

GUÍA BÁSICA DE PSPICE

5.0

Resumen extraído de “Simulación electrónica con PSPICE”, editorial RA-MA. Autores: Juan D.Aguilar, Antonio Domenech y Javier Garrido.

Este documento se distribuye gratuitamente con permiso de J.D. Aguilar

DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS

INTRODUCCIÓN

Una de las peculiaridades de PSPICE es la forma de introducirle un circuito electrónico, ya que no trabajaremos con esquemas ni gráficos representativos del mismo. Los circuitos se describirán en ficheros de texto, formados por una serie de sentencias que enumeran todos y cada uno de los componentes, así como los análisis a realizar, forma de presentación de los resultados, formas de onda a visualizar, etc.

NORMAS GENERALES

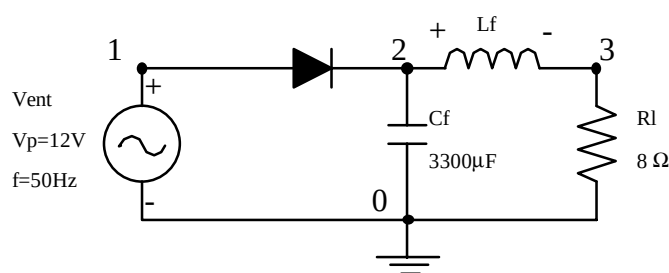
Los circuitos pueden ser creados con cualquier editor de textos, pero el fichero de texto no debe tener caracteres de control (como códigos relativos a los márgenes, tipo de letra, interlineado, etc.).

Normalmente, usaremos el editor de textos contenido en el entorno Control Shell, creado para PSPICE, que es fácil de utilizar e interactivo con el propio simulador.

Para una correcta descripción del circuito, seguiremos estos pasos:

- 1) En primer lugar, hemos de hacer sobre el papel un esquema del circuito que queremos someter a estudio. El esquema ha de estar completamente definido: es decir, con los valores de todos sus componentes.
- 2) A continuación daremos a cada nudo del circuito un nombre (que generalmente será un número), sin tener que seguir ningún orden especial. Solamente hay que tener en cuenta que el nudo correspondiente a tierra será siempre el número cero.
- 3) Seguidamente daremos a cada elemento del circuito un nombre o un número (sin tener en cuenta los números de los nudos), que nos servirá para hacer referencia a dicho elemento.
- 4) Por último realizaremos la descripción del circuito conforme a las normas de PSPICE.

Veamos un ejemplo de descripción de un circuito con el siguiente esquema:



En el esquema, todos los componentes tienen su correspondiente nombre y valor. Igualmente, se puede apreciar que se han numerado los nudos de conexión entre los elementos. La descripción de este circuito sería la mostrada a continuación:

CIRCUITO RECTIFICADOR.

* Tensión de entrada, colocada entre los nudos 1 y tierra, que genera una
* señal sinusoidal con una tensión de offset nula, una amplitud de 12 voltios
* de pico y una frecuencia de 50Hz
VENT 1 0 SIN(OV 12V 50HZ)

* Elementos activos del circuito
* Diodo rectificador 1N4148, colocado entre los nudos 1 y 2 (en el orden
* ánodo, cátodo)
DR 1 2 D1N4148; DIODO RECTIFICADOR

* Elementos pasivos del circuito
* Condensador CF colocado entre el nudo 2 y masa, de un valor de 3300uF
CF 2 0 3300UF; CONDENSADOR DE FILTRO
* Bobina LF colocada entre los nudos 2 y 3, de un valor de 50mH
LF 2 3 50MH; BOBINA DE FILTRO
* Resistencia RL colocada entre el nudo 3 y masa, de un valor de 8 OHM
RL 3 0 8OHM; RESISTENCIA DE CARGA

* FINAL DEL CIRCUITO
.END

Si bien aún no se ha visto cómo se introducen los diferentes elementos en la definición de un circuito, se puede ver en un principio que se hace de una forma bastante lógica y coherente. Además, en la descripción anterior se han incluido una serie de comentarios aclaratorios, son las líneas que comienzan con un asterisco (*) y el texto incluido al final de las sentencias (el cual siempre ha de ir precedido por un ; -punto y coma-); lógicamente, es opcional incluir estos comentarios en la propia descripción, sólo tienen carácter informativo para el usuario.

Aquí tenemos una lista de reglas sobre los ficheros de texto que describen los circuitos:

- 1) La primera línea será siempre el título y/o comentario del circuito.
- 2) La última línea será la sentencia .END (de final), si bien en el editor de Control Shell no es necesaria incluirla.
- 3) Las líneas que sean un comentario deben empezar con un asterisco (*).
- 4) Las líneas que sean una continuación de la sentencia de la línea anterior deben empezar con un signo de suma (+).
- 5) El orden de las líneas que describen el circuito no importa, excepto para el título, definiciones de subcircuitos, la sentencia .OPTIONS (de opciones) con el parámetro NOECHO (que se estudia más adelante) y la línea con la sentencia .END.
- 6) PSPICE no diferencia letras mayúsculas de minúsculas, por lo que podemos utilizar cualquiera de ellas.
- 7) Para separar los distintos parámetros de una sentencia, podemos utilizar espacios, tabuladores o comas, que son equivalentes y no importa cuántos se usen.

La descripción del circuito ha de ser un fichero capaz de encajar en la memoria RAM durante todos los análisis. Si esto no fuera posible, hay dos opciones:

- Aumentar al máximo la memoria convencional libre proporcionada por el sistema operativo.
- Dividir el circuito en varias partes y analizarlas por separado. Para analizar varios circuitos, podemos crear un fichero que los contenga a todos (cada uno con su título y sentencia .END correspondientes). Al analizar dicho fichero, se analizarán todos los circuitos consecutivamente, igual que si los hubiésemos analizado por separado.

NOMBRES DE LOS ELEMENTOS Y NUDOS DE CONEXIÓN

Los nombres de los elementos deben comenzar con una letra (que identifica el tipo de elemento al que pertenecen) seguidos del nombre del elemento en sí, pudiendo ser letras, números o los caracteres \$, _, *, /, %, y aunque pueden tener hasta 131 caracteres de longitud, es aconsejable no superar los 8.

ELEMENTO DEL CIRCUITO	SÍMBOLO	MODELO
Resistencias.	R	RES
Condensadores.	C	CAP
Bobinas.	L	IND
Acoplamientos magnéticos (transformadores).	K	CORE
Interruptores controlados por tensión.	S	VSWITCH
Interruptores controlados por intensidad.	W	ISWITCH
Diodos.	D	D
Transistores bipolares.	Q	NPN, PNP o LPNP
Transistores de efecto de campo JFET.	J	NJF o PJF
Transistores de efecto de campo MOSFET.	M	NMOS o PMOS
Transistores de efecto de campo GaAsFET.	B	GASFET
Fuentes de tensión independientes.	V	-----
Fuentes de intensidad independientes.	I	-----
Fuentes de tensión controladas por tensión.	E	-----
Fuentes de intensidad controladas por intensidad.	F	-----
Fuentes de intensidad controladas por tensión.	G	-----
Fuentes de tensión controladas por intensidad.	H	-----

Los nudos no han de ser obligatoriamente números enteros, pueden ser cualquier cadena alfanumérica, como los nombres. El nudo 0 (cero) está predefinido y es el correspondiente a tierra. Hay que remarcar que la numeración de los nudos no ha de seguir ningún orden especial.

VALORES DE LOS ELEMENTOS

Los valores de los componentes los escribiremos en notación de punto flotante estándar (ej. $1E-3 = 1 \times 10^{-3}$), y opcionalmente con sufijos multiplicadores y escala (unidos al valor sin dejar espacios intermedios).

Estos son los sufijos multiplicadores reconocidos por PSPICE:

F= 10^{-15}	P= 10^{-12}	N= 10^{-9}
U= 10^{-6}	MIL= 25.4×10^{-6}	M= 10^{-3}
K= 10^3	MEG= 10^6	G= 10^9
	T= 10^{12}	

Estos sufijos multiplican el número que les precede inmediatamente. Cualquier otro sufijo añadido (como V, A, etc.) será ignorado por PSPICE, no teniendo efecto alguno.

Los sufijos para las unidades normalmente utilizados son:

V = voltios	A = amperios	HZ = hertzios
OHM = ohmios	H = henrios	F = faradios
DEG = grados		

Hay que hacer notar que PSPICE admite como sufijo multiplicador la letra F (que multiplica el valor que le precede por un factor de 10^{-15}). Así, si al definir un condensador le damos un valor de 0.001F, éste para PSPICE no será de 0.001 faradios, sino de 0.001×10^{-15} faradios.

PARÁMETROS

En ciertas aplicaciones es conveniente usar parámetros globales (es decir, una variable), en lugar de valores numéricos; así, al darle un valor a un determinado parámetro, este valor aparecerá en todos los lugares donde esté ese parámetro.

Los parámetros pueden ser definidos usando la sentencia .PARAM (cuya sintaxis se estudiará más adelante), y serán globales a todo el circuito, incluidos los subcircuitos; es decir, se podrán utilizar en la definición de componentes en todo el circuito.

Para definir parámetros locales, válidos sólo dentro de un subcircuito, habrá que hacerlo cuando se defina el subcircuito (esto es, en la misma sentencia) y darles un valor por defecto a cada uno. A la hora de llamar al subcircuito para insertarlo en el circuito principal, se podrán cambiar los valores por defecto de los parámetros locales. Incluso el valor de un parámetro puede ser otro parámetro.

Cuando un valor numérico es sustituido por un parámetro, este se escribirá entre llaves, {PARÁMETRO}.

Por ejemplo, si las resistencias R3 y R5 de un circuito dado tienen el mismo valor (digamos $1K\Omega$), podemos definir las mediante las sentencias:

```
R3  4  6  1K;   Resistencia colocada entre los nudos 4 y 6, de valor 1K.  
R5  3  8  1K;   Resistencia colocada entre los nudos 3 y 8, de valor 1K.
```

o bien, utilizando un parámetro, podemos definir las mediante:

```
R3  4  6  {CARGA}  
R5  3  8  {CARGA}  
.PARAM CARGA=1K;   Definición del parámetro con su valor correspondiente.
```

EXPRESIONES

Además de por parámetros, los valores de los elementos se pueden sustituir por expresiones aritméticas que pueden contener parámetros.

Siguiendo el ejemplo del apartado anterior, si la resistencia R4 tiene un valor de $4K\Omega$, se puede definir como:

```
R4  7  10  {4*CARGA}; Resistencia colocada entre los nudos 7 y 10, de valor 4K.
```

Las expresiones pueden ser usadas en lugar de los valores numéricos, en la descripción del circuito, en los siguientes casos:

- En los valores de todos los parámetros de los modelos.
- En los valores de todos los parámetros de los componentes, excepto los parámetros TC1 y TC2 (coeficientes de temperatura) de una resistencia si están definidos en la misma línea (con la sentencia R) que la resistencia y no con una sentencia .MODEL (usada para definir los modelos de los elementos).
- En los valores de todos los parámetros de las fuentes independientes de voltaje e intensidad, excepto para las fuentes definidas por tramos.

- En los valores de las sentencias .IC y .NODESET, usadas para establecer las condiciones iniciales del punto de trabajo del circuito.

Pero no podemos usar expresiones en los siguientes casos:

- En sustitución de los coeficientes de los polinomios que definen el valor de las fuentes de tensión e intensidad controladas no lineales.
- En lugar de los nombres/números de los nudos.
- En el lugar de los valores numéricos en las sentencias de realización de análisis del circuito.

Las expresiones deben tener una longitud máxima de una línea de texto y pueden tener contener las operaciones básicas de suma (+), resta (-), multiplicación (*) y división (/) además de los paréntesis necesarios y las funciones mostradas en la siguiente tabla:

FUNCIÓN	COMENTARIO
ABS(X)	Valor absoluto de X.
SQRT(X)	Raíz cuadrada de X.
EXP(X)	Función e^x .
LOG(X)	Logaritmo en base e de X, $\ln(X)$.
LOG10(X)	Logaritmo en base 10 de X, $\log(X)$.
PWR(X,Y)	Función $ X ^Y$.
SIN(X)	Función $\sin(X)$, expresado X en radianes.
COS(X)	Función $\cos(X)$, expresado X en radianes.
TAN(X)	Función $\tan(X)$, expresado X en radianes.
ATAN(X)	Función $\arctg(X)$, con resultado en radianes.
ARCTAN(X)	Función $\arctg(X)$, con resultado en radianes.

Además de estas funciones, podemos definir otras nuevas con la sentencia .FUNC (función) para incluirlas en las expresiones (lo cual nos permite aumentar la longitud de las mismas). Así, por ejemplo, para definir una función llamada MED(X,Y), encargada de calcular el valor medio (media aritmética) de los valores X e Y, la definiríamos mediante:

```
.FUNC MED(X,Y) (X+Y)/2
```

El número máximo de variables que puede contener una función es de 10.

Las expresiones son evaluadas para conocer su valor antes de realizar los análisis y recalculadas con los nuevos valores de los parámetros si existen análisis en continua y/o análisis paramétrico.

MODELOS

En PSPICE es muy frecuente el empleo de modelos, que se utilizan para definir el valor de los distintos parámetros de los elementos usados en el circuito. Si bien se pueden definir modelos para todos los elementos, en algunos casos su uso es opcional y en otros es obligado. Así, para los elementos pasivos, los modelos son opcionales, y para los elementos semiconductores son necesarios, aunque todos los parámetros de los modelos tienen asignado un valor por defecto, que será el usado por PSPICE en caso de que no le asignemos otro.

Para la descripción de los modelos de los diferentes componentes del circuito se utiliza la sentencia .MODEL, en la cual se define el valor de los parámetros de los distintos elementos disponibles en PSPICE. La sintaxis general de la sentencia es:

```
.MODEL (nombre) (tipo)( parámetro del modelo = valor (tolerancia)* )
```

El término con (*) es opcional, los valores entre doble paréntesis significan que hay que escribirlos entre paréntesis. ejemplo: EJ ((valor1) , (valor2)) se escribe como: EJ (valor1) , (valor2).

El término (nombre) es el que le asignamos al modelo en cuestión, y debe comenzar con una letra. El término (tipo) hace referencia a la clase de elemento a la que corresponde el modelo, y puede ser uno de los mostrados en la siguiente tabla:

TIPO DE MODELO	ELEMENTO CORRESPONDIENTE
CAP	Condensadores.
IND	Bobinas.
RES	Resistencias.
D	Diodos.
NPN	Transistores bipolares NPN.
PNP	Transistores bipolares PNP.
LPNP	Transistores bipolares de estructura lateral PNP.
NJF	Transistores de unión FET de canal N.
PJF	Transistores de unión FET de canal P.
NMOS	Transistores MOSFET de canal N.
PMOS	Transistores MOSFET de canal P.
GASFET	Transistores GaAsFET de canal N.
VSWITCH	Interruptores controlados por tensión.
ISWITCH	Interruptores controlados por intensidad.

En la descripción del circuito pueden existir varios modelos para el mismo (tipo) de elementos, por lo que deberán tener un (nombre) distinto. Cada (tipo) de modelo, correspondiente a una clase de elementos, tiene sus propios parámetros, los cuales tienen asignado un valor por defecto, por lo que podemos usar ese valor o bien darle uno diferente, si bien no es necesario cambiar el valor de todos los parámetros.

También podemos asignar una valor opcional de (tolerancia)* que PSPICE utilizará para realizar el análisis de Monte Carlo y el de pero de los casos. La tolerancia puede venir asignada con el término DEV o con LOT.

EJEMPLOS:

Definir un modelo, llamado RMAX, correspondiente a una serie de resistencias, en el que los parámetros de las mismas tengan unos valores de R=1.5, TC1=0.02 y TC2=0.005:

```
.MODEL RMAX RES(R=1.5 TC1=0.002 TC2=.005)
```

Definir un modelo, llamado DNOM, correspondiente a un diodo, en el que se utilicen los valores por defecto de todos los parámetros:

```
.MODEL DNOM D
```

Definir un modelo, llamado CFIL, correspondiente a unos condensadores, en el que el coeficiente multiplicador del valor de los mismos, es decir el parámetro C, tenga un valor de 1 y una tolerancia del tipo DEV del 5%:

```
.MODEL CFIL CAP(C=1 DEV=5%)
```

DEFINICIÓN DE SUBCIRCUITOS

Para definir un subcircuito dentro del circuito principal de trabajo, utilizaremos la sentencia .SUBCKT, que tiene la siguiente sintaxis:

```
.SUBCKT (nombre) (nudos)* PARAMS:*(nombre)*=(valor)*
```

El asterisco (*) indica que estos valores son opcionales.

El término (nombre), que debe comenzar por una letra, será el que le asignemos al subcircuito, y a través del cual podremos hacer referencia posteriormente al subcircuito.

En el lugar del término (nudo)*, hemos de listar los nudos internos del subcircuito, que serán los terminales de conexión con el exterior, a través de los cuales lo conectaremos a nuestro circuito principal.

El término PARAMS: nos permite definir unos parámetros (es decir, unas variables), con sus respectivos valores por defecto, que podemos utilizar en la descripción del subcircuito como sustitutos de los valores de algunos elementos. Posteriormente podremos cambiar el valor de esos parámetros en la sentencia de colocación de subcircuitos, lo que equivaldrá a cambiar el valor de los componentes que dependen de esos parámetros.

La definición de un subcircuito ha de finalizar siempre con la sentencia .ENDS. Todas las sentencias colocadas entre .SUBCKT y .ENDS serán consideradas por PSPICE como pertenecientes al subcircuito, no teniendo ninguna relación con las del circuito principal. Esto quiere decir que puede haber nudos y elementos en los subcircuitos con el mismo nombre que en el circuito principal sin problemas de confusión, ya que para referirnos posteriormente a un componente o nudo de un subcircuito utilizaremos su nombre expandido.

Para insertar un subcircuito (bien sea de la librería o que esté definido en nuestro propio circuito) en el circuito principal de trabajo, lo llamaremos con la sentencia X (que al igual que los nombres expandidos la veremos en el apartado siguiente), lo que equivale a colocarlo como si fuese un único elemento.

La descripción de un subcircuito puede contener únicamente sentencias de definición de elementos y sus respectivos modelos con la sentencia .MODEL.

Hay que resaltar que los nudos, elementos y modelos de un subcircuito tienen carácter local, por lo que no importa si tienen igual nombre que los del circuito principal.

EJEMPLO:

Definir un subcircuito, al que hemos llamado FILTRO, que tenga dos terminales de entrada, correspondientes a sus nudos 6 y 3, y dos terminales de salida, correspondientes a sus nudos 23 y 7. Igualmente, en el subcircuito habrá una resistencia, R1, cuyo valor nos interesa poder modificar cada vez que coloquemos el subcircuito, para lo cual le hemos asignado el parámetro GANANCIA, que en un principio tiene un valor por defecto de 1K:

```
.SUBCKT FILTRO 6 3 23 7 PARAMS:GANANCIA=1K
...
... Definición de los elementos del subcircuito.
...
* La definición de la resistencia que podemos variar podría
* ser algo como:
R1 4 5 {GANANCIA}
...
.ENDS
```

NOMBRES ALFANUMÉRICOS DE NUDOS Y NOMBRES EXPANDIDOS

Como tanto los nombres de los componentes como los nudos del circuito pueden ser cadenas alfanuméricas, a veces puede ser difícil distinguirlos. Así en PSPICE es usual utilizar el siguiente convenio: cuando una cadena alfanumérica se refiere a un nudo y no al nombre de un elemento o componente la escribiremos entre corchetes [] para reconocerla. Aunque lo normal, para evitar este problema, es nombrar los nudos con un número.

Para introducir en nuestro circuito un subcircuito ya definido como si fuese un único componente, hemos de utilizar la sentencia:

X(nombre) (nudos)* (subcircuito) PARAMS:*(nombre)* = (valor)*

El asterisco (*) indica que estos valores son opcionales.

El término (nombre) es el que le queremos asignar al subcircuito en esta ocasión (como, por ejemplo, U1, A1, etc.), y el término (subcircuito) es el nombre dado al subcircuito en su definición con la sentencia .SUBCKT. Debe haber el mismo número de nudos en la llamada del subcircuito que en su definición.

Esta sentencia inserta en los (nudos)* de nuestro circuito el subcircuito al que llamamos como si fuera un único elemento, de forma que se conectarán eléctricamente los nudos del circuito principal (definidos en la sentencia X) a los nudos del subcircuito (definidos en la sentencia .SUBCKT) en el orden en que están enumerados; es decir, el primero con el primero, el segundo con el segundo, y así sucesivamente.

Esto nos permite definir un conjunto de elementos como un bloque y utilizarlo varias veces con una sola sentencia X(nombre), sin tener que volverlo a definir componente a componente.

El término PARAMS: nos permite asignar valores a los parámetros del subcircuito en el momento de llamarlo. Las llamadas a subcircuitos pueden estar anidadas; así, dentro de una definición de un subcircuito se puede llamar a otro subcircuito, etc.

EJEMPLO:

Supongamos un subcircuito del apartado anterior, llamado FILTRO, al que llamaremos en este caso U1, de forma que la entrada está conectada a los nudos 2 y 3 del circuito principal, y la salida, a los nudos 14 y 15. Además, la resistencia R1 del subcircuito, que tenía asignado el parámetro GANANCIA, ha de tener un valor de 5K:

```
XU1 2 3 14 15 FILTRO PARAMS:GANANCIA=5K
```

Los nombres expandidos se pueden usar para referirse a nudos y componentes pertenecientes a subcircuitos. Estarán formados por el nombre del nudo/componente y un prefijo referido al nombre del subcircuito dado en la sentencia de llamada o colocación; por ejemplo, si llamamos a un subcircuito con la sentencia **X2**, la resistencia R3 perteneciente al mismo responderá bajo el nombre expandido de X2.R3. En este caso, para ver la caída de tensión o intensidad que circula por esta resistencia, nos referiremos a ella por su nombre expandido. Aquí también se aplica la regla mencionada al principio para los corchetes.

NUDOS GLOBALES

Tenemos la posibilidad de definir en nuestro circuito nudos globales (genéricos) para todo el circuito (incluido los subcircuitos). Esto se realiza con la sentencia:

.GLOBAL (nudo)

Podemos acceder a este nudo, es decir conectar el terminal de un elemento a él, desde cualquier lugar. Un ejemplo de nudo global es el nudo 0 (cero), correspondiente a tierra.

Así, definir un nudo global que puede ser útil en ciertos casos es una tarea que hemos de tratar con cuidado, pues puede provocar conexiones no deseadas, y consecuentemente, resultados erróneos. Si, por ejemplo, definimos el nudo 5 como nudo global y utilizamos en nuestro circuito un componente de la librería PSPICE como un amplificador operacional que está definido como un subcircuito, es probable que en la definición de éste exista un nudo llamado 5, con lo que éste será el mismo nudo que el definido por nosotros, y los componentes del operacional conectados a ese nudo 5 estarán conectados a nuestro nudo global 5 (pues en realidad serán un único nudo).

Para evitar este problema, hemos de utilizar un convenio a la hora de definir nudos globales; así, por ejemplo, cualquier nudo global debería ser llamado con un nombre que comience con los caracteres \$G_. Lógicamente los demás nudos no deben ser llamados de esta forma, para evitar conexiones indeseadas.

EJEMPLO:

Definir como nudo global el llamado \$G_3:

.GLOBAL \$G_3

ASIGNACIÓN DE CONDICIONES INICIALES

Sentencia .IC

La sentencia .IC se usa para establecer las condiciones iniciales para el punto de trabajo, tanto de pequeña señal como para el análisis transitorio. La sintaxis de la sentencia es:

.IC V(nudo) = valor

El (valor) es una tensión asignada al (nudo) durante el cálculo del punto de trabajo. Una vez calculado el mismo, durante el análisis transitorio la tensión del (nudo) puede ir variando, dependiendo de las fuentes del circuito. Esta sentencia de establecimiento de condiciones iniciales no afecta al análisis .DC.

EJEMPLO:

Definir unas condiciones iniciales para el circuito, de forma que la tensión de los nudos 2, 20 y 4 sean 4V, 0V y -1.3V, respectivamente, una vez calculado el punto de trabajo:

```
.IC V(2)=4 V(20)=0 V(4)=-1.3
```

Sentencia .NODESET

La sentencia .NODESET se utiliza para ayudar a PSPICE a encontrar el punto de trabajo del circuito, dándole unos valores aproximados de las tensiones de algunos nudos. La sintaxis de la sentencia es:

```
.NODESET V(nudo)= valor
```

Las tensiones asignadas a los nudos en la sentencia .NODESET se usarán para el cálculo del punto de trabajo de pequeña señal, del análisis transitorio y para el primer análisis .DC (en caso de haberlo incluido).

En caso de existir en la descripción del circuito sentencias .IC y .NODESET, estas últimas serán ignoradas por PSPICE y sólo tendrá en cuenta las .IC.

EJEMPLO:

Definir unas condiciones iniciales de tensión de 7V y -4.5V para los nudos 4 y 6 respectivamente, de forma que ayuden a PSPICE a encontrar el punto de trabajo del circuito (lo cual no quiere decir que, una vez calculado el punto, éstas sean las tensiones finales de esos nudos, sino que son una aproximación):

```
.NODESET V(4)=7 V(6)=-4.5
```

OPCIONES DISPONIBLES PARA LA SIMULACIÓN

Para configurar las distintas opciones en PSPICE, que nos permitirán un mayor control sobre la simulación de los circuitos, utilizaremos la sentencia:

```
.OPTIONS (opción) (opción = valor)
```

La sentencia .OPTIONS se usa para establecer todas las opciones, límites y parámetros de control para los distintos análisis, incluido el formato (anchura) del fichero de salida de resultados.

Las opciones se listan en cualquier orden. Hay dos tipos de opciones: las que tienen valor numérico y las que no lo tienen. Las opciones sin valor son banderas o indicadores de varios tipos que se activan con sólo mencionarlos.

Las sentencias .OPTIONS se acumulan; es decir, si hay varias, tienen el mismo efecto que una sola que fuese equivalente (donde estuvieran todas las opciones juntas). Si la misma opción aparece varias veces, sólo el último valor será usado por PSPICE.

A continuación veremos una lista de las opciones sin valor numérico disponibles. Su valor por defecto es estar desactivadas; para activarlas sólo hemos de nombrarlas en la sentencia .OPTIONS:

OPCIÓN	SIGNIFICADO
ACCT	Presenta un sumario e información al final de todos los análisis en el fichero de salida.
EXPAND	Lista los componentes incluidos en los subcircuitos.
LIBRARY	Lista las líneas usadas de las librerías.
LIST	Presenta un sumario de los elementos del circuito.
NOBIAS	Suprime la presentación de las tensiones de los nudos del punto de trabajo.
NODE	Presenta un sumario de las conexiones del circuito.

NOECHO	Suprime la descripción del circuito en el fichero de salida.
NOMOD	Suprime el listado de los parámetros de los modelos y valores actualizados de temperatura.
NOPAGE	Suprime los saltos de página para cada sección del fichero de salida.
OPTS	Lista el valor de todas las opciones.
WIDTH	Establece el ancho del fichero de salida a 80 o 132 columnas.

En caso de incluir en la descripción del circuito la sentencia .OPTIONS con la opción NOECHO, se colocará al principio del fichero, tras la línea de título, para que realice adecuadamente su función.

Pasamos ahora a las opciones que tienen valores numéricos. Todas ellas tienen asignado un valor por defecto en PSPICE, pero nosotros podemos cambiar ese valor si lo estimamos oportuno. Para ello, hemos de utilizar la sentencia .OPTIONS con el nombre de la opción en cuestión seguido del nuevo valor que le vamos a asignar. En la siguiente tabla se muestran estas opciones con su significado y valor por defecto:

OPCIÓN	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFECTO
ABSTOL	Máxima precisión para las intensidades.	1 pA
CHGTOL	Máxima precisión para las cargas.	0.01 pC
CPTIME	Tiempo permitido a la CPU para esta simulación.	1E+6 Sg
DEFAD	Área del drenador para los MOSFET por defecto.	0 m ²
DEFAS	Área del surtidor para los MOSFET por defecto.	0 m ²
DEFL	Longitud para los MOSFET por defecto.	100 μm
DEFW	Anchura para los MOSFET por defecto.	100 μm
GMIN	Mínima conductancia usada por cualquier rama.	1E-12 Ω ⁻¹
ITL1	Límite de iteraciones para el cálculo del punto de trabajo DC.	40
ITL2	Límite de iteraciones para el cálculo del punto de trabajo DC con aproximaciones iniciales.	20
ITL4	Límite de iteraciones para calcular un punto del análisis transitorio.	10
ITL5	Límite total de iteraciones para el análisis del transitorio.	5000
LIMPTS	Máximo valor de puntos para una tabla de valores o representación gráfica por puntos.	∞
NUMDGT	Número de dígitos en las tablas de valores.	4
PIVREL	Magnitud relativa en la resolución de matrices.	1E-3
PIVTOL	Magnitud absoluta en la resolución de matrices.	1E-13
RELTOL	Precisión relativa para tensiones e intensidades.	.001
TNOM	Temperatura nominal por defecto en °C.	27 °C
TRTOL	Factor de error por truncamiento.	7
VNTOL	Máxima precisión para tensiones.	1 μV

EJEMPLOS:

Establecer para los diferentes análisis a realizar en el circuito las siguientes condiciones: suprimir la descripción del circuito en el fichero de salida, suprimir el listado de los parámetros de los modelos, asignar una longitud para los MOSFET de 12µm y asignar una anchura para los MOSFET de 8µm:

```
.OPTIONS NOECHO NOMOD DEFL=12U DEFW=8U
```

Establecer para la simulación del circuito las siguientes opciones: generar un listado en el fichero de salida de los componentes incluidos en los subcircuitos, establecer una precisión relativa para las tensiones e intensidades de un 1% y establecer un número de iteraciones para el análisis transitorio de 50000:

```
.OPTIONS EXPAND RELTOL=.01 ITL5=50000
```

INCLUIR UN FICHERO EN EL CIRCUITO

La sentencia .Inc se usa para insertar el contenido de otro fichero en la descripción de nuestro circuito de trabajo. Tiene la siguiente sintaxis:

```
.INC (nombre del fichero)
```

El término (nombre del fichero) es el nombre del fichero cuyo contenido queremos insertar. Este fichero puede contener sentencias de todo tipo, excepto línea de título (pues ésta ha de estar en el circuito principal) y la sentencia de final .END.

Incluir un fichero en la descripción del circuito de trabajo equivale a escribir el texto que contiene dicho fichero en nuestro circuito.

EJEMPLO:

Incluir en la descripción del circuito el contenido del fichero de texto llamado FUNCION.TXT (en el que tenemos definidas una serie de funciones):

```
.INC FUNCION.TXT
```

UTILIZACIÓN DE LIBRERIAS

Para hacer referencia a un fichero librería en la descripción del circuito, utilizaremos la sentencia .LIB, con la siguiente sintaxis:

```
.LIB (nombre de librería)
```

En una librería será donde están definidos los modelos de los componentes comerciales, como diodos, transistores, etc., y también subcircuitos que simulan elementos más complejos, como amplificadores operacionales, tiristores, etc. Una librería sólo puede contener sentencias .MODEL, definiciones de subcircuitos, algún comentario y sentencias .LIB que, a su vez, hacen referencia a otras librerías.

En lugar del término (nombre de librería) tenderemos que especificar el nombre completo de la librería (incluida la extensión del fichero). Si la librería no se encuentra en el directorio actual hay que especificar la ruta completa.

Entre las librerías de PSPICE hay que destacar la NOM.LIB, que no es una librería propiamente dicha (pues no contiene modelos de elementos ni subcircuitos), pero que hace referencia a todas las demás librerías suministradas por el programa. Si en un momento dado queremos utilizar un componente y no recordamos en qué librería se encuentra definido, podremos hacer referencia a la librería NOM.LIB, con lo que PSPICE irá buscando el componente por todas las librerías hasta encontrarlo.

Si se omite en la sentencia .LIB el nombre del fichero librería, entonces PSPICE buscará el fichero NOM.LIB.

TIPOS DE FICHEROS

Durante una sesión normal de trabajo irán apareciendo en el disco ficheros con el mismo nombre (el del circuito en cuestión), pero con diferentes extensiones; así, nos encontraremos con los siguientes tipos:

- **Ficheros con extensión .CIR:** Son los que contienen la descripción de los circuitos, es decir el listado de los componentes con sus conexiones, así como las sentencias de definición de los análisis a realizar en el circuito. Estos ficheros han de tener formato ASCII, y son los que crea el propio usuario con cualquier editor de textos, o con el incluido en el Control Shell.
- **Ficheros con extensión .OUT:** Contienen los resultados de los análisis efectuados en un circuito tras ser simulado con PSPICE. Tienen igualmente formato ASCII, y son generados automáticamente por el propio simulador.
- **Ficheros con extensión .DAT:** Almacenan la información necesaria para poder visualizar las diferentes formas de onda del circuito, tras su análisis, con el analizador gráfico Probe. Tienen formato binario, y son generados automáticamente por PSPICE.
- **Ficheros con extensión .CBK:** Son copias de seguridad de los ficheros .CIR, que genera el editor de textos de la interfaz Control Shell.
- **Ficheros con extensión .CFG:** Contienen información referente a los análisis que hemos seleccionado para el circuito, siempre y cuando estemos realizando la descripción del mismo mediante el Control Shell. Son generados de forma automática por el Control Shell para su propio uso.
- **Ficheros con extensión .CMD:** Estos son los ficheros de mandatos y de bitácora. Los archivos de bitácora pueden ser generados por el editor de estímulos Stmed, por el analizador gráfico Probe o por el generador de modelos Parts durante una sesión de trabajo con dichos programas, de forma que en el archivo se almacenan todos los pasos que se han realizado en dicha sesión. Posteriormente podemos utilizar esos ficheros de bitácora como ficheros de mandatos, de forma que Stmed, Probe o Parts sigan los pasos que hay almacenados en dicho archivo, reproduciendo la sesión de trabajo almacenada.

Además de estos ficheros, que guardan relación directa con el circuito de trabajo, existen en PSPICE otros ficheros de interés, como son:

- **Ficheros de extensión .LIB:** Son los ficheros librería suministrados en el paquete de software, y contienen los modelos o subcircuitos equivalentes de gran cantidad de componentes comerciales.
- **Ficheros con extensión .IND:** Cada librería de componentes tiene su correspondiente fichero índice, el cual ayuda a PSPICE a encontrar rápidamente el elemento buscado dentro de la librería.
- **Ficheros con extensión .DEV:** Son los ficheros de configuración donde se almacenan las características técnicas de nuestro equipo, como pueden ser el tipo de tarjeta gráfica y la impresora.

SENTENCIAS DE DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Cada elemento está representado en la descripción del circuito con una sentencia en una o más líneas (son las que comienzan por una letra).

La primera letra indica el tipo de componente (resistencia, condensador, diodo, etc.) y el resto de la línea nos da la información de ese componente (nombre, nudos de conexión, valor, nombre del modelo si es necesario y demás parámetros para la correcta definición del elemento).

Algunos componentes permiten asignarles un modelo y para otros es obligatorio. Un modelo es una forma de especificar los valores de los parámetros de un determinado elemento, como pueden ser los coeficientes de temperatura, etc.

El orden de los componentes en la definición del circuito no es importante, aunque para una mejor comprensión podemos agruparlos según el tipo (resistencias, condensadores, transistores, etc.). Las conexiones entre los componentes vienen determinadas por los nudos a los que van conectados.

