

# ENTORNO SOFTWARE DE APOYO A LA ENSEÑANZA PRÁCTICA DE SISTEMAS DIGITALES.

M. J. Moure, L. Rodríguez y M.D. Valdés.  
Departamento de Tecnología Electrónica  
Universidad de Vigo  
Apartado de Correos Oficial Universidad  
36.200 - VIGO  
teléfono: 986-812170  
e-mail: mjmour@uvigo.es

**RESUMEN.-** El abaratamiento cada vez mayor del coste de los ordenadores personales ha permitido su introducción en los laboratorios docentes. Su utilización posibilita, por una parte, la enseñanza de las nuevas técnicas de diseño actual como programas de captura de esquemas o simuladores. Por otra parte, mediante hardware adicional de bajo coste, también es posible disponer de instrumentos de verificación virtuales que evitan la necesidad de instrumentación costosa en el laboratorio.

El objetivo de la herramienta que se propone es proporcionar al alumno un entorno software en el que se integren las cuatro etapas principales del desarrollo de un sistema electrónico: diseño, simulación, montaje y verificación.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, el software educativo se ha desarrollado siguiendo cuatro líneas principales:

- Los programas tutoriales que, a través de los recursos que ofrece el ordenador (animación, multimedia, etc.), tratan de presentar la información al alumno de una forma distinta a cómo se haría en una clase expositiva tradicional.
- Los programas de ejercicios que tratan de consolidar los conocimientos del estudiante proponiéndole la resolución de problemas prácticos.
- Los programas de evaluación que tienen como objetivo comprobar los conocimientos de alumno. Los más habituales son los programas tipo test con varias respuestas posibles (en inglés "multiple choice") aunque también han desarrollado programas de evaluación que, utilizando técnicas como la inteligencia artificial, tratan de detectar los posibles errores conceptuales del alumno [1].

El Instituto de Electrónica Aplicada Pedro Barrié de la Maza en colaboración con La Universidad Central de Las Villas desarrolló un programa para la enseñanza de la Electrónica Digital que busca la autoevaluación y orientación del alumno hacia los conceptos clave de la asignatura [2].

- Los programas de simulación que proporcionan al estudiante un conocimiento sobre el mundo real sin necesidad de experimentar directamente con él.

En lo que se refiere a software educativo orientado hacia las prácticas de laboratorio existen pocas experiencias [3]. La mayoría de las desarrolladas en el campo de la electrónica fomentan la detección de fallos sobre circuitos fijos y, por ello, están más orientadas hacia el mantenimiento que hacia el diseño de sistemas.

El sistema que se propone en esta comunicación (ver Figura 1) trata de guiar al alumno en el diseño de circuitos digitales básicos proporcionándole:

- Un programa de captura de esquemas de fácil manejo.
- Un programa de generación de listas de conexión (en inglés "netlist") que actúa como interfaz con simuladores comerciales.
- La posibilidad de creación de instrumentos virtuales para la verificación y comprensión del circuito.

Este sistema requiere el siguiente equipamiento:

- un ordenador PC compatible con Windows 3.1 o Windows 95.
- una tarjeta de adquisición de datos conectable al bus del PC.

La secuencia de desarrollo de una práctica es la siguiente: el alumno diseña el sistema con ayuda del programa de captura de esquemas, simula el circuito utilizando un simulador comercial, realiza físicamente el circuito y genera los instrumentos virtuales necesarios para la verificación del montaje. Cada una de estas etapas no es independiente y debe de existir una realimentación entre ellas. Por ejemplo, unos resultados en la simulación distintos a los esperados debe de conducir a una modificación en el diseño. De la misma forma, un error descubierto en la fase de verificación debe conducir primero a una revisión del montaje del circuito y después, si éste es correcto, a una modificación del diseño.

## 2.- PROGRAMA DE CAPTURA DE ESQUEMAS

La utilización en un laboratorio educativo de programas de captura de esquemas comerciales presenta dos grandes inconvenientes. Primero, se requiere un tiempo considerable para que el alumno pueda manejar el programa y, segundo, no existe una relación directa entre el esquema y el montaje real del circuito. El programa de captura de esquemas (PCE) propuesto evita lo primero mediante un interfaz de usuario sencillo y adaptado a la aplicación. El programa se ha desarrollado para el entorno Windows porque todos los programas utilizan un interfaz similar y, por tanto, son fáciles de utilizar. Así, por ejemplo, la mayoría de los programas Windows disponen de una Barra de Menús y el estudiante sabe que en el menú "Archivo" se encuentran las funciones relacionadas con Abrir, Cerrar, Guardar Fichero, etc.

