

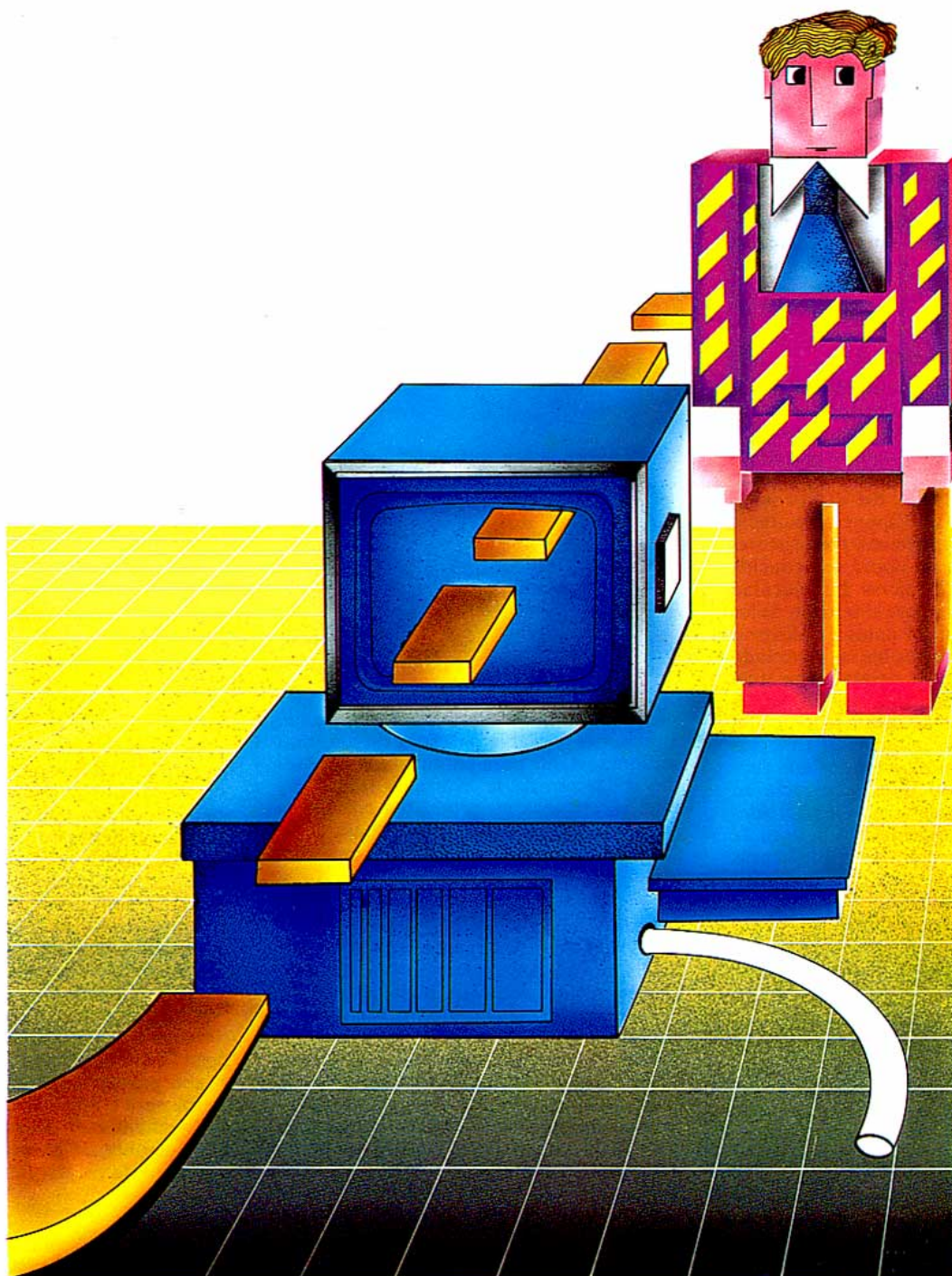
Las fronteras de la informática

En los últimos treinta y cinco años, las tecnologías de proceso de la información han ido progresando en cuanto a capacidad con un factor de 10 cada cinco años.

