

---

## EXPERIENCIAS EN EL USO DE PROGRAMAS DE COMPUTACION EN LA ENSEÑANZA DE ELECTRONICA\*

*Enrique J.Velo\*\**  
*Rubén C.Rodríguez\*\**

Los programas de computadoras representan una de las herramientas más poderosas de que se dispone en la actualidad para la enseñanza de la electrónica, ya que permiten simular el comportamiento de circuitos reales con un alto grado de exactitud.

La elección de un programa en particular, sin embargo, debe ser objeto de un estudio cuidadoso, ya que son variados los factores que determinan las bondades de un software para su aplicación didáctica, y los criterios que deberían hacer decidir sobre su uso no son exactamente los mismos que definen su selección para usos profesionales.

---

\* El presente trabajo fue presentado por los autores en las Primeras Jornadas de Intercambio de Experiencias en la Enseñanza de Ciencias y Tecnología en el Nivel Medio, en 1994, con participación de instituciones nacionales e internacionales.

\*\* Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.

Los objetivos de estas notas son:

- Analizar y evaluar en forma comparativa algunos paquetes de software disponibles para el análisis de circuitos electrónicos y plantear criterios generales para su aplicación didáctica.
- Comentar las conclusiones obtenidas de la experiencia de trabajo en el aula respecto al dilema que puede plantearse en la selección de programas para su potencia, versatilidad y difusión en la práctica profesional, frente a las dificultades de uso de ellos.
- Enunciado y comparación del equipamiento necesario para el empleo de los distintos programas.
- Plantear propuestas de actividad docente para el mejor aprovechamiento de las herramientas de computación disponibles.

Los programas a evaluar acerca de los cuales hay experiencia de trabajo con alumnos son los siguientes:

**Electronic Workbench EWB** (rutinas analógica y digital para DOS)

**B2logic** (análisis de circuitos lógicos)

**MicroCap III**

**Intusoft Spice (V1.41)**

**PSpice** (versión de evaluación para DOS)

### Análisis comparativo

#### 1. Capacidad de resolución de circuitos lógicos

Se examinó la capacidad de los distintos programas de resolver circuitos lógicos de tipo combinacional, secuencial, con inclusión de elementos analógicos simples tales como resistores y capacitores.

#### 2. Capacidad de resolución de circuitos analógicos

Se analizó en este caso, la capacidad de resolución de circuitos electrónicos usando elementos pasivos y semiconductores.

	EWB	B2LOGIC	MICROCAP III	IsSPICE	PSPICE (DOS)
Ingreso de datos	Gráfico	Gráfico	Gráfico	Texto o Gráfico	Texto
Presentación de resultados	Gráfico (1)	Gráfico (1)	Gráfico y numérico (2)	Gráfico y numérico (3)	Gráfico y numérico (4)
Modelo analógico	Electrónico	No soportado	Electrónico	Electrónico	Electrónico
Modelo digital	Lógico-Fijo	Lógico con parámetros modificables	Electrónico	Polinómico	Electrónico
Librería de componentes	Fija	Fija	Fácilmente Actualizable	Actualizable con dificultad	Actualizable con dificultad
Combinación de elementos analógicos y digitales.	No	No	Si	Si	Si

- (1) Los gráficos resultantes aparecen en la misma pantalla en que fue dibujado el circuito.
- (2) La pantalla con gráficos puede contener un listado numérico de acuerdo con una selección en el menú de salida.
- (3) La salida es un listado ASCII que incluye valores numéricos y eventualmente una representación rudimentaria. La presentación gráfica de alta resolución es provista por un programa adicional, que toma los valores numéricos del listado.
- (4) La salida es un listado ASCII que incluye valores numéricos y eventualmente una representación rudimentaria. La presentación gráfica de alta resolución es provista por un programa adicional que forma parte del paquete, que en caso de ser invocado desde el archivo de texto original, genera en forma automática los valores necesarios para la representación, borrando el listado generado al salir del programa.

### Selección de software según los niveles de usuario

#### 1. Nivel inicial

Dado que en este nivel de la especialidad se adquieren los conceptos básicos, el uso de programas debería estar dirigido a la fijación de dichos conceptos mediante la resolución de situaciones simples, que pueden tolerar menor precisión en los resultados, antes que a la solución de problemas que exigen precisión y deben resolverse, por lo tanto, usando modelos más complejos.

