

Se debe entregar una copia en papel del dibujo del circuito, y los resultados que se piden (sólo los que se piden). Estos resultados pueden ser numéricos (texto) o gráficos. Las gráficas, los resultados, todo, se debe entregar en papel, nada en disquete.

INSTALACION

Si se quiere instalar desde el disco duro copiar todos los ficheros a un único directorio. El proceso de instalación permite escoger el directorio de destino, y si se quiere, un tutorial. Una vez instalado, basta correr sólo el Schematic-Designer (PschedD.exe), pues cuando haga falta, éste llamará a Pspice y a Probe.

Este guión se ha hecho para la versión 6 de Spice. La versión 8 es muy parecida. En la versión 6 es recomendable no utilizar nombres largos, restringirse al convenio 8+3 (de DOS), y evitar espacios y caracteres extraños (p.ej. que tengan número de código mayor de 127). En unidades de red o removibles, puede ser imposible, para la versión 6, grabar en el directorio raíz (grabar en un directorio). Spice da la posibilidad de instalar un tutorial, con ejemplos, y métodos de trabajo. Los puntos más interesantes (Versión 6.2) son: 1 2 3 4 y 5 del menú SCHEMATICS, y 1 4 5 7 8 y 9 de SIMULATION.

1. SCHEMATICS

Las explicaciones siguientes se refieren al Schematics-Designer (PschedD.exe):

Del menú File :	New crea nuevo circuito
Open abre circuito existente	Save graba circuito
Close cierra circuito actual	SaveAs . . graba con otro nombre

Del menú **Draw**:

Text	añade una línea de texto al circuito
Wire	cablea el circuito
GetNewPart . . .	añade al circuito un elemento

Del menú **Markers**: (añade markers de distinto tipo)

MarkVoltageLevel	para ver la tensión en un nodo
MarkVoltageDiferencial .	para ver la diferencia de potencial entre dos nodos
MarkCurrentIntoPin . . .	para ver la intensidad que entra a un elemento
MarkAdvanced	para markers especiales (de menor uso)

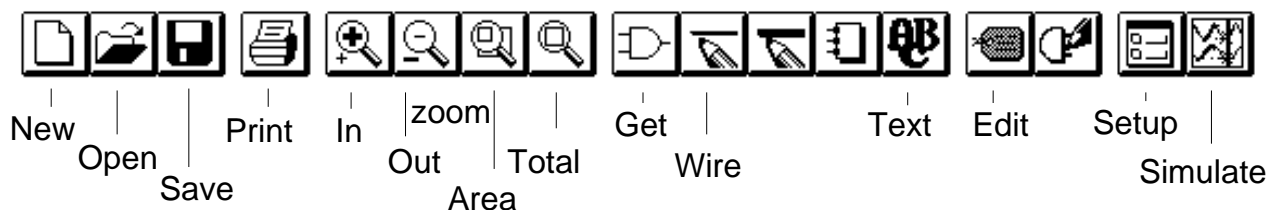
Del menú **Analysis**:

ElectricalRuleCheck . .	comprueba que el circuito no tiene cables sueltos
CreateNetlist	crea una descripción del circuito
Setup	especifica el tipo de análisis
Simulate	corre Pspice : simula el funcionamiento del circuito
RunProbe	corre Probe : para ver los resultados de la simulación
ExamineOutput	ver el fichero con los errores, o con los resultados, si todo ha ido bien

Atajos de teclado útiles:

Ctrl-R	Rota (gira) el elemento seleccionado (rotar)
Ctrl-F	Reflexión especular del elemento (flip)
Ctrl-M	Pone Marker de Voltaje (marker)
Ctrl-L	Redibuja el circuito (redraw)

La Barra de Botones:



Clave Lo que hace Atajo de Teclado

New	.....	Crea un circuito nuevo	
Open	.....	Abre un circuito existente	
Save	.....	Graba el circuito actual	Ctrl-S (save)
Print	.....	Imprime circuito	
Zoom In	.....	Amplía (respecto al centro)	Ctrl-I (in)
Zoom Out	.....	Reduce (respecto al centro)	Ctrl-O (out)
Zoom Area	.....	Amplía al área deseada	Ctrl-A (area)
Zoom Total	.....	Amplía a todo el circuito	Ctrl-N
Get	.....	Añade elementos al circuito	Ctrl-G (get)
Wire	.....	Cablea el circuito	Ctrl-W (wire)
Text	.....	Añade etiquetas de texto	Ctrl-T (text)
Edit	.....	Edita propiedades del objeto seleccionado	
Setup	.....	Especifica el tipo de análisis en la simulación	
Simulate	.....	Simula el funcionamiento del circuito	F11 (y F12 para Probe)

