

Universidad Complutense de Madrid



Laboratorio de Electrónica II

Cuaderno de Prácticas
Simulación de circuitos con Pspice

Nombre:

José Ignacio Hidalgo Pérez
Bonifacio de Andrés y Toro
José Antonio López Orozco
Segundo Esteban San Román
Juan Lanchares Dávila

Introducción

Este cuaderno de prácticas pretende ser una guía sencilla para la realización de las prácticas de la asignatura de Electrónica II. Está dividido en varios bloques:

Bloque 1 Manual de Pspice para Windows:

La herramienta de simulación utilizada para comprobar los distintos circuitos de las prácticas es la herramienta Pspice en su versión 8.0 para Windows. Por ello se realizará como práctica introductoria una pequeña simulación con Pspice utilizando el manual que se entrega, con el objetivo de que el alumno se familiarice con cada uno de los elementos del programa. Se recomienda a los alumnos que investiguen cada una de las opciones que presenta Pspice 8.0.

Bloque 2 Manual de Pspice para DOS:

A pesar de que la versión de Pspice para Windows dispone de una interfaz muy cómoda, creemos conveniente que el alumno debe tener claros los conceptos básicos de Pspice, dado que se utiliza bastante en otros ámbitos y puede ser útil para entender errores y mejorar las simulaciones.

Bloque 3. Manual de Microwind

La última práctica consiste en el diseño de varias puertas lógicas con tecnología full-custom de circuitos integrados para lo que se utiliza la herramienta *Microwind*. Dicha herramienta es de dominio público y se puede encontrar en la dirección de Internet:

<http://intrade.insa-tlse.fr/~etienne>

Bloque 4. Guía de las prácticas

Las prácticas se presentan en un formato sencillo para la realización de los elementos indispensables para la asimilación de los conceptos explicados en las clases de teoría, evidentemente el alumno puede ampliar las pruebas tanto como desee, este bloque pretende ser una guía simple pero en ningún momento limitar la iniciativa del alumno.

Bloque 1

Manual de Pspice para Windows:

INTRODUCCIÓN

1.- SIMULADOR ANALÓGICO PSpice

PSpice® (PC Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis) es un software de simulación de circuitos eléctricos, analógicos y digitales. Se ha utilizado la versión 5.4 de evaluación de Microsim corporation, esta versión presenta importantes limitaciones, como por ejemplo que no permite trabajar con grandes circuitos (no se puede pasar de treinta nudos ni de diez transistores). Sin embargo, es suficiente para que cualquier estudiante pueda trabajar con él y se pueda ver su gran potencial.

Los simuladores analógicos son programas de ordenador que a partir de la descripción de un circuito analizan su comportamiento eléctrico reproduciendo, o al menos así se pretende, los resultados que se obtendrían en pruebas reales en el laboratorio. Hay 2 aspectos que pueden hacer diferentes el comportamiento real y el comportamiento simulado:

- PSpice considera todos los componentes a la misma temperatura.
- En el modelo real puede haber efectos parásitos por malas conexiones, cosa que no puede ocurrir en el simulador.

Lo que se pretende en este gui3n es una peque1a introducci3n al manejo de un programa de simulaci3n tipo *SPICE* para la simulaci3n de circuitos. En este gui3n se explicar3 como calcular el Punto de Operaci3n, la evoluci3n de un circuito en continua, en alterna y el an3lisis de la respuesta transitoria de un circuito.

El Punto de Operaci3n de un circuito nos proporciona:

- Voltaje en los diferentes nodos del circuito.
- Intensidad generada por las distintas fuentes del circuito.

El Punto de Operaci3n siempre se calcula cuando en el circuito a pasado todo el transitorio, es decir, en estacionario.

2.- DISE1O DE UN CIRCUITO

Para entrar en el simulador PSpice para Windows deber3 abrir el grupo de programas *Design Lab Eval 8*. Una vez hecho esto, deber3 seleccionar la herramienta "*Schematics*", que al ejecutarse creara una pantalla de edici3n, similar a la de la figura 1. En ella cabe destacar la barra de t3tulos, donde figura el nombre que se le d3 al circuito que se vaya a dise1ar; el men3 de 3rdenes, el tablero con una cuadr3cula, donde se pueden dibujar los circuitos que de deseen dise1ar o simular; y las barras de desplazamiento y barra de estados.

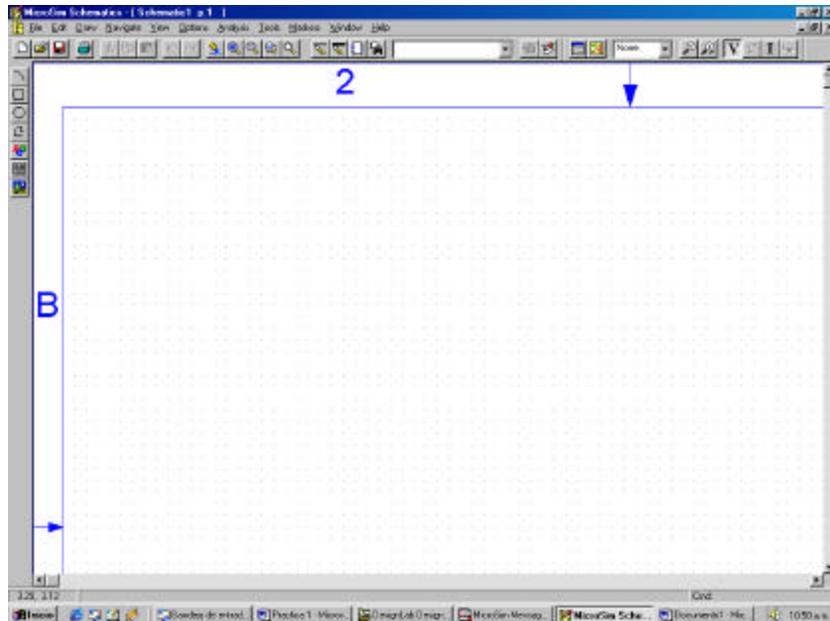


Figura 1

Esta herramienta permite crear cualquier diseño de un circuito de forma gráfica. Una vez realizado gráficamente el circuito (se guarda en un archivo de extensión *SCH*), al guardarse se crea también el archivo de definición del circuito, un archivo ASCII en el que se especifican todos los elementos del circuito, los nodos a los que están conectados, el modelo de estos elementos y los análisis que se van a realizar. Este archivo (de extensión *CIR*) es el que puede interpretar el PSPICE para realizar su análisis. En el siguiente bloque se puede encontrar una breve introducción a la sintaxis de este tipo de archivos.

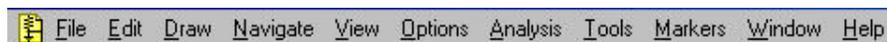


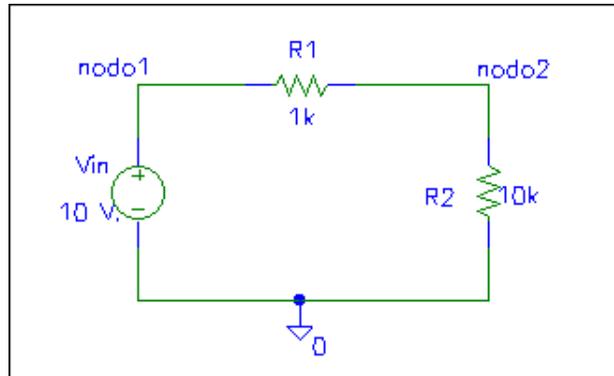
Figura 2

La barra de menús del editor de circuitos, que puede verse en la figura 2 permite realizar, entre otras, las siguientes funciones:

- Menú “*File*”: permite crear un nuevo tablero donde diseñar un circuito, cargar un circuito ya diseñado, imprimir, crear librerías, etc.
- Menú “*Edit*”: permite deshacer, copiar, pegar, ... Y también modificar los atributos de un elemento, de un modelo, cambiar el símbolo de un elemento, rotarle, invertirlo, agrupar varios en un sólo bloque, desagrupar, etc.

