

Sin duda alguna, la Microelectrónica es hoy la más fundamental de las tecnologías que proporcionan progresivos avances en los mecanismos de la Información. También es comúnmente conocido que la evolución general de la Microelectrónica es muy rápida y que sigue pautas cuya regularidad se extiende ya a varias décadas de mejoras técnicas, en un panorama histórico con más de 25 años. Por esto, y por razones propias del modelo general de la innovación tecnológica, que ordena las necesidades sociales, los desarrollos técnicos y los logros científicos, resulta ser fácilmente acercable el futuro de la Microelectrónica.

Con sus especialidades industriales, la Microelectrónica prosigue como factor primordial del desarrollo global de la Electrónica, cuya producción viene incrementándose un 12% anual, esperándose, en previsión de mínimos, que en 1990 se alcanzará la cifra de 625.000 millones de dólares. (Fig. 1). Con un aumento propio de los semiconductores en torno al 15%, la participación de la Microelectrónica es ca-



Juan Mulet Meliá, es Doctor Ingeniero de Telecomunicación, Director del Departamento de Investigación y Desarrollo de la Compañía Telefónica.



Fernando Pérez Piñar, es Ingeniero de Telecomunicación, Subdirector en el Departamento de Investigación y Desarrollo de la Compañía Telefónica.

Una perspectiva de la Microelectrónica

Texto: Juan Mulet Meliá y Fernando Pérez Piñar

da vez mayor, esperándose que en 1990 estará en el 10% del mercado de los equipos electrónicos. En particular, en el año 1984 se observó un sorprendente crecimiento del 48%, seguido por un retroceso del 13% en 1985, cuya anomalía, completamente paralela a la ocurrida los años 1974 y 1975, expone la gran dinámica de este mercado y la costosa lección de que los circuitos integrados sólo dan su utilidad formando parte de aparatos y sistemas electrónicos. Por áreas geográficas, la producción de semiconductores corresponde en un 50% a Estados Unidos, 37% a Japón y 10% a Europa. Los diez primeros fabricantes de semiconductores son IBM, NEC, Hitachi, Toshiba, Motorola, Texas Inst., Fujitsu, Philips, Matsushita y National, cuyas producciones en 1986 se cifraron entre 3000 y 970 millones de dólares. Actualmente y en conjunto, la producción de circuitos integrados constituye el 80% de la cifra de semiconductores. En Europa, las aplicaciones de los circuitos integrados son, 29% de Telecomunicaciones, 25% de consumo, 20% industriales, 19% para Informática y 7% militares y espaciales.

Si durante la década de los años 50 fue la Electrónica Militar la impulsora de la Microelectrónica, en los años 60 los ordenadores y en la de los 70 la Electrónica de Consumo, en la presente década es sin duda la Telecomunicación la que ha tomado este papel dinamizador. En Europa, la distribución del consumo de circuitos integrados en equipos de Telecomunicación se estima para 1986, y en cifras aproximadas de coste, en un 46% para equipos de conmutación pública, 21% para los de conmutación privada, 23% para equipos y aparatos de periferia, 4% para transmisión y 6% otros. Estos circuitos integrados, por tecnologías y en coste son el 59% MOS y el 41% bipolares. Por otra parte, también es muy notable la rapidez

que se observa y espera en la introducción de Electrónica en los automóviles, desde 23\$ por vehículo en 1970, a 1.450\$ en 1985. Fig. 2.

En contraste con las aireadas fluctuaciones de los negocios de Microelectrónica, los perfeccionamientos tecnológicos prosiguen según esquemas evolutivos muy sencillos. Los chips se logran cada vez de mayores tamaños. (Fig. 3). Por ejemplo, las dimensiones típicas en los años 70 son 14 mm² y en los 90 serán 100.

