

Cuadernos CDTI

Centro para el Desarrollo  
Tecnológico Industrial.  
Ministerio  
de Industria y Energía.

**El microprocesador  
en la industria**



Cuadernos CDTI

Enero, 1983

Centro para el Desarrollo  
Tecnológico Industrial.  
Ministerio  
de Industria y Energía.

**El microprocesador  
en la industria**

Depósito legal: M. 1.200-1983  
ISBN: 84-500-8306-0  
Diseño Gráfico: TRAMA 3  
Fotomecánica y Fotocomposición:  
CASTELLANA, S. A.  
Solana de Luche, 11  
MADRID-11  
Imprime: PRAL, S. A.  
Belmonte de Tajo, 12  
MADRID-19

**CDTI Enero 1983**

Desde el final de los años 70 el microprocesador se ha hecho protagonista de una nueva revolución que tiende a inundar prácticamente todas las actividades del hombre.

Su importancia viene asociada no sólo al hecho de integrar centenares de miles de componentes en una lámina de silicio de 25 mm<sup>2</sup>, sino también al de incluir toda la estructura de un ordenador. El concepto de programa almacenado, con toda la potencia de manipulación de información que ello supone, puede incorporarse, así, a cualquier dispositivo, aparato, equipo o sistema.

Su impacto es tal que su producción y empleo configuran nuevos planteamientos políticos, industriales, económicos, estratégicos, educativos y sociales. Nada escapa a la revolución del microprocesador, actualmente último eslabón de un proceso de miniaturización y empaquetamiento de componentes electrónicos.

Es normal, pues, que las revistas técnicas especializadas y la prensa profesional traten el tema de la microelectrónica desde todos los ángulos posibles. Que lo haga con profusión la prensa diaria, la radio, la televisión y las revistas de todo tipo, es claro síntoma de la decisiva importancia de la incorporación del microprocesador en la vida ordinaria. Los políticos incluyen en sus discursos referencias a la microelectrónica y la incorporan al texto de sus programas de Ciencia y Tecnología, como campo prioritario en la asignación de recursos a I + D.

El microprocesador es, sin duda, el acontecimiento tecnológico más significativo de nuestro siglo.

Sin embargo, las inversiones necesarias para dominar la tecnología de su desarrollo y producción son muy altas. Montar una sola estructura de producción de componentes microelectrónicos generales, se puede cifrar en el orden de 10.000 millones de pesetas.

Inglaterra ha presupuestado, en 1981, una cantidad del orden de 2.000 millones de pesetas sólo para la difusión e introducción de la tecnología asociada al microprocesador en la escuela secundaria. El título del programa es significativo: "Micro-electronic Education Program", y tendrá una duración de tres años. Para ayudar a la incorporación del microprocesador en toda la industria, en particular no electrónica, estableció un plan específico de promoción, consulta y asesoramiento que ya es popular en toda Europa. Es el "Microprocesor Application Project", en cuyo desarrollo se han invertido 10.000 millones de pesetas.

El Plan Farnaux, en Francia, pretende equilibrar la balanza comercial, crear 80.000 puestos de trabajo y asegurar una independencia tecnológica. Para ello prevé una inversión de 140 mil millones de francos (unos dos billones de pesetas), en cinco años. Cubrirá no sólo aspectos concretos de la microelectrónica, sino también las derivaciones de su aplicación en las comunicaciones, la informática y otras áreas industriales vinculadas.

La creciente automatización de los procesos productivos que origina la incorporación de la microelectrónica está creando profunda inquietud social en base a su incidencia sobre el fenómeno del desempleo. Sin embargo, sería desacertada una política industrial que la ignorara, ya que la salida de la crisis actual pasa por el incremento de la productividad y de la competitividad de los productos en los mercados internacionales, efectos que produce la microelectrónica.

Cuando una tecnología evoluciona con relativa lentitud, las estructuras industriales y sociales se van acomodando a ella progresivamente, sin traumas. El microprocesador, por el contrario, marca tal ruptura en el planteamiento conceptual, que concita los sentimientos de incertidumbre, desasosiego o esperanza, típicos de cualquier revolución.

El presente Cuaderno CDTI trata de ser un medio para hacer conocer a todos los sectores industriales, económicos y políticos, a los medios de comunicación y a la sociedad en general, los múltiples aspectos relacionados con esta tecnología. Ha sido elaborado por la Asociación para el Desarrollo de la Tecnología y Aplicaciones de Microprocesadores (ADAMICRO), entidad promovida por el Ministerio de Industria y Energía.

En él se incluye un planteamiento técnico que pretende, dentro de su rigurosidad, ser lo más asequible a los no expertos. Considera el papel del microprocesador como base de las más diversas aplicaciones y su impacto en la industria. Como base de referencia a posibles acciones que puedan ser adoptadas en España, se mencionan algunos de los programas puestos en marcha por determinados países europeos.

Hay que decir que desde el momento en que se elaboró este documento hasta la fecha de hoy, se han producido nuevas inversiones y ha aumentado la importancia que los gobiernos prestan a este fenómeno.

Con esta publicación, en definitiva, se pretende ampliar y aumentar el conocimiento y difusión de los microprocesadores. El CDTI colabora así a impulsar la idea de que hoy el desarrollo económico y social del país necesita de la moderna tecnología microelectrónica y de sus aplicaciones. Sin ella no hay futuro.

JOAN MAJO CRUZATE  
Director General de  
Electrónica e Informática.  
Ministerio de Industria y Energía

## INDICE

<b>Introducción</b>	7
Objetivos de este Cuaderno . . .	11
Conclusiones y recomendaciones . . . . .	12

### DOCUMENTO BASE

<b>Antecedentes técnicos</b>	19
El ordenador: su origen y evolución . . . . .	19
Tecnología de los componentes . . . . .	20
Proceso de producción de circuitos integrados . . . . .	21
Familias de semiconductores . . . . .	24
Arquitecturas . . . . .	25
Funcionamiento elemental . . . . .	26
Programación . . . . .	28
<b>El microprocesador</b>	31
Diseño con microprocesadores . . . . .	35
Dónde aplicar microprocesadores . . . . .	36
Por qué aplicar microprocesadores . . . . .	39
Consideraciones en la selección de microprocesadores . . . . .	41
<b>Sistemas de desarrollo</b>	43
<b>El microprocesador y la empresa</b>	46
El impacto del microprocesador en la empresa . . . . .	46
<b>Aplicaciones del microprocesador</b>	50
Productos de consumo . . . . .	51
Aplicaciones industriales . . . . .	56
Campos diversos . . . . .	60
<b>Actuaciones europeas en este campo</b>	61

### ANEXOS

<b>I. Relación de principales fabricantes de microprocesadores</b>	65
<b>II. Características de los diferentes tipos de microprocesadores</b>	67
<b>III. Bibliografía</b>	69

## INTRODUCCION

Desde la puesta en marcha del primer ordenador a mediados de la década de los 40, y hasta los momentos actuales, no ha dejado de sentirse ni un momento, el proceso de avance acelerado de la electrónica. Así, se ha pasado de la válvula, como elemento activo, al transistor, y de éste al circuito integrado, que ha ido conteniendo cada vez más y más elementos.

Primero fueron los circuitos SSI (Small Scale Integration) a los que siguieron los MSI (Medium Scale Integration), LSI (Large Scale Integration) y VLSI (Very Large Scale Integration) cada uno de los cuales ha ido añadiendo un orden de magnitud al número de elementos activos (transistores) contenidos en el mismo.

Se ha pasado, pues, de la válvula, componente activo único, al *chip*(\*) conteniendo decenas de miles de elementos activos. Y todo ello, además, con un volumen y consumo de potencia continuamente decrecien-

tes que han llegado a una reducción, en ambos casos, del orden de mil veces, desde su descubrimiento. Se ha llegado al mundo de la microelectrónica.

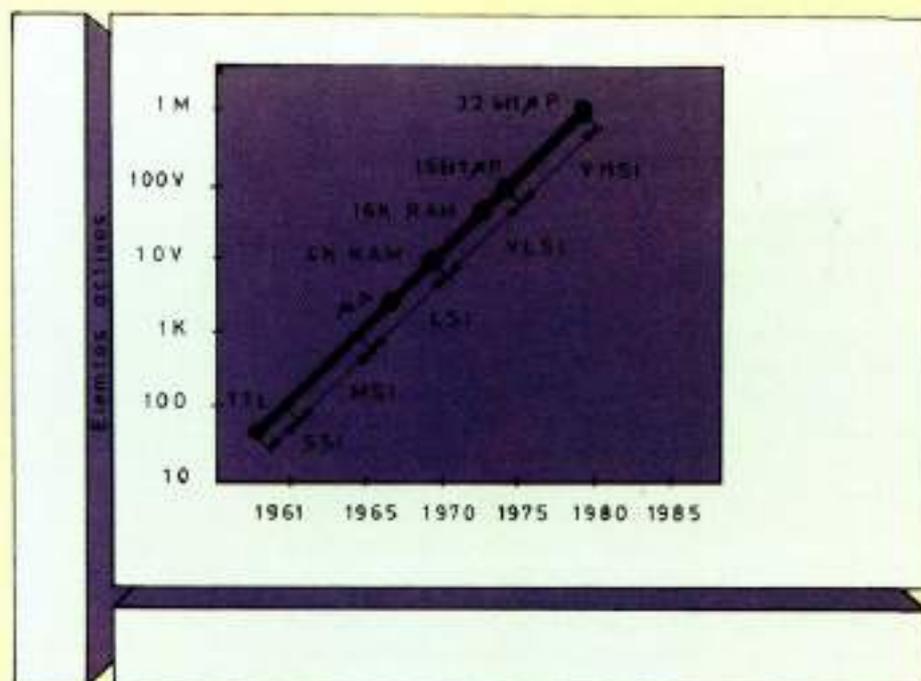
Como es fácil imaginar, este proceso evolutivo no se ha detenido y ya están prácticamente saliendo de los laboratorios los *chips* con técnicas VHSI (Very High Scale Integration) conteniendo cientos de miles de elementos activos capaces de hacerse cargo de funciones cada vez más complejas, cuya realización hubiera ocupado hace solo 10 años, varios

(\*) *Chip*: Se da esta denominación a un conjunto de elementos electrónicos activos y pasivos formando circuitos específicos encapsulados en una unidad y disponiendo de un definido número de conexiones externas. La complejidad de los circuitos encapsulados ha ido creciendo hasta llegar a poder encapsular en un *chip* toda la circuitería básica de un ordenador.

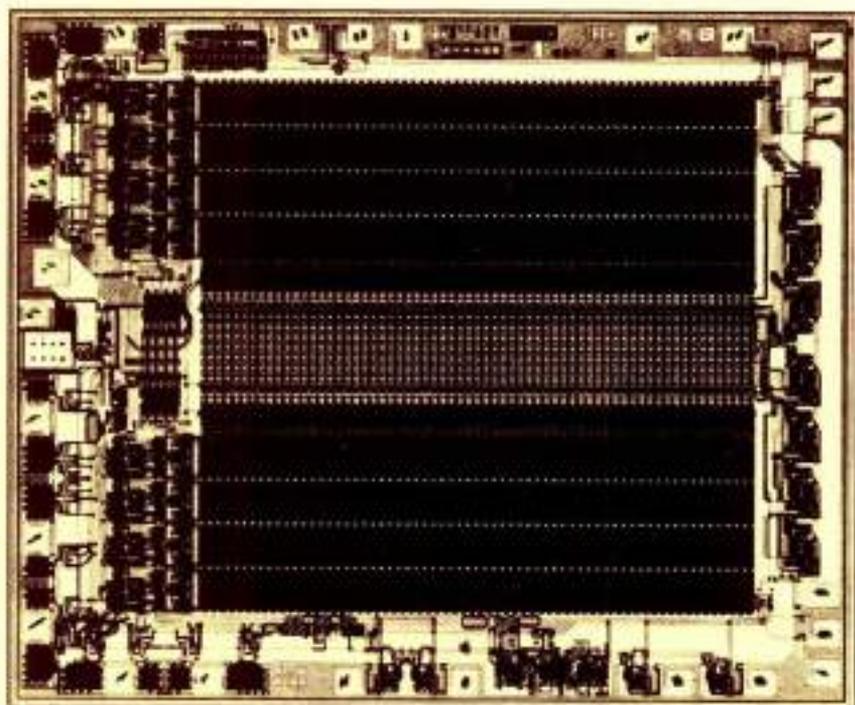
armarios repletos de componentes, y consumido en su funcionamiento varios kilovatios de potencia.

Paralelo a este desarrollo en cuanto a densidad de integración o empaquetamiento, han ido también evolucionando las formas y posibilidades de interconexión de los elementos activos contenidos en el microcircuito, llegándose a principio de los años 70 a incluir en un solo *chip* todos los elementos y funciones que caracterizan un ordenador. Se llegó así a la creación del microprocesador, complejo circuito integrado, construido sobre un cuadrado de 5 mm de lado que reúne toda la potencia de cálculo de un ordenador.

Las técnicas de fabricación de elementos microelectrónicos, basados, en buena parte, en reproducción con técnicas de fotolitografía sobre una base de silicio, permiten una producción masiva, con todo lo que ello comporta, en cuanto a reproductibilidad, fiabilidad y bajo coste de fabricación. La complejidad de los circui-



Este diagrama da idea de la evolución de la densidad de integración: desde unos pocos componentes al final de los años 50, hasta un millón en un futuro inmediato.



*Microfotografía de una memoria ROM de 16 K bits.*

tos y de las funciones asociadas, que se construyen con esta técnica, ha ido creciendo desde su iniciación en los años 60, hasta el punto que hoy se puede realizar y empaquetar en un *chip* y vender por 1 dólar toda la electrónica que hace 20 años hubiera costado centenares de miles de dólares.

En el estado actual de la tecnología se pueden empaquetar del orden de 500.000 componentes en un solo *chip* interconectados para operar como un ordenador de 32 bits.

Se puede, por tanto, concluir que el aumento de la densidad de integración ha llevado aparejado una reducción de tamaño y consumo junto a un aumento en la fiabilidad de los componentes. Todo esto, unido a la reducción espectacular de los costes de producción y a la fabricación en

grandes series, ha llevado a un abaratamiento masivo de los circuitos.

La evolución del mercado mundial de circuitos integrados se considera actualmente que va a tener un crecimiento positivo cercano al 30%, llegando en 1985 a una cifra de negocio cercana a los 21.000 millones de dólares.

Sobre el significado de este volumen económico, hay que señalar que en 1975 las ventas de microprocesadores y circuitos asociados, alcanzaron en el mundo del orden de 400 millones de dólares, estimándose que en 1982 se llegará a una cifra cercana a los 2.000 millones de dólares para estos mismos elementos.

Según datos de Dataquest Inc. en 1978, las Compañías productoras y las cifras de ventas más significativas fueron las siguientes (en miles de unidades):

— Microprocesadores de 4 bits (el 70% de los cuales se vendieron para su aplicación en juguetes y juegos electrónicos)

Texas Instruments	9.400
National Semiconductor	2.535
Rockwell International	2.475
Nippon Electric	1.600

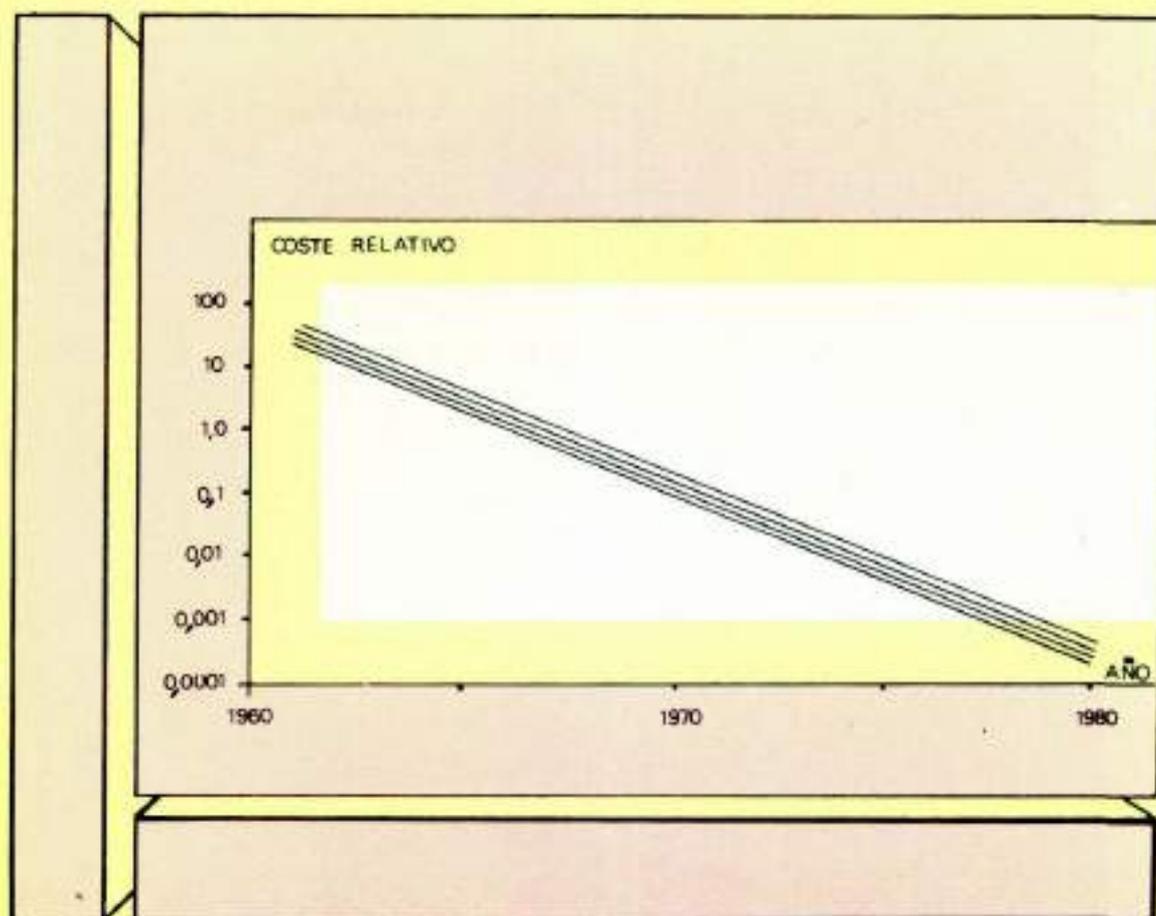
— El mercado de aplicaciones más profesionales, utilizando microprocesadores de 8 bits, se distribuyó de la siguiente manera:

Intel	1.661
Fairchild Semiconductors	951
Motorola	950
National Semiconductors	750
Synertek	710
Mostek	710
Rockwell International	660
Zilog	540

— El mercado de microprocesadores de 16 bits, de aparición más reciente, experimenta un incremento constante, siendo las cifras de venta en el mencionado informe:

Texas	185
National Semiconductor	91
General Instruments	60
Intel	31

Independientemente de la importancia de las cifras referidas al volumen del mercado del microprocesador propiamente dicho, lo más notable es que la incorporación de microprocesadores a cualquier producto industrial potencia sus características en todos los aspectos, lo que permite dar al producto un gran valor añadido.



Mientras la densidad de integración aumenta, se reduce el precio en proporciones asombrosas.

## OBJETIVOS DE ESTE CUADERNO

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores tanto sobre los aspectos de fabricación de los componentes como sobre la extensión y profundidad de las aplicaciones, serán objetivos de este cuaderno:

1. Dar un conocimiento de líneas fundamentales acerca del estado actual de la tecnología en el campo de la fabricación de componentes microelectrónicos y sus tendencias.
2. Mostrar las condiciones en las que el microprocesador puede y debe aplicarse.
3. Mostrar algunos procesos y productos en los que ya se encuentra introducido o con amplias posibilidades de aplicación.
4. Presentar las ventajas que ofrece a la empresa el basar sus proyectos sobre la tecnología del microprocesador, desde el punto de vista real de conseguir más participación de mercado y mayores beneficios.
5. Señalar los movimientos que los distintos países están efectuando en este campo.
6. De forma global:
  - Sensibilizar a los órganos de la administración sobre la evolución, impacto y repercusiones de esta tecnología.
  - Motivar a la industria tanto electrónica como no electrónica sobre la incorporación del microprocesador en productos y procesos de producción.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el microprocesador se ha conseguido disponer de un elemento de tamaño reducido y bajo coste, que proporciona una elevada capacidad de cálculo y tratamiento de la información con rapidez y fiabilidad. Su consumo de energía es relativamente pequeño y, lo que es mejor, las técnicas y la producción masiva llevan a unos precios tan bajos que permiten su incorporación a todo tipo de productos y procesos. Casi cualquier dispositivo, máquina, producto o sistema puede potenciar su función mediante la aplicación al mismo de un microprocesador.

Ningún otro producto del tamaño y precio de un microprocesador ha cambiado tan radical y rápidamente el planteamiento tecnológico de las últimas décadas.

La razón última que ha hecho del microprocesador el componente clave de una nueva revolución industrial, puede encontrarse en que vincula y asocia íntimamente las dos técnicas más impulsoras de nuestro tiempo: la electrónica y la informática. Su rápido desarrollo, capacidad de aplicación a cualquier campo, reducido tamaño y coste, le proporcionan su enorme influencia económica, política, militar y social.

Aparece claro, por lo tanto, que los efectos de esta tecnología van a producir unos cambios importantes no sólo en la industria, sino en toda la sociedad.

Así, aunque Estados Unidos y Japón van a la cabeza en la tecnología de fabricación de componentes microelectrónicos, tanto en el área de su investigación y desarrollo, como en la de puesta en marcha de nuevos procedimientos y aplicaciones, la mayoría de los países del área occidental han iniciado campañas y proyectos, creado instituciones y órganos consultivos para acelerar el desarrollo de su propia tecnología, adaptándola a sus peculiaridades y posibilidades económicas.

Un país como España, con una estructura industrial en marcha debe

estudiar a fondo el problema de la fabricación de componentes microelectrónicos, y rápidamente tomar postura y establecer una estrategia que le permita, por un lado, adquirir la tecnología base y, por otro, poner en marcha una estructura de fabricación que, aunque no dé autosuficiencia, permita mantener una cierta independencia y nivel que, caso de ser preciso, podría elevarse.

Por otro lado, debe potenciarse al máximo la aplicación de microprocesadores incorporados a dispositivos, aparatos, máquinas y sistemas que de forma clásica está produciendo ya nuestra industria. El no hacerlo es asegurar la pérdida de todos los mercados tanto por falta de actualidad del producto como por competitividad en precio.

Hay que añadir a lo anterior que el microprocesador, asociado a la capacidad creativa, permite lanzar nuevos productos con mercado potencial masivo.

En base a los hechos anteriores se recomienda una serie de acciones concretas que puedan potenciar la fabricación de componentes y las Aplicaciones del microprocesador a fin de que España mantenga una posición razonable dentro del contexto industrial occidental.

La fabricación de componentes microelectrónicos y en particular de microprocesadores tiene las características siguientes:

- Reciente aparición (unos 20 años)
- Rápido crecimiento.
- Alta tecnología de rápida evolución.
- Tecnología de base concentrada principalmente en dos países (EE. UU. y Japón).
- Extensión de la tecnología en segundo nivel a los países industrializados.
- Alto coste para adquirir y mantener la tecnología de base.
- Alto coste de establecimiento de una estructura de fabricación.

- Total dependencia industrial de los países que disponen de la tecnología.
- Concepto de materia prima estratégica de los componentes microelectrónicos dadas las siguientes características:
  - bajo coste de los elementos,
  - alto valor añadido donde se usan,
  - elemento imprescindible en todo desarrollo industrial,
  - suministro concentrado en pocas fuentes,
  - dificultad (pero no imposibilidad) para crear frentes propios que aseguren el suministro

Ante estas consideraciones iniciales, todos los países de Europa Occidental han buscado una salida a la dependencia que implica el carecer de fuentes de suministro propias y han establecido unas líneas de acción que deberían ser tenidas en consideración a la hora de establecer la política española en este sector industrial.

Las acciones más comunes han sido:

- Establecimiento de plantas de montaje, por parte de fabricantes americanos.
- Establecimiento de plantas de fabricación con toda la gradación necesaria en cuanto al traspaso de tecnología.
- Creación de sociedades mixtas con cesión de tecnología por parte de fabricantes americanos y/o japoneses.
- Compra de empresas de alta tecnología en EE. UU. y traslado de las mismas a Europa.
- Fuerte fomento de la tecnología de base propia, en centros tecnológicos.

Con estas premisas y dada la variedad de sectores y recursos implicados, no sólo desde el punto de vista global, sino de definición de líneas de productos a fabricar, estudios de mercados, acciones asociadas para el fomento de la investigación de ba-

Millones de dólares	1980	1981	1982	1985
<b>EUROPA</b>				
Semiconductores	2650.6	2404.5	2654.7	
Microprocesadores para microcomputadores	158.3	159.1	188.9	
<b>USA</b>				
Semiconductores	6633.7	6902.8	8233.8	1494.9
Microprocesadores y chips para microcomputadores	641.4	825.7	1115.1	256.6
<b>JAPON</b>				
Semiconductores	4391.2	5316.9	6324.7	
Microprocesadores y chips para microcomputadores	277.3	363.6	440.9	

*Evolución del mercado mundial de semiconductores y microprocesadores. Se aprecia el impacto de la recesión económica en Europa.*

Fuente: Electronics, enero, 1982.

se en líneas concretas, y considerando la dimensión económica, política y estratégica, así como las consecuencias que se derivarían, se propone la realización de un estudio que defina el problema y proponga una acción integrada, definiendo las actuaciones en los distintos sectores involucrados. Tal estudio debe considerarse:

- Técnicas actuales y sus tendencias.
- Necesidades propias y mercados de posible acceso.
- Recursos propios en tecnología de base y planteamiento de su agrupación para una acción coordinada.
- Acciones tomadas por otros países y análisis de su contexto y resultados.
- Consideraciones económicas de la acción.
- Consideraciones políticas y estratégicas.