- Menú “*Draw*”: se utiliza para dibujar los cables de conexión entre elementos del circuito, buses, bloques y cualquier elemento del circuito.
- Menú “*Navigate*”: utilizado para moverse entre los distintos circuitos, como por ejemplo crear o editar una página de un circuito.
- Menú “*Zoom*”: utilizado para ampliar o reducir la vista de una página o de una parte del circuito.
- Menú “*Options*”: permite configurar el tamaño de la página (único en la versión de evaluación), el formato de la página, librerías utilizables, caminos a las librerías, opciones de presentación, etc.
- Menú “*Analysis*”: incluye la ejecución de PSpice y de Probe, verifica la corrección del circuito y crea el Netlist y también permite inicializar el programa Probe. Pero lo más importante es que permite (orden Setup) configurar el tipo de análisis que se desea realizar.
- Menú “*Tools*”: permite definir y llamar a el editor de esquemas, ver el archivo Netlist, etc.
- Menú “*Markers*”: sirve para introducir marcadores de voltaje, corriente u otros tipos para indicar a Probe qué variable interesa que se dibuje cuando se ejecute automáticamente después del análisis.
- Menú “*Windows*”: Opciones de configuración de la ventana
- Menú “*Help*”: Opciones de Ayuda

Comencemos por diseñar, por ejemplo, el siguiente circuito



Circuito 1

Para crear los componentes de este circuito, siga los siguientes pasos:

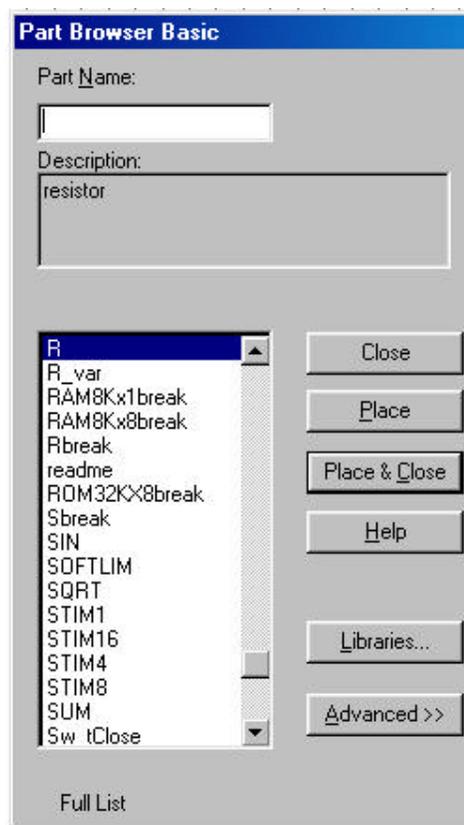
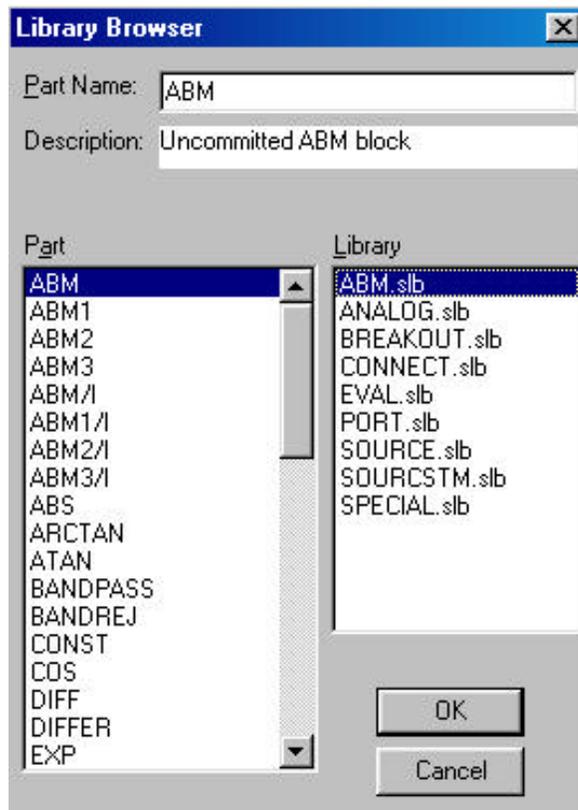


Figura 3

A) FUENTE DE TENSIÓN

- 1.- Seleccione con el ratón el menú **Draw** de la barra de menús. Se desplegará un menú de opciones. Pulse en la opción **Get New Part** (desde ahora este procedimiento se llamará **Draw/Get New Part**) y aparecerá un cuadro de diálogo similar al de la figura 3.
- 2.- Si conociéramos a priori el nombre del componente que queremos insertar lo teclearíamos en el cuadro **Part**. Como no es así, pinchamos en **Browse**. Aparecerá un cuadro de dialogo similar al de la figura 5. Buscamos en las diferentes librerías nuestro componente (buscar en la librería source.slb y seleccionar el componente VSRC).



- 3.- Mueva el elemento hasta la posición deseada y pulse en el botón izquierdo del ratón (si solo queremos colocar una fuente de tensión, pulse en el botón derecho del ratón), si desea insertar más elementos del mismo tipo señale en otra parte de la zona de edición y pulse de nuevo en el botón izquierdo, cuando haya finalizado pulse en el botón derecho del ratón o pulse ESC.

Nota: En la opción *Edit* de la barra de menús se puede rotar y dar la vuelta a cualquier componente seleccionado. Para seleccionar uno basta con pinchar en el componente seleccionado. También se puede arrastrar un componente una vez que se ha seleccionado, manteniendo el botón del ratón oprimido.

También se pueden utilizar los iconos de la barra representada en la figura 5

B) RESISTENCIAS

- 1.- Seleccione *Draw/Get New Part* o pulse Ctrl+G.
- 2.- Busque en la librería analog.slb la resistencia R.
- 3.- Coloque dos resistencias en las posiciones deseadas.

C) CABLEADO DEL CIRCUITO

- 1.- Seleccione *Draw/Wire* o pulse Ctrl+W.
- 2.- Mueva el ratón al nodo donde se quiere comenzar y pulse en el botón izquierdo del ratón.
- 3.- Mueva el ratón al nodo donde se quiera terminar y pulse en el botón izquierdo del ratón.
- 4.- Para terminar de dibujar, pulse en el botón derecho o ESC.
- 5.- Repita hasta que el cableado esté completo.

D) TIERRA ANALÓGICA

- 1.- Seleccione *Draw/Get New Part* o Ctrl+W.
- 2.- Busque en la librería port.slb el componente GND_ANALOG.
- 3.- Colóquelo en el lugar deseado.

E) ASIGNACION DE VALORES

E.1 Modificación de Vin

- 1.- Pulse dos veces sobre la fuente de tensión. Aparecerá un cuadro de diálogo similar al de la figura 4.
- 2.- Pulse en la línea 'DC'
- 3.- Escriba 10 (se sobreentiende que son voltios) y presione 'Enter' para que tenga efecto.
- 4.- Si no desea modificar nada más, pulse en OK.