ELEMENTOS PASIVOS

Los elementos pasivos disponibles en PSPICE son: resistencias, condensadores, bobinas y transformadores. Estos componentes se definen con las letras **R**, **C**, **L** y **K**, respectivamente.

Resistencias

Para insertar una resistencia en la descripción del circuito utilizaremos la sentencia:

R(nombre) (nudo+) (nudo-) (modelo)* (valor) TC=(tc1),(tc2)*

Opcionalmente las resistencias pueden tener un modelo. En caso de incluirlo, para definir los parámetros de las mismas, utilizaremos la sentencia:

.MODEL (modelo) RES((parámetro del modelo = valor)*)

El asterisco (*) indica que este valor es opcional, este símbolo se utilizará en la nomenclatura de todos los componentes que restan.

En la siguiente tabla podemos ver los distintos parámetros del modelo de la resistencia, así como su significado y valor por defecto con unidades:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
R	Coeficiente multiplicador.	1
TC1	Coeficiente lineal de temperatura.	0°C ⁻¹
TC2	Coeficiente cuadrático de temperatura.	0°C ⁻²
TCE	Coeficiente exponencial de temperatura.	0° % / °C

Los nudos (+) y (-) definen el sentido de la polaridad cuando la resistencia tiene una tensión determinada. La corriente positiva circula desde el nudo (+) al nudo (-) a través de la resistencia.

Los coeficientes de temperatura pueden definirse en la misma sentencia de la resistencia. Si la resistencia tiene definido un modelo, los coeficientes de temperatura se usarán para calcular el valor de la misma, teniendo prioridad sobre los definidos en la sentencia propia de la resistencia.

Si no hemos asignado ningún modelo a la resistencia, su valor en ohmios será el especificado por el término (valor), y ha de ser positivo, nunca nulo.

Si hay un modelo definido y no se ha especificado el parámetro TCE, entonces el valor de la resistencia vendrá dado por:

$$\text{Resistencia} = (\text{valor}) \times R \times (1 + TC1 \times (T - Tnom) + TC2 \times (T - Tnom)^2)$$

Si en el modelo hemos asignado un valor a TCE, entonces el valor de la resistencia vendrá dado por:

$$\text{Resistencia} = (\text{valor}) \times R \times 1.01^{TCE \times (T - Tnom)}$$

donde Tnom es la temperatura nominal (ver la opción TNOM de la sentencia .OPTIONS) y T es la temperatura de realización del análisis.

Este elemento posee un modelo que genera un ruido térmico, el cual se calcula para un ancho de banda de 1 Hz.

EJEMPLOS:

Describir una resistencia llamada CARGA, colocada entre el nudo 5 y masa, y con un valor de 12KΩ:

```
RCARGA 5 0 12K
```

Describir la resistencia llamada con el número 6, colocada entre los nudos 2 y 3, con un valor de 10KΩ, con un coeficiente lineal de temperatura de 0.013 °C⁻¹ y con un coeficiente cuadrático de temperatura de 0.002 °C⁻²:

```
R6 2 3 10E3 TC=.013,.002
```

Describir la resistencia llamada REALI, colocada entre los nudos 2 y 18, con un valor de 100KΩ y que tiene sus parámetros (coeficiente exponencial de temperatura de 2.5) descritos en el modelo RMOD:

```
RREALI 2 18 RMOD 100Kohm
.MODEL RMOD RES(TCE=2.5)
```

Condensadores

Para insertar un condensador en la descripción del circuito, utilizaremos la sentencia:

C(nombre) (nudo +) (nudo -) (modelo)* (valor) (IC = condiciones iniciales)*

Opcionalmente, los condensadores pueden tener un modelo. En caso de incluirlo, para definir los parámetros de los mismos, utilizaremos la sentencia:

.MODEL (modelo) CAP(parámetros del modelo = valor)*

En la siguiente tabla podemos ver los distintos parámetros del modelo del condensador, así como su significado y valor por defecto con unidades:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
C	Multiplicador de la capacidad.	1
VC1	Coeficiente lineal de tensión.	0 V ⁻¹
VC2	Coeficiente cuadrático de tensión.	0 V ⁻²
TC1	Coeficiente lineal de temperatura.	0 °C ⁻¹
TC2	Coeficiente cuadrático de temperatura.	0 °C ⁻²

Los nudos (+) y (-) definen el sentido de la polaridad cuando el condensador tiene una tensión almacenada. La corriente positiva circula desde el nudo (+) hasta el nudo (-) a través del condensador.

Si omitimos el (modelo) al describir el condensador, su capacidad en faradios será la especificada en el término (valor), que ha de ser una cantidad positiva, nunca nula. Pero si especificamos un (modelo), el valor de la capacidad vendrá dado por la fórmula:

$$\text{Capac.} = (\text{valor}) \times C \times (1 + VC1 \times V + VC2 \times V^2) \times (1 + TC1 \times (T - T_{nom}) + TC2 \times (T - T_{nom})^2)$$

donde T_{nom} es la temperatura nominal (ver la opción TNOM de la sentencia .OPTIONS) y T es la temperatura de realización del análisis.

El término (condiciones iniciales) es una aproximación inicial para la tensión del condensador durante el cálculo del punto de trabajo.

Hay que mencionar que el condensador no tiene modelo de ruido.

EJEMPLOS:

Describir un condensador llamado FILTRO, colocado entre el nudo 5 y masa, de capacidad 3300 μF :

```
CFILTRO 5 0 3300U
```

Describir un condensador llamado con el número 5, colocado entre los nudos 2 y 6, con una capacidad de 4pF y con unas condiciones iniciales de 2.3V:

```
C5 2 6 4E-12 IC=2.3V
```

Describir un condensador llamado REALIM, colocado entre los nudos 2 y 24, con una capacidad de 10pF, un coeficiente lineal de tensión de 0.01V^{-1} y un coeficiente lineal de temperatura de $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$:

```
CREALIM 2 24 CMOD 10pF
.MODEL COMD CAP(VC1=0.01 TC1=0.02)
```

Bobinas

Para insertar una bobina en la descripción del circuito, utilizaremos la sentencia:

$L(\text{nombre}) (\text{nudo } +) (\text{nudo } -) (\text{modelo})^* (\text{valor}) (\text{IC} = \text{condiciones iniciales})^*$

Opcionalmente, las bobinas pueden tener un modelo. En caso de incluirlo, para definir los parámetros de las mismas utilizaremos la sentencia:

$.MODEL (\text{modelo}) IND(\text{parámetro del modelo} = \text{valor})^*$

En la siguiente tabla podemos ver los distintos parámetros del modelo de la bobina, así como su significado y valor por defecto con unidades:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
L	Factor multiplicador de la bobina.	1
IL1	Coeficiente lineal de corriente	0 A^{-1}
IL2	Coeficiente cuadrático de corriente.	0 A^{-2}
TC1	Coeficiente lineal de temperatura.	$0\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
TC2	Coeficiente cuadrático de temperatura.	$0\text{ }^{\circ}\text{C}^{-2}$

Los nudos (+) y (-) definen el sentido de la polaridad cuando la bobina tiene una tensión positiva. La corriente es positiva cuando circula desde el nudo (+) al nudo (-) a través de la bobina.

Si no se especifica el (modelo), entonces el valor de la bobina en henrios será el especificado en el término (valor), que ha de ser una cantidad positiva, nunca nula. Si se especifica un modelo, el valor de la bobina vendrá dado por la fórmula:

$$\text{Bobina} = (\text{valor}) \times L \times (1 + IL1 \times I + IL2 \times I^2) \times (1 + TC1 \times (T - T_{nom}) + TC2 \times (T - T_{nom})^2)$$

donde T_{nom} es la temperatura nominal (ver $TNOM$ de la sentencia `.OPTIONS`) y T es la temperatura de ejecución de los análisis.

Las (condiciones iniciales) son una aproximación para la corriente que circula por la bobina durante el cálculo del punto de trabajo.

Las bobinas, al igual que los condensadores, no tienen asignado en PSPICE modelo de ruido.

EJEMPLOS:

Describir una bobina llamada CARGA, colocada entre el nudo 15 y masa, con un valor de 20mH:

```
LCARGA 15 0 20mH
```

Describir una bobina llamada con el número 3, colocada entre los nudos 5 y 6, con un valor de 2μH y unas condiciones iniciales de 2mA:

```
L3 5 6 2E-6 IC=2mA
```

Describir una bobina llamada CHOQUE, colocada entre los nudos 2 y 33, con un valor de 30mH, un coeficiente lineal de corriente de $0.01A^{-1}$ y un coeficiente lineal de temperatura de $0.02\text{ }^{\circ}C^{-1}$:

```
LCHOQUE 2 33 LMOD .03  
.MODEL LOMD IND(IL1=0.1 TC1=0.02)
```

Acoplamientos magnéticos

Para insertar un acoplamiento magnético en la descripción del circuito utilizaremos la sentencia:

`K(nombre) L(inductancia) L(inductancia) (valor de acoplamiento)`

La sentencia `K` se utiliza para especificar el acoplamiento magnético entre dos o más inductancias o bobinas. Usando el convenio del punto, colocaremos el punto en el primer nudo de cada inductancia en su sentencia de descripción `L`, vista anteriormente. La polaridad vendrá determinada por el orden de los nudos en la citada sentencia `L` de cada inductancia, y no por el orden de las mismas en la sentencia de acoplamiento descrita. El (valor de acoplamiento) es el coeficiente de acoplamiento mutuo, cuyo valor ha de ser $0 < K \leq 1$. Algunos transformadores con núcleo de hierro tienen coeficientes de acoplamiento muy altos, incluso mayores de 0.999.

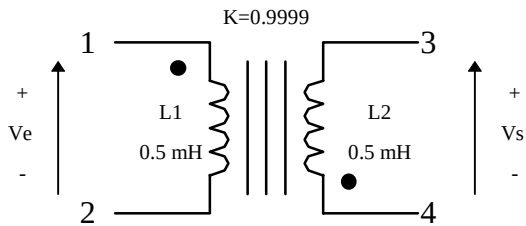
El valor de la inductancia mutua vendrá dado por la expresión:

$$M = K \sqrt{L_1 \times L_2}$$

Para el acoplamiento magnético, también podemos definir modelos con una serie de parámetros referidos a las características físicas del transformador, si bien no entraremos en su estudio. Hay que mencionar que en las librerías de PSPICE están definidos algunos modelos que podemos usar en nuestros circuitos. En este caso indicaremos el (modelo) en la sentencia `K` tras el término (valor de acoplamiento).

EJEMPLOS:

Definir el siguiente transformador:



* DEVANADOS

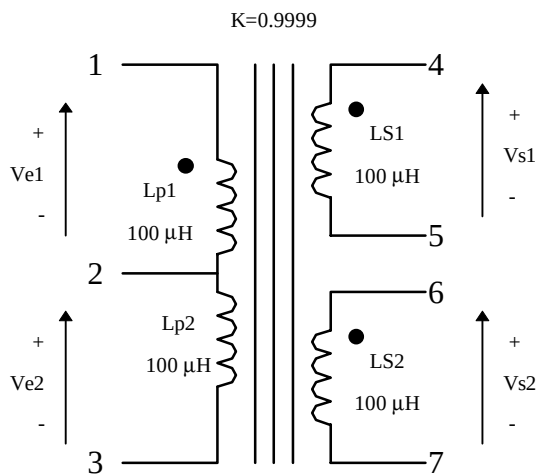
L1 1 2 0.5M

L2 4 3 0.5M

* ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO

KTRANS L1 L2 0.9999

Definir el siguiente transformador de primario con toma intermedia y dos secundarios:



* PRIMARIO

LP1 1 2 100UH

LP2 2 3 100UH

* SECUNDARIO

LS1 4 5 100UH

LS2 6 7 100UH

* ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO

KMAG LP1 LP2 LS1 LS2 0.999

ELEMENTOS ACTIVOS

En este apartado estudiaremos las sentencias que se utilizan para introducir en la descripción del circuito los elementos activos del mismo, tales como diodos, transistores bipolares, de unión FET, MOSFET y GaAsFET.

Diodos

Para introducir un diodo en la descripción del circuito, usaremos la sentencia:

D(nombre) (ánodo) (cátodo) (modelo) (área)*

Una vez introducido el diodo, para su correcta descripción hemos de definir su modelo correspondiente o bien usar uno de la librería. La sintaxis del modelo es:

.MODEL (modelo) D(parámetro del modelo = valor)*

El término (área) es un coeficiente multiplicador que permite definir con los mismos parámetros aquellos diodos que están fabricados con el mismo proceso tecnológico, pero que difieren en el área de la unión p-n efectiva de cada diodo.

Todos los parámetros del modelo son características físicas del diodo, que dependen de la propia fabricación del mismo. PSPICE cuenta con el programa Parts, el cual nos permite definir modelos de diodos, transistores, etc. a partir de las características y diferentes gráficas suministradas por los fabricantes de componentes, calculando de forma automática el valor de los parámetros del modelo.

En las librerías de PSPICE se encuentran descritos los modelos para una gran cantidad de diodos comerciales que podemos utilizar en nuestro circuito.

En los modelos se tienen en cuenta los efectos de temperatura y ruido para un ancho de banda de 1Hz.

EJEMPLOS:

Describir un diodo estándar, al que hemos llamado con el número 3, que está colocado entre los nudos 5 y 4 para el ánodo y el cátodo, respectivamente:

```
D3 5 4 EST
.MODEL EST D
```

Describir un diodo llamado RECT, colocado entre los nudos 1 y 2, cuyo modelo corresponde al diodo 1N4148 de la librería DIODE.LIB:

```
DRECT 1 2 D1N4148
.LIB DIODE.LIB
```

Transistores bipolares

Para introducir un transistor en la descripción del circuito, usaremos la sentencia:

Q(nombre) (colector) (base) (emisor) (substrato)* (modelo) (área)*

Una vez introducido el transistor, para su correcta descripción hemos de definir su modelo correspondiente o bien usar uno de la librería. La sintaxis del modelo es:

```
.MODELO (modelo) NPN(parámetro del modelo = valor)*
.MODELO (modelo) PNP(parámetro del modelo = valor)*
.MODELO (modelo) LPNP(parámetro del modelo = valor)*
```

según sea el transistor NPN, PNP o de estructura lateral, respectivamente.

EL nudo de conexión del substrato es opcional, y si no se especifica se conectará por defecto a tierra.

El término (área) es un factor multiplicador utilizado para establecer el número de transistores equivalentes en paralelo (para un modelo en concreto).

Al igual que ocurría con los diodos se pueden introducir modelos con el programa Parts, aunque en las librerías de PSPICE se encuentran descritos los modelos para una gran cantidad de transistores comerciales que podemos utilizar en nuestro circuito.

En los modelos se tienen en cuenta los efectos de temperatura y ruido para un ancho de banda de 1Hz.

EJEMPLOS:

Describir un transistor PNP estándar, al que hemos llamado con el número 1, que está colocado entre los nudos 14, 2 y 13 para el colector, base y emisor, respectivamente:

```
Q1 14 2 13 PNPEST
.MODEL PNPEST PNP
```

Describir un transistor NPN estándar, al que hemos llamado PASO, que está colocado entre los nudos 12, 5 y masa para el colector, base y emisor, respectivamente, y cuyo valor del área es 1.5:

```
QPASO 12 5 0 NPNEST 1.5
.MODEL NPNEST NPN
```

Describir el transistor al que hemos llamado con el número 3, correspondiente al transistor "N" de la librería BIPOLAR.LIB, que está colocado entre los nudos 1, 2 y 5 para el colector, base y emisor, respectivamente:

```
Q3 1 2 5 Q2N2222
.LIB BIPOLAR.LIB
```

Transistor de unión FET

Para introducir un transistor de unión FET en la descripción del circuito, usaremos la sentencia:

J(nombre) (drenador) (puerta) (surtidor) (modelo) (área)*

Una vez introducido el transistor JFET, para su correcta descripción hemos de definir su modelo correspondiente o bien usar uno de la librería. La sintaxis del modelo es:

```
.MODEL (modelo) NJF(parámetro del modelo = valor)*
.MODEL (modelo) PJF(parámetro del modelo = valor)*
```

según el JFET sea de canal N o de canal P, respectivamente.

El término (área) es un factor multiplicador utilizado para especificar el número de transistores JFET equivalentes en paralelo.

Al igual que ocurría con los diodos se pueden introducir modelos con el programa Parts, aunque en las librerías de PSPICE se encuentran descritos los modelos para una gran cantidad de transistores JFET comerciales que podemos utilizar en nuestro circuito.

En los modelos se tienen en cuenta los efectos de temperatura y ruido para un ancho de banda de 1Hz.

EJEMPLOS:

Describir el transistor FET estándar de canal N, al que hemos llamado SAL, colocado entre los nudos 3, 1 y masa para el drenador, puerta y surtidor, respectivamente:

```
JSAL 3 1 0 JEST
.MODEL JEST NJF
```

Describir el transistor FET, al que hemos llamado con el número 10, colocado entre los nudos 4, 5 y 2 para el drenador, puerta y surtidor, respectivamente, y que corresponde con el transistor 2N4119 de la librería JFET.LIB:

```
J10 4 5 2 J2N4119
.LIB JFET.LIB
```

Transistores MOSFET

Para introducir un transistor MOSFET en la descripción del circuito, usaremos la sentencia:

M(nombre) (drenador) (puerta) (surtidor) (substrato) (modelo) (L = valor)* (W = valor)* + (AD = valor)* (AS = valor)* (PD = valor)* (PS = valor)* (NRD = valor)* (NRS = valor)* + (NRG = valor)* (NRB = valor)* (M = valor)*

Una vez definido el transistor, para su correcta descripción hemos de definir su modelo correspondiente o bien usar uno de la librería. La sintaxis del modelo es:

```
.MODEL (modelo) NMOS(parámetro del modelo = valor)*
.MODEL (modelo) PMOS(parámetro del modelo = valor)*
```

según sea un transistor MOSFET de canal N o de canal P, respectivamente.

Los parámetros L y W son la longitud y anchura del canal, los cuales pueden especificarse en la sentencia del elemento, en el modelo o en la sentencia .OPTIONS. El valor en la sentencia del elemento reemplaza al valor dado en el modelo y éste reemplaza al valor dado en la sentencia .OPTIONS.

AD y AS son las áreas de difusión del drenador y el surtidor. PD y PS son los perímetros de difusión del drenador y el surtidor. NRD, NRS, NRG y NRB son las resistividades relativas del drenador, surtidor, puerta y substrato, respectivamente.

Por último, M es un multiplicador del elemento con valor por defecto 1, que simula el efecto de varios elementos en paralelo. La anchura efectiva, capacidades de unión y corrientes de unión del MOSFET se multiplicarán por M. El valor de las resistencias parásitas se dividirá por M.

Al igual que ocurría con los diodos se pueden introducir modelos con el programa Parts, aunque en las librerías de PSPICE se encuentran descritos los modelos para una gran cantidad de transistores MOSFET comerciales que podemos utilizar en nuestro circuito.

En los modelos se tienen en cuenta los efectos de temperatura y ruido para un ancho de banda de 1Hz.

EJEMPLOS:

Describir un transistor MOSFET de canal N, al que hemos llamado con el número 20, colocado entre los nudos 14, 2, 13 y masa para el drenador, puerta, surtidor y substrato respectivamente, y con unos parámetros L=25μ y W=12μ:

```
M20 14 2 13 0 NNOM L=25u W=12u
.MODEL NNOM NMOS
```

Describir un transistor MOSFET, al que hemos llamado AMPL, colocado entre los nudos 4, 5, 7 y 3 para el drenador, puerta, surtidor y sustrato, respectivamente, y que corresponde el transistor 2N6792 de la librería PWRMOS.LIB:

```
MAMPL 4 5 7 3 M2N6792
.LIB PWRMOS.LIB
```

Transistores GaAsFET

Para introducir un transistor GaAsFET en la descripción del circuito usaremos la sentencia:

B(nombre) (drenador) (puerta) (surtidor) (modelo) (área)*

Una vez introducido el transistor, para su correcta descripción hemos de definir su modelo correspondiente o bien usar uno de la librería. La sintaxis del modelo es:

.MODEL (modelo) GASFET(parámetro del modelo = valor)*

El término (área) es relativo al área del elemento, y su valor por defecto es 1.

Al igual que ocurría con los diodos se pueden introducir modelos con el programa Parts, aunque en las librerías de PSPICE se encuentran descritos los modelos para una gran cantidad de transistores GaAsFET comerciales que podemos utilizar en nuestro circuito.

En los modelos se tienen en cuenta los efectos de temperatura y ruido para un ancho de banda de 1Hz.

EJEMPLOS:

Describir un transistor GaAsFET estándar, al que hemos llamado ENT, colocado entre los nudos 100, 1 y masa para el drenador, puerta y surtidor, respectivamente:

```
BENT 100 1 0 GEST
.MODEL GEST GASFET
```

Describir un transistor GaAsFET, al que hemos llamado con el número 13, colocado entre los nudos 3, 2 y 1 para el drenador, puerta y surtidor, respectivamente, con un área de valor 2:

```
B13 3 2 1 GNOMI 2
.MODEL GNOMI GASFET
```

INTERRUPTORES

Pasaremos ahora a analizar las sentencias disponibles en PSPICE para describir interruptores, los cuales han de ser controlados por tensión o intensidad.

Interruptores controlados por tensión

Para introducir en la descripción del circuito un interruptor controlado por tensión, usaremos la sentencia:

S(nombre) (nudo+) (nudo-) (nudo control+) (nudo control-) (modelo)

Para la correcta descripción del interruptor, hemos de definir su modelo correspondiente con la siguiente sintaxis:

.MODEL (modelo) VSWITCH(parámetro del modelo = valor)*

En la siguiente tabla podemos ver los distintos parámetros del modelo del interruptor controlado por tensión, así como su significado y valor por defecto con unidades:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
RON	Resistencia en cortocircuito.	1Ω
ROFF	Resistencia en circuito abierto.	1E6 Ω
VON	Tensión de control para el cierre.	1 V
VOFF	Tensión de control para la apertura.	0 V

El interruptor controlado por tensión es un tipo especial de resistencia controlada por tensión. La resistencia entre los nudos (+) y (-) depende de la tensión entre los nudos de control (+) y (-). La resistencia varía de forma continua entre los valores RON y ROFF.

Los valores de RON y ROFF deben ser mayores que cero y menores que 1/GMIN. El valor de GMIN puede definirse como una opción de la sentencia .OPTIONS. Su valor por defecto es 1E-12 Ω.

En las siguientes ecuaciones aparecerán los términos:

Vc = Tensión entre los nudos de control.

$Lm = \ln((RON \times ROFF)^{1/2})$

$Lr = \ln(ROFF/RON)$

$Vm = (VON + VOFF)/2$

$Vd = VON - VOFF$

Rs = Resistencia del interruptor.

Resistencia del interruptor:

1. Si $VON > VOFF$, entonces:

Para $Vc \geq VON$: $Rs = RON$

Para $Vc \leq VOFF$: $Rs = ROFF$

Para $VOFF < Vc < VON$: $Rs = \exp(Lm + 3 \times Lr \times (Vc - Vm) / (2 \times Vd) - 2 \times Lr \times (Vc - Vm)^3 / Vd^3)$

2. Si $VON < VOFF$, entonces:

Para $Vc \leq VON$: $Rs = RON$

Para $Vc \geq VOFF$: $Rs = ROFF$

Para $VOFF > Vc > VON$: $Rs = \exp(Lm - 3 \times Lr \times (Vc - Vm) / (2 \times Vd) + 2 \times Lr \times (Vc - Vm)^3 / Vd^3)$

El interruptor controlado por tensión genera un ruido térmico como si fuese una resistencia con el mismo valor que tiene el interruptor para el punto de trabajo. El ruido se calcula para un ancho de banda de 1 Hz.

EJEMPLOS:

Describir un interruptor estándar controlado por tensión, llamado con el número 4, colocado entre los nudos 3 y 7, y controlado por la tensión del nudo 4:

```
S4 3 7 4 0 SMOD
.MODEL SMOD VSWITCH
```

Describir un interruptor controlador por tensión, llamado BIP, colocado entre los nudos 6 y masa, controlado por la tensión entre los nudos 8 y 9, y con una resistencia para el estado ON de 5Ω:

```
SBIP 6 0 8 9 SCIE
.MODEL SCIE VSWITCH(RON=5)
```

Interruptores controlados por intensidad

Para introducir en la descripción del circuito un interruptor controlado por intensidad, usaremos la sentencia:

W(nombre) (nudo+) (nudo-) (fuente de tensión de control) (modelo)

Para la correcta descripción del interruptor, hemos de definir su modelo correspondiente con la siguiente sintaxis:

.MODEL (modelo) ISWITCH(parámetro del modelo = valor)

En la siguiente tabla podemos ver los distintos parámetros del modelo del interruptor controlado por intensidad, así como su significado y valor por defecto con unidades:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
RON	Resistencia en cortocircuito.	1 Ω
ROFF	Resistencia en circuito abierto.	1E6 Ω
ION	Intensidad de control para el cierre.	1E-3 A
IOFF	Intensidad de control para la apertura.	0 A

El interruptor controlado por intensidad es un tipo especial de resistencia controlada por intensidad. La resistencia entre los nudos (+) y (-) depende de la intensidad que circula por la fuente de tensión independiente de control. La resistencia varía de forma continua entre los valores RON y ROFF.

Los valores de RON y ROFF deben ser mayores que cero y menores que 1/GMIN. El valor de GMIN puede definirse como una opción de la sentencia .OPTIONS. Su valor por defecto es 1E-12 Ω .

En las siguientes ecuaciones aparecerán los términos:

Ic = Intensidad por la fuente de control.

Lm = $\text{Ln}((\text{RON} \times \text{ROFF})^{1/2})$

Lr = $\text{Ln}(\text{RON}/\text{ROFF})$

Im = $(\text{ION} + \text{IOFF})/2$

Id = $\text{ION} - \text{IOFF}$

Rs = Resistencia del interruptor.

Resistencia del interruptor:

1. Si $\text{ION} > \text{IOFF}$, entonces:

Para $\text{Ic} \geq \text{ION}$: $\text{Rs} = \text{RON}$

Para $\text{Ic} \leq \text{IOFF}$: $\text{Rs} = \text{ROFF}$

Para $\text{IOFF} < \text{Ic} < \text{ION}$: $\text{Rs} = \exp(\text{Lm} + 3 \times \text{Lr} \times (\text{Ic} - \text{Im}) / (2 \times \text{Id}) - 2 \times \text{Lr} \times (\text{Ic} - \text{Im})^3 / \text{Id}^3)$

2. Si $\text{ION} < \text{IOFF}$, entonces:

Para $\text{Ic} \leq \text{ION}$: $\text{Rs} = \text{RON}$

Para $\text{Ic} \geq \text{IOFF}$: $\text{Rs} = \text{ROFF}$

Para $\text{IOFF} > \text{Ic} > \text{ION}$: $\text{Rs} = \exp(\text{Lm} - 3 \times \text{Lr} \times (\text{Ic} - \text{Im}) / (2 \times \text{Id}) + 2 \times \text{Lr} \times (\text{Ic} - \text{Im})^3 / \text{Id}^3)$

El interruptor controlado por intensidad genera un ruido térmico como si fuese una resistencia con el mismo valor que tiene el interruptor para el punto de trabajo. El ruido se calcula para un ancho de banda de 1 Hz.

EJEMPLOS:

Describir un interruptor estándar controlado por intensidad, al que hemos llamado número 5, colocado entre los nudos 3 y 7 y controlado por la intensidad que circula por la fuente de tensión llamada AUX:

```
W5 3 7 VAUX WEST  
.MODEL WEST ISWITCH
```

Describir un interruptor controlado por tensión, llamado REST, colocado entre los nudos 4 y masa, controlado por la intensidad que circula por la fuente de tensión llamada MED y con una resistencia para el estado OFF de $5E6 \Omega$:

```
WREST 4 0 VMED WCORTO  
.MODEL WCORTO ISWITCH (ROFF=5E6)
```

FUENTES INDEPENDIENTES

Aquí veremos la sintaxis de las sentencias que nos permiten describir las fuentes independientes de tensión o intensidad contenidas en el circuito.

Fuentes de tensión independientes

Para introducir en la descripción del circuito una fuente de tensión independiente, utilizaremos la sentencia:

V(nombre) (nudo+) (nudo-) (DC (valor)) (AC (amplitud) (fase)) (especificaciones transitorias)

La fuente puede tener una tensión continua (que se especifica con el término DC seguido del valor en voltios), una tensión sinusoidal de frecuencia variable (que se especifica con el término AC seguido de la amplitud en voltios y el desfase en grados) o bien una tensión variable en el tiempo, como puede ser una señal exponencial, pulsante, sinusoidal, sinusoidal modulada en frecuencia o definida por el usuario en tramos. Los valores DC, AC y especificaciones transitorias por defecto son nulos. Podemos especificar para una fuente valores DC, AC y transitorios independientemente, o bien sólo algunos de ellos. Resaltar que el valor de (fase) para la fuente AC será especificado en grados.

Hay que destacar que la corriente, en PSPICE, se considera positiva cuando entra en la fuente por el nudo positivo (+).

Las especificaciones transitorias pueden ser:

EXP(parámetro = valor)* para formas de onda exponenciales.

PULSE(parámetro = valor)* para formas de onda pulsantes.

PWL(parámetro = valor)* para formas de onda definidas por tramos.

SFFM(parámetro = valor)* para formas de onda sinusoidales moduladas en frecuencia.

SIN(parámetro = valor)* para formas de onda sinusoidales.

Las variables (paso pres) y (tiempo final), usadas por defecto para algunos parámetros de las formas de onda, están definidas en la sentencia .TRAN correspondiente al análisis transitorio. (Paso pres) es el paso entre valores a presentar y (tiempo final) es el valor de tiempo final para el análisis transitorio.

Veamos unos **ejemplos** para fuentes con valores continuos o con tensiones sinusoidales de frecuencia variable:

Describir una fuente de tensión continua, llamada ALIM, de valor 15V, colocada entre los nudos 1 y masa:

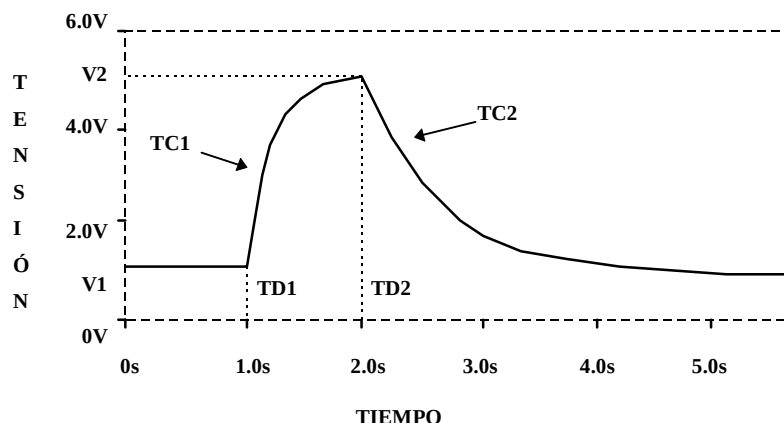
```
VALIM 1 0 DC 15
```

Describir una fuente de tensión, llamada con el número 4, colocada entre los nudos 5 y 6, con un valor de tensión continua de 5V y un valor de tensión sinusoidal de frecuencia variable, de 10V de amplitud y un desfase de 30 grados:

```
V4 5 6 DC 5 AC 10 30
```

Veamos ahora una explicación detallada de las formas de onda que podemos generar con las (especificaciones transitorias):

Señal exponencial



Una fuente de tensión exponencial, como la mostrada en la figura anterior, se define con el término:

EXP((V1) (V2) (td1) (tc1) (td2) (tc2))

donde aparecen los términos mostrados en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(V1)	Tensión inicial en voltios.	Ninguno.
(V2)	Tensión de pico en voltios.	Ninguno.
(td1)	Tiempo de retardo para la subida.	0 Sg
(tc1)	Constante de tiempo de subida.	PASO PRES Sg
(td2)	Tiempo de retardo para la bajada.	(td1)+PASO PRES Sg
(tc2)	Constante de tiempo de bajada.	PASO PRES Sg

La forma de onda viene dada por las fórmulas:

Desde el instante de tiempo $T=0$ Sg hasta $td1$ la salida es: $V_{sal} = V1$

Desde el instante $td1$ hasta $td2$ la salida es: $V_{sal} = V1 + (V2 - V1)(1 - e^{\frac{-(TIEMPO - td1)}{tc1}})$

Y desde el instante $td2$ hasta TIEMPO FINAL es:

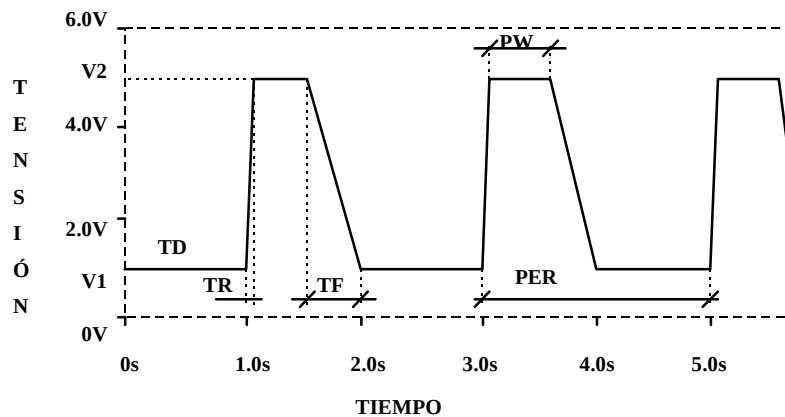
$$V_{sal} = V1 + (V2 - V1)((1 - e^{\frac{-(TIEMPO - td1)}{tc1}}) - (1 - e^{\frac{-(TIEMPO - td2)}{tc2}}))$$

EJEMPLO:

Describir la fuente de tensión llamada EXP, colocada entre los nudos 2 y 0, que genere la forma de onda exponencial mostrada en la figura anterior:

VEXP 2 0 EXP(1V 5V 1 .2 2 .5)

Señal pulsante



Una fuente de tensión pulsante, como la mostrada en la figura anterior, se define con el término:

PULSE((V1) (V2) (td) (tr) (tf) (pw) (per))

donde aparecen los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(V1)	Tensión inicial en voltios.	Ninguno.
(V2)	Tensión del pulso en voltios.	Ninguno.
(td)	Tiempo de retardo.	0 Sg
(tr)	Tiempo de subida.	PASO PRES Sg
(tf)	Tiempo de bajada.	PASO PRES Sg
(pw)	Duración del pulso (estado alto).	TIEMPO FINAL Sg
(per)	Periodo de la señal.	TIEMPO FINAL Sg

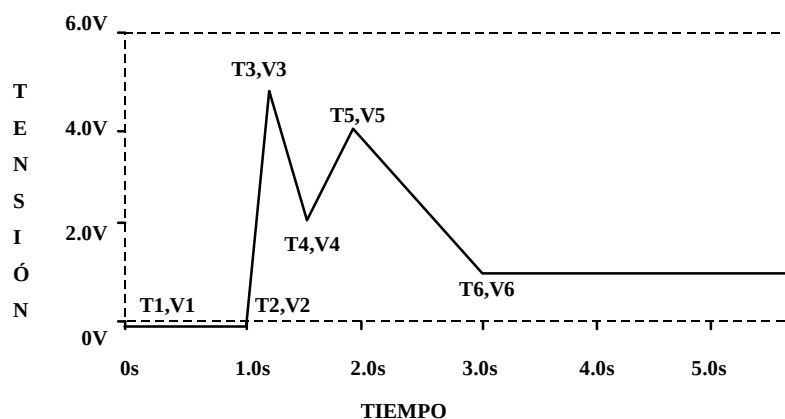
La forma PULSE genera una señal de tensión (V1) durante los (td) primeros segundos. Después, la señal crece linealmente desde (V1) hasta (V2) durante los próximos (tr) segundos. Entonces la tensión permanece constante al valor (V2) durante (pw) segundos. A continuación, la señal decrece linealmente, desde (V2) hasta (V1), durante los siguientes (tf) segundos. Se mantiene a una tensión (V1) durante (per)-(tr)-(pw)-(tf) segundos y después vuelve a comenzar el ciclo, exceptuando el tiempo inicial de retardo (td).

