

## EL USO DE PROGRAMAS DE SIMULACIÓN EN FÍSICA II - Parte 1

### A. Introducción.

### B. Simulación.

### C. Simulación y Física II.

### D. Planificación y Estrategia Didáctica.

### E. Guía rápida de utilización del MicroSim.

### T. Primer tutorial de simulación

#### **A. Introducción**

Esta guía se enmarca dentro de un trabajo práctico de tesis que pretende relevar los efectos de los programas de simulación en la enseñanza y en el aprendizaje de circuitos eléctricos y electrónicos. Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con este trabajo son: Permitir que la simulación se constituya en una herramienta de enseñanza que posibilite disponer en el aula de un laboratorio virtual, poner a disposición del estudiante de una herramienta de autoaprendizaje que le permita repasar los conceptos teóricos, comprobar los resultados obtenidos en sus trabajos prácticos y a su vez asistir a los laboratorios con una preparación adecuada que le permita ahorrar tiempo en el cableado dedicándose específicamente a realizar las mediciones con una clara actitud de control sobre sus acciones.

#### **B. Simulación**

Gracias a los grandes adelantos tecnológicos de los últimos años es posible disponer en las computadoras personales de programas que hasta hace no muchos años solo podían correrse en grandes computadoras. Entre estos programas se encuentran los de simulación y dentro de estos, específicamente los de circuitos electrónicos. Su utilización permite disponer de un laboratorio virtual, es decir, es posible armar circuitos y probarlos sin tener los dispositivos y los instrumentos usuales de un laboratorio real. Si bien estos programas fueron concebidos inicialmente con fines profesionales de diseño, se ha difundido su utilización en todas las universidades del mundo. En virtud de que los creadores de uno de los programas de simulación más utilizados (Pspice) fueron docentes y alumnos y de que estos pusieron a disposición gratuita este programa, las empresas que han explotado su comercialización distribuyen gratuitamente versiones de evaluación que son ampliamente utilizadas para la enseñanza y aprendizaje de circuitos en el mundo universitario.

#### **C. Simulación y Física II**

Dentro de los contenidos de Física II, asignatura dictada en la Facultad de Ingeniería de Obrera para las carreras de Electromecánica, Civil, Electrónica e Industrial se destacan inicialmente dos temas en los que podría ser factible la utilización de simulación en el dictado de Electricidad y Magnetismo. Por un lado el tratamiento de un circuito RC frente a situaciones transitorias (carga y descarga de un capacitor) y por otro el análisis de los fenómenos de resonancia serie y paralelo en circuitos RLC.

#### **D. Planificación y Estrategia Didáctica**

En la enseñanza se ha comprobado la eficacia de la participación activa del estudiante en la elaboración de su propio conocimiento, en el caso específico del aprendizaje del comportamiento de dispositivos electrónicos y su funcionamiento dentro de circuitos electrónicos es fundamental la realización de los respectivos laboratorios. En determinadas circunstancias y por cuestiones de diversa índole resulta imposible llevar a cabo todos los trabajos de laboratorio que se-

rían necesario realizar para consolidar los conocimientos adquiridos por el alumno en las clases teóricas y prácticas. Entre otros motivos podemos mencionar la falta de infraestructura edilicia que posibilite el ingreso de un buen número de comisiones, la disponibilidad del personal para la adecuada asistencia, el equipamiento necesario, etc. En estas circunstancias, disponer de un laboratorio virtual (programas de simulación) permite aliviar esta situación de carencia sin dejar de recalcar que no es posible reemplazar el efecto didáctico de la experiencia de aprendizaje del laboratorio.

Para el caso actual de esta experiencia, se propone como estrategia didáctica la realización de los trabajos prácticos tradicionales que consisten en la resolución de problemas con circuitos RC, una sesión de familiarización con un programa de simulación y la implementación de circuitos que posteriormente se comprobarán en el laboratorio. En esta etapa es fundamental dedicar un tiempo al laboratorio virtual, redundando en una confianza de parte del estudiante hacia lo que va a enfrentar en el laboratorio. El estudiante así preparado asiste a esta instancia de laboratorio con una imagen mental del conexionado, a cada paso va prediciendo aproximadamente los resultados de las mediciones, está en condiciones de deducir si algo se está haciendo erróneamente y si alguna medición está proporcionando datos inválidos.

