

# ESTUDIO DE LAS APTITUDES DOCENTES DEL SISTEMA INTEGRADO DE DISEÑO DE ASIC'S SEMICUSTOM OCEAN.

Fco.J.García-de-Quirós,M.A.Larrea,R.Gadea  
E.T.S.I.Telecomunicación  
Dpto. Ingeniería Electrónica.  
U.P. Valencia.  
microe4@hercules.upv.es

**RESUMEN.-** Este trabajo trata del entorno de desarrollo *OCEAN*, desarrollado por el departamento de ingeniería eléctrica de la Universidad de Delft (Holanda), orientado al diseño de circuitos integrados semicustom basados en Sea-of-Gates. Tras una breve introducción al mismo, haremos una análisis de la aplicación desde el punto de vista de la docencia en cursos universitarios de microelectrónica, basado en la experiencia de los autores tanto en el ámbito de la enseñanza de tal disciplina, como en el uso de este sistema para el diseño de ASIC's complejos en diferentes plataformas.

## 1.- INTRODUCCIÓN.

El entorno de desarrollo *OCEAN*, comprende un completo conjunto de herramientas orientadas al diseño de circuitos integrados semicustom prefabricados basados en Gate Array y Sea-of-Gates. Desde hace un año, en el Laboratorio de Microsistemas de la E.T.S.I.T.. se ha venido realizando un estudio del mismo enfocado a su capacidad para formar parte esencial de un programa de enseñanza de microelectrónica en cursos de iniciación. Del mismo se desprenden interesantes resultados, relativos a su fiabilidad y robustez sobre diferentes plataformas muy comunes en ambientes universitarios.

*OCEAN* combina en el conjunto de herramientas que lo integran la práctica totalidad del flujo de diseño típico de los ASIC's semicustom , desde el nivel de descripción estructural hasta un producto final totalmente procesables a nivel industrial.

## 2.- PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS.

En resumen, las principales características de *OCEAN* podrían resumirse en :

- 1) Disponible de forma totalmente gratuita, incluso con el código fuente.
- 2) Diseño totalmente jerárquico, al estilo de diseños Full-custom.
- 3) Disponibilidad de asistentes interactivos en gran parte del flujo de diseño.
- 4) Disponible en tres plataformas diferentes, muy comunes en docencia universitaria.
- 5) Incluye los elementos de diseño para desarrollar productos en dos imágenes Sea-of-Gates y una Gate-Array.

## 3.- DESCRIPCION DEL ENTORNO.

El paquete completo OCEAN incluye en realidad dos aplicaciones. La primera, y de más bajo nivel es NELSIS [2], un sistema de desarrollo de circuitos microelectrónicos Full-Custom desarrollada anteriormente por componentes del grupo de teoría de redes de la Universidad de Delft, y que tiene la particularidad de estar pensada para dar un soporte al diseño de filosofía "independiente de la tecnología"; es decir, para su funcionamiento las aplicaciones han de ser previamente configuradas con ciertos parámetros que definen el tipo de proceso sobre el que se implementará físicamente el integrado, tales como reglas de diseño a nivel eléctrico y geométrico, número de capas, etc.

A esta aplicación pertenecen potentes herramientas proporcionadas por OCEAN como el extractor layout a circuito *space*, o el simulador *sfs*; así como distintas aplicaciones que permiten introducir en la base de trabajo binaria circuitos y layouts en distintos formatos textuales; tales como EDIF, SPICE, SLS en caso de circuitos o LDM y CIF en el caso de layouts, lo que le da la posibilidad de intercambiar diseños con herramientas tales como *Cadence*, *Tanner*, *Euclid*, *OrCAD*, etc., acentuando el carácter de sistema abierto del mismo.

El resto de las herramientas pertenecen al núcleo de OCEAN en sí. Profundamente inspirado en su filosofía, este último toma como base el formato binario de circuitos de NELSIS como base de trabajo en cuanto a simulación, y una base de datos propia denominada *seadif*, para aplicar los procesos que se refieren al proceso en particular sobre el que se va a trabajar a nivel de layout.

El flujo de diseño viene reflejado en el diagrama de la Figura 1.