EJEMPLO:

Definir la fuente de tensión, llamada PULSE, colocada entre el nudo 1 y masa, que genera una señal pulsante como la mostrada en la figura anterior:

VPULSE 1 0 PULSE(1V 5V 1S .1S .4S .5S 2S)

Señal definida por tramos



Una fuente de tensión definida por el usuario por tramos rectos, se describe mediante el término:

PWL((t1) (v1) (t2) (v2) ... (tn) (vn))

donde aparecen los parámetros:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO
(tn)	Tiempo de un punto en segundos.
(vn)	Tensión de un punto en voltios.

La forma PWL describe una señal definida por tramos lineales. Cada par de valores tiempo-tensión especifica un punto de la señal. Podemos definir hasta 3995 pares de valores para generar la forma de onda. La tensión entre dos puntos definidos la calcula PSPICE por interpolación lineal.

EJEMPLO:

Describir la fuente de tensión, llamada PWL, colocada entre el nudo 1 y masa, que genera una señal definida por tramos como la mostrada en la figura anterior:

VPWL 1 0 PWL(0 0V 1 0V 1.2 5V 1.4 2V 2 4V 3 1V)

Señal sinusoidal modulada en frecuencia

una fuente de tensión sinusoidal modulada en frecuencia se define con el término:

SFFM((voff) (vampl) (fc) (mod) (fm))

Donde aparecen los parámetros:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(voff)	Tensión de offset en voltios.	Ninguno.
(vampl)	Tensión de pico en voltios.	Ninguno.
(fc)	Frecuencia de la portadora.	1/TIEMPO FINAL Hz
(mod)	Índice de modulación.	0
(fm)	Frecuencia de modulación.	1/TIEMPO FINAL Hz

La forma SFFM genera una tensión sinusoidal modulada en frecuencia definida por la fórmula:

$$V_{sal} = v_{off} + v_{ampl} \times \sin(2 \times \Pi \times f_c \times TIEMPO + mod \times \sin(2 \times \Pi \times f_m \times TIEMPO))$$

EJEMPLO:

Definir la fuente de tensión, llamada SFFM, colocada entre los nudos 4 y 5, que genera una forma de onda sinusoidal modulada en frecuencia con tensión de pico de 1V, tensión de offset 2V, portadora de 8Hz, índice de modulación 4 y frecuencia de modulación 1Hz:

VSFFM 4 5 SFFM(2V 1V 8HZ 4 1HZ)

Señal sinusoidal

Una fuente de tensión sinusoidal se describe con el término:

SIN((voff) (vampl) (freq) (td) (df) (fase))

Donde aparecen los términos:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(voff)	Tensión de offset en voltios.	Ninguno.
(vampl)	Tensión de pico en voltios.	Ninguno.
(freq)	Frecuencia.	1/TIEMPO FINAL Hz

(td)	Tiempo de retardo.	0 Sg
(df)	Factor de amortiguamiento.	0 Sg ⁻¹
(fase)	Desfase de la señal.	0 grados

El tiempo de retardo es el tiempo en que empieza a atenuarse la señal. Desde 0 a (td) la señal tendrá un valor constante de voff+(1/2)(vaml).

La señal la podemos describir mediante las fórmulas:

Desde el instante de tiempo T=0Sg hasta (td): $V_{sal} = v_{off} + v_{aml} \times \sin(2 \times \pi \times \frac{fase}{360^\circ})$

Y desde el instante (td) hasta TIEMPO FINAL:

$$V_{sal} = v_{off} + v_{aml} \times \sin(2 \times \pi \times (freq \times (tiempo - td) + \frac{fase}{360^\circ})) \times e^{-(TIEMPO - td) \times df}$$

Esta forma de onda definida mediante SIN sólo se utilizará para el análisis transitorio, no teniendo ningún efecto para el análisis de respuesta en frecuencia .AC.

EJEMPLO:

Definir la fuente de tensión, llamada SIN, colocada entre el nudo 1 y masa, que genera una forma de onda sinusoidal con tensión de offset 2V, tensión de pico 2V, frecuencia 5Hz, tiempo de retardo 1s y desfase de 30 grados:

VSIN 1 0 SIN(2V 2V 5HZ 1S 1 30)

Fuentes de intensidad independientes

Para introducir en la descripción del circuito una fuente de intensidad independiente, utilizaremos la sentencia:

I(nombre) (nudo+) (nudo-) (DC (valor)) (AC (amplitud) (fase)) (especificaciones transitorias)

La fuente puede tener una intensidad continua (que se especifica con el término DC seguido del valor en amperios), una intensidad sinusoidal de frecuencia variable (que se especifica con el término AC seguido de la amplitud en amperios y el desfase en grados) o bien una intensidad variable en el tiempo, como puede ser una señal exponencial, pulsante, sinusoidal, sinusoidal modulada en frecuencia o definida por el usuario por tramos. Los valores DC, AC y especificaciones transitorias por defecto son nulos. Podemos especificar para una fuente valores DC, AC y transitorios independientemente, o bien sólo algunos de ellos. Hay que resaltar que el valor de (fase) para la fuente AC será especificado en grados.

Hay que destacar que la corriente en PSPICE se considera positiva cuando entra en la fuente por el nudo (+).

Las especificaciones transitorias pueden ser:

EXP(parámetro = valor)* para formas de onda exponenciales.

PULSE(parámetro = valor)* para formas de onda pulsantes.

PWL(parámetro = valor)* para formas de onda definidas por tramos.

SFFM(parámetro = valor)* para formas de onda sinusoidales moduladas en frecuencia.

SIN(parámetro = valor)* para formas de onda sinusoidales.

Las variables (paso pres) y (tiempo final), usadas por defecto para algunos parámetros de las formas de onda, están definidas en la sentencia .TRAN correspondiente al análisis transitorio. (Paso pres) es el paso entre valores a presentar y (tiempo final) es el valor de tiempo final para el análisis transitorio.

Veamos unos **ejemplos** para fuentes con valores de intensidad continua o con intensidades sinusoidales de frecuencia variable:

Describir la fuente de intensidad continua, llamada ALIM, de valor 15A, colocada entre los nudos 1 y masa:

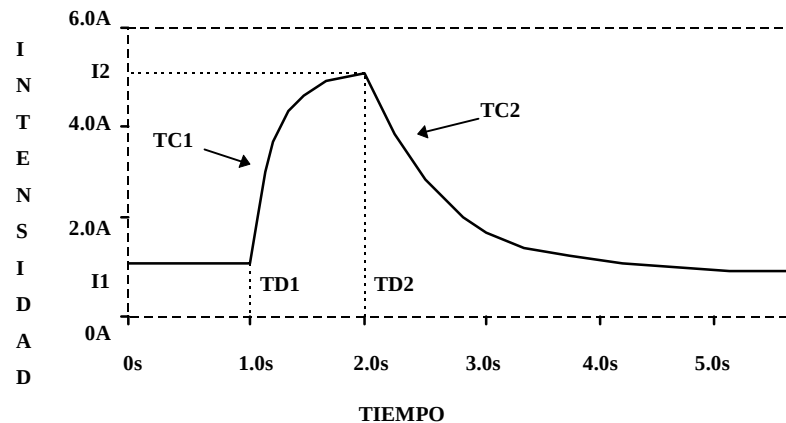
IALIM 1 0 DC 15A

Describir la fuente de intensidad, llamada con el número 4, colocada entre los nudos 5 y 6, con un valor de intensidad continua de 5A y un valor de intensidad sinusoidal de frecuencia variable de 10A de amplitud y un desfase de 30 grados:

Y4 5 6 DC 5 AC 10 30

Veamos una explicación detallada de las formas de onda que podemos generar con las (especificaciones transitorias):

Señal exponencial



Una fuente de intensidad exponencial, como la mostrada en la figura anterior, se define con el término:

EXP((I1) (I2) (td1) (tc1) (td2) (tc2))

donde aparecen los términos mostrados en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(I1)	Intensidad inicial en amperios.	Ninguno.
(I2)	Intensidad de pico en amperios.	Ninguno.
(td1)	Tiempo de retardo para la subida.	0 Sg
(tc1)	Constante de tiempo de subida.	PASO PRES Sg
(td2)	Tiempo de retardo para la bajada.	(td1)+PASO PRES Sg
(tc2)	Constante de tiempo de bajada.	PASO PRES Sg

La forma de onda viene dada por las fórmulas:

Desde el instante de tiempo $T=0$ Sg hasta $td1$ la salida es: $Isal = I1$

Desde el instante $td1$ hasta $td2$ la salida es: $Isal = I1 + (I2 - I1)(1 - e^{\frac{-(TIEMPO - td1)}{tc1}})$

Y desde el instante $td2$ hasta TIEMPO FINAL es:

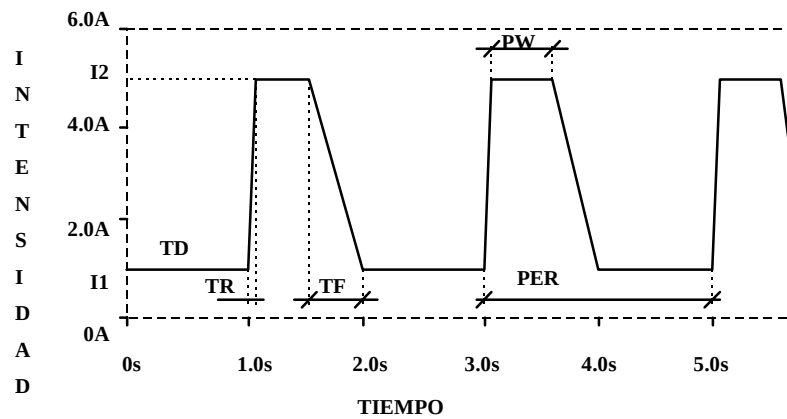
$$Isal = I1 + (I2 - I1)((1 - e^{\frac{-(TIEMPO - td1)}{tc1}}) - (1 - e^{\frac{-(TIEMPO - td2)}{tc2}}))$$

EJEMPLO:

Describir la fuente de intensidad llamada EXP, colocada entre los nudos 1 y 0, que genere la forma de onda exponencial mostrada en la figura anterior:

IEXP 1 0 EXP(1A 5A 1 .2 2 .5)

Señal pulsante



Una fuente de intensidad pulsante, como la mostrada en la figura anterior, se define con el término:

PULSE((I1) (I2) (td) (tr) (tf) (pw) (per))

donde aparecen los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(I1)	Intensidad inicial en amperios.	Ninguno.
(I2)	Intensidad del pulso en amperios.	Ninguno.
(td)	Tiempo de retardo.	0 Sg
(tr)	Tiempo de subida.	PASO PRES Sg
(tf)	Tiempo de bajada.	PASO PRES Sg
(pw)	Duración del pulso (estado alto).	TIEMPO FINAL Sg
(per)	Periodo de la señal.	TIEMPO FINAL Sg

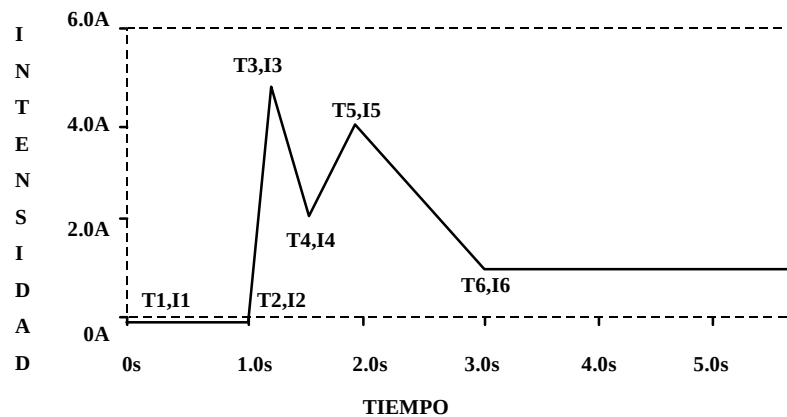
La forma PULSE genera una señal de intensidad (I1) durante los (td) primeros segundos. Después, la señal crece linealmente desde (I1) hasta (I2) durante los próximos (tr) segundos. Entonces la intensidad permanece constante al valor (I2) durante (pw) segundos. A continuación, la señal decrece linealmente, desde (I2) hasta (I1), durante los siguientes (tf) segundos. Se mantiene a una intensidad (I1) durante (per)-(tr)-(pw)-(tf) segundos y después vuelve a comenzar el ciclo, exceptuando el tiempo inicial de retardo (td).

EJEMPLO:

Definir la fuente de intensidad, llamada PULSE, colocada entre el nudo 1 y masa, que genera una señal pulsante como la mostrada en la figura anterior:

```
IPULSE 1 0 PULSE(1A 5A 1S .1S .4S .5S 2S)
```

Señal definida por tramos



Una fuente de intensidad definida por el usuario por tramos rectos, se describe mediante el término:

PWL((t1) (i1) (t2) (i2) ... (tn) (in))

donde aparecen los parámetros:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO
(tn)	Tiempo de un punto en segundos.
(in)	Intensidad de un punto en amperios.

La forma PWL describe una señal definida por tramos lineales. Cada par de valores tiempo-intensidad especifica un punto de la señal. Podemos definir hasta 3995 pares de valores para generar la forma de onda. La intensidad entre dos puntos definidos la calcula PSPICE por interpolación lineal.

EJEMPLO:

Describir la fuente de intensidad, llamada PWL, colocada entre el nudo 1 y masa, que genera una señal definida por tramos como la mostrada en la figura anterior:

IPWL 1 0 PWL(0 0A 1 0A 1.2 5A 1.4 2A 2 4A 3 1A)

Señal sinusoidal modulada en frecuencia

una fuente de intensidad sinusoidal modulada en frecuencia se define con el término:

SFFM((ioff) (iamp) (fc) (mod) (fm))

Donde aparecen los parámetros:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(ioff)	Intensidad de offset en amperios.	Ninguno.
(iamp)	Intensidad de pico en amperios.	Ninguno.
(fc)	Frecuencia de la portadora.	1/TIEMPO FINAL Hz
(mod)	Índice de modulación.	0
(fm)	Frecuencia de modulación.	1/TIEMPO FINAL Hz

La forma SFFM genera una intensidad sinusoidal modulada en frecuencia definida por la fórmula:

$$I_{sal} = i_{off} + i_{amp} \times \sin(2 \times \Pi \times f_c \times TIEMPO + mod \times \sin(2 \times \Pi \times f_m \times TIEMPO))$$

EJEMPLO:

Definir la fuente de intensidad, llamada SFFM, colocada entre los nudos 4 y 5, que genera una forma de onda sinusoidal modulada en frecuencia con intensidad de pico de 1A, intensidad de offset 2A, portadora de 8Hz, índice de modulación 4 y frecuencia de modulación 1Hz:

ISFFM 4 5 SFFM(2A 1A 8HZ 4 1HZ)

Señal sinusoidal

Una fuente de intensidad sinusoidal se describe con el término:

SIN((ioff) (iamp) (freq) (td) (df) (fase))

Donde aparecen los términos:

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
(ioff)	Intensidad de offset en amperios.	Ninguno.
(iamp)	Intensidad de pico en amperios.	Ninguno.
(freq)	Frecuencia.	1/TIEMPO FINAL Hz
(td)	Tiempo de retardo.	0 Sg
(df)	Factor de amortiguamiento.	0 Sg ⁻¹
(fase)	Desfase de la señal.	0 grados

El tiempo de retardo es el tiempo en que empieza a atenuarse la señal. Desde 0 a (td) la señal tendrá un valor constante de ioff+(1/2)(iamp).

La señal la podemos describir mediante las fórmulas:

Desde el instante de tiempo T=0Sg hasta (td): $Isal = ioff + iamp \times \sin(2 \times \Pi \times \frac{fase}{360^\circ})$

Y desde el instante (td) hasta TIEMPO FINAL:

$Isal = ioff + iamp \times \sin(2 \times \Pi \times (freq \times (tiempo - td) + \frac{fase}{360^\circ})) \times e^{-(TIEMPO - td) \times df}$

Esta forma de onda definida mediante SIN sólo se utilizará para el análisis transitorio, no teniendo ningún efecto para el análisis de respuesta en frecuencia .AC.

EJEMPLO:

Definir la fuente de intensidad, llamada SIN, colocada entre el nudo 1 y masa, que genera una forma de onda sinusoidal con intensidad de offset 2A, intensidad de pico 2A, frecuencia 5Hz, tiempo de retardo 1s y desfase de 30 grados:

ISIN 1 0 SIN(2A 2A 5HZ 1S 1 30)

FUENTES CONTROLADAS

En este apartado estudiaremos las sentencias que definen a las diferentes fuentes controladas disponibles en PSPICE. Estas fuentes podrán ser lineales o no lineales. Las primeras se caracterizarán por su ganancia, mientras que las no lineales pueden ser, a su vez, fuentes polinómicas o dependientes de expresiones más complejas, como tablas de valores o expresadas mediante la transformada de LAPLACE.

Aquí veremos cómo se describen las fuentes lineales y las no lineales que dependen de una función polinómica; las restantes no se incluyen (ya que esto sólo trata de ser una GUÍA BÁSICA, para más información consultar “Simulación electrónica con PSPICE”).

Fuentes de tensión controladas por tensión

Para introducir una fuente de tensión controlada por tensión en la descripción del circuito, utilizaremos una de las siguientes sentencias:

E(nombre) (nudo+) (nudo-) (nudo control+) (nudo control-) (ganancia)
E(nombre) (nudo+) (nudo-) POLY(valor) (nudo control+) (nudo control-) (coef polinomio)
E(nombre) (nudo+) (nudo-) VALUE={expresión}
E(nombre) (nudo+) (nudo-) TABLE{(expresión)}=(entrada) , (salida)
E(nombre) (nudo+) (nudo-) LAPLACE{(expresión)}={transformada}
E(nombre) (nudo+) (nudo-) FREQ{(expresión)}=(freq) , (mag) , (fase)

Los nudos (nudo+) y (nudo-) son los nudos de conexión de la fuente. La corriente circula desde el nudo (+) al nudo (-) a través de la fuente. Los nudos (nudo control +) y (nudo control -) son los que definen las tensiones de control. Un nudo en particular puede aparecer varias veces en la descripción, y los nudos de salida y de control no necesitan ser diferentes.

La primera forma de las mostradas corresponde a una fuente lineal, en ella hay dos nudos de control seguidos por la ganancia de la fuente. La segunda forma corresponde a una fuente no lineal, cuya tensión de control es una función polinómica de una o varias tensiones del circuito. El término POLY(valor) especifica el orden del polinomio, luego el número de pares de nudos de control ha de ser igual a dicho orden. En el apartado Fuentes controladas no lineales de este capítulo veremos cómo se describen estas fuentes.

Las restantes fuentes descritas con los términos VALUE, TABLE, LAPLACE y FREQ se pueden utilizar mediante el Analog Behavioral Modeling (Modelado del comportamiento analógico), el cual se estudia con profundidad en “Simulación electrónica con PSPICE”.

La entrada de una fuente controlada tiene impedancia infinita, no fluye corriente. En otras palabras, la fuente controlada percibe la tensión entre los nudos de control, pero no está realmente conectada a esos nudos.

EJEMPLO:

Describir una fuente llamada SEN, conectada entre los nudos 5 y masa, siendo los nudos de control 7 y 10 y sabiendo que genera una tensión de valor 40 veces superior a la tensión de control:

ESEN 5 0 7 10 40

Fuentes de intensidad controladas por intensidad

Para introducir en la descripción del circuito una fuente de intensidad controlada por intensidad, utilizaremos una de las sentencias:

F(nombre) (nudo+) (nudo-) (fuente de control) (ganancia)
F(nombre) (nudo+) (nudo-) POLY(valor) (fuente de control) (coef polinomio)

Los nudos (nudo+) y (nudo-) son los nudos de conexión de la fuente. La corriente circula del nudo (+) al nudo (-) a través de la fuente. La corriente de la fuente de tensión de control determina la corriente de salida. La fuente de control debe ser una fuente de tensión independiente, aunque no es necesario que tenga un valor nulo DC.

La primera forma de las mostradas, se corresponde con una fuente lineal, donde debe haber especificadas una fuente de tensión de control (cuya intensidad será la de control) seguida de la ganancia. La segunda se corresponde con una fuente no lineal; POLY(valor) especifica el orden del polinomio. El número de fuentes de tensión de control ha de ser igual al orden del polinomio. En el apartado Fuentes controladas no lineales de este capítulo veremos como se describen estas fuentes.

EJEMPLO:

Describir una fuente de intensidad controlada por intensidad, llamada COMP, sabiendo que está conectada entre los nudos 1 y 2, generando una corriente de valor 10 veces superior a la de control (que será la intensidad que circula por la fuente VAUX):

```
FCOMP 1 2 VAUX 10
```

Fuentes de intensidad controladas por tensión

Para introducir una fuente de corriente controlada por tensión en la descripción del circuito, utilizaremos una de las siguientes sentencias:

```
G(nombre) (nudo+) (nudo-) (nudo control+) (nudo control-) (transconductancia)
G(nombre) (nudo+) (nudo-) POLY(valor) (nudo control+) (nudo control-) (coef polinomio)
G(nombre) (nudo+) (nudo-) VALUE={{expresión}}
G(nombre) (nudo+) (nudo-) TABLE{{expresión}}=(entrada) , (salida)
G(nombre) (nudo+) (nudo-) LAPLACE{{expresión}}={{transformada}}
G(nombre) (nudo+) (nudo-) FREQ{{expresión}}=(freq) , (mag) , (fase)
```

Los nudos (nudo+) y (nudo-) son los nudos de conexión de la fuente. La corriente circula desde el nudo (+) al nudo (-) a través de la fuente. Los nudos (nudo control +) y (nudo control -) son los que definen las tensiones de control. Un nudo en particular puede aparecer varias veces en la descripción, y los nudos de salida y de control no necesitan ser diferentes.

La primera forma de las mostradas corresponde a una fuente lineal, en ella hay dos nudos de control seguidos por la transconductancia de la fuente. La segunda forma corresponde a una fuente no lineal, cuya tensión de control es una función polinómica de una o varias tensiones del circuito. El término POLY(valor) especifica el orden del polinomio, luego el número de pares de nudos de control ha de ser igual a dicho orden. En el apartado Fuentes controladas no lineales de este capítulo veremos cómo se describen estas fuentes.

Las restantes fuentes descritas con los términos VALUE, TABLE, LAPLACE y FREQ se pueden utilizar mediante el Analog Behavioral Modeling (Modelado del comportamiento analógico), el cual se estudia con profundidad en “Simulación electrónica con PSPICE”.

La entrada de una fuente controlada tiene impedancia infinita, no fluye corriente. En otras palabras, la fuente controlada percibe la tensión entre los nudos de control, pero no está realmente conectada a esos nudos.

EJEMPLO:

Describir una fuente de intensidad, llamada 2, posicionada entre los nudos 2 y 6, controlada por la tensión Vc situada entre los nudos 1 y 3, sabiendo que genera una corriente 7 veces superior al valor de la tensión de control Vc:

```
G2 2 6 1 3 7
```

Fuentes de tensión controladas por intensidad

Para introducir en la descripción del circuito una fuente de tensión controlada por intensidad, utilizaremos una de las sentencias:

```
H(nombre) (nudo+) (nudo-) (fuente de control) (transresistencia)
H(nombre) (nudo+) (nudo-) POLY(valor) (fuente de control) (coef polinomio)
```

Los nudos (nudo+) y (nudo-) son los nudos de conexión de la fuente. La corriente circula del nudo (+) al nudo (-) a través de la fuente. La corriente de la fuente de tensión de control determina la corriente de salida. La fuente de control debe ser una fuente de tensión independiente, aunque no es necesario que tenga un valor nulo DC.

La primera forma de las mostradas, se corresponde con una fuente lineal, donde debe haber especificadas una fuente de tensión de control (cuya intensidad será la de control) seguida de la transresistencia. La segunda se corresponde con una fuente no lineal; POLY(valor) especifica el orden del polinomio. El número de fuentes de tensión de control ha de ser

igual al orden del polinomio. En el apartado Fuentes controladas no lineales de este capítulo veremos como se describen estas fuentes.

EJEMPLO:

Describir una fuente de tensión, llamada con el número 6 y entre los nudos 3 y 7, controlada por la intensidad I_c que circula por la fuente V2, sabiendo que genera un voltaje 3 veces superior al valor de I_c :

H6 3 7 V2 3

Fuentes controladas no lineales

Algunas fuentes controladas pueden tener una función de control no lineal. Esta vendrá definida por un polinomio. Mediante el Analog Behavioral Modeling (Modelado del comportamiento analógico) podremos definir este tipo de fuentes (ver “Simulación electrónica con PSPICE”).

Así mismo, la función de control puede tener la forma polinómica de cualquier grado y cualquier orden. Para especificar que la fuente controlada es de este tipo utilizaremos el término POLY en su descripción. Si la fuente tiene orden 1 (sólo tiene una fuente de control), especificaremos POLY(1) y si es de orden mayor (hay varias fuentes de control), también lo especificaremos con POLY(n), siendo n el número de fuentes de control. A continuación de POLY se especificarán los nudos de control (nudos de conexión de las fuentes de control) para las fuentes controladas por tensión o bien el nombre de las fuentes de control para las controladas por intensidad, y a continuación los coeficientes del polinomio.

Para las fuentes controladas por tensión (del tipo E y G), el número de nudos de control será el doble del orden del polinomio que las define. Para las fuentes controladas por intensidad (del tipo F y H), el número de fuentes de control será igual al orden del polinomio.

Si llamamos a las tensiones de control (o intensidades) $V_1, V_2, \dots, V_n$, entonces los coeficientes P_n asociados al polinomio siguen esta convención o estructura:

$$\begin{aligned}
 V_{sal} = & P_0 + \\
 & P_1 V_1 + P_2 V_2 + \dots + P_n V_n + \\
 & P_{n+1} V_1 V_1 + P_{n+2} V_1 V_2 + \dots + P_{n+n} V_1 V_n + \\
 & \dots \\
 & P_{(n!/(2(n-2)!)) + 2n} V_n V_n + \\
 & P_{(n!/(2(n-2)!)) + 2n+1} V_1^2 V_1 + P_{(n!/(2(n-2)!)) + 2n+2} V_1^2 V_2 \dots \\
 & \dots
 \end{aligned}$$

Esta descripción corresponde a una fuente de tensión controlada por tensión, pero su formato es general para las fuentes controladas.

No es necesario especificar en la descripción de la fuente todos los coeficientes, pero sí es importante introducirlos correlativos desde el principio sin saltarse ninguno, aunque sea nulo.

EJEMPLOS:

Definir una fuente de tensión, llamada con el número 3, entre los nudos 4 y 5, controlada por tensión, cuya tensión de control es la del nudo2, es decir $V(2)$, y tiene una salida $V_{sal} = V(2) + V(2)^2 + V(2)^3$:

E3 4 5 POLY(1) 2 0 0 1 1 1

Definir una fuente de tensión, llamada ALI2 entre los nudos 12 y 15, controlada por tensión, cuyas fuentes de control VX y VY están conectadas entre los nudos 1-3 la primera, y 4-7 la segunda. La fuente ha de tener una salida tal que $V_{sal} = VX + VY + VX \times VY$:

EALI2 7 0 POLY(2) 1 3 4 7 0 1 1 0 1

Definir una fuente de intensidad, llamada CONT, situada entre los nudos 12 y 15, controlada por intensidad, cuyas fuentes de control son VX y VY. La salida de la fuente ha de ser $I_{sal} = I(VX) + I(VY) + I(VX)^2 + I(VX) \times I(VY)$:

```
FCONT 12 15 POLY(2) VX VY 0 1 1 1 1
```

Hay que tener cuidado de no escribir una fuente controlada en la que ella misma sea una fuente de control, pues PSPICE no podrá calcular el punto de trabajo del circuito y los análisis serán erróneos.

COMPONENTES COMPLEJOS

Como ya hemos visto, PSPICE sólo es capaz de trabajar con resistencias, condensadores, bobinas, diodos, transistores, interruptores y fuentes de tensión e intensidad, por lo que para utilizar en nuestro circuito un elemento más complejo, como es el caso de un amplificador operacional, hemos de diseñar un circuito equivalente a los componentes anteriores.

Para simular un elemento complejo usaremos un subcircuito, que una vez definido bastará con colocar como si se tratase de un único elemento.

En las librerías de PSPICE hay ya definidos algunos elementos complejos en forma de subcircuitos, listos para ser utilizados en nuestro circuito.

A continuación se da la forma de usar dichos subcircuitos ya definidos:

AMPLIFICADORES OPERACIONALES

La forma de incluir un operacional de la librería en la descripción de nuestro circuito es utilizando la sentencia de colocación o llamada de subcircuitos X, cuya sintaxis en este caso será:

`X(nombre) (Ve+) (Ve-) (Vcc) (Vee) (Vs) (referencia del operacional)`

donde en el lugar del término (nombre) especificaremos el nombre dado al operacional en este caso (por ejemplo, U1, U2, ...). A continuación tenemos que enumerar los cinco nudos donde se conectará el operacional, en el orden siguiente: entrada no inversora (Ve+), entrada inversora (Ve-), alimentación positiva (Vcc), alimentación negativa (Vee) y salida (Vs). Por último, en el lugar del término (referencia del operacional) tendremos que especificar el nombre del operacional de la librería que vamos a utilizar (por ejemplo, A741).

Además, tendremos que incluir en la descripción del circuito una sentencia que indique a PSPICE en qué librería se encuentra el operacional en cuestión mediante:

`.LIB (nombre de la librería)`

Por ejemplo, para utilizar el operacional A741 de la librería MISC.LIB, tras colocar el operacional en sus correspondientes nudos incluiríamos la línea:

`.LIB MISC.LIB`

EJEMPLO:

Definir un operacional UA741 al que llamaremos U1, de la librería LINEAR.LIB, conectado de la forma siguiente: Ve+ en nudo 1, Ve- en nudo 3, Vcc en nudo 30, Vee en nudo 40 y salida en el nudo 2:

```
XU1 1 3 30 40 2 UA741  
.LIB LINEAR.LIB
```

TIRISTORES (SCR)

La forma de insertar un tiristor de la librería en la descripción de nuestro circuito será usando la sentencia:

X(nombre) (ánodo) (puerta) (cátodo) (referencia del tiristor)

donde el término (nombre) especifica el nombre que le hemos asignado a este tiristor (por ejemplo, T1, T2, ...). A continuación tenemos que enumerar los nudos a los que está conectado, en el orden: (ánodo), (puerta) y (cátodo). Por último, en el lugar del término (referencia del tiristor) tendremos que especificar el nombre del tiristor de la librería que vamos a utilizar (por ejemplo, 2N4441). Además tendremos que incluir en la descripción del circuito una sentencia que indique a PSPICE en qué librería se encuentra el tiristor en cuestión mediante:

.LIB (nombre de la librería)

EJEMPLO:

Definir un tiristor 2N4172 al que llamaremos T1, perteneciente a la librería THYRISTR.LIB, conectado de la forma siguiente: ánodo en nudo 2, puerta en nudo 4 y cátodo conectado a masa:

```
XT1 2 4 0 2N4172  
.LIB THYRISTR.LIB
```

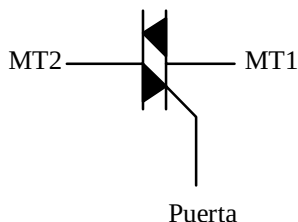
TRIACS

La forma de insertar un triac de la librería en la descripción de nuestro circuito será usando la sentencia:

X(nombre) (MT2) (puerta) (MT1) (referencia del triac)

donde en el lugar del término (nombre) especificaremos el nombre que le hemos asignado a este triac (por ejemplo, T1, T2, ...). A continuación tenemos que enumerar los nudos a los que está conectado, en el orden: (MT2), (puerta), (MT1). Por último, en el lugar del término (referencia del triac) tendremos que especificar el nombre del triac de la librería que vamos a utilizar (por ejemplo, 2N6342). Además, tendremos que incluir en la descripción del circuito una sentencia que indique a PSPICE en qué librería se encuentra el triac en cuestión, mediante:

.LIB (nombre de la librería)



EJEMPLO:

Definir un triac 2N6347 al que llamaremos T1, perteneciente a la librería THYRISTR.LIB, conectado de la siguiente forma: MT2 en nudo 1, puerta en nudo 2 y MT1 en nudo 3:

```
XT1 1 2 3 2N6347  
.LIB THYRISTR.LIB
```

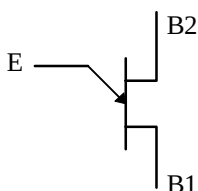
TRANSISTORES UNIUNIÓN (UJT)

La forma de insertar un UJT de la librería en la descripción de nuestro circuito será usando la sentencia:

X(nombre) (B2) (E) (B1) (referencia del UJT)

donde en el lugar del término (nombre) especificaremos el nombre que le hemos asignado a este UJT (por ejemplo, T1, T2, ...). A continuación tenemos que enumerar los nudos a los que está conectado, en el orden: (B2), (E), (B1). Por último, en el lugar del término (referencia del UJT) tendremos que especificar el nombre del UJT de la librería que vamos a utilizar (por ejemplo, 2N4851). Además, tendremos que incluir en la descripción del circuito una sentencia que indique a PSPICE en qué librería se encuentra el UJT en cuestión, mediante:

.LIB (nombre de la librería)



EJEMPLO:

Definir un UJT 2N4871 al que llamaremos T1, perteneciente a la librería NOM.LIB, conectado de la siguiente forma: B2 en nudo 1, E en nudo 2 y B1 en nudo 3:

```
XT1 1 2 3 2N4871
.LIB NOM.LIB
```

OTROS COMPONENTES COMPLEJOS

Además de los elementos vistos hasta el momento, PSPICE 5.0, incluye en sus librerías otros componentes comerciales, definidos siempre en forma de subcircuitos (formados por elementos simples) listos para ser utilizados, de forma similar a lo que hemos visto con el operacional o el tiristor.

Estos componentes son:

- Elementos controlados por tensión (ver “Simulación electrónica con PSPICE”).
- Comparadores de tensión (como, por ejemplo el LM111).
- Reguladores de tensión positivos de 3 terminales (serie LM78XX).
- Reguladores de tensión negativos de 3 terminales (serie LM79XX).
- Reguladores de tensión de precisión (como el LM723, por ejemplo).
- Optoacopladores.
- Cristales de cuarzo de diferentes frecuencias.
- Temporizador 555 (en versión CMOS y BIPOLAR).

Para utilizar estos componentes, sólo tenemos que editar (con cualquier editor de textos) la librería en la que se encuentran, según la lista que se dará a continuación, para conocer su nombre exacto, así como el orden en el que están definidas las patillas o terminales del componente en cuestión para su correcta colocación dentro del circuito. Esto es fácil de ver, ya que las librerías tienen una gran cantidad de comentarios referentes al contenido de las mismas y a cada componente. Incluso aparecerán ejemplos típicos de aplicación en algunos casos, como puede ser para el temporizador 555.

