

SIMULACIÓ I ANÀLISI DE CIRCUITS MITJANÇANT PSPICE

Sessió 1 Introducció

Versió 0 - Gener 2011

Juan A. Chávez, Santiago Silvestre, Antoni Turó

Què és PSPICE?

PSPICE és un programa informàtic que simula el comportament de circuits electrònics amb un PC. Amb aquest programa es pot obtenir la tensió en qualsevol node del circuit o el corrent que circula per qualsevol malla del mateix. Les tensions i els corrents poden mostrar-se en forma d'evolució temporal (anàlisi TRAN) o en el domini de la freqüència (anàlisi AC). A més, PSPICE permet realitzar d'altres tipus d'anàlisis com escombrats de tensió contínua, sensibilitat, dependència amb la temperatura i anàlisi de soroll. També disposa d'unes extenses llibreries amb els models de gran varietat de dispositius electrònics.

Història i antecedents

Microsim va llançar PSPICE l'any 1984 com la primera versió del programa SPICE desenvolupat a la Universitat de Berkeley (EEUU) que corria en un PC. SPICE es l'acrònim anglès de Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis (Programa de simulació amb èmfasi en circuits integrats).

Algunes fites rellevants en l'evolució dels simuladors basats en SPICE es refereixen a continuació:

Antecedent programa CANCER:

- Al principi dels anys 1970, el professor Ron Rohrer de la Universitat de Berkeley (California) comença a desenvolupar un programa de simulació.
- Els estudiants de Rohrer, entre els quals es trobava Larry Nagel, creen el programa CANCER (Computer Analysis of Non-Linear Circuits Excluding Radiation).
- Aquest programa realitza anàlisis DC, AC i d'evolució temporal.
- Inclou components electrònics com díodes (equacions de Shockley) i transistors bipolars (equacions d'Ebers-Moll).

Programa SPICE1:

- L'any 1972, Nagel i Pederson donen a conèixer el seu programa SPICE1 (Simulation Program with IC Emphasis).
- SPICE es converteix en una eina de simulació estàndard.
- Els models dels transistors bipolars es canvien per les equacions de Gummel-Poon.
- S'afegeixen els models de transistors JFET i MOSFET.
- Aquest programa es basa en l'anàlisi nodal.
- Va ser desenvolupat en FORTRAN i corria en grans màquines.

Programa SPICE2:

- L'any 1975 Nagel va difondre una segona versió amb millores significants.
- Es substitueix l'anàlisi nodal per una versió modificada (MNA) que inclou fonts de tensió i inductors.
- Permet la simulació de circuits més grans i complexos amb una gestió dinàmica de la memòria utilitzada.
- Permet ajustar el pas de simulació que millora la durada de les simulacions.

- Es milloren els models de transistors bipolars i MOSFET.
- La versió SPICE2G.6 (1983) és la darrera en FORTRAN que encara es distribueix des de Berkeley.
- Molts simuladors comercials actuals estan basats en aquesta versió.

Programa SPICE3:

- El codi de SPICE es reescriu l'any 1985 en el llenguatge C de programació.
- Introdueix una interfície gràfica per visualitzar els resultats.
- Inclou condensadors, inductors i fonts controlades modelats amb expressions polinòmiques.
- Aquesta nova versió elimina molts dels problemes de convergència anteriors.
- Afegeix els models de MESFET, línies de transmissió amb pèrdies i interruptors no ideals.
- *Improved semiconductor models accommodate smaller transistor geometries.
- *Not backward compatible with SPICE2.

Els anys 1980 i més enllà:

- Apareixen les versions comercials HSPICE, IS_SPICE i MICROCAP.
- MicroSim llença PSPICE que és la primera versió per a PC de SPICE.
- SPICE es converteix en un referent com a eina de simulació tant des del punt de vista industrial com acadèmic.

Simuladors basats en SPICE

Avui en dia són molts els paquets de software que inclouen SPICE. La popularitat del simulador SPICE s'ha traduït en una variada oferta disponible en diferents plataformes. Apart de Berkeley que continua oferint el SPICE3 per a UNIX, diferents empreses de software o diferents projectes de software lliure han afegit a SPICE interfícies gràfiques d'usuari per, d'una banda, ajudar a especificar les simulacions i, per una altra, facilitar la visualització dels resultats.

Les solucions van des de versions gratuïtes a versions comercials i des de versions més senzilles a versions amb més funcionalitats. A continuació es detalla un llistat amb les diferents opcions disponibles:

Software no lliure:

- PSpice/OrCAD (Cadence)
- HSpice (per a estacions de treball)
- MicroCad
- Proteus
- Intusoft
- Spice-It!
- SIMatrix Intro
- TopSPICE
- Spice Opus
- LTSPICE (freeware)

Software lliure:

- ASCO tool
- GEDA (GPL)
- MacSpice
- NG-spice (GPL)
- Qucs
- TclSpice
- Xspice

Com funciona SPICE?