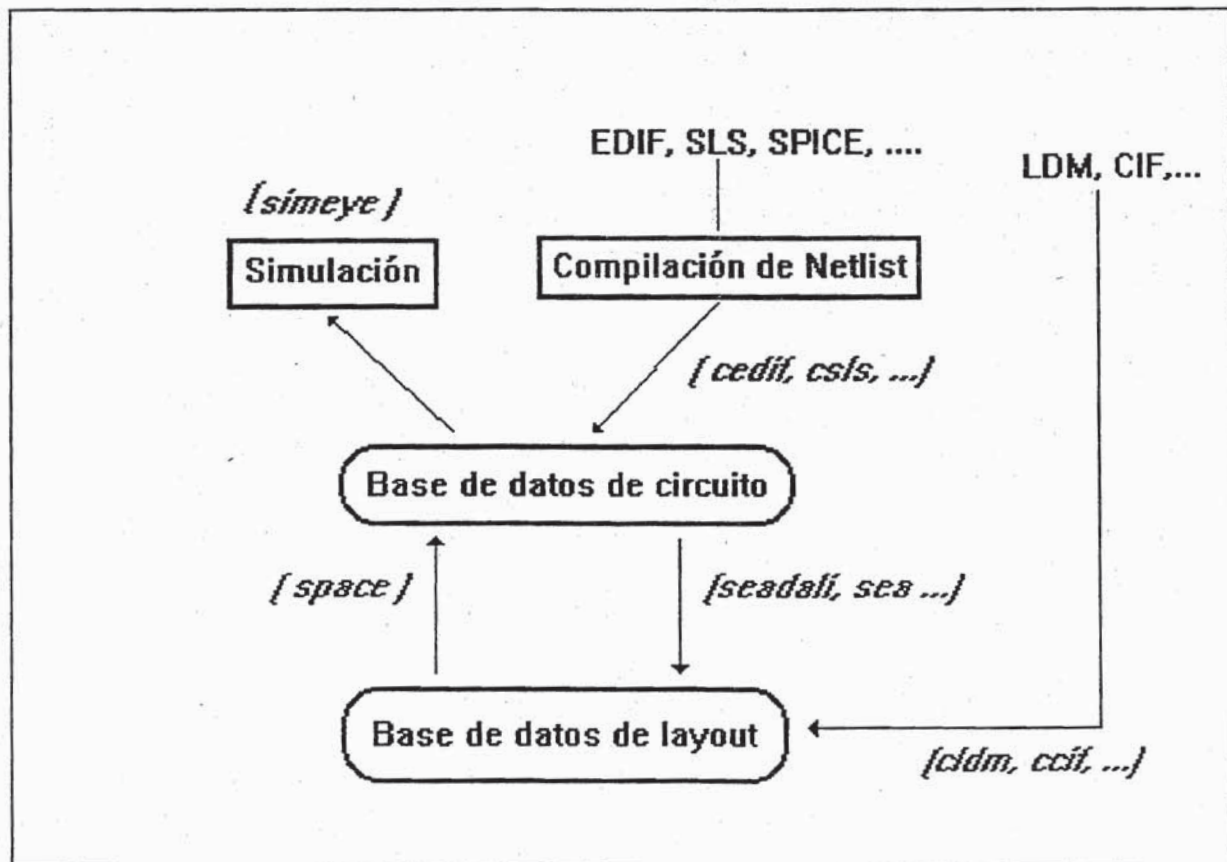


Figura 1.- Flujo de Diseño con OCEAN.



Como puntos a tener en cuenta del flujo de diseño cabe destacar :