La dimensión de este estudio se sale de los límites de este trabajo pero hay que apuntar que no caben accio-

nes tímidas. O se hace una acción global integrada con la dimensión económica que corresponda para la fabricación de componentes (en el orden de varias decenas de miles de millones) o se establece la política de partir de los mismos como materia prima y seguir adelante con un inexcusable plan de incorporación de microelectrónica en los productos para salvar así, tanto la industria electrónica como la clásica.

Independientemente de cualquier enfoque sobre la línea de fabricación de componentes, debe tomarse de inmediato un amplio frente de acciones en lo referente a aplicaciones.

Al ser el microprocesador un componente electrónico de bajo precio, pequeño tamaño y bajo consumo y un elemento con toda la potencia de cálculo y manejo de información de un ordenador, ningún otro producto ha cambiado tan sustancialmente el planteamiento tecnológico de las últimas décadas. Además, es difícil encontrar un dispositivo, máquina, aparato o instrumento que no pueda mejorar sus prestaciones mediante

la incorporación de microprocesadores.

Estas acciones deben realizarse como prerrequisitos para emprender los planes básicos descritos a fin de no enfiar caminos ya recorridos o atacar problemas demasiado complejos para nuestros condicionantes presentes. Estas acciones pueden sintetizarse en:

1. Determinación de la situación actual.
2. Mentalización.
3. Determinación de recursos tecnológicos.
4. Planificación de necesidades.
5. Asesoramiento a empresas.
6. Formación.

Por esto, tanto la industria electrónica como aquellas que nada tienen que ver con el sector, se han visto inmersas en la revolución que introduce el microprocesador.

España debe tomar acciones decididas en este campo, al igual que otros países para que:

- los productos industriales clásicos puedan incorporar microprocesadores y puedan seguir siendo competitivos;
- se aprovechen las posibilidades de innovación creando nuevos productos,
- se automaticen los procesos de producción.

Como paso previo para conseguir estos fines, el Ministerio de Industria y Energía a través de las Direcciones Generales de Innovación Industrial y Tecnología y de Electrónica e Informática, así como del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, promovió la creación de ADAMICRO (Asociación para el Desarrollo de la Tecnología y Aplicaciones de los Microprocesadores).

El objetivo general de ADAMICRO es promover y coordinar acciones que fomenten la tecnología de los microprocesadores así como su aplicación en productos y procesos.

En base a la propia experiencia y al estudio de acciones tomadas en otros países, se especifican a continuación las acciones que complementan y motivan a las dos básicas de fabricación de componentes y desarrollo de aplicaciones.

## **DETERMINACION DE LA SITUACION ACTUAL**

### **Estudio de productos y sus mercados**

Es importante, como base de partida, hacer un estudio de nuestra industria, con el objetivo de ver qué productos pueden ser los más afectados por la microelectrónica. Deberá estudiarse nuestra posición en el mercado de cada uno y ver cómo ha sido afectado cada uno de ellos o puede verse afectado en el futuro por la inclusión de la microelectrónica. Se prestaría particular atención a aquellos productos,

- que representen actualmente o haya perspectiva de que alcancen un volumen económico de interés;
- de los que exista un mercado interno y sobre todo externo ya establecido;
- sobre los cuales la influencia de la microelectrónica puede ser decisiva, en cuanto a su competitividad o permanencia en el mercado.

### **Estudio de métodos**

Por otro lado y en la misma línea de actualización industrial, se deberían considerar los procedimientos de diseño y de producción, tanto de proceso continuo como discreto, y ver qué técnicas y qué sectores deben ser atendidos con prioridad para reducir sus costes o mejorar su calidad. Se estudiará la adaptación de las nuevas herramientas asequibles como consecuencia del uso de los microprocesadores, tales como el empleo de autómatas de control, robots, diseño asistido por ordenador (CAD), fabricación asistida por ordenador (CAM), etc.

### **Estudio de canales de comercialización y soporte**

Se deberán considerar los actuales y ver si son válidos para los nuevos productos que puedan surgir. Se estudiarán cuales son las técnicas empleadas con éxito por países líderes en la introducción de nuevos productos.

Para toda esta acción, se podrá y deberá partir de los múltiples trabajos hechos en cada sector y de la numerosa documentación existente.

Determinados productos pueden precisar un soporte post-venta de características específicas derivadas de la inclusión de microelectrónica, que deberán tenerse en cuenta en el momento de la planificación.

Como consecuencia de los datos recogidos se hará énfasis en acciones dirigidas hacia uno u otro sector.

## **SENSIBILIZACION**

Es urgente hacer llegar a los sectores sociales más representativos, el mensaje sobre el decisivo papel que le corresponde jugar a los microprocesadores en la industria.

Así, al sector político hay que darle a conocer la urgencia e importancia estratégica y económica del tema, mediante el envío al Gobierno y al Parlamento de informes, documentos técnicos y presentaciones.

Al sector industrial no electrónico, el mensaje debe resaltar el interés de incorporar la microelectrónica en los productos, así como la amplitud del impacto, indicando que todos los sectores se van a ver afectados y haciendo énfasis en los que posiblemente lo sean más. Hay que motivar la creatividad e informar para que se busque la tecnología en empresas españolas del sector electrónico. Se debe asegurar que las iniciativas surgidas encontrarán acogida adecuada.

Al sector financiero, motor de cualquier acción, se le debe motivar a

que sus departamentos técnicos consideren que el sector asociado a la microelectrónica y en particular al microprocesador es uno de los pocos con alto crecimiento en el mundo y deben éstos aportar su colaboración para favorecerlo, no basándose en la comercialización de productos electrónicos extranjeros, sino en el apoyo decidido a la producción nacional. Las fuentes de financiación estatal por su parte deben tomar las adecuadas iniciativas, allegando fondos que faciliten este desarrollo.

La campaña de sensibilización debe usar todos los medios posibles de comunicación, lo que implica, en cualquier caso, la generación de material de difusión escrito y audiovisual adecuado.

Una acción de esta campaña debe ir dirigida a la juventud, a fin de motivar su interés por las tecnologías de punta e incluso, a crear instrumentos permanentes o periódicos. Esto podría lograrse a través de la generación masiva de documentación; la creación de Clubs de microprocesadores a través de los cuales se estimule a los aficionados; la celebración de campamentos de verano, con una parte educativa sobre estas tecnologías, etc.

## **DETERMINACION DE RECURSOS TECNOLOGICOS**

Para una eficaz toma de decisiones es clave conocer los recursos de que se dispone en el sector electrónico, en tres niveles:

- Capacidad tecnológica humana.
- Equipamiento para desarrollo de aplicaciones.
- Capacidad de producción.

Existen numerosas encuestas sobre trabajos de investigación y desarrollo hechos en España, así como el número de investigadores o profesionales pertenecientes a este campo. Sin embargo, muchas de ellas son de poca fiabilidad, pues, entre otras cosas, numerosos trabajos que

se señalan como de investigación no son tales, adjudicándose tareas de I + D a todos los titulados que de cualquier manera se relacionan con el sector.

En esta línea de conocimiento de recursos, ADAMICRO ha iniciado la búsqueda de desarrollos con microprocesador hechos en España, a fin de inventariarlos, lo que dará lugar a un catálogo de productos y tecnología disponible.

### PLANIFICACION DE NECESIDADES

Es de gran interés que la Administración, a través de sus instituciones, planifique sus necesidades con tanta antelación como sea posible ya que tal medida puede constituir un gran apoyo al desarrollo tecnológico.

La adecuada precisión de la adquisición y renovación de sus equipos e instalaciones, a menudo asociada a una presión de los suministradores extranjeros, puede fomentar el desarrollo de la industria nacional de electrónica profesional.

De ahí que se proponga:

- Hacer una campaña de sensibilización a fin de inducir a la Administración y a las grandes instituciones a planificar sus necesidades, haciendo resaltar el coste que le supone al país y los perjuicios para la industria nacional que trae consigo el desconocimiento y la no utilización de las capacidades propias.
- Favorecer un acercamiento directo entre empresas e instituciones públicas para intercambiar información, los problemas que sus propias necesidades les originan y tratar de encontrar soluciones que beneficien a ambas partes.

### FORMACION

Dada la rápida evolución de la técnica, es importante tratar de adaptar las estructuras educativas a esta evo-

lución, para dar respuesta a los problemas que suscitan la fabricación de componentes microelectrónicos y el desarrollo de sus aplicaciones.

Con respecto a la primera, se debe poner énfasis en la enseñanza en Facultades de Ciencias Físicas y Químicas, de materias básicas relacionadas con los procesos de fabricación y diseño.

En las Escuelas de Ingeniería más afines al sector se debería, análogamente, estudiar las tecnologías asociadas al proceso de diseño y producción, así como las técnicas de desarrollo de "software". Para esto último, jugará un papel prominente la formación dada en la Facultad de Informática.

No se trataría de aumentar los ya cargados planes de estudio, sino de establecer especialidades o cursos para postgraduados en donde se abordaran estas tecnologías al nivel que la importancia económica y estratégica exigen.

Asociados a los planes de estudio, se deben establecer programas realistas de investigación con objetivos muy definidos y pragmáticos. Así se eliminaría el hecho tan frecuente en los planes de investigación tecnológica, que, aun teniendo buenos resultados, no son conocidos por la industria o si lo son, no llegan a interesarle.

Con respecto a las aplicaciones, el planteamiento es más sencillo pero más urgente.

Por un lado, ya está establecida por diversos canales una formación que lleva a la profesionalidad en el desarrollo de aplicaciones. Se requiere, no obstante, darle mayor profundidad, amplitud y realismo.

Quizás, el campo de profesionales en el desarrollo de aplicaciones de microprocesadores sea uno de los pocos con una cierta demanda. La extracción más común de estos profesionales proviene de la Facultad de Informática, Escuelas de Ingeniería

Industrial y Telecomunicación y Facultades de Física.

Se debe hacer énfasis en la necesidad de la realización de trabajos realistas por parte de los alumnos del último curso y su inclusión en equipos de trabajo profesionales que les permita ir conociendo los problemas reales.

Por otro lado, es fundamental actualizar las enseñanzas en los Centros de Grado Medio y de Formación Profesional para que la creatividad e iniciativas superiores encuentren soporte adecuado en todos los escalones del proceso de innovación.



## ANTECEDENTES TECNICOS

### EL ORDENADOR: SU ORIGEN Y EVOLUCION

Antes de entrar de lleno en la descripción, organización y aplicaciones de los microprocesadores, conviene revisar, al menos someramente, el concepto y la organización interna de los ordenadores, puesto que su estructura funcional se mantiene básicamente en todos los microprocesadores.

La historia es realmente corta para la intensidad de sus consecuencias. No fue hasta 1946 cuando la Universidad de Pensilvania logró hacer operativo el primer ordenador a válvulas, el ENIAC.

El ordenador ocupaba una amplia sala y utilizaba tal potencia, que la disipación calorífica fue un grave problema en su construcción. Un dato curioso de sus limitaciones es que los cambios de programa se efectuaban cambiando el cableado, técnica que ha venido utilizándose incluso hasta la década de los 60.

Sin embargo, ya en 1945, John Von Neumann había establecido el concepto de programa almacenado, que implica la utilización de una memoria donde conservar el conjunto de

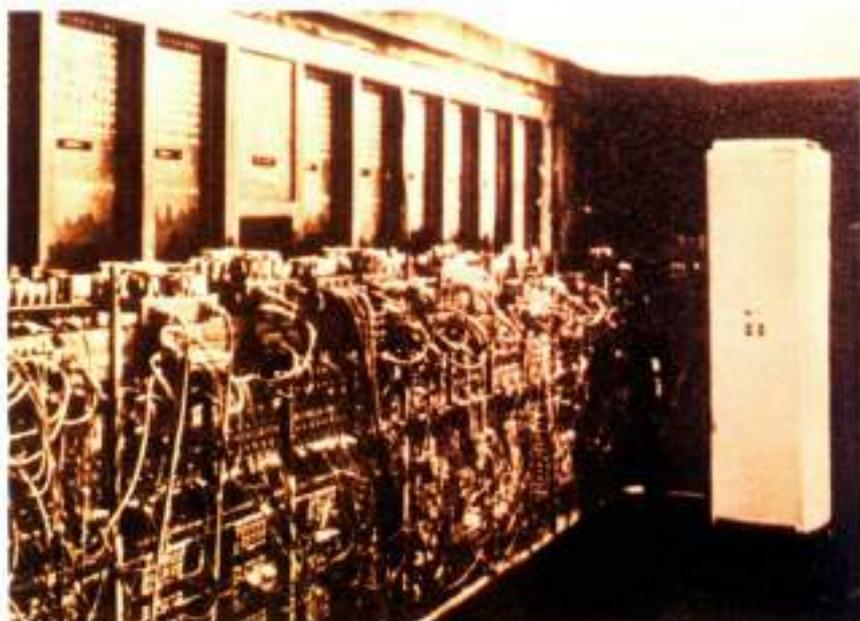
instrucciones que definirán el trabajo que el ordenador debe llevar a cabo.

Esta técnica, que comienza a utilizarse a principios de la década de los 50, fue el último espaldarazo conceptual que ha dado lugar a las actuales arquitecturas del ordenador.

Mediante ella, para cambiar las tareas a realizar por el ordenador, es suficiente cambiar el conjunto de instrucciones almacenadas en la memoria sin tener que intervenir para nada en la estructura física (*hardware*) del mismo. Por eso se dice que el ordenador es una máquina universal, pues puede realizar cualquier tarea.

Definidos y aplicados estos conceptos, llegar a la situación actual, con ordenadores superpotentes, de poco consumo y tamaño reducido, capaces de atender varias actividades y trabajos en tiempo real y simultáneamente, es consecuencia de diversos hechos tales como:

- a) desarrollo de la tecnología de los componentes microelectrónicos,
- b) evolución consecuente de la organización interna,
- c) avances en las técnicas de programación,



*Cuando Eckert y Mauchly construyeron el ENIAC quizá no sospecharon que su evolución permitiría empaquetar su potencia en 25 mm<sup>2</sup>.*

## TECNOLOGIA DE LOS COMPONENTES

El comienzo de la aceleración del desarrollo tecnológico que conduce a la situación actual, tiene lugar durante la segunda Guerra Mundial.

La necesidad de efectuar numerosos cálculos sobre trayectorias balísticas de forma rápida, llevó al desarrollo del ordenador. Por otro lado, la necesidad de mejores comunicaciones motivaron el lanzamiento de la industria electrónica. En los primeros tiempos, la radio era sinónimo de la "electrónica" y la "válvula" era su componente básico.

El siguiente peldaño importante de la evolución fue la invención del transistor en 1947; esto llevó a la sustitución de las válvulas, y más adelante al desarrollo y fabricación masiva y barata de los circuitos integrados.

Los primeros circuitos integrados fueron los denominados RTL, contruidos a base de integrar bajo una sola envoltura, y sobre una misma base, resistencias y transistores (Resistor-Transistor-Logic). Ello ofrecía unas mejoras importantes no sólo en rendimiento, sino en facilidad de fabricación. Con esta tecnología ya a principios de la década de los 60, los fabricantes comienzan a lanzar al mercado circuitos integrados con varias decenas de elementos activos y capaces de realizar funciones de alguna complejidad, tal como contadores, sumadores, etc.

Otra etapa fue vencer la barrera a que el tamaño del circuito integrado y la disipación calorífica conducen al aumentar el número de elementos empaquetados en el mismo chip. Y ello ocurrió a finales de los 60 con la introducción de la técnica MOS (Metal-Oxide-Semiconductor), que había sido descubierta en 1962.

Su adopción fue rápida, permitiendo ya en 1968 el comienzo del empaquetado de gran densidad LSI (Large Scale Integration). Esto llevó primero a la fabricación de memorias y

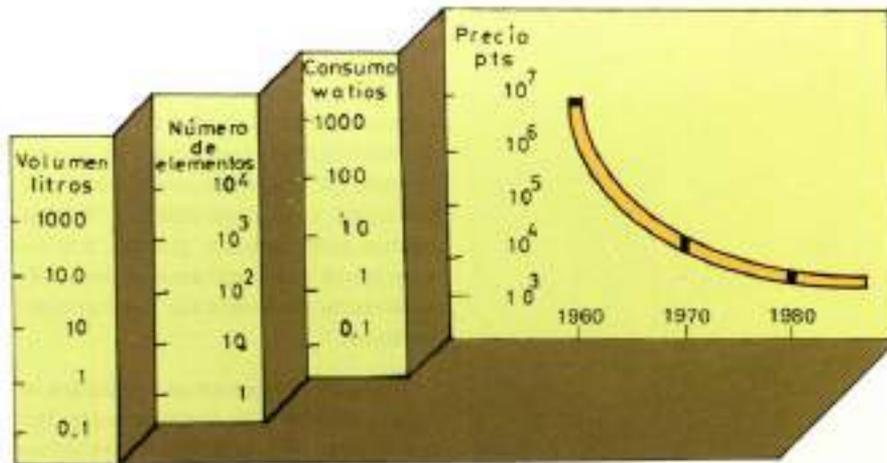


Figura 1. Evolución de los parámetros de una calculadora de oficina.

circuitos complejos y rápidamente a la de los primeros microprocesadores, que tuvo lugar en 1971.

Como ejemplo de la dinámica de esta evolución en la figura 1 se presen-

tan tabulados diversos parámetros referidos a las calculadoras de oficina, que han pasado de sistemas totalmente mecánicos o electromecánicos a la técnica actual, totalmente microelectrónica.



La máquina de calcular mecánica mantuvo su estructura con ligeros cambios durante casi dos siglos. La electrónica inició una profunda transformación y la microelectrónica la aceleró. Es un buen ejemplo de un producto clásico totalmente mecánico que pasa a ser totalmente electrónico.

## PROCESO DE PRODUCCION DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Un circuito integrado se puede fabricar mediante los procesos bipolares o MOS, lo que da lugar a las dos grandes tecnologías que conviven actualmente. Los dos procesos son similares pero el MOS implica una mayor simplicidad como se puede apreciar en la figura 2.

bricación, de máquinas muy precisas junto con condiciones de extrema limpieza.

La fabricación en sí parte del dióxido de silicio como materia prima que debe tratarse hasta conseguir silicio de una pureza del 99.999999%. Después de fundido, sigue un proceso de cristalización especial. Como paso final de este proceso, se obtiene una barra cilíndrica de silicio, de as-

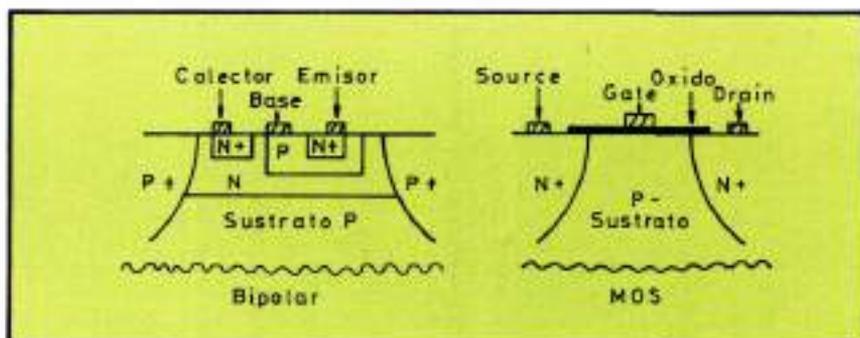


Figura 2. Cortes de transistores Bipolar y MOS. Se aprecia claramente la mayor complejidad de la estructura bipolar.

En general ambos procesos implican el uso de las tecnologías de fotolitografía, oxidación, difusión y deposición, siendo el objetivo final el crear en un sustrato de silicio regiones de los tipos N y P en las combinaciones adecuadas (NP, PNP, NPN, etc.) para simular los elementos necesarios (resistencias, transistores, diodos, etc.) al circuito que se pretende crear. Como parte final del proceso, hay que interconectar y/o aislar estos elementos adecuadamente.

Las regiones tipo N y P se obtienen, mediante un proceso de difusión, introduciendo impurezas o dopantes (arsénico o fósforo para las regiones tipo N y boro para las regiones tipo P) en una base de silicio.

Los componentes microelectrónicos son tan baratos, a pesar de su potencia, debido fundamentalmente a la perfección de los métodos de producción masiva.

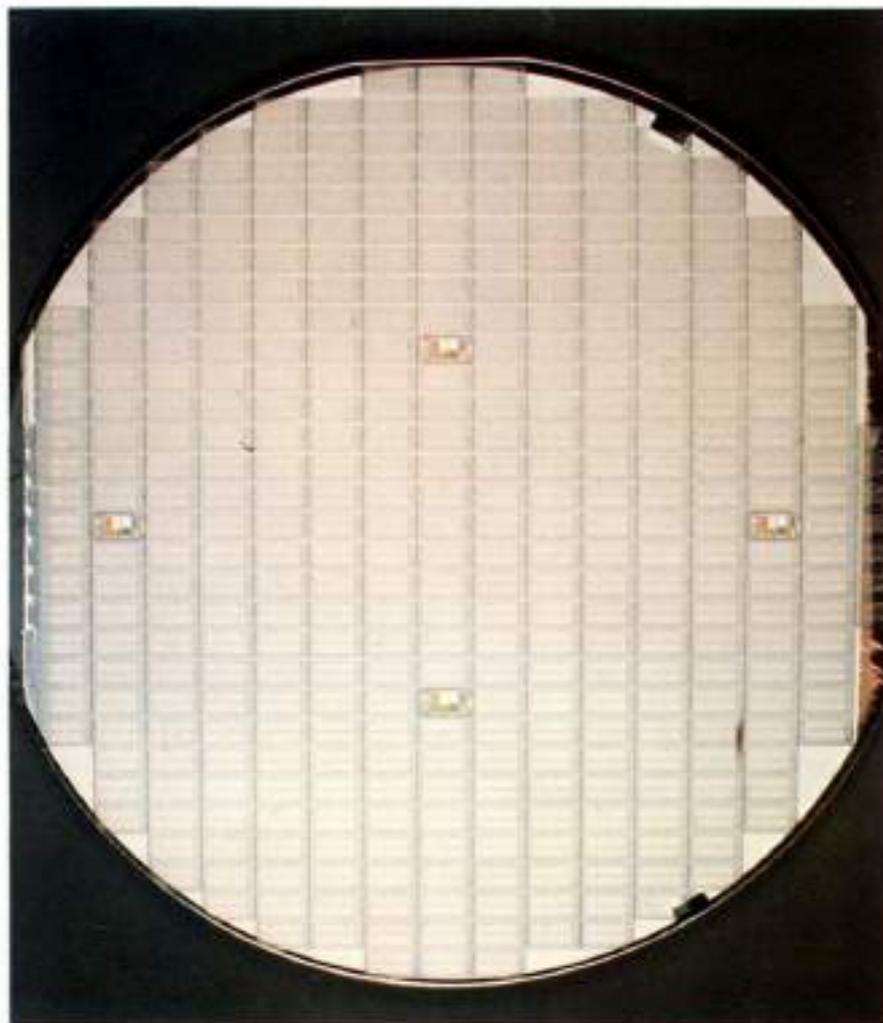
No obstante, las estructuras de producción son complejas y de alto coste. El proceso de diseño exige medios de cálculos potentes, y el de fa-

pecto no cristalino, que tiene normalmente del orden de 10 cm de diámetro y 1 m de larga.

La dificultad de este proceso estriba en el hecho de que la barra tiene la estructura monocristalina y su estructura atómica debe ser perfectamente regular. Esta barra se corta en obleas de un espesor de 0,2 a 0,5 mm que una vez perfectamente pulidas son la base que soporta la estructura electrónica que en forma "impresa" se establece sobre ellas.

El material básico para la producción de microcircuitos es, pues, una oblea de silicio tipo P de unos 8 centímetros de diámetro y unos 0,4 milímetros de espesor, pulida a espejo en una de sus caras. Sobre esta superficie se construye el circuito integrado, mediante la introducción selectiva de dopantes y deposición o crecimiento de capas aislantes de óxido.

El diseño del circuito se prepara mediante la ayuda de un ordenador al igual que los patrones (máscaras) de cada una de las capas que van a formar el circuito integrado. El tamaño



*Oblea sobre la que se han efectuado los procesos de integración, preparada para el proceso de prueba y división en chips.*

de estos patrones suele ser unas 250 veces mayor que el circuito definitivo, reduciéndose a su tamaño natural fotográficamente. Una vez reducido, cada patrón se repite una y otra vez hasta cubrir un área del tamaño de la oblea base. Cada uno de estos patrones constituye la máscara fotolitográfica que se utilizará para reproducir cada una de las capas durante el crecimiento del microcircuito. Al final de este proceso se obtendrá una oblea conteniendo una serie de microcircuitos idénticos cuyo número variará según su complejidad.

Al principio del proceso, la oblea se oxida para formar una capa de óxido de silicio sobre su superficie (Fig. 3.1). Esta capa se utiliza como aislante eléctrico, y para formar una barrera durante la etapa de difusión del proceso. A continuación se da a la superficie oxidada una capa de material fotosensitivo (Fig. 3.2) que se expone a la correspondiente radiación luminosa a través de la máscara fotolitográfica en la que están definidas las regiones que van a ser dopadas en esta primera capa del circuito (Fig. 3.3). Con esta exposi-

ción luminosa, sólo el material fotosensitivo no protegido por la correspondiente "grabación" en la máscara se "fija", mientras el resto queda soluble y puede eliminarse (Fig. 3.4). Atacando la superficie del ácido se elimina la capa de óxido solamente allí donde se necesita abrir ventanas hasta la base de silicio, para proceder al dopado (Fig. 3.5), por estar el resto de la superficie protegida por el material fotográfico fijado. Este material se elimina una vez definidas estas ventanas sobre la oblea (Fig. 3.6).

Durante el proceso de difusión (Figura 4) se introduce la oblea en un horno cuya atmósfera contiene el elemento dopante que se requiera en esa etapa, manteniéndose a la temperatura adecuada y el tiempo necesario, para que a través de las ventanas se difunda en el silicio hasta la profundidad prevista. Como la atmósfera del horno es oxidante, al final de esta etapa, las ventanas sobre las regiones dopadas se quedan cerradas por la formación de una capa de óxido. Este óxido actúa como una barrera para la difusión durante la producción de la siguiente capa.