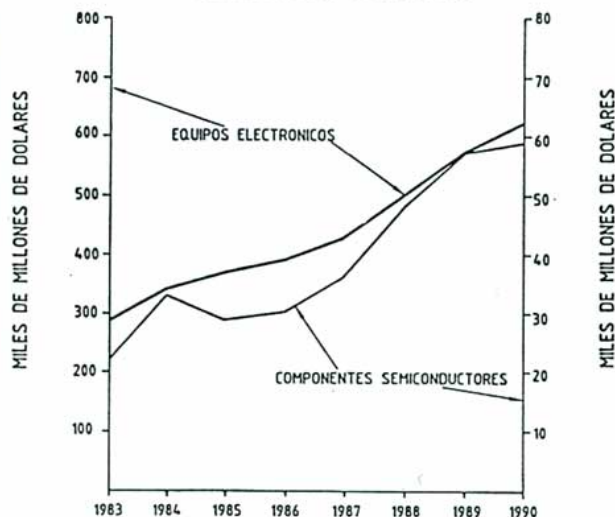
Al mismo tiempo, aumenta progresivamente la finura de los trazados microscópicos que configuran la morfología de tales circuitos, resultando por consecuencia las asombrosas complejidades y operatividades de los microprocesadores y de las memorias. (Fig. 4). En la actualidad, ya se experimentan en los laboratorios dispositivos básicos con trazados de 0,25 micras y de 0,1 micras por litografía de rayos X y de haz de electrones, y están en la fase de desarrollo los trazados de 0,8 micras para RAM CMOS de 4 megabits, cuyo tamaño de célula se sitúa en las 10 micras cuadradas. Todo esto se traduce en la continuada disminución de los precios promedios de venta, por bit y por transistor de los dispositivos comerciales. (Figs. 5 y 6).

Y también se observa, con un análisis más técnico, el perfeccionamiento continuado de las características fundamentales específicas de los dispositivos, esperándose retardos de puerta MOS menores de 100 picosegundos para 1990. (Fig. 7), y productos velocidad-potencia próximos a 10 femtojulios. (Fig. 8).

La curvatura que ya se inicia en las líneas descriptivas de esta evolución, expone gráficamente la proximidad del alcance de límites físicos esenciales de los materiales y de los procesos tecnológicos, pero sin duda el silicio seguirá siendo el ma-