Los avances en tecnología de semiconductores, desde las válvulas de vacío hasta los circuitos integrados pasando por los transistores, han contribuido a ese rápido caminar. Este progreso en materia de hardware ha sido casi igualado por un similar, aunque no tan espectacular, desarrollo en software y algoritmos numéricos.

De los frentes abiertos en el desarrollo informático se han incluido algunos más acá y otros más allá de las fronteras de la informática, tal como las concebimos para los próximos años:

- Una breve prospección de la potencia alcanzable por la tecnología informática con los próximos decenios en mente.
- Un trabajo sobre Arquitecturas de computador (¡con perdón de los que dicen ordenador!) para proceso de imagen y visión artificial, a cargo de MATEO LUQUE y JOSE P. RUEDA, ambos de la U.P.M.
- Un artículo sobre Generación de imágenes por computador en tiempo real, de PEDRO GARCIA VEGA (CE SELSA) introduce la problemática de la generación de gráficos para simulación o animación.
- Una iniciativa de tanta resonancia como la de Defensa Estratégica (SDI), los aspectos informáticos que en su concepción y desarrollo la sitúan más allá del estado del arte, se describen en un trabajo de redacción.
- Los aspectos software de la SDI permiten a DAVID L. PARNAS un experto en ingeniería software, evaluar el estado de esta tecnología en sí en el extracto de un trabajo de gran resonancia no publicado antes en castellano.
- D. MARAVALL (UPM), en su extenso artículo, cierra el monográfico con un tratamiento bien completo de los Microprocesadores de 32 bits y aspectos (RISC-CISC) relacionados.



Las fronteras de la informática

Cuando hablamos de informática, nos encontramos ante una de las tecnologías que mayor crecimiento han experimentado en los últimos años. Las perspectivas para el año 2000 en sistemas de cálculo avanzado, arquitecturas paralelas y, sobre todo, los temas “estrella”, como son la inteligencia artificial y los sistemas expertos, son objeto de comentario en el siguiente artículo.

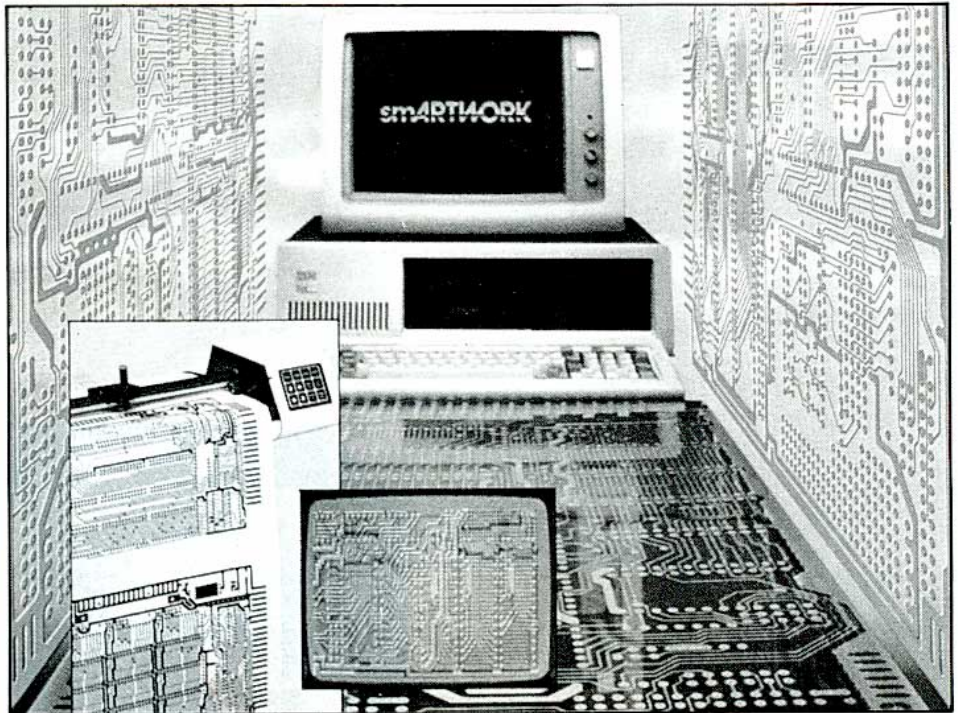
En los últimos treinta y cinco años, las tecnologías de proceso de la información han ido progresando en cuanto a capacidad con un factor de 10 cada cinco años. Los avances en tecnología de semiconductores, desde las válvulas de vacío hasta los circuitos integrados pasando por los transistores, han contribuido a este rápido caminar. Este progreso en materia de hardware ha sido casi igualado por un similar, aunque no tan espectacular, desarrollo en software y algoritmos numéricos.

