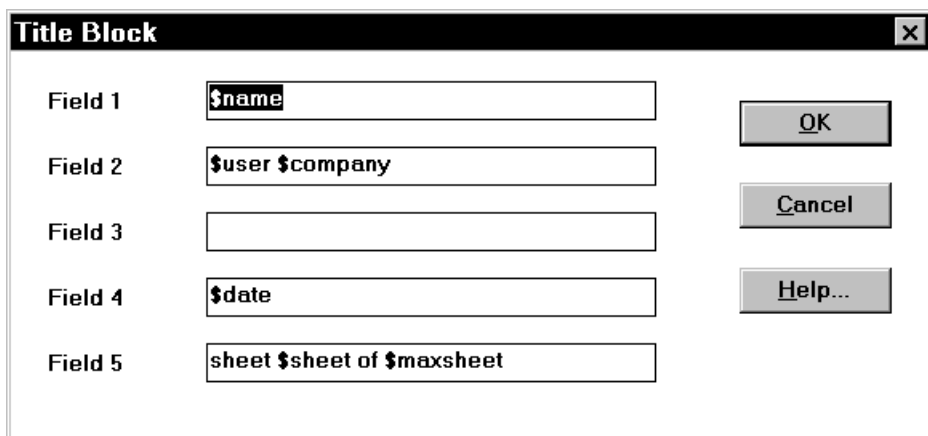


Figura 32. Cuadro de diálogo Title Block (Cajetín)

- \$NAME: Imprime el nombre del circuito.
 - \$DATE y \$TIME: Imprime la fecha y la hora actual.
 - \$USER: Imprime el nombre del usuario.
 - \$COMPANY: Imprime la Compañía.
 - \$PAGE: Imprime el número de página del esquema.
 - \$MAXPAGE: Imprime el último número de página.
 - \$SHEET: Imprime el número de hoja de impresión.
 - \$MAXSHEET: Imprime el número de hojas totales.
- 9) **Component Palettes 1-9** (Paletas de componentes 1-9). Esta opción muestra las paletas de componentes. Estas listas, de las que están accesibles en la versión de demostración que se muestran en la Figura, se pueden definir en el editor de componentes. Para acceder a ellas también se puede utilizar la combinación de teclas CTRL+[número de la paleta deseada].

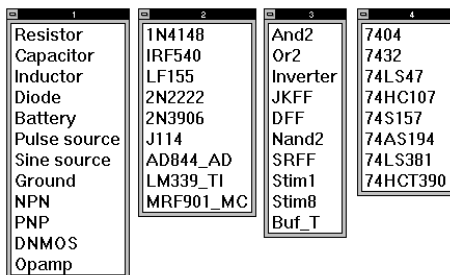


Figura 33. Paletas de componentes

2.6. Menú Analysis (Análisis)

Desde este menú se pueden ejecutar los distintos tipos de análisis que proporciona Micro-Cap V. En la Figura 34 se muestra este menú tal como lo presenta la aplicación Micro-Cap V.

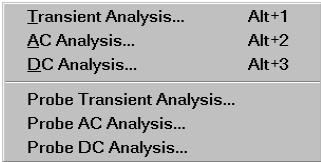


Figura 34. Menú Analysis (Análisis)

- 1) **Transient analysis** (Análisis transitorio), ALT+1.
- 2) **AC Analysis** (Análisis en frecuencia), ALT+2.
- 3) **DC Analysis** (Análisis en continua), ALT+3.
- 4) ***Probe Transient Analysis*** (Modo osciloscopio, análisis transitorio).
- 5) ***Probe AC Analysis*** (Modo osciloscopio, análisis en frecuencia).
- 6) ***Probe DC Analysis*** (Modo osciloscopio, análisis continua).

Cada una de estas opciones se verá con más detalle en el tutorial de la aplicación en el siguiente capítulo.

2.7. Menú Help (Ayuda)

En este menú se encuentra una serie de opciones que suelen ser bastante habituales en las aplicaciones basadas en el entorno Microsoft Windows. En la Figura 35 se muestra este menú tal como lo presenta Micro-Cap V.

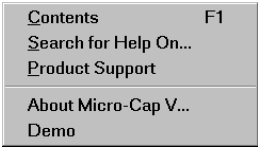


Figura 35. Menú Help (Ayuda)

- 1) **Contents** (Índice de contenidos). Al seleccionar esta opción se ejecuta la ayuda de Micro-Cap V y aparece el índice de la misma.

- 2) ***Search For Help On*** (Buscar ayuda sobre). Aparece el cuadro de diálogo estándar de Windows para la búsqueda de ayuda sobre cualquier tema relacionado con la aplicación.


















Los demás elementos del menú incluyen la información de soporte técnico, autores de la aplicación y una demostración.





























3. LA BARRA DE HERRAMIENTAS








Micro-Cap V presenta dos barras de botones diferentes, dependiendo que el usuario se encuentre en el editor de esquemas o en la ventana de simulación y análisis.

3.1. La barra de herramientas del editor de esquemas

La barra de herramientas asociada al editor de esquemas contiene las siguientes opciones accesibles:


















-  Habilita el modo de **selección**. Menú ***Options/Mode/Select***.
-  Habilita el modo **componente**. Menú ***Options/Mode/Component***.
-  Habilita el modo **texto**. Menú ***Options/Mode/Text***.
-  Habilita el modo **interconexión ortogonal**. Menú ***Options/Mode/Wire***.
-  Habilita el modo **interconexión diagonal**. Menú ***Options/Mode/WireD***.
-  Habilita el modo **objeto**. Menú ***Options/Mode/Line..Pie***.
-  Habilita el modo **señalador**. Menú ***Options/Mode/Flag***.
-  Habilita el modo **información**. Menú ***Options/Mode/Info***.
-  Habilita el modo **ayuda** sobre componentes. Menú ***Options/Mode/Help***.
-  Utilidad para determinar tiempos de retardo en circuitos digitales.
-  Utilidad para determinar tiempos de retardo en circuitos digitales.
-  Utilidad para determinar tiempos de retardo en circuitos digitales.
-  Cambia el **color** del texto o del objeto gráfico. Menú ***Edit/Color...***
-  Cambia el **tipo de letra** del texto seleccionado. Menú ***Edit/Font...***
-  **Visibilidad** de atributos. Menú ***Edit/Change Attribute Display***.
-  Coloca un objeto en **primer plano**. Menú ***Edit/Bring To Front***.
-  Coloca un objeto en **segundo plano**. Menú ***Edit/Send To Back***.





