LIBRERÍA DE PSPICE 5.0

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA DIODE.LIB

Diodos rectificadores

1N914	1N914A	1N914B	1N916	1N916A
1N916B	1N3063	1N3064	1N3491	1N3492
1N3493	1N3494	1N3495	1N3604	1N3605
1N3606	1N3879	1N3880	1N3881	1N3882
1N3883	1N3889	1N3890	1N3891	1N3892
1N3893	1N3899	1N3900	1N3901	1N3902
1N3903	1N3909	1N3910	1N3911	1N3912
1N3913	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004
1N4005	1N4006	1N4007	1N4009	1N4148
1N4149	1N4150	1N4151	1N4152	1N4153
1N4154	1N4305	1N4444	1N4446	1N4447
1N4448	1N4449	1N4454	1N4531	1N4532
1N4533	1N4534	1N4536	1N4933	1N4934
1N4935	1N4936	1N4937	1N4938	1N5391
1N5392	1N5393	1N5395	1N5397	1N5398
1N5399	1N5400	1N5401	1N5402	1N5404
1N5406	1N5711	1N5712	1N5817	1N5818
1N5819	1N5820	1N5821	1N5822	1N5823
1N5824	1N5825	1N5826	1N5827	1N5828
1N5829	1N5830	1N5831	1N5832	1N5833
1N5834	1N6095	1N6096	1N6097	1N6098
MBD101	MBD201	MBD301	MBD501	MBD701
MBR030	MBR040	MBR115P	MBR120P	MBR130P
MBR140P	MBR320	MBR320M	MBR320P	MBR330
MBR330M	MBR330P	MBR340	MBR340M	MBR340P
MBR350	MBR360	MBR1035	MBR1045	MBR1520
MBR1530	MBR1540	MBR2035CT	MBR2045CT	MBR2520
MBR2530	MBR2540	MBR3020CT	MBR3035CT	MBR3035PT
MBR3045CT	MBR3045PT	MBR3520	MBR3535	MBR3545
MBR3545H	MBR3545H1	MBR4020	MBR4030	MBR4040
MBR5825H	MBR5825H1	MBR5831H	MBR5831H1	MBR6035
MBR6035B	MBR6035PF	MBR6045	MBR6045B	MBR6045H
MBR6045H1	MBR6045PF	MBR6535	MBR6545	MBR7520
MBR7530	MBR7535	MBR7540	MBR7545	MBR8035
MBR8045	MBR12035CT	MBR12045CT	MBR12050CT	MBR12060CT
MBR20035CT	MBR20045CT	MBR20050CT	MBR20060CT	MBR30035CT
MBR30045CT	MBRL030	MBRL040	MPN3404	MPN3700
MR327	MR328	MR330	MR331	MR500
MR501	MR502	MR504	MR506	MR508
MR510	MR750	MR751	MR752	MR754
MR756	MR810	MR811	MR812	MR813
MR814	MR816	MR817	MR818	MR820
MR821	MR822	MR824	MR826	MR831
MR850	MR852	MR854	MR856	MR860
MR861	MR862	MR864	MR866	MR870
MR871	MR872	MR874	MR876	MR1366
MR1376	MR1386	MR1396	MR2400	MR2400
MR2401	MR2401F	MR2402	MR2402F	MR2404
MR2404F	MR2406	MR2406F	MR2500	MR2500M
MR2501	MR2501M	MR2502	MR2502M	MR2504
MR2504M	MR2506	MR2506M	MR2508	MR2508M
MR2510	MR2510M	MUR105	MUR110	MUR115
MUR120	MUR130	MUR140	MUR150	MUR160

MUR170	MUR180	MUR190	MUR405	MUR410
MUR415	MUR420	MUR430	MUR440	MUR450
MUR460	MUR470	MUR480	MUR490	MUR805
MUR810	MUR815	MUR820	MUR830	MUR840
MUR850	MUR860	MUR870	MUR880	MUR890
MUR1100	MUR1505	MUR1510	MUR1515	MUR1520
MUR1530	MUR1540	MUR1550	MUR1560	MUR1605CT
MUR1610CT	MUR1615CT	MUR1620CT	MUR1630CT	MUR1640CT
MUR1650CT	MUR1660CT	MUR2505	MUR2510	MUR2515
MUR2520	MUR3005PT	MUR3010PT	MUR3015PT	MUR3020PT
MUR3030PT	MUR3040PT	MUR4100	MUR5005	MUR5010
MUR5015	MUR5020	MUR8100	MUR10005CT	MUR10010CT
MUR10015CT	MUR10020CT	MUR20005CT	MUR20010CT	MUR20015CT
MUR20020CT	R710XPT	R711XPT	R712XPT	R714XPT
SD41	SD51	SD241		

Diodos reguladores de intensidad

1N5283	1N5284	1N5285	1N5286	1N5287
1N5288	1N5289	1N5290	1N5291	1N5292
1N5293	1N5294	1N5295	1N5296	1N5297
1N5298	1N5299	1N5300	1N5301	1N5302
1N5303	1N5304	1N5305	1N5306	1N5307
1N5308	1N5309	1N5310	1N5311	1N5312
1N5313	1N5314	CR022	CR024	CR027
CR030	CR033	CR039	CR043	CR047
CR056	CR062	CR068	CR075	CR082
CR091	CR100	CR110	CR120	CR130
CR140	CR150	CR160	CR180	CR200
CR220	CR240	CR270	CR300	CR330
CR360	CR390	CR430	CR470	CR530
CRR0240	CRR0360	CRR0560	CRR0800	CRR1250
CRR1950	CRR2900	CRR4300	J500	J501
J502	J503	J504	J505	J506
J507	J508	J509	J510	J511
J552	J553	J554	J555	J556
J557	JR135V	JR170V	JR200V	JR220V
JR240V				

Diodos de capacidad variable

1N5139	1N5139A	1N5140	1N5140A	1N5141
1N5141A	1N5142	1N5142A	1N5143	1N5143A
1N5144	1N5144A	1N5145	1N5145A	1N5146
1N5146A	1N5147	1N5147A	1N5148	1N5148A
1N5441A	1N5442A	1N5443A	1N5444A	1N5445A
1N5446A	1N5447A	1N5448A	1N5449A	1N5450A
1N5451A	1N5452A	1N5453A	1N5454A	1N5455A
1N5456A	1N5461A	1N5462A	1N5463A	1N5464A
1N5465A	1N5466A	1N5467A	1N5468A	1N5469A
1N5470A	1N5471A	1N5472A	1N5473A	1N5474A
1N5475A	1N5476A	MV104	MV104G	MV209
MV1866	MV1868	MV1870	MV1871	MV1872
MV1874	MV1876	MV1877	MV1878	MV2101
MV2102	MV2103	MV2104	MV2105	MV2106
MV2107	MV2108	MV2109	MV2110	MV2111
MV2112	MV2113	MV2114	MV2115	MV2201

MV2203	MV2205	MV2207	MV2209	MV2211
MV2213	MV2215			

Diodos zener

1N746	1N747	1N748	1N749	1N750
1N751	1N752	1N753	1N754	1N755
1N756	1N757	1N758	1N759	1N957A
1N958A	1N959A	1N960A	1N961A	1N962A
1N963A	1N964A	1N965A	1N966A	1N967A
1N968A	1N969A	1N970A	1N971A	1N4728
1N4729	1N4730	1N4731	1N4732	1N4733
1N4734	1N4735	1N4736	1N4737	1N4738
1N4739	1N4740	1N4741	1N4742	1N4743
1N4744	1N4745	1N4746	1N4747	1N4748
1N4749	1N4750	1N5226	1N5227	1N5228
1N5229	1N5230	1N5231	1N5232	1N5233
1N5234	1N5235	1N5236	1N5237	1N5238
1N5239	1N5240	1N5241	1N5242	1N5243
1N5244	1N5245	1N5246	1N5247	1N5248
1N5249	1N5250	1N5251	1N5252	1N5253
1N5254	MLL746	MLL747	MLL748	MLL749
MLL750	MLL751	MLL752	MLL753	MLL754
MLL755	MLL756	MLL757	MLL758	MLL759
MLL957A	MLL958A	MLL959A	MLL960A	MLL961A
MLL962A	MLL963A	MLL964A	MLL965A	MLL966A
MLL967A	MLL968A	MLL969A	MLL970A	MLL971A
MLL4728	MLL4729	MLL4730	MLL4731	MLL4732
MLL4733	MLL4734	MLL4735	MLL4736	MLL4737
MLL4738	MLL4739	MLL4740	MLL4741	MLL4742
MLL4743	MLL4744	MLL4745	MLL4746	MLL4747
MLL4748	MLL4749	MLL4750	MLL5226	MLL5227
MLL5228	MLL5229	MLL5230	MLL5231	MLL5232
MLL5233	MLL5234	MLL5235	MLL5236	MLL5237
MLL5238	MLL5239	MLL5240	MLL5241	MLL5242
MLL5243	MLL5244	MLL5245	MLL5246	MLL5247
MLL5248	MLL5249	MLL5250	MLL5251	MLL5252
MLL5253	MLL5254			

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA BIPOLAR.LIB

Transistores bipolares

2N696	2N697	2N706	2N708	2N718
2N718A	2N722	2N743	2N744	2N753
2N760	2N760A	2N834	2N869	2N869A
2N9144	2N915	2N916	2N929	2N929A
2N930	2N956	2N995	2N995A	2N1132
2N1132A	2N1420	2N1566	2N1613	2N1711
2N2218	2N2218A	2N2219	2N2219A	2N2220
2N2221	2N2221A	2N2222	2N2222A	2N2270
2N2282	2N2369	2N2369A	2N2484	2N2509
2N2510	2N2511	2N2586	2N2604	2N2605
2N2696	2N2712	2N2714	2N2857	2N2894
2N2894A	2N2897	2N2904	2N2904A	2N2905
2N2905A	2N2906	2N2906A	2N2907	2N2907A
2N2923	2N2924	2N2925	2N2926	2N3009

2N3011	2N3012	2N3013	2N3015	2N3019
2N3020	2N3053	2N3072	2N3073	2N3115
2N3116	2N3117	2N3120	2N3121	2N3133
2N3134	2N3135	2N3136	2N3209	2N3227
2N3244	2N3245	2N3246	2N3248	2N3249
2N3250	2N3250A	2N3251	2N3251A	2N3252
2N3253	2N3299	2N3300	2N3301	2N3302
2N3304	2N3390	2N3391	2N3391A	2N3392
2N3393	2N3394	2N3395	2N3396	2N3397
2N3398	2N3414	2N3415	2N3416	2N3417
2N3439	2N3440	2N3444	2N3451	2N3467
2N3468	2N3478	2N3485	2N3485A	2N3486
2N3486A	2N3502	2N3503	2N3504	2N3505
2N3508	2N3509	2N3545	2N3546	2N3547
2N3548	2N3549	2N3550	2N3565	2N3576
2N3600	2N3605	2N3606	2N3607	2N3634
2N3635	2N3636	2N3637	2N3638	2N3638A
2N3639	2N3640	2N3641	2N3642	2N3643
2N3644	2N3645	2N3646	2N3678	2N3691
2N3692	2N3693	2N3694	2N3700	2N3702
2N3703	2N3707	2N3708	2N3709	2N3710
2N3711	2N3721	2N3724	2N3724A	2N3725
2N3725A	2N3734	2N3735	2N3736	2N3737
2N3742	2N3762	2N3763	2N3799	2N3827
2N3858	2N3858A	2N3859	2N3859A	2N3860
2N3877	2N3877A	2N3900	2N3900A	2N3901
2N3903	2N3904	2N3905	2N3906	2N3932
2N3933	2N3946	2N3947	2N4013	2N4014
2N4047	2N4058	2N4059	2N4061	2N4062
2N4121	2N4122	2N4123	2N4124	2N4125
2N4126	2N4140	2N4141	2N4142	2N4143
2N4208	2N4209	2N4234	2N4235	2N4236
2N4248	2N4249	2N4250	2N4250A	2N4258
2N4258A	2N4259	2N4260	2N4261	2N4274
2N4275	2N4286	2N4287	2N4288	2N4289
2N4290	2N4291	2N4294	2N4295	2N4354
2N4355	2N4356	2N4384	2N4386	2N4400
2N4401	2N4402	2N4403	2N4404	2N4405
2N4406	2N4407	2N4409	2N4410	2N4424
2N4916	2N4917	2N4964	2N4965	2N4966
2N4967	2N4968	2N4969	2N4970	2N4971
2N4972	2N5022	2N5023	2N5030	2N5056
2N5057	2N5058	2N5059	2N5086	2N5087
2N5088	2N5089	2N5109	2N5127	2N5128
2N5129	2N5131	2N5132	2N5133	2N5134
2N5135	2N5136	2N5137	2N5138	2N5139
2N5140	2N5142	2N5143	2N5172	2N5179
2N5180	2N5189	2N5209	2N5210	2N5219
2N5221	2N5223	2N5224	2N52265	2N5227
2N5232	2N5232A	2N5354	2N5355	2N5365
2N5366	2N5400	2N5401	2N5415	2N5416
2N5447	2N5448	2N5550	2N5551	2N5581
2N5679	2N5680	2N5681	2N5682	2N5769
2N5771	2N5772	2N5817	2N5830	2N5861
2N5910	2N6515	2N6516	2N6517	2N6518
2N6519	2N6520	2N6737	40235	40236
40237	40238	40239	40240	40242
DH3467CD	DH3467CN	DH3468CD	DH3468CN	DH3724CD
DH3724CN	DH3725CD	DH3725CN	MM420	MM421
MM3905	MM3906	MM4001	MM4258	MM5262

MPS706	MPS834	MPS2222	MPS2369	MPS2711
MPS2712	MPS2713	MPS2714	MPS2716	MPS2907
MPS2923	MPS2924	MPS2925	MPS2926	MPS3392
MPS3393	MPS3394	MPS3395	MPS3396	MPS3397
MPS3398	MPS3638	MPS3638A	MPS3639	MPS3640
MPS3642	MPS3644	MPS3645	MPS3646	MPS3693
MPS3694	MPS3702	MPS3703	MPS3704	MPS3707
MPS3708	MPS3709	MPS3710	MPS3711	MPS3721
MPS3826	MPS3827	MPS3903	MPS3904	MPS3905
MPS3906	MPS4258	MPS4354	MPS4355	MPS4356
MPS5172	MPS6512	MPS6513	MPS6514	MPS6515
MPS6516	MPS6517	MPS6518	MPS6519	MPS6520
MPS6521	MPS6522	MPS6523	MPS6531	MPS6533
MPS6534	MPS6535	MPS6539	MPS6548	MPS6562
MPS6563	MPS6564	MPS6565	MPS6566	MPS6571
MPS6573	MPS6574	MPS6575	MPS6576	MPS6601
MPS6651	MPS6714	MPS6715	MPS6726	MPS6727
MPS6728	MPS6729	MPS6733	MPS6734	MPS6735
MPS8097	MPS8098	MPS8099	MPS8598	MPS8599
MPSA05	MPSA06	MPSA09	MPSA10	MPSA18
MPSA20	MPSA42	MPSA43	MPSA44	MPSA45
MPSA55	MPSA56	MPSA70	MPSA92	MPSA93
MPSH10	MPSL01	MPSL51	MPSW01	MPSW01A
MPSW10	MPSW42	MPSW43	MPSW51	MPSW51A
MPSW55	MPSW56	MPSW60	MPSW92	MPSW93
MRF501	MRF502	NS3762	NS3763	NS3903
NS3904	NS3905	NS3906	NS4234	PE4010
PE5025	PN930	PN2221	PN2221A	PN2222
PN2222A	PN2369	PN2369A	PN2484	PN2906
PN2906A	PN2907	PN2907A	PN3565	PN3638
PN3638A	PN3639	PN3640	PN3641	PN3642
PN3643	PN3644	PN3645	PN3646	PN3691
PN3692	PN3694	PN4121	PN4122	PN4140
PN4141	PN4142	PN4143	PN4248	PN4249
PN4250	PN4250A	PN4258	PN4258A	PN4274
PN4275	PN4354	PN4355	PN4356	PN4916
PN4917	PN5127	PN5128	PN5129	PN5131
PN5132	PN5133	PN5134	PN5135	PN5136
PN5137	PN5138	PN5139	PN5140	PN5142
PN5143	PN5179	PN5447	PN5910	ST3904
ST3906	ST5771-1	ST5771-1	TIS90	TIS91
TIS92	TIS93	TIS97	TIS98	TIS99
TN2218A	TN2219	TN2219A	TN2904A	TN2905
TN2905A	TN4036	TN4037		

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA PWRBJT.LIB

Transistores de potencia americanos

2N3055	2N4063	2N4064	2N4918	2N4919
2N4920	2N4921	2N4922	2N4923	2N5190
2N5191	2N5192	2N5193	2N5194	2N5195
2N5294	2N5296	2N5298	2N5490	2N5492
2N5494	2N5496	2N5655	2N5656	2N5657

2N5980	2N5981	2N5982	2N5983	2N5984
2N5985	2N6021	2N6022	2N6023	2N6024
2N6025	2N6026	2N6098	2N6099	2N6100
2N6101	2N6102	2N6103	2N6106	2N6107
2N6108	2N6109	2N6110	2N6111	2N6121
2N6122	2N6123	2N6124	2N6125	2N6126
2N6129	2N6130	2N6131	2N6132	2N6133
2N6134	2N6175	2N6176	2N6177	2N6288
2N6290	2N6292	2N6465	2N6473	2N6474
2N6475	2N6476	2N6486	2N6487	2N6488
2N6489	2N6490	2N6491	2N6591	2N6592
2N6593	2N6720	2N6721	2N6722	2N6723
MJE29	MJE29A	MJE29B	MJE29C	MJE30
MJE30A	MJE30B	MJE30C	MJE33	MJE33A
MJE33B	MJE33C	MJE34	MJE34A	MJE34B
MJE34C	MJE41	MJE41A	MJE41B	MJE41C
MJE42	MJE42A	MJE42B	MJE42C	MJE340
MJE341	MJE344	MJE345	MJE370	MJE371
MJE482	MJE483	MJE484	MJE492	MJE493
MJE494	MJE520	MJE520K	MJE521	MJE521K
MJE2371	MJE2480	MJE2481	MJE2482	MJE2483
MJE2801T	MJE2901K	MJE2901T	MJE2955	MJE2955K
MJE2955T	MJE3055	MJE3055K	MJE3055T	MJE3370
MJE3371	MJE3439	MJE3440	MJE3520	MJE3521
MJE4918	MJE4919	MJE4920	MJE4921	MJE4922
MJE4923	MJE5190	MJE5190J	MJE5191	MJE5191J
MJE5192	MJE5192J	MJE5193	MJE5194	MJE5195
RCA1C05	RCA1C06	RCA1C07	RCA1C08	RCA1C09
RCA1C10	RCA1C11	RCA1C14	RCA29	RCA29A
RCA29B	RCA29C	RCA30	RCA30A	RCA30B
RCA30C	RCA31	RCA31A	RCA31B	RCA31C
RCA32	RCA32A	RCA32B	RCA32C	RCA41
RCA41A	RCA41B	RCA41C	RCA42	RCA42A
RCA42B	RCA42C	RCA3054	RCA3055	RCP115
RCP117	RCP131A	RCP131B	RCP133A	RCP133B
TIP29	TIP29A	TIP29B	TIP29C	TIP30
TIP30A	TIP30B	TIP30C	TIP31	TIP31A
TIP31B	TIP31C	TIP32	TIP32A	TIP32B
TIP32C	TIP33	TIP33A	TIP33B	TIP33C
TIP34	TIP34A	TIP34B	TIP34C	TIP41
TIP41A	TIP41B	TIP41C	TIP42	TIP42A
TIP42B	TIP42C	TIP61	TIP61A	TIP61B
TIP61C	TIP62	TIP62A	TIP62B	TIP62C
TIP73	TIP73A	TIP73B	TIP74	TIP74A
TIP74B	TIP2955	TIP3055	Q40513	Q40514
Q40613	Q40618	Q40621	Q40622	Q40624
Q40627	Q40629	Q40630	Q40631	Q40632
Q40871	Q40872	Q40873	Q40874	Q40875
Q40876	Q41500	Q41504		

Transistores de potencia europeos

BD157	BD158	BD159	BD185	BD186
BD187	BD188	BD189	BD190	BD201
BD202	BD203	BD204	BD220	BD221
BD222	BD223	BD224	BD225	BD233
BD234	BD235	BD236	BD237	BD238
BD239	BD239A	BD239B	BD239C	BD240
BD240A	BD240B	BD240C	BD241	BD241A
BD241B	BD241C	BD242	BD242A	BD242B

BD242C	BD243	BD243A	BD243B	BD243C
BD244	BD244A	BD244B	BD244C	BD346
BD347	BD433	BD434	BD435	BD436
BD437	BD438	BD439	BD440	BD441
BD442	BD533	BD534	BD535	BD536
BD537	BD538	BD633	BD634	BD635
BD636	BD637	BD638	BD733	BD734
BD735	BD736	BD737	BD738	BD795
BD796	BD797	BD798	BD799	BD800
BD801	BD802			

Transistores de potencia japoneses

2SA496
2SA505

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA JFET.LIB

Transistores FET

J2N2608	J2N2609	J2N3329	J2N3330	J2N3331
J2N3332	J2N3369	J2N3370	J2N3458	J2N3459
J2N3460	J2N3684	J2N3685	J2N3686	J2N3687
J2N3819	J2N3820	J2N3821	J2N3822	J2N3823
J2N3824	J2N3921	J2N3922	J2N3954	J2N3954A
J2N3955	J2N3955A	J2N3956	J2N3957	J2N3958
J2N3966	J2N3967	J2N3967A	J2N3968	J2N3968A
J2N3969	J2N3969A	J2N3970	J2N3971	J2N3972
J2N4084	J2N4085	J2N4091	J2N4092	J2N4093
J2N4117	J2N4117A	J2N4118	J2N4118A	J2N4119
J2N4119A	J2N4220	J2N4220A	J2N4221	J2N4221A
J2N4222	J2N4222A	J2N4223	J2N4224	J2N4338
J2N4339	J2N4340	J2N4341	J2N4381	J2N4391
J2N4392	J2N4393	J2N4416	J2N4416A	J2N4856
J2N4856A	J2N4857	J2N4857A	J2N4858	J2N4858A
J2N4859	J2N4859A	J2N4860	J2N4860A	J2N4861
J2N4861A	J2N4867	J2N4867A	J2N4868	J2N4868A
J2N4869	J2N4869A	J2N5018	J2N5019	J2N5020
J2N5021	J2N5045	J2N5046	J2N5047	J2N5078
J2N5103	J2N5104	J2N5105	J2N5114	J2N5115
J2N5116	J2N5196	J2N5197	J2N5198	J2N5199
J2N5245	J2N5246	J2N5247	J2N5248	J2N5358
J2N5359	J2N5360	J2N5361	J2N5362	J2N5363
J2N5364	J2N5397	J2N5398	J2N5432	J2N5433
J2N5434	J2N5452	J2N5453	J2N5454	J2N5457
J2N5458	J2N5459	J2N5460	J2N5461	J2N5462
J2N5484	J2N5485	J2N5486	J2N5515	J2N5516
J2N5517	J2N5518	J2N5519	J2N5520	J2N5521
J2N5522	J2N5523	J2N5524	J2N5545	J2N5546
J2N5547	J2N5555	J2N5556	J2N5557	J2N5558
J2N5561	J2N5562	J2N5563	J2N5564	J2N5565
J2N5566	J2N5638	J2N5639	J2N5640	J2N5653
J2N5654	J2N5668	J2N5669	J2N5670	J2N5902
J2N5903	J2N5904	J2N5905	J2N5906	J2N5907
J2N5908	J2N5909	J2N5911	J2N5912	J2N5949
J2N5950	J2N5951	J2N5952	J2N5953	J2N6483
J2N6484	J2N6485	J2N6905	J2N6906	J2N6907
BC264A	BC264B	BC264C	BC264D	BF244A

BF244B	BF244C	BF245A	BF245B	BF245C
BF256A	BF256B	BF256C	DN5564	DN5565
DN5566	DN5567	FN4117	FN4117A	FN4118
FN4118A	FN4119	FN4119A	FN4392	FN4393
J105	J106	J107	J108	J109
J110	J111	J112	J113	J114
J174	J175	J176	J177	J201
J202	J203	J204	J210	J211
J212	J230	J231	J232	J270
J271	J300	J304	J305	J308
J309	J310	J401	J402	J403
J404	J405	J406	J410	J411
J412	MPF102	MPF103	MPF104	MPF105
MPF106	MPF107	MPF108	MPF109	MPF110
MPF111	MPF112	MPF256	MPF820	MPF2608
MPF3330	MPF3970	MPF3971	MPF3972	MPF4091
MPF4092	MPF4093	MPF4117	MPF4117A	MPF4118
MPF4118A	MPF4119	MPF4119A	MPF4391	MPF4392
MPF4393	MPF4856	MPF4856A	MPF4857	MPF4857A
MPF4858	MPF4858A	MPF4859	MPF4859A	MPF4860
MPF4860A	MPF4861	MPF4861A	NDF9406	NDF9407
NDF9408	NDF9409	NDF9410	NF5101	NF5102
NF5103	NF5301-2	NF5301	NF5301-1	NF5301-3
NPD5564	NPD5565	NPD5566	NPD8301	NPD8302
NPD8303	P1086	P1087	PF5101	PF5102
PF5103	PF5301	PF5301-1	PF5301-2	PF5301-3
PN3684	PN3685	PN3686	PN3687	PN4091
PN4092	PN4093	PN4117	PN4117A	PN4118
PN4118A	PN4119	PN4119A	PN4120	PN4220
PN4221	PN4222	PN4223	PN4224	PN4302
PN4303	PN4304	PN4342	PN4360	PN4391
PN4392	PN4393	PN4416	PN4856	PN4857
PN4858	PN4859	PN4860	PN4861	PN5033
PN5163	PN5432	PN5433	PN5434	TIS58
TIS59	TIS73	TIS74	TIS75	U200
U201	U202	U257	U290	U291
U304	U305	U306	U308	U309
U310	U311	U312	U401	U402
U403	U404	U405	U406	U410
U411	U412	U427	U428	U430
U431	U440	U441	U443	U444
U1897	U1898	U1899		

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA PWRMOS.LIB

Transistores de potencia MOSFET

2N6755	2N6756	2N6757	2N6758	2N6759
2N6760	2N6761	2N6762	2N6763	2N6764
2N6765	2N6766	2N6767	2N6768	2N6769
2N6770	2N6782	2N6784	2N6786	2N6788
2N6790	2N6792	2N6794	2N6796	2N6798
2N6800	2N6802	2N6804	2N6806	2N6845
2N6847	2N6849	2N6851	IRF034	IRF035
IRF044	IRF045	IRF120	IRF121	IRF122
IRF123	IRF130	IRF131	IRF132	IRF133
IRF140	IRF141	IRF142	IRF143	IRF150
IRF151	IRF152	IRF153	IRF220	IRF221

IRF222	IRF223	IRF224	IRF225	IRF230
IRF231	IRF232	IRF233	IRF234	IRF235
IRF240	IRF241	IRF242	IRF243	IRF244
IRF245	IRF250	IRF251	IRF252	IRF253
IRF254	IRF255	IRF320	IRF321	IRF322
IRF323	IRF330	IRF331	IRF332	IRF333
IRF340	IRF341	IRF342	IRF343	IRF350
IRF351	IRF352	IRF353	IRF360	IRF362
IRF420	IRF421	IRF422	IRF423	IRF430
IRF431	IRF432	IRF433	IRF440	IRF441
IRF442	IRF443	IRF448	IRF449	IRF450
IRF451	IRF452	IRF453	IRF460	IRF462
IRF510	IRF511	IRF512	IRF513	IRF520
IRF521	IRF522	IRF523	IRF530	IRF531
IRF532	IRF533	IRF540	IRF541	IRF542
IRF543	IRF610	IRF611	IRF612	IRF613
IRF614	IRF615	IRF620	IRF621	IRF622
IRF623	IRF624	IRF625	IRF630	IRF631
IRF632	IRF633	IRF634	IRF635	IRF640
IRF641	IRF642	IRF643	IRF644	IRF645
IRF710	IRF711	IRF712	IRF713	IRF720
IRF721	IRF722	IRF723	IRF730	IRF731
IRF732	IRF733	IRF740	IRF741	IRF742
IRF743	IRF820	IRF821	IRF822	IRF823
IRF830	IRF831	IRF832	IRF833	IRF840
IRF841	IRF842	IRF843	IRF9130	IRF9131
IRF9132	IRF9133	IRF9140	IRF9141	IRF9142
IRF9143	IRF9230	IRF9231	IRF9232	IRF9233
IRF9240	IRF9241	IRF9242	IRF9243	IRF9510
IRF9511	IRF9512	IRF9513	IRF9520	IRF9521
IRF9522	IRF9523	IRF9530	IRF9531	IRF9532
IRF9533	IRF9540	IRF9541	IRF9542	IRF9543
IRF9610	IRF9611	IRF9612	IRF9613	IRF9620
IRF9621	IRF9622	IRF9623	IRF9630	IRF9631
IRF9632	IRF9633	IRF9640	IRF9641	IRF9642
IRF9643	IRF9Z10	IRF9Z12	IRF9Z20	IRF9Z22
IRF9Z30	IRF9Z32	IRFAC30	IRFAC32	IRFAC40
IRFAC42	IRFAE40	IRFAE42	IRFAE50	IRFAE52
IRFAF40	IRFAF42	IRFAF50	IRFAF52	IRFAG40
IRFAG42	IRFAG50	IRFAG52	IRFBC30	IRFBC32
IRFBC40	IRFBC42	IRFD010	IRFD012	IRFD020
IRFD022	IRFD110	IRFD113	IRFD120	IRFD123
IRFD1Z0	IRFD1Z3	IRFD210	IRFD213	IRFD220
IRFD223	IRFD9010	IRFD9012	IRFD9020	IRFD9022
IRFD9110	IRFD9113	IRFD9120	IRFD9123	IRFD9210
IRFD9213	IRFD9220	IRFD9223	IRFF110	IRFF111
IRFF112	IRFF113	IRFF120	IRFF121	IRFF122
IRFF123	IRFF130	IRFF131	IRFF132	IRFF133
IRFF210	IRFF211	IRFF212	IRFF213	IRFF220
IRFF221	IRFF222	IRFF223	IRFF230	IRFF231
IRFF232	IRFF233	IRFF310	IRFF311	IRFF312
IRFF313	IRFF320	IRFF321	IRFF322	IRFF323
IRFF330	IRFF331	IRFF332	IRFF333	IRFF420
IRFF421	IRFF422	IRFF423	IRFF430	IRFF431
IRFF432	IRFF433	IRFF9110	IRFF9111	IRFF9112
IRFF9113	IRFF9120	IRFF9121	IRFF9122	IRFF9123
IRFF9130	IRFF9131	IRFF9132	IRFF9133	IRFF9210
IRFF9211	IRFF9212	IRFF9213	IRFF9220	IRFF9221
IRFF9222	IRFF9223	IRFF9230	IRFF9231	IRFF9232
IRFF9233	IRFG110	IRFG113	IRFG1Z0	IRFG1Z3

IRFG9110	IRFG9113	IRFH150	IRFH250	IRFH350
IRFH450	IRFJ120	IRFJ121	IRFJ122	IRFJ123
IRFJ130	IRFJ131	IRFJ132	IRFJ133	IRFJ140
IRFJ141	IRFJ142	IRFJ143	IRFJ220	IRFJ221
IRFJ222	IRFJ223	IRFJ230	IRFJ231	IRFJ232
IRFJ233	IRFJ240	IRFJ241	IRFJ242	IRFJ243
IRFJ320	IRFJ321	IRFJ322	IRFJ323	IRFJ330
IRFJ331	IRFJ332	IRFJ333	IRFJ340	IRFJ341
IRFJ342	IRFJ343	IRFJ420	IRFJ421	IRFJ422
IRFJ423	IRFJ430	IRFJ431	IRFJ432	IRFJ433
IRFJ440	IRFJ441	IRFJ442	IRFJ443	IRFM040
IRFM140	IRFM150	IRFM240	IRFM250	IRFM340
IRFM350	IRFM440	IRFM450	IRFM9140	IRFM9240
IRFP040	IRFP042	IRFP044	IRFP045	IRFP140
IRFP141	IRFP142	IRFP143	IRFP150	IRFP151
IRFP152	IRFP153	IRFP240	IRFP241	IRFP242
IRFP243	IRFP244	IRFP245	IRFP250	IRFP251
IRFP252	IRFP253	IRFP254	IRFP255	IRFP340
IRFP341	IRFP342	IRFP343	IRFP350	IRFP351
IRFP352	IRFP353	IRFP360	IRFP362	IRFP440
IRFP441	IRFP442	IRFP443	IRFP450	IRFP451
IRFP452	IRFP453	IRFP460	IRFP462	IRFP9140
IRFP9141	IRFP9142	IRFP9143	IRFP9240	IRFP9241
IRFP9242	IRFP9243	IRFPC40	IRFPC42	IRFPE40
IRFPE42	IRFPE50	IRFPE52	IRFPF40	IRFPF42
IRFPF50	IRFPF52	IRFPG40	IRFPG42	IRFPG50
IRFPG52	IRFR010	IRFR012	IRFR020	IRFR022
IRFR110	IRFR111	IRFR120	IRFR121	IRFR210
IRFR212	IRFR220	IRFR222	IRFR9010	IRFR9012
IRFR9020	IRFR9022	IRFR9110	IRFR9111	IRFR9120
IRFR9121	IRFR9210	IRFR9212	IRFR9220	IRFR9222
IRFS1Z0	IRFS1Z3	IRFU010	IRFU012	IRFU020
IRFU022	IRFU110	IRFU111	IRFU120	IRFU121
IRFU210	IRFU212	IRFU220	IRFU222	IRFU9010
IRFU9012	IRFU9020	IRFU9022	IRFU9110	IRFU9111
IRFU9120	IRFU9121	IRFU9210	IRFU9212	IRFU9220
IRFU9222	IRFZ10	IRFZ12	IRFZ14	IRFZ15
IRFZ20	IRFZ22	IRFZ30	IRFZ32	IRFZ34
IRFZ35	IRFZ40	IRFZ42	IRFZ44	IRFZ45
IRH150	IRH254	IRH450		

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA LINEAR.LIB

Amplificadores operacionales

LF411	LF412	LM101A	LM108	LM118
LM124	LM158	LM201A	LM208	LM218
LM224	LM258	LM301A	LM308	LM318
LM324	LM358	LM709	LM741	OP-07
OP-27	TL082	TL084	uA709	uA741

Comparadores de tensión

LM111	LM119	LM139	LM193	LM211
LM219	LM239	LM293	LM311	LM319
LM339	LM393	LM3302		

Reguladores de tensión positivos

LM7805C	UA7805C	LAS1505	MC7805C	UPC7805
SG7805C	UC7805C	LM7812C	UA7812C	LAS1512
MC7812C	UPC7812	SG7812C	UC7812C	LM7815C
UA7815C	LAS1515	MC7815C	SG7815C	UC7815C
LM140-5	LM140-12	LM140-15	LM140A-5	LM140A-12
LM140A-15	LM340-5	SG340-5	LM340-12	SG340-12
LM340-15	LM340A-5	TL780-05C	LM340A-12	TL780-12
LM340A-15	TL780-15C			

Reguladores de tensión negativos

LM7905C	uA7905C	LAS1805	MC7905C	SG7905C
UC7905C	LM7912C	uA7912C	LAS1812	MC7912C
SG7912C	UC7912C	LM7915C	uA7915C	LAS1815
MC7915C	SG7915C	UC7915C	LM120K-5	LM120K-12
LM120K-15	LM320K-5	LM320K-12	LM320K-15	LM320T-5
LM320T-12	LM320T-15			

Reguladores de tensión de precisión

LM723	uA723M	LM723C	uA723C	723C
MC1723C	CA723	RC723	SG723C	

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA XTAL.LIB

Cristales de cuarzo

QXS32768	QZP100K	QZS100K	QZP1MEG	QZS1MEG
QZPCBRST	QZP10MEG	QZS10MEG		

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA MISC.LIB

Miscelánea

CA3600E (DIP de 14 pin).
D555 (Modelo mixto A/D del 555 CMOS).
C555 (Modelo del 555 CMOS).
B555 (Modelo del 555 BIPOLAR de National Semiconductors LM555).