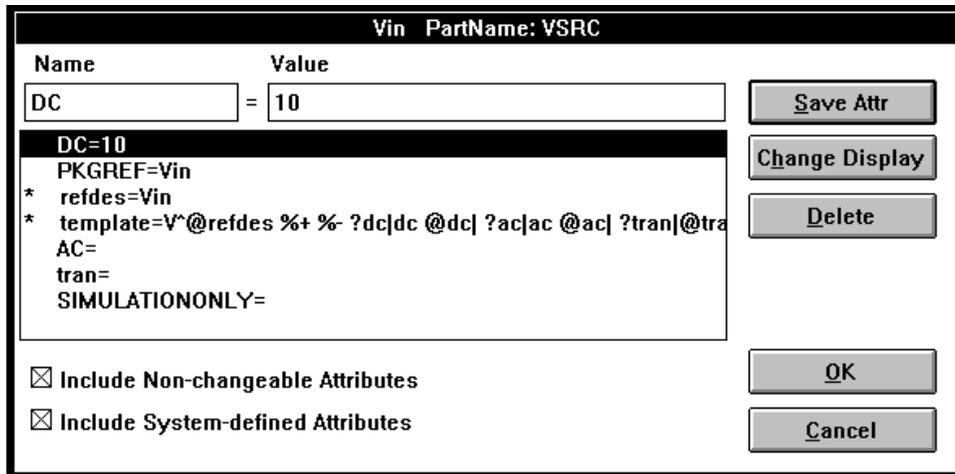


Figura 4

- 5.- Pulse dos veces en la etiqueta V1 (aparecerá un cuadro de dialogo similar al de la figura 5) para modificar su nombre. En este caso escriba en el cuadro de texto del cuadro de diálogo *Set Attribute Value* el nombre de *Vin*. Presione Enter.

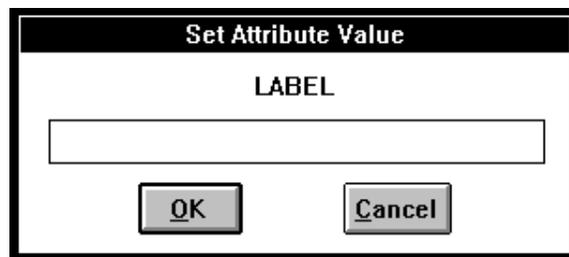


Figura 5

E.2 Modificación de R2

- 1.- Pulse dos veces en la etiqueta *Ik* de la resistencia R2
- 2.- Escriba *10k* y presione Enter
- 3.- Pulse en OK.

E.3 Etiquetación de los nodos

- 1.- Pulse dos veces en el cable que une Vin con R1
- 2.- Escriba *nodo1* y presione Enter
- 3.- Pulse dos veces en el cable que une R1 con R2
- 4.- Escriba *nodo2* y presione Enter

3.- ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DEL CIRCUITO

El tipo de análisis de un circuito indicará el tipo de estudio que se quiere realizar sobre él cuando realicemos su simulación. Los tipos de análisis que pueden realizarse sobre un circuito se pueden clasificar en análisis en continua, en alterna y de su evolución temporal. Sobre cada uno de estos tipos de análisis se pueden realizar distintas pruebas, dependiendo del tipo de análisis, como son el cálculo del Punto de Operación, variación en continua, respuesta en frecuencia, etc.

Veamos ahora con un ejemplo sencillo cómo realizar cada uno de estos tres tipos de análisis.

3.1. ANALISIS DE UN CIRCUITO EN CORRIENTE CONTINUA

El circuito esta construido. Ahora deseamos ejecutar PSpice y analizar el circuito. Seleccione en la barra de menús la opción *Analysis/Run PSpice*. Aparecerá una ventana como la siguiente, que indicará la progresión de la simulación del circuito.

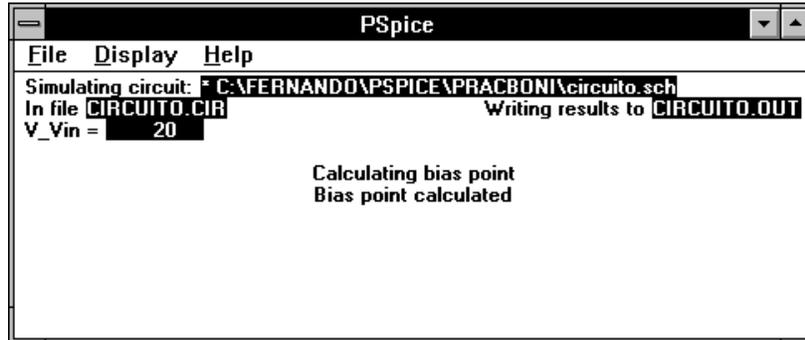


Figura 6

Para ver el voltaje en los nodos seleccione *Analysis/Examine Output*. Esto abrirá una ventana de texto con los datos requeridos. Examine el contenido de este fichero hasta que encuentre los valores de los voltajes en los distintos nodos y la corriente proporcionada por la fuente de tensión. Será algo de la forma:

```
NODE VOLTAGE  NODE VOLTAGE  NODE VOLTAGE  NODE VOLTAGE
(nodo1) 10.0000 (nodo2) 9.0909
VOLTAGE SOURCE CURRENTS
NAME      CURRENT
V_Vin    -9.091E-04
TOTAL POWER DISSIPATION 9.09E-03 WATTS
```

Los voltajes son:

- * Nodo1 = **10 V**. (como era de esperar)
- * Nodo2 = **9.09 V**.
- * Corriente proporcionada por $V_{in} = 9.09E-04$ **Amperios**. (El signo indica que la corriente entra por el borne negativo de la fuente y sale por el positivo).

Nota: Para comprobar los resultados obtenidos se recomienda resolver el circuito a mano.

Se puede asimismo variar el valor de la fuente de tensión y representar el resultado de intensidades, voltajes, potencias disipadas, etc.

Para llevarlo a cabo, seleccione *Analysis/Setup*. Aparecerá un cuadro de diálogo como siguiente:

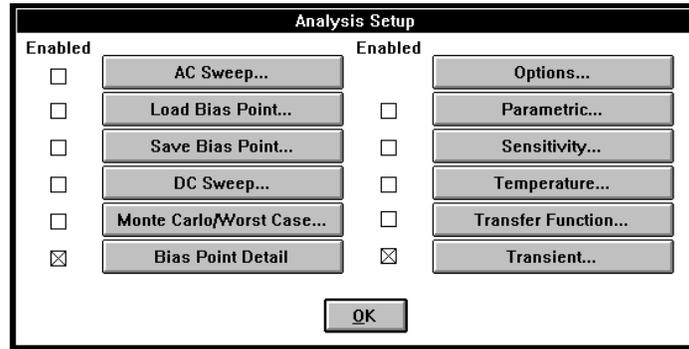


Figura 7

Seleccione el apartado *Dc Sweep...* marcándolo con una cruz, además del ya seleccionado (*Bias Point Detail*), y pulse en la opción *Dc Sweep...*, a partir de lo cual nos aparecerá un cuadro de diálogo similar al de la figura 8.