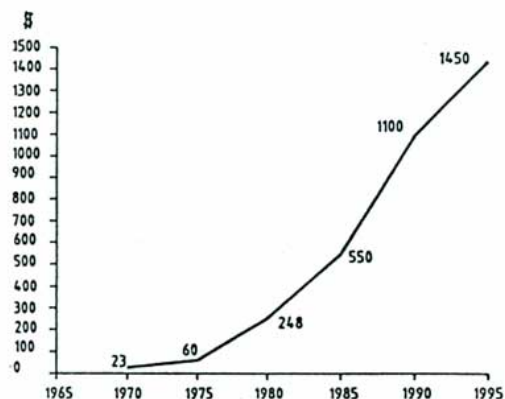
1

EVOLUCION DE LA VENTA DE EQUIPOS ELECTRONICOS Y DE SEMICONDUCTORES



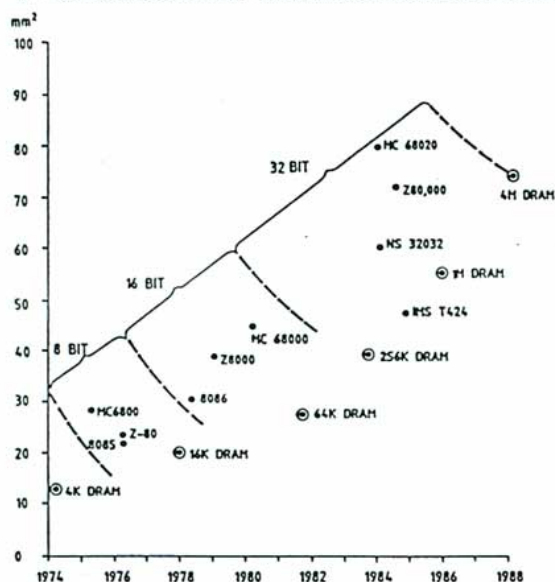
2

CONTENIDO EN ELECTRONICA POR AUTOMOVIL



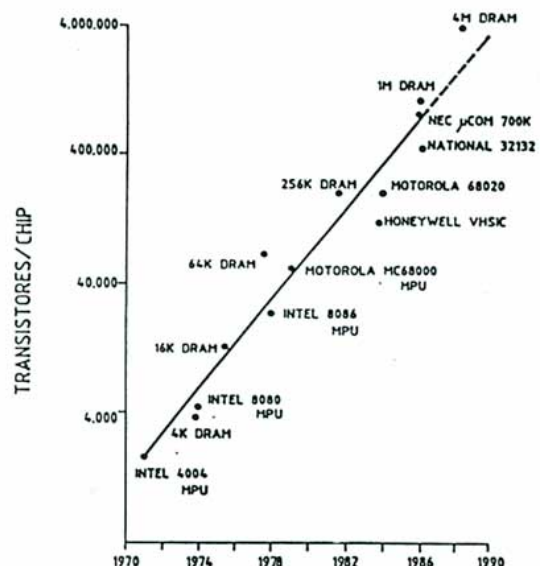
3

EVOLUCION DEL TAMAÑO DE LOS CHIPS



4

COMPLEJIDAD DE LOS CIRCUITOS



terial de base de más del 90% del negocio de los Semiconductores. Las cuantiosas inversiones realizadas, el dominio alcanzado en su manipulación, ayudado por su estabilidad y por las especiales propiedades de su óxido, no hacen esperar grandes cambios en el futuro. Algunos nichos que podrán llegar a ser importantes, no serán nunca satisfechos por el silicio, que carece de propieda-

des ópticas ventajosas, sin embargo cada día son más numerosos los avances tecnológicos publicados que demuestran la posibilidad de crecer otros materiales sobre él para poder fabricar dispositivos en zonas localizadas que recibirán o entregarán señales al resto del circuito que seguirá siendo implantado en el silicio.

Por lo que respecta al perfeccionamiento en la

operatividad de los microprocesadores, puede cifrarse hoy en 5 millones de instrucciones por segundo, que supone un factor de cinco con referencia al miniordenador VAX-11/780. (Fig. 9). En cuanto al dominio de las aplicaciones que ordenan los avances de los microprocesadores, se ha de apuntar, de acuerdo con Motorola Corp., que los modelos actuales más sofisticados, de

32 bits, con volumen de mercado cercano a los 20 millones de dólares, sirven a las máquinas de proceso de datos, inicialmente estaciones de ingeniería, "workstations" en expresión inglesa, y hoy desplazándose a otras utilidades.

Los productos piloto de procesos, "process drivers" en términos ingleses, son los dispositivos producidos en grandes cantidades que per-