Las secuencias anteriores deben repetirse para cada máscara hasta que se hayan formado todos los elementos del circuito.

Después del último dopado, se abren ventanas a través de las capas de óxido hasta los puntos de contacto de cada elemento y se cubre la superficie total de la oblea con una fina capa de aluminio, por el procedimiento de evaporación. Esta capa de aluminio se trata fotolitográficamente hasta obtener la red de interconexiones deseada y finalmente se cubre toda la oblea con una capa de óxido aislante.

En la etapa siguiente se comprueba cada uno de los microcircuitos sobre la oblea marcando los defectuosos. La oblea se corta en troqueles individuales que, una vez examinados, pasan a ser empaquetados y cableados en chips para su prueba definitiva final.

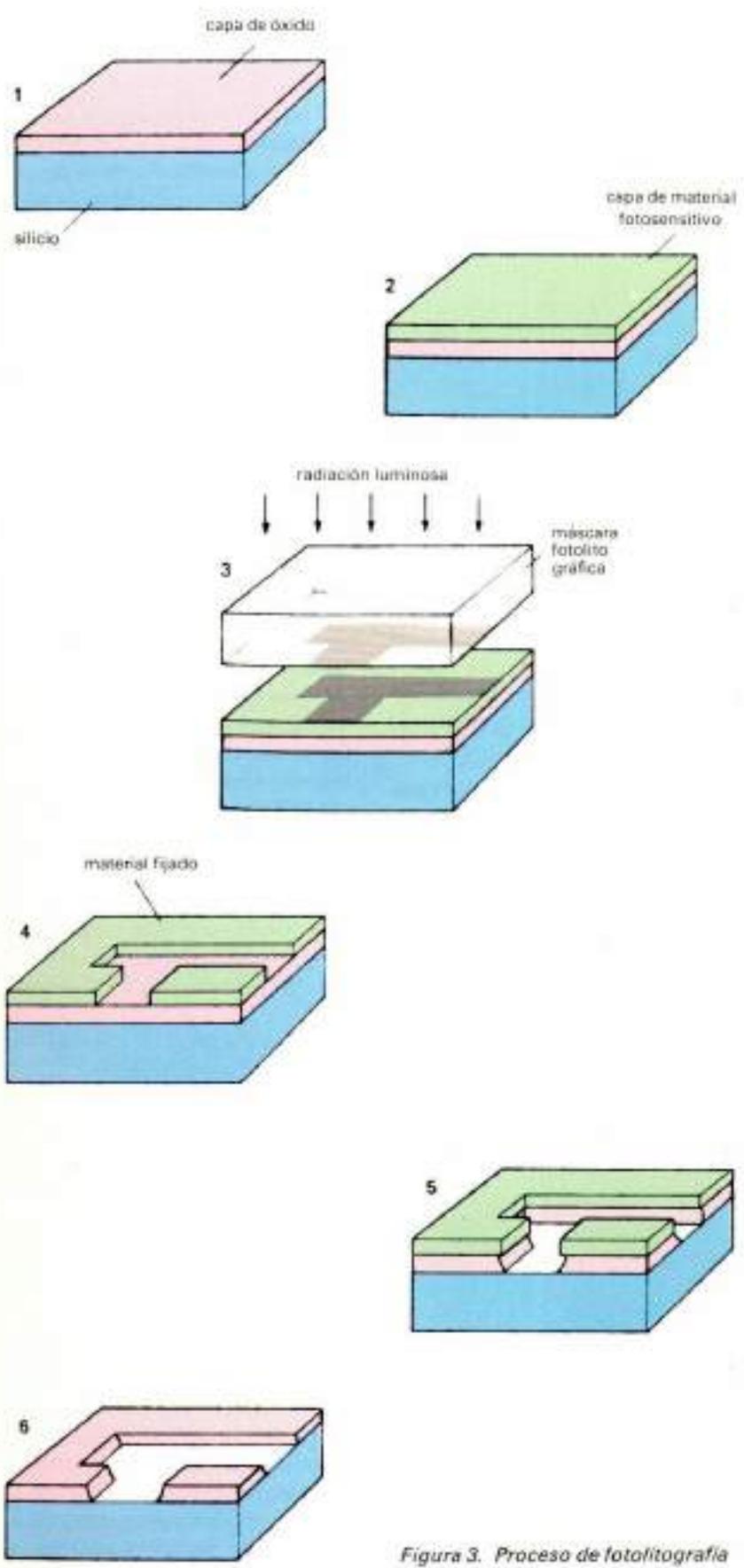


Figura 3. Proceso de fotolitografía

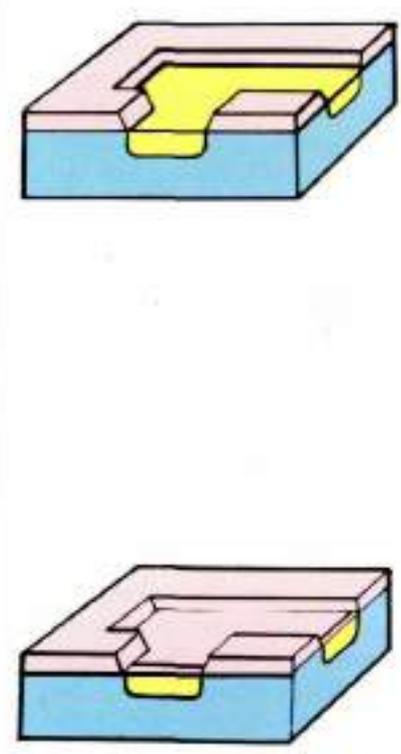


Figura 4. Proceso de difusión.

## FAMILIAS DE SEMICONDUCTORES

Los dos procesos de producción de circuitos integrados son la manifestación de las dos grandes tecnologías que libran la batalla en el campo de los semiconductores: la bipolar y la MOS.

La primera en aparecer en el mercado fue la llamada bipolar que no consiste más que en el crecimiento de varios transistores sobre el mismo sustrato de silicio aislados entre ellos y a "posteriori" interconectados de acuerdo con la función a realizar.

Sus ventajas se basan en la gran difusión a nivel usuario de esta tecnología, lo que ha permitido el desarrollo de una serie de familias (TTL, ECL, I<sup>2</sup>L) adaptadas a las necesidades que la industria y la ciencia han ido sintiendo. Técnicamente, su mayor ventaja es la velocidad de conmutación y sus desventajas, la mayor dificultad de fabricación y la posibilidad de una menor densidad de empaquetado.

La tecnología MOS, aparecida después de la bipolar, tardó varios años en ser utilizada masivamente y ello por dos razones importantes: en primer lugar, los fabricantes, dada la fuerte demanda del mercado en circuitos integrados, habían hecho grandes inversiones en la tecnología bipolar que necesitaban amortizar, y en segundo lugar, la necesidad de densidad de integración no había lle-

gado a un límite que no pudiese llevarse a cabo con la tecnología bipolar.

Sin embargo, la mayor simplicidad de fabricación y el hecho de prestarse mejor a una mayor densidad de integración le han hecho alcanzar un rápido desarrollo acaparando actualmente alrededor de un 50% de mercado.

Alrededor de esta tecnología, se han desarrollado, así mismo, una serie de familias adaptadas a las distintas necesidades del mercado, entre las que cabe destacar las siguientes:

### a) Familia TTL (Transistor Transistor Logic)

Es la más popular de las familias de semiconductores debido a la amplia variedad de tipos y la facilidad de adquisición, ya que existen numerosas fuentes de suministros; esta misma popularidad y amplia aplicación permiten que sea relativamente la más barata.

Por otro lado, y específicamente desde el punto de vista de integración de alta densidad (LSI), tiene la desventaja de que su proceso es complicado y por tanto la densidad limitada, a la vez que la disipación de potencia es elevada.

La popularidad y aceptación de esta familia son la base para que los investigadores y fabricantes procedan a una mejora constante de sus características.

### b) Familia ECL (Emitter Coupled Logic)

De la misma tecnología bipolar que la TTL, participa de alguna de sus dificultades, como el consumo de potencia y la limitación de la densidad de integración, y no tiene la ventaja de su popularidad y facilidad de adquisición. Pero, en cambio, no tiene competencia cuando el problema a resolver es cuestión de velocidad de conmutación. En este aspecto, es, actualmente, el elemento más adecuado para la construcción de grandes ordenadores rápidos y superpotentes.

### c) Familia I<sup>2</sup>L (Integrated Injection Logic)

Constituye la última gran familia de tecnología bipolar. El futuro de la misma parece ser brillante pues, conservando la ventaja de velocidad de la tecnología a la que pertenece, con ella se ha logrado evitar las desventajas que parecían inherentes. Así se han logrado densidades de integración similares a las de tecnología MOS con consumos tan bajos como los de la familia CMOS, que se verá posteriormente.

Actualmente la única desventaja de esta familia es la falta de experiencia de que se dispone por ser un producto totalmente nuevo en el mercado.

### d) Familia PMOS (P-channel Metal Oxide Semiconductor).

Con ella comenzó la vida de la tecnología MOS y lógicamente a ella pertenecen los primeros microprocesadores construidos. Sus ventajas más destacadas son su simplicidad de fabricación e integración que permite una densidad de empaquetado entre 3 y 5 veces mayor que los TTL, y quizá el constituir los productos más conocidos y, por tanto, con más experiencia de la tecnología MOS.

Sus inconvenientes más importantes son su baja velocidad de conmutación, derivada del largo camino a recorrer por los huecos portadores de carga entre emisor y colector, y el



La primera operación es obtener una oblea de silicio pulida a espejo para iniciar los sucesivos procesos de fotolitografía y difusión.

hecho de que precise fuentes de alimentación con tensión elevada, lo que la hace incompatible con los productos de la familia TTL.

Aunque estas dificultades han sido ya, en parte, reducidas, se considera que su etapa vital está prácticamente terminada.

#### e) Familia NMOS (N-channel Metal Oxide Semiconductor)

Los elementos NMOS participan de todas las ventajas señaladas para los PMOS en cuanto a densidad y sencillez de fabricación, aunque tienen una mayor sensibilidad para la contaminación de superficie. Sin embargo, con los productos NMOS, utilizando la mayor movilidad de los electrones como portadores, se ha conseguido eliminar la mayor lentitud de conmutación, consiguiendo velocidades entre dos y cinco veces mayores que la de la familia PMOS. En la actualidad se ha conseguido, incluso, eliminar otra de sus desventajas, la compatibilidad con la familia TTL, al ser posible trabajar con tensiones de 5 voltios.

#### f) CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

Utiliza la asociación de un elemento PMOS y otro NMOS y se considera como la solución más atractiva para productos portátiles como relojes y calculadoras, dado su casi nulo consumo (del orden de nanowatios, en reposo). Además de esta ventaja, tiene una velocidad de conmutación del mismo orden que los elementos NMOS, pudiendo operar con un amplio margen de tensiones y temperaturas. Una ventaja adicional es que utiliza una sola tensión de alimentación para su funcionamiento.

La desventaja más importante es su mayor costo de fabricación cuando se quiere llegar a densidades de integración similares a las demás familias de la tecnología MOS. Un inconveniente adicional es la mayor dificultad de diseño al tener que situar en el mismo sustrato transistores canal N y canal P.

	mm <sup>2</sup> por puerta	ηs de retardo por puerta	mW por puerta
TTL	30.10 <sup>-3</sup> - 90.10 <sup>-3</sup>	3 - 10	1 - 3
ECL	30.10 <sup>-3</sup> - 75.10 <sup>-3</sup>	05 - 10	5 - 15
I <sup>2</sup> L	6.10 <sup>-3</sup> - 9.10 <sup>-3</sup>	>5	<0'2
PMOS	12.10 - 18.10 <sup>3</sup>	>100	2-3
NMOS	9.10 <sup>-3</sup> - 12.10 <sup>-3</sup>	40 - 100	0'2 - 0'5
CMOS	15.10 <sup>-3</sup> - 45.10 <sup>-3</sup>	15 - 50	<0'001

Figura 5. Tabla comparativa de las características básicas de las familias de semiconductores que se mencionan en el texto.

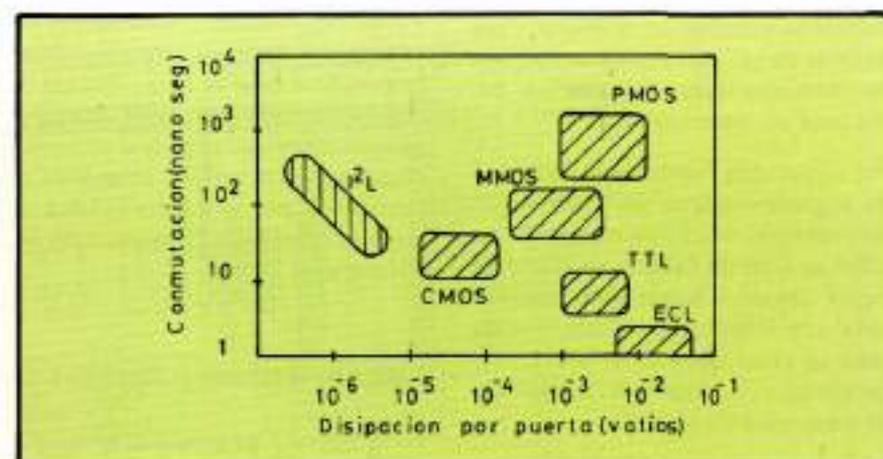
Como resumen de las características técnicas de las diferentes familias de semiconductores de los que se han hecho mención, en la Tabla de la figura 5, se detallan los parámetros que definen la densidad de integración (área/puerta), la velocidad de conmutación (retardo por puerta) y la potencia consumida (por puerta).

## ARQUITECTURAS

La organización de un ordenador es similar a la de un ser humano. Los

seres humanos están dotados de una serie de órganos y facultades, cerebro, memoria, ojos, manos, oídos, etc., que en cierto modo tienen similitud con los elementos y funciones que realiza un ordenador. Estas circunstancias han dado lugar a diversas denominaciones, como "cerebro electrónico", "máquina inteligente", etcétera.

Fisiológicamente, mientras en el cerebro se sitúa la memoria y el cerebelo realiza la función de control total de las actividades de cada persona, los oídos, brazos, ojos, etc., per-



Cuadro comparativo entre las familias de semiconductores de los parámetros y velocidad de conmutación.

Fuente: *Electronica*, septiembre, 1979.

miten las relaciones con el mundo exterior.

De modo análogo, el ordenador está dividido funcionalmente en cuatro secciones:

1. Memoria.
2. Unidad de control.
3. Unidad aritmética.
4. Unidad de entrada/salida.

La unidad de entrada/salida es la encargada de la comunicación del propio ordenador con el mundo exterior, a través de los equipos periféricos, tales como lectoras, impresoras, pantallas, etcétera.

Las distintas secciones del ordenador se comunican entre sí por medio de señales eléctricas que se intercambian por medio de líneas de transmisión.

La figura 6 muestra el diagrama de un ordenador digital con sus cuatro secciones básicas.

En ocasiones la unidad aritmética y la de control se consideran unificadas formando una sola unidad a la que se denomina procesador central, pero funcionalmente deben considerarse independientes puesto que mientras la unidad aritmética es la responsable de realizar las operaciones aritméticas y lógicas que se le encomiendan, la unidad de control establece las secuencias del funcionamiento integral del sistema y las normas de utilización de los diversos caminos que deben recorrer los datos para su tratamiento.

Por su parte, la memoria es la unidad de almacenamiento de información del sistema. Su funcionamiento es idéntico al de un fichero, cada una de cuyas carpetas puede tener depositada una información. Cada una de esas carpetas debe tener una localización que en el caso del ordenador se denomina dirección.

Así pues, deben diferenciarse claramente los dos elementos asociados a la memoria: su dirección y el contenido de esa dirección.

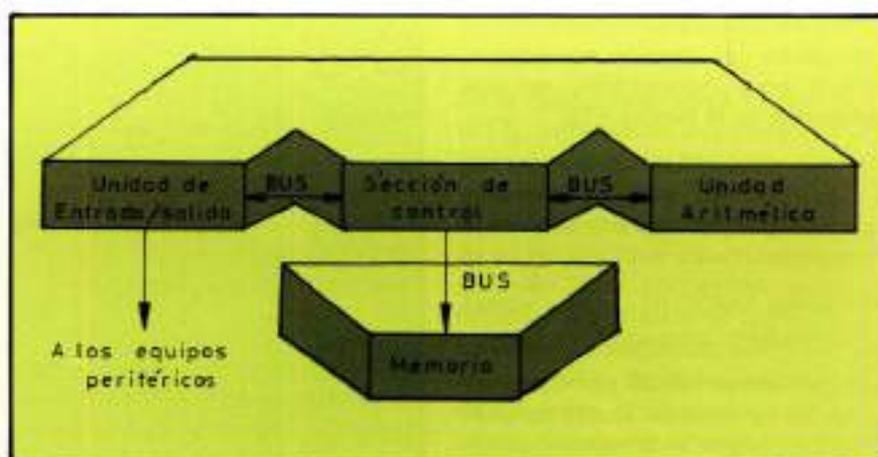


Figura 6. Unidades básicas que constituyen el ordenador digital.

La información en un ordenador se estructura mediante agrupaciones de unos (1) y ceros (0) asociados según diversos códigos. Así por ejemplo, la agrupación 11010010 en código binario puro representa el número decimal 210.

El contenido de cada localización de memoria es un conjunto de dígitos binarios (denominados *bits*) que constituyen una unidad de información que se denomina "palabra". Así puede haber palabras de 4 *bits*, 8 *bits*, 36 *bits*, etcétera.

Para almacenar o leer información de la memoria, la unidad de control envía a aquella unidad la dirección correspondiente junto con las órdenes (señales específicas) de escribir o leer, depositando u obteniendo sobre las líneas de transmisión, la información a escribir o leer. El flujo de esta información hacia o desde la sección de entrada/salida o en comunicación con la unidad aritmética es controlada por la misma unidad de control, como se ha mencionado anteriormente.

## FUNCIONAMIENTO ELEMENTAL

En la figura 7 se presenta el diagrama de bloques de un ordenador en el que se han detallado las líneas de comunicación, diferenciando las de control de las de dirección y datos.

Asimismo, y para avanzar en el conocimiento interno de un sistema se han especificado dos registros básicos en todo ordenador, el contador de programa (*program counter*) y el registro de instrucciones (*instruction register*). Un registro no es más que un elemento de memoria con capacidad de una sola palabra, en general, y en el que se puede escribir o del que se puede leer información.

Los registros que se han añadido al diagrama tienen una misión muy específica y forman parte de la unidad de control. El contador de programa tiene almacenada permanentemente la dirección de memoria que contiene la siguiente instrucción a ejecutar, mientras que el registro de instrucción tiene almacenada la instrucción que actualmente se está ejecutando. Normalmente el contenido del contador de programa se incrementa en una unidad cada vez que se envía a la memoria para obtener la siguiente instrucción.

Suponiendo que al principio de la operación el contenido del contador de programa sea cero, se transferirá al registro de instrucción el contenido de la localización de memoria cuya dirección sea cero, siguiendo las órdenes de la unidad de control. De inmediato el contador de programa se incrementa en una unidad.

La instrucción recibida se decodifica en la unidad de control, la cual gene-

ra las señales adecuadas para que el sistema responda de acuerdo con el código de la instrucción recibida, ejecutándola.

Este proceso es lo que se denomina "ciclo máquina" que tiene, como se ha visto dos partes:

1. Búsqueda de la instrucción (*fetching*).
2. Decodificación y ejecución.

Cada una de estas etapas, se divide a su vez en pasos, que marcados por las fases de un reloj (*clock*), van controlando los movimientos de la información primariamente almacenada en la memoria, a través de los diversos bloques, en la secuencia adecuada.

Queda claro que la manipulación de los datos, objetivo del ordenador, tiene lugar de acuerdo con los códigos que contienen las instrucciones situadas en la memoria y a las que se accede secuencialmente. La preparación de esta secuencia de instrucciones es lo que constituye la programación.

Este tipo de arquitectura del ordenador, que parte del modelo que Von Neumann propuso en 1945, ha evolucionado lógicamente desde entonces, motivado principalmente por la facilidad de incorporar módulos de funciones complejas y la posibilidad de aumentar la capacidad de memo-

ria. Por otro lado, uno de los puntos que no puede olvidarse al contemplar esta evolución, es la creación de los llamados sistemas operativos, dentro de la evolución del *software*, que permiten que el programador no tenga que conocer el *hardware* de la máquina con que está trabajando, ya que aquél le sirve de intermediario, indicando las zonas de memoria disponibles, ordenando las distintas tareas, atendiendo a las posibles interrupciones del *hardware*, organizando los distintos programas que estén en cola para su realización, compartiendo el tiempo de proceso entre distintos usuarios, etcétera.

Pues bien, en su evolución, el *hardware* ha ido creando arquitecturas cada vez más complejas a la vez que más versátiles, tratando de hacer más fácil la labor de los sistemas operativos e incluso asimilando en ocasiones alguna de sus funciones.

Como ejemplos de esta evolución se pueden mencionar, dejando aparte las variaciones en la longitud de palabra, las siguientes arquitecturas:

a) Sistemas multiproceso: formados por dos o más procesadores que dirigidos por el sistema operativo realizan simultáneamente tareas distintas correspondientes a uno o varios programas.

b) Proceso en "pipeline": llamado así porque una arquitectura especia-

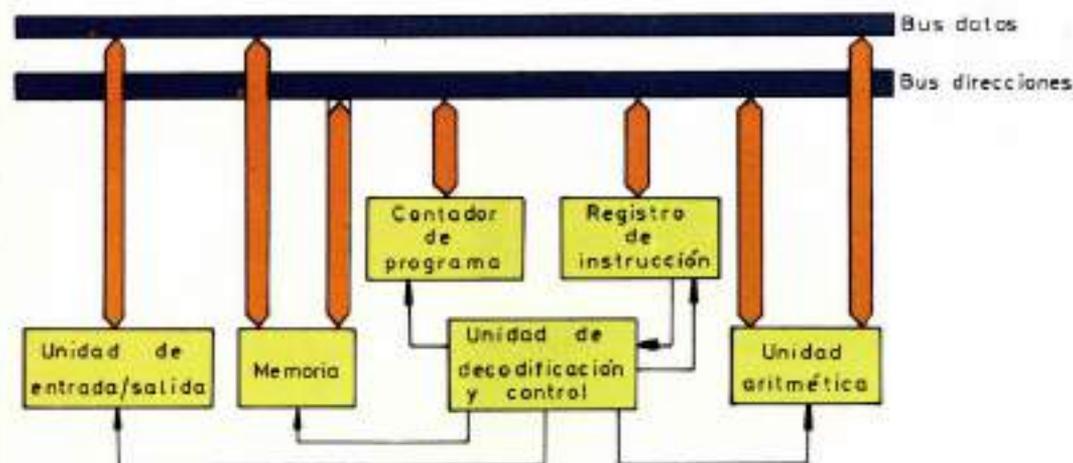


Figura 7. Diagrama bloque de un ordenador en el que se especifican el contador de programa y el registro de instrucción.

lizada va ejecutando una corriente de instrucciones simultáneamente, a medida que los datos van avanzando por los distintos bloques que constituyen el ordenador.

c) "Array processors": conjunto de procesadores generalmente organizados en forma de tabla de dos dimensiones capaces de ejecutar una serie de instrucciones de tipo único, en paralelo, sobre distintos datos.

d) Arquitecturas en "bit-slice": en este tipo de arquitectura cada una de las secciones que constituyen el ordenador está formado por dos o más unidades autónomas de longitud de palabra menor, que pueden trabajar agrupadas o por separado.

e) Proceso distribuido: la última tendencia en el aspecto de arquitectura de proceso de datos. Consiste en dividir la potencia de proceso en varios ordenadores separados que realicen parte del mismo trabajo, bien en forma especializada, bien de forma general.

## PROGRAMACION

Se ha descrito, hasta ahora, aquella faceta del ordenador que constituye su parte física (memorias, módulos, registros, cableado, etc.) o lo que es lo mismo, lo que forma el *hardware* sobre el que fluyen las corrientes eléctricas que comportan la información codificada. La otra faceta del ordenador es el *software* o conjunto de instrucciones que, codificadas en una determinada secuencia e introducidas adecuadamente en el ordenador, asegurarán que el *hardware* trate los datos en la forma adecuada para conseguir los resultados perseguidos.

A medida que la tecnología ha ido avanzando, ha surgido la necesidad de aplicar los ordenadores a problemas cada vez más complejos, lo que ha conducido a tener que producir y mantener programas con un grado de sofisticación y fiabilidad creciente.



Ordenador actual.

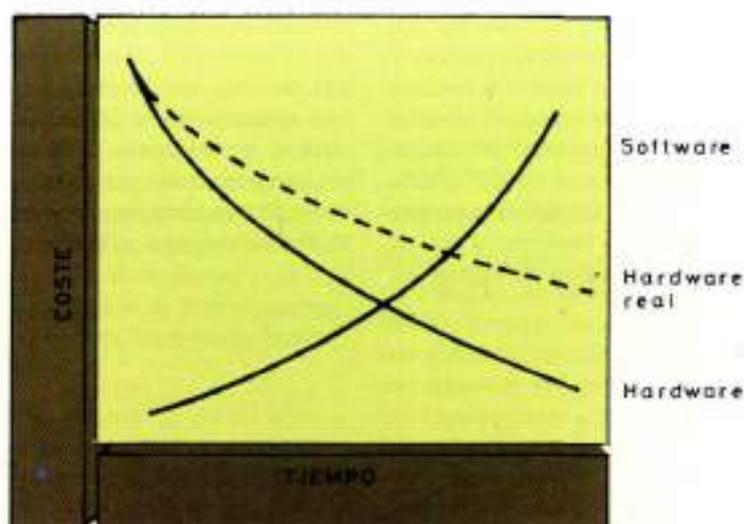


Figura 8. Evolución de los costes del hardware y software.