Bàsicament una simulació amb SPICE funciona de la manera següent:

- 1) Es descriu el circuit que es vol simular. Originàriament la descripció es feia en forma de fitxer de text que s'anomena netlist (amb extensió ".CIR"). En aquest fitxer cada línia correspon a un component del circuit amb els números dels nodes al que està connectat. Aquesta forma de descriure els circuits es detalla en l'Annex que hi ha al final d'aquest document.

Actualment, però, els simuladors disposen d'una interfície gràfica que permet especificar el circuit en forma d'esquema elèctric que internament el programa tradueix en forma de netlist.

- 2) S'executa la simulació després d'especificar quin tipus de simulació es vol fer. Els tres tipus de simulacions més importants són: escombrat en contínua (DC), anàlisi en el domini de la freqüència (AC) i evolució temporal dels senyals (TRANSIENT RESPONSE o TRAN). Els resultats de la simulació són guardats pel programa en un fitxer de text amb l'extensió ".OUT".
- 3) Es visualitzen els resultats mitjançant una interfície gràfica que s'anomena PROBE. Permet visualitzar directament tensions o corrents del circuit o el resultat d'operacions matemàtiques amb aquestes variables.

PSPICE d'Orcad/Cadence

El programa PSpice va ser desenvolupat originalment per Microsim. Després Microsim va ser adquirit per l'empresa OrCad que, alhora més tard va ser comprada per Cadence Design Systems. Actualment el programa PSPICE es troba integrat en paquets de software comercials de Cadence com és el OrCad Capture. Aquest paquet ofereix un entorn ràpid i intuïtiu per al disseny de circuits impresos (PCB) i la seva simulació.

L'empresa Cadence ha anat llençant diferents versions de l'OrCad Capture, incloent-hi les corresponents versions d'avaluació o d'estudiant, al llarg dels darrers anys. En aquest seminari es fa servir la darrera versió d'avaluació gratuïta que és la OrCAD 16.3 Demo. De tot l'entorn de disseny només es farà ús de la part relativa al PSPICE per simular i analitzar els nostres circuits electrònics.

Referències

- Goody, Roy W., OrCAD PSpice para Windows, Vol. I,II i III, Prentice Hall, 2001-2004.
- Orcad PSPICE User's Guide, Orcad, 1998.
- Orcad Capture User's Guide, Orcad, 2000.
- Orcad PSPICE A/D Reference Manual, Orcad, 1998.
- <http://www.cadence.com/>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/PSpice>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/SPICE>
- <http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Classes/lcBook/SPICE/>
- <http://www.aboutspice.com/>
- <http://www.ecircuitcenter.com/AboutSPICE.htm>

Annex

El següent Annex ha estat extret del llibre:

- Títol:
Circuitos y dispositivos electronicos. Fundamentos de electrónica
- Autors:
Prat Viñas, Lluís
Bragós Bardia, Ramon
Chávez Domínguez, Juan Antonio
Fernández Chimeno, Mireya
Jiménez Serres, Vicente
Madrenas Boadas, Jordi
Navarro González, Eduardo
Salazar Soler, Jordi
- Editorial:
Edicions UPC
- Any:
1998

Introducción al simulador PSPICE

SPICE, iniciales de las palabras inglesas *Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*, se ha convertido en el software estándar para el análisis de circuitos electrónicos. Fue desarrollado por la Universidad de California, en Berkeley, a mediados de la década de los 70. *PSPICE* es una versión de este software capaz de ser ejecutado en un *PC*, y distribuida por MicroSim Corporation.

El objetivo de este apéndice es proporcionar al lector una primera aproximación a la utilización de PSPICE. Describe de manera resumida las características más básicas de este programa a fin de situar al lector rápidamente en el contexto. En particular, este apéndice se refiere a la versión 4.02. Con el tiempo, van apareciendo de manera regular nuevas versiones de este programa, entre las que hay que citar las versiones de evaluación, de finalidad educativa, que permiten simular circuitos con un número limitado de componentes y que son de distribución gratuita. La utilización adecuada de PSPICE requiere completar la lectura de estas notas con textos más completos, como los que se citan en las referencias.

Estas notas introductorias se organizan en tres bloques:

- * Descripción del circuito en SPICE
- * Tipos de análisis que puede realizar SPICE
- * Cómo utilizar PSPICE en modo interactivo

A.1 Descripción del circuito

La primera tarea que se debe realizar para hacer un análisis con SPICE es describir el circuito en un lenguaje que pueda entender el programa. Esta descripción se efectúa confeccionando un "fichero de datos" que, además de contener los componentes del circuito y sus interconexiones, también contiene instrucciones sobre los análisis que se desean realizar e indicaciones sobre dónde almacenar los resultados obtenidos.