-  **Deshacer.** Menú Edit/Undo.
-  **Cortar.** Menú Edit/Cut.
-  **Copiar.** Menú Edit/Copy.
-  **Pegar.** Menú Edit/Paste.
-  **Eliminar.** Menú Edit/Clear.
-  Modo **mosaico horizontal.** Menú Window/Tile Horizontal.
-  Modo **mosaico vertical.** Menú Window/Tile Vertical.
-  Modo **cascada.** Menú Window/Cascade.
-  Modo **maximizar.** Menú Window/Maximize.
-  **Duplica** la zona seleccionada. Menú Edit/Box/Step Box...
-  Imagen **espejo** de la zona seleccionada. Menú Edit/Box/Mirror Box...
-  **Gira** la zona seleccionada 90°. Menú Edit/Box/Rotate.
-  **Invierte sobre el eje y.** Menú Edit/Box/Flip y.
-  **Invierte sobre el eje x.** Menú Edit/Box/Flip x.
-  **Busca** un objeto determinado. Menú Edit/Find...
-  Activa la **calculadora.** Menú Windows/Calculator...
-  **Abre** un esquema. Menú File/Open...
-  **Guarda** un esquema en disco. Menú File/Save.
-  **Restaura** un esquema de disco. Menú File/Revert.
-  Copia el **modelo** del componente en la zona de texto.
-  Crea un archivo **SPICE.** Menú File/Create SPICE file...
-  **Preferencias.** Menú Options/Preferences...
-  **Variables globales.** Menú Options/Global Settings.
-  **Zoom** para acercar de la ventana activa. Menú Windows/Zoom In.
-  **Zoom** para alejar de la ventana activa. Menú Windows/Zoom Out.
-  Muestra el **texto** en el área de dibujo. Menú Options/View/Grid text.
-  Muestra **atributos** de componentes. Menú Options/View/Atttribute text.
-  Muestra los **números de los nodos.** Menú Options/View/Node Numbers.

-  Muestra la **tensión en los nodos**. Menú *Options/View/Node Voltages*.
-  Muestra los **puntos de conexión**. Menú *Options/View/Pin Connections*.
-  Muestra los **comandos**. Menú *Options/View/Command Text*.
-  Muestra el cursor como **cruz**. Menú *Options/View/Cross-hair Cursor*.
-  Muestra la **rejilla**. Menú *Options/View/Grid*.
-  Crea un **recuadro** en el esquema eléctrico. Menú *Options/View/Border*.
-  Crea un **cajetín** para el esquema eléctrico. Menú *Options/View/Title*.

3.2. La barra de herramientas del análisis

La barra de herramientas asociada al análisis de **circuitos** contiene las siguientes opciones accesibles:

-  Habilita el modo de **selección**. Menú *Options/Mode/Select*.
-  Habilita el modo **objeto**. Menú *Options/Mode/Line..Pie*.
-  Habilita el modo de **escala** en la gráfica. Menú *Options/Mode/Scale*.
-  Habilita el modo **cursor**. Menú *Options/Mode/Cursor*.
-  Modo **medida horizontal**. Menú *Options/Mode/Horizontal Tag*.
-  Modo **medida vertical**. Menú *Options/Mode/Vertical Tag*.
-  Modo **anotación sobre puntos**. Menú *Options/Mode/Point Tag*.
-  Modo **texto absoluto**. Menú *Options/Mode/Text Abs*.
-  Modo **texto relativo**. Menú *Options/Mode/Text Rel*.
-  Habilita el modo **ayuda** sobre componentes. Menú *Options/Mode/Help*.
-  Cambia el **color** del texto o del objeto gráfico. Menú *Edit/Color...*
-  Cambia el **tipo de letra** del texto seleccionado. Menú *Edit/Font...*
-  **Deshacer**. Menú *Edit/Undo*.
-  **Cortar**. Menú *Edit/Cut*.
-  **Copiar**. Menú *Edit/Copy*.
-  **Pegar**. Menú *Edit/Paste*.
-  **Eliminar**. Menú *Edit/Clear*.

-  Modo **mosaico horizontal**. Menú Window/*Tile Horizontal*.
-  Modo **mosaico vertical**. Menú Window/*Tile Vertical*.
-  Modo **cascada**. Menú Window/*Cascade*.
-  Modo **maximizar**. Menú Window/*Maximize*.
-  Activa la **calculadora**. Menú Window/*Calculator...*
-  **Preferencias**. Menú Options/*Preferences...*
-  **Zoom** para acercar de la ventana activa. Menú Window/*Zoom In*.
-  **Zoom** para alejar de la ventana activa. Menú Window/*Zoom Out*.
-  Activa el cuadro de diálogo de **límites**. Menú Transient/*Limits...*
-  **Variación de parámetros**. Menú Transient/*Stepping...*
-  Muestra el **gráfico** resultante del análisis. Menú Transient/*Analysis Plot*.
-  Abre el **fichero numérico** de salida. Menú Transient/*Numeric Output*.
-  **Variables de estado**. Menú Transient/*State Variables Editor...*
-  Opciones para la utilidad **Monte Carlo**. Menú Monte Carlo/*Options...*
-  Marca los **puntos** del análisis. Menú Scope/*View/Data Points*.
-  Muestra la rejilla de la **regla**. Menú Scope/*View/Ruler*.
-  Muestra las **marcas** de cada curva. Menú Scope/*View/Tokens*.
-  **Rejilla del eje horizontal**. Menú Scope/*View/Horizontal Axis Grid*.
-  **Rejilla del eje vertical**. Menú Scope/*View/Vertical Axis Grid*.
-  **Rejilla logarítmica**. Menú Scope/*View/Minor Log Grid*.
-  **Siguiente punto** en modo cursor. Menú Scope/*Cursor Functions/Next*.
-  **Máximo local** en modo cursor. Menú Scope/*Cursor Functions/Peak*.
-  **Mínimo local** en modo cursor. Menú Scope/*Cursor Functions/Valley*.
-  **Mínimo** en modo cursor. Menú Scope/*Cursor Functions/Low*.
-  **Máximo** en el modo cursor. Menú Scope/*Cursor Functions/High*.
-  **Punto de inflexión**. Menú Scope/*Cursor Functions/Inflection*.
-  Encontrar **punto** dada la **abscisa**. Menú Scope/*Go To X*.
-  Encontrar **punto** dada la **ordenada**. Menú Scope/*Go To Y*.