- 1) Junto a la variedad de formatos disponibles para introducir circuitos o layouts en la base de datos binaria (tanto Seadif como NELSYS) se suma la posibilidad de realizar síntesis lógica de circuitos secuenciales a través de la aplicación *Kissis*, y mediante distintos formatos de descripción conductual, tales como PLA, tabla de transiciones, diagrama de estados, etc. . Todo ello mediante un interfaz a la aplicación SIS / MIS original de la Universidad de Berkeley.
- 2) Simulación totalmente interactiva en tres niveles : nivel lógico, nivel de conmutación y SPICE, de forma altamente dinámica y en varios formatos de salida (textual, ASCII, etc.).
- 3) Creación de layouts de forma totalmente interactiva a través de la aplicación *Seadali*, que presenta integradas las posibilidades de edición manual de layouts, emplazamiento y rutado automáticos. Además, mantiene en todo momento la estructura jerárquica del circuito, incluso a nivel de layout, al estilo de los diseños Full-Custom.
- 4) Ofrece la posibilidad de intervenir parcialmente en el diseño del layout ; es decir, es capaz de soportar el completar un rutado parcial sin opciones adicionales, además de rutar un emplazamiento manual, aunque no soporta el completar un emplazamiento parcial.
- 5) Chequeo automático de reglas de diseño, para adaptar un diseño manual al proceso en concreto, a través de la aplicación *fish*. Como consecuencia el diseñador sólo debe preocuparse del diseño y disposición de las pistas en la edición manual de layouts, sin tener que reparar en las reglas de diseño.
- 6) Incluye un potente soporte de verificación de conectividad del layout, y de correspondencia layout - netlist en el caso de generación automática ; para detección de terminales sin conexión, cortocircuitos, etc.

#### 4.- DETALLES DE SOPORTE E INSTALACION.

El entorno OCEAN completo es accesible vía ftp anónimo en las direcciones :

*donau.et.tudelft.nl* (directorio *pub/ocean*)  
*olt.et.tudelft.nl* (directorio *pub/ocean*)

y comprende los ficheros :

*cacd\_bin\_ <código de plataforma> .tar.gz*  
*cacd\_process.tar.gz*

correspondientes a aplicación NELSYS ; y :

*ocean\_bin\_ <código de la plataforma> .tar.gz*  
*ocean\_celllibs.tar.gz*  
*ocean\_docs.tar.gz*

correspondientes al resto de OCEAN. En cualquier caso se recomienda extraer los documentos residentes en el último de los ficheros enunciados, donde vienen los detalles completos de la instalación y uso[1]. El campo referente a la plataforma, señala aquellos ficheros que son específicos de una de las tres plataformas en particular, el resto son genéricos para las tres posibilidades, que son :



- 1) Hewlett-Packard 9000 series 700 y 900 (código *PA\_RISCI. 1\_8*).
- 2) Sun Sparc (código *sun4\_4*).
- 3) PC 486 + Linux (código *i486\_Linux*).

En todas las plataformas debe residir Xwindows versión 11..3 o superior, y se estima el espacio en disco duro en 30Mbytes.

Es sistema, en concreto ha sido testado por nosotros en las dos últimas plataformas. En el caso de la Sun SuperSparc no presento el menor problema a excepción de tener que instalar y trabajar con NEL SIS release 4 en lugar de la versión 3 que se distribuía con OCEAN. Por lo demás, el entorno cumplió las expectativas documentadas por los autores con diseños relativamente complicados, como es el caso de un ASIC que calcula la FFT de cinco puntos por el algoritmo de Winograd, que utiliza más de 20.000 transistores.

En la plataforma en que más problemas presento fue en la correspondiente a PC. Después de resolver numerosos problemas surgidos sobre todo de la compatibilidad OCEAN-Linux a nivel de librerías *Xlib* empleadas, tamaño de segmentos reservados por el sistema Xwindows como el Xstack, etc. que condujo a recompilar el *core* del sistema operativo con nuevos parámetros, se consiguió hacer funcionar correctamente el entorno en un PC con procesador *intel Pentium*, 8 Mbytes de RAM, 100Mbytes de partición Linux en disco duro, y Linux versión 2.1 con *core* versión 1.4.

Aunque las aplicaciones SIS (síntesis lógica) y SPICE pueden ocupar un lugar importante en cuanto rendimiento del sistema se refiere, y pueden ser utilizadas de forma activa por OCEAN, no se pueden distribuir junto al mismo debido a derechos de Copyright. No obstante también pueden ser obtenidas via ftp en las direcciones :

*ic.berkeley.edu* (directorio */pub*)

para el caso de SIS, y :

*src.doc.ic.ac.uk* (en el directorio */computing/systems/..*)

para el caso de SPICE.

