

**E**l diseño en la ingeniería electrónica, a partir de la segunda mitad del siglo, ha ido evolucionando a la par con el desarrollo de la que podríamos llamar la era de los semiconductores. En esta evolución, las metodologías han variado, pasando por épocas de total libertad, de las que no podemos decir que contaran con patrones, hasta los momentos actuales cuando el diseño de los sistemas que utilizan metodologías estructuradas se ha convertido en norma.

Estas metodologías se han venido siguiendo en el país con el tradicional retardo tecnológico respecto a los países desarrollados, circunscritas en gran parte a los recintos universitarios, por la carencia de una verdadera industria electrónica. El presente artículo resume las cuatro principales tendencias en las metodologías que a juicio del autor, se han presentado en el diseño en electrónica.

### *Diseño con Transistores*

Desde el momento de aparición del transistor en el mercado, hasta finales de la década de los sesenta, el diseño ofreció un horizonte amplio, en el cual su utilización, tanto para reemplazar los tubos de vacío en circuitos muy antiguos y todavía vigentes, como el desarrollo de nuevos circuitos aprovechando las características de este elemento semiconductor, presentaban un campo extenso y propicio para la creatividad del ingeniero.

En la década de los sesenta se crearon las facultades de ingeniería electrónica en nuestro medio, y en ellas las metodologías iniciales de diseño fueron las viejas técnicas de los tubos de vacío, a partir de las cuales se pasó a trabajar con semiconductores. La metodología de diseño por refinamientos sucesivos, tan tradicional en la ingeniería, se podía practicar con muy pocas restricciones, dando origen a una alta creatividad que desafortunadamente en nuestro medio no tuvo el impacto que debía, por no existir un mercado que la recibiera. Quedaron

ejemplos muy significativos de esa escuela como son algunas fábricas de amplificadores de audio y de equipos de radiocomunicaciones que han funcionado desde esa época con éxito en el país y cuyos nombres omito para no excluir, por desconocimiento, a algunas firmas.

### *Diseño con circuitos integrados*

Posteriormente vinieron los circuitos integrados, y con ellos un cambio en la concepción del diseño, en especial en el campo de la electrónica digital; estos circuitos llegaron a nuestro país con un retardo de aproximadamente 10 años (los primeros circuitos integrados de tecnología SSI aparecieron comercialmente en 1960 en Estados Unidos). Si con el anterior esquema se debían calcular sistemáticamente todos los parámetros del circuito, llegando hasta la especificación de las tolerancias mínimas de cada componente, con el nuevo enfoque se pasaba a pensar en términos de la función de transferencia, de bloques muy precisos, donde ya las especificaciones quedaban reducidas a mantener la compatibilidad entre los diferentes circuitos integrados, liberando al diseñador del problema del detalle y permitiéndole, según muchos, ser más creativo.

Sin embargo, para el caso colombiano esta última ventaja del diseño con circuitos integrados no tuvo el mismo efecto que en los países avanzados. Si en éstos el tener que ajustar el diseño teórico a los circuitos integrados existentes implicaba solo un paso más, en nuestro caso la restringida disponibilidad de los circuitos se convertía en la norma de diseño, truncándose de esta forma el proceso de refinamiento en un punto que, si bien presentaba una solución "óptima" y si se quiere apropiada, distaba mucho de ser competitiva comercialmente. Se diseñaba para los circuitos disponibles en nuestro casi inexistente mercado, existencia que dependía, y en cierta medida sigue dependiendo, de factores tales como la iniciativa de algunos visionarios, la necesidad de repuestos que imponían los

vendedores de electrónica de consumo, o simplemente del azar.

### *Diseño con microprocesadores*

Las restricciones que los circuitos integrados imponían a la "imaginación" de nuestros diseñadores cambiaron radicalmente con la aparición de los microprocesadores como circuitos disponibles para diseño. Con ellos el horizonte ya no se vio restringido tan drásticamente como con los de mediana y baja integración; se tenía ahora un circuito cuya función de transferencia era independiente de su estructura interna y que podía ser definida por el diseñador, con lo cual se dio un gran paso hacia la personalización del diseño.

Esta nueva concepción en la que, dependiendo de factores propios de cada ambiente de diseño, el soporte físico (hardware) y el soporte lógico

# **EL DISEÑO**

(software) se pueden balancear hasta lograr sistemas óptimos para un mercado determinado, permitió el renacer de la creatividad.

Se dio un gran paso, pero muchos de estos adelantos continuaron siendo parte de los laboratorios y bibliotecas universitarias, sin que todavía, ninguno de ellos haya tenido un desarrollo de tipo industrial.