- ▶ **Ejecuta** el análisis. Menú ***Transient/Run***.
- **Para** el análisis.
- ⏏ **Hace una pausa** en el análisis.
- 📈 **Permite** realizar un análisis **punto por punto**. Menú ***Scope/Single Step***.

4. MANEJO DE COMPONENTES

En este apartado se tratarán con más detalle las opciones más comunes del menú ***Component*** (Componente), la forma de insertar estos componentes en un circuito y de parametrizarlos.

Cuando se añade un componente a un esquema eléctrico de cualquiera de las opciones correspondientes a los componentes analógicos básicos (***Analog Primitives***), se presenta el cuadro de diálogo de la Figura 36, que permite introducir cierta información relativa al comportamiento físico del componente.

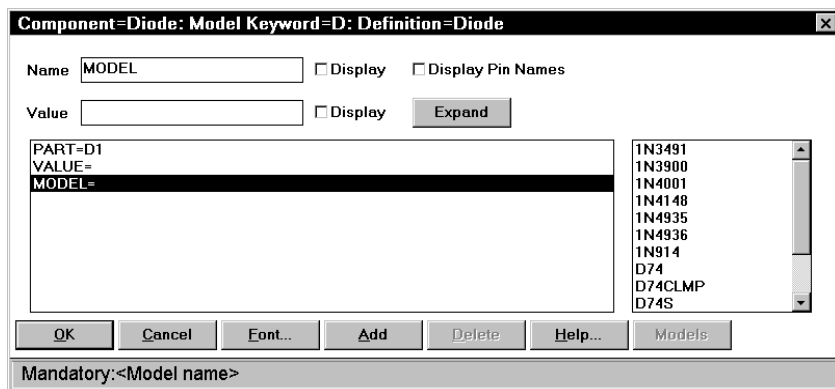


Figura 36. Cuadro de diálogo para la definición de los componentes

La manera en que Micro-Cap V almacena la descripción y comportamiento de los componentes en un circuito es a través de una serie de atributos o campos asociados a cada componente. El número de atributos y el tipo de atributos que se precisan dependen del propio componente, aunque los más comunes son:

- **Part attribute**. Identificador del componente en el esquema eléctrico. Todos los componentes deben tener asociado un identificador.
- **Value attribute**. Este atributo se puede utilizar para asignar valores numéricos a los parámetros de componentes elementales como resistencias, condensadores o inductancias, y asignar valores numéricos a parámetros utilizados por SPICE para

la simulación en componentes elementales y complejos. No todos los componentes tiene un atributo o campo de tipo *Value*.

- *Model attribute*. Nombre del modelo asociado al componente que define su comportamiento eléctrico. Los componentes elementales como resistencias, condensadores o inductancias pueden tener asociado un modelo, prescindiendo del atributo *Value*. Los demás componentes deben tener asociado este identificador de modelo, que puede coincidir con el identificador del componente.

La manera más rápida de conocer la parametrización de cada componente es buscando en la ayuda de Micro-Cap V el componente deseado. En los siguientes apartados se estudiarán el tratamiento que se da a los componentes más comunes en Micro-Cap V.

4.1. *Passive Components* (Componentes pasivos)

Este elemento del menú *Component/Analog Primitives* permite elegir en un submenú, Figura 37, uno de los siguientes componentes:



Figura 37. Submenú *Component/Analog Primitives/Passive Components*

- *Resistor* (Resistencia).
- *Capacitor* (Condensador).
- *Inductor* (Inductancia).
- *TLine* (Líneas de transmisión).
- *Diode* (Diodos).
- *D45* (Diodos a 45°).
- *Transformer* (Transformador).
- *K* (Inductancias acopladas).
- *Zener* (Diodos de avalancha o zener).

4.1.1. RESISTENCIAS, CONDENSADORES E INDUCTANCIAS

Las resistencias, condensadores e inductancias se manejan de manera similar. El atributo *Value* del parámetro se puede introducir en uno de estos tres formatos:

- Números reales. Usando el punto como separador de decimales: 3742.416 se corresponde con 3742 unidades y 416 milésimas.
- Notación científica. De esta forma el ejemplo anterior se podría escribir: 3742416E-3 ($3742416 \cdot 10^{-3}$).
- Notación de ingeniería. En la que se usan abreviaturas para las potencias de 10 con incrementos exponenciales de 3.

Así, 1 M Ω se puede indicar como 1MEG o como 1000k. Es indiferente escribir en mayúsculas o minúsculas el prefijo. También se pueden introducir las unidades inmediatamente después del prefijo: 1 μ F se corresponde con un 1 microfaradio; pero se debe evitar utilizar las unidades faradios sin prefijo pues 1F significa 1 femtofaradio y no 1 faradio. Por último, mencionar que estas abreviaturas pueden ser usadas en cualquier entrada numérica de datos al programa.

