

## **ELECTRIC: PLATAFORMA FREEWARE DE DISEÑO MICROELECTRÓNICO**

C. TELLERÍA, C. FERRER, C. ALDEA Y S. CELMA

*Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Área de Electrónica.  
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. 50009-Zaragoza. España.*

*En este artículo se describe un entorno de diseño asistido por ordenador dedicado a la creación de sistemas microelectrónicos. Se trata de una herramienta distribuida libremente por Static Free Software la cual ha sido depurada y adaptada para su utilización como recurso didáctico en asignaturas sobre diseño microelectrónico. Se ofrece un análisis crítico de la herramienta, se describen las mejoras introducidas por los autores y se valora su utilidad docente.*

### **1. Introducción**

*Electric* es un entorno *freeware* de diseño asistido por ordenador que está dedicado fundamentalmente a la generación de *layout* de circuitos integrados. Pero a diferencia de otros programas *freeware* similares (LASI, MAGIC,...), éste también es capaz de manejar esquemáticos y de trabajar con lenguajes de descripción hardware, lo que le confiere una mayor versatilidad.

Este programa fue inicialmente desarrollado por Steven Rubin [1] a mediados de los 80 y se distribuyó libremente a universidades e institutos de investigación norteamericanos, consiguiendo en poco tiempo una amplia implantación en estos círculos. A partir de 1988 la compañía *Electric Editor Incorporated* inició la distribución de versiones comerciales del programa, pero en 1998 decidió liberar el código fuente. Desde el año 2000 puede conseguirse el código fuente a través de *Static Free Software*, compañía que además ofrece soporte técnico de las versiones compiladas, formación, librerías de celdas estándar y desarrollos. El programa puede ser compilado y ejecutado en algunos de los sistemas operativos más populares: UNIX, Macintosh (7 o superior) y Windows (9x/ME/NT/2000).

Esta herramienta está muy bien documentada: aparte de un extenso manual de usuario disponible en internet [2], cabe la posibilidad de acceder a la información completa sobre los lenguajes de *scripting* soportados, el código fuente de las estructuras de datos y subrutinas, y la estructura de los ficheros tecnológicos [3]. Como se trata de un programa con licencia pública GNU [4], además de disponer gratuitamente del código fuente, éste puede ser modificado libremente y utilizado para cualquier propósito (incluidos los lucrativos), con la única condición de ceder el nuevo código fuente a cualquiera que lo solicite.

## 2. Descripción de *Electric*

Los sistemas CAD de diseño de circuitos están basados esencialmente en métodos o bien de conectividad o bien geométricos. Por ejemplo, los programas de captura esquemática distinguen los componentes de las conexiones y mantienen invariante la estructura de la conexión bajo operaciones gráficas. En cambio, la mayoría de los generadores de *layout* permiten dibujar polígonos que definen la geometría de las máscaras del proceso de fabricación pero sin establecer conexiones inicialmente.

La característica distintiva de este entorno es el carácter general de la conectividad, la cual está garantizada en todos los niveles jerárquicos del diseño, incluso en el *layout*. Esto significa que el usuario coloca componentes (transistores, contactos, *pads*, etc.) y traza las conexiones eléctricas (metal, polisilicio, etc.) que el programa entiende activadas. La pantalla muestra la geometría del diseño, pero también su interconexión. Ello permite el empleo de una verdadera metodología de diseño *top-down*, lo cual facilita las modificaciones *post-diseño*.