En la estructura de directorios que surge como consecuencia de descomprimir y fragmentar los archivos mediante *gunzip* y *tar*, aparecen tanto los ejecutables (subdirectorio *../bin*) como los fuentes de todos los programas ( subdirectorio *../src*) . En ningún momento nos hemos visto obligados a tener que recompilar los fuentes para hacer funcionar correctamente el sistema.

## 5.- DETALLES SOBRE LOS PROCESOS IMPLEMENTADOS.

OCEAN incorpora todos los elementos de librería necesarios para abordar diseños en tres procesos diferentes :

- 1) *Fishbone* : imagen Sea-of-Gates de aislamiento por puerta en un proceso 1.6  $\mu\text{m}$  CMOS con dos capas de metal.
- 2) *Octagon* : imagen octogonal Sea-of-Gates en un proceso 0.8  $\mu\text{m}$  CMOS con tres capas de metal.
- 3) *Gatearray* : una gate-array a la antigua usanza en un proceso 4 $\mu\text{m}$  CMOS con única capa de metal.



Actualmente sólo el primer proceso es implementable en el centro de fabricación DIMES de la universidad de Delft, aunque tras conversaciones al efecto nos hicieron saber que esta posibilidad aún no está accesible a centros no adscritos a la anterior universidad, siendo más caro implementar ASIC's en este centro, por una institución ajena que via EUROCHIP (cerca de 10.000 ECU por oblea) ; aunque están intentando desarrollar una organización más profesional para tales pedidos. El resto de imágenes están presentes para dar distintas posibilidades en cuanto a implementación física del diseño, y mostrar como se puede sacar partido de las propiedades de la imagen para conseguir un producto final más óptimo.

## 6.- CONCLUSIONES.

Del extracto anterior se pueden resumir ciertos comentarios en cuanto a las capacidades de OCEAN como instrumento de carácter docente y de desarrollo universitario.

Como herramienta de enseñanza de microelectrónica tiene un valor incuestionable ; debido a dos factores primordiales. Primero su excelente curva de aprendizaje, que permite a los alumnos familiarizarse rápidamente con la herramienta y captar enseguida la globalidad de procesos que protagonizan la fabricación de un ASIC desde su concepción hasta su implementación. En segundo lugar, la disponibilidad de forma totalmente gratuita de un entorno completo, abierto, y bien documentado ; dando al profesor un material de indudable valor para el enfoque de un curso basado en el mismo.

A estos se le suma la relativa facilidad de reconfigurar los procesos o imágenes, y de incluso definir nuevos elementos con filosofía Full-Custom, lo que da grandes posibilidades a la necesaria experimentación que debe ser ingrediente fundamental en el estudio de esta disciplina.

La disponibilidad de un soporte PC , y además sobre otro sistema totalmente gratuito (Linux) impone considerar esta opción como plataforma sobre la que basar las prácticas ; ya que es esta la computadora de uso estudiantil más común, posibilitando el estudio independiente del alumno, perspectiva esta muy poco frecuente en otros sistemas, o prohibitiva para el estudiante.

No obstante, de la experiencia extraída del funcionamiento de OCEAN en esta configuración, podemos concluir que este entorno ve muy limitada sus posibilidades, reduciendo sus expectativas a diseños no demasiado complejos ; al menos en PC's de prestaciones medianas ( p.ej. procesador 486).

En cuanto al aspecto de desarrollo de productos, cabe destacar que aunque cubre gran parte del flujo de diseño típico de ASICS, sufre de determinadas carencias en cuanto al análisis final tales como herramientas para estudio de testeabilidad y faltas, y en lo relativo al diseño preliminar, tales como captura de esquemáticos; solucionable en cierta forma a través de OrCAD IV/386+, generando las librerías de símbolos pertinentes y generando un netlist formato EDIF, debiendo editar las referencias a librerías OCEAN y los nombres de las instancias, que aparecen en mayúsculas, a minúsculas; como las trata OCEAN.

## 7.- REFERENCIAS.

[1] Groeneveld,P., Stravers,P. "Ocean: the Sea-of-Gates Design System". Proporcionado con *ocean\_docs.tar.gz*.

[2] van der Meijs,N.P., van Genderen, A.J. "Space user's manual". *The Nelsis IC Design System*. Proporcionado con *ocean\_docs.tar.gz*.