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA OPTO.LIB

Optoacopladores

A4N25	A4N25A	A4N26	A4N27	A4N28
H11A2	H11A3	H11A4	H11A520	MCT2
MCT2E	MOC1005	MOC1006		

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA MAGNETIC.LIB

Núcleos magnéticos (3C8)

1408PL	1811PL	2213PL	2616PL	3019PL
3622PL	4229PL	4728PL	2311TS	2318TS
3019TS	RM6PL	RM8PL	RM10PL	768T188
204T250	331T185	846T250	846T500	502T300
500T400	500T600	528T500	400T750	144T500

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA TEX-INST.LIB

Componentes de TEXAS INSTRUMENTS INC.

ICL7652	LF347	LF351	LF353	LF411C
LF412C	LM101A	LM107	LM301A	LM307
LM308	LM318	LM324	LM348	LM358
LT1001	LT1007	LT1008	LT1012	LT1013
LT1028	LT1037	LTC1052	MC1458	MC3403
NE5534	OP-07C	OP-07D	OP-07E	OP-27C
OP-27E	OP-27G	OP-37A	RC4136	RC4558
RC4559	TL022C	TL031	TL032	TL034
TL044C	TL051	TL052	TL054	TL060
TL061	TL062	TL064	TL066	TL070
TL071	TL072	TL074	TL075	TL080
TL081	TL082	TL083	TL084	TL085
TL087	TL088	TL136	TL287	TL288
TL321	TL322	TLC1078	TLC1079	TLC2201
TLC251-L	TLC251-M	TLC251-H	TLC252C	TLC254C
TLC25L2C	TLC25L4C	TLC25M2C	TLC25M4C	TLC2652
TLC2654	TLC271-L	TLC271-M	TLC271-H	TLC272
TLC274	TLC277	TLC279	TLC27L2	TLC27L4
TLC27L7	TLC27L9	TLC27M2	TLC27M4	TLC27M7
TLC27M9	TLE2021	TLE2022	TLE2024	TLE2061
TLE2062	TLE2064	TLE2161	uA741	uA747

uA748

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA LIN-TECH.LIB

Componentes de LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION

LF155	LF155A	LF156	LF156A	LF355
LF355A	LF356	LF356A	LF412	LF412A
LH2108A	LM101A	LM107	LM108	LM108A
LM118	LT118A	LM308	LM308A	LT1001
LT1001A	LT1002	LT1002A	LT1006	LT1006A
LT1007	LT1008	LT1012	LT1013	LT1013A
LT1014	LT1014A	LT1022	LT1022A	LT1024
LT1028	LT1037	LT1055	LT1055A	LT1055S8
LT1056	LT1056A	LT1056S8	LT1057	LT1057A
LT1057S	LT1058	LT1058A	LT1077	LT1078
LT1079	LT1097	LT1101	LT1115	LT1178
LT1179	LTC1049	LTC1050	LTC1050A	LTC1051
LTC1052	LTC1052CS	LTC1053	LTC1150	LTC7652
OP-05	OP-07	OP-15A	OP-15B	OP-15C
OP-15E	OP-15F	OP-15G	OP-16A	OP-16B
OP-16C	OP-16E	OP-16F	OP-16G	OP-27
OP-37	OP-97	OP-215A	OP-215C	OP-215E
OP-215G	OP-227	OP-237		

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA BURR-BRN.LIB

Componentes de BURR-BROWN CORPORATION

AD711	AD712	AD713	AD744	AD746
AD9617	AD9618	AMP-01	AMP-02	MAT-02
MAT-03	MAT-04	OP-42	OP-42A	OP-42E
OP-42F	OP-42G	OP-44	OP-61	OP-64
OP-77	OP-77A	OP-77B	OP-77E	OP-77F
OP-77G	OP-90	OP-90A	OP-90E	OP-90F
OP-90G	OP-97	OP-177	OP-177A	OP-177B
OP-177E	OP-177F	OP-177G	OP-200	OP-249
OP-249A	OP-249E	OP-249F	OP-249G	OP-260
OP-290	OP-290A	OP-290E	OP-290F	OP-290G
OP-400	OP-470	OP-490	OP-490A	OP-490E
OP-490F	OP-490G	PM-1012	SSM-2131	SSM-2210
SSM-2220				

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA HARRIS.LIB

Componentes de HARRIS SEMICONDUCTOR

HA-2539	HA-2540	HA-5102	HA-5104	HA-5112
HA-5114	HA-5190	HA-5195		

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA THYRISTR.LIB

Titiristores (SCR)

2N1595	2N1596	2N1597	2N1599	2N2573
2N2574	2N2575	2N2576	2N2577	2N2578
2N2579	2N3668	2N3669	2N3670	2N3870
2N3871	2N3872	2N3873	2N3896	2N3897
2N3898	2N3899	2N4103	2N4167	2N4168
2N4169	2N4170	2N4171	2N4172	2N4173
2N4174	2N4183	2N4184	2N4185	2N4186
2N4187	2N4188	2N4189	2N4190	2N4199
2N4200	2N4201	2N4202	2N4203	2N4204
2N4441	2N4442	2N4443	2N4444	2N5060
2N5061	2N5062	2N5063	2N5064	2N5168
2N5169	2N5170	2N5171	2N6167	2N6168
2N6169	2N6170	2N6171	2N6172	2N6173
2N6174	2N6394	2N6395	2N6396	2N6397
2N6398	2N6399	2N6400	2N6401	2N6402
2N6403	2N6404	2N6405	C228A	C228A3
C228B	C228B3	C228D	C228D3	C228M
C228M3	C232A	C232B	C232D	C232F
C232M	C233A	C233B	C233D	C233F
C233M	MCR1906-2	MCR1906-3	MCR1906-4	MCR1906-6
MCR1906-8	MCR218-2FP	MCR218-4FP	MCR218-6FP	MCR218-8FP
MCR218-10FP	MCR22-2	MCR22-3	MCR22-4	MCR22-6
MCR22-8	MCR220-5	MCR220-7	MCR220-9	MCR221-5
MCR221-7	MCR221-9	MCR225-2FP	MCR225-4FP	MCR225-6FP
MCR225-8FP	MCR225-10FP	MCR229A	MCR229B	MCR229D
MCR229M	MCR230A	MCR230A3	MCR230B	MCR230B3
MCR230D	MCR230D3	MCR230F	MCR230F3	MCR230M
MCR230M3	MCR231A	MCR231A3	MCR231B	MCR231B3
MCR231D	MCR231D3	MCR231F	MCR231F3	MCR231M
MCR231M3	MCR3818-2	MCR3818-3	MCR3818-4	MCR3818-6
MCR3818-8	MCR3818-10	MCR3835-1	MCR3835-2	MCR3835-3
MCR3835-4	MCR3835-5	MCR3835-6	MCR3835-7	MCR3835-8
MCR3835-9	MCR3835-10	MCR3896	MCR3897	MCR3898
MCR3899	MCR3918-2A	MCR3918-3A	MCR3918-4A	MCR3918-6A
MCR3918-8A	MCR3918-10A	MCR3935-1	MCR3935-2	MCR3935-2A
MCR3935-3	MCR3935-3A	MCR3935-4	MCR3935-4A	MCR3935-5
MCR3935-6	MCR3935-6A	MCR3935-7	MCR3935-8	MCR3935-8A
MCR3935-9	MCR3935-10	MCR3935-10A	MCR5164	MCR5165
MCR5166	MCR5167	MCR649AP1	MCR649AP2	MCR649AP3
MCR649AP4	MCR649AP5	MCR649AP6	MCR649AP7	MCR649AP8
MCR649AP9	MCR649AP10	MCR729-5	MCR729-6	MCR729-7
MCR729-8	MCR729-9	MCR729-10	S2800A	S2800B
S2800D	S2800F	S2800M	S2800N	

Triacs

2N5444	2N5445	2N5446	2N5567	2N5568
2N5571	2N5572	2N6145	2N6146	2N6147
2N6157	2N6158	2N6159	2N6160	2N6161
2N6162	2N6163	2N6164	2N6165	2N6342
2N6342A	2N6343	2N6343A	2N6344	2N6344A
2N6345	2N6345A	2N6346	2N6346A	2N6347
2N6347A	2N6348	2N6348A	2N6349	2N6349A
MAC15-4	MAC15-4FP	MAC15-6	MAC15-6FP	MAC15-8
MAC15-8FP	MAC15-10	MAC15-10FP	MAC15A4	MAC15A4FP

MAC15A6	MAC15A6FP	MAC15A8	MAC15A8FP	MAC15A10
MAC15A10FP	MAC210-4	MAC210-6	MAC210-8	MAC210-10
MAC210-4FP	MAC210-6FP	MAC210-8FP	MAC210-10FP	MAC210A4
MAC210A4FP	MAC210A6	MAC210A6FP	MAC210A8	MAC210A8FP
MAC210A10	MAC210A10FP	MAC212-4	MAC212-6	MAC212-8
MAC212-10	MAC212-4FP	MAC212-6FP	MAC212-8FP	MAC212-10FP
MAC212A4	MAC212A4FP	MAC212A6	MAC212A6FP	MAC212A8
MAC212A8FP	MAC212A10	MAC212A10FP	MAC213-4	MAC213-6
MAC213-8	MAC213-10	MAC223-4	MAC223-6	MAC223-8
MAC223-10	MAC223-4FP	MAC223-6FP	MAC223-8FP	MAC223-10FP
MAC223A4	MAC223A4FP	MAC223A6	MAC223A6FP	MAC223A8
MAC223A8FP	MAC223A10	MAC223A10FP	MAC224-4	MAC224-6
MAC224-8	MAC224-10	MAC224A4	MAC224A6	MAC224A8
MAC224A10	MAC228-4	MAC228-4FP	MAC228-6	MAC228-6FP
MAC228-8	MAC228-8FP	MAC228-10	MAC228-10FP	MAC228A4
MAC228A4FP	MAC228A6	MAC228A6FP	MAC228A8	MAC228A8FP
MAC228A10	MAC228A10FP	MAC229-4	MAC229-4FP	MAC229-6
MAC229-6FP	MAC229-8	MAC229-8FP	MAC229-10	MAC229-10FP
MAC229A4	MAC229A4FP	MAC229A6	MAC229A6FP	MAC229A8
MAC229A8FP	MAC229A10	MAC229A10FP	MAC310-4	MAC310-6
MAC310-8	MAC310A4	MAC310A6	MAC310A8	MAC320-4
MAC320-4FP	MAC320-6	MAC320-6FP	MAC320-8	MAC320-8FP
MAC320-10	MAC320-10FP	MAC320A4	MAC320A4FP	MAC320A6
MAC320A6FP	MAC320A8	MAC320A8FP	MAC320A10	MAC320A10FP
MAC321-4	MAC321-6	MAC321-8	MAC321-10	MAC4110M
MAC4111M	MAC4120B	MAC4120D	MAC4120M	MAC4120N
MAC4121B	MAC4121D	MAC4121M	MAC4121N	MAC5441
MAC5442	MAC5443	MAC5569	MAC5570	MAC5573
MAC5574	MAC625-4	MAC625-6	MAC625-8	MAC635-4
MAC635-6	MAC635-8	MAC6400B	MAC6400D	MAC6400M
MAC6400N	MAC6401B	MAC6401D	MAC6401M	MAC6401N
MAC97-4	MAC97-6	MAC97-8	MAC97A4	MAC97A6
MAC97A8	T2500B	T2500BFP	T2500D	T2500DFP
T2500M	T2500MFP	T2500N	T2500NFP	T2800B
T2800D	T2800M	T2801B	T2801D	T2801M
T2801N	T2802B	T2802D	T2802M	T4100M
T4101M	T6410B	T6410D	T6410M	T6410N
T6411B	T6411D	T6411M	T6411N	T6420B
T6420D	T6420M	T6420N	T6421B	T6421D
T6421M	T6421N			

Transistores uniunión (UJT)

2N2646	2N2647	2N3980	2N4851	2N4852
2N4853	2N4870	2N4871	2N5431	MU10
MU20	MU4891	MU4892	MU4893	MU4894

CONTENIDO DE LA LIBRERÍA EVAL.LIB

Componentes de la librería de PSPICE 5.0, versión de evaluación

1N4148 (diodo rectificador).
MBD101 (diodo rectificador).
MV2201 (diodo de capacidad variable).
1N750 (diodo zener).
2N2222A (transistor bipolar NPN).
2N2907A (transistor bipolar PNP).
2N3904 (transistor bipolar NPN).
2N3906 (transistor bipolar PNP).

2N3819 (transistor JFET de canal N).
2N4393 (transistor JFET de canal P).

IRF150 (transistor MOSFET de potencia, tipo N).
IRF9140 (transistor MOSFET de potencia, tipo P).

LM324 (amplificador operacional).
UA741 (amplificador operacional).
LM111 (comparador de tensión).

K3019PL (núcleo magnético -3C8-).
KRM8PL (núcleo magnético -3C8-).
K502T300 (núcleo magnético -3C8-).

A4N25 (optoacoplador).

2N1595 (tiristor -SCR-).
2N5444 (triac).

LOS ANÁLISIS

ESPECIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS ANÁLISIS

Para los circuitos, tenemos disponibles en PSPICE ocho análisis diferentes, que son:

1. Análisis en continua. Se define con la sentencia .DC.
2. Cálculo del punto de trabajo del circuito. Se define con la sentencia .OP.
3. Cálculo de la función de transferencia para pequeña señal. Se define con la sentencia .TF.
4. Cálculo de la sensibilidad en continua. Se define con la sentencia .SENS.
5. Cálculo de la respuesta en frecuencia. Se define con la sentencia .AC.
6. Cálculo del ruido total e individual. Se define con la sentencia .NOISE.
7. Respuesta transitoria (comportamiento en el tiempo). Se define con la sentencia .TRAN.
8. Análisis de Fourier de la respuesta transitoria. Se define con la sentencia .FOUR.

Cada análisis que se desee efectuar al circuito habrá que incluirlo en la definición del mismo en una línea con su correspondiente sentencia (al final del fichero). Los análisis se realizarán en el orden en que aparezcan colocados en la descripción del circuito.

SENTENCIAS DE LOS ANÁLISIS EN CONTINUA

Empezaremos estudiando la sintaxis de las sentencias de realización de los diferentes análisis en continua que puede efectuar PSPICE, es decir, análisis de barrido en continua, cálculo del punto de trabajo, función de transferencia y análisis de sensibilidad.

Análisis en continua

El análisis en continua, que se especifica con la sentencia .DC, permite hacer un estudio en continua del circuito para un determinado rango de valores de una fuente de tensión o intensidad, de un parámetro de un modelo o de una serie de temperaturas. Así, PSPICE calculará el punto de trabajo el circuito para cada valor de la variable que se está barriendo (es decir, variando de forma automática) y la ganancia de pequeña señal.

Este análisis se realiza en continua, y por lo tanto se consideran todos los condensadores como circuitos abiertos, y las bobinas como cortocircuitos. La información que proporciona el análisis .DC se podría resumir en cómo varía la variable de salida en función de la variable de entrada.

Los resultados de este análisis aparecen en el fichero de salida etiquetados por DC TRANSFER CURVES (Curvas de transferencia en continua).

Para introducir este análisis en el circuito, usaremos una de las sentencias:

```
.DC (lin)* (variable) (valor inicial) (valor final) (incremento) (variable anidada)*  
.DC (oct)* (dec)* (variable) (valor inicial) (valor final) (nº puntos) (variable anidada)*  
.DC (variable) LIST (valor) (variable anidada)*
```

La primera forma realiza un barrido lineal de la (variable).

La segunda forma realiza un barrido logarítmico de la (variable).

La tercera forma se usa para darle a la (variable) una serie de valores concretos.

El (valor inicial) para la (variable) puede ser mayor o menor que el (valor final); así, el barrido de la (variable) puede hacerse de forma ascendente o descendente. Los valores de (incremento) y (nº de puntos) han de ser mayores que cero.

Se puede especificar una variable anidada. Esta segunda variable tendrá sus valores propios según el tipo de barrido que deseamos, valores inicial y final e incremento. En este caso, la primera (variable) será el bucle interno; así, para cada valor de la (variable anidada) se realizará un barrido de los valores de la primera. El segundo barrido genera una tabla de valores (PRINT o PLOT) para cada valor. El analizador gráfico Probe permite visualizar estos barridos de variables anidadas como familias de curvas.

El barrido de la (variable) puede ser lineal, logarítmico o una lista de valores. Si el barrido es lineal, la palabra LIN se puede omitir. Así, tenemos las posibilidades:

- LIN** Barrido lineal. Produce una variación lineal de la (variable), desde el (valor inicial) hasta el (valor final), con saltos según el (incremento) especificado.
- OCT** Barrido por octavas. Produce una variación logarítmica por octavas de la (variable). El número de puntos calculados por octava será el especificado en (nº puntos).
- DEC** Barrido por décadas. Produce una variación logarítmica por décadas de la (variable). El número de puntos calculados por década será el especificado en (nº puntos).
- LIST** En este caso se especifica una lista de valores. No hay valores de comienzo y final, sino una serie de valores precedidos por la palabra LIST que serán los asignados a la (variable) en los distintos análisis.

La (variable) puede ser una de las siguientes:

Una fuente. El nombre de una fuente independiente de tensión o intensidad. Durante el barrido, el valor de la fuente será el correspondiente a la (variable).

Un parámetro de un modelo. Podemos especificar un tipo de modelo, el nombre que le hemos asignado y el parámetro a variar escritos entre paréntesis. Durante el barrido, el valor del parámetro será el correspondiente a la (variable). Los siguientes parámetros no serán válidos: L y W de los transistores MOSFET y los parámetros de temperatura, como, por ejemplo, TC1 y TC2 para las resistencias, etc.

La temperatura. Para ello, usaremos la palabra TEMP en el lugar de (variable). La temperatura se irá ajustando a los distintos valores del barrido. Para cada valor del barrido, todos los componentes del circuito ajustarán sus parámetros a la temperatura en cuestión.

Un parámetro global (una variable). En este caso usaremos el término PARAM seguido del nombre del parámetro que queremos ir cambiando. Durante el barrido, el parámetro global se irá ajustando a los distintos valores especificados y todas las expresiones serán recalculadas.

Tras el análisis .DC, la (variable) volverá a tomar su valor inicial anterior a este análisis.

EJEMPLOS:

Definir un análisis de barrido en continua variando la fuente de tensión VIN desde un valor de -0.25V hasta 0.25V, con incrementos de 0.05V:

```
.DC VIN -.25 .25 .05
```

Definir un análisis de barrido en continua variando de forma lineal la fuente de intensidad Y2, desde un valor de 5mA hasta -2mA, con incrementos de 0.1mA:

```
.DC LIN Y2 5mA -2mA 0.1mA
```

Definir un análisis de barrido en continua variando la fuente de intensidad IB, desde un valor de 0mA hasta 1mA, con incrementos de 50µA, y realizando para cada valor un bucle interno en el que varíe el valor de la fuente de tensión VCC, desde un valor de 0V hasta 10V, con incrementos de 0.5V:

```
.DC VCC 0V 10V .5V IB 0mA 1mA 50uA
```

Definir un análisis de barrido en continua variando el parámetro R, correspondiente al modelo que hemos denominado RMOD, definido para una/s resistencia/s, desde un valor de 0.9 hasta 1.1, con incrementos de 0.001:

```
.DC RES RMOD(R) 0.9 1.1 .001
```

Definir un análisis de barrido en continua variando logarítmicamente el parámetro IS, correspondiente al modelo llamado QFAST, definido para un/os transistor/es NPN, desde un valor de 1×10^{-18} hasta 1×10^{-14} , realizando el análisis en cinco puntos por década:

```
.DC DEC NPN QFAST(IS) 1E-18 1E-14 5
```

Definir un análisis de barrido en continua variando la temperatura de realización del análisis, con una serie de valores de 0°C, 20°C, 27°C, 50°C, 80°C, 100°C y -50°C:

```
.DC TEMP LIST 0 20 27 50 80 100 -50
```

Definir un análisis de barrido en continua variando el parámetro global (es decir, la variable que hemos definido en el circuito), al que hemos llamado SUPPLY, desde un valor de 7.5 hasta 15, con incremento de 0.5:

```
.DC PARAM SUPPLY 7.5 15 .5
```

Punto de trabajo en continua

Para introducir el cálculo del punto de trabajo en continua en el circuito, usaremos la sentencia:

```
.OP
```

Este análisis, calcula el punto de trabajo del circuito y muestra los valores de todas sus fuentes y distintos elementos no lineales; aparecen así tras apartados en el fichero de salida de resultados tras el análisis:

- Una lista de las tensiones de cada nudo.
- Las intensidades de todas las fuentes de tensión y la potencia entregada.
- Una lista de los parámetros de pequeña señal (linealizados) de todos los elementos no lineales.

Si se omite la sentencia .OP en la descripción de un circuito, el punto de trabajo será igualmente calculado, ya que es necesario para calcular los parámetros de pequeña señal de los elementos no lineales (como las fuentes controladas, diodos, transistores, etc.), necesarios para la realización de otros análisis, como el de continua, cálculo de la función de transferencia, de respuesta en frecuencia, etc. En este caso, a la salida sólo aparecerá una lista con las tensiones de cada nudo y no los dos restantes apartados especificados anteriormente.

Si no queremos que aparezca en el fichero de salida la lista de las tensiones del punto de trabajo de los diferentes nudos, podremos utilizar la opción NOBIAS de la sentencia .OPTIONS.

Los resultados de este análisis aparecen en el fichero de salida etiquetados con SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION (Solución para pequeña señal).

Función de transferencia para pequeña señal

Para calcular la función de transferencia para pequeña señal, utilizaremos en la descripción del circuito la sentencia:

```
.TF (salida) (fuente de entrada)
```

Esto hará que PSPICE calcule y presente la ganancia para pequeña señal, la impedancia de entrada y la impedancia de salida del circuito. Estos cálculos se realizan linealizando el circuito en torno al punto de trabajo; es decir, utilizando los parámetros de pequeña señal de los elementos no lineales del circuito.

Se presentará en el fichero de salida de datos la ganancia de la (salida) con respecto a la (fuente de entrada), así como la impedancia de entrada (vista por la fuente de entrada) y de salida (medida en el punto de salida). No es necesaria ninguna sentencia .PRINT, .PLOT o .PROBE para presentar los resultados del análisis.

La (salida) tiene igual forma y significado que las utilizadas en la sentencia .PRINT (que estudiaremos un poco más adelante). No obstante, si es una intensidad, ha de ser la que circule por una fuente de tensión.

Dado que este análisis se realiza en continua, las bobinas serán consideradas como cortocircuitos, y los condensadores, como circuitos abiertos. La función de transferencia se puede calcular considerando como entrada una fuente de tensión, y como salida, la tensión de un determinado nudo, o bien considerando como entrada una fuente de intensidad, y como salida, la intensidad que circula por una determinada rama del circuito, si bien en este último caso esta intensidad ha de ser la que circule por una fuente de tensión independiente (tendremos que colocar una fuente auxiliar de valor 0 voltios en la rama en cuestión y utilizar la intensidad que circula por ella como variable de salida).

Los resultados de este análisis aparecen en el fichero de salida etiquetados con SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS (Características de pequeña señal).

Una aplicación importante del cálculo de la función de transferencia para pequeña señal es la obtención del equivalente Thévenin de un circuito (hay un ejemplo en “Simulación electrónica con PSPICE”).

EJEMPLOS:

Definir un análisis para calcular la función de transferencia, tomando como salida la tensión del nudo 5 y como fuente de tensión de entrada la llamada VIN:

```
.TF V(5) VIN
```

Definir un análisis para calcular la función de transferencia, tomando como salida la intensidad que circula por la fuente de tensión VDRIV y como entrada la fuente de intensidad llamada ICNTRL:

```
.TF I(VDRIV) ICNTRL
```

Análisis de sensibilidad en continua

Para introducir en la descripción del circuito un análisis de sensibilidad usaremos la sentencia:

```
.SENS (salida)
```

El análisis de sensibilidad hace que PSPICE calcule el punto de trabajo del circuito y posteriormente calcule los modelos lineales de todos los componentes no lineales para ese punto de trabajo. Las bobinas se considerarán como cortocircuitos, y los condensadores como circuitos abiertos, al tratarse de un análisis en continua.

Como variable de (salida) de este análisis, podemos tomar una tensión (la del nudo de salida, por ejemplo) o una intensidad; en tal caso, habrá de ser la corriente que circula por una fuente de tensión independiente (por ejemplo, para calcular la sensibilidad de la intensidad de carga IL en un circuito, hemos de insertar en serie con la carga una fuente de tensión de valor 0 voltios, para que no influya en el circuito, y usar la intensidad que circula por esta fuente como variable de salida).

En el fichero de salida de los resultados, parecerá un listado mostrando la sensibilidad de la tensión/intensidad elegida como (salida) con respecto a los valores de todos los componentes y los parámetros de los modelos de los mismos. Esto, lógicamente, puede suponer una gran cantidad de datos como resultado del análisis.

Los resultados de este análisis aparecen en el fichero de salida etiquetados con DC SENSITIVITY ANALYSIS (Análisis de sensibilidad en continua).

EJEMPLO:

Definir un análisis de sensibilidad en continua para conocer cómo afectan los diferentes componentes del circuito y los parámetros de los modelos a la tensión del nudo 9, a la tensión entre los nudos 4 y 3, a la tensión del nudo 17 y a la intensidad que circula por la fuente llamada VCC:

```
.SENS V(9) V(4,3) V(17) I(VCC)
```

SENTENCIAS DE LOS ANÁLISIS EN ALTERNA

En este apartado analizaremos las sentencias disponibles para realizar los diferentes análisis en alterna a un circuito, como son el análisis de respuesta en frecuencia y el análisis de ruido.

Análisis AC (de respuesta en frecuencia)

Para introducir en la descripción del circuito un análisis de respuesta en frecuencia, usaremos la sentencia:

```
.AC (LIN)* (OCT)* (DEC)* (nº puntos) (frecuencia inicial) (frecuencia final)
```

La sentencia .AC calcula la respuesta en frecuencia del circuito en el rango definido de frecuencias. El barrido de las frecuencias podemos seleccionarlo lineal o logarítmico, dependiendo fundamentalmente del rango de valores; es decir, para variaciones pequeñas de frecuencia podemos seleccionar un barrido lineal, y para variaciones amplias, un barrido logarítmico.

Las opciones disponibles para el barrido de la frecuencia son:

- LIN** Barrido lineal. La frecuencia irá variando linealmente desde la frecuencia inicial especificada hasta la final. El número total de puntos a calcular viene dado por el valor de (nº puntos).
- OCT** Barrido por octavas. La frecuencia irá variando logarítmicamente por octavas. El número de puntos a calcular por octava es el valor (nº puntos).
- DEC** Barrido por décadas. La frecuencia irá variando logarítmicamente por décadas. El número de puntos a calcular por década es el valor de (nº puntos).

Hemos de especificar uno de los tres tipos de barrido de la frecuencia, aunque si queremos un barrido lineal, el término LIN puede omitirse.

El término de (frecuencia inicial) debe ser menor que el de (frecuencia final), y ambos mayores que cero.

La respuesta en frecuencia calculada por .AC se realiza trabajando con los modelos de pequeña señal de los componentes no lineales; es decir, linealiza el circuito en torno al punto de trabajo.

A diferencia del análisis en continua, aquí no hemos de especificar la señal de entrada. cada fuente independiente puede tener sus propios valores para este tipo de análisis.

Las fuentes a las que podemos especificar valores de magnitud y fase para el análisis .AC son todas (o bien sólo algunas) las del circuito, sólo las fuentes independientes que tengan valor AC serán consideradas señales de entrada. Las demás fuentes que tengan valores variables (como las que tienen especificación SIN), serán consideradas nulas y sólo se usarán para el análisis transitorio. Durante el análisis, en cada nudo del circuito aparecerá una tensión suma de la producida por cada fuente con valor AC.

Los resultados de este análisis aparecen en el fichero de salida etiquetados con AC ANALYSIS (Análisis en alterna).

EJEMPLOS:

Definir un análisis del cálculo de la respuesta en frecuencia, realizando un barrido lineal de la frecuencia, desde un valor de 100 Hz hasta 200 Hz, obteniendo los datos en un número total de 101 puntos:

```
.AC LIN 101 100Hz 200Hz
```

Definir un análisis de respuesta en frecuencia, realizando una variación logarítmica por octavas de la frecuencia, desde un valor de 1 KHz hasta 16 KHz, y calculando un total de 10 puntos en cada octava:

```
.AC OCT 10 1khz 16 KHz
```

Definir un análisis de respuesta en frecuencia, realizando un barrido logarítmico por décadas de la frecuencia, desde un valor de 1 Mhz hasta 100 Mhz, y calculando los datos en 20 puntos por década:

```
.AC DEC 20 1MEG 100MEG
```

Análisis de ruido

Se define con la sentencia:

```
.NOISE V((nudo) , (nudo)*) (fuente ) (valor)*
```

La sentencia .NOISE produce un análisis de ruido en el circuito. Este análisis se realiza junto al análisis .AC, por lo que se requiere su realización previa.

El término V((nudo) , (nudo)*) es la tensión de salida seleccionada. Puede ser la tensión de un nudo o la tensión entre dos nudos. El término (fuente) es el nombre de una fuente independiente de tensión o intensidad donde se calculará la entrada de ruido equivalente. La (fuente) no es por sí misma un generador de ruido, sino que será en ese lugar donde se calculará la entrada de ruido equivalente.

Los elementos generadores de ruido son las resistencias y los semiconductores. El nivel de ruido depende de la frecuencia. Para cada frecuencia del análisis .AC, PSPICE calcula el nivel de ruido de cada elemento generador, así como la contribución del ruido en el nudo de salida, para calcular el valor eficaz RMS total (suma de todos). También se calcula la ganancia desde la fuente de entrada respecto a la salida que produciría el ruido calculado a la salida.

Si el término (fuente) es una fuente de tensión, las unidades del ruido de entrada son $V/Hz^{1/2}$, pero si es una fuente de intensidad las unidades son $A/Hz^{1/2}$. Las unidades del ruido de salida son siempre $V/Hz^{1/2}$.

Si asignamos una determinada cantidad al término (valor), entonces éste será el intervalo de presentación de resultados, de forma que cada x frecuencia, donde x es el intervalo de presentación, se presentará una tabla detallada mostrando la contribución de ruido de cada componente. Estos valores son el ruido total propagando hasta el nudo de salida, no el ruido generado por cada componente. Esta tabla se confecciona mientras se realiza el análisis, y no requiere sentencias .PRINT o .PLOT para ver los resultados del análisis en el fichero de salida.

El ruido de salida y el ruido equivalente de entrada pueden ser presentados con sentencias .PRINT o .PLOT si se desea.

Los resultados de este análisis aparecen en el fichero de salida etiquetados con NOISE ANALYSIS (Análisis de ruido).

EJEMPLOS:

Definir un análisis del cálculo del ruido de salida generado por el circuito en el nudo 5, así como del cálculo del ruido equivalente que lo produciría si se aplicase la señal en el lugar donde está colocada la fuente llamada VIN:

```
.NOISE V(5) VIN
```

Definir un análisis del cálculo del ruido de salida en el nudo 101 y el ruido equivalente de entrada aplicado en el lugar de la fuente llamada VSRC, presentando los resultados (contribución de ruido en la salida por cada elemento) con intervalo de 20 Hz (y según el rango de frecuencias especificado en el análisis de respuesta en frecuencia que se haya incluido):

.NOISE V(101) VSRC 20

Definir un análisis del cálculo del ruido de salida entre los nudos 4 y 5, así como el ruido equivalente de entrada que lo produciría, aplicado en el lugar de la fuente de intensidad llamada ISRC:

.NOISE V(4,5) ISRC

SENTENCIAS DE LOS ANÁLISIS TRANSITORIOS

A continuación entraremos en el estudio e las sentencias de PSPICE que nos permiten especificar los análisis transitorios al circuito. Éstos son, el análisis transitorio o de respuesta a lo largo del tiempo y el análisis de la descomposición de una forma de onda en la serie de Fourier.

Análisis transitorio (respuesta en el tiempo)

Para introducir un análisis transitorio en la descripción del circuito, usaremos la sentencia:

.TRAN(/OP)* (paso pres) (tiempo final) (tiempo inicial)* (paso calc)* (UIC)*

La sentencia .TRAN realiza un análisis transitorio del circuito. El análisis transitorio calcula el comportamiento del circuito a lo largo del tiempo, desde el instante de tiempo cero hasta el instante especificado en (tiempo final).

Este análisis usa un tiempo de paso interno variable para los cálculos. Así, en intervalos de baja actividad el paso aumenta, y durante intervalos de gran actividad el paso disminuye. El término (paso pres) es el intervalo de tiempo usado para presentar los resultados del análisis transitorio. Los valores intermedios se obtienen por interpolación con un polinomio de segundo orden.

El análisis transitorio siempre comienza para el instante de tiempo cero. No obstante, podemos suprimir en la salida un intervalo de tiempo inicial, especificándolo con el valor de (tiempo inicial).

El paso interno para realizar los cálculos tiene un valor por defecto de (tiempo final)/50. Si queremos aumentar o disminuir este intervalo de tiempo entre cálculos, podemos especificar el nuevo valor con el término (paso calc).

Antes de realizar el análisis transitorio, PSPICE calcula el punto de trabajo del circuito según los valores de las fuentes independientes para este análisis. En el fichero de salida de datos aparecerán las tensiones de los nudos para este punto de trabajo. Si incluimos en la sentencia .TRAN la opción /OP, obtendremos en la salida una información detallada sobre este punto de trabajo.

Si utilizamos el término (UIC), no se calculará el punto de trabajo. Esto se usa cuando tenemos condiciones iniciales especificadas en los condensadores e inductancias y queremos usarlas.

Podemos utilizar sentencias de presentación de resultados .PRINT, .PLOT o .PROBE para ver los resultados del análisis transitorio.

Los resultados del cálculo del punto de trabajo para el análisis transitorio aparecen en el fichero de salida etiquetados con INITIAL TRANSIENT SOLUTION (Solución inicial transitoria), y los resultados del análisis aparecen etiquetados con TRANSIENT ANALYSIS (Análisis transitorio).