Elementos disponibles:

Cuando se piden elementos (p.ej. con Ctrl-G) aparece un cuadro donde se debe dar la denominación del elemento que se quiere añadir (más abajo doy los elementos más comunes). Si se quieren otros distintos, se pica el botón Browse y aparece a la derecha, una columna de librerías. Para cada librería picada, aparecen a la izquierda los elementos contenidos en ella.

Denominaciones de algunos elementos básicos:

R	resistencia
C	condensador
Agnd	tierra (analog-ground)





Fuentes de tensión:

Vdc	de continua (batería)
Vsrc	arbitraria (V source). Fijar el valor de continua en el casillero DC.
Vsin	senoidal. Fijar los valores de amplitud (VAMP), frecuencia (VFREQ) y offset (VOFF=0)
Vpulse	cuadrada. Fijar los valores de mínimo (V1) máximo (V2) ancho del pulso (PW) periodo (PER) tiempo de caída (TF=0) tiempo de subida (TR=0) tiempo de retardo (TD=0).

D1N4002	diodo
Q2N2222	transistor bipolar NPN de propósito general
IRF150	mosfet de canal n (enriquecimiento)
IRF9140	mosfet de canal p (enriquecimiento)
uA741	amplificador operacional 741.
Viewpoint	medidor de tensión continua en un punto.

Se pueden mover los elementos si se seleccionan (se pican) y se arrastra el ratón. En los elementos que forman parte del circuito, las propiedades se pueden modificar picando dos veces. En los dispositivos (diodos, transistores, etc.) los parámetros del modelo Spice se pueden modificar con "Edit_Model_EditInstanceModelText" (Útil para fijar la tensión zener, o la β de un BJT ¡guardar *.lib!)


Pasos a seguir :

- 1º Construir el circuito (básicamente con Ctrl-G, Ctrl-W o los botones equivalentes)  
- 2º En Analysis_Setup se debe especificar el tipo de análisis 
 - Siempre debe estar marcado (no tocar) el Bias Point Detail.
 - Activar DC-Sweep si se quiere hacer un barrido en continua (una fuente cambia su valor de tensión continua en un rango de valores definido por el usuario).
 - Activar Transient, si se quiere ver la evolución del circuito en función del tiempo.
- 3º Correr Pspice (y Probe): En la barra de menus Analysis_Simulate (F11) 
 - Si hay errores, se pueden ver con "Analysis" y luego "ExamineNetlist" o "ExamineOutput" (Debajo del error debiera aparecer un "---\$").
 - Si va bien empezará Probe (programa para ver gráficamente los resultados del circuito)

2. GRAFICADOR PROBE

Probe sólo aparece si se ha hecho algún análisis distinto del básico (Bias Point Detail), p.ej. un análisis temporal (Transient), o un barrido de continua (DC-Sweep). Si se hace sólo el análisis básico, y se quieren ver las tensiones en los nodos, proceder así: Ctrl-G, escribir VIEWPOINT, OK, y poner el viewpoint en el nodo en el que se quiera ver la tensión. En la versión 8, es más fácil, pues basta pulsar el botón "V" para ver las tensiones en los nodos, y el botón "I" para ver las corrientes.

Para añadir una curva nueva sobre la gráfica actual se usa "Trace_Add". Se admiten variables y expresiones matemáticas de variables eléctricas. Se dispone de funciones como seno (sin), coseno (cos), tangente (tan), raíz cuadrada (sqrt), derivada (d), integral (s), potencia ($p(x,y)=|x|^y$), mínimo (min), máximo (max), valor absoluto (abs), exponencial (exp), logaritmo natural y decimal (log y log10) y algunas otras más. Otra forma de añadir curvas a un gráfico, es añadir un Marker en el diagrama del circuito, automáticamente aparece la curva en Probe. Cada curva de un gráfico tiene un símbolo y una denominación, y si se desean borrar, se pica en la denominación y luego se pulsa "supr".