### *Diseños con circuitos semi-preparados*

La utilización de microprocesadores comenzó pronto a mostrar sus puntos débiles. En muchos casos se subutilizan sistemas enteros, para realizar funciones simples. El potencial de los circuitos no se aprovecha en más del 10% y la ventaja que



presenta su utilización respecto a costos se pierde en la medida en que el volumen de producción aumenta.

Por otra parte, si desde el punto de vista de la flexibilidad los micros eran la solución óptima, en lo referente a la velocidad, los circuitos de uso general continuaron llevando ventajas. Adicionalmente, si pensamos en la complejidad física del circuito, o sea el número de componentes diferentes necesarios para realizar una función no muy compleja que debemos conectar sobre una misma tarjeta, tanto los micros como los circuitos de uso general quedan en igual desventaja, convirtiéndose este factor en un punto neurálgico del diseño.

Paralelamente al proceso de desarrollo de los microprocesadores,

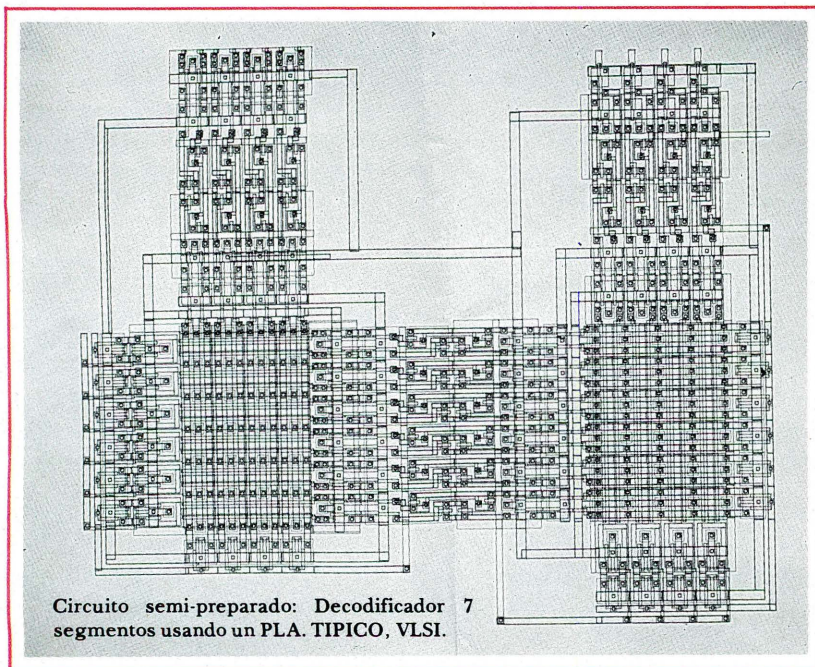
a nivel mundial se desarrollaron nuevas tecnologías de diseño tendientes a disminuir los costos y la complejidad de los procesos, con el fin de permitir la fabricación de circuitos integrados "personalizados", esto es, hechos en función de la aplicación para llenar el vacío entre los diseños basados en circuitos integrados de uso general en microprocesadores.

Con esta nueva tecnología se puede llegar a esbozar una solución sin restricciones de componentes, utilizando intensamente herramientas de simulación y modelaje, mediante las cuales se puede llegar a especificar, en muy corto tiempo, hasta el último de los elementos de todo sistema. El producto final de la etapa de diseño en vez de ser un ente físico, es un ente inmaterial: son los datos necesarios para la definición del proceso de producción con los cuales se solicita posteriormente la

fabricación del circuito a una de las múltiples empresas especializadas sólo en este tipo de producción bajo pedido.

Esta nueva técnica, que denominamos de circuitos semi-preparados (semicustom), presenta dos variantes principales: los circuitos prefabricados tales como los Arreglos Lógicos (Gate Array) o los ULA (Uncommitted Logic Array) y los circuitos pre-definidos dentro de los cuales están todos aquellos llamados circuitos VLSI (Very Large Scale Integration) con celdas normalizadas. Con estos circuitos, el diseño y la producción están claramente delimitados y definidos, de tal forma que ya no es necesario realizar grandes inversiones en el montaje de toda una infraestructura de producción de circuitos integrados para tener "chips" propios; una vez realizado el diseño se recurre a una de las múltiples "fábricas de silicio"

# ÑO ELECTRONICO Y SU EVOLUCION EN EL PAIS



Circuito semi-preparado: Decodificador 7 segmentos usando un PLA. TIPICO, VLSI.

Antonio García Rozo\*

\* Ingeniero electrónico. Vicedecano de Ingeniería, Universidad de los Andes. Carrera 1a. No. 18A-10. Bogotá.



existentes, para su realización física.