Así, y al igual que en el *hardware*, se ha producido un proceso de evolución en el *software*, que partiendo de la utilización del lenguaje máquina en representación binario, con la tediosidad y tiempo que ello implica, se ha llegado a la creación de lenguajes de programación de alto nivel, donde la relación entre el programador y el ordenador es prácticamente conversacional.

Sin embargo, en el *software* hay dos aspectos que deben diferenciarse. Uno es el medio de comunicarse, el lenguaje o, por decirlo de algún modo, la técnica mediante la cual se construye el programa y que evoluciona al compás de los tiempos tanto por su propio desarrollo como por el asociado a la potencia del hardware. Otro aspecto es la idea, el enfoque personal que cada analista/programador aplica para la resolución de un determinado problema; este último aspecto es puramente intuitivo y personal.

El aspecto técnico, que es el que realmente ha evolucionado en el *software*, facilita una serie de ayudas al programador que van desde los lenguajes de alto nivel a las técnicas de compilación y prueba, pasando por simuladores y emuladores que facili-

tan la labor "mecánica" del programador.

De todos modos, en la evolución del *hardware* y el *software* ha habido un desequilibrio, ya que mientras en el primero, debido al desarrollo de la microelectrónica, se ha producido un descenso importante de costos, las implicaciones de la utilización de mano de obra, en cuanto al segundo se refiere, conduce a unos costos cada vez más elevados.

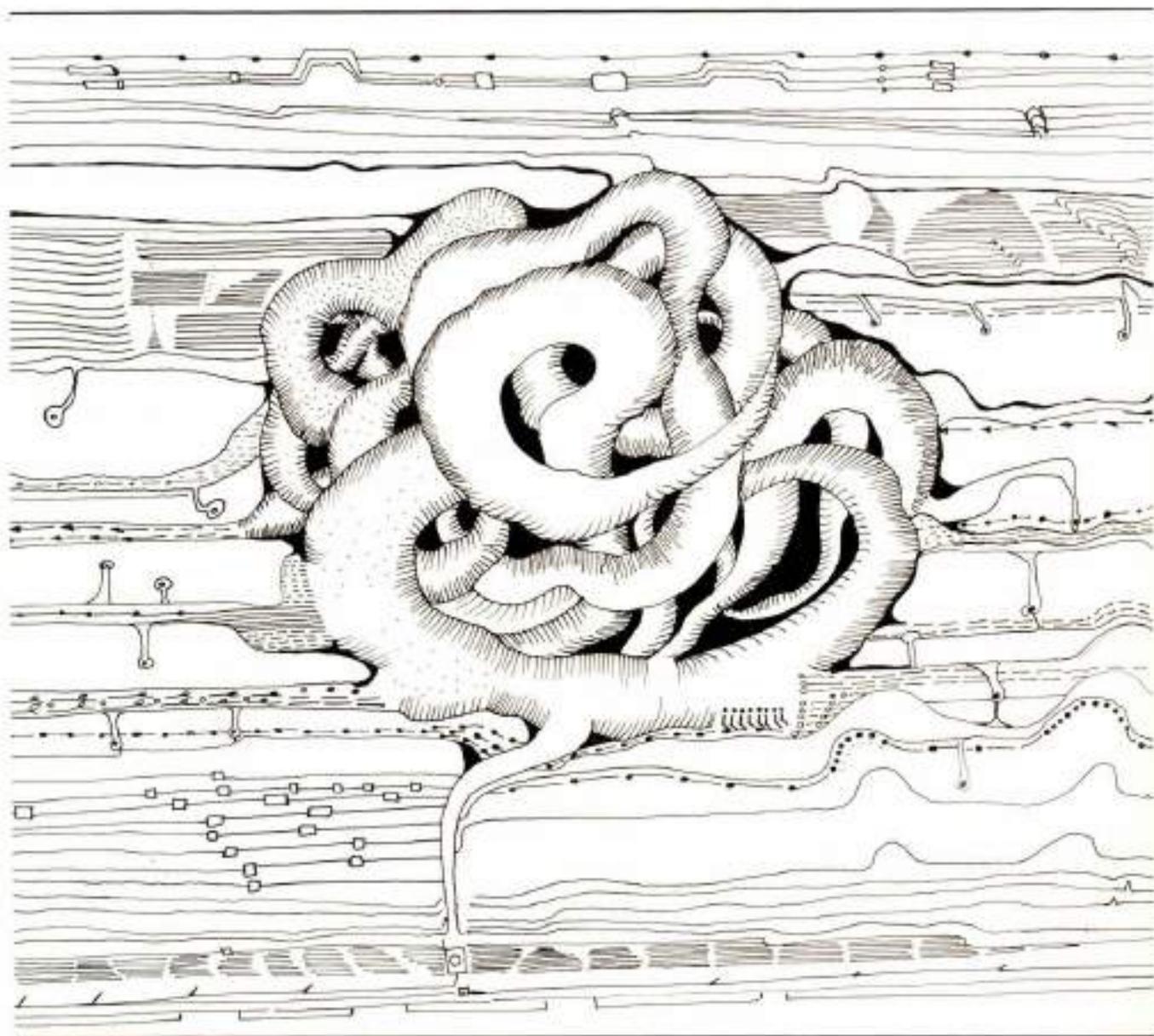
En los momentos actuales, los costos de *software* ya sobrepasan a los de *hardware* cuando se trata de la utilización de un ordenador.

Puede estimarse que la relación de coste *software/hardware* tiende a aumentar rápidamente aunque esté la tendencia un tanto amortiguada por las mayores necesidades de potencias *hardware* que la utilización de las modernas técnicas de programación exigen. Una representación de estas tendencias se muestra en la figura 8.

En el caso del microprocesador, la relación de costo *software/hardware* puede estimarse en 4 a 1 para el desarrollo de una aplicación completa, siendo la tendencia a aumentar la relación.

Hay que hacer notar que la evolución de las tecnologías *hardware* y *software* no se producen por separado sino influyéndose mutuamente. El hecho de que un programador utilice un lenguaje de alto nivel (BASIC, FORTRAN, COBOL, PASCAL) le permite interactuar más fácilmente con el ordenador y, por tanto, aumentar su

productividad personal disminuyendo el coste del *software*, pero, a su vez, el lenguaje de alto nivel es menos eficiente en la utilización de recursos, necesitando más *hardware* en general y más memoria en particular, lo que hace incrementar el coste del *hardware* a utilizar.



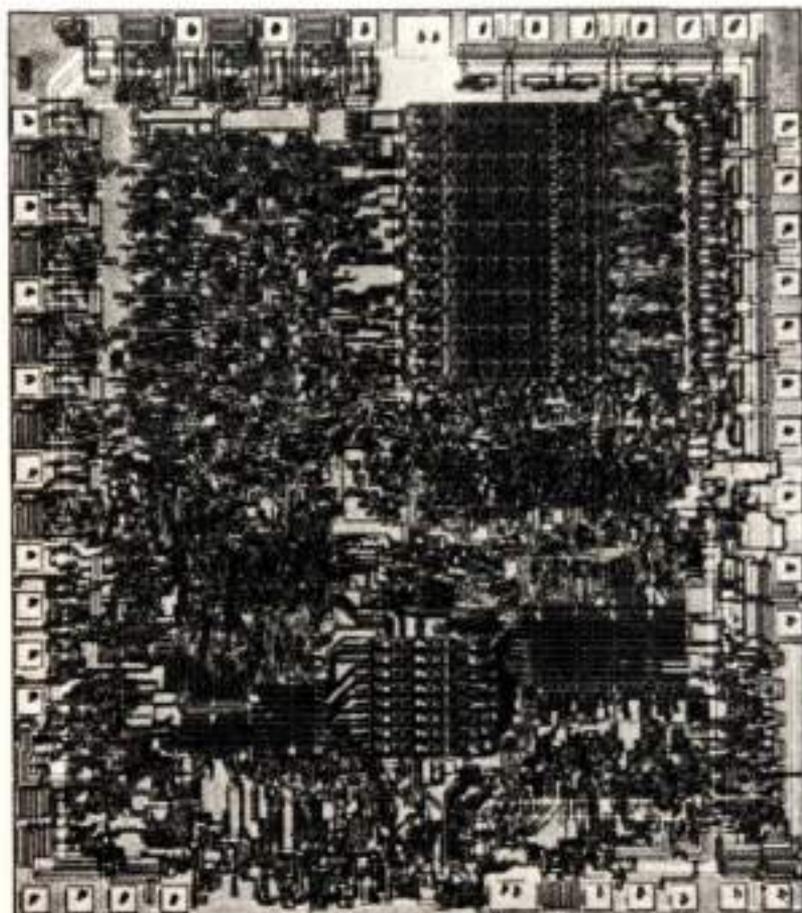
## EL MICROPROCESADOR

La evolución de la tecnología ha hecho posible llevar el concepto y estructura del ordenador a una pastilla de unos pocos gramos de peso, unos milivatios de consumo y un costo muy reducido, integrando en un solo *chip* todos sus componentes funcionales (contadores, registros, unidad aritmética, unidad de control, etc.) e interconectándolos de forma que toda la estructura del ordenador queda establecida.

A partir del momento de su aparición, al microprocesador se le han venido aplicando todos los avances que, tanto la tecnología microelectrónica como la evolución de arquitectura y *software* van alcanzando por lo que ha ido progresando en complejidad y potencia. Actualmente hay en el mercado varias docenas de tipos distintos de microprocesadores que abarcan todas las tecnolo-

gías y arquitecturas y la mayoría de ellos disponen de ayudas de *software* que van desde sistemas operativos a lenguajes de alto nivel, como BASIC, FORTRAN, PASCAL o PL/1, además, claro está, de sus propios lenguajes ensambladores.

Existen microprocesadores contruidos según las distintas tecnologías MOS y bipolar de 4, 8, 12 y 16 *bits* por palabra, significando que el micro procesa ese número de *bits* simultáneamente y en paralelo; por otro lado, hay pastillas (*slices*) de 2, 4, 8 *bits* con las que se pueden conjuntar ordenadores de cualquier número de *bits* por palabra (siempre que sean múltiplo de 2, 4 u 8, según el tipo de pastilla escogida) conectando en paralelo las pastillas necesarias. Como es lógico, la utilización de estas pastillas da una gran flexibilidad al diseño.



Microprocesador 8080 (4.500 transistores en una superficie de 32.400 mil<sup>2</sup>).

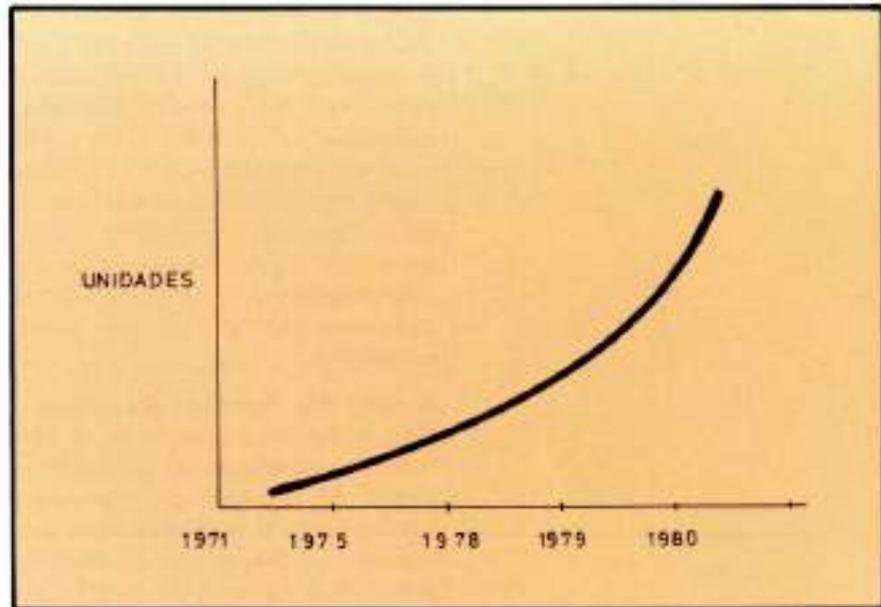


Figura 9. Evolución de consumo de microprocesadores a nivel mundial.

Así mismo hay microprocesadores que disponen de un conjunto más o menos amplio de instrucciones fijas mientras que otras son microprogramables; en este último caso, el diseñador dispone de un conjunto de microinstrucciones con las cuales puede construir el conjunto de instruc-

ciones que considere más adecuado a los fines de su proyecto.

Este desarrollo tecnológico (*hardware* y *software*) podría pasar desapercibido, si la realidad, en el orden económico y práctico, no lo hubiera incluso superado.

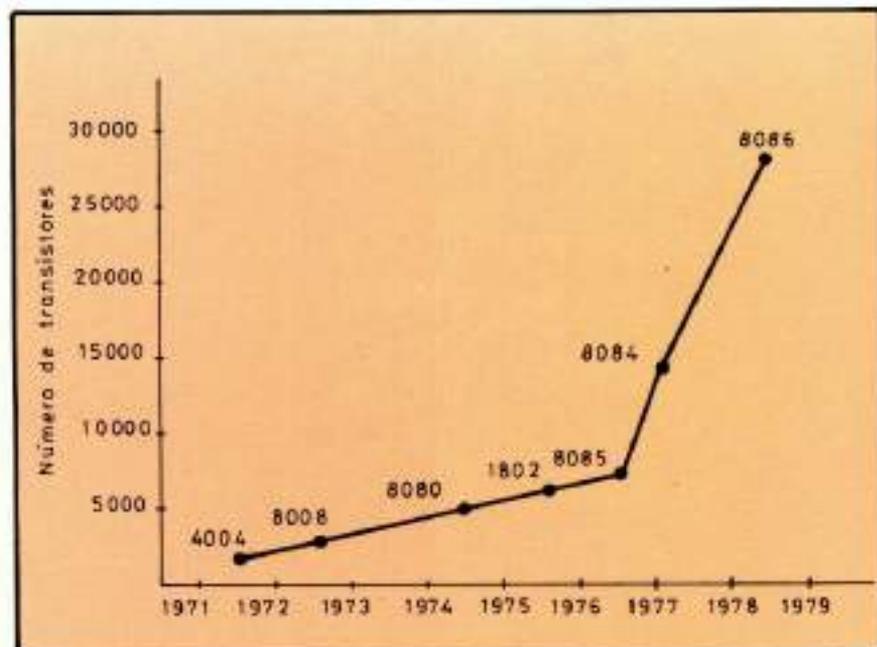
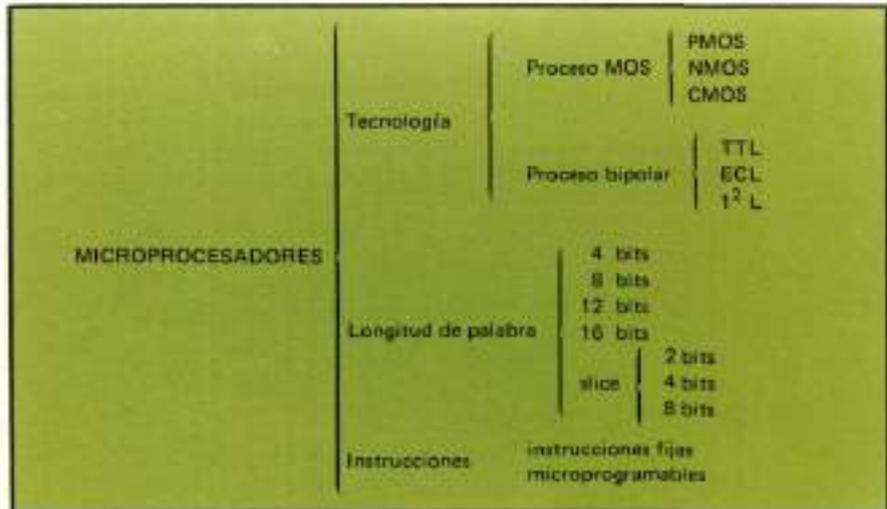


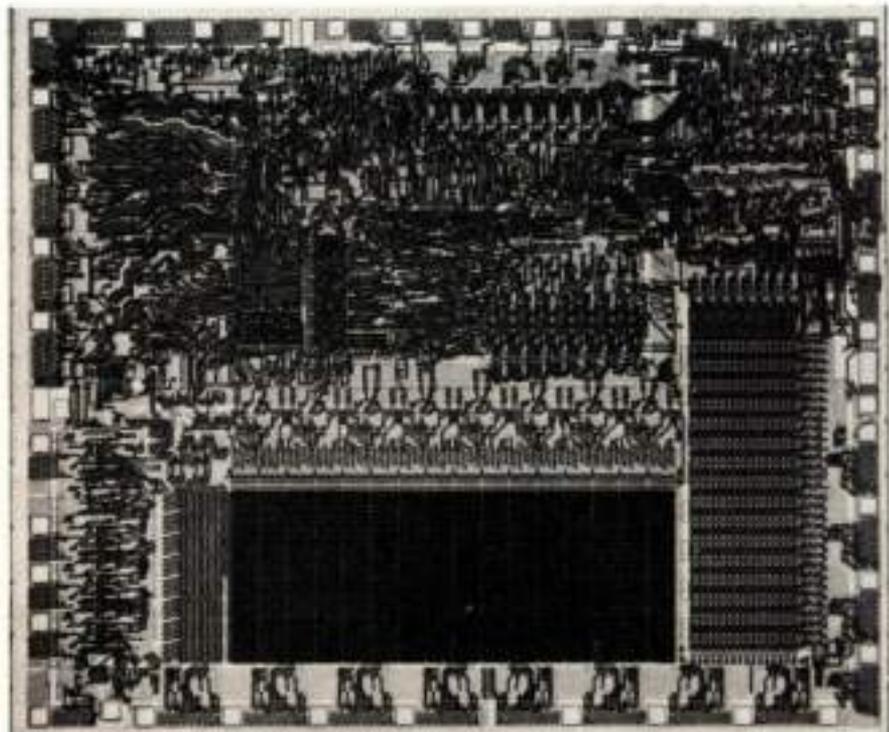
Figura 10. Evolución en la complejidad de los microprocesadores INTEL.



La figura 9 ilustra la evolución de los consumos en número de unidades a nivel mundial, mientras que la figura 10 muestra la evolución en la complejidad de los microprocesadores.

Para sistematizar la tipología de los microprocesadores, tal como está la

situación en este momento, se puede hacer una clasificación de los mismos tomando como base tres opciones: a) desde el punto de vista de la tecnología con que están construidos; b) de acuerdo con la arquitectura que utiliza y c) según el tipo de instrucciones de que está dotado.



Microprocesador 8748: un ordenador en un chip.

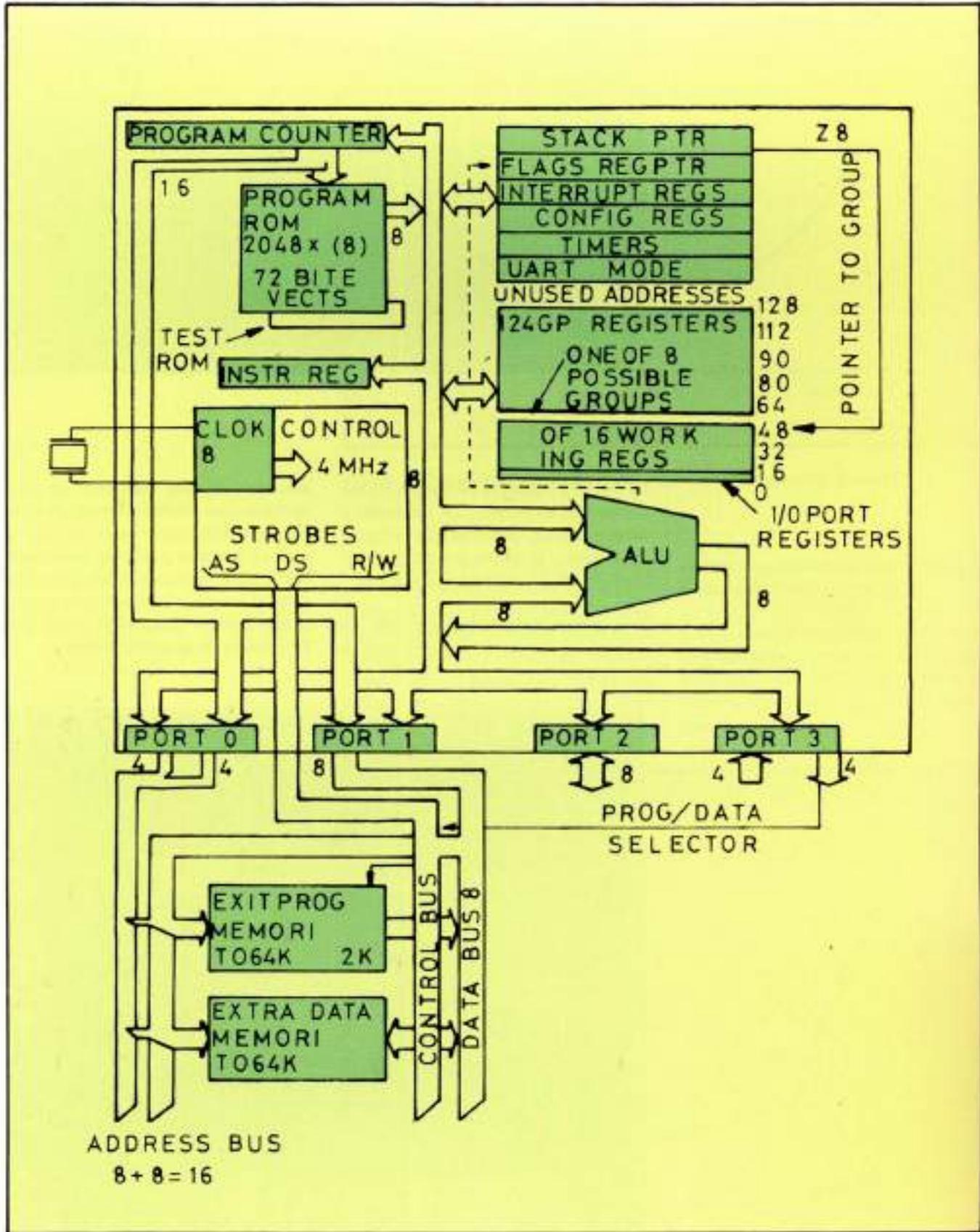


Diagrama funcional interno de un microprocesador actual (Z8).

## DISEÑO CON MICROPROCESADORES

La evolución del diseño de aplicaciones en electrónica ha ido paralela a la evolución de la tecnología de los componentes que utiliza. En general, se pueden considerar los siguientes pasos:

1. Diseño con componentes discretos (condensadores, resistencias, válvulas, diodos, etc.) en forma de estructura cableada.
2. Diseño utilizando circuitos integrados en estructuras cableadas.
3. Utilización de la microelectrónica (circuitos integrados de mayor densidad) diseñados para funciones y aplicaciones específicas.
4. Diseño con microprocesadores con estructura programada y, por tanto, de gran versatilidad.

La revolución que implica la utilización de microprocesadores es inherente a la potencia de cálculo y tratamiento de la información, asociada al reducido tamaño, consumo y coste de estos componentes.

Los ordenadores han marcado nuestra época y sus posibilidades son ya prácticamente del dominio común.

El microprocesador permite incorporar el concepto y la potencia del ordenador a cualquier dispositivo, aparato, máquina o sistema, dándoles no sólo la versatilidad y posibilidades de los sistemas programados, sino también el carisma de su actualidad.

Como ejemplo del avance y la adaptación que el micro ha obtenido respecto al ordenador, en la figura 11 se hace una comparación de características entre el primer ordenador construido, el ENIAC, y un microprocesador actual, el F-8.

Los ingenieros y especialistas de la electrónica conocen las grandes posibilidades de creación de nuevos productos y procesos, así como la mejora de los actuales que ofrece la aplicación de los microprocesadores a la industria y al mundo de los negocios en general. Se les presenta tan sólo la incógnita de en qué casos aplicarlos y cómo.

Sin embargo, en los sectores industriales alejados del mundo de la electrónica e informática existe una inquietud respecto a la evolución de la tecnología. Se sabe que algo profundo está pasando y se palpa la enorme influencia que puede tener el cambio. El hombre de empresa sien-

	ENIAC	F8 <sup>(1)</sup>	Diferencias
Tamaño	85 m <sup>2</sup>	0,3 Litros	30.000 veces menos
Consumo	140 KW	2,5 mw	56.000 veces menos
Ciclo	100 KHz	2 MHz	20 veces más rápido
Elementos activos	18.000 válvulas	20.000 transistores	
Resistencias	70.000	ninguna	
Condensadores	10.000	2	
Relés e Interruptores	7.500	ninguno	
Memoria	1 K	8 K	8 veces más
Tiempo entre fallos	Horas	años	10.000 veces más fiable
Peso	30 toneladas	500 grs.	

Figura 11. Comparación entre las características del ENIAC y un micro actual.

(1) A efectos de comparación, el F8 se le ha considerado añadido 8 K de memoria y su correspondiente control, así como el interfase con un teletipo.

te que la competitividad de sus productos y sus métodos de fabricación se van a ver afectados y se pregunta qué hacer y cómo navegar en el nuevo océano al que le han llevado, en un momento tan crucial de la economía.

Cabe aquí hacer algunas consideraciones básicas de dónde, por qué y cómo aplicar microprocesadores.

#### DONDE APLICAR MICROPROCESADORES

Cuatro son las áreas genéricas que tradicionalmente se mencionan como campo de aplicación de los microprocesadores: sustitución de circuitos lógicos complejos realizados hasta ahora con *hardware* tradicional; sistemas de adquisición, captura y tratamiento de datos; creación de instrumentos y máquinas inteligentes, y sustitución de lógica mecánica por lógica electrónica.