Microelectrónica

La tecnología microelectrónica puede estar cerca del final de su período de crecimiento exponencial. Previsiblemente, al final de la década de los 80 o principios de los 90, se habrá alcanzado el límite físico en cuanto a implementación del VLSI con las tecnologías de que se dispone actualmente. La geometría de los actuales transistores de efecto de campo no podrá ser reducida por debajo de las 0,25 micras. La velocidad a la que está reduciéndose el tamaño de los dispositivos se saturará antes de alcanzar ese límite. Para hacer posible el proyectado crecimiento, habrán de desarrollarse nuevas técnicas microelectrónicas. En el momento actual, las más prometedoras son aquellas que usan circuitos "3D" (integración en 3 dimensiones); circuitos con funciones digitales modulares, que incluyen funciones más complejas que los actuales elementos lógicos (necesarios a la hora de minimizar interconexiones); y estructuras submicra, que aprovechan principios físicos no utilizados en las actuales CI y que pueden ser desarrollados hasta los límites de las leyes físicas fundamentales y que solucionan el problema de la interconexión.

Estos continuos avances conducen a circuitos integrados digitales cada vez más complejos. Debido a que un elevado número de funciones de un sistema ha de ser integrado dentro de un chip, el diseño de estos componentes será una parte integral del sistema total. El auto-test interno y otras propiedades que contribuyen a la alta integración serán automáticamente incluidas en el diseño de cada chip. Cuanto más complejos sean estos componentes, los fabricantes de semiconductores se preocuparán de encontrar productos especiales en los que los gastos de desarrollo pueden ser amortizados en base a grandes volúmenes de fabricación. La popularización de los microprocesadores de 32 bits (ver en este número el trabajo de D. Maravall), ya estén basados en conjuntos de instrucciones complejos, como la mayor parte de los comerciales, o conjuntos simplificados (filosofía RISC), es una muestra de las tendencias hacia el VLSI estándar.

Los actuales esfuerzos dentro de la industria del semiconductor para establecer "fundiciones de silicio" que puedan servir como soporte de fabricación para una variada gama de diseños, cada uno de los cuales con un muy pequeño volumen de



La integridad se logrará a través de hardware/software integrado tolerante a fallos.

producción, serán apoyados activamente. Una activa y viable industria de este tipo será importante para permitir una adecuada utilización de la avanzada tecnología microelectrónica en productos con líneas de producción relativamente pequeñas.

Componentes

Con los rápidos avances en tecnología de dispositivos microelectrónicos, tanto de procesamiento como de almacenamiento de información, la densidad de los componentes lógicos y de memoria se espera que continúe multiplicándose con un factor de 10 cada cinco años hasta final de siglo. El coste de fabricación de cada chip comenzará a subir cuando se llegue al rango de la fracción de micra, pero la capacidad de coste por unidad continuará en declive.

La capacidad de almacenamiento de información presenta una tasa de crecimiento similar, aunque más lenta, que la tecnología de semiconductores. La densidad de almacenamiento magnético viene multiplicándose por un factor de cuatro cada cinco años, ritmo que se espera continúe. Sin embargo, este ritmo llevará a muchos y diferentes balances económicos entre almacenamiento "on-line" y almacenamiento magnético "off-line".