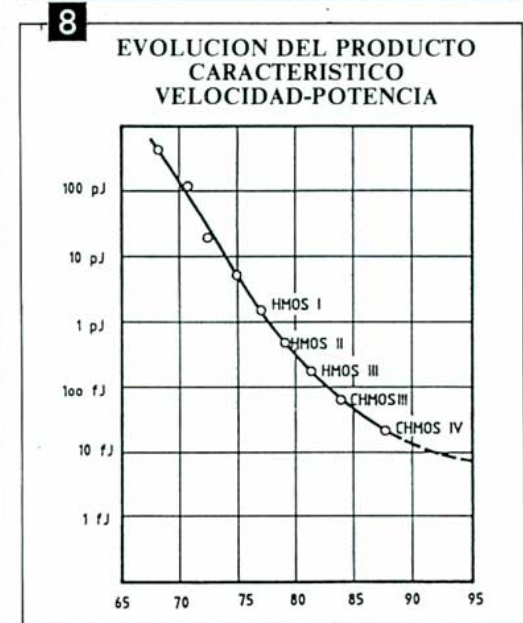
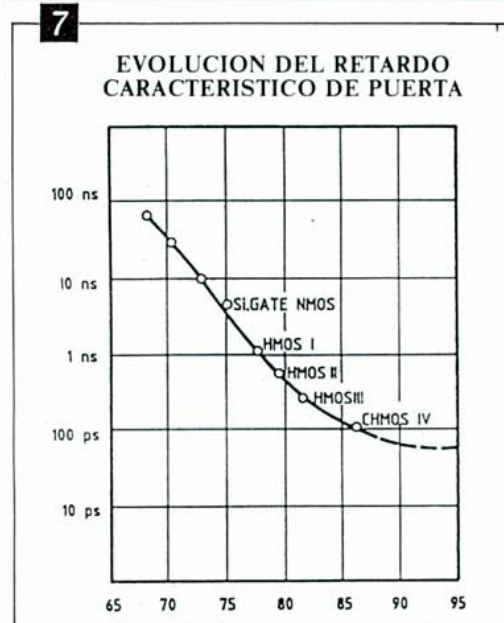
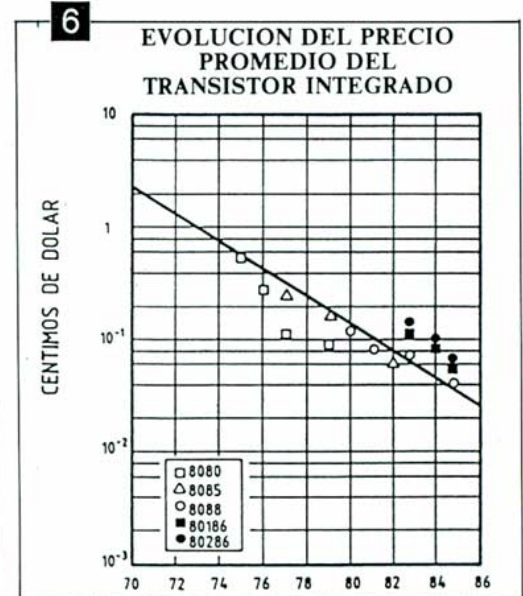
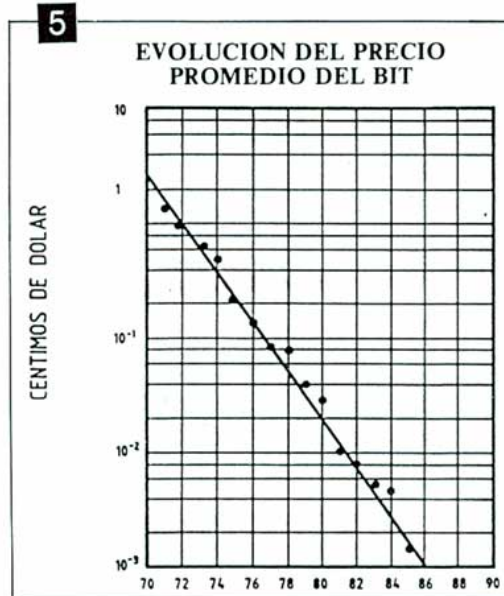
miten al fabricante ganar rápidamente en su experiencia con una nueva y avanzada tecnología. La mayoría de los fabricantes de circuitos integrados han tenido las memorias RAM dinámicas como producto piloto durante más de diez años. La evolución tecnológica de los procesos de fabricación sitúa en 1990 el tránsito a la submicrónica, con predominio del CMOS sobre el NMOS. En tal fecha, se espera un reparto de mercado de circuitos integrados comerciales que por tecnologías es 33% bipolar y 67% MOS, distribuido éste último en 47% CMOS, 17% NMOS y 3% AsGa. (Fig. 10).

Desde entonces, las reglas de diseño con base en las decimas de micra se corresponden con procesos de fabricación cuyos ambientes han de controlarse en partículas que midan incluso centésimas de micra. (Fig. 11), para lo cual se define la clase ambiental con la exigencia de no más de una partícula de tamaño mayor de 0,2 micras por cada pie cúbico de aire.