Para este caso resultan apropiados los programas de manejo fácil y potencia limitada, que usan modelos sencillos de los dispositivos.

Resulta conveniente además el ingreso de datos y presentación de resultados en forma gráfica, lo cual permite usar una secuencia de trabajo similar a la de resolución manual.

Por lo tanto parece más aconsejable en el nivel inicial el uso de EWB (rutinas analógica y digital) y B2LOGIC (análisis de circuitos lógicos).

#### Análisis detallado de características

##### EWB (Electronic Workbench)

- Las rutinas analógica y digital de EWB funcionan en forma independiente. No se tolera el uso de componentes analógicos en la rutina digital y viceversa. Por otra parte la cantidad de componentes distintos en cada librería roza el mínimo indispensable.
- En la rutina analógica, EWB permite medir y ver formas de onda en distintos puntos mediante la simulación del panel frontal de tres tipos de instrumentos: Multímetro, Graficador (para respuesta en frecuencia en módulo y fase) y Osciloscopio. Para la incorporación de generadores de señal se dispone de un Generador de funciones.

Los parámetros de los componentes activos pueden modificarse una vez que se han incorporado a la pantalla de esquemas circuitales, pero no pueden alterarse las librerías originales.

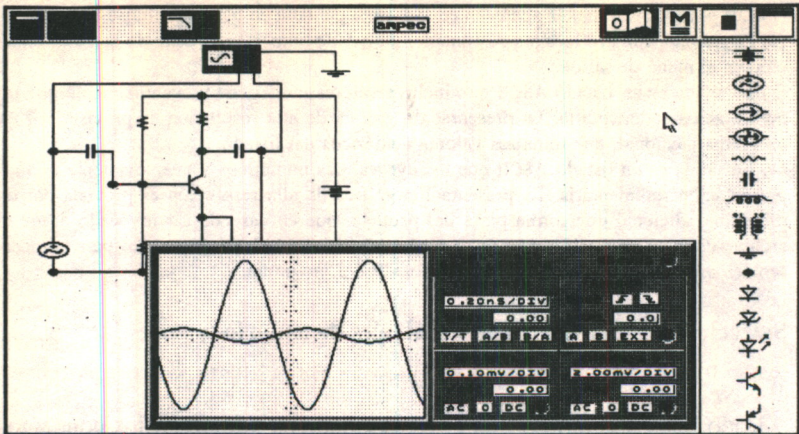


Figura 1 - Pantalla de rutina analógica de EWB

En la rutina digital de EWB se dispone de: Generador de palabras digital (de hasta 8 entradas, a, b, c...), Analizador de tablas de verdad de 8 entradas (permite ingresar una tabla de verdad y convertirla en una expresión booleana y viceversa; simplificar la expresión e implementarla con dos tipos de compuerta a elección y, también, graficando en primer lugar el circuito, obtener su tabla de verdad o expresión booleana y además aplicar leyes de De Morgan), Analizador lógico de hasta 8 entradas y Multímetro. Los modelos son exclusivamente lógicos e ideales. El programa presenta dificultades de resolución de problemas con sistemas asincrónicos, aun los de cierta simplicidad.

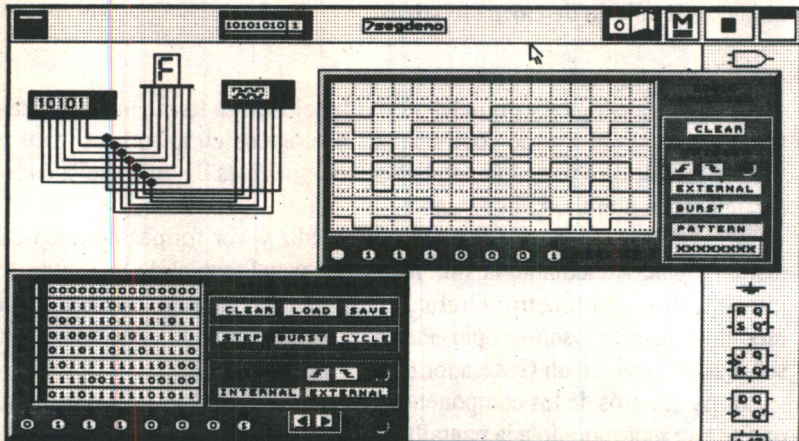


Figura 2 - Pantalla de rutina digital de EWB

## B2LOGIC

En B2logic se requiere MS Windows como soporte y las librerías son extensas y bastante completas; sin embargo a pesar de seleccionarse los componentes según la nomenclatura de manual, el modelo usado es casi ideal con excepción del retardo propio (seleccionable entre mínimo, típico y máximo con valores no visibles) y el consumo. Tampoco aparece la posibilidad de agregar componentes a la librería ni modificarla.

