

# APLICACIÓN DOCENTE PARA EL DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE RADIOCOMUNICACIONES

J.J. Zamora, I.A. del Amo, O. Losada y F. Romero

E.T.S. Ing. Ind. y de Teleco.; Universidad del País Vasco  
Alda. Urquijo s/n - 48013 Bilbao (Vizcaya)

Tlfn: 94 4278055 Ext. 2387; Fax: 94 4414041  
e-mail: jtpzabej@bi.ehu.es

## RESUMEN

*En este trabajo se describe el programa Simula98, que dispone de un completo sistema de ayudas diseñado específicamente con fines didácticos y que está destinado a facilitar al alumno el diseño y simulación de sistemas electrónicos de radiocomunicaciones mediante PSpice. Con Simula 98 no se tiene que aprender el manejo del simulador, pero hay que contar con librerías de circuitos, esto es, un conjunto de circuitos previamente diseñados de los que sólo es necesario completar sus valores.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso del ordenador como herramienta didáctica es un hecho incuestionable. En este sentido, las actividades de la enseñanza asistida por ordenador pueden ir encaminadas a suministrar por primera vez determinados conocimientos, a reforzar conocimientos ya adquiridos, o ambas cosas a la vez. Estas actividades se llevan a cabo mediante ejercicios de test, de instrucción y práctica, de adiestramiento tutorial, de dialogo abierto, de cálculo, de simulación, etc. De ellas, los ejercicios de simulación se realizan de forma cotidiana y predominan sobre el resto [1]. Así, en los centros docentes, los simuladores se emplean como herramientas estándar en investigación y desarrollo de sistemas electrónicos (al igual que en el campo profesional), y también, para la enseñanza de la Electrónica, como elemento virtual en prácticas de laboratorio [2] [3] [4]: Los alumnos implicados opinan que estos programas les han permitido eliminar dudas y completar mejor su formación, destacando el ahorro de tiempo a la hora de realizar las prácticas [5].

En el caso concreto de los sistemas electrónicos de modulación continua, su relativa complejidad, tanto en la parte transmisora (modulador, etc.) como en la receptora (filtros, etc.) condiciona enormemente la realización de prácticas de laboratorio. La realización de prácticas mediante simulación por ordenador se constituye como una solución bastante aceptable [6].

Pero, en este caso se hace necesaria una herramienta que combine adecuadamente aspectos de alta velocidad de simulación, precisión y facilidad de manejo.

En tal sentido, entre las herramientas de simulación PSpice presenta un buen compromiso entre velocidad y precisión. Pero, sin embargo, no resulta fácil de manejar: el interfaz de usuario que ofrece unas veces es pobre y siempre complicado y obliga al alumno a familiarizarse con esta herramienta, que al estar orientada al uso profesional le puede resultar de difícil manejo [3]. Como alternativas para tratar de paliar este problema se ha propuesto que el alumno utilice una documentación realizada específicamente con fines didácticos en lugar de los manuales profesionales [3] y también existen experiencias en las que se ha proporcionado a los alumnos los ficheros fuente del simulador, de forma que éstos sólo tengan que variar ciertos parámetros, modificando los ficheros fuente [6].

En este trabajo se pretende integrar estas soluciones e ir más allá: se proporciona un interfaz entre el usuario y el simulador PSpice que evita al usuario conocer en profundidad su funcionamiento (incluso los ficheros fuente). y que a su vez le proporciona un sistema de ayuda específico.

Los primeros frutos de esta línea de trabajo ya fueron presentados en el anterior congreso TAEE [7] y se trataba de un software educativo que ha venido utilizándose en el laboratorio de Electrónica de Comunicaciones de la E.T.S. de Ing. Industriales y de Telecomunicación de Bilbao. Basándose también en la utilización de "librerías de circuitos" [7], el trabajo desarrollado durante estos dos años ha dado lugar a una nueva aplicación software que, bajo el nombre de Simula98, incorpora un sistema de ayuda electrónica específico y permite al alumno, sin más que variar parámetros e interconectar bloques, diseñar y simular de forma sencilla un sistema de comunicaciones. La descripción de Simula98 se recoge en las siguientes líneas.