Una consecuencia del perfeccionamiento de las memorias dinámicas es el menor requerimiento de volumen para tal función electrónica. Se espera que las sucesivas reducciones de tamaño llevarán la densidad de DRAM, en la década de los 90, a cifras equivalentes a las del cerebro humano. (Fig. 12).

En la variedad de memorias semiconductoras, las DRAM constituyen el 39% de la producción, las EPROM el 25%, las RAM estáticas el 22%, las ROM el 10% y las EEPROM el 4%.

Junto a microprocesadores y memorias, los circuitos integrados concebidos para el procesamiento digital de las señales, son productos clave en la evolución de los equipos electrónicos. Actualmente sólo representan en conjunto el 3% de los circuitos integrados, esperándose que esta importancia relativa se habrá duplicado



en menos de cinco años. Más de la quinta parte de la totalidad de procesadores digitales de señal se aplica en Telecomunicaciones como equalizadores adaptativos, encriptadores, modems, compresores de datos y otros. Los procesadores de voz y los de imagen también tienen una tasa de desarrollo muy alta.

Las Redes Digitales de Servicios Integrados, por su magnitud de cobertura, estimulan la perspectiva de la aplicación a las Telecomuni-

caciones tanto de microprocesadores y de memorias, como de procesadores de señal, y, sin embargo, se aprecia una cierta retención en este nuevo y emergente mercado, retención que se justifica por la necesidad de normativa técnica que asegure la compatibilidad de las redes y los servicios.

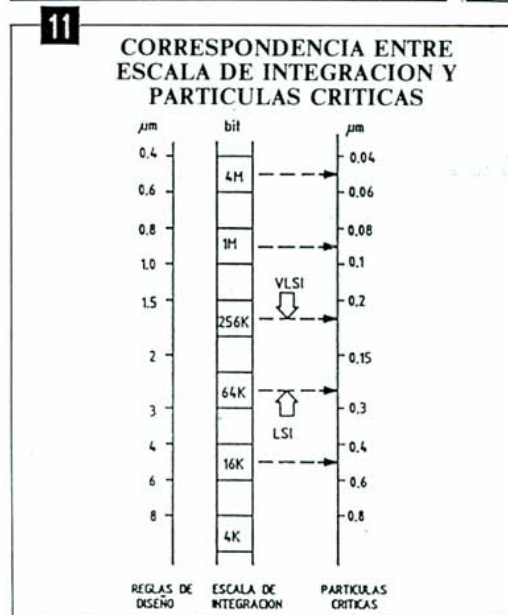
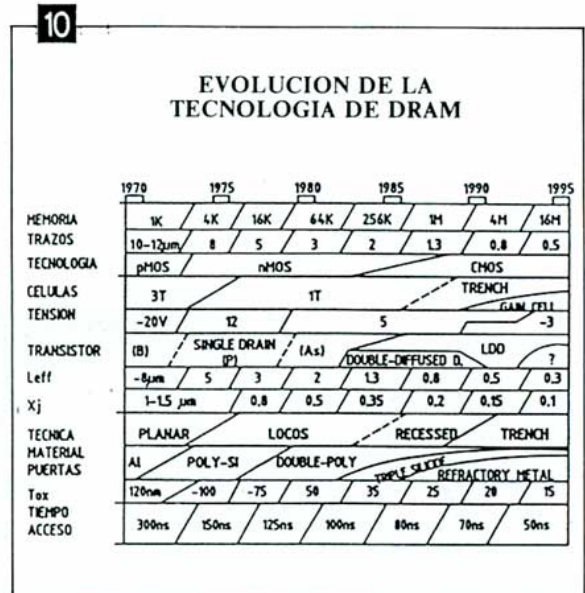
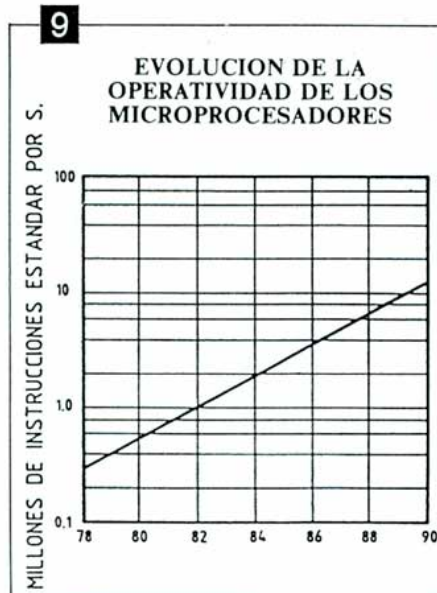
La reserva que los fabricantes de equipos electrónicos en general, hacen de la experiencia que poseen sobre concepción y desarrollo de sistemas, la necesidad