### **E. Guía rápida de utilización del MicroSim**

Se describirán los primeros pasos en la utilización de los utilitarios que más se podrían aprovechar en esta instancia introductoria que son el Schematics, PSpice A/D y el Probe.

Con el Schematics básicamente se “dibuja” el circuito de nuestro interés. Es necesario aclarar que la simulación, es decir los tres utilitarios antes mencionados, solo funcionan con un circuito completamente descrito. No es posible proporcionar una señal de salida y a partir de ella pedir al programa que elabore un circuito, o pedirle que calcule un dispositivo del circuito. En nuestro caso particular vamos a trabajar con circuitos RC, es necesario para ello especificar una fuente de alimentación, un resistor, un capacitor y un instrumento de medición de corriente tal como lo haríamos en un laboratorio. Una primera diferencia es que podemos equivocarnos en esta etapa sin quemar ni dispositivos, ni fuente ni instrumento y esto creo que es un aspecto importante de esta herramienta. De hecho, para que todo esto tenga sentido y el estudiante no pierda tiempo, es necesario que dedique primeramente tiempo a estudiar el aspecto teórico que está involucrado en el estudio de estos circuitos, esto implica recordar rudimentos de ecuaciones diferenciales con condiciones iniciales, rudimentos de capacitores, de resistores, de fuentes de alimentación y de medición de corriente. Sin duda que esto sirve tanto para encarar una sesión de simulación como para asistir a un laboratorio. De nada sirve realizar, grabar e imprimir simulaciones o tomar mediciones en el laboratorio si no se tiene idea de lo que se está realizando.

Como conviene que en la experiencia de simulación se reproduzca lo más fielmente la experiencia de laboratorio, debemos inicialmente conocer de qué elementos contamos y en qué consistirá la experiencia. A los efectos de poder tomar mediciones de corriente en función del tiempo con cierta comodidad, se han seleccionado valores de R y C bastante elevados, digamos resistores de 1 Megohm que pueden interconectarse en serie a fin de obtener valores mayores y capacitores de 32 y 64  $\mu\text{F}$ . La fuente de alimentación se setea en un valor cualquiera entre 5 y 20 voltios y los otros dos elementos que participan son la llave conmutadora y el microamperímetro. Inicialmente imaginemos que vamos a ensayar la carga de un capacitor de 32  $\mu\text{F}$  a partir de un resistor de 4 Megohms y una fuente de alimentación de 10 voltios.

En la sesión práctica de cálculo, esto nos llevaría a esquematizar inicialmente el circuito, desarrollar la ecuación diferencial, resolverla y hallar varios puntos a fin de graficar la corriente que circularía por el circuito una vez cerrado el interruptor. Probablemente el primer valor que surge es la corriente  $I_0$  que circula al cerrarse la llave y que encuentra al capacitor totalmente descar-

gado lo que nos lleva a considerar en el cálculo solamente la fuente y el resistor.

$$I_0 = \frac{U}{R}$$

Otro valor que surge es el decaimiento de dicha corriente al 63% de su valor a un tiempo  $\tau = RC$ .

Se puede decir que el capacitor se ha cargado totalmente en aproximadamente 5 veces la constante de tiempo  $t = 5\tau > V_c \rightarrow U$  pero esto difícilmente podrá ser medido en el laboratorio debido al tiempo que esto involucraría, en cambio podremos implementarlo en la simulación. Alrededor de estos puntos se van dando valores a la solución de la ecuación diferencial y se obtiene una curva que es lo que el alumno debe esperar encontrar tanto en la simulación como en la práctica de laboratorio.