Las especificaciones de los ejes X e Y se cambian con "Plot_Xsettings" y "Plot_Ysettings". Si se desea añadir un nuevo gráfico, usar "Plot_AddPlot". Cuando a un gráfico se le quiere añadir una línea de texto, debe seleccionarse, y luego "Tools_Label_Text". Para ver los valores numéricos de una curva de la gráfica se usa "Tools_Cursor_Display" y luego se pica en el símbolo de la curva en la que se quiera ver el cursor (que se mueve con el ratón y con las teclas de dirección) .

3. OTRAS CUESTIONES

¿Qué se debe entregar?

Para entregar el fichero *.cir, pueden entregar la imagen del circuito, además de los resultados numéricos y gráficas.

¿Cómo imprimir? (En Probe y en Schematics-Designer)

Para sacar los circuitos y resultados de la simulación por impresora, no debería haber problema, si se tiene configurada una impresora en Windows. Al imprimir los circuitos, saldrá una hoja grande con recuadro, y (probablemente) el circuito en una esquina y de tamaño pequeño. Para evitar este inconveniente se pueden sacar imágenes (del circuito o de Probe) como se explica a continuación:

Imágenes vectoriales. Para sacar los gráficos como fichero vectorial, para luego integrarlos con el texto en un documento, se debe añadir en windows la impresora HP-ColorPro, modificando sus propiedades para que el puerto sea un fichero. Este fichero será de texto, con órdenes de ploter, que casi todos los procesadores de texto admiten (con extensiones plt, hpg o hgl, según el programa). Si el gráfico sale girado, cambiar en las propiedades del HP-ColorPro la orientación de papel. Luego desde Schematics o desde Probe, imprimir hacia la impresora (plotter) HP-ColorPro.

Imágenes binarias (o bitmaps).

Para capturar como bitmaps una imagen, puede recurrirse a cualquier método de captura de imágenes de pantalla. Por ejemplo "ImpPnt" imprime toda la pantalla, y "Alt-ImpPnt" sólo la ventana activa. También se pueden capturar con opciones de Pspice. Desde Schematics, se selecciona con una ventana la parte a imprimir. Luego se hace Alt_Edit_Copy to Clipboard. Desde Probe: Alt_Tools_Copy to Clipboard.

Otra opción sería utilizar las posibilidades de captura en Paint-Shop-Pro u otros programas similares. En cualquier caso el bitmapa conseguido se almacena en el portapapeles "clipboard", y puede ser recuperado en un procesador de texto o programa de dibujo con Ctrl-V.

Para no imprimir el fondo negro, y que los colores (o grises) de impresión sean más visibles, se puede hacer lo siguiente en Paint-Shop-Pro: "Alt_Colors_Decrease-Color-Depth_16-Colors", luego "Alt_Colors_Negative-Image", y finalmente "Alt_Colors_Edit-Palette". De esta manera, el fondo queda blanco, y los colores finales del gráfico se pueden editar a gusto (con "Edit-Palette")

¿Qué ficheros guardar?

De todos los ficheros que salen tras una simulación (*.cir *.sch *.als *.plb ...) sólo son interesantes los que contienen el circuito (el schematics), es decir los acabados en .sch. Si se ha modificado algún dispositivo, se deben guardar los ficheros *.lib. Las imágenes generadas (bmp, gif, hpg) también deben ser guardadas. Cuando se quieran generar el resto de ficheros, simplemente volver a simular el circuito.

4. INFORMACION ADICIONAL SOBRE SPICE

Aunque en la versión windows de spice pocas veces se verá el fichero de circuito (XXX.cir), el conocimiento de su estructura, sintaxis, etc. permitirá corregir errores de forma más eficiente, y si fuera preciso, aumentar las posibilidades de Spice. Por ello aquí se da un resumen del contenido de Spi_DOS.pdf.

4.1. INTRODUCCION

El programa SPICE resuelve un circuito utilizando las ecuaciones de corriente de Kirchhoff. A cada nudo se le asigna un número único como identificación; el nudo cero siempre debe corresponder a tierra. Todos los nodos deben tener un camino de continua hacia tierra.

El programa SPICE siempre empieza con un título y acaba con ".END". Entre estas dos sentencias debe estar la descripción del circuito, la definición de dispositivos (.MODEL, .LIB), el tipo de análisis (.AC, .DC, .TRAN) y las variables que se desean calcular o mostrar (.PRINT, .PLOT, .PROBE).

