

DISEÑO DE UN CIRCUITO LSI (2.^a parte)

Os ofrecemos a continuación la segunda parte del artículo que escrito por nuestro compañero RAFAEL BURRIEL LLUNA, iniciamos en nuestro número 9.

FABRICACION DE PROTOTIPOS

Esta fase del Diseño para el Cliente incluye las etapas de:

- a - obtención de máscaras
- b - procesos
- c - pruebas y calificación final

Las etapas a y b no es posible realizarlas actualmente en España y se subcontratan en el exterior.

La obtención de máscaras puede realizarse por un fabricante especializado en máscaras o por el mismo que procesa las obleas. Se obtienen a partir de la cinta magnética, que contiene la descripción poligonal del circuito, mediante Laser (Pattern Generator) que está sustituyendo ventajosamente al método de reducción de fotografía por Rubylith (láminas coloreadas que se cortan y pelan).

La etapa de proceso de las obleas la realizan empresas fabricantes de C.I. que admiten Diseño para Clientes (Custom Design). Estas casas suministran parámetros físicos y reglas de diseño necesarios para el Custom Design y realizan la secuencia de difusiones, oxidaciones, metalizaciones, etc. necesarias según el proceso empleado. Posteriormente suministran las obleas con estructuras de prueba (transistores, resistencias, diodos, etc.) distribuidas regularmente en la oblea. El fabricante acompaña la oblea con unas hojas que incluyen los resultados de los tests aplicados a dichas estructuras como

testigo de que el proceso ha sido correcto y puede entregar:

- obleas pasivadas (cubiertas con cristal para evitar su deterioro)
- obleas sin pasivar
- circuitos ya encapsulados con tapa desprendible.

Con esta entrega al diseñador pasamos a la etapa de:

Pruebas y calificación del C.I.

Esta última fase requiere un laboratorio de prototipos con diversos grados de complejidad, según se pretenda manejar obleas o circuitos ya encapsulados.

Si se reciben los C.I. encapsulados necesitaremos:

- Equipo manipulador de circuitos integrados/obleas, con buena óptica (hasta 300x ó 400x) y provistos de varias sondas de prueba para acceder en caso necesario a puntos interiores del C.I. a fin de comprobar el funcionamiento lógico.

En el caso de manejar obleas, se necesitará el siguiente equipo suplementario:

- Equipo para rayar obleas (con diamante o laser)
- Equipo para cortar obleas (cracker o laser)
- Dispositivo de fijación de circuito integrado en cápsula (tipo epoxy o similares)



- Equipo para conectar los terminales del circuito integrado (pads) con los terminales de la cápsula mediante hilos metálicos soldados por ultrasonidos o termocompresión. (Test de resistencia mecánica a la tracción incluido).

- Equipo para encapsular C.I. normalmente con atmósfera inerte de nitrógeno.

- Equipo óptico para inspección (hasta 250x).

Y en ambos casos necesitaremos equipo electrónico tradicional como fuentes, voltímetros, amperímetros (para μA y pA) osciloscopios, analizadores lógicos, generador programable de palabras, etc.

El fruto de la etapa de pruebas debe contemplar:

- Validación del diseño lógico/físico.
- Verificación de un rendimiento adecuado (10-20 por ciento).
- Calificación del método de test como seguro y completo.

Una vez completada esta etapa puede comenzar la fabricación en serie y se da por finalizado el diseño para el cliente.

PROCEDIMIENTOS ABREVIADOS DE DISEÑO DE UN CIRCUITO LSI

Diseño completo:

El proceso anteriormente expuesto corresponde a un Diseño para el Cliente llamado completo (Full Custom Design). Este proceso equivale a todo el diagrama de flujo y su duración para una complejidad de unas 500 puertas lógicas equivalentes (un biestable equivale a

TIEMPO DE DESARROLLO (Orden de magnitud)

ULA	3 - 6 meses	
STANDARD	6 - 9 meses	con lay-out automático y sin él
FULL CUSTOM	12 - 15 meses	

	COMPONENTES A UTILIZAR	COSTES DE COMPONENTES Y CONJUNTOS(*)	COSTE COMPARATIVO
1. SISTEMAS CON COMPONENTES DISCRETOS	20.000 a 30.000	\$ 6.000 a 9.000	—
2. CIRCUITOS INTEGRADOS (INTEGRACION EN PEQUEÑA ESCALA, MENOS DE 10 PUERTAS O BITS DE MEMORIA POR CIRCUITO)	350 a 500	\$ 600 a 900	10:1
3. INTEGRACION EN MEDIA ESCALA (SUMADORES, CONTADORES, ETC., 100 PUERTAS O BITS DE MEMORIA POR CIRCUITO)	125 a 150	\$ 250 a 450	20:1
4. INTEGRACION EN GRAN ESCALA (MP Y CUSTOM LSI MAS DE 100 PUERTAS O BITS DE MEMORIA POR CIRCUITO)	7 a 10	\$ 100 a 200	50:1

(*) Excluyendo cajas, cableados, mecánica, etc.

cuatro) supera el año (15 ó 16 meses) hasta obtener muestras funcionando correctamente.