Para ver formas de onda se usa una ventana con escala de tiempos donde aparecen en forma automática las entradas y salidas de datos del circuito. La estructura de esta ventana es la de un graficador sobre rollo de papel, es decir que luego de efectuar la simulación puede recorrerse hacia atrás o hacia adelante el gráfico resultante para ver un intervalo en particular y eventualmente ampliarlo.

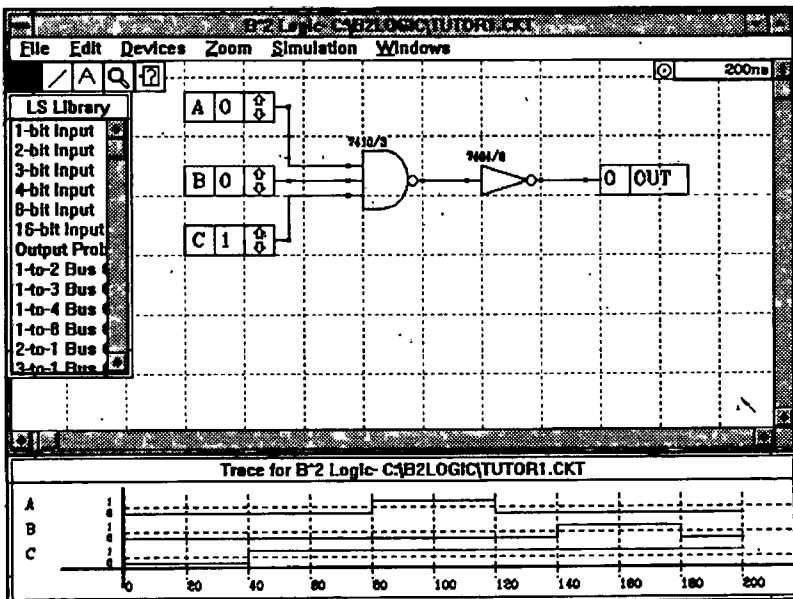


Figura 3 - Pantalla de B2LOGIC

En EWB y B2LOGIC la simulación puede realizarse por pasos o en forma continua.

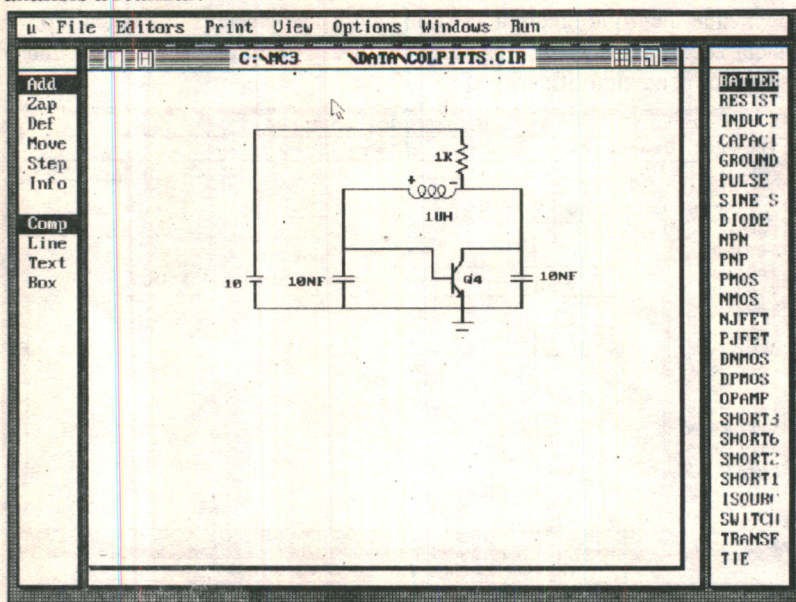
## 2. Nivel superior

Si bien los programas aconsejados para el nivel inicial pueden ser utilizados en algunas aplicaciones sencillas en el nivel superior, la formación adquirida permite el uso de programas de mayor potencia. En este caso la presentación gráfica todavía sigue resultando conveniente, pero no imprescindible.