En la Tabla 1 se muestran los prefijos con su equivalente decimal y la abreviatura que se utiliza en Micro-Cap.

Tabla 1. Notación de ingeniería

ABREVIATURA	PREFIJO	MULTIPLICADOR
F	Femto	1E-15
P	Pico	1E-12
N	Nano	1E-9
U	Micro	1E-6
M	Mili	1E-3
K	Kilo	1E3
MEG	Mega	1E6
G	Giga	1E9
T	Tera	1E12

Otra manera de especificar el valor de un componente elemental es asignarle un identificador de modelo (atributo *Model*) en el cuadro de diálogo de definición del componente. En este segundo caso se pueden asociar tolerancias a los componentes, parte importante del análisis de Monte Carlo. La sentencia

```
.MODEL RMOD RES(R=50.0 LOT=10%) ↵
```

asigna al modelo RMOD, que podrá ser asignado a más de un componente de tipo resistencia, el valor 50,0 Ω y una tolerancia del 10%.

4.1.2. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Si se selecciona el elemento *TLine*, se podrá añadir al circuito una línea de transmisión. Por lo tanto, se debe especificar en el atributo *Value*, al menos, la impedancia característica de la línea y su longitud. La longitud de la línea se define especificando, o el retardo a través de la línea o la frecuencia y el número de longitudes de onda. Como ejemplo se propone:

```
ZO=75 TD=5n ↵
```

en la que se ha especificado una impedancia característica de 75 Ω y un retardo de 5 ns. Como alternativa se propone:

```
ZO=150 F=125Meg NL=0.5 ↵
```

En este caso la impedancia característica es 150 Ω , la frecuencia es 125 MHz y la línea tiene una longitud de 0,5 longitudes de onda.

4.1.3. DIODOS

Existen dos tipos de diodos entre los que se puede elegir:

- *Diode* para un diodo de unión.
- *D45* para un diodo de unión girado 45°.

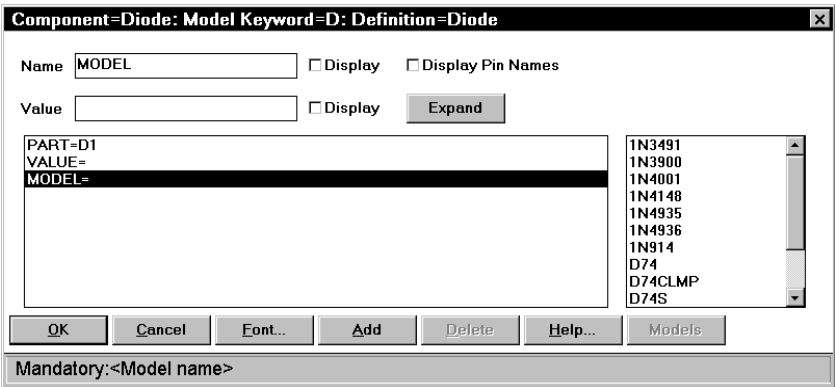


Figura 38. Definición de un diodo

Al seleccionar uno de estos dos componentes y añadirlo en el circuito, se debe introducir el identificador del diodo, por ejemplo D1. Además, se necesita un identificador de modelo que irá acompañado de una sentencia de tipo `.MODEL`.

El modelo se puede indicar de dos maneras diferentes:

- a) Asignando al diodo “D1” un modelo incluido en la librería, cuya lista aparece en la parte derecha del cuadro de diálogo. Una vez aceptados los atributos del componente, Micro-Cap V incluirá una sentencia `.MODEL` en el área de texto del circuito.
- b) Asignando al diodo “D1” un modelo no incluido en la librería. Micro-Cap V incluirá una sentencia `.MODEL` en el área de texto del circuito para el nuevo modelo con los parámetros por defecto para este componente.

Existe otro tipo de diodo accesible desde este submenú: el diodo de avalancha o diodo zener. Este tipo se maneja de manera similar a un diodo de unión en la aplicación Micro-Cap V.

4.1.4. TRANSFORMADORES

La opción ***Transformer*** (Transformador) inserta un modelo de transformador de cuatro terminales formado por dos inductancias acopladas con un coeficiente de inducción mutua entre ellas. Se deben introducir en el atributo *Value* tres parámetros: la inductancia del primario, la inductancia del secundario y el coeficiente de inducción mutua.

Si se desea introducir más de dos inductancias acopladas se debe utilizar el componente *K*.

4.2. Active Devices (Componentes)

Este elemento del menú ***Component/Analog Primitives***, permite elegir en un submenú, Figura 39, uno de los siguientes componentes:

- ***NPN***: transistor bipolar *npn*.
- ***PNP***: transistor bipolar *pnp*.
- ***NMOS***: transistor MOSFET integrado de canal *n*.
- ***PMOS***: transistor MOSFET integrado de canal *p*.
- ***DNMOS***: transistor MOSFET discreto de canal *n*.
- ***DPMOS***: transistor MOSFET discreto de canal *p*.
- ***NJFET***: transistor JFET de canal *n*.
- ***PJFET***: transistor JFET de canal *p*.

- **Opamp**: amplificador operacional.
- **GaAsFET**: transistor FET de Arseniuro de Galio.
- **NPN4**: transistor bipolar *nnp* incluyendo un terminal de sustrato.
- **PNP4**: transistor bipolar *pnnp* incluyendo un terminal de sustrato.



Figura 39. Submenú **Component/Analog Primitives/Active Devices**

La manera de añadir cualquiera de los dispositivos anteriores es la misma que para los componentes pasivos: presionando el botón izquierdo del ratón y arrastrando el componente a lo largo del área de dibujo. Sin soltar el botón izquierdo se puede reorientar el componente pulsando el botón derecho del ratón.