Biblioteca standard:

Cuando se dispone de Bibliotecas de células ya probadas (simulación + transitorios + reglas de diseño) se puede partir de dicha biblioteca e implementar el circuito integrado con sus elementos, ahorrándose así un tiempo importante, ya que sólo tenemos que realizar la interconexión y ejecutar sobre ella los programas necesarios de verificación. Este procedimiento se llama Semi Custom

Design, y se pueden obtener muestras funcionando de 6 a 9 meses a partir de las especificaciones correctas.

ULA:

Finalmente existe la facilidad proporcionada por las U.L.A.s (Uncommitted Logic Arrays) donde partimos de obleas ya procesadas a falta de las dos últimas máscaras (metalización y pasivación); estas obleas contienen un circuito patrón con los bloques lógicos típicos (puertas y biestables) ya posicionados y la tarea consiste en interconectar dichos bloques

con el fin de realizar sobre la ULA el diseño lógico del circuito.

El hecho de disponer de las obleas ya almacenadas y tener que generar sólo una máscara de metalización (la de pasivación es inmediata) con su proceso correspondiente, acorta la obtención del circuito drásticamente; así se pueden obtener muestras funcionando correctamente entre 2 y 4 meses después de la especificación definitiva del circuito.

SOPORTE SOFTWARE

Un adecuado soporte Software se ha hecho imprescindible para el desarrollo de un LSI así como el disponer de un acceso rápido y flexible a un ordenador potente.

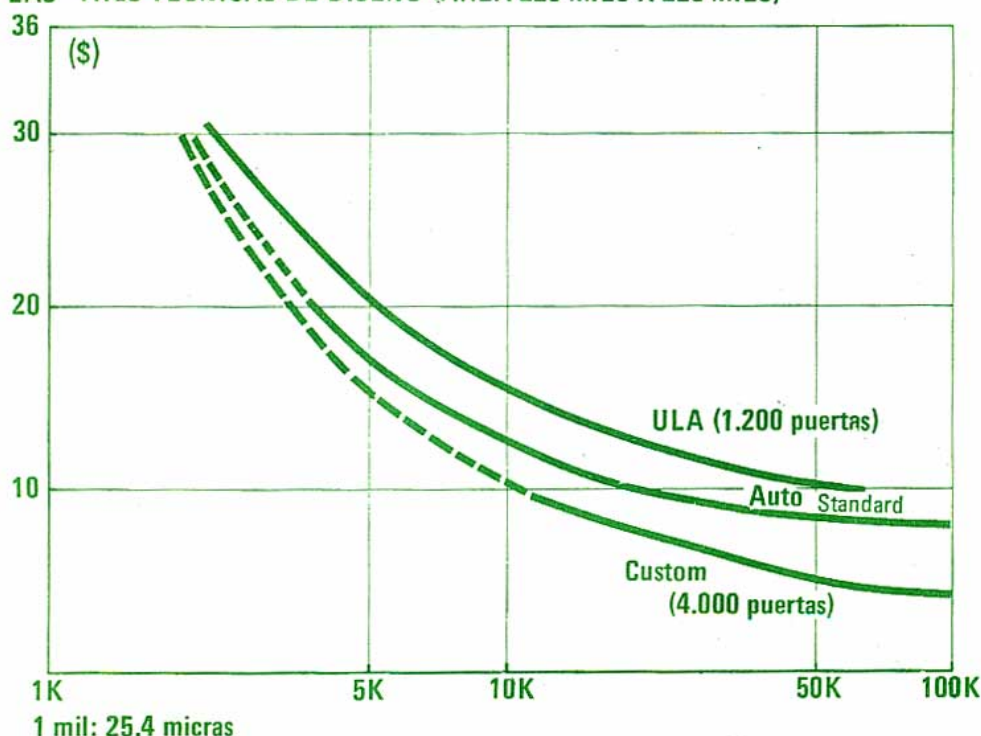
Un resumen del software utilizado en la tarea de diseñar un circuito LSI libre de errores y al primer intento sería la de los siguientes:

Programas de Ordenador:

Simulación lógica
Verificación de Secuencias de Prueba
Análisis de transitorios para Células
Posicionamiento e Interconexión Automático
Verificación Reglas de Diseño
Análisis de Nodos
Correlación Lógico-Geométrica

y software de ayuda para el equipo de Digitización y Edición.