Resultan adecuados, por lo tanto, **Microcap III**, **PSpice** e **Intusoft Spice**.

### Análisis detallado de características

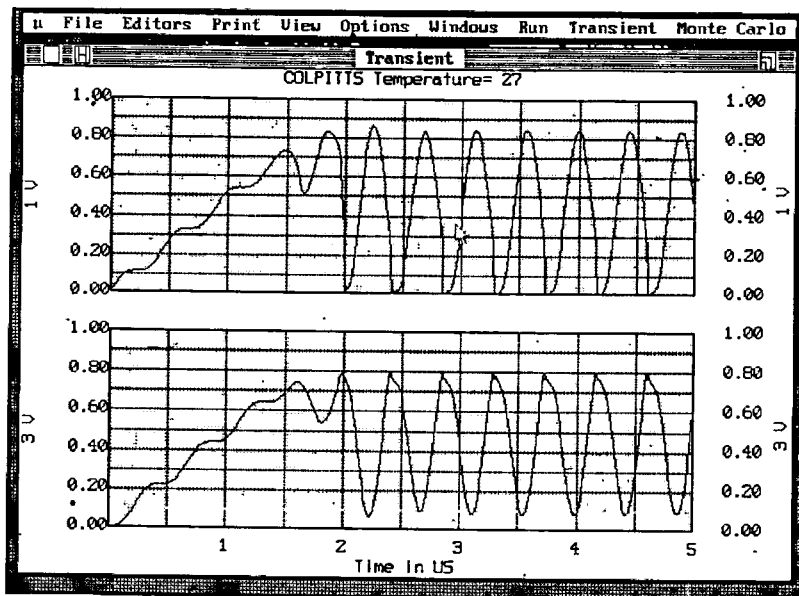
Microcap III permite disponer de una pantalla inicial con tres ventanas (una de ellas para el esquema circuital, otra para la selección del dispositivo o componente a colocar en el esquema y una tercera para la función a efectuar sobre la ventana de dibujo). En la parte superior se dispone de una barra de menús para configuración, opciones de presentación y tipo de análisis a realizar.



*Figura 4 - Pantalla de entrada de Microcap III*

Las librerías son múltiples, con gran cantidad de componentes y con especificaciones detalladas de cada dispositivo.

En cuanto a la presentación de resultados, tiene la característica única entre los programas analizados de graficar los resultados a medida que realiza el cálculo (sobre gráficos múltiples si es necesario). De este modo se establece una correlación de sucesos más efectiva y además puede interrumpirse la ejecución del programa si se advierte la aparición de resultados erróneos. La escala vertical de cada variable graficada se selecciona en forma independiente.



*Figura 5 - Pantalla de salida de Microcap III*

Tiene también la posibilidad de definir una ventana similar a la pantalla de un osciloscopio en la cual se puede cambiar el intervalo a visualizar y determinarse valores característicos mediante el desplazamiento de un par de cursores.

Una vez que se selecciona el tipo de análisis a efectuar (AC, DC, TRAN y Fourier) se debe continuar con la definición de especificaciones del análisis solicitado.

La correcta determinación de dichas especificaciones es uno de los puntos más importantes para la obtención de una simulación apropiada.

Para poder realizar eficazmente esta tarea, es necesario un acabado conocimiento de las variables en juego por parte de los usuarios.

## PSPICE

PSpice dispone de una pantalla en modo de texto a través de la cual se ingresan los datos del circuito a analizar.