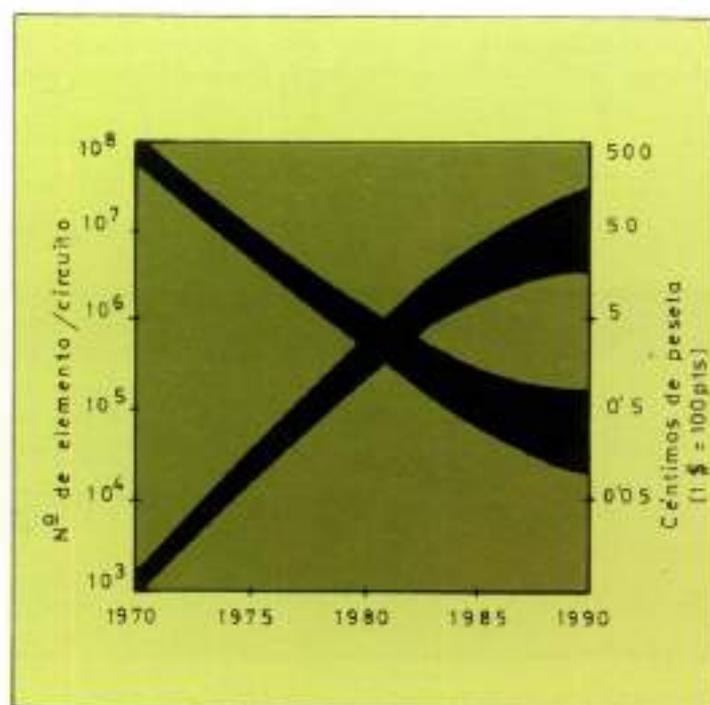
#### Sustitución de circuitos lógicos

Es bien conocido que los diseños lógicos pueden realizarse por medio de sistemas programados.

El único impedimento a esta aplicación estriba en la velocidad de respuesta, pues mientras que en los circuitos lógicos ésta sólo viene limitada por la velocidad de conmutación y los retardos de transmisión, en los microprocesadores al estar la lógica establecida en la memoria en forma de programa han de cumplirse unos ciclos de acceso a la información y manipulación que, en general, son superiores a aquéllos.

Sin embargo, a medida que la tecnología permite mayores velocidades de acceso de las memorias, son más y más las aplicaciones y diseños realizados con circuitos convencionales que potencialmente son realizables con microprocesadores.

Para este tipo de aplicación, el microprocesador almacena las secuencias



Evolución de la integración de memoria y su disminución de coste por bit de almacenamiento.

lógicas realizadas tradicionalmente mediante *flip-flops* y puertas en su memoria, y la operación del sistema se basa en la ejecución de las instrucciones del programa que representa o identifica la operación a realizar.

A efectos de evaluar la sustitución de un conjunto de puertas lógicas por un microprocesador, se considera que la dimensión de memoria necesaria para sustituir cada puerta es de 8 a 16 *bits* y que 10 *bits* de memoria equivalen a una puerta lógica.

Si se considera que un circuito integrado (un *chip*) contiene una media de 10 puertas, se llega fácilmente a la conclusión de la economía que puede representar el almacenar y tratar las decisiones lógicas encomendadas a un circuito por medio de un microprocesador y el correspondiente programa almacenado en la memoria.

En la figura 12 se presenta el número de puertas y circuitos integrados que se pueden reemplazar con sólo un *chip* de memoria ROM de los que actualmente existen en el mercado.

#### Sistemas de adquisición de datos

La evolución de los sistemas clásicos llevó a que los sistemas de adquisición o captura de datos se dotaran de transductores, seguidos de convertidores analógico-digitales, que proporcionan información digital a un elemento de proceso, el cual los trata y presenta en forma utilizable.

Dada la baja velocidad con que los transductores y convertidores pueden proporcionar información, en general, el elemento de proceso (un ordenador o miniordenador) desaprovecha, en gran parte, su capacidad, por lo que al final la inversión resulta elevada y no totalmente utilizada. Además, muchas veces, el coste comparativo del sistema que suministra los datos y del subsiguiente sistema de adquisición y tratamiento no hace el conjunto viable. Como ejemplo típico se puede hacer referencia al coste de un termógrafo, frente al de un ordenador o miniordenador.

El microprocesador con su bajo precio es el elemento que ha hecho posible generalizar estas aplicaciones. Sólo deberá escogerse el microprocesador que disponga de la capacidad y velocidad de proceso adecuada al sistema al que se pretenda aplicar, para obtener un conjunto de máxima rentabilidad técnica y, por tanto, económica. Multitud de sistemas operan hoy según este enfoque.

#### Instrumentos y máquinas inteligentes

Como definición se dice que una máquina es inteligente cuando es capaz de tomar decisiones. Esta facultad es la clásica en el concepto de ordenador.

Esta capacidad se puede particularizar en el hecho de que la máquina en cuestión, además de hacer un tra-

ROM N.º de bits por Chip	Puertas lógicas reemplazadas	N.º de Chips con reemplazo
2048	204	20
4097	409	40
16384	1638	164
32768	3276	327

Figura 12. Número de chips de lógica normal que puede desplazar un solo elemento de memoria.

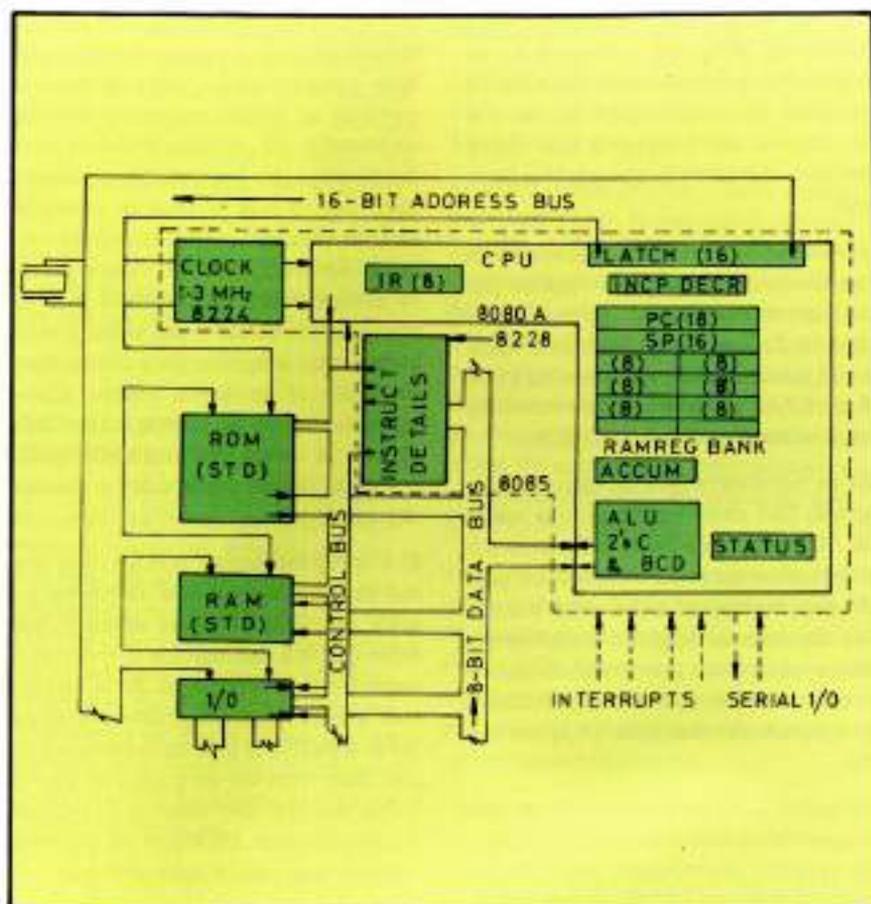


Diagrama funcional interno y de interconexión del microprocesador 8080A.

tamiento de la información, puede realizar su autocomprobación y autocalibración, así como dar directrices para su propio mantenimiento.

Hasta la aparición del microprocesador, los equipos electrónicos, instrumentos o electrónica asociada a máquinas han sido construidos mediante circuitos cableados con componentes normalizados. Ello lleva consigo una especialización de uso, además de su complicada fabricación, y un mantenimiento específico y laborioso.

Ante la aparición del microprocesador, y dadas sus repetidas características de tamaño, coste y versatilidad, es posible incorporar este componente como parte fundamental e intrínseco de instrumentos y máqui-

nas. Así, los instrumentos actuales permiten manipulación previa de la información antes de presentarla al usuario, lo que supone hacerlo de una forma más elaborada. Por otro lado, existen multitud de máquinas a las que la incorporación del microprocesador les ha dado nueva dimensión; en particular las máquinas de producción (máquinas herramienta, telares, etc.) se benefician de su potencia de proceso.

Otras máquinas y dispositivos han cambiado totalmente su prestación gracias al microprocesador. Buena muestra de ello son los nuevos juegos y juguetes. Además, existe una simplificación del diseño y muchas de las operaciones manuales de utilización y mantenimiento pueden programarse y autorealizarse añadién-

dose, incluso, mayores posibilidades, sin aumento de coste del proyecto, aprovechando la facilidad de programarlas.

En definitiva, un proyecto utilizando microprocesador será más flexible, con mayor capacidad de decisión, más fiable y, todo ello, a un menor costo.

La única desventaja frente al *hardware* cableado tradicional es la menor velocidad de operación, aunque para la mayoría de aplicaciones el ciclo de un microprocesador (entre menos de 1 y 20 microsegundos) es más que suficiente.

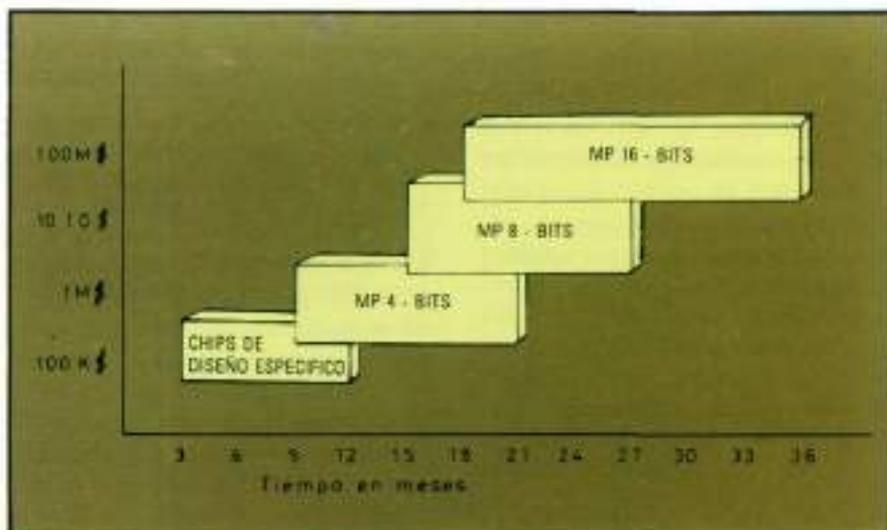
#### Sustitución de lógica mecánica por lógica programada

Muchos de los dispositivos mecánicos realizados por el hombre a lo largo de la historia son prueba de su ingenio, como, por ejemplo, los relojes, las máquinas de calcular mecánicas y electromecánicas y las máquinas de escribir. Sin embargo, estos tres dispositivos han sido totalmente transformados con la inclusión de los microprocesadores.

En general, el microprocesador puede sustituir a dispositivos mecánicos ideados para establecer secuencias de operación mediante una estructuración lógica de partes. Así, muchos dispositivos mecánicos y electromecánicos ven eliminada la parte mecánica que implica programación de una secuencia en el sentido más general, mediante lógica programada controlada por un microprocesador.

#### POR QUE APLICAR MICROPROCESADORES

Aunque se acepte apriorísticamente que la inclusión de un microprocesador puede mejorar un diseño en cualquiera de los campos antes mencionados, no por ello hay que dejar de analizar con cuidado las especificaciones del sistema antes de tomar la decisión de si se debe o no consi-



*Inversión y tiempo necesarios para desarrollar un microprocesador en función de su complejidad.*

*Fuente: JSSC, agosto, 1980.*

derar la inclusión de un microprocesador.

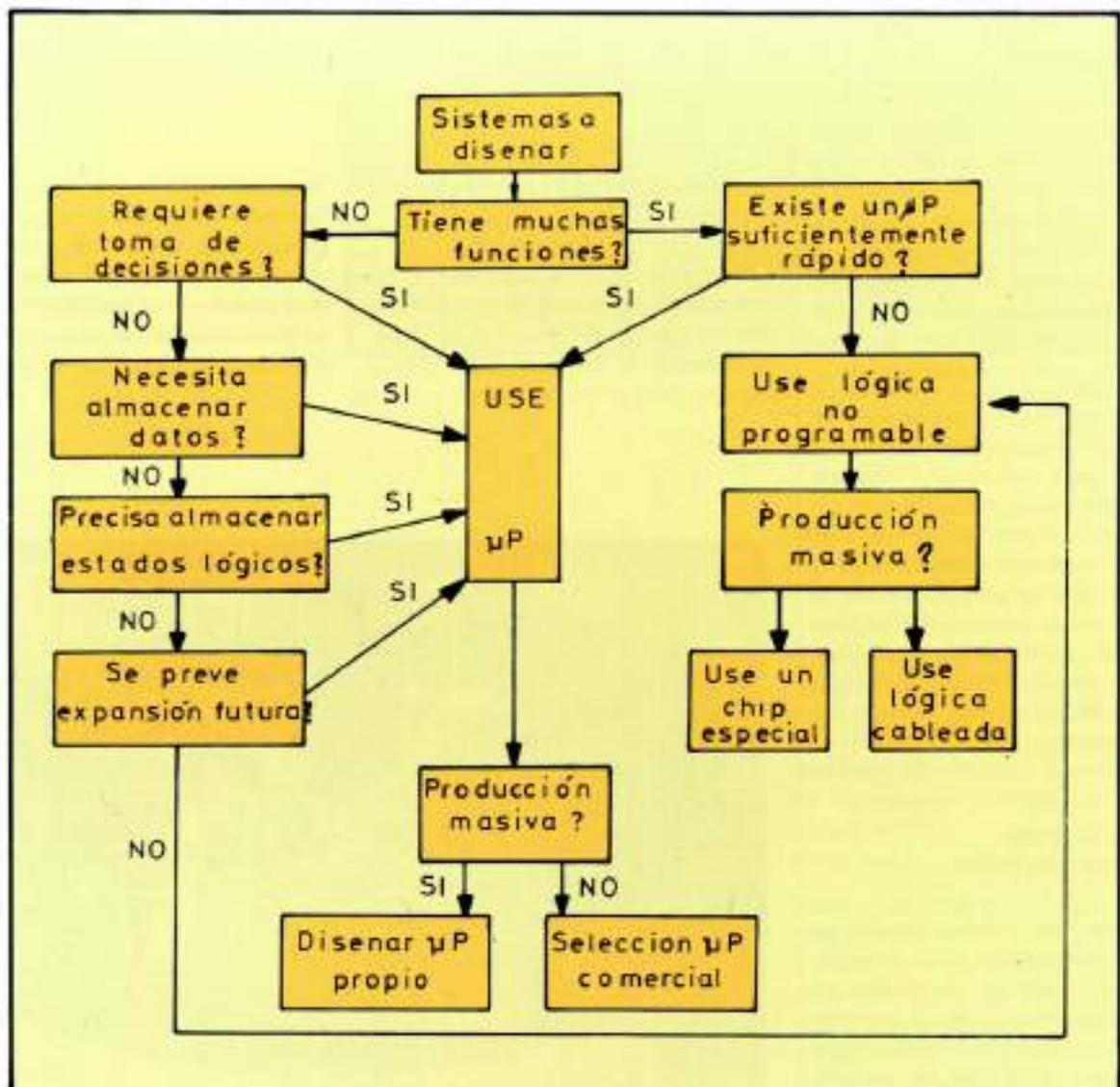
Conociendo que los aspectos positivos son su capacidad de toma de decisiones, la flexibilidad que da la posibilidad de su programación, la faci-

lidad de diseñar cualquier aplicación, la mayor fiabilidad y menor coste y conociendo, así mismo, ese aspecto negativo, de mayor envergadura, que puede ser la velocidad, pueden establecerse varias condiciones generalizadas que cuando se presentan



en el sistema bajo diseño están pidiendo la utilización de un microprocesador. Estas condiciones, no exhaustivas, son las siguientes:

1. El sistema requiere la toma de decisiones.
2. El sistema precisa almacenar muchos estados lógicos o muchos datos.
3. Se necesita un diseño complejo con cientos de puertas, *flip-flops*, etcétera.
4. El tiempo de respuesta es tal que puede resolverse con la velocidad de los microprocesadores existentes en el mercado.
5. Hay previsiones de que en el futuro habrá que hacer modificaciones o ampliación de las funciones del sistema.
6. La fiabilidad y la reducción de tamaño y precio son atractivas para el consumidor.
7. El ambiente es hostil para las personas.
8. Se trata de controlar o manejar situaciones repetitivas.



Consideraciones para utilizar un microprocesador ( $\mu P$ ) en un diseño.

## CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE MICROPROCESADORES

Cuando a la vista de la aplicación se ha decidido la utilización de un microprocesador, hay una serie de aspectos técnicos y económicos que deben considerarse para realizar la selección. Entre los primeros se encuentran la arquitectura, velocidad y conjunto de instrucciones de que dispone el microprocesador; entre los segundos, el conjunto de periféricos que precisa el sistema y la programación necesaria, añadidos al coste del propio microprocesador.

Aparte de esto y de tanta importancia para el éxito de la aplicación es la consideración de la existencia de segundas fuentes de suministro, pues una vez decidida la inclusión de un determinado microprocesador en diseño, la continuidad de fabricar el producto de que se trate dependerá de que no se corte el suministro de aquél. En el Anexo 2 se relacionan distintos tipos de microprocesadores existentes en el mercado actualmente.

### Arquitectura

Dependiendo de la aplicación que el sistema bajo diseño debe cubrir, hay que considerar la arquitectura del microprocesador a utilizar. Aspectos tales como número de *bits* por palabra, propiedades de la unidad aritmética y lógica, capacidad de la unidad de entrada y salida, interrupciones disponibles y su tratamiento, y posibilidad de direccionamientos de memoria, merecen un análisis en profundidad para asegurar que los objetivos del proyecto se van a cubrir eficientemente.

La arquitectura del microprocesador adquiere tanta mayor importancia cuanto más compleja sea la aplicación y permite un mayor acoplamiento necesidad-capacidad disponible.

### Velocidad de operación

Ya se ha comentado que cuando se trata de aplicar un microprocesador para la sustitución de circuitos lógicos complejos en un sistema, una de las posibles dificultades es la relativa menor velocidad de respuesta.



Al seleccionar el microprocesador debe tenerse en cuenta la adecuación de sus facilidades software.

En la elección del microprocesador, por lo tanto, debe tenerse muy en cuenta esta velocidad, que normalmente viene identificada por el denominado ciclo de operación, en las tablas de características técnicas. Sin embargo, este ciclo máquina no siempre identifica la velocidad real del microprocesador, pues los hay con instrucciones que ocupan más de un ciclo. Por lo tanto, en la fase de diseño deben no sólo tenerse en cuenta estas facetas, sino lo frecuentemente que se van a utilizar estas instrucciones que utilizan múltiples ciclos de operación.

#### Conjunto de instrucciones

Al contemplar los conjuntos de instrucciones de los diversos microprocesadores candidatos a incorporarse a un determinado sistema, no debe medirse su calidad por el mayor o menor número de instrucciones disponibles. El diseñador debe investigar cuáles son las instrucciones que precisa y qué uso puede hacerse, dentro de esa aplicación determinada, de las instrucciones complejas que el microprocesador pueda tener.

Por otra parte, algunos microprocesadores disponen de instrucciones que son microprogramables. En este caso existe la posibilidad de que se constituya un conjunto de instrucciones que se adapten a una aplicación específica, lo que puede hacer una fácil y efectiva programación.

#### Componentes adicionales

El coste total de un sistema no puede establecerse por aplicación directa del coste del *chip* del microprocesador.

Hay microprocesadores que incluyen en una sola pastilla todo el sistema, mientras que otros necesitan diversos componentes de *hardware* adicional para poder realizar sus funciones.

Estos componentes son normalmente otros circuitos integrados de diversa complejidad. Son típicos diver-

sos tipos de memoria, elementos de comunicación con el exterior, etc.

#### Componentes periféricos

El coste del sistema vendrá muy condicionado por el número y tipo de fuentes de alimentación necesaria, por su regulación y su potencia. Al tener en cuenta estas circunstancias puede llegar el caso de resultar definitivamente más caro el sistema apoyado en un microprocesador que en principio partía de un precio básico menos elevado, que el realizado con otro de precio unitario más caro, pero que evita el uso de otros *chips* auxiliares.

Otro aspecto a no perder de vista es el coste de las interfases cuando el sistema, además de utilizar la unidad de proceso y su correspondiente memoria, precisa de unidades periféricas tales como lectoras, teclados, convertidores analógico-digitales, etcétera.

#### Programación

En los momentos actuales, cuando los costes del *hardware* descienden cada vez más, toma una posición predominante en el presupuesto de cualquier sistema, la valoración de la programación del mismo. Por tanto, parece obvio el interés que el investigador debe poner en las ayudas que

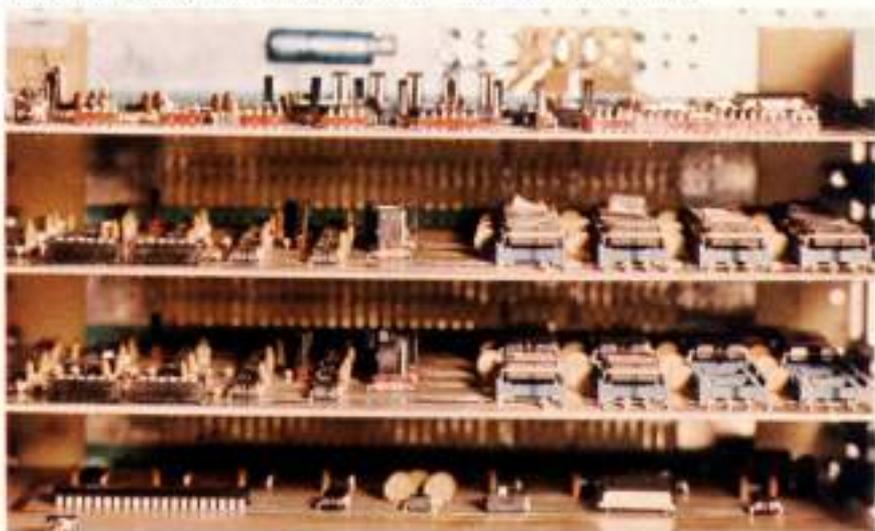
en *software* puede recibir de cada fabricante de microprocesadores, en caso de adaptar estos elementos al producto bajo diseño. Estas ayudas forman parte normalmente del paquete en venta y están constituidas por sistemas operativos que incluyen lenguajes ensambladores y de alto nivel, aunque en ocasiones se venden como productos independientes del propio *hardware*.

Muy interesante es la existencia de simuladores y "debuggers", paquetes *software* que permiten acelerar la comprobación de que el *software* desarrollado se adapta perfectamente a lo previsto, y, en su caso, localizar los posibles errores cometidos durante la programación.

#### Suministradores alternativos

Es necesario tener en cuenta en la elección del microprocesador que soporte el sistema bajo diseño, la solvencia del fabricante, tanto en calidad del producto como en ayuda y, sobre todo, en la continuidad de suministro.

Contemplando esta posibilidad y como medida de seguridad, será siempre aconsejable elegir un microprocesador que tenga la posibilidad de ser suministrado por, al menos, dos fuentes alternativas.



Al diseñar un sistema con microprocesador hay que valorar los componentes adicionales necesarios.

## SISTEMAS DE DESARROLLO

Las grandes posibilidades que representa el microprocesador en el avance de la tecnología, no debe hacer olvidar que se trata de un elemento de elevada complejidad y que exige, por tanto, el desarrollo y uso de toda una serie de herramientas con la potencia y versatilidad que tiene el propio microprocesador. Así, un laboratorio de electrónica clásica necesitaba disponer, como herramienta de máxima sofisticación, de un oscilos-

copio. Hoy, en el mundo del microprocesador, esto ya no es suficiente, aunque siga siendo necesario.