## T. Primer tutorial de simulación

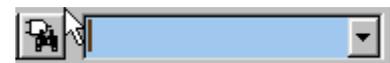
- [T1. Selección de dispositivos.](#)
- [T2. Ubicación de los dispositivos.](#)
- [T3. Modificar características de los dispositivos.](#)
- [T4. Conectar los dispositivos.](#)
- [T5. Insertar un instrumento.](#)
- [T6. Especificar un análisis transitorio.](#)
- [T7. Corriendo la simulación.](#)
- [T8. Visualización de las señales.](#)
- [T9. Realizando mediciones en el Probe.](#)
- [T10. Análisis paramétrico.](#)

Como en general se aprende más rápidamente llevando a cabo una acción, comencemos a implementar una sesión de simulación. Para ello haga doble click (en lo sucesivo solo se escribirá 2click) en el icono del Schematics si está en la pantalla del Windows o de lo contrario deberá ir a Inicio - Programas - MicroSim Eval 8.



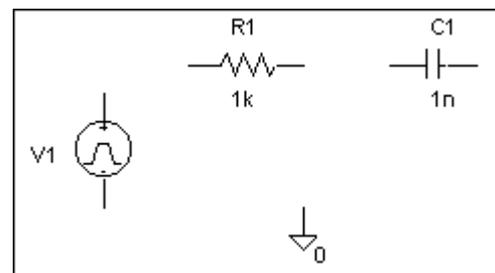
**T1. Selección de dispositivos:** Se encuentra con la primer pantalla del Schematics y con el área de trabajo limpia. Lo primero que se realiza es ir trayendo los elementos del circuito. Para ello tiene las siguientes opciones:

1. Del menú Draw, la opción Place Part.
2. Atajo de teclas Ctrl+P.
3. Click en el icono con una compuerta y un binocular.
4. Cuadro de diálogo que se encuentra al lado del icono anterior, se trata de un espacio para rellenar que a su vez es desplegable a fin de que pueda volver a buscar algo que ya colocó en el circuito.



El icono mencionado lo lleva a las librerías de dispositivos que será materia de estudio en un tutorial posterior, por lo pronto debe conformarse con ingresar los elementos que se vayan mencionando en el citado cuadro de diálogo.

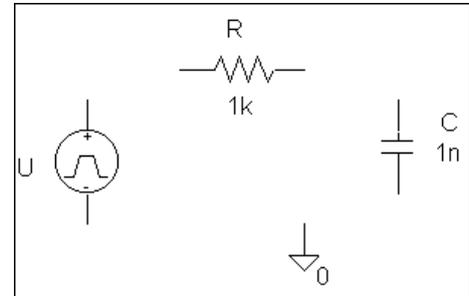
A los efectos de simplificar el análisis vamos a esquematizar el circuito tomando solamente la experiencia de carga del capacitor. Para ello click dentro del cuadro de diálogo y tipeamos la fuente **VPULSE** que utilizaremos para esta experiencia, a continuación



Enter y con el ratón la lleva al área de trabajo, con un click ubica el elemento y con un click izquierdo (llamaremos a esta acción cclick) deja de colocar fuentes.

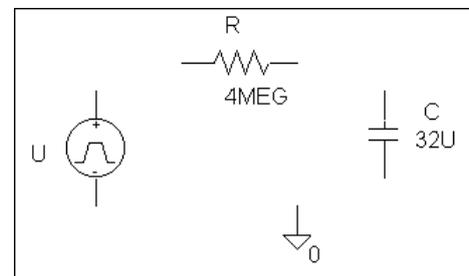
A continuación click en el cuadro de diálogo de dispositivos y tipea **R**, luego Enter. Ubica el dispositivo conforme al ejemplo de la derecha y realiza idéntico procedimiento con **C** y **AGND**. No incluimos ninguna llave pues la característica de V1 permite determinar la conexión de la fuente al resto del circuito para  $t = 0$ .