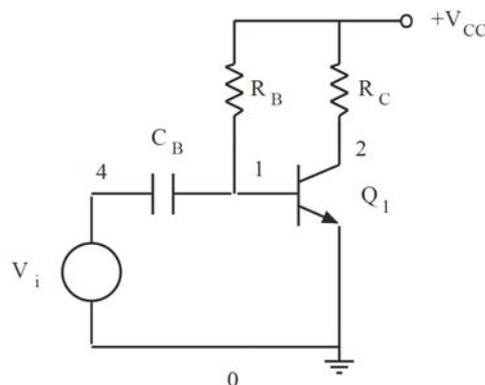


Figura A.1.- Circuito para ejemplo de análisis con SPICE

La primera línea del fichero de datos es obligatoriamente el título del análisis que se va a realizar, que es de libre elección por el usuario. A continuación, cada línea contiene una instrucción. Si la instrucción resulta ser más larga que la línea, puede ser continuada en la siguiente línea sin otro requisito que poner un signo

"+" en la primera posición de la línea de continuación. Un signo "*" en la primera posición de una línea indica que se trata de un comentario y que no es un dato de entrada. Un signo "." en la primera posición indica que es una instrucción de control. La última línea del fichero de datos debe ser ".END". Un ejemplo de fichero de datos relativo al circuito de la figura A.1 se presenta en la tabla A.1.

```

EJEMPLO DE FICHERO DE DATOS

AMPLIFICADOR EMISOR COMUN DE LA FIGURA B1
* A continuación se describe el circuito
Q1 2 1 0 BC999
RC 3 2 4K
RB 3 1 1MEG
CB 1 4 100U
VCC 3 0 DC 10
VI 4 0 AC 5M
* El modelo de transistor es el siguiente
.MODEL BC999 NPN(IS=20F BF=400 VAF=120 EG=1.11 BR=0.8 NC=2
+
CJC=10P VJC=0.8 MJC=0.33)
* Los análisis a realizar son:
.DC NPN BC999(BF) 1 400 10
.OP
.AC DEC 10 1HZ 100MEGHZ
*Los resultados de este último análisis se desea tratarlos
*con el procesador gráfico "PROBE"
.PROBE
*Imprimir los resultados del análisis DC en una tabla
.PRINT DC v(2)
* Indicar que es el final del fichero:
.END

```

Tabla A.1.- Ejemplo de fichero de datos correspondiente al circuito de la figura A.1

El primer paso para describir el circuito consiste en numerar todos sus nudos. Uno de los nudos debe ser designado como el de referencia (masa), y asignarsele el número cero. La asignación de números a los otros nudos es arbitraria. Siempre debe existir un camino para la corriente continua entre un nudo y masa. Si hiciera falta, se conectará al nudo una resistencia de muy alto valor.

A.1.1 Descripción de resistencias, condensadores y bobinas

La instrucción que describe cada uno de estos elementos tiene la siguiente forma:

NOMBRE NUDO A NUDO B VALOR

Entre cada uno de los cuatro parámetros debe haber uno o más espacios en blanco. Para las resistencias la primera letra del nombre debe ser *R*. Para los condensadores *C*, y para las bobinas *L*. Las otras letras del nombre son arbitrarias. Los nudos A y B indican los nudos entre los que está conectado el elemento en cuestión. El valor del componente puede estar en formato entero, decimal o científico. Se pueden utilizar los sufijos listados en la tabla A.2 (conviene señalar que en esta implementación el ordenador no distingue entre mayúsculas y minúsculas). En los condensadores y bobinas, a las cuatro entradas descritas, se les puede añadir una quinta relativa a las condiciones iniciales (tensión para el condensador y corriente para la bobina). Así,

CB 1 4 100U IC=10

en donde la condición inicial del condensador, IC, significa que está cargado a 10V, con el positivo en el nudo 1 (el primer nudo citado) y el negativo en el 4. Para la bobina, el valor de IC significa la corriente inicial. Véase en el ejemplo de la tabla A.1 la descripción de las resistencias R_B , R_C , y del condensador C_B .

<i>T</i>	<i>G</i>	<i>MEG</i>	<i>K</i>	<i>M</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>F</i>
10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}

Tabla A.2.- Sufijos de escala reconocidos por SPICE

A.1.2 Descripción de generadores independientes

La instrucción para estos componentes es del siguiente tipo:

NOMBRE N1 N2 TIPO ESPECIFICACIONES

La primera letra del nombre debe ser *V*, si se trata de un generador independiente de tensión, o *I*, si es de corriente. La polaridad de una fuente de tensión se indica mediante los nudos positivo (N1) y negativo (N2). En una fuente de corriente, la intensidad circula del nudo N1 al N2. Los dos últimos términos describen el tipo de generador según se detalla en la tabla A.3.

Obsérvese que entre los tipos DC y AC y sus especificaciones hay uno o más espacios en blanco. En el resto se abre el paréntesis inmediatamente después del TIPO. Los parámetros dentro el paréntesis se separan mediante espacios en blanco.