En la figura 13 se presenta el diagrama, a grandes rasgos, de los pasos de un desarrollo con microprocesador, una vez que se ha tomado tal decisión. El siguiente paso es establecer las especificaciones del desarrollo que se pretende y a las que habrá de ajustarse el diseño; estas especificaciones deben abarcar todos los as-

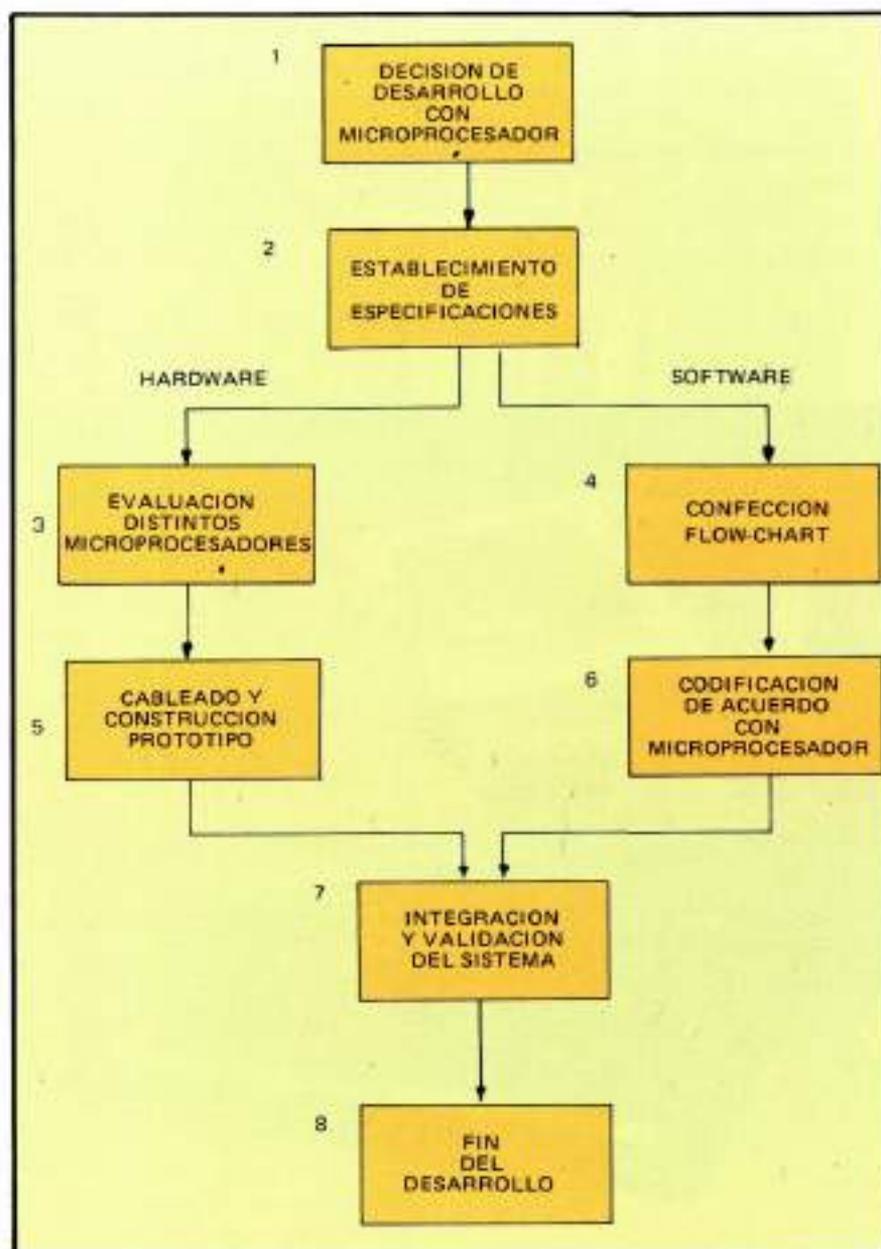


Figura 13. Diagrama de flujo para el desarrollo de un sistema con microprocesador.

pectos de uso, ambientales, consumo, etc., con el mayor detalle posible y diferenciando las características que deben cubrirse por el *hardware* y aquellas que deben ser objetivo del *software*.

A partir de este punto, el desarrollo avanza en dos caminos paralelos:

- a) Por un lado, el *hardware*, evaluando los distintos microprocesadores en el mercado que pueden cumplir las especificaciones, de acuerdo con lo presentado en epígrafes anteriores, y posteriormente procediendo a la construcción del prototipo mediante la conexión del microprocesador con los elementos periféricos necesarios.
- b) Por otro lado, las especificaciones que deben cubrirse mediante el

*software* se plasman confeccionando el correspondiente diagrama de flujo (*flow-chart*). El contenido de este diagrama de flujo hay que pasarlo a instrucciones en código-máquina que sean asimilables por el microprocesador seleccionado.

Finalizados estos dos caminos paralelos, debe procederse a su integración, comprobando que el sistema cumple las especificaciones establecidas como objetivo del diseño. Es la etapa más compleja y que absorbe más tiempo del proyecto.

La etapa de codificación, sin embargo, es la que exige unas herramientas más sofisticadas, en cuanto el *software* a implantar supere un mínimo de complejidad. Estas herramientas son los sistemas de desarrollo.

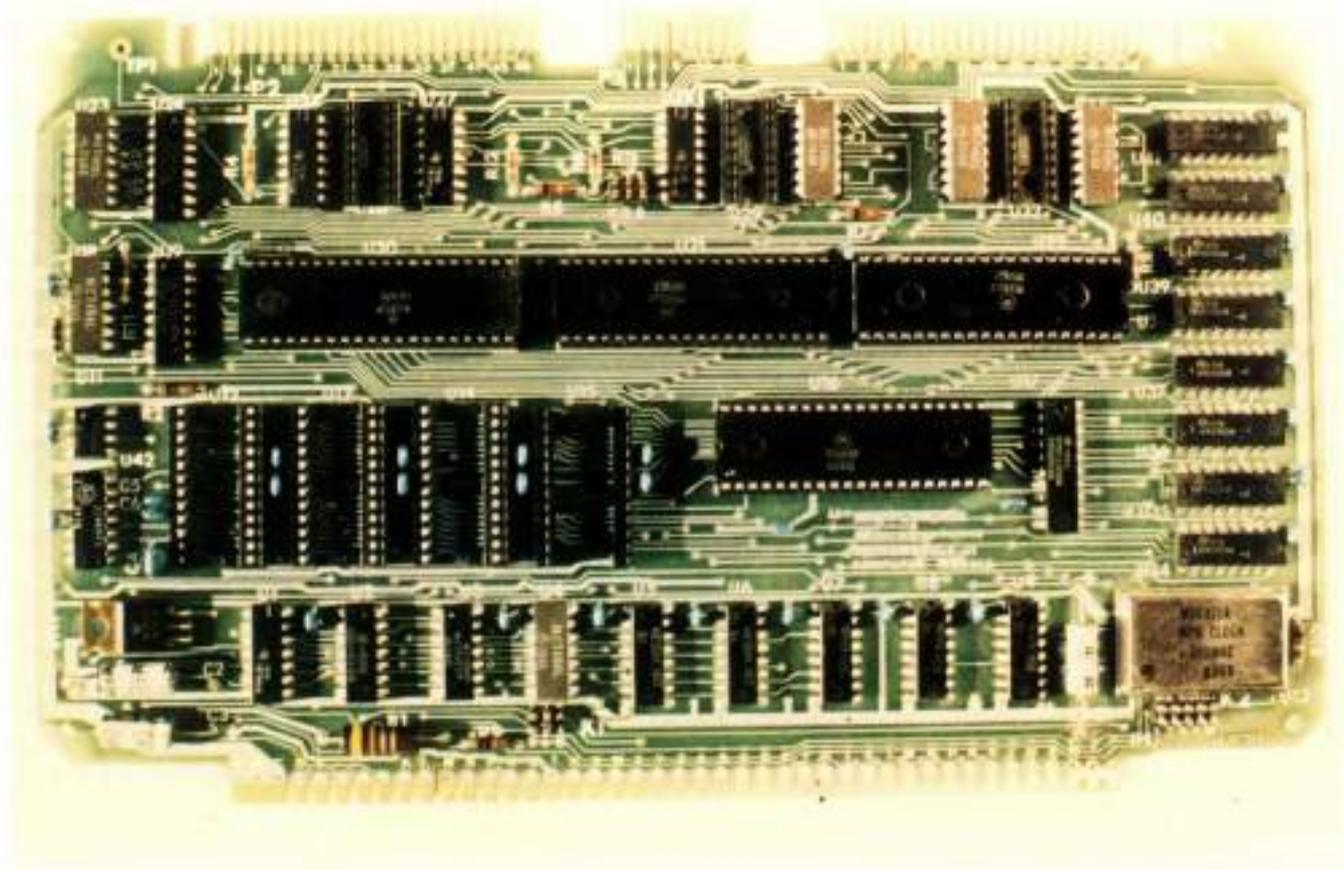
La justificación de tales herramientas es clara. Al igual que ocurre en los grandes ordenadores, la escritura de los programas de aplicación ha pasado por una serie de etapas hasta la utilización de lenguajes de alto nivel que hace más fácil la labor de programación. Sin embargo, este tipo de lenguaje no puede utilizarse directamente en el microprocesador; para que éste funcione es necesario transformar la secuencia lógica de órdenes del programa mediante una codificación a lenguaje de máquina (señales binarias). Una vez comprobado y depurado este programa en código máquina, se graba en una memoria ROM y se une al *hardware* que se ha desarrollado en paralelo separadamente. Para la utilización de estos lenguajes de alto nivel se precisa el apoyo de un ordenador que soporte el *software* adecuado que permita utilizar lenguajes más cómodos que el código máquina, a la vez que toda la serie de ayudas como editores, *linkers*, cargadores, depuradores, emuladores, etc., que son precisamente las facilidades que se suministran a través de los sistemas de desarrollo.

La complejidad de los sistemas de desarrollo varía de acuerdo con la filosofía de su aplicación y de la rapidez y sofisticación del problema lógico a resolver. En general, son tres las categorías de este tipo de herramienta.

El primer nivel se trata de microordenador realizado con el mismo microprocesador seleccionado y dotado de su memoria RAM y de los adecuados periféricos, como *disketes*, teclado, pantalla y programador de memorias ROM. Mediante este sistema se puede introducir, a través del teclado o de otro periférico adecuado, el programa a desarrollar en un lenguaje de alto nivel (FORTRAN, BASIC, ENSAMBLADOR, etc.) y comprobar que funciona según las especificaciones, manteniéndolo grabado en la memoria masiva durante todo el proceso, hasta su grabación en la memoria ROM.



Hardware de un Sistema de Desarrollo.



*Cualquier diseño con microprocesador mejora el tiempo y costo de puesta a punto mediante simulación con un sistema de desarrollo.*

La principal ventaja de este tipo de sistema de desarrollo es que su coste es el más reducido dentro de esta gama de herramientas, aunque tiene la desventaja de la limitación que supone el hecho de que no sea válido nada más que para un tipo de microprocesador.

En un segundo nivel está la utilización de un miniordenador de uso general en el que mediante la utilización de *software* cruzado permite la generación de los programas en código máquina que sirva para microprocesadores distintos a aquel que sirve de base al propio sistema. Esta solución es buena puesto que permite, con el *software* adecuado, pro-

gramar cualquier microprocesador del mercado; sin embargo, tiene la limitación de no probar la eficacia de la solución obtenida ya que su funcionamiento se hace sobre un circuito simulado, totalmente diferente de aquel sobre el que va a ser realizado. Es inviable, por ejemplo, la comprobación de los tiempos de ejecución.

El tercer nivel constituye la solución más completa aunque también la más costosa, englobando las ventajas de las opciones anteriores: por una parte, tiene la posibilidad de comprobar el diseño en tiempo real y por otra, es aplicable a todo tipo de microprocesador. Siendo ya un sistema complejo, puede disponer de

varios terminales trabajando simultáneamente como base de distintos microprocesadores. Basta con dotarle de la memoria masiva necesaria, así como del *software* adecuado.

## EL MICROPROCESADOR Y LA EMPRESA

### EL IMPACTO DEL MICROPROCESADOR EN LA EMPRESA

Las innovaciones tecnológicas encuentran eco en la empresa cuando pueden mejorar los resultados económicos de la misma. Sin embargo, teniendo en cuenta que para poner en marcha una innovación es preciso la realización de una inversión, queda justificada la posición conservadora del empresario, sobre todo en temas que caen fuera de su actividad tradicional. No obstante, la aplicación del microprocesador no es una aventura inédita para la industria. Muchas empresas, con la incorporación de esta tecnología han conseguido mantener su posición en el mercado o abrir nuevas líneas de productos.

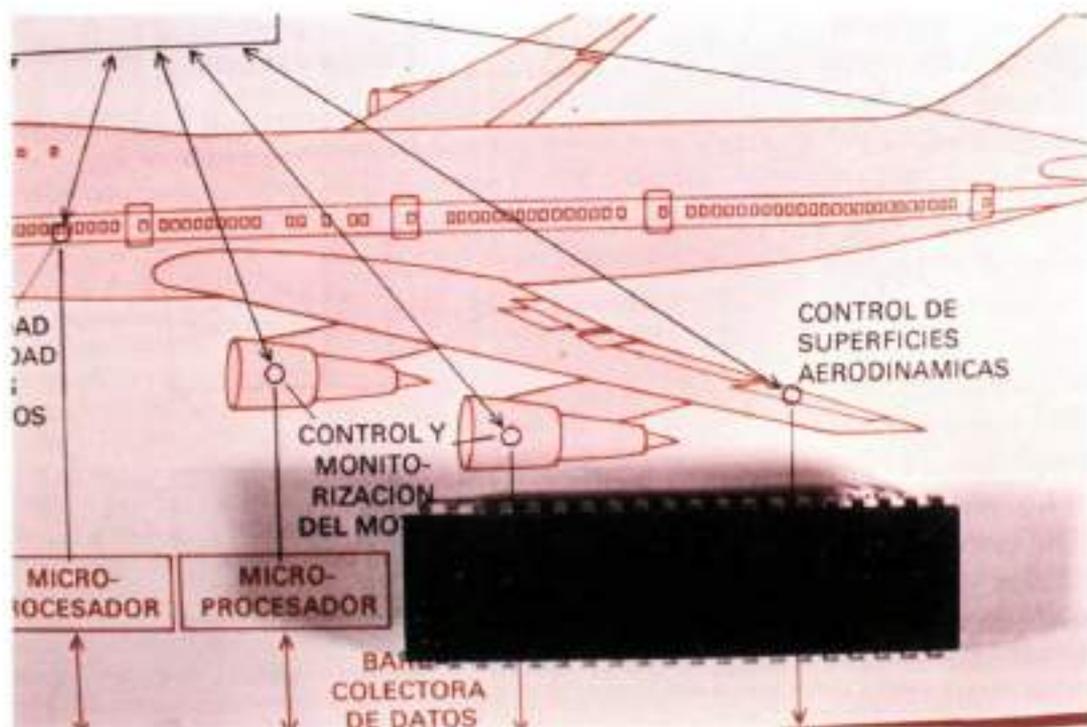
Disponiendo, pues, de una cierta perspectiva se puede hacer un análisis de las razones que pueden incidir, desde el punto de vista de la empresa, para iniciar proyectos de equipos que incorporan microprocesadores.

En este sentido, puede ser ilustrativa la siguiente clasificación de productos:

- Productos típicamente electrónicos, cuya evolución a lo largo de su historia ha seguido la evolución de los componentes (instrumentos de medidas eléctricas, telecomunicaciones, equipos informáticos,...).
- Productos sustancialmente no electrónicos pero que tradicionalmente incorporan partes electrónicas auxiliares. El número de estos productos ha ido creciendo a la par que la electrónica ha podido ir proporcionando al equipo mejores características y posibilidades. Son multitud la gama de estos productos, pero pueden mencionarse, como significativos, la máquina herramienta, máquinas de producción, automóviles, instrumentos de medidas mecánicas, etc.).
- Productos típicamente mecánicos o electromecánicos que pueden sufrir una transformación sustancial por el empleo de la microelectrónica y en particular del microprocesador. Entre ellos y a título de referencia se pueden incluir sistemas de establecimiento de una secuencia, relojes, controladores de tiempo, juguetes, máqui-



*Caso típico de un producto básicamente mecánico convertido en electrónico.*



La facilidad y rapidez del diseño mediante microprocesadores ha elevado su incorporación en los proyectos más sofisticados.

nas de jugar, máquinas de venta automática, etc.

En la mayoría de los casos, la aplicación del microprocesador mejora el tiempo y coste del desarrollo, reduce los costes de fabricación, mejora la calidad del producto, lo que puede llevar a mejores rendimientos, aumenta la fiabilidad, lo que reduce los costes de mantenimiento y garantía, permite la permanencia del producto (y de la empresa) en el mercado y da la posibilidad de crear otros nuevos.

#### Mejora del coste y tiempo de desarrollo

La primera fase del lanzamiento comercial de un producto es su desarrollo. Dejando a un lado los estudios de mercado previos, se ha de partir de unas especificaciones que definen funcionalmente el producto a desarrollar.

Las sucesivas etapas del desarrollo pasan por el diseño del sistema en sí, montaje experimental, prueba y puesta a punto, documentación, diseño de la parte mecánica, cambios

como consecuencia de la experiencia durante el desarrollo, etc.

Pues bien, un diseño con microprocesador mejora el tiempo y coste de todas estas etapas por las siguientes razones: la estructura de *hardware* es muy genérica y para prototipos y pequeñas series es comercial y se puede poner en operación de un día para otro; la particularización de la aplicación se hace sobre el programa, para cuya realización existen cada día más ayudas en cuanto a sistemas de desarrollo y aplicación de lenguas de programación de alto nivel; las modificaciones que puedan surgir son fundamentalmente modificaciones del programa, realizables sin modificar la estructura física del sistema; una vez bien definido y puesto en operación el dispositivo, se puede particularizar en el diseño de módulo propio, más simple que un diseño con componentes convencionales, pues en cualquier caso la estructura será una versión análoga reducida del módulo comercial de que se partió para hacer el prototipo. Por otro lado, el número de compo-

nentes es mucho más reducido, lo que redundará no sólo en simplicidad del montaje, sino también en reducir y simplificar la documentación, lista y gestión de los componentes.

No puede olvidarse, por otra parte, que el uso del microprocesador permite una amplia reducción del consumo (con la supresión de elementos), simplificando el cálculo y diseño de las fuentes de alimentación. Como consecuencia inmediata, en la mayoría de las veces la disipación calorífica pasa a un plano anecdótico. Y por supuesto la reducción en espacio que la aplicación de un microprocesador conlleva, incide en la reducción de la cabina que los vaya a contener y, por ello, en el costo de diseño.

En definitiva, la etapa de desarrollo, que es mucho más simple y por tanto tiene un menor costo, es, sobre todo, mucho más rápida, lo que permite que el producto llegue al mercado mucho antes.

La anticipación en el lanzamiento de un producto cubre dos objetivos

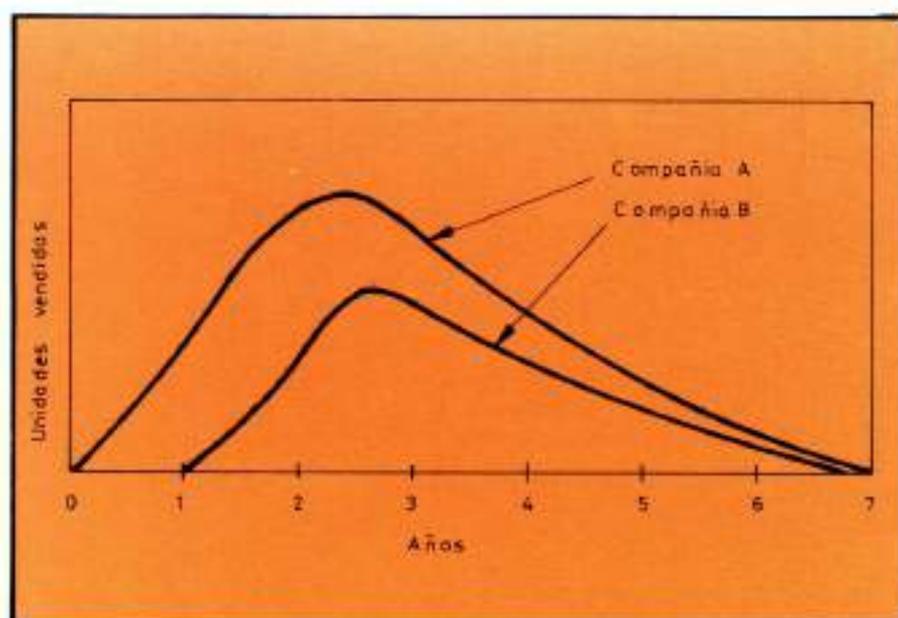


Figura 14. Comparación de unidades vendidas del mismo producto para dos compañías similares cuya única diferencia es la anticipación en el lanzamiento.

apetecibles a cualquier empresa. En primer lugar, permite alcanzar una mayor participación de mercado tanto momentáneamente como a lo largo de la vida del producto; este efecto se representa en la figura 14 donde está tabulado en abscisas los años de vida del producto y en ordenadas la participación de mercado (en número de unidades vendidas) para dos compañías A y B, de características similares y que lanzan el mismo producto con un año de diferencia.

El segundo objetivo es el participar del producto al principio de su vida, cuando es más rentable, puesto que la novedad y ausencia de competencia permite venderlo a unos precios más elevados. Cálculos teóricos permiten llegar a la conclusión de que un caso como el expuesto hace que la compañía A se beneficie de unos ingresos dos veces más elevados que los de la compañía B en la comercialización del mismo producto y en las mismas condiciones.

#### Reducción de los costes de fabricación

Si se toma como base un sistema digital diseñado con circuitos integra-

dos y sobre él se realiza el cálculo de costes referidos al número de *chips* que el sistema incluye, fácilmente se llega a la conclusión de que el coste por cada circuito integrado (CI) es del orden de cuatro a ocho veces el coste del propio circuito integrado. Dependerá este margen de los tipos de circuitos integrados utilizados y de la magnitud de la serie que se está produciendo, entre otros factores.

El coste lo marcan los distintos elementos y diversas manipulaciones que precisa el proceso de fabricación y que, en una primera aproximación,

Circuito integrado	20 %
Inspección	4 %
Tarjeta impresa	40 %
Proceso de fabricación	6 %
Conector	8 %
Cableado	6 %
Alimentación	6 %
Mueble, Refrigeración	4 %
Prueba final	4 %
	<hr/>
	100 %

Coste de los distintos componentes de un diseño electrónico típico.

se distribuyen según la figura 15, para un fabricado de la tipología que aquí se está contemplando.

Los porcentajes de esta tabla se mueven en un amplio margen, como ya se ha mencionado, por cuanto en la apreciación de la tabla se ha partido de que se trata de un circuito impreso simple, no multicapa, ni con conectores base para los CI. Cuando se dan estas condiciones la relación de coste total/coste CI aumenta considerablemente. Por otra parte, la automatización de la inserción de *chips* y la utilización de máquinas automáticas de soldadura, pueden disminuir esta relación, caso de tratarse de fabricación de series relativamente amplias.

En cualquier caso, con el diseño con microprocesador hay una posibilidad de ahorro potencial que varía entre el 20% y el 80%, lo que es muy significativo a la hora de considerar una fabricación.

#### Mejora de la calidad del producto

Supuesta la calidad de los componentes básicos (microprocesador, memorias, etc.), la funcionalidad de

un sistema montado sobre un microprocesador está basada en la programación de éste. Por tanto, mejorar esta funcionalidad, bien corrigiendo posibles fallos de diseño o añadiendo mejoras, consiste fundamentalmente en modificar el programa que tiene almacenado, sin inversiones en cambio de utillaje, ni cambios del sistema de fabricación. Aún más, posibilidades tales como sistemas incorporados de autocomprobación, nuevas aplicaciones o ampliación de las existentes, no tienen por qué incrementar sustancialmente los costes de salida del producto al mercado pues, por tratarse de modificación de programación, no modifican el coste de la estructura. Del mismo modo, se puede ofrecer al usuario un producto que tiene la flexibilidad de modernizar los procesos que realiza en la medida que se desee.

Las mayores prestaciones de los sistemas con microprocesador tampoco incrementan sustancialmente el volumen físico del sistema.

Así pues, la potencia y flexibilidad de las funciones posibles en equipos

con microprocesadores, permiten asignar mejores precios a los productos, o hacer éstos más competitivos. Si ello es cierto en el producto base, en la venta de posibles opciones la relación es todavía mayor, pues la opción es muchas veces una modificación de programa con coste nulo o poco significativo en los componentes. El coste de programación de estas posibles opciones se diluye muy fácilmente en la serie, no siendo raro que la relación precio/coste lleve a cifras de 10 ó 20 con el consiguiente aumento de beneficios.

#### Costes de mantenimiento y garantía

Es un hecho aceptado, por demostrado, que la mayoría de las averías de todo sistema digital tiene lugar por fallos de las líneas de interconexión entre los diferentes elementos que lo constituyen.

En un sistema digital complejo utilizando circuitos integrados típicos de 16 patas, cada uno de estos CI introduce una media de 36 a 40 interconexiones. Si mediante el uso de un microprocesador y su correspondiente memoria se consiguen eliminar un centenar de *chips*, se habrán suprimido entre 3.600 y 4.000 interconexiones, con el correspondiente aumento de la fiabilidad del sistema. Esto conlleva la eliminación de una buena parte de los costes definidos como mantenimiento post-venta, así como de aquellos que representan la garantía del producto que hay que ofertar al usuario.

Por otro lado, los sistemas con microprocesador de una cierta entidad se prestan a la incorporación de sistemas de autodiagnos que con señalizaciones adecuadas simplifican el mantenimiento.

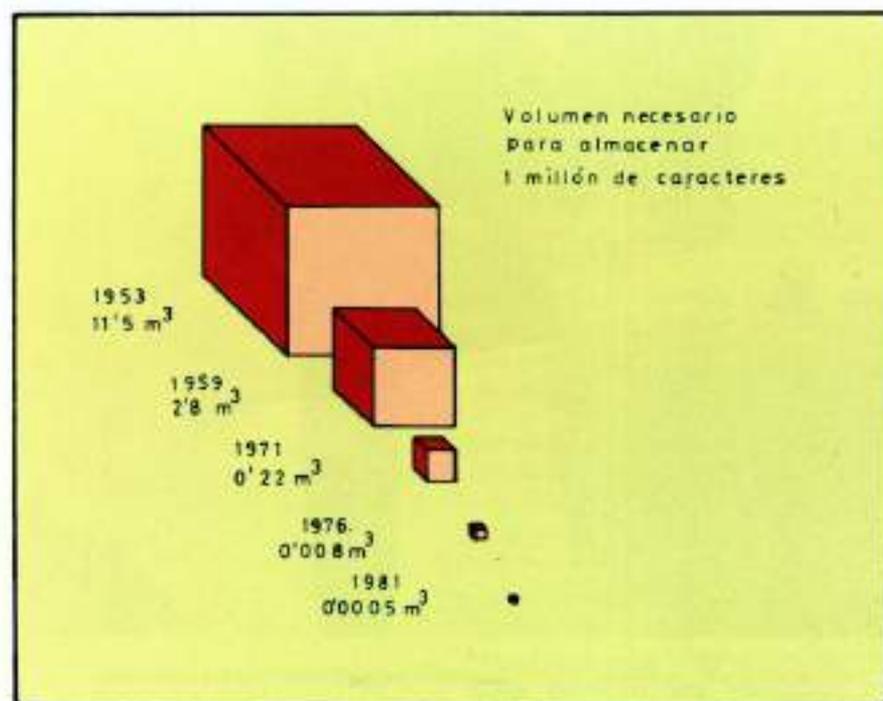


Figura 15. Las sucesivas mejoras que la técnica ha introducido en la fabricación de memorias ha permitido una reducción del volumen de empaquetado del orden de 25.000 veces.