Al igual que en el caso de los diodos, el modelo se puede indicar de dos maneras diferentes:

- a) Asignando al componente un modelo incluido en la librería, cuya lista aparece en la parte derecha del cuadro de diálogo.
- b) Asignando al componente un modelo no incluido en la librería. Micro-Cap V incluirá una sentencia `.MODEL` en el área de texto del circuito para el nuevo modelo con los parámetros por defecto para este componente.

Los amplificadores operacionales merecen un comentario aparte en cuanto al modelo. El modelo usa 20 parámetros: el primero de ellos, `LEVEL` (NIVEL), es el nivel del modelo. Esto es, si el nivel es 1, se usan únicamente tres parámetros del amplificador operacional; si el nivel es 2, se añaden cuatro parámetros más; si el nivel es 3 se utilizan 18 parámetros en total.

4.3. **Waveform Sources (Generadores de onda)**

Este elemento del menú **Component/Analog Primitives** permite elegir en un submenú, Figura 40, uno de los siguientes componentes:

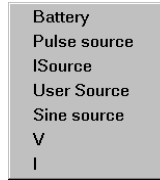


Figura 40. Submenú Component/Analog Primitives/Waveform Sources

- **Battery** (Batería). Generador de tensión continua ideal.
- **Pulse source** (Generador de pulsos). Generador de pulsos, de ondas cuadradas, triangulares o dientes de sierra.
- **ISource** (Generador de corriente). Generador de corriente continua ideal.
- **User Source** (Generador personalizado). Es un generador de tensión que obtiene sus valores de tensión de un fichero ASCII generado por el usuario.
- **Sine source** (Generador senoidal). Es un generador independiente de tensión definido por siete parámetros.
- **V** e **I**. Generadores independientes que pueden ser configurados como senoidales, generador de pulsos, exponencial, tabular o modulación en frecuencia.

4.3.1. PULSE SOURCE (GENERADOR DE PULSOS)

El generador de pulsos produce una forma de onda como la mostrada en la Figura 41, que se puede definir mediante siete parámetros:

- **VZERO**: El valor inicial de la forma de onda en voltios. El valor por defecto es 0 V.
- **VONE**: El nivel alto de la onda. El valor por defecto es 5,0 V.
- **P1**: Tiempo de retardo en segundos. Es el tiempo de retardo hasta el flanco de subida de la onda. El valor por defecto es 0,1 μ s.
- **P2**: El tiempo que tarda la onda alcanzar el nivel alto. El valor por defecto es 0,11 μ s, siendo el tiempo de subida $P2 - P1 = 10$ ns.
- **P3**: El tiempo que tarda la onda en comenzar el flanco de bajada. El valor por defecto es 0,5 μ s.
- **P4**: Tiempo que tarda la onda en regresar al nivel inicial. El valor por defecto es 0,51 μ s, siendo el tiempo de bajada $P4 - P3 = 10$ ns.
- **P5**: Periodo de la onda.

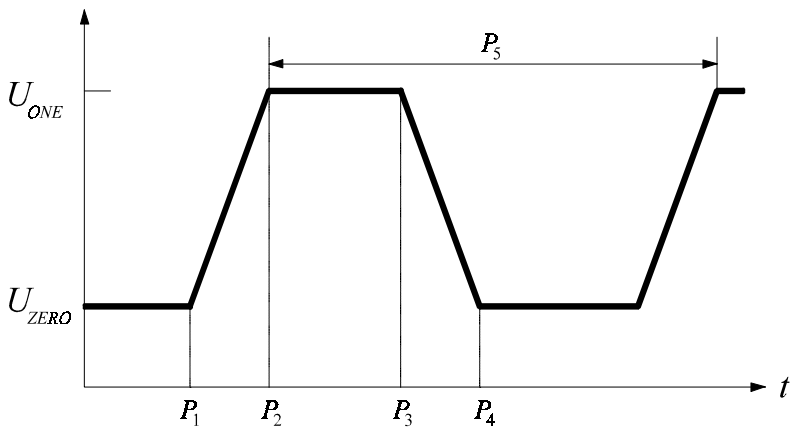


Figura 41. Diagrama de tiempos para un generador de pulsos

Este componente carece del atributo *Value*. Todos estos parámetros deben ser modificados en la sentencia `.MODEL` que Micro-Cap V incluye en el área de texto del circuito:

```
.MODEL Ue PUL(VZERO=0 VONE=5 P1=100n P2=500n P3=500n
P4=501n P5=1u) ↵
```

4.3.2. USER SOURCE (GENERADOR PERSONALIZADO)

Se trata de un generador de tensión que obtiene los valores de un fichero ASCII previamente creado. Este fichero debe contener *N* pares de valores secuenciales que representan la forma de onda en *N* instantes sucesivos de tiempo. Debe tener como extensión `.USR` y puede ser creado con un editor de textos, con un programa externo (como una hoja de cálculo) o como salida de la simulación de un circuito en Micro-Cap V.

El formato del fichero es:

- Número de versión
- N Número de datos por onda almacenada en el fichero.
- M Número de ondas almacenadas en el fichero.
- Expresión para la onda 1
- T1 Instante 1
- W11 Valor de la onda 1 en el instante 1
- T2 Instante 2
- W12 Valor de la onda 1 en el instante 2
- ...

Un ejemplo de este tipo de ficheros podría ser:

```
Version=1
1005
1
V(Ue)
0
0.65
5E-007
0.650157
1E-006
0.650314
2E-006
0.650628
4E-006
0.651257
8E-006
0.652512
...
```

Los atributos para este el generador personalizado son:

- *Part*.
- *File* (Fichero). Nombre y directorio del fichero de entrada.
- *Expression* (Expresión). Expresión que relaciona a las distintas formas de onda almacenadas en el fichero.