A.1.3 Descripción de generadores dependientes

El formato de instrucción para los generadores dependientes lineales *controlados por una tensión* ($v_a = E(v_b)$; $i_a = G(v_b)$) es:

NOMBRE N1 N2 NC+ NC- COEFICIENTE

El nombre debe comenzar por la letra *E*, si es un generador de tensión, y por *G*, si es de corriente. En el caso de un generador de tensión, N1 es el nudo en el que está conectado el terminal positivo de la fuente, y N2 el negativo. Para un generador de corriente, ésta circula de N1 a N2. La tensión de control es la existente entre los nudos NC+ y NC-. El valor del generador dependiente es la tensión de control multiplicada por el coeficiente.

Para los generadores *controlados por una corriente* ($i_a = F(i_b)$; $v_a = H(i_b)$):

TIPO	ESPECIFICACION	DESCRIPCION
DC	VALOR	Generador de continua
AC	MAGNITUD FASE	Generador sinusoidal para análisis frec.
SIN(V0 VA F TD DF f)		Gen. sinusoidal para análisis transitorio
PULSE(V1 V2 TD TR TF PW PER)		Tren de impulsos periódicos
PWL(T1 V1 T2 V2 T3 V3..)		Señal definida por tramos lineales
EXP(V1 V2 TD1 t1 TD2 t2)		Señal exponencial

Tabla A.3.- Fuentes independientes reconocidas por SPICE

NOMBRE N1 N2 VC COEFICIENTE

El nombre debe empezar por la letra *F*, si es un generador de corriente, o por *H*, si es de tensión. El significado de *N1*, *N2* y *COEFICIENTE* es el mismo que en el caso anterior. La corriente de control es la que circula por el generador de tensión de nombre *VC*. Si no existe un generador de tensión en la rama por la que circula la corriente de control, hay que insertar uno de valor cero.

A.1.4 Descripción de dispositivos semiconductores

El formato de instrucción para describir estos dispositivos es:

NOMBRE NUDO A NUDO B NUDO C ... MODELO ÁREA

La primera letra del nombre y el significado de los nudos *A*, *B*, *C* y *D* se dan en la tabla A.4. Para el BJT, la declaración del nudo de sustrato es optativa (si no se indica, el programa lo toma como cero). Para el MOS, es obligatoria. El modelo es el nombre del tipo de dispositivo que debe ser especificado en una instrucción especial (".MODEL") que será comentada más adelante. El término "Área" es un parámetro de escala. Es el factor por el que se multiplican las corrientes y capacidades del dispositivo definido en .MODEL, y, por el que se dividen las resistencias del dispositivo. Si se omite, se toma por defecto el valor 1. Para el transistor MOS en lugar del término *ÁREA* se utiliza:

$$W = \text{valor} \quad L = \text{valor}$$

en donde *W* y *L* son la anchura y la longitud del canal. Si no se especifican, se les asigna el valor 10^{-4} m. En este dispositivo existe la opción de especificar el área y el perímetro de las regiones de drenador y surtidor.

La instrucción anterior que describe un dispositivo semiconductor debe ser completada con una instrucción .MODEL que define los parámetros del dispositivo en cuestión. Su forma es:

.MODEL MODELO TIPO (parámetro=valor parámetro=valor...)