## APLICACIONES DEL MICROPROCESADOR

La revolución a que lleva el microprocesador en el mundo actual se debe básicamente a la transformación del ordenador en un elemento de unos milímetros de tamaño y a un coste intrínseco prácticamente despreciable.

El impacto de esta transformación ha sido tremendo y sus consecuencias difícilmente previsibles. Hasta el momento del desarrollo del microproce-

sador se habían hecho muchos intentos de automatización, que siempre resultaban dificultosos y de elevado coste; por ello, se podía sólo aplicar en actividades cuya complejidad e importancia supusieran la justificación de aquellos esfuerzos y costes, tales como sistemas de contabilidad bancaria, control de vuelos en líneas aéreas o aplicaciones militares o científicas.



*El microprocesador puede sustituir con ventaja a sistemas tradicionalmente mecánicos.*

La reducción progresiva del tamaño y coste de los ordenadores motivó la extensión de sus aplicaciones, significando un paso decisivo la aparición de los llamados miniordenadores al final de los años 60. Pero, aún así, no era posible incorporar un ordenador a un juguete barato, ni a una máquina de coser, ni a un termómetro clínico, y menos a un reloj de pulsera.

El microprocesador con su minúsculo tamaño y coste posibilitó todo esto y mucho más.

Con la aparición del microprocesador y a pesar de que todavía se está recorriendo el relativamente largo camino que media entre el desarrollo de una tecnología y su aplicación, las perspectivas de la automatización han dado un giro de 180 grados. En estos momentos ya se están automatizando elementos tan dispares como cajas registradoras, termos de cocina, tocadiscos, máquinas de coser, juguetes, automóviles, máquinas herramienta, etc. Aparte, lógicamente de las máquinas de calcular que ya son utilizadas no sólo en todo tipo de empresas, sino, incluso de forma masiva, por usuarios particulares.

Las áreas y productos a los cuales puede aplicarse el microprocesador son prácticamente ilimitados. Prueba de ello es que el mercado de microelementos crece en el mundo con una tasa anual cercana al 50%. El proceso no ha hecho más que empezar. La posibilidad de fabricar microprocesadores cada vez más densos, más compactos y más potentes abre compactos y potentes abre nuevos campos en la fabricación de los nuevos productos y en la automatización de los procesos más versátiles.

Gracias a los microprocesadores algunos equipos y sistemas clásicos se potencian, se hacen más versátiles y económicos. Esto ocurre, por ejemplo, con máquinas herramienta, electrodomésticos, maquinaria textil, instrumentos de medida, sistemas de supervisión de servicios, material de transporte, máquinas de

producción diversa, automatismos, equipos de telecomunicación, sistemas de seguridad, instrumentos musicales, máquinas y equipos para industria alimentaria, máquinas y equipos en la industria cerámica, etc.

Otros productos que no existían y que la microelectrónica ha hecho posibles, son, por ejemplo: calculadoras de mano, ordenadores de bolsillo con lenguajes superiores, equipos portátiles de recogida de datos, equipos autónomos de enseñanza, juegos didácticos sofisticados, diccionarios parlantes, juegos electrónicos de pantalla, etc.

Otros productos que eran mecánicos y que hoy son electrónicos son, por ejemplo: programadores de secuencia, relojes, balanzas, calculadoras de mesa, contadores, tales como taxímetros, sistemas de registro horario, etc.

En definitiva, resulta arduo encontrar una industria, empresa o institución que no se vea afectada por el impacto del microprocesador.

A continuación, se consideran algunas áreas y productos específicos que pueden dar lugar, por extensión, a otras posibles aplicaciones.

## **PRODUCTOS DE CONSUMO**

Aunque sin llegar a ser de las aplicaciones más sofisticadas, ha sido en los productos de consumo donde el microprocesador ha causado mayor impacto masivo. La variedad de aplicaciones es amplísima y solamente como ejemplo se van a presentar algunas realizaciones concretas que den una idea de las posibilidades existentes.

### **Lavadoras automáticas**

Este tipo de electrodoméstico, encuadrado en lo que se denomina línea blanca, se puede considerar caso tipo en la aplicación del microprocesador. Su estructura es similar a la de casi todos los electrodomésticos: mediante un mando, el usuario intro-



*El microprocesador es un sistema efectivo para controlar parámetros de sistemas complejos de aire acondicionado.*

duce las instrucciones y una serie de transductores van controlando el proceso para su ejecución, dando al mismo tiempo la necesaria información.

En la primera generación de este tipo de electrodomésticos, sus mecanismos tenían como única misión controlar el calentamiento y las válvulas de entrada y salida del agua.

En etapas posteriores y para adaptarlas mejor a los distintos tipos de tejidos y de productos de lavado (detergentes, decolorantes, suavizantes, etc.), se hizo necesario desarrollar mecanismos programables, cada vez más complejos, para elevar el número de funciones a realizar.

Aunque estos mecanismos de hecho cumplieron su misión a la perfección, han llegado prácticamente a su límite, pareciendo difícil, tanto técnica como económicamente, que con ellos se pueda hacer frente a la complejidad todavía creciente de los procesos.

Como solución sólo se puede considerar la aplicación de un sistema electrónico como el microprocesa-

dor capaz de absorber, con su capacidad de proceso, esta complejidad creciente, a la vez que su flexibilidad permite que un desarrollo pueda cubrir toda la gama de modelos, en los que sólo habría que cambiar el programa almacenado en la memoria.

Estas mismas consideraciones se aplican igualmente a otros electrodomésticos de la línea blanca, como lavavajillas, cocinas eléctricas y hornos de microondas, en los que existe una secuencia de acciones (programa) que elige y fija inicialmente el usuario.

#### **Cocinas automáticas**

Otra de las aplicaciones típicas del microprocesador es la cocina eléctrica. Mediante un diseño con microprocesador se obtienen posibilidades reales que están fuera del alcance de lo realizable mediante un control electromecánico que sólo cubre normalmente el establecimiento de hora de encendido y parada, pero no secuencia de calentamiento, por ejemplo.

En un control con microprocesador se puede establecer una secuencia

compleja y almacenar instrucciones para diversas operaciones, tales como que el horno esté funcionando a una temperatura determinada durante un tiempo preestablecido; que se conecten o desconecten los fuegos de que dispone la cocina, con graduación de la potencia calorífica; que se activen avisadores acústicos a distintos tiempos que recuerden la marcha de la cocción, etc., aparte de otras posibilidades, como la incorporación de reloj digital con alarmas o la capacidad de almacenar en memoria programas de recetas de cocina para su posterior proceso automático de realización.

#### **Aire acondicionado**

El aire acondicionado es otro de los productos cuya introducción se debe a la progresiva elevación del nivel de vida, llegando en su ascensión a convertirse en un producto industrial, cuando su aplicación es a grandes volúmenes, como edificios, naves o complejos residenciales.

En su primer estrato, como sistemas domésticos, precisan unidades de control que, de acuerdo con un programa preestablecido, dependiendo de la temperatura detectada por termostatos en distintos puntos del local, determinen la cantidad de aire impulsado, su temperatura y su distribución.

Un segundo estrato de control permite optimizar los consumos incorporando al programa datos como horarios, condiciones día/noche o de entrada/salida de oficinas, ajustando las temperaturas para compensar horas de mayor o menor insolación, viento o temperatura exterior, a fin de obtener el máximo grado de confort con un mínimo consumo.

De nuevo, este tipo de controles se hace demasiado complejo para que técnica y económicamente sean válidos los sistemas electromecánicos y el microprocesador pasa a convertirse en una necesidad insoslayable. Algunos sistemas pueden incluso permitir un control más amplio, como eliminación, conexión y desco-

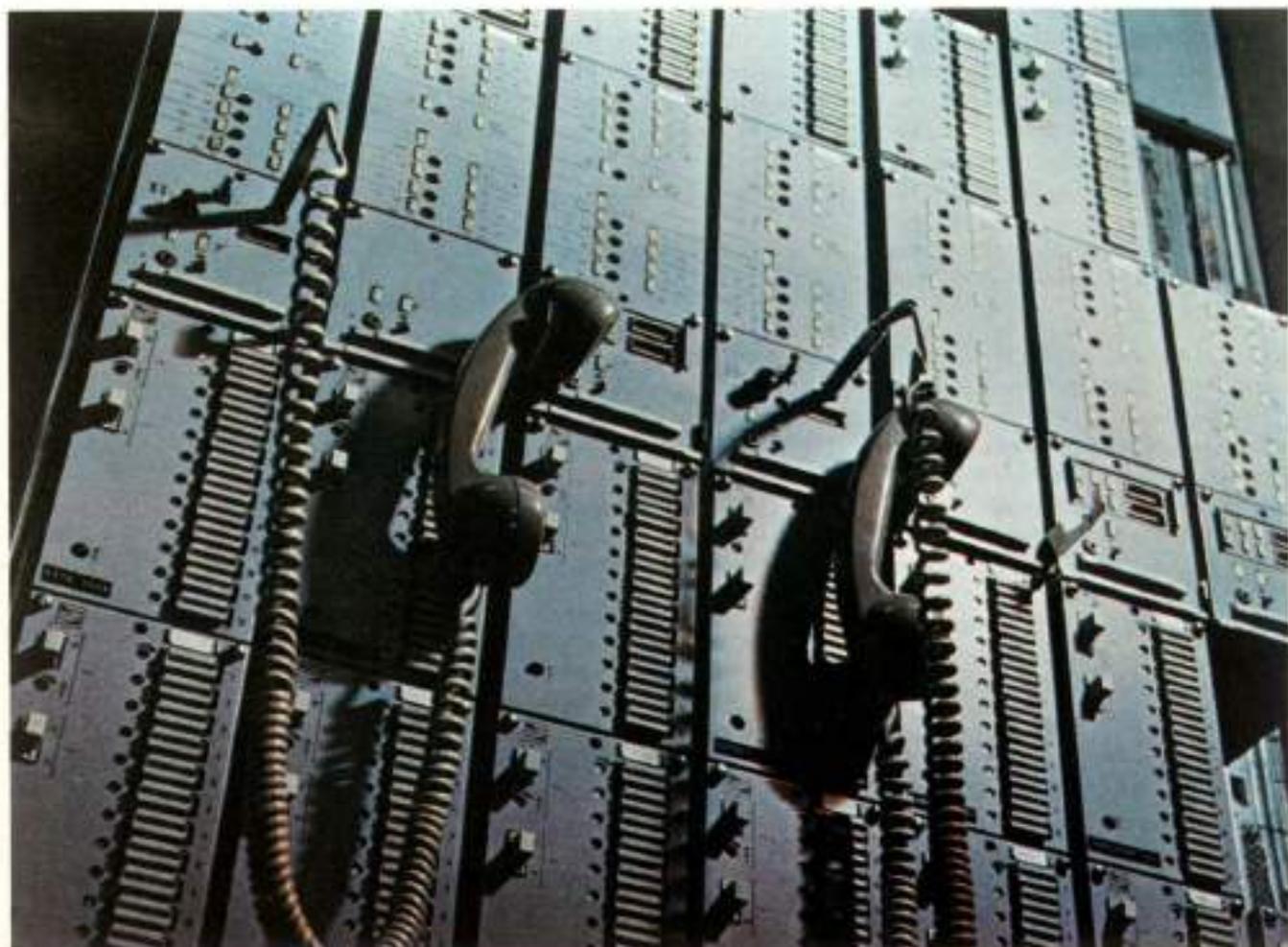
nexión de potencia, control de máquinas de oficina y de los sistemas de protección y alarma, puesto que para todas estas condiciones no se precisa más que un aumento de los programas almacenados.

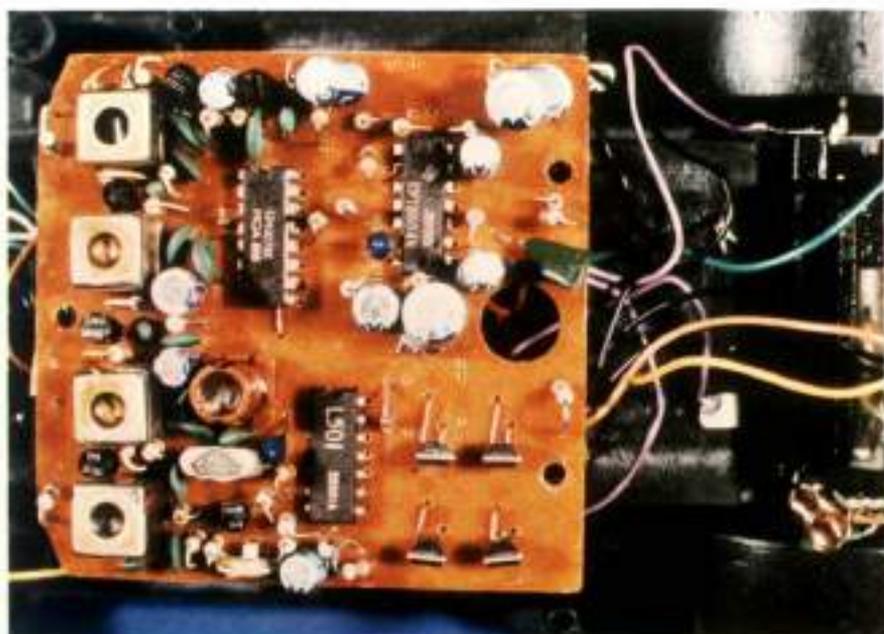
#### **Telefonía**

Aunque los sistemas telefónicos no se suelen considerar productos de consumo, se mencionan en este apartado ya que el microprocesador no sólo se ha introducido desde su nacimiento en la experimentación y posterior construcción de grandes centrales automatizadas, con sistemas de transmisión digitalizados, si-

no que se encuentra aplicado en los aparatos telefónicos domésticos, introduciendo una serie de mejoras y posibilidades cuya simple enumeración se hace extensísima.

Así, el aparato puede disponer de la hora del día, visualizar el tiempo de duración de la llamada y su costo, variar la frecuencia y la amplitud del timbre de llamada, almacenar y visualizar el número al que se llama y el último número al que se ha llamado, identificar el número que llama al aparato bajo control y mantener la llamada, almacenar un repertorio de números más usados produciendo llamadas a los mismos marcando





*Los juguetes tradicionales a los que la microelectrónica ha revolucionado son incontables.*

una o dos cifras, llamar al último número que se ha llamado apretando un solo botón, programar pausas para permitir cambios de tono en llamadas internacionales, disponer almacenados para marcado automático los números de emergencia, disponer de acopladores acústicos para posible utilización en transmisión de datos, etc.

Especial atención merecen algunos otros aspectos del servicio telefónico no incluidos en la anterior relación. Uno de ellos lo forman las aplicaciones necesarias en las industrias hoteleras y que abarcan desde la posibilidad de una red telefónica interna a la distribución de música por las habitaciones pasando por la contabilización de costes de llamadas internas o externas y la distribución de servicio de despertadores para clientes.

La gama de aplicaciones, sin embargo, tal como se ha mencionado anteriormente, no acaba aquí existiendo ya en el mercado algunas muy singulares y realmente útiles como la que incluye en el aparato telefónico un dispositivo de restricción de mar-

cado telefónico, que, mediante bloqueo de aquellas llamadas cuyos números comiencen por una determinada cifra, impide la realización de llamadas de larga distancia y, por tanto, de elevado costo.

### **Juegos electrónicos**

Quizá el campo donde la microelectrónica haya llegado al nivel más popular es el de los juegos electrónicos. Sólo en los Estados Unidos, modelo que el mundo occidental sigue con más o menos retraso, en el año 1979 se produjeron ventas por más de 800 millones de dólares, estando implicados en diseño y fabricación más de medio centenar de empresas.

Los primeros juegos electrónicos domésticos utilizaban la pantalla de televisión y estaban basados en un *chip* de construcción especial para esta dedicación sin posibilidad de programación. La introducción del microprocesador ha permitido que utilizando la misma consola se disponga de un amplio repertorio de juegos, bien grabados en cinta que se carga en la memoria del micro-

procesador, bien mediante el cambio del propio *chip* de memoria ya pregrabada con diferentes juegos. En la actualidad se encuentran a la venta una amplia variedad de juegos, generalmente basados en acciones de guerra o deportivas, algunos de los cuales incluyen la posibilidad del color e incluso efectos sonoros.

Más actual ha sido la introducción de juegos de bolsillo que se asemejan a calculadoras pequeñas y que disponen de su propia pantalla en lugar de utilizar la de la televisión. El impacto de este nuevo medio de entretenimiento ha sido tan grande que se calcula que en Estados Unidos hay en el mercado más de 250 modelos diferentes, teniendo los modelos más avanzados la posibilidad de cambio de *chip* de memoria para poder variar los juegos disponibles.

El microprocesador ha hecho también posible aplicar al mercado juegos más complejos como el ajedrez, backgamon o bridge. En general, este tipo de juegos se ofrece con diferentes niveles de dificultad e incluso algún modelo ofrece la posibilidad de anuncio de jugadas por voz y la inclusión de reloj de medida de tiempo de jugadas. Los precios de estos

modelos comienzan alrededor de 70 dólares llegando a superar los 300 dólares, en función de las opciones y posibilidades.

En cuanto a los juguetes tradicionales, hay algunos que no parece van a ser modificados por esta tecnología, como triciclos, juegos de construcción de madera o muñecos de trapo, pero otros muchos van a aceptar, sin duda, su introducción más o menos rápidamente. Entre estos últimos cabe señalar los vehículos de control remoto, vehículos y estaciones espaciales, barcos, robots, instrumentos de música, trenes eléctricos, etc. Actualmente, casi totalmente la producción de este tipo de juguetes provienen de USA y países asiáticos, y no parece descabellada la posibilidad de su introducción en España, país de gran tradición juguetera.

#### **Automóviles**

La industria del automóvil dispone de un amplio abanico de posibilidades en cuanto a aplicación de microprocesadores se refiere.

Las más importantes se encuentran en las áreas de la instrumentación de



*La máquina de coser figura entre los electrodomésticos a los que el microprocesador ha dado nuevas alternativas.*

a bordo, control del sistema motriz y de diagnósticos, sin olvidar los sistemas de ventilación/aire acondicionado, luces y seguridad. A estas funciones hay que añadir como auxiliares del propio automóvil los sistemas de aparcamiento automático, las estaciones de servicio de combustible, los paneles de diagnóstico para talleres, taxímetros, sistema de seguridad antirobo, antichoque, etc.

En lo referente a instrumentación, un desarrollo simple es la sustitución de los instrumentos mecánicos (velocímetro, tacómetro, contadores de kilómetros, etc.) por pantallas de representación digital, unificables en una pantalla única con mejora de lectura y abaratamiento de costes. En una etapa posterior lógica y para algunos tipos de vehículos, se puede utilizar la potencia de un microprocesador y con los datos básicos obtener no solamente la actual información, sino la información total del viaje, como distancia que falta para llegar, tiempo estimado del viaje, velocidad media utilizada, consumo medio por kilómetro, etc.

La aplicación más importante quizás, aunque también la más compleja en este campo, es el control del propio motor. Los parámetros que comprenden son: encendido, carburación o inyección, transmisión y recirculación de gases de salida. Estos parámetros pueden controlarse separadamente o en conjunción, para conseguir que los grupos motores trabajen con mayor seguridad y continuamente en sus puntos de máximo rendimiento, haciendo posible un ahorro de combustible, a la vez que se satisfacen las cada vez más severas regulaciones ambientales, mediante el control de emanaciones tóxicas de los escapes de gases. Las mayores dificultades de esta aplicación se encuentran, tal vez, en el desarrollo de sensores que sean adecuadamente rápidos, seguros y fiables, capaces de funcionar en el ambiente hostil (calor, frío, vibración, polvo, etc.) en que trabajan.

## APLICACIONES INDUSTRIALES

Aunque causando directamente un menor impacto en el gran público, son las aplicaciones industriales de la microelectrónica las que pueden hacer que la industria de un país, en su totalidad o en alguno de sus sectores se encuentre en el grupo de cabeza en el concierto mundial o, por el contrario, quede sumida con aquellas colonizadas industrialmente y teniendo que hacer frente a la sangría económica de los royalties.

Como aportación general de la microelectrónica a la industria debe considerarse la "robotización". Se conocen como "robots" las máquinas que se pueden programar para realizar una secuencia de operaciones sin intervención humana. Su sofisticación los puede hacer disponer

de sensores que detectan no sólo las condiciones ambientales a las que deben acomodarse, sino que realizan un verdadero control de la calidad de su producción, autocorrigiendo su actuación y/o clasificando el producto final, o deteniendo el proceso si su "inteligencia" no lo puede corregir. Para una mayor profundización en los robots industriales, se recomienda la lectura del Cuaderno CDTI 9 sobre este tema.

Aparte de esta aplicación para la que en la mayoría de los casos es necesaria una considerable inversión, hay otras muchas que aportan una puesta al día, si no de procesos y actividades totales, sí al menos de alguna de las partes de tales procesos, mediante la aplicación de la microelectrónica.



*Los ordenadores de a bordo son ya un accesorio más del automóvil.*

## Otros productos

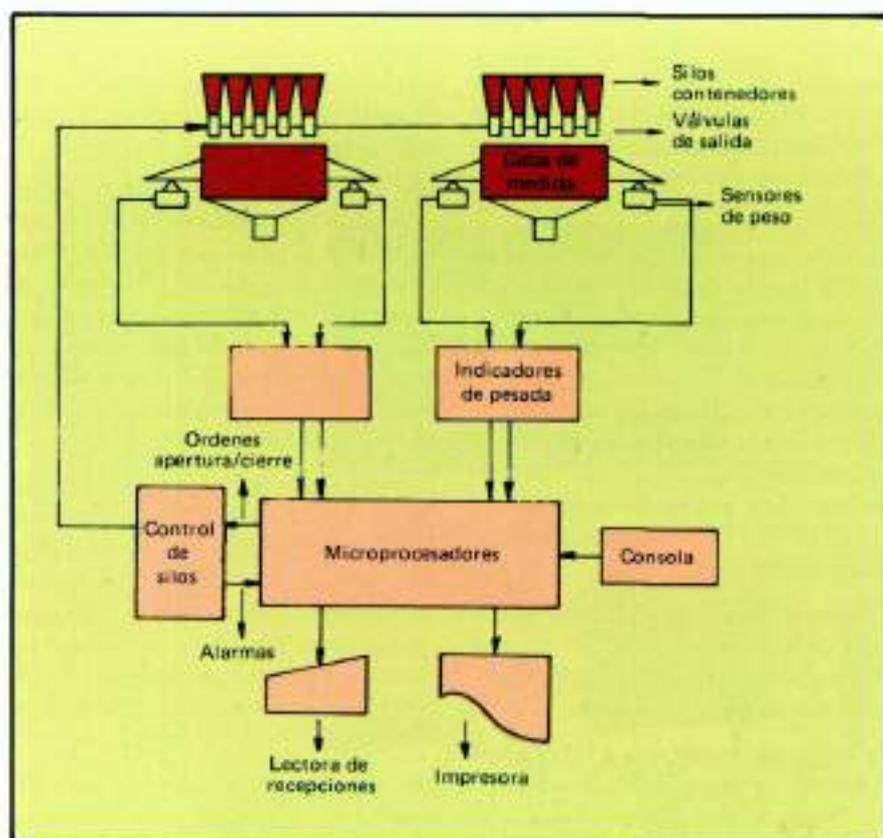
No pretendiendo ser exhaustivo en cuanto a la presentación de posibles aplicaciones del microprocesador a productos de consumo, se enumeran a continuación algunos campos típicos para ello:

- máquinas de escribir
- nuevos servicios por televisión
  - información financiera
  - resultados deportivos
  - guías de espectáculos
  - precios del mercado
  - meteorología
  - educación, etc.
- radios y despertadores
- relojes digitales
- aparatos de alta fidelidad
- calculadoras
- alarmas antirrobo
- protección contra intrusos
- máquinas de coser
- cortadoras de césped
- ordenadores personales
- alarmas contra incendios
- centrales de calefacción
- instrumentos musicales (órganos, etc.)
- etcétera.

## Dosificación industrial

La búsqueda continua de mejora en el control de proceso, asociado a unos costes ascendentes de la mano de obra y la energía, ha llevado a una cantidad de industrias en ramas tan variadas como química, construcción, pintura, asfalto, bebidas, alimentación animal, etc., a la búsqueda de sistemas automatizados de dosificación de materias.

Un sistema de dosificación industrial está normalmente compuesto por una serie de silos de almacenamiento que contienen los elementos a mezclar o dosificar según una determinada receta. Estos silos disponen de mecanismos de control de salida que finalmente hacen confluír los productos en un "punto de medida"



*El microprocesador constituye un elemento ideal en los sistemas de dosimetría.*

que puede ser una báscula para pesar o un medidor volumétrico. En general los mecanismos de control de salida de productos, que pueden ser simples válvulas de dosificación por gravedad o bombas, compresores, etc., disponen de un aforo variable dependiente del producto que falta para completar la dosis.

El procedimiento puede ser el siguiente: 1) tarado del recipiente en el "punto de medida"; 2) flujo de producto sobre el recipiente a alta velocidad que irá disminuyendo al tiempo que alcanza su medida; 3) estabilización del sistema de medida una vez detenido el flujo, y 4) toma de la medida neta, calculando el posible error y las tolerancias.

Junto a esta medida puede haber toda una serie de actividades colaterales hasta completar la "receta" de

que se trate tales como vibración de cubas, conducción de la mezcla resultante a otros recipientes, clasificación del producto resultante, etc.

Evidentemente hay operaciones inevitables como son: a) manipulación de las alarmas que se pueden dar por averías del sistema, porque alguna dosis haya sobrepasado la tolerancia permitida, por no haberse completado el ciclo dentro de un tiempo preestablecido, etc.; b) contabilidad de los materiales consumidos y de los que quedan en los silos, así como de la producción.