Escriba el nombre de la fuente de tensión a la que queremos variar el voltaje, en nuestro caso *Vin*. Escriba el valor inicial, el valor final y el incremento en las casillas correspondientes. Variemos, por ejemplo, el voltaje entre 0 y 20V. Supongamos un incremento de 1V entre los distintos valores. Para salir de los cuadros de diálogo pulse en OK.

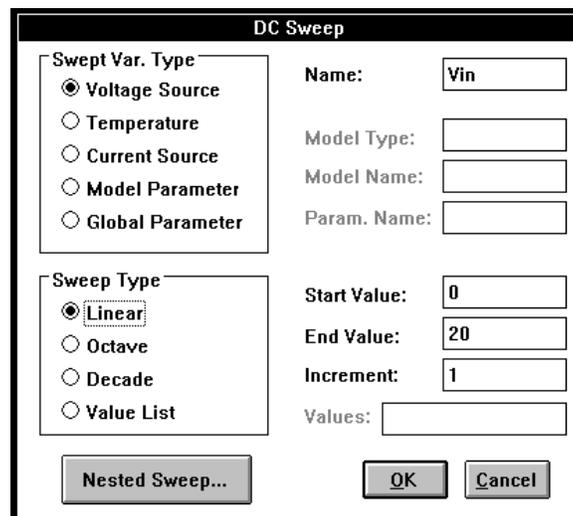


Figura 8

Ya tenemos diseñado el circuito e indicado el tipo de análisis que queremos realizar. Ahora sólo queda simularlo con el PSpice. Seleccione ahora *Analysis/RunPSpice* o pulse F11. Aparecerá una ventana, como la figura 6, que indica la progresión de la simulación del circuito. Si el circuito fue creado sin errores

aparecerán unos ejes sobre los cuales se representarán las gráficas correspondientes a cada una de las variables que deseemos. En el eje X variará siempre la fuente de la que realizamos el *DC Sweep*. En este caso *V_{in}*.

Finalmente, si se tiene configurado el sistema para que se ejecute automáticamente el PROBE, aparecerá éste. Supongamos que queremos representar el voltaje en los nodos 1 y 2. Para hacerlo, seleccione **Trace/Add** de la barra de menús y seleccione V(1) o escriba *V(1)* en el cuadro de texto *Trace Command* y después pulse en OK. Esto dibujará la gráfica del voltaje en el nodo 1. Haga lo mismo para el nodo 2 y obtendremos unas gráficas semejantes a las de la fig.9.

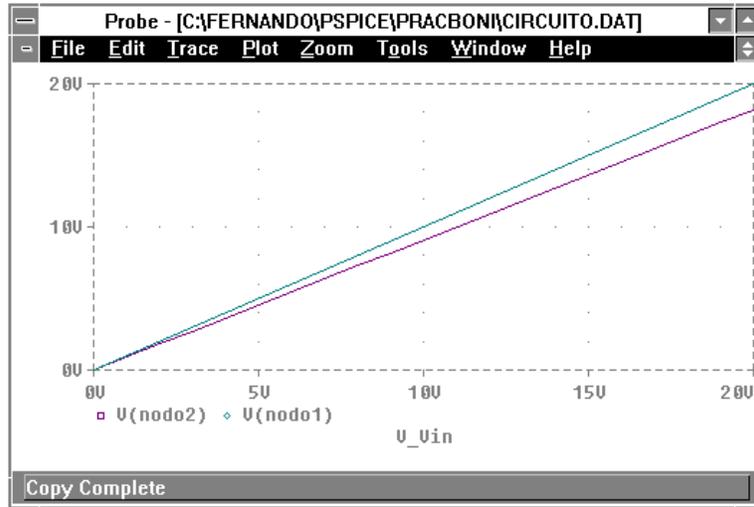


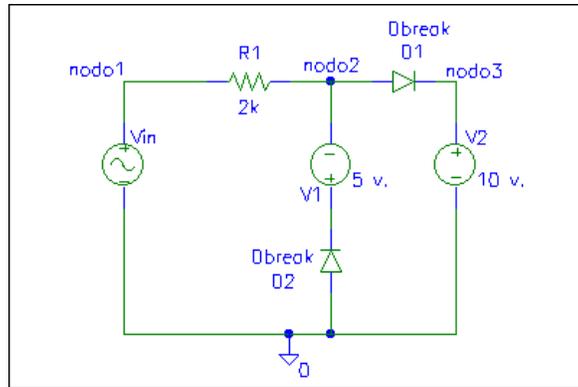
Figura 9

Podríamos haber representado, por ejemplo, el producto de $V(1)$ por $I(R1)$ simplemente insertando $V(1)*I(R1)$ en el cuadro de texto *Trace Command* (compruébelo y realice más pruebas, examinando los resultados).

Nota: Se recomienda examinar las distintas opciones de la barra de menús Tools, Zoom, Plot,..., que se indican en el apartado 5.

3.2. ANÁLISIS DEL TRANSITORIO DE UN CIRCUITO

Supongamos que queremos examinar la evolución del transitorio del siguiente circuito.



Circuito 2

Crearemos el circuito como en el apartado anterior donde los componentes nuevos se pueden encontrar en:

- Fuente de tensión sinusoidal, en la librería source.slb con el nombre *VSIN*.
- Diodo en la librería breakout.slb con el nombre de *Dbreak*.

Asigne a V_{in} los siguientes valores:

$$V_{off} = 0 \quad V_{ampl} = 20 \text{ V.} \quad V_{freq} = 0.5 \text{ Hz.}$$

Para realizar un estudio temporal sobre el circuito o análisis transitorio, seleccione **Analysis/Setup** y marque la casilla *Transient*. En el cuadro de diálogo de esta opción ponga 0.05 seg. como incremento entre valores y 2 seg. como tiempo final de simulación. Una vez hecho esto, seleccione **Analysis/RunPSpice** para realizar la simulación correspondiente. En la gráfica dibuje, como se indicó en la sección anterior, la curva correspondiente al voltaje en el nodo 2. Debe tener un aspecto similar a la gráfica siguiente.

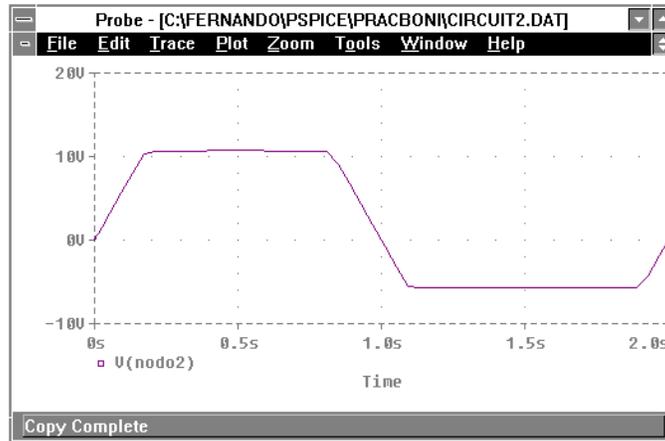
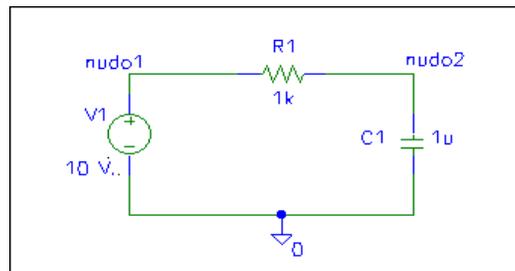


Figura 10

3.3. ANALISIS DE UN CIRCUITO EN CORRIENTE ALTERNA

Supongamos que queremos examinar el siguiente circuito:



Circuito 3

Deseamos ver la curva de la función de transferencia $V(\text{nudo2})/V(\text{nudo1})$ en decibelios. Los pasos a realizar serán los siguientes:

- 1.- Diseño del circuito con los correspondientes valores.
El condensador se encuentra en la librería analog.slb con el nombre C. A la fuente de tensión se le dará un valor de AC (en lugar de DC) de 10 V.
- 2.- Seleccione la opción **Analysis/SetUp** y marque la casilla **AC Sweep**. En su correspondiente cuadro de diálogo introduzca los valores siguiente:
 - 2.1- Asigne 100 puntos/década
 - 2.2.- Frecuencia de comienzo de 100 Hz
 - 2.3.- Frecuencia final de 1000 KHz.
- 3.- Ejecute la opción **Analysis/RunPspice**. A continuación seleccione la opción **Trace/Add** e inserte $db(V(\text{nudo2})/V(\text{nudo1}))$ en el cuadro de texto **Trace Command**. Examine la gráfica resultante.
- 4.- Estudie las opciones **Tools/Cursor/Display** (arrastre de ejes por la gráfica), y una vez seleccionada ésta, seleccione la opción **Tools/Label/Mark**.

4.- VARIABLES Y VALORES NUMERICOS

Variables de entrada

Los formatos de presentación de valores numéricos incluyen la notación exponencial (con la letra E precediendo el exponente) y el uso de sufijos que indican factores multiplicativos de escala. Los sufijos que PSpice identifica, así como los factores multiplicativos correspondientes, se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

Sufijo	Factor
F	femto 10^{-15}
P	pico 10^{-12}
N	nano 10^{-9}
U	micro 10^{-6}
M	mili 10^{-3}
K	Kilo 10^{+3}
MEG	Mega 10^{+6}
G	Giga 10^{+9}
T	Tera 10^{+12}

Tabla 1

Por ejemplo $1050000 = 1.05E6 = 1.05MEG = 1.05E3K = .00105G$

Cuando un valor numérico hace referencia a una magnitud física, se debe interpretar en unidades del sistema internacional (por ejemplo: tensiones en voltios, capacidades en faradios, etc...) y los ángulos en grados sexagesimales.

Variables de salida

Las principales variables son las tensiones y corrientes del circuito:

V(<nudo>) tensión entre nudo y masa.

V(<nudo1>,<nudo2>) tensión entre nudos 1 y 2.

I (<Vnombre>) corriente que circula por el G.T. Vnombre

Para que PSPICE calcule la corriente que atraviesa una rama es necesario insertar una fuente de tensión independiente de valor 0v.

En alterna las amplitudes de la corriente y de la tensión son complejas y se representan como sufijos, si no se indica nada, la magnitud representa el módulo:

M : amplitud

P : fase

R : parte real

I : parte imaginaria

DB: amplitud en dB

Por ejemplo:

5.- PROBE

Probe es el analizador de ondas de Pspice. Es un programa externo a PSPICE que nos permite ver los resultados de los análisis efectuados por éste. Sólo se carga automáticamente si se ha especificado uno de estos análisis .DC, .AC, .NOISE y .TRAN.

Probe no solo es capaz de dibujar cualquier fuente o voltaje del circuito, sino que también puede realizar complicadas operaciones aritméticas con fuentes y voltajes e incluso realizar al transformada de Fourier de estas expresiones.

Cuando se ha finalizado la simulación de nuestro circuito analógico/digital, Probe permite estudiar la forma de las ondas analógicas o digitales con una base de tiempos común. En estas gráficas se pueden introducir etiquetas de texto, anotaciones y cualquier otro símbolo que ayude a clarificar las gráficas obtenidas.

Probe puede ser utilizado independientemente escogiendo su icono de programa (PROBE) de la carpeta *MicroSim*. En este caso para estudiar una salida será necesario abrir un archivo de datos generado anteriormente por un análisis y simulación de un circuito. Estos archivos tienen la extensión DAT.

Si se está utilizando *MicroSim Schematics*, se puede iniciar Probe automáticamente después de cada simulación de manera que sea más sencillo estudiar si hemos obtenido lo que esperábamos al crear el circuito o debemos modificar alguno de sus parámetros.

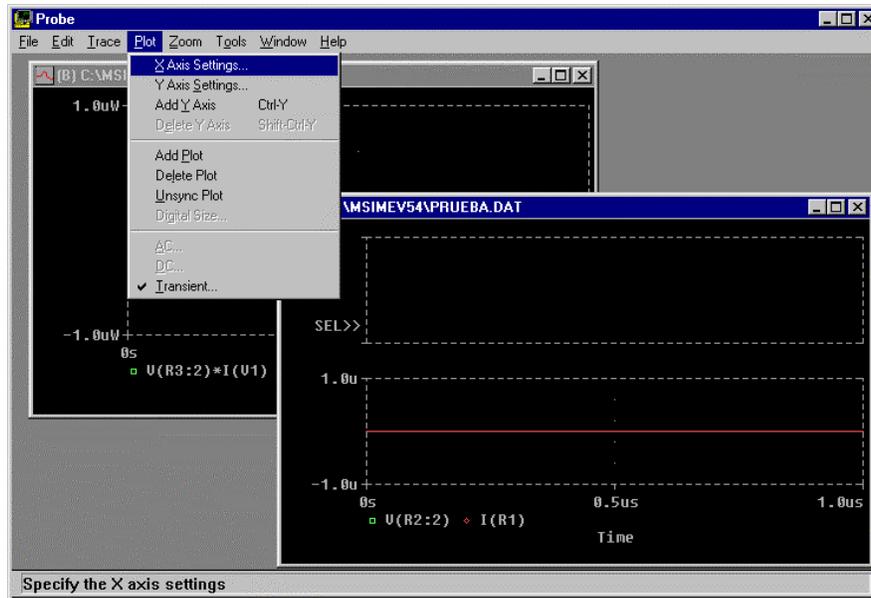
Para iniciar automáticamente Probe desde *MicroSim Schematics*:

1. En MicroSim Schematics, desde el menú **Analysis**, escoja **Probe Setup**.
2. En el área de opción *Auto-Run Option*, pulse en *Automatically Run Probe after Simulation*.
3. Pulse en cualquier otra opción que quiera utilizar.
4. Pulse en *OK*.

Probe permite dibujar cualquier variable (voltajes, corrientes, operaciones entre estas, etc.) del circuito y modificar la gráfica que ofrece por defecto. Veamos el menú de esta herramienta y las opciones más utilizadas que ofrece:

- Menú *“File”*: permite cerrar o abrir archivos de datos para su representación gráfica, o preparar la página e imprimir las gráficas obtenidas.
- Menú *“Edit”*: se utiliza para copiar, pegar, cortar o deshacer operaciones. También permite modificar el título del gráfico.
- Menú *“Trace”*: se utiliza principalmente para añadir un nuevo dato al gráfico. Además permite manipular macros y evaluar funciones objetivo.
- Menú *“Plot”*: permite crear o borrar subgráficos, modificar sus ejes, añadir o borrar un segundo eje Y, manipular el gráfico digital, etc.

- Menú “*Zoom*”: sirve para modificar la vista de la gráfica, es decir, ampliar, reducir o ampliar la zona marcada. Por supuesto permite volver al tamaño original.
- Menú “*Tools*”: permite añadir objetos al gráfico (líneas, círculos, cuadrados, flechas, etc); utilizar cursores para dar el valor exacto de un punto del gráfico; y escoger las opciones del gráfico creado (número de divisiones, aparición de barras de desplazamiento, autoescalado, etc.).
- Menú “*Windows*”: permite manejar las ventanas de las gráficas, para tener distintos gráficos a la vez.