**T2. Ubicación de los dispositivos:** Seguidamente vamos a adecuar los dispositivos a nuestros requerimientos, para ello click sobre C1 hasta que su color cambie a rojo indicando que ha sido seleccionado. Para rotarlo y ubicarlo de manera conveniente presione CTRL-R, luego con el ratón traslade a C1 quedando este paralelo a la fuente.



**T3. Modificar características de los dispositivos:** Cambiemos los nombres de los dispositivos, para esto 2click sobre el nombre de la fuente (V1) y cambiamos por U, lo mismo para R1 y C1 dejando como se ve en el ejemplo.

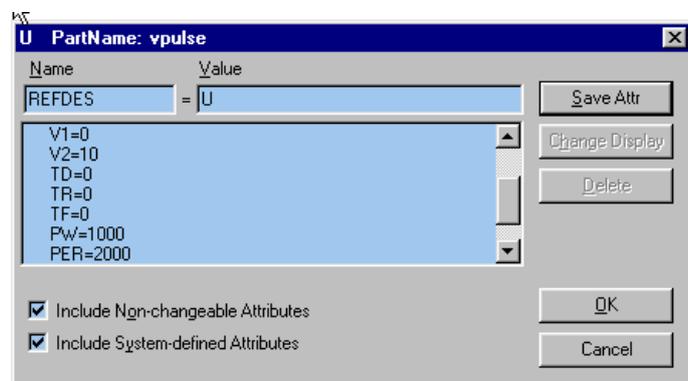
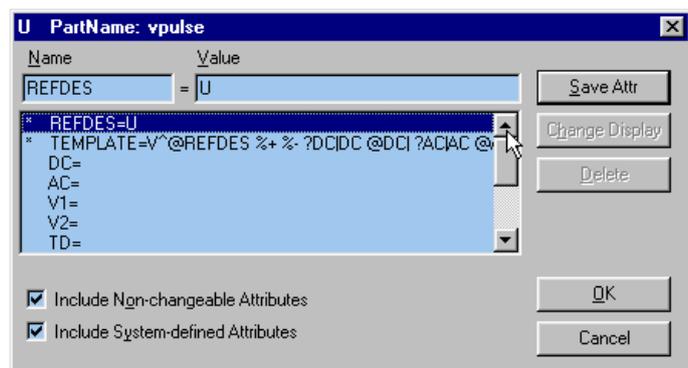
Los valores iniciales que utilizaremos para nuestra primera simulación serán 4 Megohm para R y 32  $\mu$ F para C. Para ello debe hacer 2click sobre el valor de R (1k por defecto) y de C (1n por defecto) y modificarlos adecuadamente, por ahora solo debe recordar que M o m significan



mili para el programa y si deseamos utilizar un resistor de 4 Megohms debemos escribir 4MEG (o 4meg). Para el caso del capacitor se utiliza la u o U como microfaradio.

Antes de continuar no olvide guardar su trabajo. Debemos ahora setear la fuente, para ello 2click sobre el símbolo de la fuente. Si bien puede parecer complicado su configuración, solo siga los pasos, luego comprenderá el significado de cada parámetro.

Con el ratón vaya directamente al parámetro V1 que indica desde qué valor arranca la fuente, en nuestro caso partimos de cero voltios, para ello 2click sobre V1 y tipeamos 0 y luego Enter. Ahora 2click sobre V2 que será la tensión que tendrá el circuito en el momento que se acciona la llave conmutadora para cargar al capacitor. En nuestro caso tipeamos 10, puede ponerle v o V o dejar sin nada pues asume voltios por defecto.