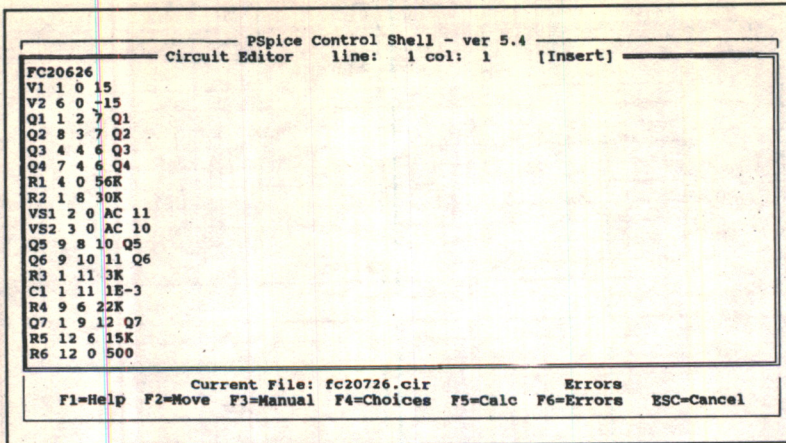


Figura 6 - Pantalla de entrada de PSpice

El ingreso de componentes se efectúa mediante un listado generado por un editor de texto (el programa dispone de uno), en la secuencia: identificación del elemento, nodos de conexión, valor y/o modelo.

Es imprescindible agregar en el listado el tipo de análisis y los nodos del circuito sobre los cuales se efectuará (si no se especifica, el análisis se realiza en todos los nodos y ramas del circuito).

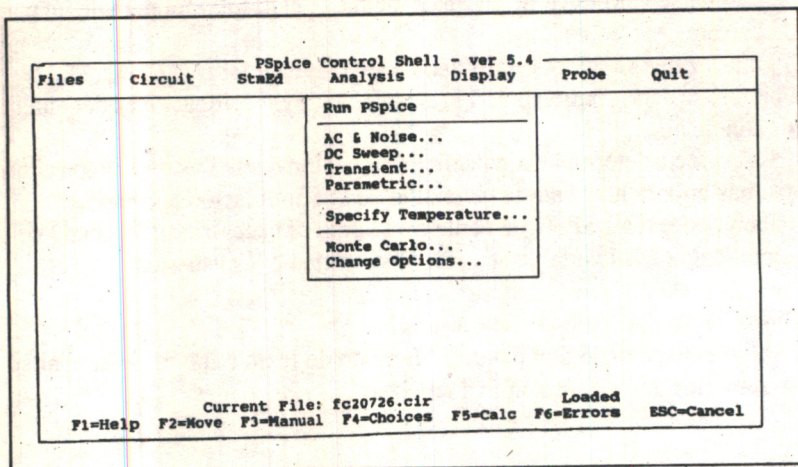


Figura 7 - Menús de comando de PSpice

En la representación gráfica de resultados pueden efectuarse operaciones matemáticas a partir de las curvas obtenidas.



El impacto visual de la pantalla de gráficos es escaso. Esto se debe a la orientación exclusiva hacia la funcionalidad del programa, que fue desarrollado originalmente como herramienta de uso profesional antes que didáctico y aún mantiene dichas características.

Por otra parte, la capacidad de análisis y exactitud de sus modelos son superiores a las de los demás programas analizados.

Como la versión usada es la de evaluación, de distribución libre, la máxima cantidad de componentes activos que se pueden incluir es 10. La versión completa no tiene estas limitaciones.

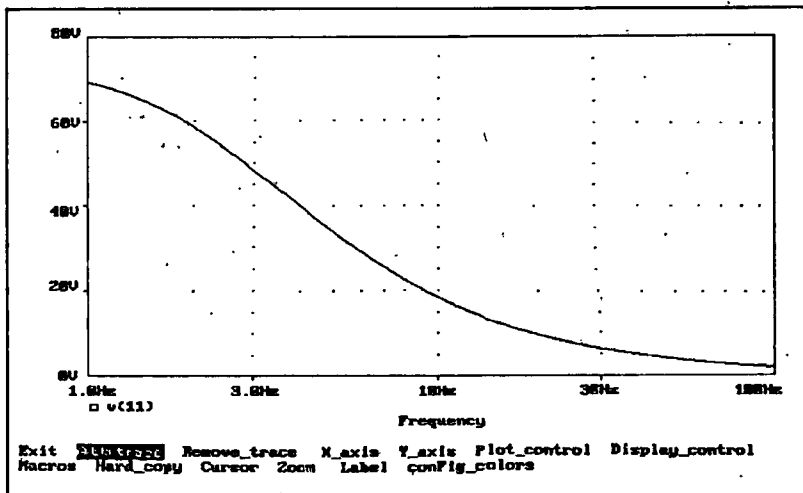


Figura 8 - Pantalla de salida de PSpice

### IsSPICE

El ingreso de datos en IsSpice es en modo texto con el Editor de entrada (ISEd), o en modo gráfico por medio de un editor de esquemáticos (en paquete separado) a partir del cual se genera el archivo de textos compatible Berkeley Spice.