EJEMPLOS:

Definir una análisis transitorio del circuito de forma que se presenten los resultados del mismo desde el instante inicial hasta el instante de tiempo T=100nSg, con un intervalo de presentación de resultados de 1nSg:

```
.TRAN 1NS 100NS
```

Definir una análisis transitorio al circuito de forma que aparezcan en la salida los resultados desde el instante de tiempo T=20nSg hasta el instante T=100nSg, con un intervalo de presentación de 1nSg, así como un listado de la información del punto de trabajo. Para el análisis se deberán utilizar las condiciones iniciales de carga de los condensadores y bobinas:

```
.TRAN/OP 1NS 100NS 20NS UIC
```

Definir un análisis transitorio de forma que se presenten los resultados desde el instante de tiempo inicial hasta el instante T=10μSg, con un intervalo de presentación de datos de 1nSg, y asegurándonos que el intervalo de tiempo entre cálculos no sobrepasa los 0.1nSg:

```
.TRAN 1N 10U 0 .1N
```

Análisis de FOURIER

Para introducir un análisis de Fourier en la descripción del circuito usaremos la sentencia:

```
.FOUR (frecuencia) (salida)
```

El análisis de Fourier realiza una descomposición de los componentes de Fourier del resultado de un análisis transitorio. Así, el análisis de Fourier requiere haber realizado previamente un análisis transitorio.

La (salida) es una variable de salida de la misma forma que para una sentencia .PRINT para un análisis transitorio.

Recuérdese que una señal periódica puede expresarse en una serie de Fourier como:

$$V(\theta) = c_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} [c_n \text{sen}(n\theta + \phi_n)]$$

donde: $\theta = 2\pi ft$ (siendo f = frecuencia en Hz),

Co = componente DC de la señal,

Cn = componente del armónico número n,

ϕ_n = fase del armónico número n.

El análisis de Fourier utiliza los resultados del análisis transitorio para la variable de salida especificada. De este voltaje o corriente se calcula la componente DC, el fundamental y los armónicos 2º al 9º. La frecuencia del fundamental será la especificada en el término (frecuencia). No todos los resultados del análisis transitorio serán utilizados, sino sólo el intervalo de tiempo comprendido entre el instante 1/(frecuencia) antes del final hasta el final. Esto significa que el análisis transitorio debe ser al menos de una duración de 1/(frecuencia) segundos.

El análisis .FOUR no requiere ninguna sentencia .PRINT, .PLOT o .PROBE. La presentación de los resultados va implícita en el propio análisis.

Los resultados de este análisis aparecen en el fichero de salida etiquetados con FOURIER ANALYSIS (Análisis de Fourier).

EJEMPLO:

Definir un análisis de la descomposición en la serie de Fourier, de la forma de onda (obtenida de un análisis transitorio) de la tensión del nudo 5, de la tensión entre los nudos 6 y 7 y de la intensidad que circula por la fuente de tensión llamada VSENS3, sabiendo que la frecuencia del fundamental es de 10khz:

```
.FOUR 10khz V(5) V(6,7) I(VSENS3)
```

SENTENCIAS DE LOS RESTANTES ANÁLISIS

Y para finalizar con el estudio de las sentencias de descripción de los análisis, trataremos en este apartado de las utilizadas para los análisis de Monte Carlo, sensibilidad y peores condiciones, así como los análisis paramétrico y a diferentes temperaturas.

Análisis de Monte Carlo

Para introducir el la descripción del circuito un análisis de Monte Carlo, usaremos la sentencia:

```
.MC (nº ejecuciones) (análisis) (salida) (función) (opción)*
```

El análisis de Monte Carlo consiste en realizar múltiples ejecuciones del análisis seleccionado (.DC, .AC, .TRAN). El primer análisis se realiza con los valores nominales de los componentes (lo llamaremos análisis nominal). Las posteriores ejecuciones del análisis se realizarán variando los parámetros de los modelos que tengan especificadas tolerancias con los términos DEV y LOT (o sea, variando las tolerancias de los componentes según el modelo que posean).

El número de ejecuciones del análisis especificado será el valor de (nº ejecuciones). Si queremos imprimir los resultados, el número máximo de (nº ejecuciones) es de 2000, y si queremos ver los resultados con Probe, el límite es de 100.

El término (análisis) es para especificar el tipo de análisis, y puede ser DC, AC o TRAN. Este análisis es el que se repetirá en las siguientes ejecuciones. Todos los análisis que contenga el circuito se realizarán durante el análisis nominal y sólo el análisis seleccionado será el que se repita en las siguientes ejecuciones.

La (salida) tiene el mismo formato que para la sentencia .PRINT, tal y como veremos en el siguiente apartado.

La (función) especifica la operación a la que se someterán los valores obtenidos a la (salida) para reducirlos a un único valor. Este valor es la base para las comparaciones entre los valores nominales y los de las siguientes ejecuciones. La (función) puede ser:

- **YMAX.** Encuentra la diferencia mayor de cada forma de onda obtenida con respecto a la obtenida en el análisis nominal.
- **MAX0.** Encuentra el valor máximo de cada forma de onda.
- **MIN.** Encuentra el valor mínimo de cada forma de onda.
- **RISE_EDGE ((valor)).** Encuentra el primer punto de la forma de onda que cruza por encima del umbral especificado en (valor). La señal debe tener uno o más puntos iguales o menores que el (valor) seguidos por uno superior; los valores listados a la salida serán donde la señal supera al umbral establecido por (valor)
- **FALL_EDGE ((valor)).** Encuentra el primer punto de la forma de onda que cruza por debajo del umbral especificado en (valor). La señal debe tener uno o más puntos iguales o superiores que el (valor) seguidos por uno inferior; los valores listados a la salida serán donde la señal queda por debajo del umbral establecido por (valor).

Las (opciones) pueden ser las siguientes:

- **LIST.** Presentará al comienzo de cada ejecución, en el fichero de salida de datos, los valores de los parámetros de los modelos usados para cada componente en dicho análisis.
- **OUTPUT (tipo).** Genera salidas para las siguientes ejecuciones del análisis, posteriores al análisis nominal. La salida de cualquier ejecución está gobernada por las sentencias .PRINT, .PLOT y .PROBE. Si OUTPUT se omite, entonces sólo el análisis nominal producirá salida de datos. El (tipo) puede ser uno de los enlistados a continuación:
 - **ALL.** Genera salidas de datos para todas las ejecuciones.
 - **FIRST (valor).** Genera salidas de datos para las x primeras ejecuciones, siendo x la cantidad asignada al término (valor).
 - **EVERY (valor).** Genera salidas de datos cada x ejecuciones.
 - **RUNS (valor).** Realiza los análisis y genera salidas de datos sólo para las ejecuciones especificadas (que pueden ser hasta 25).
- **RANGE ((valor bajo) , (valor alto)).** Restringe el rango de valores sobre el cual actuará la (función). Si un valor lo sustituimos por un *, es equivalente a especificar todos los valores. Veamos unos ejemplos:

YMAX RANGE (*,.5) Calcula YMAX para valores de la variable de barrido (tiempo, frecuencia, etc.) iguales que 0.5 o menores.

- MAX RANGE (-1,*) Encuentra el máximo valor de la (salida) para valores de la variable de barrido iguales que -1 o superiores.

Si omitimos RANGE, entonces la (función) afecta a todos los valores de la variable de barrido.

Los resultados del análisis de Monte Carlo aparecen en el fichero de salida etiquetados con MONTE CARLO SUMMARY (Sumario de Monte Carlo).

EJEMPLOS:

Definir un análisis de Monte Carlo que repita 10 veces el análisis transitorio incluido en el circuito, variando los valores de los elementos con sus tolerancias, de forma que veamos cómo afectan éstas a la tensión del nudo 5. En la salida queremos ver una tabla con las mayores diferencias de tensión de cada forma de onda obtenida con respecto al análisis realizado con los valores nominales de los elementos:

```
.MC 10 TRAN V(5) YMAX
```

Definir un análisis de Monte Carlo que repita 50 veces el análisis de barrido en continua incluido en el circuito, variando los valores de los elementos con sus tolerancias, de forma que veamos cómo afectan estas tolerancias a la intensidad de colector del transistor llamado Q7. En la salida ha de aparecer una tabla con los valores de la diferencia máxima de cada análisis con respecto al análisis nominal. Además, queremos que se nos informe, en el fichero de salida de resultados, del valor que se ha utilizado en cada análisis para los componentes con tolerancias:

```
.MC 50 DC IC(Q7) YMAX LIST
```

Definir un análisis de Monte Carlo que repita 20 veces el análisis de respuesta en frecuencia incluido en el circuito, de forma que veamos cómo afectan las tolerancias de los elementos a la fase de la tensión entre los nudos 13 y 5. En la salida ha de aparecer una tabla con los valores de la diferencia máxima de cada análisis con respecto al análisis nominal. Igualmente, ha de aparecer el valor de cada elemento con tolerancia que se ha utilizado en la ejecución de cada análisis. Por último, ha de generar una salida de datos (con las sentencias .PRINT, .PLOT o PROBE, según se haya definido en el circuito) para cada uno de los análisis efectuados, lo que nos permitirá posteriormente ver la dispersión de la señal mostrando las gráficas juntas:

```
.MC 20 AC VP(13,5) YMAX LIST OUTPUT ALL
```

Análisis de sensibilidad y peores condiciones

Para introducir un análisis de sensibilidad y de las peores condiciones en la descripción del circuito, usaremos la siguiente sentencia:

`.WCASE (análisis) (salida) (función) (opción)*`

La sentencia `.WCASE` hace que se realice un análisis de sensibilidad y peores condiciones del circuito. Se realizarán múltiples ejecuciones del análisis seleccionado (`.DC`, `.AC` o `.TRAN`), variando los parámetros de los modelos de los elementos. A diferencia del análisis `.MC`, este análisis varía un solo parámetro en cada ejecución. Esto le permite a PSPICE calcular la sensibilidad de la señal de salida con respecto a cada parámetro. Conocidas todas las sensibilidades, se efectúa una última ejecución variando todos los parámetros para obtener la salida en el peor de los casos.

Este análisis utiliza los parámetros de los modelos que tienen especificada una tolerancia con los términos `DEV` y `LOT`. Hay que mencionar que a un circuito podemos realizarle un análisis `.MC` o un `.WCASE`, pero no ambos al mismo tiempo.

El término (análisis) debe ser un análisis `DC`, `AC` o `TRAN`. El análisis especificado será el que se repita en las distintas ejecuciones. Todos los análisis que contenga el circuito se realizarán durante el análisis nominal (análisis utilizando los valores nominales de los componentes) y sólo el seleccionado será el que se repita en las siguientes ejecuciones.

La (salida) tiene el mismo formato que para la sentencia `.PRINT`, tal y como veremos en el próximo apartado.

La (función) especifica la operación a la que se someterán los valores obtenidos a la (salida) para reducirlos a un único valor. Este valor es la base para las comparaciones entre los valores nominales y los de las siguientes ejecuciones. La (función) puede ser:

- **YMAX.** Encuentra la diferencia mayor de cada forma de onda obtenida con respecto a la obtenida en el análisis nominal.
- **MAX.** Encuentra el valor máximo de cada forma de onda.
- **MIN.** Encuentra el valor mínimo de cada forma de onda.
- **RISE_EDGE ((valor)).** Encuentra el primer punto de la forma de onda que cruza por encima del umbral especificado en (valor). La señal debe tener uno o más puntos iguales o menores que el (valor) seguidos por uno superior; los valores listados a la salida serán donde la señal supera al umbral establecido por (valor)
- **FALL_EDGE ((valor)).** Encuentra el primer punto de la forma de onda que cruza por debajo del umbral especificado en (valor). La señal debe tener uno o más puntos iguales o superiores que el (valor) seguidos por uno inferior; los valores listados a la salida serán donde la señal queda por debajo del umbral establecido por (valor).

Las (opciones) pueden ser las siguientes:

- **OUTPUT ALL.** Visualiza los resultados, en el fichero de salida, de todos los análisis de sensibilidad tras el análisis nominal. Estas salidas están gobernadas por una sentencia `.PRINT`, `.PLOT` y `.PROBE`. Si se omite esta opción, entonces sólo los resultados del análisis nominal y el de las peores condiciones aparecerán en la salida.
- **RANGE ((valor bajo) , (valor alto)).** Restringe el rango de valores sobre el cual actuará la (función). Si un valor lo sustituimos por un `*`, es equivalente a especificar todos los valores. Veamos unos ejemplos:

`MAX RANGE (*,5)` Calcula `YMAX` para valores de la variable de barrido (tiempo, frecuencia, etc.) iguales o menores que 0.5.

- MAX RANGE (-1,*) Encuentra el máximo valor de la (salida) para valores de la variable de barrido iguales que -1 o superiores.

Si omitimos RANGE, entonces la (función) afecta a todos los valores de la variable de barrido.

- **HI o LOW.** Especifican la dirección de ejecución del análisis de las peores condiciones con respecto al análisis nominal. Si la (función) es YMAX o MAX, el valor por defecto es HI, en cualquier otro caso es LOW.
- **VARY DEV, VARY LOT o VARY BOTH.** Por defecto, cualquier componente que tenga parámetros en su modelo con tolerancias especificadas por DEV o LOT será incluido en este análisis, esto es equivalente a utilizar VARY BOTH. Pero podemos usar solamente las tolerancias especificadas por DEV o las especificadas por LOT, utilizando los términos VARY DEV o VARY LOT, respectivamente.
- **BY RELTOL, BY (valor).** Los parámetros de los modelos se varían según el valor de RELTOL (de la sentencia .OPTIONS). Pero podemos usar otro valor numérico especificándolo en BY (valor).
- **DEVICES (lista de tipos).** Por defecto, todos los elementos se incluyen en el análisis .WCASE. Pero podemos limitar los elementos a utilizar listando sus tipos con esta opción. En la lista se escribirán todos los tipos consecutivos, sin espacios intermedios. Por ejemplo, para usar sólo los modelos de las resistencias y los transistores MOSFET especificaremos: DEVICES RM.

Los resultados del análisis del peor de los casos o de las peores condiciones aparecen en el fichero de salida etiquetados con WORST CASE SUMMARY (Sumario del peor de los casos).

EJEMPLOS:

Definir un análisis de sensibilidad y peores condiciones (en función de las tolerancias de los elementos) para el análisis transitorio incluido en el circuito, tomando como salida la tensión del nudo 5, de forma que nos muestre la diferencia máxima de la forma de onda obtenida con respecto a la del análisis nominal:

```
.WCASE TRAN V(5) YMAX
```

Definir un análisis de sensibilidad y peores condiciones para el análisis de barrido en continua, tomando como salida la intensidad de colector del transistor llamado Q7, de forma que aparezca la máxima diferencia de ésta con respecto a la del análisis nominal. Además, sólo se han de tener en cuenta las variaciones de los elementos que tengan asignadas tolerancias con el término DEV, siendo ignoradas las tolerancias del tipo LOT:

```
.WCASE DC IC(Q7) YMAX VARY DEV
```

Definir un análisis de sensibilidad y peores condiciones para el análisis de respuesta en frecuencia incluido en el circuito, tomando como salida la fase de la tensión entre los nudos 13 y 5, mostrando la máxima diferencia de ésta con respecto a la del análisis nominal. Sólo se deberán de tener en cuenta para la realización del análisis las resistencias y los transistores bipolares que tengan asignados valores de tolerancia en sus parámetros. Por último, ha de generar una salida de datos (con las sentencias .PRINT, .PLOT o PROBE, según se haya definido en el circuito) para cada uno de los análisis de sensibilidad efectuados y el de las peores condiciones, lo que nos permitirá posteriormente ver la dispersión de la señal mostrando todas las gráficas juntas:

```
.WCASE AC VP(13,5) YMAX DEVICES RQ OUTPUT ALL
```

Análisis paramétrico

PSPICE permite realizar múltiples ejecuciones de un análisis variando el valor de una fuente, un parámetro global (es decir, una variable que hemos definido en el circuito), la temperatura o un parámetro de un modelo. Esto permite variar el valor de un componente para buscar la respuesta óptima del circuito según nuestras necesidades.

Para introducir un análisis paramétrico en la descripción del circuito, usaremos una de las sentencias:

```
.STEP (LIN)* (variable) (valor final) (incremento)
.STEP (OCT)* (DEC)* (variable) (valor inicial) (valor final) (nº puntos)
.STEP (variable) LIST (valor)
```

La sentencia .STEP realiza un barrido de la (variable) especificada para todos los análisis incluidos en el circuito. Así, todos los análisis ordinarios (.DC, .AC, .TRAN, etc.) se repetirán para cada valor de la (variable) durante el barrido. Cuando los análisis se han realizado, se presentarán los resultados especificados en la sentencia .PRINT o .PLOT para cada valor del barrido. Probe nos permitirá visualizar los resultados en forma de familias de curvas.

La primera forma realiza un barrido lineal. La segunda forma realiza un barrido logarítmico. La tercera forma se usa para listar una serie de valores determinados.

El (valor inicial) puede ser mayor o menor que el (valor final), ya que el barrido puede ser ascendente o descendente. El (incremento) y el (nº puntos) deben ser mayores que cero.

El barrido puede ser lineal, logarítmico o una lista de valores. Si es lineal, la palabra LIN es opcional. Tipos de barrido:

- LIN** Barrido lineal. Produce una variación de la (variable) de forma lineal desde el (valor inicial) hasta el (valor final). El paso del barrido viene dado por el valor de (incremento).
- OCT** Barrido por octavas. Produce una variación logarítmica por octavas de la (variable). El número de puntos calculados por octava será el especificado en (nº puntos).
- DEC** Barrido por décadas. Produce una variación logarítmica por décadas de la (variable). El número de puntos calculados por década será el especificado en (nº puntos).

La (variable) puede ser una de las siguientes:

Una fuente. El nombre de una fuente independiente de tensión o intensidad. Durante el barrido, el valor de la fuente será el correspondiente a la (variable).

Un parámetro de un modelo. Podemos especificar un tipo de modelo, el nombre que le hemos asignado y el parámetro a variar escritos entre paréntesis. Durante el barrido, el valor del parámetro será el correspondiente a la (variable). Los siguientes parámetros no serán válidos: L y W de los transistores MOSFET y los parámetros de temperatura, como, por ejemplo, TC1 y TC2 para las resistencias, etc.

La temperatura. Para ello, usaremos la palabra TEMP en el lugar de (variable). La temperatura se irá ajustando a los distintos valores del barrido. Para cada valor del barrido, todos los componentes del circuito ajustarán sus parámetros a la temperatura en cuestión.

Un parámetro global (una variable). En este caso usaremos el término PARAM seguido del nombre del parámetro que queremos ir cambiando. Durante el barrido, el parámetro global se irá ajustando a los distintos valores especificados y todas las expresiones serán recalculadas.

Así podemos decir que el análisis .STEP nos permite ver la respuesta del circuito para distintos valores de la (variable).

Los análisis .STEP, .TEMP, .MC, .WCASE y .DC son excluyentes; es decir, no podemos incluir dos de ellos en nuestro circuito para variar la misma (variable).

EJEMPLOS:

Definir un análisis paramétrico de forma que se repitan todos los análisis incluidos en el circuito, variando el valor de la fuente de tensión llamada VCE desde un valor inicial de 0V hasta 10V, con incrementos de 0.5V:

```
.STEP VCE 0V 10V .5V
```

Definir un análisis paramétrico que repita los restantes análisis, variando de forma lineal al valor de la fuente de intensidad llamada I2 desde un valor de 5mA hasta -2mA, con incrementos entre los análisis de 0.1mA:

```
.STEP LIN I2 5mA -2mA 0.1mA
```

Definir un análisis paramétrico que repita los restantes análisis, realizando un barrido del parámetro R del modelo al que hemos llamado RMOD, correspondiente a una/s resistencia/s, desde un valor de 0.9 hasta un valor de 1.1, con incrementos de 0.001:

```
.STEP RES RMOD(R) 0.9 1.1 .001
```

Definir un análisis paramétrico que realice un barrido logarítmico por décadas del parámetro IS del modelo QFAST, correspondiente a un/os transistor/es bipolar/es NPN, desde un valor inicial de 1×10^{-18} hasta 1×10^{-14} , repitiendo los análisis en cinco puntos por década:

```
.STEP DEC NPN QFAST(IS) 1E-18 1E-14 5
```

Definir un análisis paramétrico que repita los demás análisis incluidos, para una lista de temperaturas de 0 °C, 20 °C, 27 °C, 50°C, 80 °C, 100 °C y -50 °C:

```
.STEP TEMP LIST 0 20 27 50 80 100 -50
```

Definir un análisis paramétrico que repita los análisis restantes variando el parámetro global (es decir, la variable que hemos definido en la descripción del circuito), al que hemos llamado CENTERFREQ, desde un valor de 9.5khz hasta 10.5khz, con incrementos entre los análisis de 50Hz:

```
.STEP PARAM CENTERFREQ 9.5K 10.5K 50
```

Análisis a diferentes temperaturas

Para establecer la temperatura de realización de los diferentes análisis incluidos en la descripción del circuito, usaremos la sentencia:

```
.TEMP (valor)
```

El (valor) de la temperatura ha de expresarse en grados centígrados. Si especificamos varios valores de temperatura, todos los análisis incluidos en el circuito se repetirán para cada valor. Una vez asignado un valor a la temperatura, PSPICE calculará el valor de los distintos parámetros de los modelos de los elementos en función de esa temperatura y de la nominal, la cual se establece mediante la opción TNOM, de la sentencia .OPTIONS y cuyo valor por defecto es 27 °C. En caso de no incluir ninguna sentencia .TEMP para asignar la temperatura de realización del análisis, el valor de ésta será también por defecto 27 °C.

EJEMPLO:

Indicar al simulador PSPICE que repita todos los análisis incluidos en la descripción del circuito para unas temperaturas de 50 °C, 75 °C y 100 °C:

```
.TEMP 50 75 100
```

PRECISIÓN DE LOS ANÁLISIS

La precisión de los resultados de los análisis está controlada por las opciones RELTOL, VNTOL, ABSTOL y CHGTOL de la sentencia .OPTIONS.

La más importante es RELTOL, que controla la precisión relativa de todas las tensiones e intensidades calculadas por PSPICE en los diferentes análisis. Su valor por defecto es de 0.001; es decir, un 0.1 %.

Las demás, VNTOL, ABSTOL y CHGTOL, establecen la precisión para los voltajes, intensidades y carga de condensadores, respectivamente. Así, estas opciones limitan todas las precisiones a un valor finito, ya que las especificadas por RELTOL no tienen límite, al ser valores relativos. Los valores por defecto para VNTOL, ABSTOL y CHGTOL son de 1 μ V, 1pA y 0.01pC, respectivamente.

En algunas aplicaciones, una precisión para RELTOL del 0.1% puede ser más que suficiente, por lo que la podemos ajustar a un 1%, lo que repercutirá en un aumento de la velocidad de análisis del circuito.

Así, por ejemplo, para establecer la precisión de los valores obtenidos por PSPICE en los análisis a un 2%, siendo además la precisión de las tensiones de 50 μ V y de las intensidades de 1mA, utilizaremos la sentencia:

```
.OPTIONS RELTOL=0.02 VNTOL=50U ABSTOL=1M
```

FORMATOS DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Los distintos tipos de presentación de los resultados de salida de los análisis de PSPICE los podemos clasificar en cuatro grupos:

1. Descripción del circuito propiamente dicho. Esto incluye una lista de nudos, lista de componentes, lista de los parámetros de los modelos, etc.
2. La salida propia de algunos análisis. Esto incluye las salidas de los análisis .SENS y .TF (de sensibilidad y función de transferencia, respectivamente).
3. Tablas de valores y representaciones por puntos. Una tabla de valores es una tabla con el valor en cada instante de la tensión de un punto o la intensidad que circula por una rama; estos valores pueden variar a lo largo del tiempo, al variar algún elemento del circuito o bien al variar la frecuencia de una señal de entrada. Una representación por puntos es una gráfica de puntos que nos muestra igualmente los distintos valores de la tensión de un punto o la intensidad que circula por una rama. Estas formas incluyen las salidas de los análisis .DC, .AC y .TRAN (análisis en continua, de respuesta en frecuencia y transitorio, respectivamente).
4. Presentación de distintos parámetros de la simulación. Esto incluye datos como el tiempo y memoria usados en la simulación.

Nosotros podemos controlar el tipo de salidas que queremos que aparezcan tras la simulación del circuito.

Descripción del circuito

Vamos a ver las diferentes formas que tiene PSPICE de presentar la descripción del circuito en el fichero de salida de los análisis. Si está seleccionada tal y como veremos a continuación, aparecerá antes de los resultados de cualquier análisis. Las cinco posibles salidas aparecerán en el orden que sigue:

1. Una descripción del circuito de trabajo. Aparecerá a la salida con la etiqueta CIRCUIT DESCRIPTION (Descripción del circuito). Por defecto aparece siempre, a no ser que empleemos la opción NOECHO de la sentencia .OPTIONS, que la anularía.
2. Una lista de los nudos (y sus conexiones). Aparecerá con la etiqueta ELEMENT NODE TABLE (Tabla de nudos y elementos). Sólo aparece si se incluye la opción NODE en la sentencia .OPTIONS.
3. Un listado de los parámetros de los modelos. Aparecerá con las etiquetas BJT MODEL PARAMETERS (Parámetros del modelo de los transistores) y/o RESISTOR MODEL PARAMETERS (Parámetros del modelo de las resistencias) para los distintos elementos. Aparecerá siempre, a no ser que empleemos la opción NOMOD de la sentencia .OPTIONS, que anularía esta salida.
4. Una lista detallada de todos los componentes del circuito. Estará etiquetada con CIRCUIT ELEMENT SUMMARY (Listado de los elementos del circuito). Sólo aparecerá si se incluye la opción LIST en la sentencia .OPTIONS.

5. Los valores de todas las opciones que tengan valores numéricos. Estará etiquetada con OPTION SUMMARY (Listado de opciones). Sólo aparecerá si se incluye la opción OPTS en la sentencia .OPTIONS.

Estas cinco salidas están controladas por distintas opciones de la sentencia .OPTIONS; nosotros podemos hacer que aparezcan o no en el fichero de salida, pero no podemos modificar sus formatos de presentación.

Salidas directas

El cálculo del punto de trabajo (.OP), la función de transferencia para pequeña señal (.TF), el análisis de sensibilidad (.SENS), el análisis de ruido (.NOISE) y el análisis de Fourier (.FOUR) producen directamente una salida de datos. Directamente quiere decir que no necesitamos utilizar una sentencia .PRINT o .PLOT (que generan una tabla de resultados y una representación por puntos, como veremos en el siguiente apartado) para ver el resultado de dichos análisis, sino que basta con la propia sentencia del análisis. El formato de las salidas es diferente para cada análisis y depende de los cálculos realizados.

Estas salidas directas tienen un formato fijo, y aparecerán con sólo ejecutar el análisis correspondiente.

SENTENCIAS DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Para finalizar el apartado correspondiente a análisis estudiaremos la sintaxis de las diferentes sentencias que podemos utilizar para presentar los resultados de los análisis en su fichero de salida.

Sentencia .PRINT

Para presentar los resultados de un análisis en forma de tabla de valores, se utiliza la sentencia .PRINT seguida del tipo de análisis en cuestión. En el fichero de salida aparecerán los resultados en una tabla con varias columnas. La primera columna corresponderá a la variable de entrada, y las restantes, a los resultados obtenidos por PSPICE tras la simulación. La variable de entrada será una fuente para un análisis .DC, la frecuencia para un análisis .AC y el tiempo para un análisis transitorio .TRAN.

La sintaxis general es:

`.PRINT (DC)* (AC)* (NOISE)* (TRAN)* (salida)*`

Tras el análisis especificaremos las salidas a presentar. El número de salidas no está limitado.

Los valores de las salidas serán presentados en una tabla en la que cada columna corresponde a una salida. El número de dígitos presentados para valores analógicos se puede cambiar con la opción NUMDGT de la sentencia .OPTIONS.

Veamos ahora detalladamente cuáles son los tipos de variables de salida que podemos definir en la sentencia .PRINT:

Análisis .DC y .TRAN.

Están disponibles las salidas mostradas en la siguiente tabla:

FORMATO	SIGNIFICADO
V((nudo))	Tensión en un nudo.
V((nudo+), (nudo-))	Tensión entre dos nudos.
V((nombre))	Caída de tensión en un elemento de 2 terminales.
Vx((nombre))	Tensión en un terminal de un elemento de 3 terminales o más.
Vxy((nombre))	Tensión entre dos terminales de un elemento de 3 o más terminales.
I((nombre))	Intensidad a través de un elemento de 2 terminales.
Ix((nombre))	Intensidad por un terminal de un elemento de 3 o más terminales.

Para las formas V((nombre)) e I((nombre)), el término (nombre) debe ser el nombre de un elemento de dos terminales, como los mostrados en la siguiente tabla:

NOMBRE	ELEMENTO
C	Condensadores.

D	Diodos.
E	Fuentes de tensión controladas por tensión.
F	Fuentes de intensidad controladas por intensidad.
G	Fuentes de intensidad controladas por tensión.
H	Fuentes de tensión controladas por intensidad.
I	Fuentes de intensidad independientes.
L	Bobinas.
R	Resistencias.
V	Fuentes de tensión independientes.

Para las formas $V_x((\text{nombre}))$, $V_{xy}((\text{nombre}))$ e $I_X((\text{nombre}))$, el término (nombre) debe ser el nombre de tres o cuatro terminales; igualmente x e y han de ser la abreviación del nombre de uno de sus terminales. Pueden ser los mostrados en la siguiente tabla:

ELEMENTO	ABREVIACIÓN DEL TERMINAL
B (transistores GaAsMESFET)	D (drenador)
	G (puerta)
	S (surtidor)
J (transistores FET)	D (drenador)
	G (puerta)
	S (surtidor)
M (transistores MOSFET)	D (drenador)
	G (puerta)
	S (surtidor)
	B (substrato)
Q (transistores bipolares)	C (colector)
	B (base)
	E (emisor)
	S (substrato)

Análisis .AC.

Están disponibles las salidas anteriormente descritas para los análisis .DC y .TRAN con alguno de los sufijos mostrados en la siguiente tabla:

SUFIJO	SIGNIFICADO
Ninguno	Magnitud.
M	Magnitud.
DB	Magnitud en decibelios.
P	Fase.
G	Retraso de grupo.
R	Parte real.
I	Parte imaginaria.

Las formas de (salida) para las intensidades no están disponibles para el análisis AC como para los análisis .DC y .TRAN. Especialmente, no están disponibles las corrientes a través de fuentes controladas del tipo F y G. Para conocer estas corrientes, podemos insertar una fuente auxiliar de tensión de valor cero voltios en la rama donde deseamos medir la corriente.

Análisis de ruido

En este caso, las variables de salida predefinidas son las mostradas en la siguiente tabla:

SALIDA	SIGNIFICADO
INOISE	Ruido equivalente a la entrada.
ONOISE	Ruido eficaz, RMS, en la salida.
DB(INOISE)	Valor de INOISE expresado en decibelios.

DC(ONoise)	Valor de ONoise expresado en decibelios.
-------------------	--

NOTA: Para especificar como salida la tensión de un nudo con nombre alfanumérico, hemos de escribir el nombre del mismo entre corchetes, por ejemplo V([RESET]).

EJEMPLOS:

Definir unas tablas de datos en el fichero de resultados de los análisis en las que aparezcan para el análisis .DC (incluido en el circuito) la tensión en el nudo 3, la tensión entre los nudos 2 y 3, la caída de tensión en extremos de la resistencia R1, la intensidad que circula por la fuente de tensión VIN, la intensidad que circula por la resistencia R2, la intensidad de base del transistor Q13 y la tensión base-emisor del mismo:

```
.PRINT DC V(3) V(2,3) V(R1) I(VIN) I(R2) IB(Q13) VBE(Q13)
```

Definir unas tablas de datos para el análisis de respuesta en frecuencia, incluido en el circuito, en las que aparezcan la magnitud de la tensión del nudo 2, así como la fase de la misma, la magnitud de la tensión entre los nudos 3 y 4, el retraso de grupo de la tensión del nudo 5, la magnitud en decibelios de la tensión del nudo 8, la parte real de la intensidad que circula por la resistencia R6 y la parte imaginaria de la intensidad que circula por la resistencia R7:

```
.PRINT AC VM(2) VP(2) VM(3,4) VG(5) VDB(8) IR(R6) II(R7)
```

Definir unas tablas de datos para el análisis de ruido, incluido en el circuito, en las que aparezcan el ruido equivalente de entrada, el ruido de salida, y estos mismos expresados en decibelios:

```
.PRINT NOISE INoise ONoise DB(INoise) DB(ONoise)
```

Definir unas tablas de datos para el análisis transitorio, incluido en la descripción del circuito, en las que aparezcan la tensión del nudo 3, la tensión entre los nudos 2 y 3, la intensidad del drenador del transistor MOSFET llamado M2, la intensidad de la fuente VCC y la tensión del nudo llamado SALIDA:

```
.PRINT TRAN V(3) V(2,3) ID(M2) I(VCC) V([SALIDA])
```

Sentencia .PLOT

La sentencia .PLOT muestra los resultados de los análisis .DC, .AC, .NOISE y .TRAN en el fichero de salida en forma de gráficas de puntos. Estos puntos son caracteres usuales que pueden ser imprimidos por cualquier tipo de impresora.

Sintaxis general:

```
.PLOT (DC)* (AC)* (NOISE)* (TRAN)* (salida)* ((extremo inferior) , (extremo superior))
```

El análisis seleccionado ha de ser uno de los siguientes: DC, AC, MOISE o TRAN. Tras el análisis especificaremos las salidas a presentar y las escalas del eje Y ajustadas a unos valores determinados si así lo deseamos. El número máximo de salidas es de 8, pero se puede incluir tantas sentencias .PLOT como se desee. La (salida) tiene igual forma que para la sentencia .PRINT.

El rango de valores del eje X vendrá impuesto por el propio análisis. Los valores del eje Y los calculará PSPICE de forma que se obtenga una representación óptima de la señal. Si las distintas salidas tienen rangos de variación diferentes, cada una presentará su propio eje Y. También podemos fijar el rango del eje Y especificando los valores de sus extremos en ((extremo inferior) , (extremo superior)) al final de la sentencia .PLOT. En este caso, todas las salidas se representarán en este único eje Y especificado. También podemos ir especificando entre las (salidas) distintos ejes Y con sus respectivos valores extremos.

NOTA: Para especificar como salida la tensión de un nudo con nombre alfanumérico, hemos de escribir el nombre del mismo entre corchetes, por ejemplo V([RESET]).

EJEMPLOS:

Definir unas representaciones gráficas por puntos en el fichero de salida de resultados de los análisis en las que aparezcan para el análisis .DC (incluido en el circuito) la tensión del nudo 3, la tensión entre los nudos 2 y 3, la caída de tensión en extremos de la resistencia R1, la intensidad que circula por la fuente de tensión VIN, la intensidad que circula por la resistencia R2, la intensidad de base del transistor Q13 y la tensión base-emisor del mismo:

```
.PLOT DC V(3) V(2,3) V(R1) I(VIN) I(R2) IB(Q13) VBE(Q13)
```

Definir unas representaciones por puntos para el análisis de respuesta en frecuencia, incluido en el circuito, en las que aparezcan la magnitud de la tensión del nudo 2, así como la fase de la misma, la magnitud de la tensión entre los nudos 3 y 4, el retraso de grupo de la tensión del nudo 5, la magnitud en decibelios de la tensión del nudo 8, la parte real de la intensidad que circula por la resistencia R6 y la parte imaginaria de la intensidad que circula por la resistencia R7:

```
.PLOT NOISE INOISE ONOISE DB(INOISE) DB(ONOISE)
```

Definir unas representaciones por puntos para el análisis de ruido, incluido en el circuito, en las que aparezcan el ruido equivalente de entrada, el ruido de salida, y estos mismos expresados en decibelios:

```
.PLOT NOISE INOISE ONOISE DB(INOISE) DB(ONOISE)
```

Definir unas representaciones por puntos para el análisis transitorio, incluido en la descripción del circuito, en las que aparezcan la tensión del nudo 3, la tensión entre los nudos 2 y 3 (ajustando el rango de valores del eje Y entre 0V y 5V), la intensidad del drenador del transistor MOSFET llamado M2, la intensidad de la fuente VCC (ajustando el rango de valores del eje Y entre -50mA y 50mA) y la tensión del nudo llamado SALIDA:

```
.PLOT TRAN V(3) V(2,3) (0,5) ID(M2) I(VCC) (-50m,50m) V([SALIDA])
```

Sentencia .PROBE

La sentencia .PROBE genera un fichero llamado PROBE.DAT donde se guardan los resultados de los análisis .DC, .AC y .TRAN para ser usados posteriormente por el procesador de gráficos Probe.