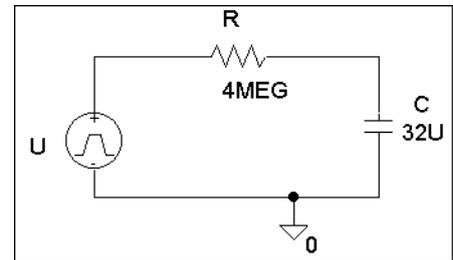


Los siguientes parámetros tienen relación con los tiempos de retardo (delay), de crecimiento (rise) y de caída (fall), todos ellos suponemos en este caso iguales a cero. El tiempo en que estará

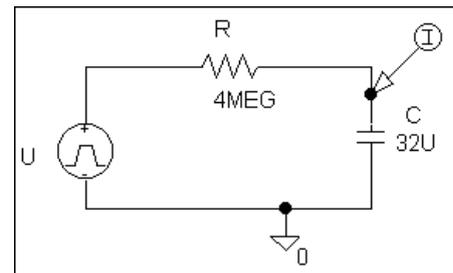
conectada la tensión de 10 voltios queda definido en PW (pulse with) y le asignamos un valor tentativo que suponemos que ya para ese tiempo el capacitor esté bastante cargado. Con PER estamos indicando el tiempo en segundos en que vuelve a conectarse la fuente pero esto para nosotros no tiene efecto alguno pues solo estamos analizando el transitorio de la conexión de una fuente de corriente continua a un circuito RC.

**T4. Conectar los dispositivos:** A continuación procederemos al cableado de los dispositivos. Para esto click en el icono con un lápiz y un trazo fino.

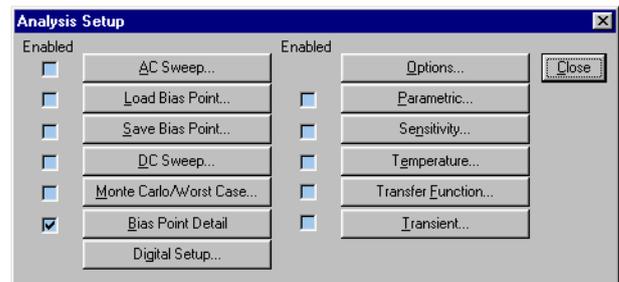
Seguidamente click en el terminal superior de la fuente U y otro click en el terminal izquierdo de R. Continúe con el resto del circuito para obtener uno semejante al de la figura.



**T5. Insertar un instrumento:** En esta experiencia se pretende medir la corriente que circula por el circuito a intervalos de tiempo regulares. Para insertar un instrumento de medición de corriente en función del tiempo click en el icono que se ilustra, debe recordarse que este instrumento debe ubicarse sobre un pin o terminal de un dispositivo y no sobre un conductor.

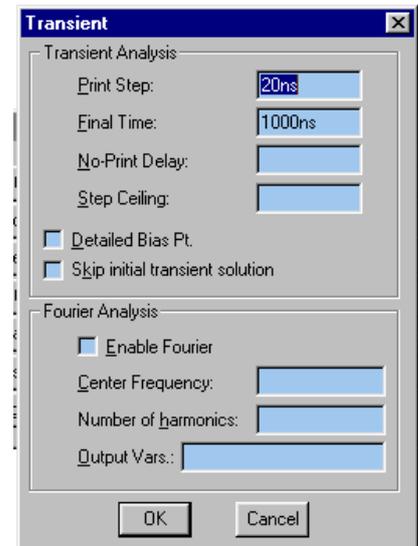


**T6. Especificar un análisis transitorio:** Una vez que ya tenemos descrito el circuito que vamos a estudiar debemos especificar qué análisis se deberán realizar. Para ello click en el icono ilustrado. Esto nos lleva al cuadro de diálogo de Analysis Setup tal como se presenta en la figura.

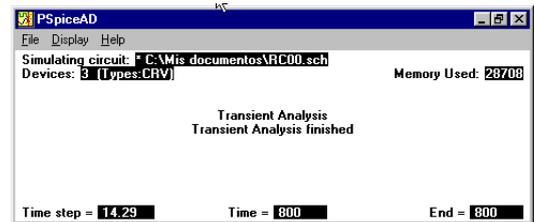


En otra instancia se podrá hablar de las posibilidades de cada uno de estas opciones, por ahora nos detendremos brevemente en el análisis Transient (click en este botón).