“
Hoy es la
Telecomunicación
la que ha
tomado el papel
dinamizador de la
Microelectrónica.
”

imperiosa que tienen de realizar aparatos fundamentalmente distintos utilizando las más avanzadas tecnologías, y, por otra parte, la tremenda competencia industrial en las tecnologías de los componentes electrónicos, son los factores primordiales del desarrollo de circuitos integrados de aplicación específica y de las distintas modalidades de diseño para clientes, como son las denominadas "puertas prefabricadas", "librerías de células estándar" y otras, con diferentes rendimientos operativos. (Fig. 13). Estas formas de diseño progresan sobre interfaces de ingeniería constituidas por miniordenadores potentes especializados para esta técnica como estaciones de trabajo. Desde 1984 hasta 1990 la participación de los circuitos de aplicación específica en el mercado mundial de semiconductores pasará de ser un 8% al 14%. En 1987, el mercado de estaciones de trabajo especializadas para la ingeniería, se cifran en ingresos de 4.500 millones de dólares, con IBM a la cabeza, seguido por Intergraph, Computervision, Calma, Mentor, Applicon y otros.

A medida que la Microelectrónica progresa con dispositivos integrados más densos, más complejos y más rápidos en su funcionamiento, ha de perfeccionarse la conexión de unos dispositivos con otros, para formar los aparatos, y por consecuencia se promueve la renovación de las técnicas, observándose cierto paralelismo evolutivo en los circuitos impresos, (Fig. 14), y un impulso de la tecnología de montaje de componentes en superficie. Para el futuro, con realidades ya presentes, se apunta la interconexión por medio de fibras ópticas entre módulos electrónicos, e incluso directamente a través del aire entre dispositivos electroópticos.

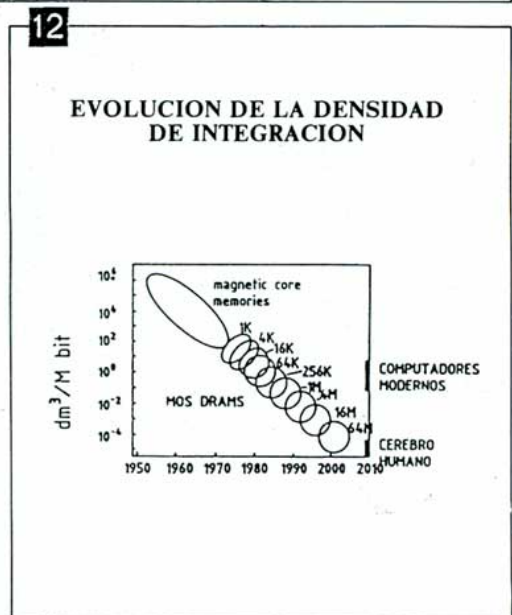
En la panorámica general de la industria microelectrónica se destaca como carácter propio de la rápida



renovación tecnológica, el fenómeno de la aparición sucesiva de muy numerosas empresas pequeñas muy agresivas en los nichos de mercado que ha escogido, y con resultados sorprendentemente positivos. En la última década se han creado 130 nuevas empresas en la industria del semiconductor, lideradas por expertos del sector, con un promedio de 150 empleados. Al final de año se estima que totalizarán en su conjunto unos ingresos cifrados en 2.000 millones de dólares, teniendo

situadas sus actividades en los distintos productos de microelectrónica, destacando los circuitos integrados de aplicación específica. Entre estas empresas están, Chips and Technologies, Adaptec, Weitek, Orbit, Cypress y otras.