4.3.3. SINE SOURCE (GENERADOR SENOIDAL)

Se trata de generadores independientes de tensión definidos por siete parámetros que permiten fijar la frecuencia (Hz), amplitud (V), nivel de continua (V), desfase (rad), resistencia interna del generador (Ω), constante de tiempo exponencial para la atenuación progresiva de las crestas de la onda senoidal (s) y el periodo de repetición de la exponencial.

```
.MODEL Ue SIN(F=1Meg A=1 DC=0 RS=0 RP=10u TAU=2u)
```

4.3.4. GENERADORES V E I

Generadores independientes que pueden ser configurados como generador de pulsos, senoidales, exponencial, tabular o modulación en frecuencia. Además se puede definir como un generador de alterna con una amplitud y fase determinadas para el análisis en frecuencia.

La especificación del generador de alterna se realiza introduciendo en el atributo *Value* del generador de tensión o corriente los siguientes parámetros:

AC amplitud [fase]

Si se omite la fase, se considera 0.

La especificación del generador de pulsos es como sigue:

PULSE v1 v2 [td [tr [tf [pw [per]]]]]

donde:

v1	es el valor inicial
v2	es el valor del pulso
td	es el tiempo de retardo
tr	es el tiempo de subida
tf	tiempo de caída
pw	es el ancho del pulso
per	es el periodo de la onda

La especificación de un generador senoidal es:

SIN vdc vac [frec [td [fa]]]

donde:

vdc	es el nivel de continua
vac	es la amplitud de la senoidal
frec	es la frecuencia
td	es el tiempo de retardo
fa	factor de amortiguación

El generador exponencial se define:

EXP v1 v2 [td1 [tc1 [td2 [tc2]]]]]

donde:

- v1 es el valor inicial
- v2 es el valor de pico
- td1 es el tiempo de retardo de subida
- tc1 es la constante de tiempo de subida
- td2 es el tiempo de retardo de bajada, tomado desde el origen de tiempos
- tc2 es la constante de tiempo de bajada

El generador de ondas modulado en frecuencia se define:

SFFM vdc vac [frec [im [fm]]]

donde:

- vdc es el nivel de continua
- vac es la amplitud de la senoidal
- frec es la frecuencia de la portadora
- im es índice de modulación, relación entre la frecuencia de la portadora y la modulada
- fm frecuencia de modulación, frecuencia de la onda cuadrada que conmuta entre una frecuencia y otra

4.4. Laplace Sources (Generadores de Laplace)

Este elemento del menú **Component/Analog Primitives** permite elegir en un submenú, Figura 42, uno de los siguientes componentes:

- **LFIOFV**. Generador de corriente controlado por tensión definido por fórmula.
- **LFIOFI**. Generador de corriente controlado por corriente definido por fórmula.
- **LFVOFV**. Generador de tensión controlado por tensión definido por fórmula.
- **LFVOFI**. Generador de tensión controlado por corriente definido por fórmula.
- **LTIOfV**. Generador de corriente controlado por tensión definido por tabla.
- **LTIOfI**. Generador de corriente controlado por corriente definido por tabla.
- **LTVOFV**. Generador de tensión controlado por tensión definido por tabla.
- **LTVOFI**. Generador de tensión controlado por corriente definido por tabla.

Se trata de generadores controlados en los que el generador y la variable de control pueden ser tanto tensión como corriente. Existen dos formas de definir la relación entre la variable de control y la variable controlada:

- a) Mediante una fórmula: $1 / (1 + 0.01 * s)$.
- b) Mediante una tabla de tripletas (frecuencia, amplitud y fase).



Figura 42. Submenú Component/Analog Primitives/Laplace Sources

4.5. **Function Sources (Generadores de función)**

Este elemento del menú Component/Analog Primitives permite elegir en un submenú, Figura 43, uno de los siguientes componentes:

- **NFV**. Generador de tensión definido mediante una fórmula.
- **NFI**. Generador de corriente definido mediante una fórmula.
- **NTVoI**. Generador de tensión definido mediante una tabla de valores respecto a una variable de control de corriente.
- **NTIoI**. Generador de corriente definido mediante una tabla de valores respecto a una variable de control de corriente.
- **NTIoV**. Generador de corriente definido mediante una tabla de valores respecto a una variable de control de tensión.
- **NTVoV**. Generador de tensión definido mediante una tabla de valores respecto a una variable de control de tensión.



Figura 43. Submenú Component/Analog Primitives/Function Sources

El generador puede ser especificado por una fórmula algebraica (NF) o por una tabla de valores (NT).

4.5.1. FÓRMULAS

Se utiliza una fórmula algebraica para calcular el valor de la variable de salida como una función de cualquier otro conjunto de variables en el dominio del tiempo. El generador puede ser tanto de tensión como de corriente.

En las siguientes tablas se relacionan los siguientes tipos de operadores:

- Operadores aritméticos.
- Operadores lógicos.
- Operadores complejos.
- Operadores digitales.
- Operadores relacionales.
- Operadores varios.
- Operadores trascendentales.
- Operadores para procesamiento de señal.

Tabla 2. Operadores aritméticos

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
*	Producto
+	Suma
-	Resta
/	División
^	Operador exponencial

Tabla 3. Operadores lógicos

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
AND	Operador 'Y' ('and')
NAND	Operador 'Y' negado ('not and')
NOR	Operador 'O' negado ('not or')
NOT	Operador 'Negación' ('not')
OR	Operador 'O' ('or')
XOR	Operador 'O' exclusivo ('exclusive or')

Tabla 4. Operadores complejos

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
dB (X)	Magnitud de X en decibelios
RE (X)	Parte real de X
IM (X)	Parte imaginaria de X
MAG (X)	Magnitud de X
PH (X)	Fase (<i>phase</i>) de X en grados
GD (X)	<i>Group delay</i> , (derivada de la fase de X respecto de la frecuencia)

Tabla 5. Operadores relacionales

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
<	Estrictamente menor que.
>	Estrictamente mayor que.
<=	Menor o igual que.
>=	Mayor o igual que.
<>	Distinto de.
=	Igual que.