Ejemplos de su funcionamiento, y del uso de PROBE pueden verse en apartados anteriores. Recordar que se pueden realizar operaciones como por ejemplo: dos dibujos en un mismo gráfico (con el menú *Plot*), dos gráficas simultáneas, una única gráfica con dos ejes (menú *Plot y Trace*) o añadir etiquetas al gráfico (menú *Tools*).

6.- COMPROBACION DEL DISEÑO DEL CIRCUITO

Para examinar cual es el diseño de nuestro circuito analíticamente se puede acceder al archivo *netlist* (archivo con el mismo nombre que el dado al esquema del circuito *.SCH, pero con extensión *.NET). Para ello basta con acceder a la opción *Analysis/Create Netlist* de la barra de menús. Una vez que lo ha creado, accedemos a la opción *Analysis/Examine Netlist* que nos mostrará una descripción del circuito.

Supongamos que lo hacemos para el circuito 2. El archivo *netlist* será como sigue:

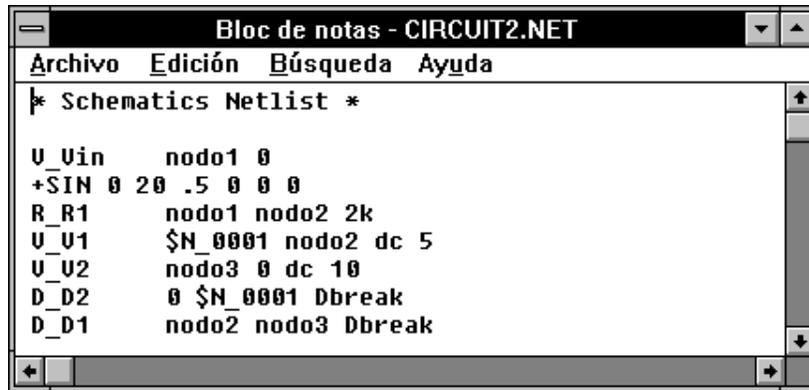


Figura 11

En cada línea se nos indica la información correspondiente a cada elemento del circuito así como los nodos a los que está unido. Cuando aparece un nodo del tipo \$N_0001 (tierra es el nodo 0), quiere decir que a ese nodo no le hemos asignado ninguna etiqueta, por lo que el programa le da un nombre propio.

Nota: Comprobar que las uniones de los nodos con los elementos corresponden exactamente al circuito 2.

Normas para describir el circuito

El circuito se podrá crear, como ya se ha indicado con el editor de circuitos SCHEMATICS, pero siempre creará un archivo conocido como *netlist* en el que se describen las conexiones de todos los elementos que componen el circuito. Se recomienda al alumno a que observe este archivo alguna vez para ver como se numeran cada uno de los nodos del circuito. Para comprender el archivo *netlist* es conveniente recordar que todos los elementos y nodos siguen las siguientes reglas:

- 1º Todos los nudos están numerados, aunque no se indique explícitamente, con números naturales (>0, el 0 se reserva para tierra).
- 2º Todos los elementos de un circuito tienen nombre, teniendo en cuenta que cada línea describe un componente y que el primer carácter debe ser una letra que indique el tipo de elemento según la siguiente tabla:

Símbolo	Descripción
V	Generador de tensión independiente.
I	Generador de corriente independiente.
E	G.T.C.T.
F	G.C.C.C.
G	G.C.C.T.
H	G.T.C.C.
R	Resistencia.
C	Capacidad o condensador.

L	Inductancia.
K	Acoplo entre inductancias.
T	Línea de transmisión.
D	Diodo.
Q	Transistor bipolar.
J	JFET.
M	MOSFET.
X	Subcircuito.

3° La línea debe comenzar con el nombre del elemento a que hace referencia, seguida de los números de los nudos a los que está conectado. A continuación, los valores de los componentes pasivos o las tensiones y corrientes de control en los generadores dependientes.

Ej: R1 1 2 2k2

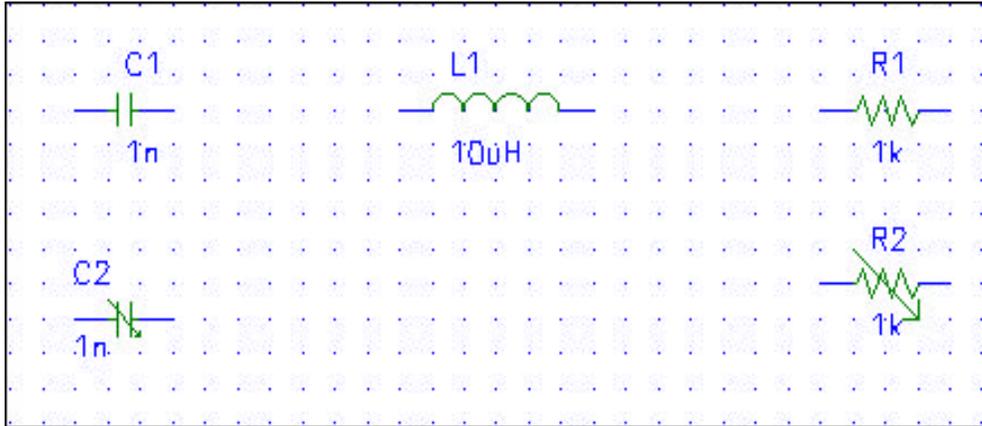
4° Otras normas:

- a) Debe existir siempre un nudo 0 que sea la masa del circuito.
- b) No pueden quedar terminales al aire.
- c) No se admiten conexiones en serie de generadores de corriente y condensadores.
- d) No puede haber lazos formados exclusivamente por generadores de tensión. Las inductancias en DC se consideran G.T. nulos, por lo que no puede haber un G.T. y una L conectados en paralelo.

APÉNDICE A

Librerías de dispositivos

Analog.slb



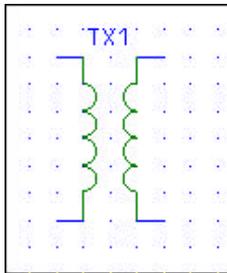
En la figura aparece la nomenclatura y los valores asociados por defecto.

C para capacitor, R para resistencia etc. con números correlativos para diferenciarlas.

Para modificar su nombre, valor u otros atributos, se modifica VALUE (para el valor) y REF (para el nombre). (Guardando atributos).

En los dispositivos variables aparece el parámetro SET, que representa la fracción entre 0 y el VALUE asignado (por defecto, SET=0.5)

Otros atributos modificables son, por ejemplo, los coeficientes de variación en función de la intensidad y temperatura (TC); o, para C y L, el atributo relacionado con las condiciones iniciales (IC). Estos pueden ser dejados en blanco.