Las librerías de componentes son ampliables editando el archivo correspondiente en modo texto desde el DOS (idénticamente en PSpice). El procedimiento es algo lento y engorroso y exige un conocimiento profundo de las especificaciones de los dispositivos.

Pueden crearse nuevos elementos de circuito y subcircuitos con sus símbolos respectivos y agregarlos a una librería existente (o crear una nueva).

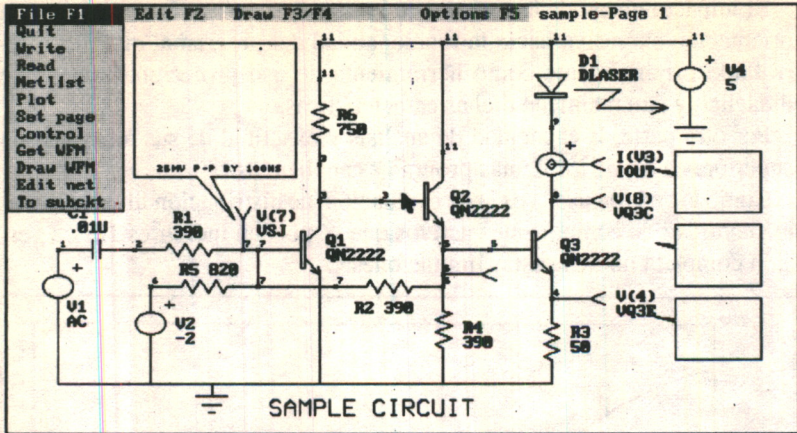


Figura 9 - Pantalla de ingreso (esquemático) IsSpice

Una vez que se ha completado el esquemático incluyendo las especificaciones para el tipo de análisis requerido, se debe salir al menú principal para correr la simulación.

También aquí se debe prestar atención a la cantidad de puntos y a la complejidad de los análisis solicitados, puesto que si se sobrepasa la capacidad de memoria disponible, o el cálculo excede la posibilidad de resolución, aparecerá un mensaje de interrupción de tarea, en ocasiones cerca del final de la simulación.

Las causas de esta interrupción y la modificación aconsejada para solucionar el inconveniente se encuentran generalmente explicadas en el archivo de salida.

La visualización de resultados se efectúa con el programa **Intuscope** (en paquete separado) con gráficos en VGA de 16 colores o versión en modo texto para monitores EGA o Hércules.

Se dispone de menús desplegables y presentación de pantalla con ventanas múltiples.

Pueden realizarse operaciones matemáticas con y entre las formas de onda mostradas.

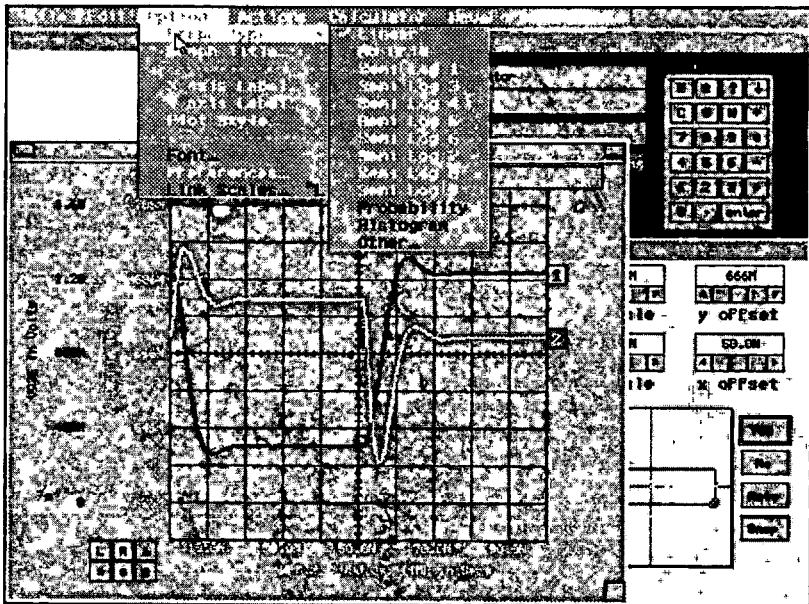


Figura 10 - Pantalla de salida de IsSpice

## Conclusiones

Los dos primeros programas comentados (EWB y B2LOGIC) cumplen con los requisitos necesarios para la resolución de problemas relacionados con los temas de electrónica de nivel básico y las dificultades de uso que presentan son mínimas, de manera que el aprendizaje de su manejo no interfiere con el desarrollo de los conceptos propios de los temas tratados.