## **2. FUNCIÓN DIDÁCTICA**

### **2.1. Ayuda del programa**

Simula98 dispone de una ayuda específica para que el usuario pueda manejar el programa. Se proporciona ayuda acerca del funcionamiento de Simula98 y de los análisis y opciones de PSpice.

### **2.2. Modo maestro del programa**

Simula98 puede configurarse para proporcionar al usuario una ayuda adicional. Se trata de una serie de pantallas que aparecen con cada ventana del programa y guían al usuario en la secuencia de operaciones a seguir para diseñar, simular y visualizar un sistema electrónico de comunicaciones. Adicionalmente, dispone de un ejemplo para el caso de AM, ya diseñado, que facilita esta tarea didáctica.

### **2.3. Información de los circuitos**

Simula98 proporciona también información sobre las características electrónicas de cada uno de los circuitos de la librería. Se pretende potenciar la función didáctica en el campo de la electrónica y se orienta para la realización de los cálculos teóricos del circuito. Además, se permite al usuario añadir sus propios comentarios para cada circuito que diseñe.

## **3. LIBRERÍAS DE CIRCUITOS**

Simula98 cuenta como una de sus características básicas con una "librería de circuitos" [7], formada por un conjunto de circuitos electrónicos ya diseñados. Se trata de circuitos o bloques habitualmente utilizados en sistemas electrónicos de comunicaciones, como pueden ser osciladores, amplificadores, etc. Para cada función existen varios circuitos concretos; por ejemplo dentro de los osciladores tendremos el oscilador Colpitts, el oscilador en contrafase, etc. De cada circuito se almacena la topología y un esquema, de forma que el usuario pueda observar el circuito, y únicamente tenga que completar los valores de los elementos.

El programa ofrece la posibilidad de ampliar el número de circuitos existentes en la librería sin necesidad de modificar el código.

## **4. MODOS DE DISEÑO**

Simula98 soporta dos modos de funcionamiento distintos: diseño de etapas o circuitos aislados (modo etapa) y diseño del sistema electrónico de comunicaciones al completo (modo proyecto).

### **4.1. Diseño de etapas**

Este modo de funcionamiento del programa permite diseñar y simular circuitos o etapas individuales. En la figura 1 se muestra el esquema del circuito, así como una tabla en la que se registran todos los componentes que aparecen en el gráfico, con sus valores actuales. El usuario puede seleccionar uno de los elementos del circuito presentes en la tabla, y cambiar su valor en el cuadro de edición situado en la parte superior derecha de la ventana. De tratarse de un componente como transistores, diodos,... se podrá elegir un modelo para dicho componente, de entre los disponibles por el programa.

De forma que, para diseñar una etapa o circuito, únicamente será necesario elegirla de entre las presentes en la "librería de circuitos" y completar los valores de sus componentes, valores que podrán ser almacenados y recuperados posteriormente.

Para facilitar el proceso de diseño de las etapas puede hacerse uso de las ayudas didácticas anteriormente descritas y disponibles en la ventana de diseño de etapas.