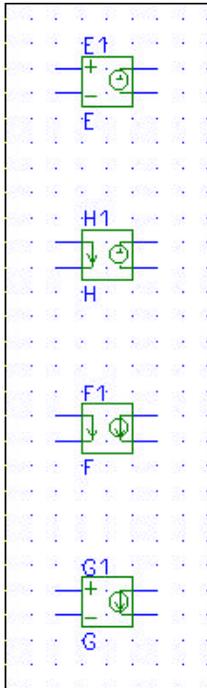
Parámetros del transformador:

COUPLING

L1-VALUE

L2-VALUE

Fuentes Dependientes



→ Fuente de Voltaje controlada por Voltaje.
GAIN =1 (Por defecto)

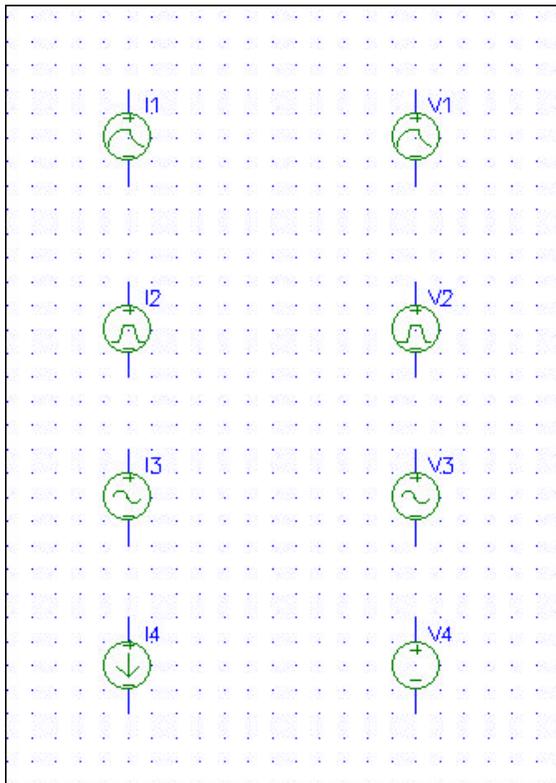
→ Fuente de Voltaje controlada por Intensidad.
GAIN =1 (Por defecto)

→ Fuente de Intensidad controlada por Intensidad.
GAIN =1 (Por defecto)

→ Fuente de Intensidad controlada por Voltaje.
GAIN =1 (Por defecto)

Nota: Existe también la posibilidad de simular la dependencia mediante polinomios. Utilizando (_POLY).

Source.slb



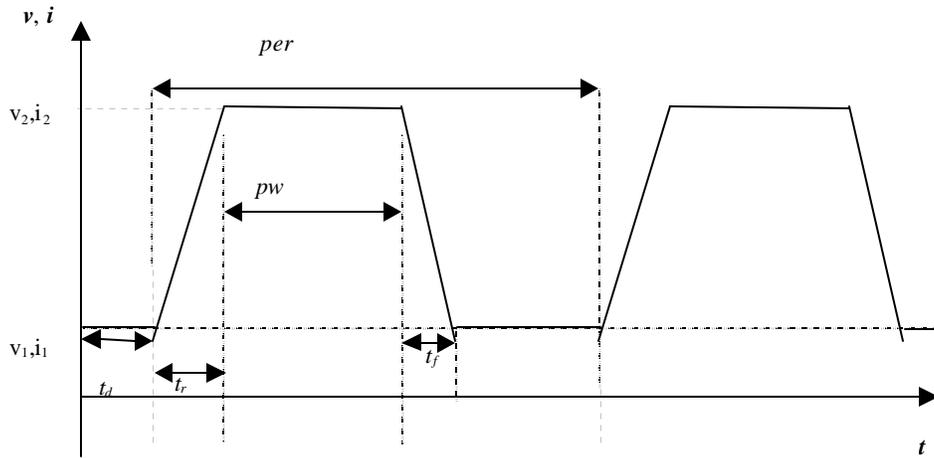
- Generadores Simples de continua y alterna:
ISRC, VSRC (VAC, IAC, VDC, VAC)

parámetros: DC, AC, tran
DC y AC son parámetros obligatorios en este tipo de fuentes (en los demás generadores se pueden dejar en blanco. Se utilizan para fijar el punto de trabajo).

- Fuentes de Pulsos:
IPLUSE, VPULSE

parámetros:
i1, v1, il, vl
td, tr, tf, pw, per

Los parámetros corresponden a:



- Fuentes Exponenciales:

IEXP, VEXP

parámetros:

$i1, v1, i2, v2$

$td1, tc1, td2, tc2$

- Generadores senoidales:

ISIN, VSIN

parámetros:

$ioff, voff$

$iampl, v ampl$

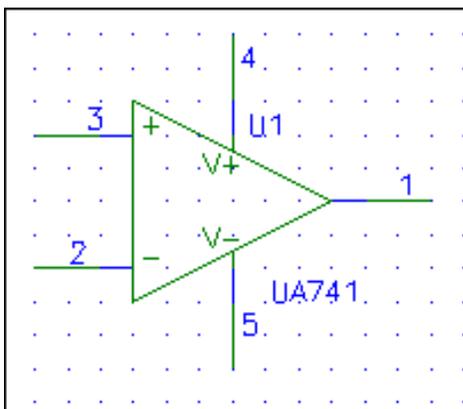
$freq, td, df, phase$

Estos parámetros corresponden a:

$$V = voff + v ampl \sin\left(2\pi freq(t - td) - \frac{phase}{360}\right) \exp[-(t - td)df]$$

3.3.3. Eval.slb

Amplificador Operacional



Elemento: UA741

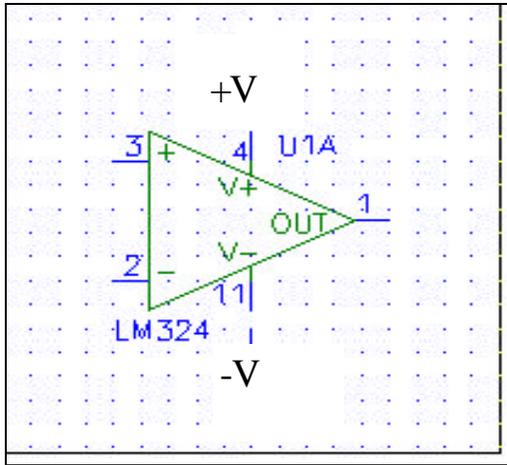
(5-conexion opamp subcircuit)

Salida: Conexión 1

Entrada inversora: Conexión 2

Entrada no-inversora: Conexión 3

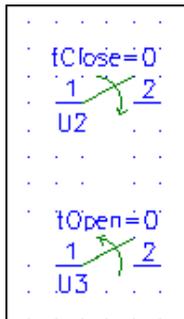
Polarización: Conexiones 4 y 5 para +V y -V.
colocando las apropiadas fuentes de continua.



Elemento: LM324
(5-conection opamp subcircuit)

Salida: Conexión 1
 Entrada inversora: Conexión 2
 Entrada no-inversora: Conexión 3
 Polarización: Conexiones 4 y 11 para +V y -V. colocando las apropiadas fuentes de continua (por ejemplo fijas de 5 V.).

Interruptores



→ Interruptor Abierto a Cerrado (**Sw_tClose**): Se cierra en el instante de tiempo indicado en el parámetro *tClose*.

→ Interruptor Cerrado a Abierto (**Sw_tOpen**): Se abre en el instante de tiempo indicado en el parámetro *tClose*.