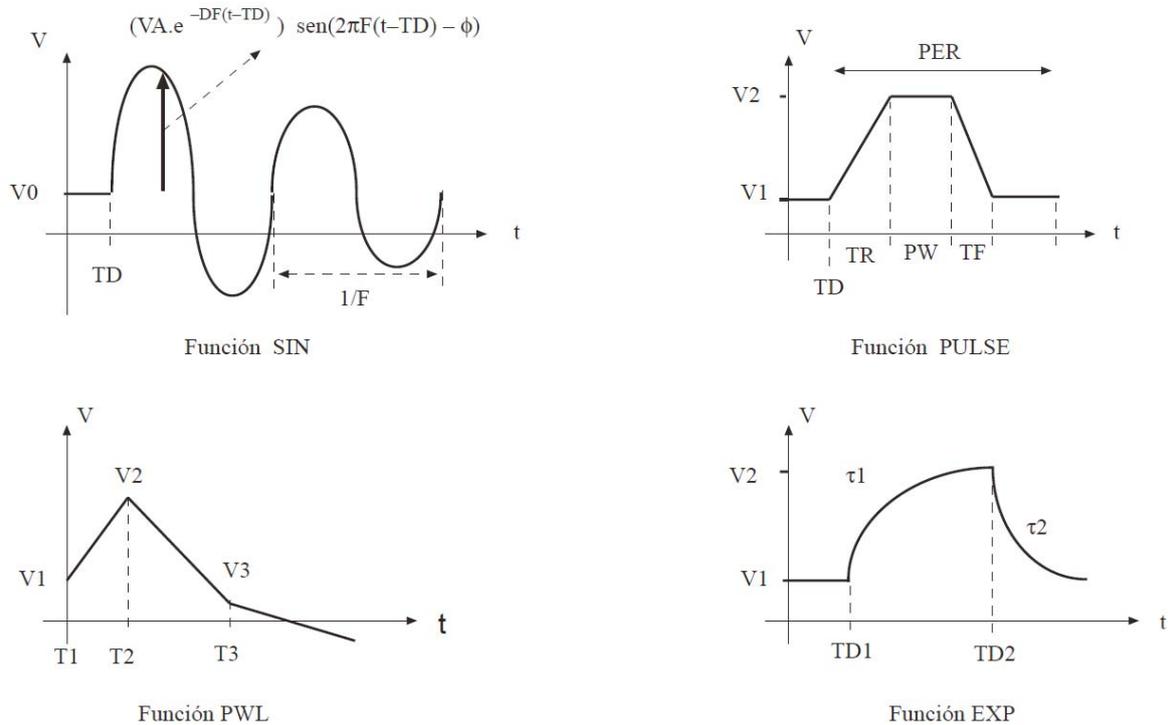


Figura A.2.- Formas de ondas de las fuentes independientes, y parámetros asociados

En esta instrucción, MODELO es el nombre del tipo de dispositivo utilizado en la anterior descripción de dispositivos semiconductores con el término MODELO. El TIPO debe ser: para diodos, D; para BJT, NPN o PNP; para MOS, NMOS o PMOS; para JFET, NJF o PJF. Los parámetros a que se hace mención en el paréntesis de esta instrucción son opcionales. Si no se especifica el valor de un parámetro, el SPICE le asigna uno por defecto. En los capítulos 6, 7 y 8, que tratan del diodo, del transistor bipolar y del MOS, se especifican estos parámetros y sus valores por defecto. Véase en el ejemplo de la figura A.1 la descripción del transistor Q1 y su instrucción MODEL asociada.

Pueden formarse "librerías" con los modelos de los dispositivos. Consúltense en alguna de las referencias la utilización de librerías de SPICE mediante la instrucción .LIB.

A.1.5 Descripción de un subcircuito

SPICE permite definir un circuito como si se tratara de un bloque con un nombre específico, que puede ser llamado repetidamente en el fichero de datos. La definición de un circuito como subcircuito se realiza de la siguiente forma:

```
.SUBCKT SUBNOMBRE NUDO X NUDO Y .... NUDO N
Instrucciones de los elementos que
definen el bloque del subcircuito
.ENDS SUBNOMBRE
```

El término SUBNOMBRE tiene un papel similar al de MODELO en los dispositivos semiconductores. La asignación de números a los nudos que aparecen en la definición .SUBCKT es local de este subcircuito e independiente de la del circuito principal, a excepción del nudo 0 que, en caso de utilizarse, se supone común

<i>DISPOSITIVO</i>	<i>1ªLETRA-NOMBRE</i>	<i>NUDO A</i>	<i>NUDO B</i>	<i>NUDO C</i>	<i>NUDO D</i>
Diodo	D	Lado P	Lado N		
BJT	Q	Colector	Base	Emisor	Sustrato
MOS	M	Drenador	Puerta	Surtidor	Sustrato
JFET	J	Drenador	Puerta	Surtidor	

Tabla A.4.- Tipos de dispositivos semiconductores y sus nudos de especificación

al nudo de referencia del programa principal. Los nudos X, Y,...N de la anterior instrucción son los que conectan el subcircuito al resto del subcircuito. La inserción de un subcircuito en el circuito principal se realiza con una instrucción del tipo:

NOMBRE NUDO A NUDO B ... NUDO M SUBNOMBRE

en donde la primera letra del NOMBRE debe ser X. El SUBNOMBRE es el que identifica el subcircuito y debe coincidir con el usado en .SUBCKT. Los nudos A, B,... N son los nudos del circuito principal a los que se conecta el subcircuito. La conexión se realiza siguiendo el orden (A a X, B a Y, M a N). En el capítulo 4 se ilustra la utilización de esta instrucción.

A.2 Tipos de análisis que puede realizar SPICE

SPICE puede realizar, entre otros, los siguientes análisis:

- 1.- Cálculo del punto de reposo (.OP).
- 2.- "Barrido DC" (.DC): Análisis en continua del circuito para cada uno de los valores que toman una o varias variables, los cuales "barren" un determinado margen. Las variables que pueden ser "barridas" son: la tensión o corriente de un generador, un parámetro de un modelo, o la temperatura.
- 3.- Cálculo de la función de transferencia (.TF).
- 4.- Cálculo de respuesta en frecuencia (.AC).
- 5.- Respuesta transitoria (.TRAN).