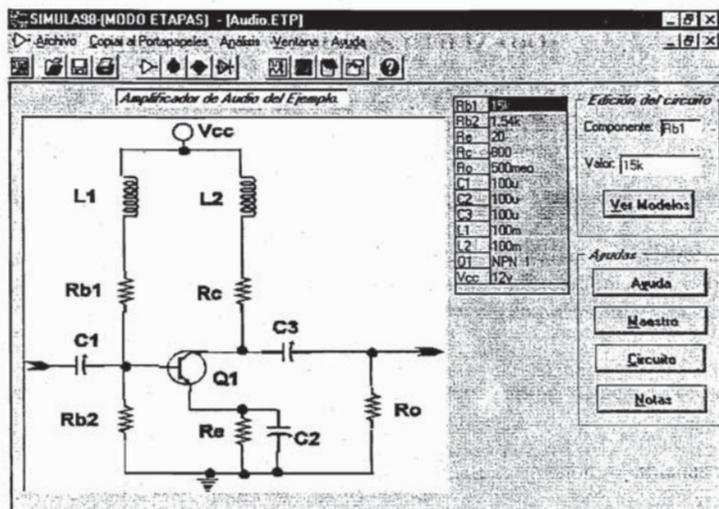


Figura 1: Pantalla de diseño de etapas

## 4.2. Diseño de sistemas

En el modo proyecto, Simula98 permite formar un sistema electrónico de comunicaciones mediante la interconexión, de forma libre, de varias etapas o circuitos ya diseñados en modo etapa. El proyecto diseñado puede ser simulado, siendo *la simulación electrónica (no de sistemas)*. Las ayudas didácticas de Simula98 facilitan todo este proceso de diseño.

En la figura 2 se muestra la pantalla con la que interactúa el usuario: Posee una cuadrícula, de forma que en cada casilla se puede situar un bloque de los que forman el sistema electrónico de comunicaciones (oscilador, amplificador,...) u otros elementos como conexiones, generadores o cargas. A cada bloque hay que asignarle una etapa previamente diseñada (en modo etapa) y almacenada. Los valores de los componentes de cada bloque se pueden editar, en modo proyecto, en una ventana similar a la ventana de diseño de etapas.

## 5. SIMULACIÓN

A partir de los datos proporcionados por el usuario y los presentes en la "librería de circuitos", Simula98 genera de forma automática el fichero fuente de PSpice (.CIR) y ejecuta el simulador llevando a cabo la simulación del circuito o sistema actual. A continuación se ejecuta el analizador gráfico Probe para visualizar los resultados de la simulación. Los tipos de análisis que realiza PSpice y sus parámetros, así como las variables de salida, y generadores y cargas para las etapas pueden ser especificados en ventanas del programa destinadas a tal efecto. Se soportan los siguientes análisis de PSpice: Barrido en DC, Punto de funcionamiento, Función de transferencia, Sensibilidad, Barrido en AC, Ruido, Transitorio, Fourier, Paramétrico y Temperatura.

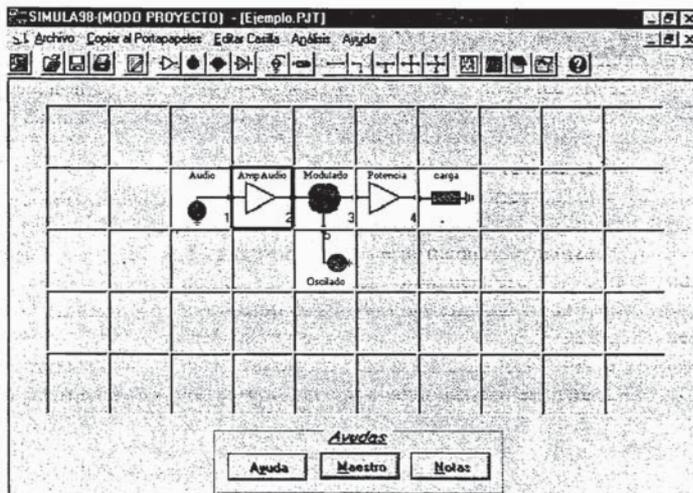


Figura 2: Pantalla de diseño de proyecto

## 6. VERIFICACIONES DE ERRORES

Determinados valores numéricos de los componentes de un circuito, o de los parámetros de los análisis, pueden dar lugar a errores en el proceso de simulación. Para evitar posibles errores, Simula98 controla los valores numéricos proporcionados por el usuario, verificando que se encuentran dentro de los rangos permitidos por PSpice. Además, se puede configurar Simula98 para que avise al usuario en el caso de que los valores sean correctos pero dentro de márgenes no habituales.