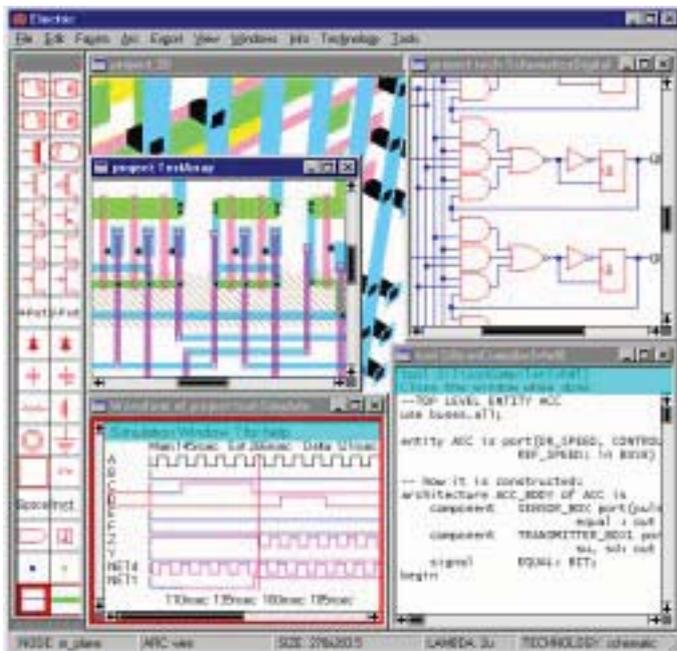


Figura 1: Típica Pantalla de *Electric*.

Cualquier operación sobre el esquemático, incluso la simulación, se beneficia de una mayor velocidad asociada a la conectividad preestablecida. El DRC (*Design Rule Checker*) también aprovecha la información sobre la existencia de conexiones para imponer diferentes reglas de espaciado entre capas y utiliza varias métricas, no solo la tipo Manhattan.

Otra ventaja que le confiere un carácter casi profesional es el empleo de un único *interface* de usuario integrando las representaciones esquemática y física del circuito, y permitiendo el enlace a un elevado número de utilidades (DRC, ERC, LVS, etc.), tecnologías e *interfaces*, tanto propias como externas.

La herramienta es muy completa: integra tal número de módulos y utilidades que es imposible describirlos todos aquí ni siquiera de manera sucinta, por lo que remitimos al lector interesado al *site* principal de la misma [5] donde puede encontrar una detallada y completa información. A continuación resaltamos sólo algunas de las funciones de análisis y diseño que incluye:

- **DRC:** detecta violaciones de espaciado, solapamiento y tamaño mínimo, presentando los mensajes de error en pantalla.
- **ERC:** comprueba contactos, nodos flotantes y cortocircuitos.

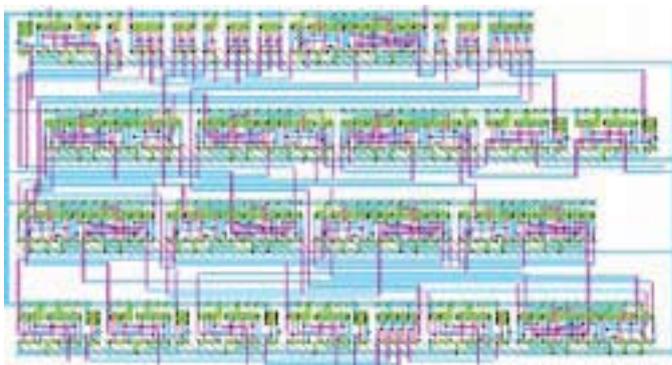
- **Simulación:** incluye un simulador lógico y presenta *interface* con los simuladores más conocidos: eléctricos (Spice), lógicos (Silos, etc.), funcionales (Verilog) y otros como PLAs.
- **Generación:** genera PLA, incluyendo *drivers* y líneas de alimentación.
- **VHDL:** genera VHDL de un *layout* y compila VHDL a varios formatos de *netlist*.
- **Compilador de silicio:** coloca y conecta (*place and route*) celdas estándar desde un *netlist*.
- **LVS:** compara *layout* con esquemático verificando la equivalencia en conexiones eléctricas y tamaños de dispositivos.
- **Compactación, compensación, routing,...**

Insistimos pues en la potencia y versatilidad de este entorno, que puede manejar desde diseños físicos hasta lenguajes de descripción *hardware*. A diferencia de otros programas (Microwind, etc), éste no tiene un propósito meramente educativo, aunque el total acceso a su código fuente permite adaptarlo para a este fin.