Sintaxis general:

```
.PROBE(/CSDF)* (salida)*
```

Si no se especifica ninguna (salida) en la sentencia .PROBE, entonces se guardarán en el fichero PROBE.DAT las tensiones de todos los nudos y las intensidades que circulan por todos los elementos. Si se desea, podemos especificar sólo ciertas salidas, con lo que se generará un fichero de datos menor. El número de salidas que podemos especificar no está limitado.

A diferencia de las sentencias .PRINT y .PLOT, hay que destacar que en la sentencia .PROBE no hay que especificar el tipo de análisis, ya que en este caso se utilizarán los tres análisis DC, AC y TRAN (si están incluidos en el circuito).

La opción /CSDF se utiliza para generar un fichero de salida de datos PROBE.TXT en formato de texto, en lugar del formato binario, que es el utilizado por defecto.

EJEMPLOS:

Definir la creación de un fichero de datos durante la simulación del circuito, el cual utilizará el analizador gráfico Probe para representar todas las formas de onda obtenidas en el circuito para todos los análisis incluidos en el mismo:

.PROBE

Definir la creación de un fichero de datos en formato ASCII durante la simulación del circuito, para que el analizador gráfico Probe pueda representar todas las formas de onda obtenidas en el circuito para todos los análisis incluidos en el mismo:

.PROBE/CSDF

Definir la creación de un fichero de datos para Probe en el que se almacenen las gráficas correspondientes a las formas de onda de la tensión del nudo 3, tensión entre los nudos 2 y 3, caída de tensión en extremos de la resistencia R1 y magnitud de la tensión del nudo 2, así como su fase, intensidad que circula por la fuente de tensión VIN, intensidad que circula por la resistencia R2, intensidad de base del transistor Q3, tensión base-emisor del transistor Q5, tensión en decibelios del nudo 5 y tensión del nudo llamado CONTROL:

.PROBE V(3) V(2,3) V(R1) VP(2) I(VIN) I(R2) IB(Q3) VBE(Q5) VDB(5) V([CONTROL])

Presentación de distintos parámetros de la simulación

Además de los resultados anteriores, podemos pedir a PSPICE que nos presente en el fichero de salida algunos parámetros informativos de interés sobre la simulación efectuada, como el tiempo empleado y la memoria usada. Esto aparecerá con la etiqueta JOB STATISTICS SUMMARY (Listado de estadísticas del trabajo).

Para que todos estos datos adicionales aparezcan a la salida, hemos de usar la opción ACCT en la sentencia .OPTIONS. A continuación podemos ver una lista de los parámetros que aparecen y su significado.

Listado de parámetros:

- NUNODS: Número de los nudos del circuito (sin subcircuitos).
- NCNODS: Número de los nudos del circuito (con subcircuitos).
- NUMNOD: Número total de nudos del circuito, donde se incluyen los nudos internos generados por resistencias parásitas.
- NUMEL: Número total de elementos del circuito (incluido subcircuitos).
- BJTS: Número de transistores bipolares (incluido subcircuitos).
- JFETS: Número de transistores de unión FET (incluido subcircuitos).
- MFETS: Número de transistores MOSFET (incluido subcircuitos).
- GASFETS: Número de transistores GaAsFET (incluido subcircuitos).
- NUMNIT: Número total de iteraciones para el análisis transitorio.
- MEMUSE: Memoria usada por el circuito en bytes.
- READIN: Tiempo usado en cargar y chequear el circuito.
- DC SWEEP: Tiempo usado y número de iteraciones para el análisis de barrido en continua.
- BIAS POINT: Tiempo usado y número de iteraciones para calcular el punto de trabajo y el punto de trabajo para el análisis transitorio.
- AC and NOISE: Tiempo usado y número de iteraciones para el análisis de respuesta en frecuencia y de ruido.
- TRANSIENT ANALYSIS: Tiempo usado y número de iteraciones para el análisis transitorio.
- OUTPUT: Tiempo usado en preparar las salidas .PRINT y .PLOT.
- MONTE CARLO: Tiempo usado en los análisis de Monte Carlo y de las peores condiciones.
- OVERHEAD: Otros tiempos usados durante la simulación.
- TOTAL JOB TIME: Total de tiempo utilizado en la simulación del circuito.

FABRICACIÓN DE MODELOS: SUBPROGRAMA PARTS

INTRODUCCIÓN

Dentro del conjunto PSPICE encontramos un programa llamado Parts, con el que podemos transformar los valores conocidos de los componentes en modelos precisos con los que trabajará PSPICE.

Parts nos permitirá, a partir de gráficas o datos del fabricante de los elementos, como pueden ser diodos, transistores, etc., crear unos modelos con los que PSPICE pueda trabajar, creando así nuestra propia librería.

Parts puede modelar los siguientes elementos:

1. Diodos.
2. Transistores bipolares.
3. Transistores JFET.
4. Transistores MOSFET de potencia.
5. Amplificadores operacionales.
6. Comparadores de tensión.

EJECUCIÓN DE PARTS

Parts es independiente de PSPICE, y no podemos trabajar con él desde el Control Shell. Por tanto, para ejecutar Parts desde el DOS, simplemente hay que teclear PARTS, aunque permite las siguientes opciones:

/C(nombre del archivo): Se usa para especificar un fichero de comandos.

/D(nombre del archivo): Para especificar un archivo de configuración del sistema. En caso de no utilizarlo, se cargará por defecto el archivo PSPICE.DEV.

/L(nombre del archivo): Esta opción genera un archivo Log de bitácora.

Las opciones se pueden escribir con una barra "/" o con un guión "-".

Una vez que se ejecuta Parts, la pantalla que aparece es similar a la siguiente:

```

      Parts
Parameter estimator for PSpice models
      Version 5.0 - July 1991
      (C) Copyright 1991 by MicroSim Corporation
      EVALUATION VERSION: Copying of this program is welcomed and encouraged.

0) Exit Program
1) Diode      (signal/rectifier/Zener)  <- only model available in Evaluation
2) Bipolar Transistor (gen'l purpose)
3) JFET (small-signal, gen'l purpose)
4) Power MOSFET Transistor (all types)
5) Operational Amplifier (bipolar/FET)
6) Voltage Comparator   (bipolar OC)

Select: 1
```

Una vez terminada una sesión de trabajo con Parts, donde hemos creado el modelo de alguno de los elementos disponibles, justo al terminar se creará un archivo con el nombre del elemento modelado y la extensión .MOD. Por

ejemplo, si definimos los parámetros para el diodo 1N4935, al finalizar la sesión se creará el archivo llamado D1N4935.MOD con el correspondiente modelo. Sólo nos quedaría grabar este archivo en la librería correspondiente.

Una vez que estamos fuera de Parts, lo que habrá que hacer será introducir el archivo creado en la librería correspondiente, para lo cual utilizamos un comando del DOS:

COPY DIODO.LIB + D1N4935.MOD

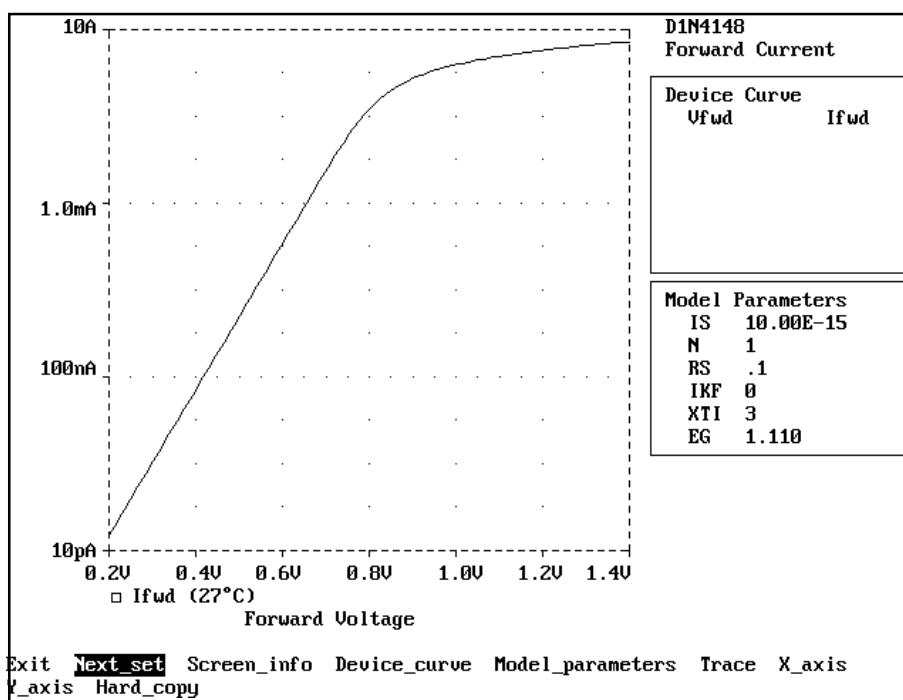
lo que copiará en la librería DIODO.LIB el modelo D1N4935, y ya podemos borrar el fichero D1N4935.MOD.

TRABAJANDO CON PARTS

Una vez ejecutado el programa Parts desde el DOS, aparecerá el menú de inicio, tal y como hemos visto anteriormente. En ella se muestra la presentación del programa; es decir, nombre, versión, fecha y Copyright.

En la parte inferior de la pantalla aparece el menú de selección del elemento cuyo modelo se pretende crear. Aquí podemos seleccionar el componente deseado pulsando el número correspondiente a la opción. A continuación el programa nos pedirá información referente al nombre y tipo del elemento que vamos a describir; por ejemplo, en el caso de que se trate de un transistor bipolar nos pedirá el nombre del mismo, y si se trata de un NPN o de un PNP.

Una vez realizado este paso, comenzará la sesión de trabajo con Parts. Así, aparecerá una pantalla similar a la siguiente:



En la parte superior derecha de la pantalla aparece el nombre del elemento que estamos modelando, así como el nombre de la pantalla actual de trabajo, el cual vendrá dado por la curva o características que se piden en la pantalla.

Además podemos apreciar tres bloques fundamentales:

1. En la parte superior izquierda aparece una ventana gráfica en la que se representará la curva característica del elemento que se está describiendo en ese instante.
2. En la parte superior derecha aparecen dos recuadros; en el superior se muestran los datos que nos pide el programa para definir al elemento, los cuales corresponderán a datos técnicos o curvas que nos suministran los fabricantes de componentes, y en el recuadro inferior aparecen los parámetros del modelo del elemento que calculará automáticamente Parts partiendo de los datos del recuadro superior.
3. Y por último, en la parte inferior de la pantalla aparecen los comandos necesarios para trabajar con el programa.

Los comandos que aparecen en la pantalla de trabajo son:

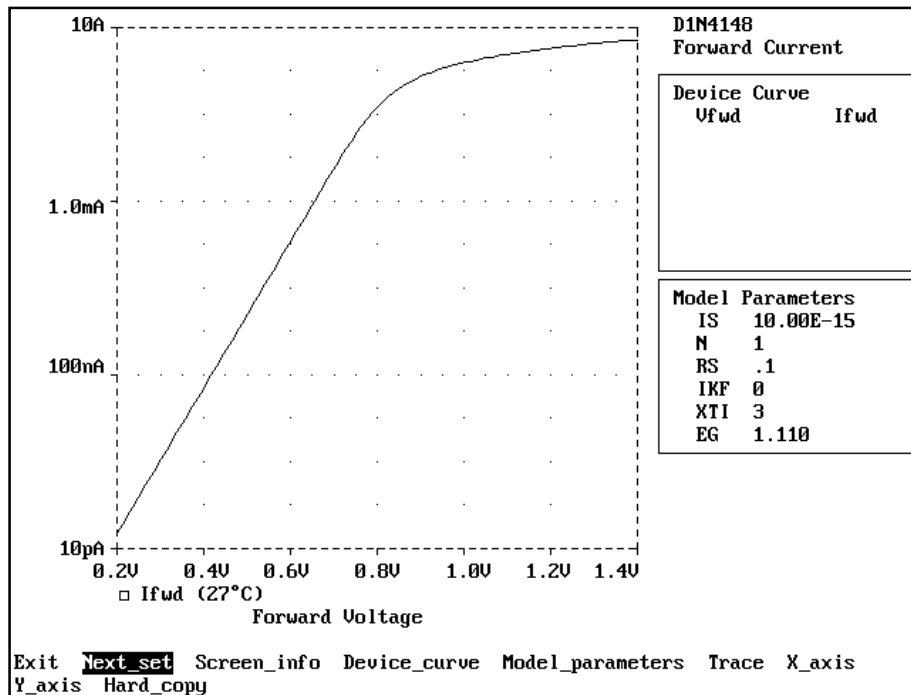
- **Exit (Salir):** Abandona el programa Parts.
- **Next_set (Próximo grupo):** Nos permite pasar a la siguiente pantalla de definición del componente en cuestión una vez que hemos asignado los valores correspondientes a los parámetros de la pantalla actual (o bien se han dejado los valores por defecto).
- **Previous_set (Grupo previo):** Nos permite volver a la pantalla anterior de definición para modificar algún valor de los parámetros.
- **Screen_info (Información de la pantalla):** Nos muestra la ayuda disponible acerca de las características y parámetros de la pantalla actual de trabajo.
- **Device_curve (Curva del elemento):** Con este comando podemos introducir las coordenadas de los puntos más significativos de la curva del elemento suministrada por el fabricante que aparece en la ventana gráfica de la pantalla actual de trabajo. Una vez introducido el primer punto, aparecen las opciones Add (Añadir), Change (Cambiar) y Delete (Borrar), que utilizaremos para añadir, modificar o borrar puntos respectivamente. Para especificar los valores de los datos que nos pide Parts, introduciremos únicamente la cantidad, y opcionalmente un sufijo multiplicador de escala, no siendo necesario especificar las unidades, pues serán las normales de PSPICE
- **Device_data (Datos del elemento):** Nos permite asignar los valores correspondientes, según el fabricante, a las características del elemento que se nos piden en la pantalla actual de trabajo, los cuales aparecen en el recuadro superior. Los valores se introducirán como se ha mencionado en el apartado anterior.
- **Model_parameters (Parámetros del modelo):** Con este comando podemos cambiar directamente los valores de los parámetros del modelo del elemento, que aparecen en el recuadro inferior.
- **Trace (Trazo):** Nos permite añadir formas de onda a la ventana gráfica con la opción Add (Añadir) o bien modificar la existente con Trace-variable (Variable del trazo). Por ejemplo, se puede representar la curva característica en función de una determinada intensidad o temperatura de funcionamiento.
- **X_axis (Eje X):** Nos permite cambiar la escala del eje X, estableciéndola de forma lineal con la opción Linear (Lineal), o logarítmica, con la opción Log (Logarítmica). También se puede asignar manualmente el rango de valores del eje X mediante la opción Set_range (Establecer rango) o bien asignarlo automáticamente mediante Auto_range (Rango automático).
- **Y_axis (Eje Y):** Realiza la misma función que el comando anterior, pero aplicando los cambios en el eje Y.
- **Fit (Adaptación):** Realiza los cálculos necesarios para encontrar el valor de los parámetros del modelo a partir de las características técnicas introducidas.
- **Conditions (Condiciones):** Nos permite acceder a un recuadro de condiciones que parece en ciertos casos, donde podemos establecer el valor de las condiciones que allí se representan para la curva o datos que se están introduciendo.
- **Hard_copy (Copia impresa):** Nos permite realizar una copia impresa en papel de la pantalla actual de trabajo. Al seleccionar este comando aparecerán las opciones disponibles para establecer el tamaño de la copia, siendo éstas: 1_page_long (una página de longitud) establece el formato de la copia impresa que se va a generar a una página, 2_pages_long (dos paginas de longitud) establece el formato a dos páginas y Other_length (otra longitud) nos permite seleccionar la longitud que ha de tener la copia impresa.

EJEMPLO PRÁCTICO: MODELADO DE UN DIODO COMERCIAL

Vamos a ver un ejemplo de creación del modelo de un diodo real. Para este ejemplo hemos seleccionado el D1N4148. Las gráficas del fabricante se han tomado del libro The Transistor and Diode Data Book (I y II), de Texas Instruments.

Si ejecutamos Parts, la primera pantalla que nos aparece es la de inicio, vista anteriormente. Una vez ahí, debemos seleccionar la opción 1, que corresponde a diodos. Posteriormente introduciremos el nombre del diodo y comenzaremos con su descripción. Una vez dentro, nos encontramos con la primera de las cinco pantallas de edición de datos tal y

como muestra la siguiente pantalla, en la que ya existe una curva, y es ésta la que debemos modificar con los valores que le introduzcamos, obtenidos de las gráficas del fabricante:



Esta primera pantalla de edición de datos nos pide la característica I-V del diodo, para ello nos fijamos en las curvas del fabricante y vemos que sí está, y le introducimos los siguientes puntos:

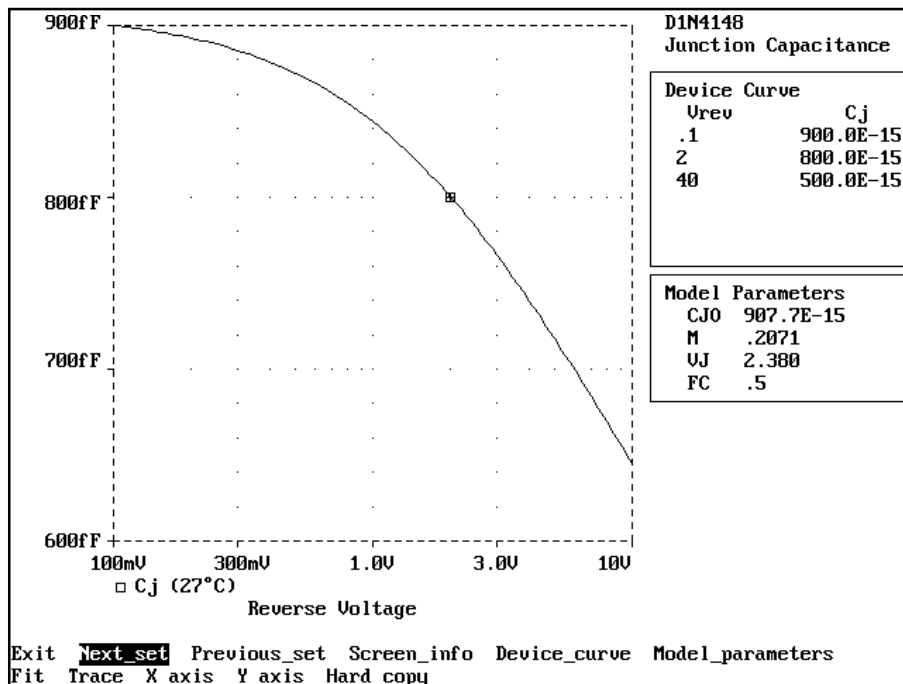
	Vfwd	Ifwd
Punto 1:	0.4	10E-6
Punto 2:	0.7	3E-3
Punto 3:	1.2	0.2

La manera de introducirle los valores es seleccionando el comando **Device_curve** e introduciendo cada par de valores. Tras cada pareja de valores Vfwd, Ifwd, tendremos que seleccionar el comando **Add** para introducir el siguiente punto.

Al terminar esta pantalla, seleccionamos el comando **Next_set**, con lo que pasaremos a la segunda pantalla de edición de datos. Los datos que nos pide se basan en la capacidad de la unión y la tensión inversa. Si observamos las gráficas del fabricante, podemos introducir los siguientes puntos:

	Vr	Cj
Punto 1:	0.1	900E-15
Punto 2:	2	800E-15
Punto 3:	40	500E-15

Los valores que tomamos son típicos (ni máximos, ni mínimos). La pantalla que nos resulta es similar a la siguiente:

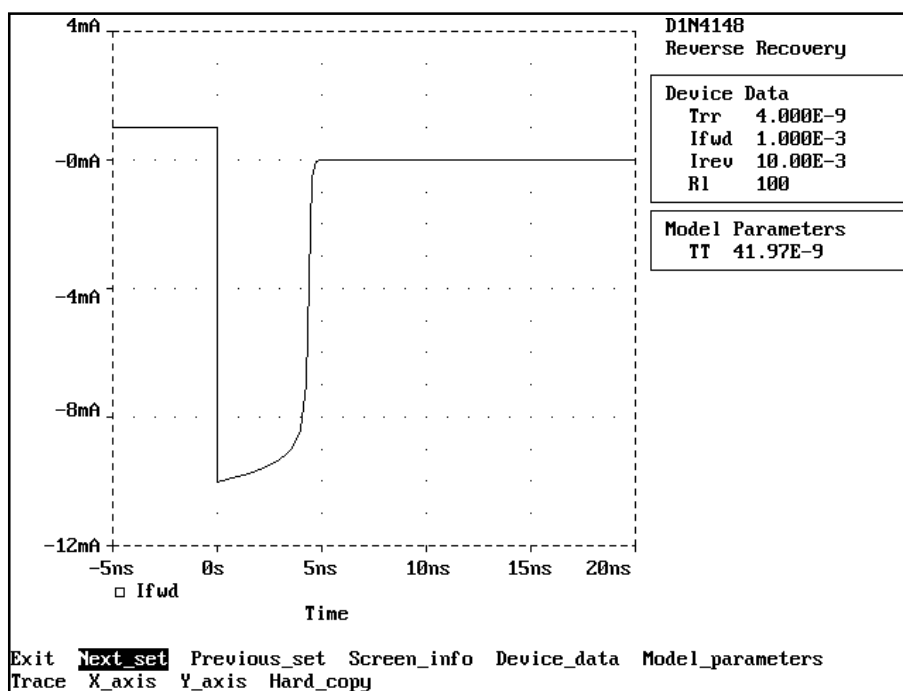


La tercera y cuarta pantallas (fugas inversas y ruptura en inverso, respectivamente) de edición de datos las pasamos, ya que para este diodo no nos interesa modificar ningún parámetro de los que aparecen en dichas pantallas, de forma que les dejaremos el valor por defecto que tienen asignado.

La quinta pantalla de edición de datos sí nos interesa, ya que se basa en la recuperación inversa. Los datos que le introduciremos, obtenidos de las hojas de características del fabricante, son los siguientes:

$T_{rr}=4E-9$ $I_f=10E-3$ $I_r=10E-3$

La pantalla resultante es similar a la siguiente:



Una vez concluidas las cinco pantallas, seleccionamos el comando Exit, con lo que Parts creará un fichero llamado 1N4148.MOD, donde se encuentra definido el modelo del diodo con todos los parámetros que necesita PSPICE para trabajar.

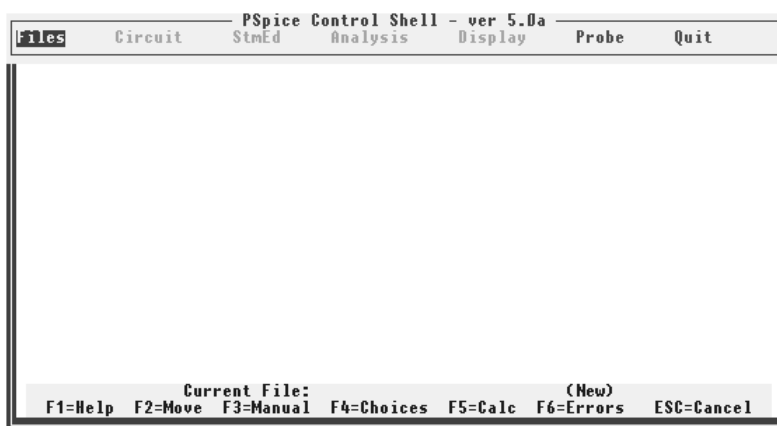
CONTROL SHELL

El Control Shell es una interfaz potente y sencilla para el manejo de PSPICE. Esta interfaz nos ayudará enormemente a describir los circuitos, seleccionar los análisis a realizar y consultar los resultados de los mismos, entre otras posibilidades. Éste será el programa principal de trabajo, pues desde él podemos realizar todas las restantes tareas.

EJECUCIÓN DE CONTROL SHELL

Para ejecutar Control Shell teclearemos desde el DOS: PS (ENTER)

De esta forma aparecerá la pantalla principal del programa, mostrada a continuación:



En la parte superior tenemos todos los menús disponibles. Uno de ellos aparecerá resaltado, que será el seleccionado en cada momento. Pulsando (ENTER) desplegaremos ese menú seleccionado. Puede ser que en un momento dado no todos los menús puedan ser seleccionados, dependiendo de la tarea que se esté realizando; los menús que no están activos aparecerán en pantalla con menos brillo que los demás.

Podemos desplazarnos por los distintos menús con el teclado, esto es pulsando la letra resaltada de un menú en concreto; con los cursores, realizando un movimiento horizontal entre los menús o un movimiento vertical entre las distintas opciones de un menú en concreto y pulsando (ENTER) para activar la opción elegida, o bien usando el ratón para movernos entre los menús y pulsando un botón (el izquierdo o el derecho) para activar el menú o la opción seleccionada.

Para cancelar la selección de un menú o una opción y volver al menú anterior, podemos pulsar (ESC) o bien, usando el ratón, presionar los dos botones simultáneamente (el izquierdo y el derecho).

LOS MENÚS

En la pantalla principal de Control Shell podemos seleccionar los siguientes menús:

- **Files (Ficheros):** el cual nos permite realizar operaciones relacionadas con la selección, edición y almacenamiento del fichero de trabajo.
- **Circuit (Circuito):** nos permite cambiar interactivamente los componentes y los parámetros de los modelos, una vez definidos en el circuito de trabajo.
- **StmEd (Editor de Estímulos):** nos permite ejecutar el programa StmEd, editor de estímulos, que puede crear y modificar señales de entrada analógicas y digitales para el análisis transitorio.
- **Analysis (Análisis):** que nos permite activar los distintos análisis así como definir sus parámetros para la ejecución de los mismos. Una vez definidos los análisis, desde este menú podemos ejecutar PSPICE para simular el circuito.

- **Display (Pantalla):** se usa para especificar cuáles serán los nudos de salida, en los que nos interesa conocer los resultados de los distintos análisis a realizar.
- **Probe (Analizador gráfico Probe):** se usa para especificar las variables de salida que se guardarán para su posterior representación con Probe. Podremos ejecutar el analizador y especificar los ficheros de comandos y/o los ficheros Log o archivos de bitácora.
- **Quit (Terminar):** nos permite salir de Control Shell al sistema operativo o ejecutar un comando del mismo sin abandonar definitivamente la interfaz.

Pasaremos ahora a estudiar con detenimiento cada uno de estos menús, así como los diferentes comandos de que disponen.

Menú Files (Ficheros)

En este menú será donde realicemos la gestión con los ficheros de circuitos; es decir, donde cargaremos los ficheros del disco, donde los editaremos para crearlos o modificarlos, donde los grabaremos en el disco y donde podremos consultar el fichero de salida de resultados una vez realizados los análisis del circuito.

También podemos configurar PSPICE conforme a las características de nuestro equipo (tarjeta gráfica e impresora).

Current File... (Fichero Actual): Con ella se especifica cuál será el nombre del fichero de trabajo. Si la seleccionamos aparecerá una ventana en la que se nos pide el nombre del fichero con el que vamos a trabajar. Si pulsamos (F4) aparecerá una nueva ventana con un listado de los ficheros de circuito disponibles en el disco. Con los cursores nos moveremos y seleccionaremos el fichero deseado.

En caso de intentar cargar un circuito de trabajo cuando ya tenemos uno cargado que hayamos modificado, aparecerá una pregunta acerca de si queremos grabarlo en disco o descartar los cambios antes de cargar el nuevo.

Una vez cargado el fichero de trabajo, podemos ver si es un fichero nuevo, lo cual indica Control Shell con el término New (Nuevo) en la parte inferior derecha de la pantalla; un fichero leído del disco y sin errores de sintaxis, indicado con el término Loaded (Leído), o bien un fichero que contiene errores de sintaxis en la descripción del circuito, indicado mediante Errors (Errores). En este último caso, presionando (F6) aparecerá una ventana que nos indica el número de línea donde está el error y un breve comentario sobre el mismo. Para salir de esta ventana volveremos a pulsar (F6).

Edit (Editar): Ejecuta un editor de textos propio del Control Shell y edita el circuito de trabajo. Aparecerán en la parte superior de la pantalla indicaciones de la posición del cursor (línea y columna), así como del modo de escritura (inserción o sobrescritura). Podemos escribir en cada línea hasta 132 caracteres. El tamaño máximo para los ficheros de trabajo es de 32Kb.

Una vez terminada la descripción del circuito, saldremos del editor pulsando (ESC). Aparecerá una ventana preguntándonos si queremos grabar los cambios realizados, Save, o bien descartarlos, Discard, actuaremos en consecuencia presionando la letra (S) o (D), respectivamente. Hemos de tener en cuenta que esto no afecta al fichero del circuito del disco, sino a un fichero temporal con el que trabaja Control Shell.

Browse Output (Hojea Salida): Ejecuta un editor que nos permite visualizar el fichero de salida de resultados de los análisis (fichero con extensión .OUT) una vez que éstos han sido realizados. Podemos visualizar ficheros de hasta 32700 líneas como máximo (equivalente a un fichero de 1.3 Mb). En caso de que el fichero tuviese más de 32700 líneas, sólo tendremos acceso a las 32700 primeras.

En este caso no podemos modificar nada del fichero, sólo visualizarlo.

Save File (Grabar fichero): Nos permite grabar en el disco el circuito que tenemos en el fichero temporal de trabajo. Si ya existe un fichero en el disco con el mismo nombre se nos preguntará si queremos grabar los cambios o descartarlos. En caso de grabar un fichero existente será renombrado con la extensión .CBK, y posteriormente se efectuará la grabación.

X-External Editor (Editor externo): Ejecuta un editor de textos externo a Control Shell y edita el circuito de trabajo. Con esta opción podemos ejecutar un capturador de esquemas o cualquier editor de textos (la manera de configurar esta opción se especifica con detalle en “Simulación electrónica con PSPICE”).

R-External Browser (Hojeador externo): Ejecuta un editor externo al Control Shell que nos permite examinar los resultados de los análisis en el fichero de salida de datos, pero no debemos hacer modificaciones en este fichero.

Display/Prn Setup... (Configuración de tarjeta e impresora): mediante esta opción podemos configurar PSPICE de acuerdo con las características técnicas de nuestro ordenador. Aquí seleccionaremos la tarjeta gráfica, el puerto de conexión y el modelo de impresora.

Al seleccionar cada una de las opciones de esta pantalla, podemos pulsar la tecla de función (F4), con lo que aparecerá una lista de todas las tarjetas e impresoras disponibles, entre las que tendremos que seleccionar las que coincidan con las nuestras.

Menú Circuit (Circuito)

En este menú será donde podremos modificar los valores de los diferentes componentes del circuito, así como los parámetros de los modelos de los mismos, ya definidos. También podremos modificar el valor de los parámetros globales, es decir las variables que hemos definido en el circuito, así como visualizar una ventana en la que se muestran unas indicaciones de los errores de sintaxis que tiene la descripción de nuestro circuito, en caso de que los tenga.

Devices... (Elementos): Nos permite visualizar y modificar los valores de los componentes del circuito, de forma que Control Shell hará los cambios directamente en la descripción del mismo. En las líneas que modifique, insertará al final la etiqueta *ipsp* para un rápido reconocimiento.

Podemos seleccionar un componente con los cursores y (ENTER). Aparecerá una ventana mostrando el componente seleccionado, su modelo (si lo tiene) y el valor de todos sus parámetros que podemos modificar. Seleccionando un parámetro con los cursores y pulsando (ENTER) aparecerá una pequeña ventana en la que podemos introducir el nuevo valor para ese parámetro y pulsar (ENTER) para aceptar el cambio. Una vez realizado los cambios, para volver al menú principal, iremos pulsando (ESC) sucesivas veces hasta regresar al lugar deseado.

Models... (Modelos): Esta opción es similar a la anterior pero aplicable a los valores de los parámetros de los modelos contenidos en el circuito.

Seleccionando ahora uno cualquiera de los modelos, aparecerá una lista de sus parámetros con sus valores respectivos. Podremos seleccionar uno de ellos y modificarlo como se comentó en el caso anterior.

Parameters... (Parámetros): Nos permite ver y modificar los valores de los parámetros globales definidos en el circuito (las variables), grabando los cambios en el circuito de trabajo. Se utiliza de forma similar a las dos opciones anteriores.

Errors (Errores): Nos presenta una ventana donde se muestran los errores de sintaxis contenidos en la descripción del circuito (aparecerá el número de línea donde está el error y una breve explicación). Hay que destacar que para el cálculo de los números de línea de esta ventana, Control Shell no tiene en cuenta la línea correspondiente al título del circuito.

Menú StmEd (Editor de estímulos)

Este menú nos permite configurar las opciones del editor de estímulos y ejecutarlo.

Edit (Editar): Ejecuta el editor de estímulos para el circuito de trabajo. Si el circuito de trabajo ha sido modificado, Control Shell nos preguntará si queremos grabar los cambios antes de ejecutar el programa StmEd o bien descartarlos, tal y como vimos con la opción Save File del menú Files.

Command File... (Fichero de comandos): Especifica si StmEd usará un fichero de comandos o no, según activemos o no esta opción. El fichero de comandos por defecto tendrá el mismo nombre que el fichero de trabajo y la extensión .CMD, aunque lo podemos modificar.

Log to File... (Fichero Log): Especifica si StmEd ha de generar un fichero Log de bitácora o no, según esté activada esta opción o no. Una vez generado el fichero .Log, puede ser usado como fichero de comandos. El fichero Log generado tendrá por defecto el mismo nombre que el fichero de trabajo y la extensión .CMD, aunque lo podemos cambiar.

Menú Analysis (Análisis)

Desde este menú podemos definir cuáles serán los análisis que deseamos realizar al circuito, así como los parámetros de los mismos. Es decir, en vez de introducir las sentencias de descripción de los análisis, podemos seleccionarlos y definirlos con este menú.

Run PSPICE (Ejecutar PSPICE): Esta opción ejecuta el programa PSPICE que realiza los análisis seleccionados al circuito. Lógicamente deberemos seleccionarla una vez que se hayan introducido los análisis a realizar en el circuito.

AC & Noise... (Análisis AC y de ruido): Esta opción nos permite asignar al circuito un análisis .AC (de respuesta en frecuencia) y del cálculo del ruido generado, especificando los valores para los parámetros de estos análisis.

Se nos realizarán una serie de preguntas para definir los parámetros típicos del análisis (dichas preguntas aparecen con más detalle en “Simulación electrónica con PSPICE”).

DC Sweep... (Barrido DC): Nos permite especificar un análisis de barrido en continua al circuito, asignando los valores correspondientes a los parámetros para dicho análisis, así como los valores de los barridos anidados, si los hay.