Por otra parte, el segundo inconveniente planteado viene dado porque la mayoría de los programas de captura utilizan como componentes fundamentales puertas lógicas o bloques funcionales. El PCE, por el contrario, utiliza como componentes fundamentales circuitos integrados estándar. De este modo, el esquema se corresponde directamente con el montaje que el alumno va a realizar. Como se indica en apartados posteriores, esta característica junto con la posibilidad de creación de instrumentos virtuales, facilitará la comprensión y verificación del funcionamiento de los circuitos.

A diferencia de los programas tradicionales, el PCE también proporciona ayudas al estudiante. Así, por ejemplo, cada patilla de un circuito integrado va acompañada de un mnemónico que recuerda su función (Vcc, GND, In1, ...). Además, el programa no permite algunas conexiones eléctricas como la unión de una fuente de +5v a la patilla de referencia a masa.

El PCE dispone de las funciones típicas de este tipo de programas. Entre ellas cabe mencionar:

- Una Barra de Iconos que permite realizar las funciones más habituales sin necesidad de desplegar menús constantemente. Cuando se sitúa el ratón sobre uno de ellos se proporciona un mensaje de ayuda que describe la función que realiza. Los mensajes de ayuda aparecen en una Barra de Control situada en la parte inferior de la ventana.
- Una librería con circuitos digitales estándar TTL. También es posible la selección de resistencias, condensadores, puertos de entrada y puertos de salida.
- Cualquier componente puede ser seleccionado, desplazado o borrado. En el caso de componentes discretos pueden modificarse sus atributos (por ejemplo, el valor de una resistencia).
- Permite el trazado de líneas de conexión entre componentes. El área de dibujo dispone de una rejilla de forma que cada patilla de un integrado o de un componente se sitúa siempre sobre un punto de la rejilla. De esta forma, las conexiones eléctricas están bien definidas. El programa detecta automáticamente una conexión eléctrica cuando una línea comienza o termina en otra línea.
- La última opción de dibujo puede siempre recuperarse; de este modo se simplifican tareas como el conexionado del circuito.
- Es posible visualizar simultáneamente varias ventanas representando esquemas diferentes. De esta forma el alumno puede, por ejemplo, comparar varias soluciones para un mismo problema.

En las Figuras 2 y 3 se representan dos pantallas del programa de captura de esquemas.

### **3.- PROGRAMA DE GENERACIÓN DE LA LISTA DE CONEXIONES.**

Dentro del programa de captura de esquemas PCE se proporciona una opción para la generación de la lista de conexiones (netlist). Por tanto, una vez realizado el esquema del circuito el alumno puede proceder a su simulación utilizando para ello programas comerciales (por ejemplo, PSPICE).

La lista de conexiones generada contiene toda la información eléctrica acerca del circuito diseñado. La adaptación de la lista de conexiones a un programa de simulación particular sólo requiere la programación de un conversor de formato de texto.

Con el objetivo de evitar errores en la simulación, solamente se generará la lista de conexiones cuando todos los terminales de los dispositivos están correctamente conectados (a otros terminales, a puertos de entrada o salida o a alimentación). En caso de que existan errores se muestra un mensaje que indica la fuente del error. La lista de conexiones se representará en una ventana de edición de textos.

### **4.- PROGRAMA DE GENERACIÓN DE INSTRUMENTOS VIRTUALES**

La instrumentación virtual se puede definir como la capa hardware y/o software que se añade a un ordenador de propósito general para que se comporte como uno o varios instrumentos electrónicos tradicionales [4].

Los instrumentos virtuales usan el hardware del propio ordenador para el almacenamiento, procesado y visualización de los datos. La interacción con el entorno se consigue mediante sistemas de adquisición de datos añadidos (normalmente, tarjetas de adquisición de datos conectables al bus del ordenador). De este modo, diferentes instrumentos comparten el mismo hardware con lo que se logra un uso más eficiente de los recursos.

El software determina la funcionalidad de un instrumento virtual y lo adapta a la aplicación concreta.

El sistema que se propone se basa actualmente en una tarjeta de adquisición de datos de bajo coste conectable al bus del ordenador. El programa de manejo de la tarjeta constituye un módulo independiente de forma que el sistema pueda adaptarse fácilmente a otro tipo de hardware de adquisición de datos.