Las líneas de comentarios, deben empezar por "*", pero si se quieren añadir comentarios a una sentencia se utiliza ";". Si una línea es muy larga, la línea de continuación debe empezar por "+".

4.2. DESCRIPCION DE ELEMENTOS

Las líneas que describen los elementos empiezan por una letra fija (R para resistencias) y un máximo de 7 caracteres cualesquiera (xxxxxxx), luego vienen los números de nodos (n+ y n-) y al final el valor del elemento o el modelo de dispositivo.

Elementos:

Resistencia	Rxxxxxxx	n+	n-	valor (Ohmios)	
Condensador	Cxxxxxxx	n+	n-	valor (Faradios)	
Inducción	Lxxxxxxx	n+	n-	valor (Henrios)	
Diodo	Dxxxxxxx	n+	n-	nombre de modelo	
BJT	Qxxxxxxx	nc	nb	ne	nombre de modelo
JFET	Jxxxxxxx	nd	ng	ns	nombre de modelo
MOSFET	Mxxxxxxx	nd	nq	ns	nb nombre de modelo

En el diodo, n+ y n- son los nodos del lado P y del lado N. En el BJT, nc, nb y ne, se refieren a los nodos de Colector, Base y Emisor. En los FETs, nd, ng, ns y nb, se refieren a los nodos de Drenador, puerta (Gate), fuente (Source) y substrato (Bulk o Body).

Fuentes independientes:

Tensión	Vxxxxxxx	n+	n-	[[DC] valorDC] [AC valorAC]
Intensidad	Ixxxxxxx	n+	n-	[[DC] valorDC] [AC valorAC]

Fuentes dependientes:

Tensión	cont. por tensión	Exxxxxxx	n+	n-	nc+	nc-	valor (V)
Intensidad	cont. por tensión	Gxxxxxxx	n+	n-	nc+	nc-	valor (A)
Tensión	cont. por intensidad	Hxxxxxxx	n+	n-	vnom	valor (V)	
Intensidad	cont. por intensidad	Fxxxxxxx	n+	n-	vnom	valor (A)	

En las fuentes dependientes de tensión (Exxx, Gxxx) nc+ y nc- son los nodos de los cuales depende la fuente. Las fuentes Hxxx y Fxxx, dependen de la intensidad que circula por la fuente de tensión vnom. En SPICE es usual insertar fuentes de tensión de valor 0V para utilizarlas como amperímetros, basta pedir la intensidad que circula por la fuente de tensión.

Para usar fuentes de alterna con forma sinusoidal ("SIN"), de onda cuadrada ("PULSE"), o lineales a tramos ("PWL") se utilizan:

SIN (offset amplitud frecuencia tiempo-retardo amortiguamiento)

PULSE (mínimo máximo tiempo-retardo tiempo-subida tiempo-bajada ancho-pulso período)

PWL (t_1 V_1 t_2 V_2 ... t_n V_n)

Ejemplos:

Vcc 10 0 DC 6	f fuente de tensión continua entre los nodos 10 y tierra, de 6V.
Vac 2 1 AC 1	f fuente de tensión alterna de amplitud 1V.
Vi 2 0 sin(0 2V 1kHz 0 0)	f fuente senoidal, con amplitud 2V y frecuencia 1 kHz

4.3. FORMATO NUMERICO

Los valores pueden ser enteros (2, -35), en coma flotante (3.16, -6.5) o en formato exponencial (-1.2E-4 , 2.34E11). Recordar que los ingleses utilizan un punto en lugar de la coma decimal usada en el resto de países.

Factores de escala:

K = 1E3 (kilo)	MEG = 1E6 (Mega)	G = 1E9 (Giga)	T = 1E12 (Tera)
M = 1E-3 (mili)	U = 1E-6 (micro)	N = 1E-9 (nano)	P = 1E-12 (pico)
F = 1E-15 (femto)	p.ej. 2.3K equivale a 2300 , 3E+10F equivale a 3E-5		

4.4. FORMATO DE MODELO

".MODEL" se usa para definir las características de un dispositivo concreto. El nombre que se dará al nuevo dispositivo es *nombre_de_modelo*, y *tipo_de_modelo* es uno de los tipos predefinidos. Cada *tipo_de_modelo* tiene unos parámetros, a los que hay que dar valores concretos. La sintaxis es:

.MODEL *nombre_de_modelo* *tipo_de_modelo* (pnom1=pval1 pnom2=pval2 ...)