## 7. REQUISITOS

El programa ha sido diseñado para su instalación en ordenadores personales 486 o superiores, con al menos 8 Mb de RAM. Se requiere obligatoriamente Windows 95 para su funcionamiento. En cuanto al simulador PSpice, se admiten tanto versiones bajo Windows como bajo DOS; en este último caso sólo se asegura su funcionamiento con versiones superiores a la 4.0. La ubicación y nombre de los archivos ejecutables de PSpice y Probe se proporciona al programa durante su instalación o a través de la ventana de configuración.

## 8. DIFERENCIAS CON TAAE'96 [7]

- Se incorpora como novedad toda la ayuda orientada al autoaprendizaje por parte del alumno como: la ayuda de guía para el diseño de un sistema y el ejemplo para AM, la información sobre cada uno de los circuitos de la librería, o la posibilidad de introducir comentarios o notas para cada circuito diseñado.
- Simula98 añade la posibilidad, inexistente en el trabajo presentado en TAAE'96, de llevar a cabo el diseño y simulación de un sistema electrónico genérico al completo, mediante la

interconexión de bloques ya diseñados. Se dota así al programa de una mayor flexibilidad y funcionalidad que al TAE'96, destinado únicamente a etapas aisladas de un sistema AM.

- Simula98 incorpora la posibilidad de mantener varias etapas abiertas a un mismo tiempo, así como de guardar de forma individualizada las opciones de simulación para cada etapa.
- Se realiza una comprobación automática de los valores numéricos introducidos por el usuario, posibilidad no contemplada anteriormente.

## 9. CONCLUSIONES

Simula98 trata de potenciar la motivación del alumno, pues permite que pueda desarrollar su creatividad y tomar decisiones: Los sistemas computerizados se encargan de las tareas repetitivas sin que ello suponga una carga añadida al aprendizaje. En suma, trata de facilitar el aprendizaje por parte de los alumnos, evitando las tareas más tediosas y que menor relación tienen con la electrónica, como es el caso de dibujar los circuitos, escribir los ficheros fuente o realizar tareas repetitivas, proporcionándoles además una ayuda específica con fines didácticos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Fernández. "Enseñanza asistida por ordenador". Ed. Anaya, 1983.
- [2] A. Carpeño, S. López y J. Arriaga. "Pspice como complemento a una formación básica en electrónica". *Actas I Congreso sobre Tecnologías en la Enseñanza de la Electrónica (TAE'94)*. GATE., pp. 77-88. Madrid, 1994.
- [3] S. Celma, P.A. Martínez e I. Gutiérrez. "Spice: una visión crítica". *Actas I Congreso sobre Tecnologías en la Enseñanza de la Electrónica (TAE'94)*. GATE., pp. 89-98. Madrid, 1994.
- [4] D.Y. Northam. "Introducing Computer Tools into a First Course in Electrical Engineering". *IEEE Transactions on Education*. Vol. 38, nº 1, pp. 13-16. 1995.
- [5] E.L. Dobson. "An Evaluations of the student response to Electronics teaching using a CAL package". *Computers & Education*. Vol. 25, nº 1/2, pp. 13-20. Pergamon, 1995.
- [6] E. Peralías, J.A. Prieto y A.J. Acosta. "Estudio y análisis por simulación de sistemas de modulación continua en amplitud y fase". *Actas II Congreso sobre Tecnologías en la Enseñanza de la Electrónica (TAE'96)*. GATE., pp. 99-104. Sevilla, 1996.
- [7] S. Aguinaco, M. Flores, M. Esquisabel y J.J. Zamora. "Librerías de circuitos para aprender electrónica mediante el simulador PSpice". *Actas II Congreso sobre Tecnologías en la Enseñanza de la Electrónica (TAE'96)*. GATE., pp. 15-20. Sevilla, 1996.