### 3. Adaptación del programa como herramienta didáctica

Como se ha descrito en el apartado anterior el entorno es muy completo, tanto que puede llegar a ser excesivo para un alumno sin experiencia previa en el empleo de este tipo de sistemas de diseño. Así que consideramos que es importante limitar las funciones del sistema a las estrictamente necesarias dependiendo del contexto docente y, en consecuencia, creemos conveniente presentar un *interface* de usuario con reducción de opciones. Asimismo, se ha elaborado una guía de usuario mucho más breve y didáctica que el indigesto *User's Manual* de 376 páginas, limitando la información a lo más esencial pero acompañada de sencillos ejemplos ilustrativos.

Se ha integrado en el entorno el simulador eléctrico *Spice-3f5* [6] por tratarse de un programa *standard, freeware* y con el código fuente disponible. El *interface* de usuario ha sido creado expresamente dentro del entorno *Electric*, de manera que recursos como la captura esquemática, edición de *netlist* y visualización de gráficas son comunes al mismo. También ha sido elaborada una guía sucinta con los comandos y sintaxis más frecuentemente utilizados. No obstante los alumnos suelen estar familiarizados con simuladores de circuitos de propósito general como éste empleados en asignaturas de Teoría de Circuitos y Electrónica General.



**Figura 2:** Resultado del Compilador de Silicio.

Uno de los recursos con mayor interés didáctico es el compilador de silicio. *Electric* integra un compilador de silicio pero con una librería de celdas sin correspondencia con ninguna tecnología real. Nosotros hemos creado una librería basada en una tecnología CMOS submicrónica comercial, por que consideramos que ello aumenta el poder instructivo de la herramienta. En realidad no ha sido una tarea difícil:

simplemente se han redefinido celdas preexistentes (AND, OR, etc.) manteniendo la estructura del conexionado (*inputs, outputs, power, etc.*) y cambiando los valores de los parámetros que aparecen como opciones. Otras librerías de celdas estándar pueden obtenerse en *Europractice* [7] y ser adaptadas para su uso con el generador de *layout* o con el compilador de silicio.

También se ha desarrollado una librería de elementos destinados al diseño *full-custom*, tales como transistores MOS, resistencias y condensadores, siguiendo diferentes estilos de *layout* y con cierto grado de parametrización. Con esto se consigue reducir el tiempo que el alumno necesita invertir en el diseño *full-custom* de circuitos sencillos.

#### 4. Valoración final y actividades previstas

Actualmente la herramienta se está ensayando en dos asignaturas bien diferentes: *Microelectrónica*, asignatura de libre elección destinada a alumnos de la Licenciatura de Físicas e Ingenierías, y *Circuitos CMOS VLSI Mixtos*, curso del programa de Ingeniería Electrónica de tercer ciclo. El aprovechamiento en cada caso es distinto: si bien en la asignatura de *Microelectrónica* se presta atención a la herramienta en sí misma y a la descripción de sus módulos mediante ejemplos preseleccionados, en la asignatura de tercer ciclo se emplea como una verdadera herramienta de trabajo que facilita el posterior manejo de entornos profesionales más sofisticados (Cadence, etc).

La selección de los módulos incorporados en la herramienta ha estado condicionada por el contexto docente donde se está aplicando. No obstante, consideramos que *Electric* reúne los requisitos necesarios para poder ser adaptado como recurso informático a otras asignaturas de diseño microelectrónico. En nuestro caso, se tiene prevista la inclusión progresiva de nuevos ficheros tecnológicos para diseño *full-custom* y se trabaja en la creación de una librería con un número reducido de celdas estándar analógicas y digitales.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por CICYT (TIC99-0977) y DGA-Fondo Social Europeo (P019/99-T).

#### Referencias

- [1] S. M. Rubin. *Computer Aids for VLSI Design*. Addison-Wesley (1987)
- [2] *The Electric User's Manual*. <http://www.staticfreesoft.com/documentsUser.html>
- [3] *The Electric Internals Manual*. <http://www.staticfreesoft.com/documentsInternals.html>
- [4] *GNU General Public License*. <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>
- [5] *The Electric VLSI Design System*. <http://www.staticfreesoft.com/index.html>
- [6] *The Spice Page*. <http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/SPICE/>
- [7] *Europractice*. <http://www.te.rl.ac.uk/europractice/>