Se han diseñado dos instrumentos para la verificación de circuitos digitales: un voltímetro/sonda lógica y un analizador de estados. El voltímetro/sonda lógica es adecuado para la verificación de circuitos combinacionales mientras que el analizador de estados facilita al estudiante la comprensión y verificación de los circuitos secuenciales. Los instrumentos se generan desde la pantalla de captura de esquemas y el estudiante realiza una asociación entre el punto de prueba externo y el nodo correspondiente del esquema. De esta forma, los resultados o formas de onda se visualizan directamente sobre el esquema facilitando la tarea de verificación.

Entre las características del analizador de estados destacan:

- Dispone de ocho canales de entrada. El número de canales puede modificarse pero esta limitado por el hardware de adquisición. Con el objetivo de sincronizar el circuito bajo prueba y el sistema de adquisición, el canal cero se reserva para la señal de reloj externa.
- Es posible programar el patrón de disparo del analizador (estado alto, estado bajo o indiferente para cada canal). Se recogen las muestras anteriores y posteriores al disparo del analizador. El número de muestras anteriores y posteriores puede variarse de acuerdo con la aplicación.
- La frecuencia de muestreo puede ser modificada por el usuario.

En la Figura 5 se representa el esquema de un circuito y su verificación mediante un analizador de estados.

En una misma pantalla pueden crearse múltiples instrumentos que actúan concurrentemente. En este caso los recursos del sistema de adquisición de datos son compartidos por los instrumentos activos.

## 5.- REFERENCIAS

- [1] Chaljub, J.A. "Investigación y Elaboración de recursos para la Enseñanza de la Electrónica Analógica Asistida por Computadora". Tesis Doctoral, Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba 1994.
- [2] Mandado, E., Vázquez, V., Moure, M.J., González, E. y Valdés, V.G. "Metodología de Enseñanza de la Electrónica Digital Asistida por Computador". I Congreso sobre Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, Madrid 1994.
- [3] Moure, M.J., Valdés, M.D., Nogueiras, A.A., del Río, A., Rodríguez, L., "Sistema de Ayuda a la Enseñanza y Verificación de Circuitos Digitales". III Jornadas Universitarias sobre Innovación Educativa en la Enseñanzas Técnicas; Ferrol 1995.
- [4] Rodríguez L. "Entorno Gráfico de Diseño e Instrumentación Virtual Orientado a la Enseñanza y Verificación de Sistemas Digitales". Proyecto Fin de Carrera, Vigo 1995.