Tipo_de_modelo:

D	para diodo
NPN	para BJT de tipo npn
PNP	para BJT de tipo pnp
NJF	para JFET de canal n
PJF	para JFET de canal p
NMOS	para MOSFET de canal n
PMOS	para MOSFET de canal p

En la siguiente tabla se listan algunos parámetros, sus abreviaturas (pnom) y los valores por omisión:

D. Corriente de saturación	IS	1E-14 A
D. Coeficiente de emisión (η)	N	1
D. Tensión umbral	VJ	1 V
D. Resistencia óhmica	RS	0 Ohm
D. Tensión de ruptura inversa	BV	infinito
BJT. Beta directa máxima	BF	100
BJT. Tensión Early	VA	infinito
BJT. Tensión base-emisor	VJE	0.75 V
BJT. Tiempo transito directo	TF	0 s

JFET Tensión umbral	VTO	-2 V
JFET Transconductancia	BETA	1E-4 A/V ²
MOSFET Tensión umbral	VTO	0 V
MOSFET Transconductancia	KP	2E-5 A/V ²

4.5. SUBCIRCUITOS

Es posible descomponer circuitos complejos en asociaciones de circuitos más simples o subcircuitos.

LLamada a un subcircuito: `Xnombre n1 n2 n3 modelo_subcircuito`

Definición de un subcircuito: `.SUBCKT modelo_subcircuito n1 n2 n3`
`(definición)`
`.ENDS`

4.6. LAS LIBRERIAS

Las librerías son ficheros que contienen definiciones de subcircuitos y dispositivos (diodos, transistores, etc.). Estas definiciones se pueden utilizar en los circuitos, siempre que el programa (*.CIR) incluya una llamada a la librería que contiene las definiciones.

4.7. TIPOS DE ANALISIS

De barrido en continua (DC): Se analiza el circuito mientras se hace variar el valor de continua de alguna fuente de tensión o de intensidad.

`.DC Vx1 valor_inicio valor_final dc_incremento`

La orden de la línea anterior, hace variar el valor de la fuente de tensión Vx1 desde *valor_inicio* hasta *valor_final*, en pasos de *dc_incremento*. Admite un segundo bucle, activando "Nested_Sweep".

De barrido en el tiempo (TRANSitorio): Analiza la evolución temporal de magnitudes del circuito.

`.TRAN tiempo_paso tiempo_fin tiempo_inicio tiempo_incremento`

La orden anterior, realiza un análisis transitorio, calculando los resultados desde un tiempo igual a *tiempo_inicio* hasta *tiempo_fin*, con incremento igual a *tiempo_paso*. Si la resolución gráfica es pobre, se debe incluir *tiempo_incremento* ("Step_Ceiling") con valor menor de $(tiempo_final - tiempo_inicio)/50$.

De barrido en frecuencias (AC): Analiza la respuesta del circuito al variar la frecuencia de las fuentes de señal alterna (AC):

`.AC LIN npuntos frec_inicio frec_final`

El comando precedente, realiza un análisis en alterna, calculando los resultados pedidos en un barrido en total de *npuntos* frecuencias, de forma LINEal empezando por la frecuencia *frec_inicio* hasta *frec_final*. Si en la orden anterior se sustituyese "LIN" por "DEC", se realizaría un barrido logarítmico con *npuntos* por cada DECada. Con "OCT" sería un barrido con *npuntos* por cada OCTava.

De temperatura: Calcula los resultados pedidos a diferentes temperaturas.

`.TEMP 50 75` Realiza el análisis a temperaturas de 50°C y 75°C.

Del punto de operación (OP): Calcula el punto de operación de los transistores, da los voltajes en todos los nodos y corrientes en las fuentes de tensión. Es conveniente añadir esta orden cuando se hacen otros tipos de análisis.

4.8. SALIDA DE RESULTADOS

Ejemplos de variables de salida puede ser:

V(n1,n2) caída de tensión entre los nodos n1 y n2
V(n3) caída de tensión entre n3 y tierra (tierra siempre es nodo 0)
I(Vs) intensidad que circula por la fuente de tensión Vs
VDB(n1,n2) VP(n1,n2) caída de tensión en decibelios y fase (para obtener Bode)