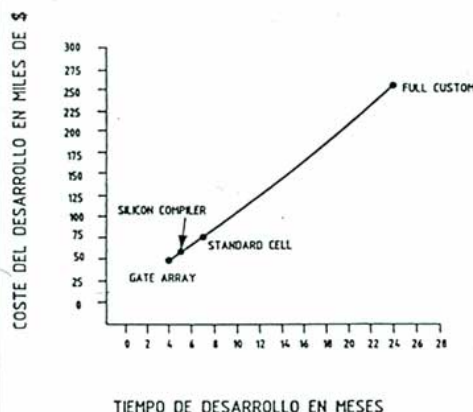
Un nuevo sector especial de la Microelectrónica es el denominado de "potencia inteligente" o "Smart Power" en términos ingleses, que se refiere a la producción de chips monolíticos que integran algún dispositivo de potencia y la lógica



necesaria para su excitación y control. En las potencias medias manejan 200 voltios y 100 miliamperios, en potencias altas 400 voltios y 10 amperios, y en muy alta potencia permiten controlar 1.500 voltios y hasta 100 amperios. Las aplicaciones típicas son los paneles de presentación visual, las fuentes de alimentación, motores, actuadores de robótica, iluminadores, y otras. Los procesos del semiconductor son especiales CMO, BiMOS, DMOS, etc., concebidos para esta

13

COSTES DE DESARROLLO



clase de dispositivos que han de soportar voltajes grandes, intensidades elevadas y, a la par, lograr el funcionamiento seguro de la lógica de control. La cifra actual del mercado se sitúa en torno a 200 millones de dólares, estimándose que alcanzará 650 millones en 1991.

En una primera prospectiva tecnológica del futuro pueden señalarse como temas tecnológicos la integración a escala de oblea, significada en las siglas WSI, y la formación de circuitos integrados tridimensionales. Con proyección de utilidades aún más alejada del presente, son temas relevantes de investigación, los transistores balísticos y los "biochips".

En expresión resumida la integración a escala de oblea tiene como propósito el utilizar una oblea completa, sin trocearla en chips, para formar un sistema electrónico muy complejo. Con esto se pretenden varias ventajas, como mayor velocidad de conmutación al disminuir la longitud de interconexiones, disminución del consumo eléctrico por re-

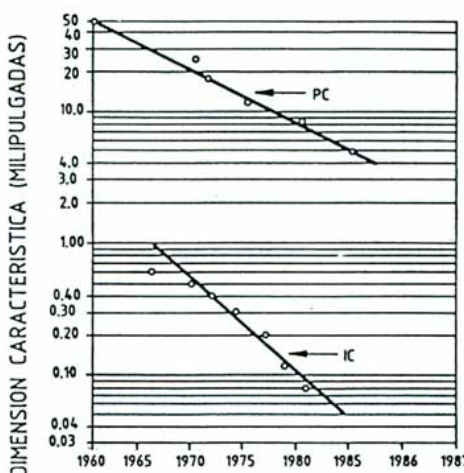
querirse menos adaptadores de conexión, aumento de las posibilidades de interconexión, reducción del volumen, incremento de la fiabilidad total y, menor coste total del sistema.

El concepto de integración a nivel de oblea fue propuesto por Jack Kilby de Texas Instruments en la década de los sesenta, y hasta ahora ha demostrado grandes dificultades de realización práctica, no obstante haberse logrado ya algunos dispositivos totalmente operativos. Actualizaciones del concepto de Aubusson y Catt para memorias serie pueden servir de base ahora a Sinclair Research en su proyecto de unidad de memoria masiva de 1/2 Mbytes para el ordenador QL.