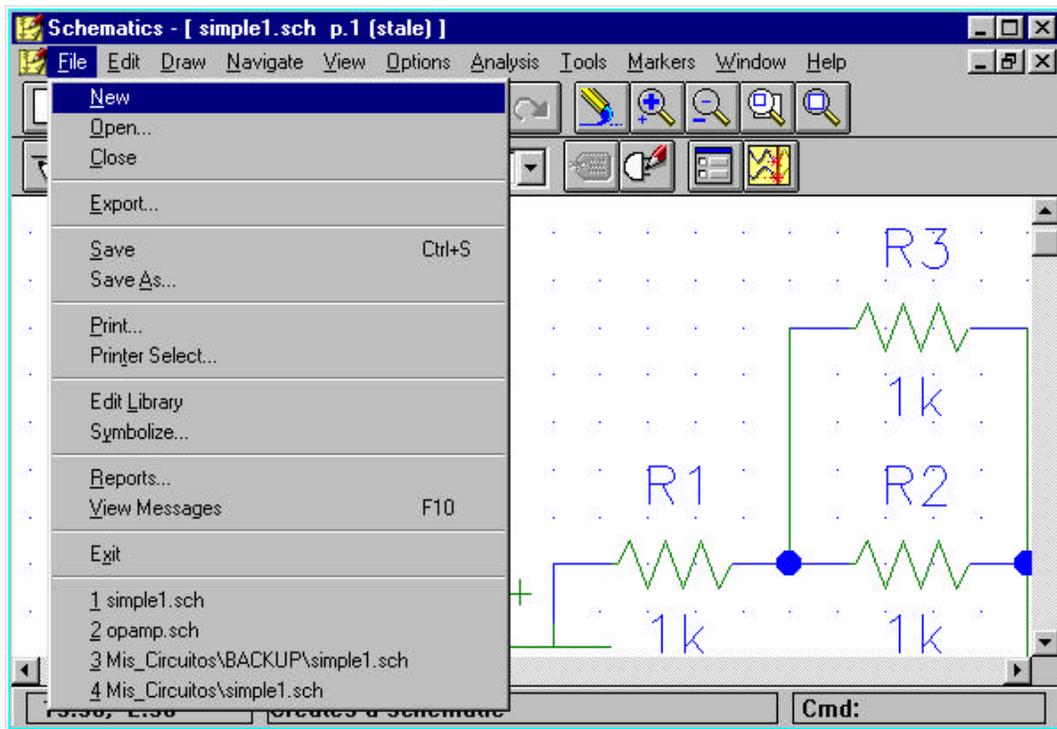
APÉNDICE B

Notas sobre la versión 8.0

La versión 8.0 sólo puede ser ejecutada con Windows 95. Está desarrollada para su ejecución con 32 bits (desde la versión 6.x). Posee algunas características que difieren de la versión 5.4, pero para lo que interesa en la asignatura, permite un uso más cómodo de las herramientas existentes al disponer de botones en la barra de herramientas y de nuevos elementos que simplifican ciertas operaciones.

b.1 Aspecto de SCHEMATICS

Como puede verse en la figura siguiente, posee un menú semejante al la versión 5.4. Pero presenta una barra de herramientas para facilitar el uso de las diferentes herramientas.

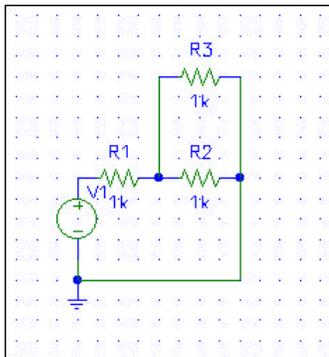


b.2 Obtención (Visualización de resultados).

BUBLE, VIEWPOINTS y MARKERS

En el fichero de salida (.OUT) se escriben los valores correspondientes a tensiones e intensidades en todo el circuito utilizando la nomenclatura y los *alias* asignados automáticamente por el programa. A menudo es conveniente resaltar con nombres propios aquellas magnitudes en cuyos resultados estamos especialmente interesados. Tomemos como ejemplo el siguiente circuito,

SIMPLE1.SCH



SIMPLE1.NET

*** Schematics Netlist ***

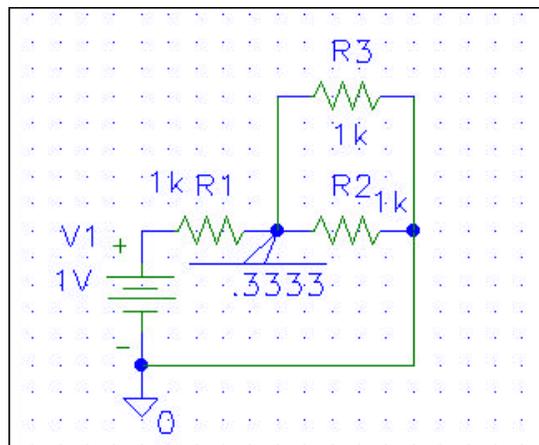
```
R_R1 $N_0002 $N_0001 1k
R_R2 $N_0001 0 1k
R_R3 $N_0001 0 1k
V_V1 $N_0002 0 dc 10v ac 2v 0
```

Recordemos que la nomenclatura de los nodos es automática. \$N_0001, \$N_0002, etc. (0 es siempre tierra). Pero muchas veces es difícil saber cual es el al que corresponde la numeración, ya que en el archivo de salida tendríamos los siguientes valores

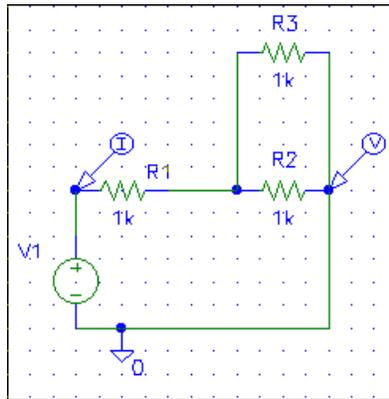
```
NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE
($N_0001) 1.0000 ($N_0002) .3333
```

Esto puede mejorarse utilizando las siguientes herramientas:

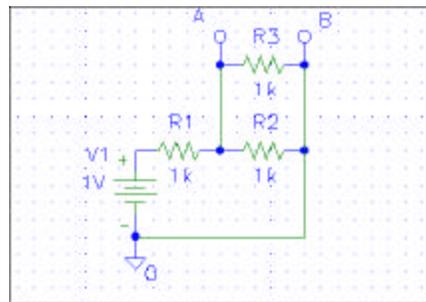
VIEWPOINT. (de **Draw/getNew Parts**):- Sobre el esquema del circuito, tras la simulación, se escribe directamente la tensión del nodo al que se apunta el Viewpoint.



MARKER.- (del menú **Markers**, seleccionar el apropiado y fijar en el punto deseado). Estos marcadores son utilizados por PROBE para representar el gráfico correspondiente a la señal marcada sin necesidad de elegir la magnitud. De esta forma, PROBE realiza la representación gráfica de las variables marcadas automáticamente. Pueden ser de Voltaje en el nodo, diferencia de voltajes, corriente que circula por ese nodo, etc.



BUBLE.- (de **Draw/getNew Parts**), permite poner una etiqueta para la magnitud en el punto deseado, lo que permite identificar más claramente la magnitud buscada.



NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
(A)	.3333	(\$N_0001)	1.0000		

Estas marcas son especialmente interesantes cuando se trata de dibujar una la variación de una magnitud en función de un parámetro mediante PROBE.

NOTA: Para identificar un nodo en concreto con el fin de identificarlo correctamente para representarlo en PROBE o para observar su valor en el archivo de salida (.OUT) o en el netlist (.NET) se puede pulsar dos veces en ese nodo (o en cualquier cable que conduzca a él) y poner el nombre que se desee.

b. 3 Comandos más utilizados en Schematics (Iconos)