Además de estos análisis, que serán descritos a continuación, SPICE puede llevar a cabo otros, tales como análisis de ruido (.NOISE), de distorsión (.DISTO), de sensibilidad (.SENS), de temperatura (.TEMP) y alguno más, para los cuales se deben consultar referencias más detalladas sobre este simulador.

A.2.1 Análisis .OP

El formato de esta instrucción es:

.OP

La inclusión en el fichero de datos de esta instrucción produce una información detallada (tensiones en los nudos, corrientes y potencia que entregan las fuentes, valores de los parámetros de los modelos de pequeña señal, etc.) sobre el punto de reposo del circuito. Si no se incluye, la única información sobre el punto de reposo es una relación de las tensiones en los nudos.

A.2.2 Análisis .DC

El formato de instrucción para un *barrido lineal* tiene la forma:

```
.DC NOMBRE1 VI VF1 INC1 NOMBRE2 VI2 VF2 INC2
```

Los cuatro últimos términos son opcionales y se usan para hacer un doble barrido (para cada valor que tome NOMBRE2 se realiza un barrido completo de la variable NOMBRE1). El programa realiza un análisis en continua para cada uno de los valores que tome la variable NOMBRE. Esta variable toma valores desde uno inicial (VI) hasta uno final (VF) en pasos de valor INC.

Si la variable que realiza el barrido es un generador independiente de tensión o corriente, el término NOMBRE es el nombre de este generador. En este análisis no se tiene en cuenta el valor de este generador, definido en el fichero de datos del circuito. Sin embargo, los otros tipos de análisis se realizarán con dicho valor. Si la variable que realiza el barrido es la temperatura, el NOMBRE debe ser TEMP y sus valores se expresarán en grados centígrados. Si la variable fuera un parámetro de un modelo, NOMBRE se compondrá de tres elementos de la instrucción .MODEL. En primer lugar TIPO, después el nombre del MODELO, y entre paréntesis el nombre del parámetro. En el ejemplo de la figura A.1 se realiza un barrido en función del parámetro BF del transistor Q1, empezando con el valor 1 e incrementándose de 10 en 10 hasta un valor de 400.

También es posible realizar un *barrido logarítmico* por décadas u octavas. El formato para este caso es:

```
.DC TIPO NOMBRE VI VF NP
```

donde TIPO debe ser OCT o DEC, según se desee un barrido por octavas o décadas, y NP es el número de puntos por octava o década.

A.2.3 Análisis .TF

Este análisis calcula la función de transferencia, en continua, entre una variable de salida respecto a otra de entrada, la resistencia de entrada y la resistencia de salida. El formato de esta instrucción es:

```
.TF SO SI
```

donde SO es la variable de salida y SI la de entrada. Cuando se incluye esta instrucción, SPICE calcula, en primer lugar, el punto de trabajo en continua. A continuación sustituye, si es el caso, los dispositivos no lineales por su modelo incremental lineal, los condensadores por un circuito abierto y las bobinas por un cortocircuito. Con este circuito incremental lineal calcula la ganancia, definida como DSO/DSI, la resistencia de entrada y la de salida. La variable de salida puede ser una corriente o una tensión. En el caso de ser una corriente, está limitada a ser la corriente a través de una fuente de tensión. Esta instrucción puede ser utilizada para hallar el circuito equivalente de Thévenin o de Norton, tal como se indica en el capítulo 4.

A.2.4 Análisis .AC

Este análisis calcula la respuesta de un circuito en un rango determinado de frecuencias. SPICE calcula en primer lugar el punto de trabajo del circuito, y a continuación sustituye los dispositivos no lineales por sus modelos en pequeña señal. La respuesta en frecuencia se calcula fijando un valor de frecuencia en todas las

fuentes AC del circuito, y haciendo barrer este valor en un margen especificado. El formato de esta instrucción es:

.AC ESCALA NP FI FF

donde ESCALA debe ser LIN, DEC o OCT para indicar que el barrido de frecuencias debe ser lineal, por décadas o por octavas respectivamente, NP es el número total de puntos en caso de escala lineal, o el número de puntos por década u octava si las escalas son de este tipo, FI es la frecuencia inicial y FF la frecuencia final. En el fichero de datos del ejemplo puede encontrarse una instrucción de este tipo. En el capítulo 7 se dan ejemplos de utilización de esta instrucción.