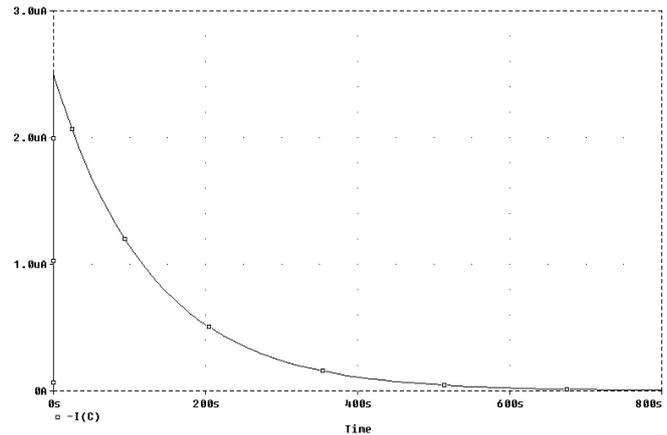
De todas las opciones solo nos interesarán por ahora las dos primeras, en Final Time indicaremos el tiempo de finalización del análisis transitorio y en Print Step indicamos los tiempos entre muestras de análisis. Un rápido cálculo mental de la constante de tiempo nos da 128 segundos, en cinco veces ese tiempo el capacitor ya se habrá cargado casi totalmente, estamos hablando entonces de unos 640 segundos, por lo tanto insertemos 800 en Final Time y 0.1 en Print Step. Le damos OK y vemos que la opción de análisis transitorio quedó con un checkmark. Le damos Close y estamos nuevamente en nuestro esquema. Guardamos nuevamente nuestro trabajo y nos preparamos para simular.



**T7. Corriendo la simulación:** Ya tenemos el esquema del circuito de carga de un capacitor, especificamos el tipo de análisis que deseamos realizar y solo falta correr la simulación. Para ello click en el icono ilustrado. Esto habilita al Pspice AD a realizar la simulación, una vez finalizada, el sistema está seteado por defecto a pasar a modo de visualización de las variables, en este caso solamente una, la corriente por el circuito.



**T8. Visualización de las señales:** En esta instancia ingresamos automáticamente al tercer utilitario de simulación, el Probe. Este es un software que asemeja la PC a un osciloscopio virtual pero con señales simuladas y no externas a la PC. Posee un sistema de autorango en el eje  $y$  pero no así en el eje  $x$ , por ello es importante el adecuado seteo del análisis transitorio (Final Time y Print Step). Si todo salió bien, tendremos en pantalla un gráfico similar al que debieran haber obtenido en la clase práctica con lápiz y papel. En esta oportunidad comprobaremos los cálculos realizados y en ocasión del laboratorio tendremos tres trabajos para confrontar.