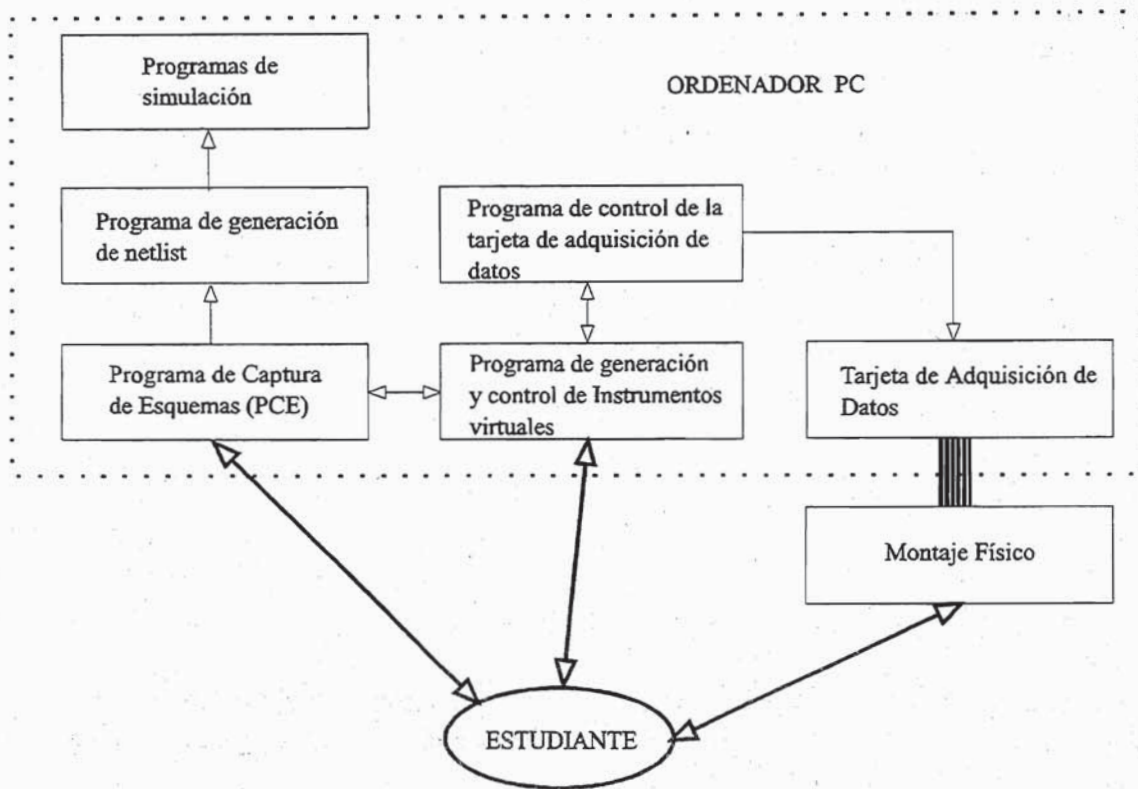


Figura 1.- Diagrama de bloques del sistema de apoyo a las prácticas

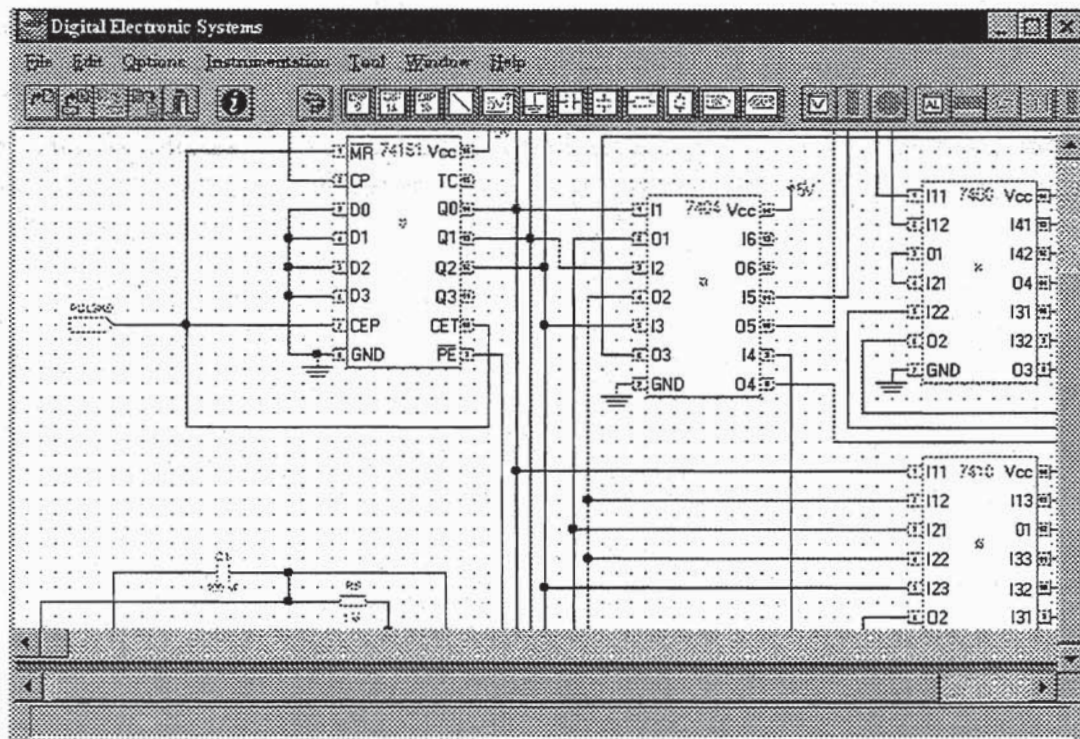


Figura 2.- Pantalla del programa de Captura de Esquemas