A.2.5 Análisis .TRAN

Esta instrucción indica a SPICE que se realice un análisis transitorio (salida en función del tiempo en respuesta a excitaciones no "permanentes"). Su formato es:

.TRAN TPAS TFIN TI TINCR UIC

en donde los tres últimos términos son opcionales. El análisis siempre empieza en $t = 0$ y acaba en TFIN, y se realiza para unos determinados valores de tiempo. Estos valores son fijados internamente por el programa, de acuerdo con la evolución de la respuesta transitoria. Si el cambio es lento, los pasos entre los instantes de cálculo aumentan, mientras que si es rápido disminuyen. El parámetro TINCR indica el valor máximo de incremento de tiempo. Si TINCR se omite, el valor máximo del incremento se fija en el menor de entre: TPAS y $(TFIN - TI)/50$. La salida en función del tiempo se aproxima mediante un polinomio de segundo orden que pasa por los puntos calculados. El ítem TPAS indica el incremento de tiempo en el que deseamos que el programa imprima los resultados del análisis transitorio (pueden ser puntos calculados o valores interpolados). TI indica el instante a partir del cual deseamos que se imprima la salida (su valor por defecto es cero). El término UIC indica que el análisis transitorio debe realizarse, teniendo en cuenta las condiciones iniciales definidas en el fichero de datos. Para que este análisis pueda realizarse hay que definir alguna fuente independiente del tipo SIN, PULSE, PWL o EXP. En el capítulo 5 se dan ejemplos del uso de este análisis.

A.3 Interacción con ordenador

Los aspectos que describiremos en este apartado son:

- * Cómo crear el fichero de datos.
- * Cómo realizar análisis con PSPICE.
- * Cómo obtener los resultados del análisis.

Conviene poner de manifiesto que la versión de PSPICE a que hace referencia esta introducción es el resultado de un largo proceso de evolución, durante el cual se ha ido enriqueciendo el núcleo inicial con programas que facilitan al usuario su utilización. Inicialmente SPICE era un software que se ejecutaba en grandes ordenadores en modo *batch*: no había ninguna interacción con el usuario, se editaba el fichero de datos, se ejecutaba SPICE leyendo aquel fichero y los resultados se almacenaban en un fichero de salida, el cual se imprimía posteriormente para ser inspeccionado por el usuario. En la versión de PSPICE que se está comentando, existe un software de apoyo (*CONTROL SHELL*) que permite un cierto grado de interacción y que, al coexistir con el anterior núcleo, duplica en determinados casos algunas funciones. Hay versiones más modernas que permiten entrar de forma gráfica el esquema del circuito.

A.3.1 Cómo crear el fichero de datos

Una vez en el directorio que contiene PSPICE, hay que teclear *PS*. Aparecerá la pantalla denominada *PSPICE CONTROL SHELL*. Esta pantalla ofrece en la parte superior un menú horizontal en el que aparecen los términos:

Files Circuit StmEd Analysis Display Probe Quit

Mediante las teclas de flechas se puede resaltar alguno de estos términos, que se selecciona apretando la tecla <Enter>. Para salir de un menú y volver al menú previo, debe pulsarse la tecla <Esc>.

Para crear un fichero de datos, hay que seleccionar el menú *Files*, y una vez en él se despliega un nuevo menú en el que hay que seleccionar *Current*. Entonces aparece una ventana en la que hay que escribir el nombre del fichero de datos. Este nombre debe acabar con la extensión ".cir". A continuación pulsar <Enter>. En el caso de querer modificar o ampliar un fichero creado anteriormente, debe pulsarse la tecla <F4> en lugar de escribir el nombre del fichero. Se abrirá una ventana en la que aparecen todos los ficheros con extensión ".cir", y se seleccionará el que se desee. El nombre del *Current File* escrito o seleccionado aparece en la parte inferior de la pantalla. A continuación, seleccionando la función *Edit* dentro de *Files*, se abre una ventana con el encabezamiento *Circuit File Editor*, en la que pueden escribirse las instrucciones del fichero de datos. Una vez escrito el nuevo fichero, o modificado el antiguo, pulsar la tecla <Esc> para salir del editor. Aparece, a continuación, una pregunta sobre si se desean salvar los cambios realizados, que debe responderse tecleando S o D, tal como se indica en la pantalla.

Al salir del editor, aparece en la parte inferior de la pantalla, encima de *F6=Errors* la palabra *Loaded*, o bien *Errors*, que indican si el fichero es correcto y está listo para ser ejecutado, o si tiene errores de sintaxis. Si los tuviera hay que corregirlos, para lo cual debe volverse a entrar en *EDIT* y pulsar <F6>, con lo que se abre una ventana en la que se indican los errores y el número de línea en que se han cometido (descontando la línea de encabezamiento). Se debe pulsar <F6> de nuevo y con el editor corregir los errores hasta conseguir eliminarlos.

El *PSPICE CONTROL SHELL* ofrece una forma alternativa para modificar un fichero de datos ya existente, que facilita una simulación interactiva entre el usuario y el ordenador. Se trata de los menús *Circuit*, *StmEd* y *Analysis*. El primero permite modificar valores de componentes y dispositivos, el segundo modificar fuentes independientes, y el tercero suprimir o activar tipos de análisis. Una vez hechas las modificaciones usando estos menús, puede volverse a ejecutar el programa sin volver a editar el fichero. Las líneas modificadas mediante estos menús se graban en el fichero de datos y se indica esta procedencia imprimiéndose al final de la línea la terminación " ; *ipsp*". Las teclas <F1> y <F3> permiten realizar consultas sobre cómo usar estos menús.