Los circuitos integrados tridimensionales son estructuras de circuito formadas en varias capas de semiconductor, superpuestas e interconectadas, lográndose una mayor densidad de integración. En 1985 Mitsubishi Electric Corp. desarrolló el primer circuito integrado en una estructura de tres niveles. La primera capa de este

14

EVOLUCION DE LAS REGLAS GENERALES DE DISEÑO PARA CIRCUITOS IMPRESOS (PC) Y PARA CIRCUITOS INTEGRADOS (IC)



dispositivo contiene transistores NMOS con canal de 2 micras, transistores CMOS con canal de 3 micras en su segundo nivel, y dispositivos fotosensores en el tercer nivel. El proceso del semiconductor seguido para el primer circuito tridimensional incluye la recristalización del silicio con láser de 5 a 6 vatios.

En 1985 los Laboratorios Bell informaron estar desarrollando una nueva estructura básica de transistor, denominada "transistor balístico" para significar que en ella, los electrones alcanzan velocidades próximas al máximo teórico. El parámetro clave es la longitud de canal, que reducida a décimas de micra permite el paso, sin colisiones, a los electrones. Actualmente se investigan estas estructuras con geometrías de 0,1 a 0,3 micras, en los Laboratorios Bell, C.N.E.T., Universidad de Cornell, IBM, MIT, proponiéndose tiempos de conmutación de 1,5 picosegundos.

Finalmente, una de las pretensiones más exóticas que se proponen como alter-

nativa futura a las actuales estructuras semiconductoras, son los denominados "biochips", que hacen uso de moléculas orgánicas, como son las proteínas, para formar estructuras de cómputo. Estas investigaciones en el campo de la electrónica molecular reciben en conjunto un fondo anual que se cifra en 100 millones de dólares, destacándose por su actividad los Laboratorios Gentronix, Marsushita, Instituto Tecnológico de Tokyo, ATT, NEC, Hitachi, Sharp, Sony, Canon y Genex Corp.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) La previsible evolución de la Microelectrónica, J. Mulet Meliá. BIT Núm. 15. Marzo/Abril 1981.
- (2) Telecommunications Technology to the Year 2000. CEPT. DOC. N° 200. January 1987.
- (3) Applications de la Microelectronique dans les Telecommunications, M. Camus. CNET. 08. 1985.
- (4) Status 1986. Integrated Circuit Engineering Corp.
- (5) Perspectiva Industrial de la Microelectrónica, E. Lora-Tamayo y F. Serra. Mundo Electrónico, N° 174. 1987.
- (6) Microprocessor Technology Trends, G.J. Myers et al. Proceedings of the IEEE, VOL. 74, N° 12. Dec. 1986.
- (7) Semiconductor Memory Trends, S. Asai. Proceedings of the IEEE. VOL. 74, N°12. Dec. 1986.
- (8) Microprocessors: Who buys what and why, S. Tsantes. electronica Business. Oct. 1986.
- (9) Unrest in the CAE/CAD/CAM industry, A.M. Hayashi. Electronic Business. Junio 1987.
- (10) Growing Interdependence within the Microelectronics Industry: An Overview Perspective, R.D. Rust and D.A. Doane. Solid State Technology. June 1986.
- (11) Optical interconnects replace hardwire, L.D. Hutcheson and P. Hangen. IEEE Spectrum. March 1987.
- (12) Smart power: Micro mix makes a macro market, M. Kleibowitz. Electronic Business. April 1987.
- (13) The upstart start-ups, V. Rice. Electronic Business. Aug. 1987.
- (14) Introducing wafer-scale integration, W. Moore. Silicon Design. January 1986.
- (15) Laser recrystallization stratifies three levels of silicon on a single chip, D. Bursky. Electronic Design. May. 1985.