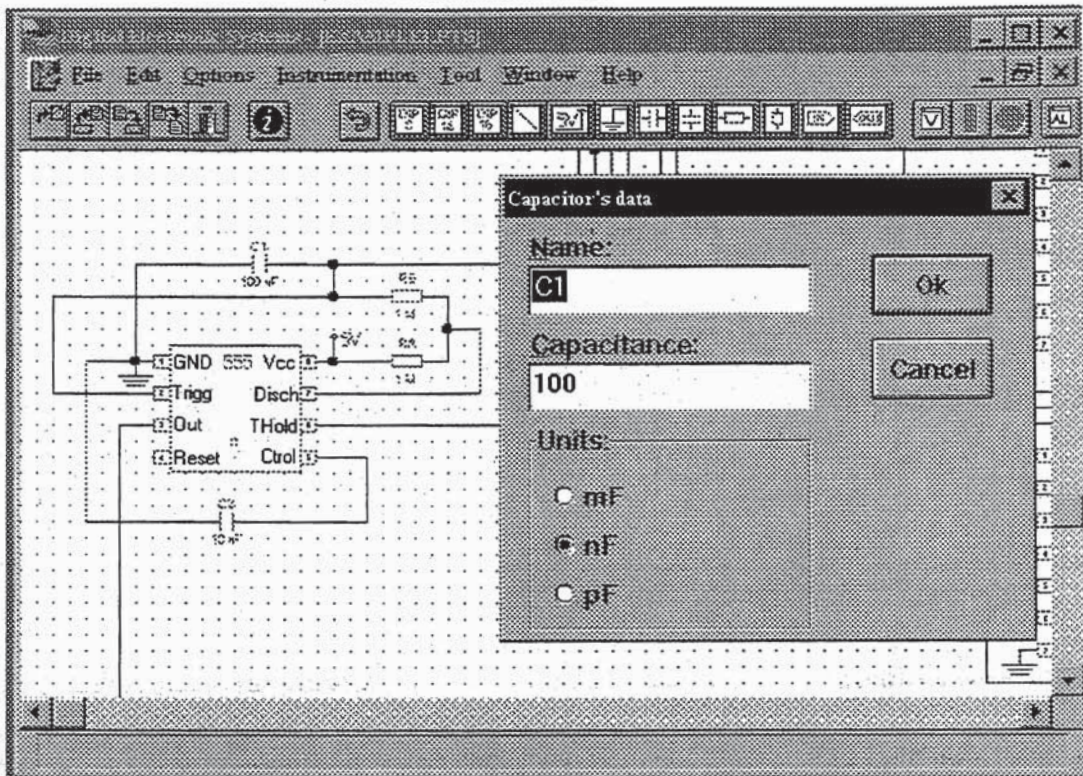


Figura 3.- Modificación de las características de uno de los componentes del esquema

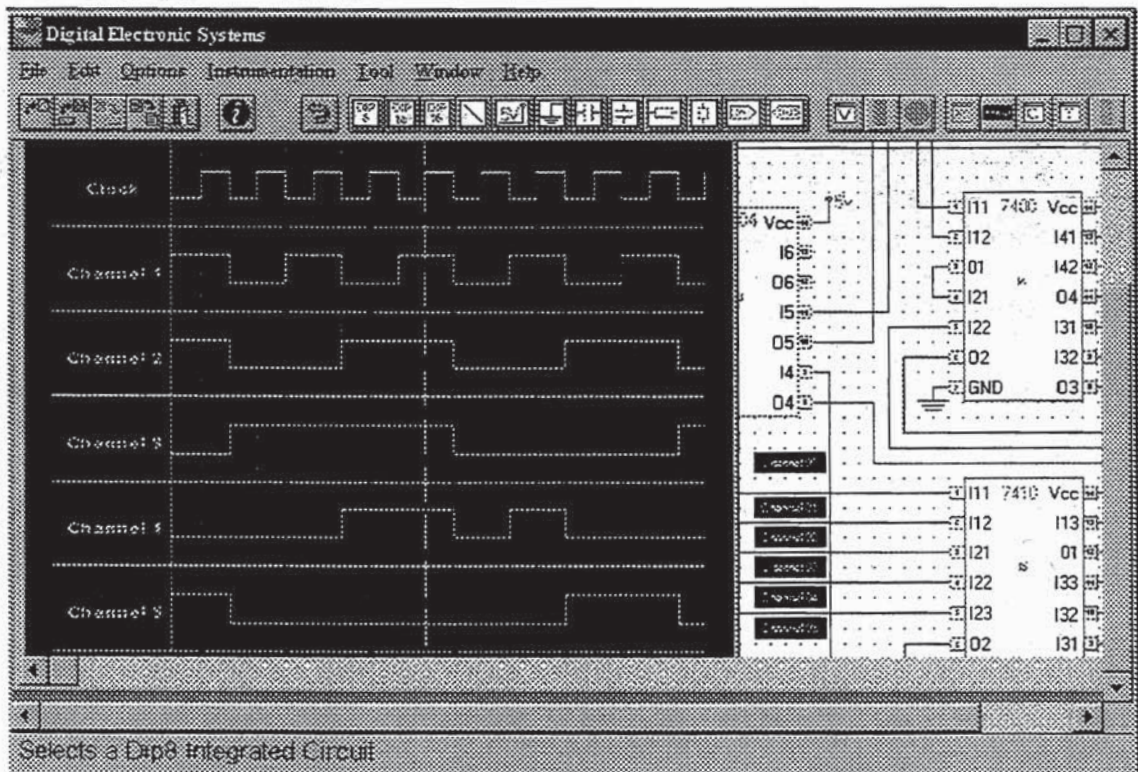


Figura 4.- Pantalla del Analizador de Estados