La actual tecnología de almacenamiento óptico proporciona aproximadamente un incremento de un orden de magnitud en la capacidad por unidad. Su densidad se espera que crezca a un ritmo ligeramente más lento que el de la tecnología magnética. Los video-discos representan otra posibilidad para el futuro con capacidades medibles en Gbits de almacenamiento.

Procesadores

La arquitectura de Von Neumann, que ha sido el modelo dominante en las máquinas de cálculo hasta ahora, está inherentemente limitada por su operación secuencial. El rendimiento máximo está limitado por el tiempo de propagación de las señales. Este último impediría períodos de reloj menores que 1 nseg; así, el rendimiento máximo posible para estas máquinas viene a ser del orden de 10^9 instrucciones por segundo. Para avanzar más allá de este punto se requieren arquitecturas paralelas (ver, en este mismo número, el trabajo relacionado con "Arquitecturas de visión artificial"), que emplean miles de procesadores y que pueden estar disponibles efectivamente para el año 2000. Estas arquitecturas serán altamente distribuidas, utilizando agrupaciones de procesadores y con control local de recursos del subsistema.

Arquitecturas de sistemas y subsistemas

Los sistemas de cálculo capaces de más de 1000 GFlops (1GFlops = 10^9 op. en coma flotante) y conteniendo más de 10 millones de palabras de memoria de acceso aleatorio estarán en uso a finales de siglo. La gestión de información y las funciones de procesamiento simbólico estarán integradas junto con el cálculo numérico. Máquinas multiprocesador de menor escala controlarán estaciones de trabajo orientadas a aplicaciones de gráficos por computador (ver el artículo referido a "Gráficos por computador" en este mismo número) que estarán conectadas a sistemas de gran escala. Estas estaciones de trabajo podrán adaptarse fácilmente a varias disciplinas de uso y a usuarios individuales. Las estacio-

nes de trabajo por sí mismas tendrán un poder de cálculo entre 100 y 1000 MIPS, (1MIPS = 10^6 inst. por segundo), con operandos de 32 bits y podrán contener más de 50 palabras de RAM. El almacenamiento será óptico o bien una combinación entre óptico y magnético con una capacidad de 10 a 100 Gigabyte. Los displays tendrán un hardware especial para la manipulación dinámica de imágenes de color con una resolución de más de 8 K x 8 K pixels (puntos). Estas estaciones podrán interaccionar con un entorno de sistemas distribuidos y aparecerán como una extensión local de un sistema computador de gran rendimiento.

Los mayores problemas con los que se encuentra el desarrollo de las futuras máquinas distribuidas y super rápidas implican a la memoria de una u otra manera. En primer lugar, los sistemas de proceso avanzados continuarán estando limitados por la capacidad de memoria, que a su vez lo estará por la tecnología de componentes y por las limitaciones de tiempo de acceso inherentes a las grandes estructuras de direccionamiento. Se requerirán mejoras significativas en la capacidad de memoria para obtener los proyectados sistemas de alta resolución. A causa del amplio paralelismo esperado en los sistemas del futuro, se necesitarán grandes redes de interconexión de gran ancho de banda que permitan una efectiva transferencia entre procesadores y memorias.

Uno de los principales objetivos de los sistemas de cálculo avanzados es una gran integridad dentro del sistema. Se requieren significativos avances en componentes, arquitecturas, software, algoritmos e interfaces humanos. Será necesario un énfasis en I+D en el área de multiprocesadores tolerantes a fallos.

Software

Para el año 2000, algunos algoritmos básicos para la gestión efectiva de arquitecturas paralelas y distribuidas deberán ser puestos en uso en las arquitecturas de sistemas de gran resolución. Estarán disponibles algoritmos paralelos para tipos de proceso altamente estructurados, como álgebra lineal y procesamiento de imagen.