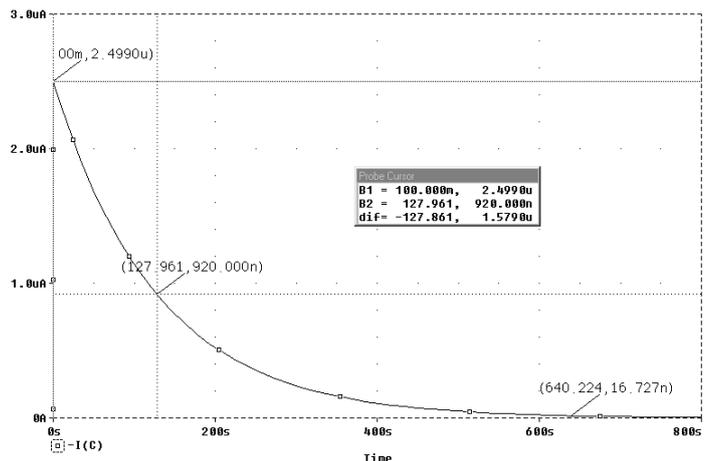


**T9. Realizando mediciones en el Probe:** A fin de comprobar si



nuestros cálculos coinciden con la simulación procedamos a utilizar los cursores. Click en el icono ilustrado. Esto habilita una cuadro en el que se visualizan dos coordenadas  $x, y$  como B1 y B2. La primer columna, que sería  $x$  corresponde a la variable tiempo y la segunda columna correspondiente a la variable  $y$  nos brinda información de corriente. Como tercer fila tenemos la posibilidad de obtener la diferencia en tiempo y en corriente de los dos cursores. El cursor correspondiente a B1 se sitúa con click y el correspondiente a B2 con cleck. Se puede modificar dinámicamente la posición de cada cursor mediante el drag izquierdo y derecho respectivamente. La otra alternativa de ubicación del cursor es con las teclas de posición y con shift+tecla de posición. Los puntos que debemos comprobar corresponden a la corriente inicial  $I_0$ , la corriente a una constante de tiempo RC y la corriente a cinco constantes de tiempo. Luego todos los puntos

Probe Cursor	
B1 =	586.592, 25.478n
B2 =	0.000, 0.000
diff=	586.592, 25.478n



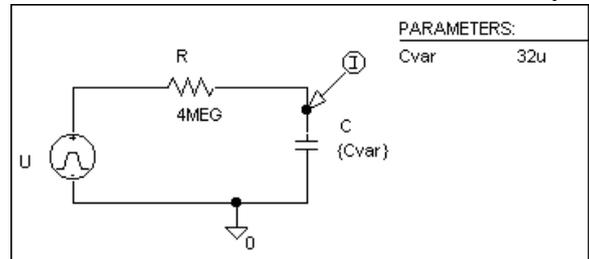
que se desean a fin de comprobar la curva realizada en la práctica o en el laboratorio. Una opción interesante del Probe es la que nos permite ubicar el punto máximo con el icono ilustrado. Con esta encontramos el máximo valor de la corriente por el circuito que se manifestará (en el laboratorio) ni bien energizamos al mismo con la llave de selección carga-descarga.



Los otros puntos debemos buscarlos como se detalló anteriormente y con la opción Mark Label que nos proporciona el icono ilustrado podemos indicar en la gráfica los puntos más importantes.



**T10. Análisis paramétrico:** Ya vimos cómo esquematizar, seleccionar un análisis transitorio y simular un circuito RC. Se tomaron sus valores característicos, aún a cinco constantes de tiempo que representarían en laboratorio unos 10 minutos. Ahora veamos cómo sobre el mismo esquema le “decimos” al soft que tenemos otros capacitores para ensayar. Para ello volvamos al Schematics con Alt+Tab,



1° 2click en el valor del capacitor y en lugar de 32u escriba entre corchetes Cvar.

2° En el cuadro de dialogo de selección de dispositivos tipee PARAM, luego Enter.

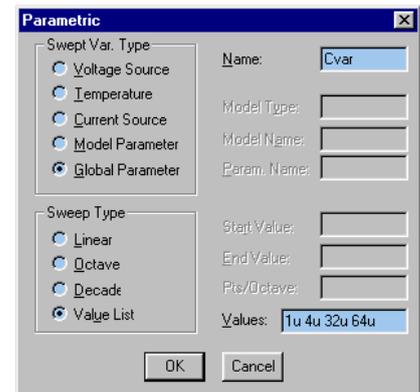
3° Ubique PARAM en algún lugar del esquema.

4° 2click en PARAM, en NAME1 escriba Cvar sin corchetes y en VALUE1 un valor dado, digamos 32u.

5° Luego entramos al cuadro de selección del análisis, dejamos tildado el de transitorio y entramos al Parametric.

6° Seleccione el barrido de Global Parameter, con lista de valores de capacitores, en el nombre se tipea Cvar sin corchetes y luego se ingresan los valores de capacidad posibles, probemos con 1u 4u 32u 64u. Ingresados así a simple espacio entre ellos. Finalmente OK y Close.

7° Puede correr nuevamente la simulación y obtendrá una familia de curvas, una para cada capacitor.



Finaliza así el primer tutorial de simulación.