Para una aplicación más elaborada, tal como la correspondiente a las asignaturas del área de diseño de equipos, es necesario disponer de herramientas de mayor potencia de cálculo, con lo que resulta aconsejable el uso de alguno de los otros programas (Microcap III, PSpice o IsSpice), que si bien requieren mayor experiencia de uso para un aprovechamiento adecuado, permiten obtener soluciones a problemas complejos con mayor exactitud (por ejemplo realizar simulaciones múltiples, variando paramétrica-mente el valor de un componente, o tomar en cuenta condiciones iniciales de tensión y/o corriente o utilización de modo de programación y adquisición de datos y otras prestaciones).

En la resolución de problemas de índole analógica de mediana complejidad, los resultados obtenidos con Microcap III, IsSpice y PSpice no presentan diferencias significativas en cuanto a la coincidencia con un equipo real, considerando las tolerancias de los componentes usados en su construcción.

La selección de uno u otro pasa, en este caso, por un mecanismo de hábito de trabajo y adaptación a la forma de ingreso de datos y lectura de resultados.

Para resolver circuitos lógicos en cambio, IsSpice resulta inadecuado si se utilizan los modelos polinómicos de la librería original, puesto que los niveles lógicos no se mantienen al colocar compuertas en cascada, no pueden considerarse especificaciones de cargabilidad de entrada o salida y tampoco resolverse correctamente circuitos con realimentación.

En Microcap III es necesario ser muy cuidadoso con las variables propias de la simulación (por ejemplo, intervalo de análisis, escalones de tiempo y error permitido en las iteraciones), mientras que PSpice muestra mayor versatilidad y potencia de análisis.

### Equipamiento necesario

	EWB	B2LOGIC	MICROCAP	ISSPICE	PSPICE
Configuración	AT 286 ó sup.	AT 286 ó sup.	AT 286 ó sup.	AT 286 ó sup.	AT 286 ó sup.
Disco rígido	No impresc.	Si	Si	Si	Si
Coprocesador	Aconsejable	Aconsejable	Aconsejable	Imprescindible	Aconsejable
Mouse	Aconsejable	Aconsejable	Aconsejable	Imprescindible	Aconsejable
Windows(1)	Inconveniente	Imprescindible	Inconveniente	Inconveniente	Inconveniente
Memoria(2)	Convencional	Windows	Convencional	Convencional	Convencional

(1) Su uso es inconveniente toda vez que ocupa memoria de trabajo al quedar residente en memoria convencional detrás del programa en ejecución.

(2) En la actualidad las versiones especiales para MSWindows eliminan el problema del límite en la memoria convencional de 640Kb usando la memoria extendida disponible.

### Propuestas de actividad docente

Es conveniente crear en los futuros usuarios de programas de aplicación profesional la costumbre de utilizar aquellos programas de mayor uso en la industria, además de los criterios generales que les permitan adecuarse a las futuras versiones de ellos, así como a paquetes de software que puedan aparecer en adelante para ser aplicado en tareas equivalentes.

La experiencia demostró que en algunos casos resulta necesario y en otros imprescindible que la enseñanza de uso de los distintos programas corresponda a asignaturas diferentes de aquellas en que se los vaya a utilizar, para evitar la transposición entre el empleo efectivo de la herramienta y los conceptos relacionados con su uso.

Específicamente existe una tendencia a aplicar indiscriminadamente el mecanismo de prueba y error cuando se desconoce la forma de uso de un programa, lo que provoca una pérdida de tiempo considerable que es necesario evitar a toda costa.

Uno de los ítems a tener en cuenta en el aprendizaje debería ser impulsar la lectura de los manuales en forma previa al uso de un programa y también como recurso habitual para resolver dificultades.

Es probable, si bien no se dispone de experiencia suficiente al respecto, que el mejor resultado se obtenga cuando esta enseñanza se realice en asignaturas relacionadas con actividades de taller, puesto que así quedaría fijada la idea del uso de estos programas como herramientas apropiadas para una tarea en particular.