Tabla 6. Operadores varios

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
ABS (y)	Valor absoluto de y, y
dB (y)	Operador decibelios, 20*(log y)
SQRT (y)	Raíz cuadrada de y, y^(0.5)
SGN (y)	Signo de y, (+1) si y > 0, (-1) si y < 0, 0 si y = 0
POW (y , x)	Operador potencia (y elevado a x), y^x
RMS (y)	Valor eficaz (<i>root-mean-square</i>) de y respecto al tiempo
AVG (y)	Valor medio de y respecto al tiempo
SUM (y , x)	Integral de y respecto de x
DEL (y)	Es el cambio en y del valor anterior al valor actual, Δy.
IMPORT (f , y)	Importa la forma de onda y del fichero f.

Tabla 7. Operadores digitales (para circuitos digitales)

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
HEX (A , B , C , D)	Valor en hexadecimal de los estados digitales de los nodos A, B, C, D.
BIN (A , B , C , D)	Valor en binario de los estados digitales de los nodos A, B, C, D.
DEC (A , B , C , D)	Valor en decimal de los estados digitales de los nodos A, B, C, D.
OCT (A , B , C , D)	Valor en octal de los estados digitales de los nodos A, B, C, D.
+	Suma de dos valores, hexadecimales, binarios, decimales u octales.
-	Resta de dos valores, hexadecimales, binarios, decimales u octales.
MOD	Operador módulo (resto de la división entera) de dos valores, hexadecimales, binarios, decimales u octales.
DIV	División entera de dos valores, hexadec., binarios, decimales u octales.
&	Operación AND de los estados de dos nodos digitales.
	Operación OR de los estados de dos nodos digitales.
^	Operación XOR de los estados de dos nodos digitales.
~	Operación NOT de los estados de dos nodos digitales.

Tabla 8. Operadores trascendentales

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
SIN (x)	Función seno, x en radianes
COS (x)	Función coseno, x en radianes
TAN (x)	Función tangente, x en radianes
ATN (x)	Arcotangente de x
ASIN (x)	Arcoseno de x
ACOS (x)	Arcocoseno de x
SINH (x)	Seno hiperbólico de x
COSH (x)	Coseno hiperbólico de x
TANH (x)	Tangente hiperbólica de x
COTH (x)	Cotangente hiperbólica de x
LN (x)	Logaritmo neperiano de x, $\ln x $
LOG (x)	Logaritmo decimal de x, $\log x $
EXP (x)	Función exponencial de x, e^x

Tabla 9. Operadores para procesamiento de señal

OPERADOR	DESCRIPCIÓN
HARM (u)	Armónicos de la señal <i>u</i>
THD (S)	Distorsión armónica total (<i>total harmonic distortion</i>) del espectro <i>S</i> como porcentaje del primer armónico.
FFT (u)	Transformada directa de Fourier (<i>forward Fourier transform</i>) de la forma de onda <i>u</i>
IFT (S)	Transformada inversa de Fourier (<i>inverse Fourier transform</i>) del espectro <i>S</i>
CONJ (S)	Conjugado del espectro <i>S</i>
CS (S , S2)	Espectro cruzado (cross spectrum) de <i>S</i> and <i>S2</i> , CONJ (FFT (S) * FFT (S2))
AS (S)	Espectro propio (<i>auto spectrum</i>) de <i>S</i> , CS (S , S)
CC (u , v)	Correlación cruzada (<i>cross correlation</i>) de las formas de onda <i>u</i> and <i>v</i> , IFT (CS (u , v))
AC (u)	Autocorrelación (<i>autocorrelation</i>) de <i>u</i> , IFT (AS (u))
COH (u , v)	Coherencia (<i>coherence</i>) de las formas de onda <i>u</i> y <i>v</i> , CC (u , v) / sqrt (AC (u (0)) * AC (v (0)))
REAL (S)	Parte real del espectro <i>S</i> producido por FFT
IMAG (S)	Parte imaginaria del espectro <i>S</i> producido por FFT
MAG (S)	Magnitud del espectro <i>S</i> producido por FFT
PHASE (S)	Fase del espectro <i>S</i> producido por FFT

Los operadores relacionales dan como resultado **1** si la relación es cierta y **0** si es falsa. De esta forma se pueden crear funciones continuas por tramos.

A partir del operador DEL(*x*), es posible formar una derivada numérica dividiendo dos operadores, por ejemplo, DEL (*y*) / DEL (*t*) se aproxima a la derivada de *y* respecto al tiempo.

En el operador IMPORT (*f* , *y*), el fichero debe ser un fichero de texto de salida en formato SPICE o Micro-Cap V con una tabla de valores que incluya el valor de *F* (frecuencia), *T* (tiempo), *V* (generador de tensión) o *I* (generador de corriente) y el valor de la expresión *y*. El argumento *y* debe ser una expresión que contenga el mismo número de paréntesis que la forma de onda en el fichero *f*.

Como ejemplo de utilización de operadores relacionales, lógicos y aritméticos se va a definir un generador de tensión cuya forma de onda sea:

$$u(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 1 \text{ ms} \\ t - 1 & 1 \text{ ms} < t \leq 2 \text{ ms} \\ 1 & t > 2 \text{ ms} \end{cases}$$

Esta definición tendrá la forma:

$$((T > 1 \text{ ms}) \text{ AND } (T \leq 2 \text{ ms})) * (T - 1) + (T > 2)$$

4.5.2. TABLAS

Estos generadores de funciones utilizan una tabla de pares de datos ordenados que describe la variable de salida en función únicamente de la variable de entrada. Esto permite simular relaciones complicadas y no lineales entre entrada y salida.

Los pares de datos se introducen de la siguiente forma:

$$(x_1, y_1) \ (x_2, y_2) \ \dots \ (x_k, y_k)$$

4.6. *Dependent Sources* (Fuentes dependientes)

Este elemento del menú **Component/Analog Primitives** permite elegir en un submenú, Figura 44, uno de los siguientes componentes:



Figura 44. Submenú **Component/Analog Primitives/Dependent Sources**

- ***IofV.***
- ***IofI.***
- ***VofI.***
- ***VofV.***
- ***HVOFI.***
- ***GIOFV.***
- ***FIOFI.***
- ***EVOFV.***

Las cuatro primeras son generadores dependientes convencionales. Una vez insertadas en el circuito aparece un cuadro de diálogo para introducir la constante de proporcionalidad.