Los nuevos intentos de descripción de procesos que serán desarrollados facilitarán el uso de paralelismos a gran escala y acelerarán la integración de las comunicaciones y la información dentro de sistemas de alta resolución.

El actual estado del arte en validación y verificación es inadecuado para arquitectura avanzadas. El aumento de la capacidad de diseñar e implementar sistemas complejos ha sobrepasado la de verificar, comprobar y modificar tales sistemas.

Es necesaria una teoría y metodología que abarque prueba y verificación. Las técnicas efectivas de resolución en presencia de ambigüedad e incertidumbre han de estar disponibles lo antes posible.

La Iniciativa de Defensa Estratégica o, más precisamente, sus puntos débiles, tie-

“

*La tecnología
microelectrónica
puede estar cerca del
final de su período de
crecimiento
exponencial.*

”

nen mucho que ver con la falta de metodologías de desarrollo que garanticen la integridad y la fiabilidad de los sistemas de gran escala (ver la colaboración de D.L. Parnas sobre los “Aspectos software de la IDE”).

Inteligencia artificial y sistemas expertos

La inteligencia artificial es un área que está muy de moda actualmente. La tecnología para implementar subsistemas semi-inteligentes estará disponible a final de siglo.

Un sistema experto consiste en un “motor de inferencias” que se usa para interpretar la situación actual basada en las entradas actuales al sistema y en las reglas que describen las dependencias, relaciones, etc. Los motores de inferencias pueden analizar lógicamente una situación dadas las entradas y las reglas que previamente están en la “base de conocimientos”. Adicionalmente, un motor de inferencias puede “explicar” cómo obtuvo las conclusiones a que llegó.

Para finales de siglo, los sistemas expertos especializados serán de uso común y podrán contener regularmente desde unos cientos a varios miles de entradas y reglas. En esos futuros sistemas expertos, los usuarios podrán planificar el sistema añadiendo o cambiando estas reglas o entradas en la base de conocimiento.

Los términos “inteligencia artificial” y “sistemas expertos” pueden ser fácilmente malinterpretados por quienes no estén al

corriente de dichas tecnologías, conduciendo a una propensión a su incorrecta aplicación. Al igual que cualquier sistema, un sistema experto será capaz de llevar a cabo solamente las funciones para las que el diseñador o experto le programe.

Los más significativos avances en sistemas expertos no están precisamente en los mecanismos de ejecución sino, más bien, en cómo adquirir y organizar conocimientos sobre aquellos dominios en los que los sistemas van a ser aplicados. Estos avances se dirigen hacia el actual cuello de botella en el uso de los sistemas expertos: el proceso manual de adquisición, organización y estructuración de la base de conocimientos; actividad que es, actualmente, muy tediosa y puede involucrar, a menudo, de cinco a siete hombres/año de esfuerzo para desarrollar una base de conocimiento de 1000 reglas. Los sistemas expertos actualmente en desarrollo no alcanzarán grandes bases de conocimiento y dominios de aplicación. Estos sistemas se pueden implementar para aquellas aplicaciones que son más bien limitadas en cuanto a su alcance y que pueden tener sus reglas o esquemas de relación explícitamente definidas y codificadas. El uso de tales sistemas hoy está restringido a aplicaciones en las que el tiempo no es un factor crítico. Para el año 2000, los sistemas expertos serán usados en aplicaciones de tiempo real, aunque sólo en aquellas con una relativamente pequeña base de conocimientos. También en este asunto, D.L. Parnas ajusta cuentas con el bajo nivel de desarrollo de la tecnología de la IA y los sistemas expertos.

Interfaz hombre-máquina

Para el año 2000, la funcionalidad y velocidad de los ordenadores y de las tecnologías de la información serán utilizadas para un significativo aumento de la capacidad de los usuarios. Considerando la cambiante situación y presentando sólo aquella información correspondiente a un estado determinado, los futuros interfaces hombre-máquina permitirán al usuario centrarse en el proceso de decisión, manejo de excepciones e implementación y desarrollo de estrategias. ■