PRECIOS ORIENTATIVOS DE CIRCUITO LSI EN FUNCION DE CANTIDAD PARA LAS TRES TECNICAS DE DISEÑO (AREA 220 MILS X 220 MILS)



COMPARACION ENTRE POSIBILIDADES DE DISEÑO EN LSI

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISEÑO LSI COMPLETO	Area por C.I. mínima Coste mínimo por C.I. (grandes cantidades)	Plazo largo de desarrollo 1/2 años Suele necesitar reciclaje Experiencia alta para su desarrollo Costes desarrollo altos
BIBLIOTECA STANDARD	Tamaño medio del C.I. Plazo moderado (6/9 meses) Precio adecuado series medias	No adecuado para grandes series 50K/100K Costes desarrollo medios
U.L.A.	Plazo obtención mínimo 2/4 meses Simplificación máxima Costes de desarrollo mínimo Mínima experiencia neces. Ausencia de reciclaje bastante probable	Area del C.I. máxima Máximo precio por C.I. Sólo adecuado para series pequeñas (cientos) Sólo se utiliza un 70 por ciento del área disponible. Tamaño mayor del C.I.

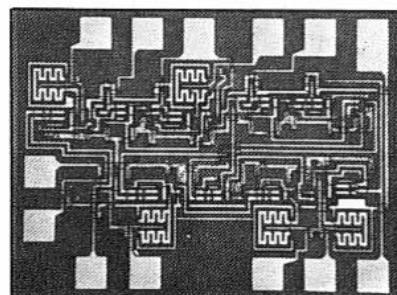
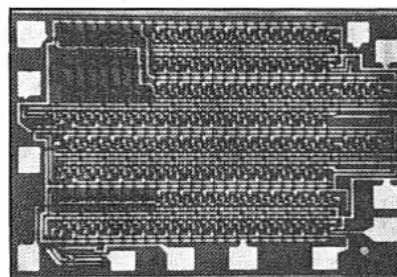
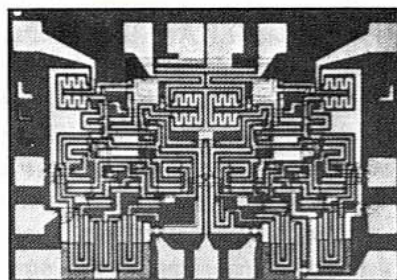
CONCLUSION

Realmente el método de diseño para cliente de un circuito integrado que ha sido el origen del uso del LSI ha quedado como una opción dentro de las posibilidades de diseño en Gran Escala de Integración. Hoy día los microprocesadores, resultado de Diseños especializados para el cliente, y el uso de circuitos LSI standard, compiten con cualquiera de las variantes de Diseño para el Cliente tales como el diseño con Biblioteca Standard o con ULAs (Uncommitted Logic Arrays).

Combinando flexibilidad, cantidad de circuitos, precio, costes de desarrollo, coste de software, plazo de entrega, plazo de desarrollo, etc., se pueden delimitar las zonas de influencia de cada uno de las posibilidades de las variantes en el uso de LSI.

FUTURO: VLSI (Very Large Scale of Integration)

El diseño para un cliente de un LSI abarca, hoy en día, desde los pocos miles de transistores por circuito en CNOS, hasta algo más de los 10.000 en NMOS con puerta de silicio.



— Un diseño completo para una complejidad de unas 500 puertas lógicas puede superar el año.

En 3 ó 4 años veremos aparecer del orden de 20.000 a 30.000 transistores por circuito.

La complejidad de diseñar estos Circuitos va a requerir un gran esfuerzo en programas de ayuda para Simulación de bloques/sub-bloques y su interacción, trazado automático y generaciones de tablas de Prueba adecuadas. Se prevé un cierto sacrificio del area del circuito en beneficio de la modularidad y estructuras de prueba incorporadas que hagan el tiempo de desarrollo razonable y el número de reciclajes mínimos.

Estos VLSI representarán prácticamente sistemas completos que en principio podrían ser fabricados por las industrias de Semiconductores. ■

Nos comunica la C.T.N.E. que, contrariamente a lo que afirmábamos en la primera parte de este artículo, también ellos cuentan con el material humano y equipamiento necesario para el diseño de circuitos L.S.I. en España.