Esto implica que podemos aprovechar plenamente el potencial de nuestra mano de obra calificada en toda la fase de diseño, y sin necesidad de realizar grandes inversiones de capital, llegar a tener como solución viable para algunas de nuestras necesidades, un "chip nacional". Los costos de desarrollo y los volúmenes mínimos de producción han disminuido a niveles que ya hacen viable la producción de circuitos integrados semi-preparados en pequeñas cantidades. A manera de ejemplo la producción de 1000 unidades de un arreglo lógico puede tener costos del orden de 50 dólares la unidad, precio que es muy razonable si tenemos en cuenta que en

---

---

Para que cualquier esfuerzo que se haga... tenga éxito deberá contar con el concurso decidido de la universidad, la industria y el gobierno dentro de un marco que consulte la realidad de nuestro país.

---

---

uno de estos circuitos podemos poseer todo un controlador de proceso o una interfase de comunicaciones.

Estas nuevas tendencias, todavía incipientes en nuestro medio, nos ponen muy cerca de lograr soluciones autóctonas de alto nivel tecnológico para nuestros problemas en electrónica, sin necesidad de una infraestructura de producción tan costosa y de tan alto riesgo, no sólo financiero sino ecológico, como es la fabricación de los semiconductores, para la cual no sólo carecemos del capital, sino también de los insumos mínimos necesarios. Sin embargo, no debemos olvidar las limitaciones de nuestro mercado. Para que cualquier esfuerzo que se haga en esta dirección tenga éxito, deberá hacerse con el concurso decidido de la universidad, la industria y el gobierno dentro de un marco que consulte la realidad de nuestro país. ■

## ACERCA DE LA DI

El gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica está por aprobar la construcción del instrumento científico más fantástico de la historia de la humanidad: el superchocador de superconductores, cuya sigla SSC proviene de su nombre en inglés Superconductin Super Collider. El grupo asesor de física de altas energías, del Departamento de Energía de ese país recomendó, en julio de 1983, su construcción como una "acción prioritaria" pero no se conoce aun su ubicación ni su tamaño final, ello dependerá de la optimización de las condiciones técnicas y económicas que se derivan de las decisiones que encierra su construcción.

No obstante lo anterior, se conoce que en términos generales, el SSC será un anillo no menor de 90 km (28.6 km de diámetro) aunque tampoco mayor de 164.4 km (52 km de diámetro). El costo estimado para este proyecto es de 3.000 millones de dólares sin incluir el terreno, las construcciones civiles y el equipo periférico, lo que representa según funcionarios del gobierno norteamericano, responsable del mismo, el doble del costo del instrumento, o sea 6.000 millones de dólares.

De otra parte, se sabe con certeza que el SSC acelerará protones para lograr que ellos choquen las energías de un billón de electronvolts correspondiente a procesos nucleares que se realizan a temperaturas mayores que las existentes en el interior de las estrellas más calientes conocidas hasta ahora.

El instrumento antecesor más importante de este proyecto, lo constituye el supersincrotón de protones del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, CERN, construido hace varios años en Suiza por un grupo de naciones europeas occidentales, y reacondicionado recientemente para

convertirlo en el primer gran chocador de protones y antiprotones. El supersincrotón es un anillo de sólo 7 km de circunferencia (2.23 km de diámetro) cuya energía es 63 veces menor que la esperada del SSC. Los europeos están construyendo en el mismo sitio el gran chocador de electrones y positrones, LEP (Large Electron-Positron collider), que acelerará estas partículas a 100.000 millones de electronvolts, aparato constituido por un anillo de 27 km de circunferencia (8.6 km de diámetro).

Desde el punto de vista científico estos instrumentos representan una gran esperanza. Con ellos se seguirá explorando la naturaleza de la materia en sus capas más profundas y gracias al conocimiento que ya se está logrando, no sólo entenderemos mejor cómo y de qué estamos hechos sino que gracias a él aprenderemos más sobre nuestro origen.

La física de las partículas elementales nos ha permitido conocer la estructura de la materia en sus niveles básicos. Sabemos ahora, por ejemplo, que la materia de la cual está formado el universo está compuesta de dos familias de partículas: cuarks y leptones. La misma física ofrece igualmente los elementos necesarios para estudiar los primeros momentos de la evolución del universo. Así, sabemos que en su primer trillonésimo de segundo todo era una "sopa" de cuarks y de leptones, la cual a través de una serie de transiciones originó, tres minutos después, las partículas que ahora conforman el universo que conocemos.

Es indudable que el conocimiento básico adquirido a través de la física de las altas energías es de gran trascendencia, tiene profundas consecuencias en el pensamiento contemporáneo e influye en todas las ramas del conocimiento humano. De otra parte, el que el SSC esté hecho de su-