A.3.2 Cómo realizar análisis con PSPICE

Cuando el fichero de datos sea correcto, para que PSPICE analice este circuito, basta con seleccionar el menú *Analysis*, y dentro de él seleccionar la función *Start*. Entonces PSPICE lee el *current file* y realiza los análisis que se indican en él. Como se decía al final del párrafo anterior, el menú *Analysis* permite activar y desactivar tipos de análisis, así como cambiar sus parámetros. Una vez realizados los cambios, el programa se puede volver a ejecutar seleccionando la función *Start*.

A.3.3 Cómo obtener los resultados del análisis

PSPICE escribe los resultados obtenidos en un fichero de salida cuyo nombre es el mismo que el de datos, pero con la extensión ".out". Este fichero puede ser consultado desde el *Pspice Control Shell* seleccionando la función *Browse*. Además de esta salida, PSPICE incorpora un procesador gráfico, denominado *Probe*, que permite visualizar en la pantalla las variables que se deseen en forma gráfica. Tanto el fichero de salida como las gráficas pueden imprimirse. La información que contiene el *fichero de salida* puede agruparse en cuatro tipos:

- * Descripción del circuito analizado.
- * Salida directa desde algunos de los análisis.
- * Salida en forma de tablas.
- * Información sobre la ejecución del programa (memoria utilizada, tiempo de ejecución, etc.).

Normalmente el fichero de salida empieza con un listado del fichero de datos. Esta información puede suprimirse indicándolo en una instrucción denominada *.OPTIONS*. La realización de algunos tipos de análisis genera información automática en el fichero de salida. Este es el caso, entre otros, de los análisis *.OP* y *.TF*. El formato de salida es específico de cada análisis.

Los resultados de los análisis *.DC*, *.AC* y *.TRAN* pueden obtenerse mediante el procesador gráfico *PROBE*, o impresos en un fichero mediante la instrucción *.PRINT*. Para usar el procesador gráfico, debe incluirse la instrucción:

.PROBE

en el fichero de entrada. Esta instrucción hace que los resultados del análisis se almacenen en un archivo denominado *PROBE.DAT*, que es el fichero de entrada del programa *PROBE*. Al ejecutarse el programa *PROBE*, aparece una pantalla con el nombre del circuito simulado y un menú en la parte inferior de la pantalla con análisis que se hayan realizado. Elegida una de estas opciones, aparece otra pantalla en cuya parte inferior muestra un menú que permite definir la presentación gráfica de los resultados del análisis. Se pueden representar varias variables simultáneamente (usando la opción *ADD TRACE*), así como el resultado de realizar operaciones entre las variables de salida. La opción *Hard copy* permite sacar la gráfica por la impresora.

Las variables de un circuito pueden ser de los siguientes tipos:

- * Tensión en el nudo N: $V(N)$.
- * Tensión del nudo N1 respecto al N2: $V(N1,N2)$.
- * Tensión entre terminales de un dispositivo de dos terminales: $V(<nombre\ dispositivo>)$.
- * Tensión en terminal x de un dispositivo de tres terminales: $V_x(<nombre\ dispositivo>)$.
- * Tensión entre terminales x e y de un dispositivo de tres terminales: $V_{xy}(<nombre\ dispositivo>)$.
- * Corriente a través de un dispositivo de dos terminales: $I(<nombre\ dispositivo>)$.
- * Corriente entrante por el terminal x de un dispositivo de tres terminales: $I_x(<nombre\ dispositivo>)$

Para el análisis *AC*, se añade un sufijo a las variables *V* e *I* anteriores:

- * M para la amplitud de pico: $VM(4)$.
- * P para la fase en grados: $VP(2,3)$.
- * R para la parte real $VR(2)$.
- * I para la parte imaginaria $VI(2)$.

en ausencia de un sufijo se toma *M* por defecto.

El formato de la instrucción PRINT es:

```
.PRINT ANAL VAR1 VAR2 VAR3...
```

donde ANAL es el tipo de análisis realizado y debe ser DC, AC o TRAN. Los términos VAR* indican las variables que se han de imprimir en la tabla. En el listado de salida de la instrucción *PRINT*, se expresa en cada fila el valor que toman las variables especificadas para cada valor de la variable que es barrida: para .TRAN, el tiempo; para .AC, la frecuencia; para .DC la variable barrida. Esta variable aparece en la primera columna de la tabla impresa. En el fichero de datos del ejemplo de la figura 1 aparece una instrucción *PRINT* para imprimir una tabla con los resultados del análisis .DC.

Para salir de *Pspice Control Shell* debe seleccionarse el menú *QUIT*, y en él, la función *EXIT TO DOS*.