Transient... (Transitorio): Nos permite especificar un análisis transitorio y de Fourier del circuito, estableciendo el valor de los parámetros para los análisis.

Parametric... (Paramétrico): Esta opción permite especificar un análisis paramétrico del circuito dando los valores oportunos a los términos típicos de este análisis.

Specify Temperature... (Especificación de la temperatura): Nos permite especificar la/s temperatura/s de los análisis. Tras introducir los nuevos valores de temperatura, presionaremos (Ctrl)+(ENTER) para almacenar los datos y volver al menú Analysis.

En caso de introducir varios valores de temperaturas, se repetirán los demás análisis especificados para cada una de ellas.

Monte Carlo... (Análisis de Monte Carlo): Permite especificar un análisis de Monte Carlo del circuito estableciendo los parámetros necesarios para la realización del mismo.

Change Options... (Cambiar Opciones): Aquí podremos especificar el valor de las distintas opciones para la simulación.

Menú Display (Pantalla)

En este menú podremos seleccionar cuáles serán los nudos de salida o interés, en los que nos interesa apreciar las formas de onda una vez que se han realizado los análisis. Con este menú podremos establecer en la descripción del circuito sentencias .PRINT.

Print... (Sentencia .PRINT): Nos permite especificar los análisis sobre los que actuará y las variables de salida de resultados para la sentencia .PRINT.

En la parte superior de la ventana de definición tendremos que seleccionar el tipo de análisis sobre el que actuará la sentencia .PRINT, estando disponibles los análisis .AC, .DC, .TRAN y .NOISE, que se eligen con las letras (A), (D), (T) y (N), respectivamente. En la parte inferior tendremos que definir las salidas para la sentencia .PRINT, y saldremos pulsando (Ctrl)+(ENTER).

Menú Probe (Analizador gráfico Probe)

En este menú podremos configurar las opciones del analizador gráfico Probe, así como ejecutarlo, bien de forma automática nada más finalizar los análisis o manualmente. Con este programa podemos ver las diferentes formas de onda del circuito en el monitor del ordenador como si fuera un osciloscopio.

Run Probe (Ejecutar Probe): Esta opción ejecuta el programa Probe.

En caso de que no exista el fichero PSPICE.DEV de configuración, al ejecutar Probe aparecerá un error y volveremos al Control Shell. Para configurar la opción Display/Prn Setup... del menú Files, tal y como hemos visto.

En caso de ejecutar Probe sin tener un circuito de trabajo cargado o definido, aparecerá una pregunta para que definamos el fichero a utilizar. Pulsando (F4) aparecerá un alista de los ficheros .DAT usados por Probe disponibles en el disco; podremos seleccionar uno de ellos con los cursores y pulsando (ENTER), o bien volver a la ventana anterior pulsando (ESC).

Auto-run... (Ejecución automática): Esta opción, en caso de estar activada, permite la ejecución de Probe de forma automática tras simular el circuito y realizar todos los análisis.

En caso de seleccionarla, aparecerá una ventana preguntándonos si queremos activar esta opción.

None/Some/All (Ninguna/Algunas/Todas): Nos permite especificar qué datos queremos almacenar para ver posteriormente con Probe; es decir, ninguna forma de onda, sólo algunas o bien todas. Es similar a la sentencia .PROBE. Los datos se almacenarán en un fichero con igual nombre que el fichero de trabajo, y extensión .DAT o .TXT.

Command File... (Fichero de comandos): Con esta opción especificaremos si Probe ha de usar el fichero de comandos o no, según activemos o no esta opción. El fichero de comandos por defecto tendrá el mismo nombre que el fichero de trabajo con la extensión .CMD.

Log to File... (Fichero Log): Nos permite especificar si Probe ha de generar un fichero Log. El nombre por defecto del fichero Log será el del fichero de trabajo con la extensión .LOG.

Format... (Formato): Nos permite seleccionar el formato de fichero de datos a generar por PSPICE, para usar posteriormente con Probe. Podemos seleccionar el formato binario, que generará un fichero con extensión .DAT, o el formato ASCII, que generará un fichero con extensión .TXT. La diferencia entre estos dos formatos no se aprecia al trabajar con el analizador gráfico Probe; el hecho de crear un formato u otro sólo nos servirá si vamos a intercambiar ficheros entre diferentes ordenadores, ya que los ficheros con formato binario pueden producir errores y será conveniente usar el formato ASCII.

Menú Quit (Terminar)

Este menú será el utilizado para salir del Control Shell, bien sea temporalmente para realizar alguna tarea en el sistema operativo y volver, o bien definitivamente.

Exit to DOS (Salir al DOS): Es la opción para salir del programa Control Shell. Si se ha modificado el fichero de trabajo, se nos preguntará si queremos grabar los cambios o descartarlos, tal y como vimos con la opción Save File del menú Files.

DOS command (Comando del DOS): Nos permite ejecutar un comando del DOS sin salir definitivamente del Control Shell. Si presionamos (ENTER) sin ningún comando, saldremos temporalmente al sistema operativo; para volver, hemos de teclear EXIT (ENTER) desde el DOS.

TECLAS DE FUNCIÓN

Las teclas de función que podemos utilizar en Control Shell aparecen en la parte inferior de la pantalla principal, y son:

- **(F1):** Es la tecla de ayuda. Pulsándola, aparecerá una ventana con un texto de ayuda referente a la tarea que estemos realizando en el momento de pulsarla.
- **(F2):** Esta tecla nos permite mover la ventana activa a través de la pantalla.
- **(F3):** Con ella se activa el Manual On Line de PSPICE.
- **(F4):** Con esta tecla se activa una ventana de opciones que nos permite ver en pantalla las opciones disponibles que podemos elegir cuando Control Shell nos pide algún dato. Por ejemplo, al seleccionar Current File... del menú Files para cargar un fichero, si pulsamos (F4) aparecerá una lista de los ficheros .CIR..
- **(F5):** Con ella se activa la calculadora disponible en Control Shell en una ventana.
- **(F6):** Con ésta se activa una ventana donde aparece una lista de los errores de sintaxis que existan en la descripción del circuito.

CONSULTAS AL MANUAL on line

En cualquier momento, si pulsamos (F3) activaremos el manual on line del Control Shell. Aparecerá una ventana con los temas contenidos en el manual. Podemos seleccionar cualquier tema con los cursores y (ENTER). Aparecerá una segunda ventana con las opciones del tema elegido. Para salir del manual hemos de pulsar la tecla (ESC).

Si utilizamos el manual mientras estamos editando el circuito de trabajo, éste intentará buscar de forma automática la sentencia (bien sea un elemento, análisis) de la línea en la que se encuentra el cursor.

USO DE LA CALCULADORA

En el programa Control Shell disponemos también de una calculadora que podemos usar presionando la tecla de función (F5). Para visualizar una lista de las funciones matemáticas disponibles podemos usar la tecla de ayuda (F5) mientras usamos la calculadora.

La calculadora usa notación postfix, lo que significa que hemos de introducir los números antes que el operador o función matemática.

Así, por ejemplo, para realizar la operación $25+23$ tendríamos que introducir primero la cantidad 25, después la cantidad 32 y luego pulsar la tecla del operador +.

ANALIZADOR GRÁFICO DE ONDAS: PROBE

INTRODUCCIÓN

Probe es un analizador de gráficos para PSPICE que nos permite ver los resultados de la simulación de los circuitos en el monitor del PC, como si de una pantalla de osciloscopio se tratara, con infinitas posibilidades a la hora de tratar las formas de onda representadas, como puede ser la utilización de dos cursores para hacer cualquier tipo de medida sobre la forma de onda, el poder grabar la onda tal y como está representada o restaurar alguna forma de onda de una sesión anterior, ponerle etiquetas, ampliar una zona determinada (con el uso de zoom), calibrar cualquiera de los dos ejes para poder ver sólo una zona determinada, generar una copia impresa sobre papel y muchas más posibilidades.

LOS MENÚS

Comentarios generales sobre las entradas

En primer lugar, diremos que Probe no distingue entre letras mayúsculas y minúsculas, por lo que resulta igual poner V(5) que v(5), excepto para los sufijos 2m2, que en este caso significa multiplicar por 1E-3, y “M”, que multiplica por 1E+6.

Las unidades que reconoce Probe para calibrar los ejes de las gráficas son las siguientes:

V	Voltios
A	Amperios
W	Wattios
D	Grados (fase)
S	Segundos
H	Hertzios

Además también reconoce que Watio = Voltio x Amperio, con lo que si introducimos la forma de onda siguiente:

V(5)*ID(M13)

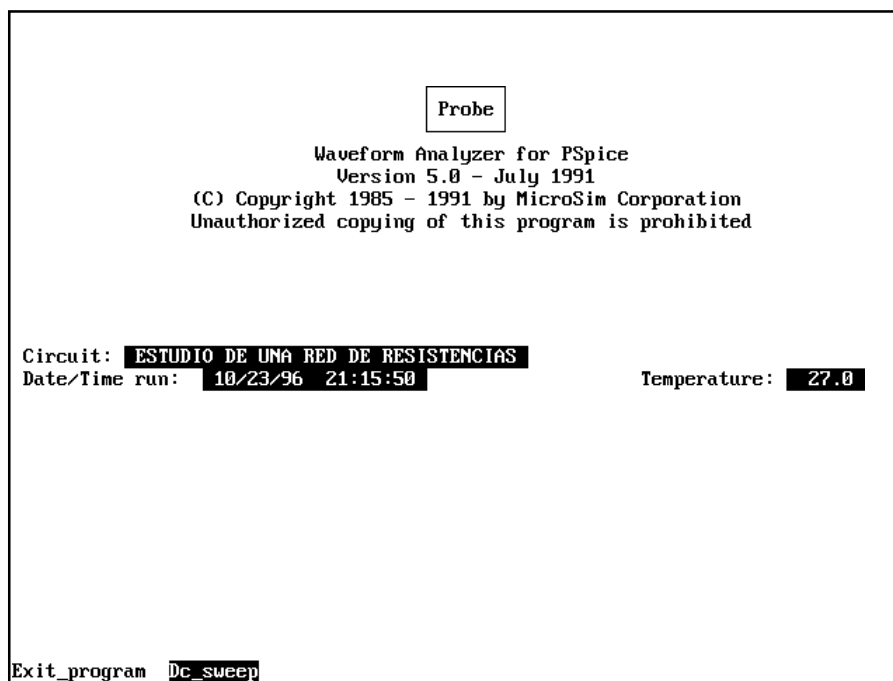
es decir, la tensión del nudo 5 multiplicada por la intensidad de drenador del MOSFET llamado M13, el valor del eje Y será etiquetado automáticamente con W (Wattios).

Menú de inicio

El menú de inicio nos aparecerá siempre al salir de Probe, y también al entrar, siempre y cuando en la descripción del circuito existan varios tipos de análisis (como pueden ser un análisis transitorio y un barrido en continua).

En este menú aparece información de la versión de Probe que estamos utilizando, así como el nombre del circuito de trabajo (con la etiqueta Circuit: -circuito-), la fecha y hora en la que fue analizado mediante PSPICE (con la etiqueta Date/Time run: -fecha/hora de la ejecución-) y la temperatura de realización de los análisis (con la etiqueta Temperature: -temperatura-).

El menú de inicio tendrá un posible aspecto como el siguiente:



Las posibles opciones que se nos pueden presentar son:

- **Exit_program (Salir del programa):** Sale del programa y retorna al DOS o al Control Shell, dependiendo desde donde se haya ejecutado el analizador gráfico.
- **DC_sweep (Barrido en continua):** Nos permite seleccionar el análisis de barrido en continua (este comando aparecerá cuando este análisis exista en el circuito).
- **AC_sweep (Barrido en alterna):** Nos permite seleccionar el análisis en alterna del cálculo de la respuesta en frecuencia (sólo aparecerá cuando exista en el circuito).
- **Transient_analysis (Análisis transitorio):** Nos permite seleccionar el análisis transitorio (igualmente, sólo aparecerá cuando exista en el circuito).

Menú de selección

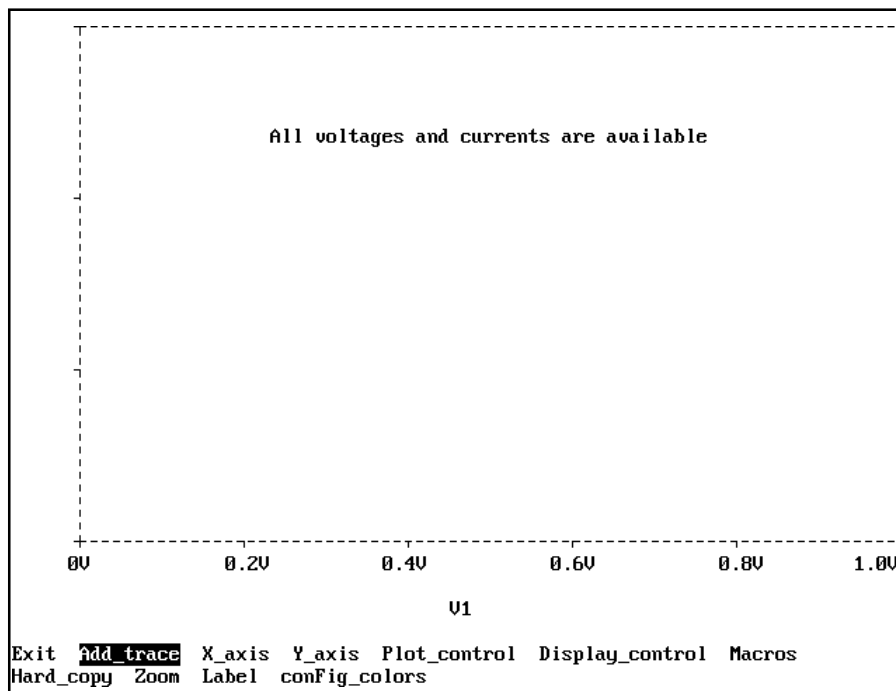
Este menú aparece tras el menú de inicio, siempre y cuando en el análisis seleccionado existan múltiples secciones, como puede ser el caso de haber efectuado un análisis paramétrico, con una lista de valores para un mismo componente. Así, aparecerán listadas las diferentes secciones disponibles, para que el usuario seleccione las que le interese estudiar. En caso de seleccionar varias secciones a la vez, al representar posteriormente las formas de onda aparecerán familias de curvas que nos permiten estudiar la dispersión de la señal en función de algún parámetro o componente del circuito.

Los comandos que encontramos en este menú son los siguientes:

- **Exit (Salir):** retorna al menú de inicio.
- **All_(tipo de análisis) (Todos):** Selecciona todas las secciones disponibles para el análisis en cuestión e inicia el trabajo con Probe. Este comando sólo aparece si el circuito seleccionado tiene más de una ejecución de cualquier tipo de análisis (por ejemplo, dos análisis transitorios).
- **Select_sections (Seleccionar secciones):** Nos permite seleccionar una o más secciones individualmente, para lo cual se presenta una barra de selección en la parte superior de la pantalla. Con la ayuda de los cursores nos podremos mover verticalmente, y para seleccionar algún análisis lo haremos pulsando la barra espaciadora, y quedará señalado una marca similar a ">".

Menú principal

Este menú aparece de la siguiente forma:



Este menú aparece después de haber sido seleccionado un análisis en el menú de inicio y es el menú principal de trabajo en Probe.

Si el fichero de descripción del circuito sólo contiene un análisis (.DC, .AC o .TRAN), entonces al ejecutar Probe aparecerá directamente el menú principal, pasando por alto del menú de inicio y el menú de selección.

Los comandos que aparecen son los siguientes:

- **Exit (Salir):** Sale del menú principal y retorna al menú de inicio.
- **Add_trace (Añadir trazo):** Nos permite representar en la ventana gráfica cualquier forma de onda. La forma de introducir cualquier señal es mediante el uso de la tecla de función (F4) o tecleando el nombre directamente. El formato de las formas de onda es el mismo que el estudiado en la sentencia .PRINT, con las siguientes diferencias:
 1. Las formas V((nombre)) y Vxy ((nombre)) no son posibles. En su lugar usaremos el formato V((nudo +) , (nudo -)), colocando el nombre/número correspondiente de los nudos, como V(13,2).
 2. Para representar valores de ruido, se usa V(ONoise) en lugar de ONoise para el ruido de salida. También se usa V(INoise) e I(INoise) en lugar de INoise para representar el ruido equivalente de entrada.

Las expresiones matemáticas que son permitidas en Probe para representar cualquier forma de onda admiten los operadores: “+” (Suma), “-” (Resta), “*” (Multiplicación), “/” (División), paréntesis y además las siguientes funciones:

ABS(x)	Valor absoluto de X
SGN(x)	+1 (si X>0), 0 (si X=0), -1 (si X<0)
SQRT(x)	$X^{1/2}$
EXP(x)	e^x
LOG(x)	ln(x) (log en base e)
LOG10(x)	log(x) (log en base 10)
DB(x)	$20 \times \log(x)$ (log en base 10)

PWR(x,y)	$ x ^y$
SIN(x)	sin(x) (x en radianes)
COS(x)	cos(x) (x en radianes)
TAN(x)	tan(x) (x en radianes)
ATAN(x)	$\tan^{-1}(x)$ (resultado en radianes)
ARCTAN(x)	$\tan^{-1}(x)$ (resultado en radianes)
d(x)	Derivada de X con respecto de la variable del eje X
s(x)	Integral de X
AVG(x)	Valor promedio de X sobre el rango de la variable del eje X
RMS(x)	Valor eficaz de X
MIN(x)	Valor mínimo de X
MAX(x)	Valor máximo de X

Imaginemos que queremos ver la corriente que circula por la resistencia RL de 10K Ω , colocada entre los nudos 3 y 4. Para ello, podemos utilizar uno cualquiera de los formatos:

V(3,4)/10K
(V(3)-V(4))/10K
I(RL)

Vamos a ver otro ejemplo. Para representar la potencia instantánea que disipa un transistor bipolar, al que hemos llamado Q13, colocado entre los nudos 25,3 y 2 (para el colector, base y emisor, respectivamente), podemos usar el formato:

V(25,2)*IC(Q13)

Una vez que tengamos una forma de onda representada en la ventana gráfica de Probe, se podrá utilizar para representar otras formas de onda haciendo alusión a ellas mediante el término #(número de trazo). Por ejemplo, si tenemos una señal ya representada anteriormente, denominada V(5), y queremos representar otra señal cinco veces mayor, podemos utilizar cualquiera de los formatos:

#1*5
V(5)*5

Cuando queramos borrar un trazo (forma de onda), primero Probe hace un chequeo para conocer si dicho trazo es utilizado para representar a su vez otro trazo. Si esto es así, nos pedirá confirmación antes de proceder a borrar las señales; si respondemos afirmativamente, eliminará el trazo en cuestión y todas las formas de onda que dependan de él.

Si queremos introducir muchas señales a la vez, podemos escribirlas todas en una misma línea, pero separadas por espacios, lo cual equivaldrá a ir introduciéndolas una por una.

Si en un circuito indicamos a PSPICE que ejecute un análisis transitorio para tres temperaturas distintas y queremos visionar la tensión en el nudo 4 para los tres análisis simultáneamente, tendremos que elegir todas las secciones en el menú de selección y posteriormente introducir V(4), con lo que Probe dibujará tres curvas, una para cada temperatura. Pero si sólo queremos estudiar un determinado análisis (por ejemplo, la segunda sección correspondiente al valor intermedio de la temperatura) sin salirnos del menú principal, utilizaremos el término @(número de análisis), y quedará una expresión similar a:

V(4)@2

con lo que se representará la tensión del nudo 4 para el segundo análisis realizado. En general, las tensiones y corrientes deberán llevar la terminación @n, donde n es el número de designación del análisis que queremos seleccionar. Incluso se pueden hacer combinaciones más complejas con expresiones como la siguiente:

V(4)@2-V(4)@1

que nos mostrará la diferencia entre las dos formas de onda correspondientes a distintas temperaturas. Las restantes opciones del menú principal son:

- **Remove_trace (Eliminar trazo):** Borra uno o todos los trazos (formas de onda) de la ventana gráfica que esté activa en ese momento. Si la pantalla no tiene representado ningún trazo, este comando no aparecerá en el menú principal.
- **X_axis (Eje X):** Nos permite introducirnos en el menú X Axis, con lo que podremos aplicar los comandos correspondientes a este eje:

Exit (salir): Retorna al menú principal.

Log (Logarítmico): Asigna al eje X una escala logarítmica (en análisis .AC es por defecto).

Linear (Lineal): Asigna al eje X una escala lineal, en caso de que sea logarítmica.

Auto_range (Rango automático): Ajusta el rango de valores para obtener la mejor presentación.

Set_range (establecer rango): Permite ajustar el rango de valores del eje X manualmente.

Restrict_data (Restringir datos): Ajusta el rango de valores (para funciones S, AVG, RMS...).

Unrestrict_data (No restringir datos): Elimina el efecto del comando anterior.

X_variable (Variable del eje X): Permite colocar otra variable distinta en el eje X (ej. modo xy).

Fourier (Fourier): Permite la transformación al modo Fourier (ej. tiempo a frecuencia).

Quit_fourier (Abandonar Fourier): Elimina el efecto del comando anterior.

Perfomance_analysis (Ejecución del análisis): Añade un trazo para comparar la variación de un valor durante múltiples análisis.

- **Y_axis (Eje Y):** En este caso nos introduciremos en el menú Y Axis, y podremos usar los comandos disponibles para este eje:

Exit (salir): Retorna al menú principal.

Log (Logarítmico): Asigna al eje Y una escala logarítmica (en análisis .AC es por defecto).

Linear (Lineal): Asigna al eje Y una escala lineal, en caso de que sea logarítmica.

Auto_range (Rango automático): Ajusta el rango de valores para obtener la mejor presentación.

Set_range (establecer rango): Permite ajustar el rango de valores del eje Y manualmente.

Add_axis (Añadir eje): Añade otro eje Y más, muy útil para representar dos señales dispares.

Remove_axis (Eliminar eje): Elimina el eje Y seleccionado.

Select_axis (Seleccionar eje): Permite seleccionar el eje Y con el que trabajaremos.

Change_title (Cambiar título): Pone un título en el eje, escrito verticalmente.

- **Plot_control (Control de gráficas):** Nos permite introducirnos en el menú Plot Control, en el que aparecen todos los comandos necesarios para el control de las ventanas gráficas mostradas en pantalla:

Exit (salir): Retorna al menú principal.

Add_plt (añadir gráfica): Añade otra ventana gráfica (todas tienen el eje X común).

Remove_plot (Eliminar gráfica): Elimina la ventana gráfica seleccionada.

Select_plot (Seleccionar gráfica): Permite seleccionar la ventana gráfica con que trabajaremos.

Always_use_symbols (Usar siempre símbolos): Establece un símbolo para cada forma de onda.

Never_use_symbols (Nunca usar símbolos): Desactiva el comando anterior.

Auto_symbols (Símbolos automáticos): Probe establece si usar o no símbolos para las ondas.

Mark_data_points (Marcar puntos de datos): Marca los puntos exactos calculados por PSPICE.

Do_not_mark_data_points (No marcar los puntos de datos): Desactiva el comando anterior.

- **Display_control (Control de pantallas):** Nos introduce en el menú Display Control, donde disponemos de los comandos necesarios para controlar las pantallas; es decir, almacenar/recuperar la pantalla de trabajo en el disco:

Exit (Salir): Retorna al menú principal.

Save (Guardar): Guarda en disco la pantalla actual, para poder recuperarla en otra sesión.

Restore (Recuperar): Recupera una pantalla grabada (o la de la última sesión: -last session-).

List_displays (Lista de pantallas): Presenta todas las pantallas disponibles en disco.

View_displays_detail (Ver detalles de las pantallas): Da información de las pantallas en disco.

One_delete (Borrar una): Permite borrar una pantalla.

All_delete (Borrar todas): Borra todas las pantallas.

- **Macros (Macros):** Con este comando nos introduciremos en el menú Macros, desde el que podemos crear/editar macros.

- **Select_digital (Selección del menú digital):** Este comando aparecerá sólo si hay componentes digitales en el circuito, por lo que no entraremos en su estudio, al tratar sólo con circuitos analógicos.
- **Hard_copy (Copia impresa):** Genera una copia impresa. Previamente aparecerá el menú Hard Copy donde podemos configurar el tamaño de la misma:

Exit (Salir): Retorna al menú principal.

1_page_long (una página de longitud): La copia impresa se generará a una página.

2_pages_long (dos paginas de longitud): Establece el formato a dos páginas.

Other_length (otra longitud): Permite seleccionar la longitud que ha de tener la copia impresa.

- **Cursor (cursor):** Activa dos cursores en forma de cruz en la ventana gráfica para realizar las mediciones que se estimen oportunas. Igualmente aparecerá el menú Cursor:

Exit (Salir): Retorna al menú principal.

Hard_copy (Copia impresa): Permite imprimir la gráfica.

Peak (Pico): Hace que el cursor se sitúe en el pico de la señal.

Trough (A través): Hace que el cursor se desplace a través de la señal.

Slope (Inclinación): Hace que el cursor se desplace por todas las rampas de la señal.

Min (Mínimo): Hace que el cursor se desplace al punto mínimo de la señal.

Max (Máximo): Hace que el cursor se desplace al punto máximo de la señal.

Search_commands (Buscar comandos): Permite buscar un comando.

Label_pint (Etiqueta de punto): Coloca una etiqueta en la situación del cursor.

- **Zoom (Zoom):** Permite ampliar o reducir las formas de onda representadas en la ventana gráfica. AL seleccionarlo aparece el menú Zoom:

Exit (Salir): Retorna al menú principal.

Specify_region (Especificar región): Aumenta una región determinada.

X_zoom_in (Acercamiento en X): Aumenta la escala en el eje X en un factor 2.

Y_zoom_in (Acercamiento en Y): Aumenta la escala en el eje Y en un factor 2.

Zoom_out (Alejamiento): Este comando realiza un alejamiento con factor 2 en ambos ejes.

Pan (Desplazamiento): Permite desplazar el eje X, tanto a derechas como a izquierdas.

Auto_range (Rango automático): Establece el rango para una presentación óptima.

- **Label (Etiqueta):** Este comando nos introduce en el menú Label, donde aparecen los comandos necesarios para colocar todo tipo de etiquetas a las formas de onda representadas:

Exit (salir): Retorna al menú principal.

Text (Texto): Nos permite colocar una etiqueta de texto en el lugar deseado.

Line (Línea): Permite trazar una línea entre dos puntos cualesquiera de la ventana gráfica.

Poly_line (Línea múltiple): Permite trazar líneas encadenadas una detrás de otra.

Arrow (Flecha): Nos permite dibujar una flecha.

Box (Caja): Nos permite dibujar un recuadro.

Circle (Círculo): Nos permite dibujar un círculo.

Ellipse (Elipse): Nos permite dibujar una elipse.

Title (Título): Nos permite asignar un título a la copia impresa de la gráfica.

Refresh (refrescar): Redibuja la ventana gráfica con todo su contenido.

UTILIZACIÓN DE LA TECLA DE FUNCIÓN F4

La tecla de función (F4) es muy útil en Probe a la hora de introducir cualquier tipo de forma de onda para representar en la gráfica. Una vez que estamos en el menú principal de trabajo de Probe, si seleccionamos el comando Add_trace y pulsamos la tecla de función (F4), veremos que sale una ventana donde tenemos todas las señales disponibles en un circuito al azar.

En esta ventana, con las teclas del cursor podemos seleccionar una cualquiera de las formas de onda y pulsar (ENTER), con lo que dicha señal aparecerá escrita en la parte inferior de la pantalla. Si pulsamos de nuevo (ENTER), aparecerá representada la forma de onda.

Pero también tenemos la posibilidad de volver a pulsar (F4), y saldrá un menú en una ventana, compuesto por cuatro apartados:

- **Show_alias_name (Mostrar los nombres alias):** Este comando nos permite visualizar todas las tensiones (formas de onda) disponibles en el circuito, pero renombradas de una forma especial. De esta forma, aparecerán listadas las tensiones de todos los nudos, mediante el formato V((nudo)) y junto a cada tensión aparecerán listados todos los elementos que están conectados a ese nudo en concreto mediante el término V(nombre del terminal)((nombre del elemento)).

En caso de tener mostrados los alias, la opción que aparecerá en el menú es Remove_alias_name (Eliminar los alias), la cual elimina estos alias.

- **Show_internal_subcircuit_nodes (Mostrar los nudos internos de los subcircuitos):** La seleccionaremos sólo en caso de que tengamos algún subcircuito en el circuito de trabajo, y siempre y cuando nos interese estudiar las formas de onda internas de dicho subcircuito. Aparecerá una lista con las formas de onda disponibles para los subcircuitos, haciendo referencia a los elementos de los mismos con sus nombres expandidos.

En caso de haber seleccionado esta opción, desaparecerá el menú y en su lugar tendremos

Remove_internal_subcircuit_nodes (Eliminar los nudos internos de los subcircuitos), que realiza el proceso inverso.

- **Remove_voltages (Eliminar las tensiones):** Esta opción hará que no aparezcan en la ventana las formas de onda correspondientes a las tensiones del circuito. Si ha sido seleccionada, aparecerá en su lugar la opción Show_voltages que nos mostrará estas señales.
- **Remove_currents (Eliminar las intensidades):** Esta opción hará que no aparezcan en la ventana las formas de onda correspondientes a las intensidades del circuito. Si ha sido seleccionada, aparecerá en su lugar la opción Show_currents, que nos mostrará estas señales.

Índice

DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS	2
INTRODUCCIÓN	2
NORMAS GENERALES	2
NOMBRES DE LOS ELEMENTOS Y NUDOS DE CONEXIÓN	4
VALORES DE LOS ELEMENTOS	4
PARÁMETROS	5
EXPRESIONES	5
MODELOS	6
DEFINICIÓN DE SUBCIRCUITOS	7
NOMBRES ALFANUMÉRICOS DE NUDOS Y NOMBRES EXPANDIDOS	8
NUDOS GLOBALES	9
ASIGNACIÓN DE CONDICIONES INICIALES	9
Sentencia .IC	9
Sentencia .NODESET	10
OPCIONES DISPONIBLES PARA LA SIMULACIÓN	10
INCLUIR UN FICHERO EN EL CIRCUITO	12
UTILIZACIÓN DE LIBRERIAS	12
TIPOS DE FICHEROS	13
SENTENCIAS DE DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS	14
ELEMENTOS PASIVOS	14
Resistencias	14
Condensadores	15
Bobinas	16
Acoplamientos magnéticos	17
ELEMENTOS ACTIVOS	19
Diodos	19
Transistores bipolares	19
Transistor de unión FET	20
Transistores MOSFET	21
Transistores GaAsFET	22
INTERRUPTORES	22
Interruptores controlados por tensión	22
Interruptores controlados por intensidad	24
FUENTES INDEPENDIENTES	25
Fuentes de tensión independientes	25
Fuentes de intensidad independientes	29
FUENTES CONTROLADAS	33
Fuentes de tensión controladas por tensión	33
Fuentes de intensidad controladas por intensidad	34
Fuentes de intensidad controladas por tensión	35
Fuentes de tensión controladas por intensidad	35
Fuentes controladas no lineales	36

COMPONENTES COMPLEJOS	37
AMPLIFICADORES OPERACIONALES	37
TIRISTORES (SCR)	38
TRIACS	38
TRANSISTORES UNIUNIÓN (UJT)	39
OTROS COMPONENTES COMPLEJOS	39
LIBRERÍA DE PSPICE 5.0	40
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA DIODE.LIB	40
Diodos rectificadores	40
Diodos reguladores de intensidad	41
Diodos de capacidad variable	41
Diodos zener	42
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA BIPOLAR.LIB	42
Transistores bipolares	42
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA PWRBJT.LIB	44
Transistores de potencia americanos	44
Transistores de potencia europeos	45
Transistores de potencia japoneses	46
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA JFET.LIB	46
Transistores FET	46
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA PWRMOS.LIB	47
Transistores de potencia MOSFET	47
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA LINEAR.LIB	49
Amplificadores operacionales	49
Comparadores de tensión	49
Reguladores de tensión positivos	50
Reguladores de tensión negativos	50
Reguladores de tensión de precisión	50
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA XTAL.LIB	50
Cristales de cuarzo	50
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA MISC.LIB	51
Miscelánea	51
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA OPTO.LIB	51
Optoacopladores	51
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA MAGNETIC.LIB	51
Núcleos magnéticos (3C8)	51
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA TEX-INST.LIB	51
Componentes de TEXAS INSTRUMENTS INC.	51
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA LIN-TECH.LIB	52
Componentes de LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION	52
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA BURR-BRN.LIB	52
Componentes de BURR-BROWN CORPORATION	52
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA HARRIS.LIB	52
Componentes de HARRIS SEMICONDUCTOR	52
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA THYRISTR.LIB	53

Titiristores (SCR)-----	53
Triacs -----	53
Transistores uniunión (UJTs)-----	54
CONTENIDO DE LA LIBRERÍA EVAL.LIB-----	55
Componentes de la librería de PSPICE 5.0, versión de evaluación -----	55
LOS ANÁLISIS -----	56
ESPECIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS ANÁLISIS-----	56
SENTENCIAS DE LOS ANÁLISIS EN CONTINUA-----	56
Análisis en continua -----	56
Punto de trabajo en continua-----	58
Función de transferencia para pequeña señal -----	58
Análisis de sensibilidad en continua-----	59
SENTENCIAS DE LOS ANÁLISIS EN ALTERNA -----	60
Análisis AC (de respuesta en frecuencia)-----	60
Análisis de ruido -----	61
SENTENCIAS DE LOS ANÁLISIS TRANSITORIOS -----	62
Análisis transitorio (respuesta en el tiempo) -----	62
Análisis de FOURIER -----	63
SENTENCIAS DE LOS RESTANTES ANÁLISIS -----	64
Análisis de Monte Carlo-----	64
Análisis de sensibilidad y peores condiciones -----	66
Análisis paramétrico-----	67
Análisis a diferentes temperaturas -----	69
PRECISIÓN DE LOS ANÁLISIS -----	69
FORMATOS DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS-----	70
Descripción del circuito-----	70
Salidas directas-----	71
SENTENCIAS DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS-----	71
Sentencia .PRINT-----	71
Sentencia .PLOT-----	73
Sentencia .PROBE-----	74
Presentación de distintos parámetros de la simulación -----	75
FABRICACIÓN DE MODELOS: SUBPROGRAMA PARTS-----	76
INTRODUCCIÓN -----	76
EJECUCIÓN DE PARTS -----	76
TRABAJANDO CON PARTS -----	77
EJEMPLO PRÁCTICO: MODELADO DE UN DIODO COMERCIAL -----	78
CONTROL SHELL-----	82
EJECUCIÓN DE CONTROL SHELL -----	82
LOS MENÚS-----	82
Menú Files (Ficheros)-----	83
Menú Circuit (Circuito)-----	84
Menú StmEd (Editor de estímulos)-----	85
Menú Analysis (Análisis) -----	85

Menú Display (Pantalla)-----	86
Menú Probe (Analizador gráfico Probe)-----	86
Menú Quit (Terminar) -----	87
TECLAS DE FUNCIÓN-----	87
CONSULTAS AL MANUAL on line-----	87
USO DE LA CALCULADORA-----	87
ANALIZADOR GRÁFICO DE ONDAS: PROBE -----	88
INTRODUCCIÓN -----	88
LOS MENÚS-----	88
Comentarios generales sobre las entradas -----	88
Menú de inicio -----	88
Menú de selección -----	89
Menú principal -----	90
UTILIZACIÓN DE LA TECLA DE FUNCIÓN F4 -----	94