Las últimas cuatro opciones son generadores dependientes de forma polinómica utilizadas en SPICE.

4.7. *Macros* (Macros)

Las macros constituyen una herramienta potente y necesaria en Micro-Cap V. Esto es debido a que ciertos componentes, como los tiristores, no tienen ningún modelo predefinido. Mediante macros se puede definir el comportamiento de cualquier componente a partir de los componentes básicos que incluye Micro-Cap V. También se pueden utilizar las macros cuando una configuración dada se repite muchas veces en un mismo circuito.

Una macro no es más que un circuito que contiene componentes, texto e interconexiones. Cuando se selecciona esta opción en el menú ***Component*** (Componente), aparece un cuadro de diálogo con las macros previamente cargadas por Micro-Cap V.

Para crear una macro se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Crear un circuito con los componentes deseados y la función requerida.
- 2) Añadir etiquetas en los puntos del circuito que se conecta con el resto del circuito. Para ello se utilizará la sentencia `.PinN`, donde N es el número de conexión.
- 3) Añadir una sentencia `.PARAMETERS` para indicar cualquier parámetro que se desee controlar desde el circuito principal. Estos parámetros pueden ser utilizados en cualquier sentencia `.DEFINE` o en los atributos de los componentes de la macro.
- 4) Guardar en disco el circuito con un nombre determinado.
- 5) Añadir un elemento nuevo en la librería de componentes seleccionando el elemento ***Add new component*** (Añadir componente nuevo) del menú ***Edit*** (Editar) en la ventana del ***Component editor*** (Editor de componentes). Se debe especificar:
 - a) El nombre de la macro: el nombre del fichero con el que se guardó el circuito en disco.
 - b) El nombre del símbolo que se usará para esa macro.
 - c) El tipo de definición: **MACRO**.
 - d) La situación de los parámetros en relación al símbolo.
 - e) La asignación de conexiones (pines).

A partir de este instante la macro ya se encuentra disponible para ser utilizada en otros circuitos. Esto se puede conseguir accediendo al elemento **Macro** del submenú **Component/Analog Primitives**, y situándolo en el circuito. Cuando se abre el cuadro de diálogo para la introducción de los parámetros, se ofrece el nombre de la macro. Si se requieren parámetros, éstos se deben dar entre paréntesis y separados por coma.

4.8. Subckts (Subcircuitos)

Se trata de ficheros que contienen la definición de circuitos de SPICE en formato texto, creados y guardados en disco para ser utilizados en otros circuitos. La utilidad es similar a la de las macros.

Muchos fabricantes crean modelos de *Subcircuits* de SPICE para sus componentes. De esta manera se pueden incluir modelos complejos de dispositivos reales en los circuitos.

4.9. Connectors (Conexiones)

Este elemento del menú **Component/Analog Primitives** permite elegir en un submenú, Figura 45, uno de los siguientes componentes:

- **Ground** (Masa).
- **Tie** (Nodo).
- **Jumper** (Salto).



Figura 45. Submenú **Component/Analog Primitives/Connectors**

4.9.1. GROUND (MASA)

Todo circuito debe contener un punto de referencia en forma de masa para ser simulado.

4.9.2. TIE (NODO) Y JUMPER (SALTO)

Cuando dos líneas se cruzan en un circuito, Micro-Cap V supone que existe conexión entre ellas únicamente cuando se representa un punto en el cruce. De todas maneras, cuando un circuito se hace relativamente complicado, resulta difícil representarlo en dos dimensiones sin cruzar muchas líneas. Tanto el *Tie* como los *Jumpers* ayudan a que los circuitos sean más entendibles y sencillos de representar a la hora de realizar el diseño.

Los *Jumpers* se utilizan cuando dos líneas que no se encuentran conectadas eléctricamente se cruzan, mientras que el *Tie* se utiliza cuando se pretende conectar dos puntos del circuito que se encuentran muy separados o un determinado nodo se repite muchas veces, por ejemplo V_{CC} .

4.9.3. MISCELLANEOUS (VARIOS)

Este elemento del menú **Component/Analog Primitives** permite elegir en un submenú uno de los siguientes componentes:

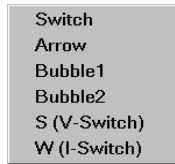


Figura 46. Submenú **Component/Analog Primitives/Connectors**

- **Switch** (Interruptor). Se trata de interruptores que pueden ser controlados por tensión, corriente o tiempo.
- **Arrow** (Flecha). Es únicamente un símbolo que se puede utilizar para personalizar los esquemas.
- **Bubble** (Burbuja o punto de unión). Al igual que la flecha, no es más que un símbolo.

Cuando se usa un interruptor controlado por corriente, se debe insertar una inductancia entre los terminales de entrada del interruptor. Si se usa un interruptor controlado por tensión, el estado del interruptor depende de la tensión en los bornes de entrada del mismo. Por otra parte, los interruptores controlados por tiempo, usan éste como variable para controlar su estado.

Los interruptores se usan únicamente en el análisis transitorio. La definición de un interruptor se realiza de la siguiente manera:

$S, N1, N2$

donde:

S es el parámetro de control: I para la corriente, V para la tensión, T para el tiempo;

$N1$ y $N2$ definen los límites para la variable de control que hacen que el interruptor cambie de estado.

Es posible simular tanto un interruptor normalmente abierto como uno normalmente cerrado: si $N1 < N2$, el interruptor es normalmente abierto; en cambio, si $N1 > N2$ el interruptor es normalmente cerrado.

Por otra parte, se incluyen los interruptores S (controlado por tensión) y W (controlado por corriente), que tienen modelo en PSPICE.