La simple relación de estas actividades muestra de forma inequívocamente la complejidad de estos sistemas, lo que lleva inmediatamente a la conveniencia de basarlos en la microelectrónica, o mejor aún en un microprocesador que además puede añadir, con su flexibilidad, otras po-

sibilidades a las ya referidas, como la facilidad de programar modificaciones o almacenar en su memoria una amplia variedad de "recetas" o admitir una ampliación de número de productos o del sistema en su totalidad.

Es más, puede construirse un sistema de control de dosificación, capaz de adaptarse a casi cualquier necesidad, lo que implica la posibilidad de fabricación de un elevado número de unidades básicas a las que únicamente habría que añadir los módulos de interfase, según las distintas aplicaciones que vayan surgiendo.

### Micrómetro

Este es un ejemplo típico de aplicación de la microelectrónica a un producto industrial existente, totalmente mecánico, en el mercado.

La razón que ha llevado a fabricantes de micrómetros a introducirse en un campo para ellos desconocido como es el de la electrónica, típica, así mismo, la necesidad de hacer frente

a la fuerte competencia de otras posibles fuentes de suministro, como la japonesa y la norteamericana, que suelen acabar por imponerse en el mercado.

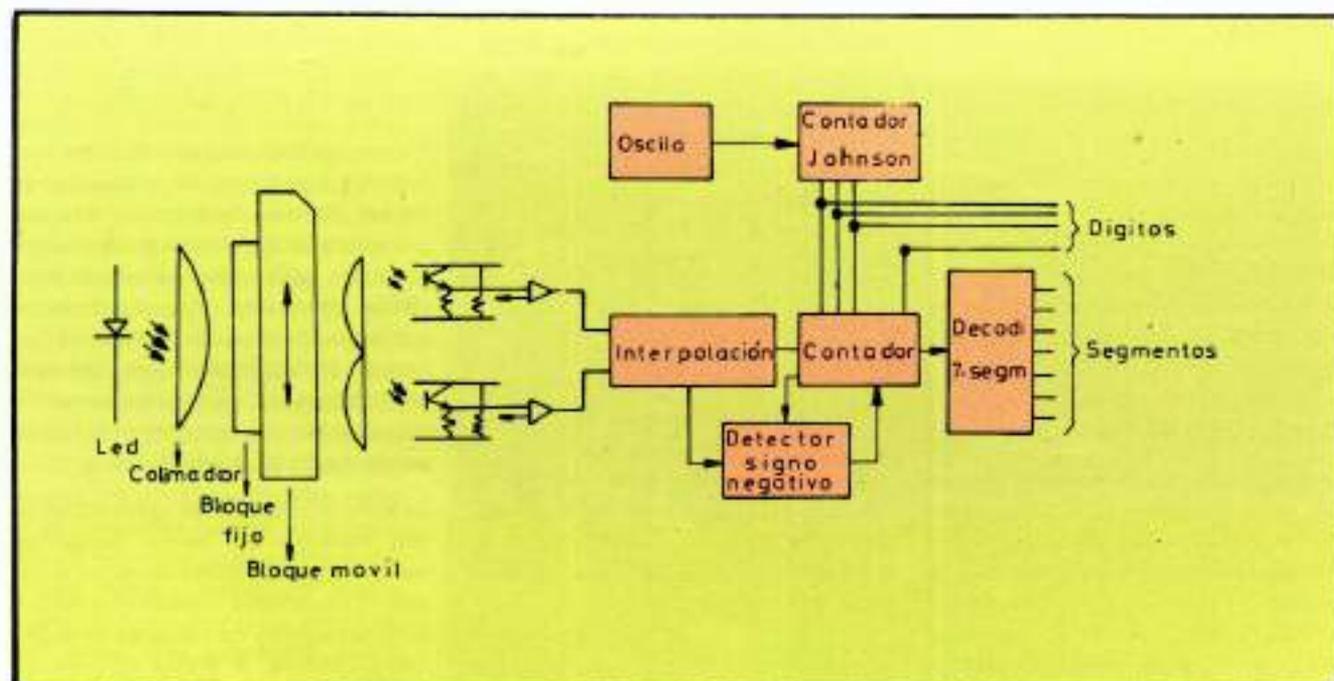
El micrómetro electrónico digital funciona con una batería recargable de 1,5 voltios autocontenida. Tiene una precisión de una milésima de milímetro o una diezmilésima de pulgada, dependiendo del sistema de medida elegido, siendo el precio de lanzamiento en Inglaterra de unas 125 libras esterlinas.

En definitiva, se ha conseguido una combinación de un instrumento de alta precisión, muy manejable, seguro, fiable, con mayor facilidad de operación y lectura que su antecesor puramente mecánico a un precio razonable, imposible de alcanzar de otra forma que a través de la microelectrónica.

La apertura del micrómetro se varia mediante el desplazamiento de un brazo movido por el dedo pulgar del operador. Cuando se encuentra en la

medida correcta, ésta se puede leer en cifras sobre un dial al efecto, o bien se puede llevar el dial a cero y tomar la lectura, en este caso negativa, al cerrar, después de la medida, la apertura del micrómetro.

El instrumento incorpora dos retículas de precisión grabadas sobre sendos bloques de cristal y enfrentadas con un cierto ángulo de modo que se produzcan bandas de Moiré. Estas aparecen como un conjunto de bandas de luz y sombra que cuando se mueven verticalmente dan una representación muy ampliada del movimiento de las retículas. Uno de los bloques de cristal es fijo y el otro es solidario al brazo móvil del micrómetro. De modo, que cuando el brazo se mueve para ajustarlo a una medida, también se mueve la retícula y por tanto las bandas de Moiré. El movimiento de estas bandas luminosas se detecta por un sistema emisor y receptor luminoso que, al contarlas, determina cuál ha sido el desplazamiento del brazo móvil y, por tanto, la medida de la apertura.



Esquema sinóptico de un tipo de micrómetro electrónico.

Como indicativo del éxito obtenido por esta aplicación de la microelectrónica, baste decir que en los seis primeros meses de su lanzamiento se obtuvieron pedidos por valor de 1 millón de libras esterlinas.

#### Otras aplicaciones industriales

Una relación descriptiva de actividades industriales a las que ya ha llegado o está a punto de llegar la microelectrónica, abarca tal extensión que es imposible incluir en este Cuaderno. No obstante, se pueden enunciar algunas de ellas para, al menos, apreciar la variedad de las funciones que pueden realizar. Así, por ejemplo:

- Automatización de tornos, fresas, cortadoras.
- Soldadura de precisión.
- Control de líneas de producción.
- Planificación de recursos técnicos y humanos.
- Industria del ordenador: unidades de control, periféricos, terminales remotos, etc.
- Exendedoras de billetes.
- Máquinas vendedoras (cigarrillos, bebidas, etc.)
- Anuncios (carteles aeropuertos, luminosos, etc.).
- Contadores de gas y electricidad.
- Analizadores de pruebas no destructivas.
- Balanzas peso/precio.
- Regulación de semáforos.
- Equipos de navegación.
- Control de ascensores.
- Detectores de gases y humos.
- Detectores de pesca.
- Análisis de señales de radar.
- Control, peso, prueba y clasificación de productos.
- Centrales telefónicas.
- Facsimil.
- etc.



*No sólo en sistemas sofisticados tiene aplicación el microprocesador.*

### Campos diversos

Con la misma amplitud que en productos y procesos de gran consumo e industriales, la microelectrónica se encuentra en condiciones de aplicarse en casi todos los campos de la actividad humana.

Ya en otros puntos se ha mencionado la automatización bancaria como una de las pioneras en la introducción del ordenador dado su volumen y la necesidad de tener un control de las actividades económicas y financieras en tiempo real. Sin embargo, otras facetas de la actividad bancaria son más propensas a la utilización de automatismos en los que el microprocesador juega un papel preponderante. Así, dispensadores nocturnos de dinero y la fabricación de terminales bancarios, como control de tarjetas de crédito y contadores de billetes y monedas, son dispositivos que tienen que desarrollarse alrededor de la microelectrónica.

Si de la especialización bancaria se

pasa a la oficina como tal, el número de productos y procesos que se utilizan o pueden utilizarse sobre la base del microproceso es extraordinario. Piénsese en cosas tan dispares como cajas registradoras, que con una mayor fiabilidad y menor coste que las puramente mecánicas son capaces de incrementar sus funciones hasta donde quiera la imaginación del diseñador; en los controles de entrada/salida del personal a través del reconocimiento de una tarjeta de identidad y que con el tratamiento adecuado puede dar datos sobre asistencia al trabajo, horarios flexibles, horas extraordinarias, etc.; en el control de seguridad, permitiendo atravesar puertas o barreras a los empleados en posesión de una determinada clave en su tarjeta de identidad; en la posibilidad de reducir el archivo de una gran empresa, microfotografiando directamente de los datos contenidos en las memorias del ordenador u obtenidos a través del mismo, etc.

Especial atención merecen algunas aplicaciones específicas, bien por su novedad o por lo revolucionario del hecho. Así, son de destacar el correo electrónico y el procesamiento de textos en el campo de la administración; la aplicación en la agricultura a la conducción automática de tractores, al control de invernaderos o a la capacidad de regar cada vez que transductores "ad hoc" detectan que el suelo tiene necesidad de ello; en la investigación y control de calidad como parte integrante de analizadores de pruebas no destructivas; en la educación, haciendo posibles los terminales de bajo precio y altas prestaciones para la enseñanza asistida por ordenador, y en la medicina, donde se hace preciso su uso desde el monitorado de pacientes, a los análisis clínicos (orina, sangre, tejidos, etc.), pasando por todo el arsenal de la actual electromedicina, como electrocardiógrafos, anestesiología, rehabilitación, electroencefalógrafos, aparatos de presión sanguínea, etc.



*La medicina es uno de los campos más aptos para aplicaciones del microprocesador.*

## ACTUACIONES EUROPEAS EN ESTE CAMPO

Existe en todo el mundo y en particular en Europa la idea compartida de la necesidad de fomentar la innovación tecnológica, viendo el microprocesador y, en general, la microelectrónica como áreas de atención prioritaria de las políticas científicas y tecnológicas. Gobiernos e instituciones regionales están asignando recursos económicos significativos y creando órganos gestores para promover las aplicaciones industriales de los microprocesadores.

Todas estas iniciativas son relativamente recientes, siendo la más importante la tomada por el Gobierno inglés en 1978. Las demás son posteriores: Francia, de 1979; Irlanda y Alemania, de 1980.

Todas ellas tratan de promocionar las aplicaciones en productos típicamente no electrónicos, tanto mediante la fabricación de dispositivos y equipos como de componentes.

Propugnan amplias campañas de mentalización a todos los niveles, tanto directivos como técnicos, llegando incluso la acción de difusión al parlamento y a los sindicatos.

Establecen programas de formación muy prácticos para que graduados de nivel medio y superior se familiaricen con las tareas de desarrollo de las aplicaciones industriales del microprocesador y asimismo crean canales para la financiación por la Administración, de aplicaciones de interés y potencian centros técnicos y de desarrollo, de fácil acceso para la industria.

Estas y otras actividades se llevan a cabo en el seno de instituciones específicas que son fundamentalmente de tres tipos:

- A) Gestoras de fondos asignados por la Administración Central, cuyas funciones son, fundamentalmente, recibir, encauzar y administrar los fondos de la Administración y marcar directrices.
- B) Gestoras y realizadoras, que reciben fondos de diversas institucio-

nes, tales como la Administración Central, Centros Regionales, Fundaciones, etc.; realizan planes según directrices de la fuente de los fondos; establecen sus propios programas y realizan materialmente cursos y proyectos.

- C) Sólo realizadores, que ejecutan, mediante contrato con las instituciones anteriores, estudios y proyectos específicos.

A continuación, se exponen algunas de las iniciativas adoptadas por ciertos países en relación con los microprocesadores.

### INGLATERRA

#### **Microprocessor Application Project (MAP)**

Tipo de organización: Organismo del Ministerio de Industria.

Actividad genérica: Gestora de fondos del Gobierno y de iniciativas para su empleo.

Presupuesto (5 años): 55 millones de libras (10.000 millones de pesetas).

#### **National Microcomputer Centre (NMCC)**

Tipo de organización: Inicia su actividad dentro del National Computer Centre (NCC).

Actividad genérica: Recibe fondos para realizar trabajos; realiza estudios y proyectos fundamentalmente de *software*; subcontrata trabajos y genera Cursos.

Presupuestos (4 meses hasta marzo 1981): 250.000 libras (45 millones de pesetas).

#### **Wolfson Microelectronics Institute (WMI)**

Tipo de organización: Fundación independiente. Asociado a la Universidad de Edimburgo.

Actividad genérica: Recibe y gestiona fondos; realiza proyectos de aplicación y componentes de microelectrónica, para la industria y organiza

cursos de aplicación de microprocesadores.

Presupuesto Fundacional en 1970: 130.000 libras (23 millones de pesetas).

Fondos de la "Lothian Region" para un programa de sensibilización y consulting": 350.000 libras (63 millones de pesetas).

Usufructan dependencias y servicios de la Universidad de Edimburgo.

## **IRLANDA**

### **Microelectronics Application Centre**

Tipo de organización: Independiente del Gobierno, promovida por el Innovation Centre y últimamente por el Centro de desarrollo local de Shannon.

Actividad genérica: Recibe fondos para realizar estudios y trabajos, principalmente en aplicaciones industriales del microprocesador.

Presupuesto: en 1980, 100.000 libras (18 millones de pesetas); en 1981, 180.000 libras (32 millones de pesetas).

Independiente de las anteriores cifras, dispondrá de locales y laboratorio dentro de una institución ya establecida (Innovation Centre).

## **NORUEGA**

### **Royal Norwegian Council for Scientific and Industrial Research**

Inicia un programa en 1980.

Actividad genérica: Los objetivos se centran en temas tales como difusión de información y fomento de la formación sobre microprocesadores, así como investigación y desarrollo de proyectos industriales con microprocesadores.

Presupuesto: primer año, 8 M. Kr. (aproximadamente, 140 millones de pesetas); para 1981, 15 M. Kr. (aproximadamente, 230 millones de pesetas).

# I RELACION DE PRINCIPALES FABRICANTES DE MICROPROCESADORES

## **ADVANCED MICRO DEVICES**

901 Thompson Pl.  
Sunnyvale, CA 94086 USA

## **A E G TELEFUNKEN**

6 Frankfurt 70  
AEG Hochhaus  
ALEMANIA FEDERAL

## **ANALOG DEVICES INC.**

Box 280  
Norwood, MA 02062 USA

## **AMERICAN MICROSYSTEMS INC.**

3800 Homestead Road  
Santa Clara, CA 95051 USA

## **BURR-BROWN**

Box 11400  
TUCSON; AZ 85734 USA

## **DATA GENERAL CORP**

Microcomputer Div  
Westboro, MA 01581 USA

## **E M M SEMICONDUCTORS**

3883 N 28th Avenue  
Phoenix, AZ 85017 USA

## **FAIRCHILD SEMICONDUCTOR**

464 Ellis St.  
Mount View, CA 94040 USA

## **FERRANTI ELECTRIC**

E Bethpage Road  
Plainview, NY 11803 USA

## **FUJITSU LIMITED**

6 - 1 Marunochi 2 Chome  
Chiyoda-ku  
Tokyo JAPAN

## **GENERAL INSTRUMENT CORP.**

Microelectronics Div.  
600 W John St.  
Hicksville, NY 11802 USA

## **HARRIS SEMICONDUCTOR**

Box 883  
Melbourne, FL 32901 USA

## **HITACHI LIMITED**

2700 River Road  
Des Plaines, IL 60018 USA

## **INTEL CORP.**

3065 Bowers Avenue  
Santa Clara, CA 95051 USA

## **INTERSIL INC.**

10900 N Tantau Avenue  
Cupertino, CA 95014 USA

## **ITT SEMICONDUCTORS**

74 Commerce Way  
Woburn, MA 01801 USA

## **MATROX ELECTRONIC SYSTEMS LTD.**

2795 Bates Road  
MONTREAL, Quebec CANADA

## **MICRO NETWORKS CORP.**

324 Clark St.  
Worcester, MA 01606 USA

## **MITEL SEMICONDUCTOR**

18 Airport Blvd.  
Bromont, Quebec. CANADA

## **MONOLITHIC MEMORIES INC.**

1165 E Arques Avenue  
Sunnyvale, CA 94086 USA

## **MOS TECHNOLOGY INC.**

950 Rittenhouse Rd.  
Norristown, PA 19401 USA

## **MOSTEK CORPORATION**

1215 W Crosby Rd  
Carrollton, TX 75006 USA

## **MOTOROLA SEMICONDUCTOR**

5005 E McDowell Rd.  
Phoenix, AZ 85008 USA

## **MOTOROLA INTEGRATED CIRCUITS**

3510 Ed Blestein Blvd.  
Austin, TX 78721 USA

## **NATIONAL SEMICONDUCTOR CORP.**

2900 Semiconductor Drive  
Santa Clara, CA 95051 USA

## **NEC MICROCOMPUTERS INC.**

173 Worcester St.  
Wellesley, MA 02181 USA

## **PANASONIC**

1 Panasonic Way  
Secaucus, NJ 07094 USA

## **PANAFACOM LIMITED**

2-10-16 Jiyuzaoka  
Mezuro-ku  
Tokyo JAPAN

## **RAYTHEON SEMICONDUCTOR DIV**

350 Ellis St.  
Mount View, CA 94042 USA

## **R C A SOLID STATE DIV**

Rte'202  
Somerville, NJ 08876 USA

**ROCKWELL INTERNATIONAL**

3310 Miraloma Ave.  
Anaheim, CA 92803 USA

**SCIENTIFIC MICRO SYSTEMS**

520 Clyde Ave  
Mount View, CA 94043 USA

**SHARP**

22-22 Nagaike-Cho  
Abeno-ku  
Osaka 545; JAPAN

**SIEMENS-CORP**

186 Wood Ave  
South Iselin, NJ 08830 USA

**SIGNETICS**

811 E Arques Avenue  
Sunnyvale, CA 94086 USA

**SOLID STATE SCIENTIFIC INC**

Montgomeryville, PA 18936 USA

**STANDARD MICROSYSTEMS CORP**

35 Marcus Blvd.  
Hauppauge, NY 11787 USA

**SYNERTEK CORP**

3050 Coronado Drive  
Santa Clara, CA 95051 USA

**TEXAS INSTRUMENTS INC.**

Bipolar Digital Circuit Div.  
Houston, TX 77001 USA

**TEXAS INSTRUMENTS INC.**

MOS Products Div  
Houston, TX 7701 USA

**TOSHIBA**

1 Komukai Toshiba-cho  
Kawasaki-shi  
Kanaganaken, JAPAN

**TRW LSI PRODUCTS**

Box 1125  
Redondo Beach, CA 90278 USA

**WESTERN DIGITAL CORP**

3128 Red Hill Avenue  
Newport Beach, CA 92863 USA

**ZILOG**

10340 Bubb Road  
Cupertino, CA 95014 USA

## II CARACTERISTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MICROPROCESADORES

Tipo	Fabricante básico	Fabricante alternativo	N.º BITS	Tecnología	Instruc.	Velocidad	Tensión
14500	MOTOROLA		1	CMOS	16	1 $\mu$ S	3 a 18
4004/4040	INTEL	NATIONAL	4	PMOS	69	8 $\mu$ S	-15
PPS-4/1	ROCKWELL		4	PMOS	50	12'5 $\mu$ S	-15
PPS-4	ROCKWELL		4	PMOS	50	5 $\mu$ S	-17
872-2272	WESTERN		4	PMOS	20	6'25 $\mu$ S	12
TMS-1000	TEXAS	MOTOROLA	4	PMOS	43	15 $\mu$ S	
S-2000	AMERICAN		4	NMOS	51	4 $\mu$ S	9
COPS-II	NATIONAL	WESTERN	4	NMOS			5
$\mu$ COM-42/45	NEC		4	PMOS	58 a 80	10 $\mu$ S	-10
MN 1400	PANASONIC		4	NMOS	48 a 75	10 $\mu$ S	5
PIC 1600	GENERAL	EMM	8	NMOS		4 $\mu$ S	5
8048	INTEL	AMD-SINETICS	8	NMOS	90	2'5 $\mu$ S	5
3870	MOSTER	FAIRCHILD-MOTOROLA	8	NMOS	75	2 $\mu$ S	5
F8	FAIRCHILD	MOSTEK-MOTOROLA	8	NMOS	76	2 $\mu$ S	+5 +12
Z8	ZILOG		8	NMOS	129	1'5 a 2'25	5
PPS-8	ROCKWELL		8	PMOS	90	4 $\mu$ S	-17
2650A	SINETICS	NATIONAL	8	NMOS	75	3 a 9 $\mu$ S	5
8060	NATIONAL	SINETICS	8	NMOS		5 a 25 $\mu$ S	5
CDP 1802	RCA	HUGHES	8	CMOS		5 $\mu$ S	5
8080A	INTEL	SIEMENS-AMD-TI	8	NMOS	78	2 $\mu$ S	$\pm 5$ y 12
8085A	INTEL	SIEMENS-AMD-NEC	8	NMOS	78	2 $\mu$ S	5
Z80	ZILOG	MOSTEK-NEC-SHARP	8	NMOS	138	3 $\mu$ S	5
6800	MOTOROLA	AMI-HITACHI	8	NMOS		2 a 5 $\mu$ S	5
6801/6805	MOTOROLA AMI-F	AMI-FAIRCHILD	8	NMOS		2 a 5 $\mu$ S	5
6809	MOTOROLA	AMI	8	NMOS		2 a 5 $\mu$ S	5
650X/651X	MOS TEC INC.	SINERTEK-ROCKWELL	8	NMOS	57	1'5 $\mu$ S	5
6516	SYNERTEK	MOS-ROCKWELL	8	NMOS	114	1 $\mu$ S	5
IM6100	INTERSIL	HARRIS	12	CMOS		25 $\mu$ S	5
9940	TEXAS		16	NMOS	68	2 $\mu$ S	5
CP-1600/1610	GENERAL	EMM	16	NMOS	87	2 a 6 $\mu$ S	-3 +12 +5
PACE	NATIONAL		16	NMOS	45	10 $\mu$ S	$\pm 5$ +12
$\mu$ NOVA	DATA GENERAL		8	NMOS		2'4 $\mu$ S	$\pm 5$ +10 +14
MCP-1600	WESTERN	NATIONAL	8	NMOS		300 $\mu$ S	$\pm 5$ +12
9900	TEXAS	AMI	16	NMOS		5 a 10 $\mu$ S	$\pm 5$ +12
58P-9900	TEXAS		16	$I^2L$		4 a 10 $\mu$ S	+5
8086	INTEL		16	NMOS	78	800 $\mu$ S	+5
Z8000	ZILOG	AMD	16	NMOS	110	0'75 a 2 $\mu$ S	+5
6800	MOTOROLA		32	NMOS	61	1 $\mu$ S	+5
8X300	SINETICS	FAIRCHILD	8	BIPOLAR		250 $\mu$ S	+5
9440/45	FAIRCHILD		16	$I^2L$		1'25 $\mu$ S	+5
3000	INTEL	SINETICS	2-SLICE	BIPOLAR		150 $\mu$ S	+5
745481	TEXAS		16	BIPOLAR		10 MH	+5
MACROLOGIC	FAIRCHILD	SINETICS	4-SLICE	BIPOLAR		1 $\mu$ S	+5
5701/6701	MONOLITHIC MEM.		4-SLICE	BIPOLAR		200 $\mu$ S	+5
AM-2900	AMD	MOTOROLA-RAYT.	SLICE	BIPOLAR		50 $\mu$ S	+5
10800	MOTOROLA	FAIRCHILD	8-SLICE	ECL		100 $\mu$ S	-5 -2

### III. BIBLIOGRAFIA

- J. M. ANGULO: *Curso Básico sobre Microprocesadores*. Ediciones Cede, 1977.
- J. E. BASS: *A Peripheral-Oriented Microcomputer System Proceedings of the IEEE*, june 1976.
- W. G. BAIG: *Microprocessors Program Development Support Microprocessor*, april 1977.
- CHARLIE BASS & DEAN BROWN: *A Perspective on Microcomputer Software Proceedings of the IEEE*, june 1976.
- BRITISH DEPARTMENT OF INDUSTRY: *Microelectronics: the new technology Colibri Press Ltd.*, 1978.
- WILLIAM DAVIDOW: *Microcomputers-What They Mean to Our Company INTEL APPLICATION NOTE*, 1974.
- C. DENNIS WEISS: *Software for the MOS/LSI Microprocessors Electronic Design*, april 1974.
- ELECTRONICS: *Applying Microprocessors McGraw Hill Publications*, 1976.
- HOWARD FALK: *Microcomputer Software Wakes its Debut IEEE Spectrum*, october 1974.
- JUANA A. FORES: *Introducción a la Estructura de los Microcomputadores. Microprocesadores y Microcomputadores*. Borxaren Editores, 1976.
- GEORGE FRASER: *The Role of Microprocessors in an Integrated Process Control System*. 15 International Conference BIAS 78; Milán.
- G. GAJETTA & S. VITALI: *Microcomputer Aided Automation Means*. 15 International Conference BIAS 78, Milán.
- SERGE GUIBOUD-RIBAUD: *Les problèmes du Logiciel*. Annales des Mines, mars 1980.
- HARVEY G. CRAGON: *The Elements of Single-Chip Microcomputer Architecture Computer*, october 1980.
- KURT HOFFMAN & HOWARD RUSH: *Microelectronics, Industry, and the Thir World Futures*, august, 1980.
- INFOTECH INTERNATIONAL LIMITED: *Microprocessors Infotech International*, 1977.
- INTERSIL: *1M6100 CMOS 12 Bit Microprocessor Intersil Inc.*
- CHARLIE L. JONES: *C-MOS Processor Automates Motel Phone System Applying Microprocessors*. *Electronic Book Series*, 1976.
- VICTOR KLIG: *Biomedical Applications of Microprocessors Proceedings of the IEEE*, february 1978.
- E. LAVIRON: *Les Technologies et leur Mise en Oeuvre*. Annales des Mines, mars 1980.
- WEN-CHUN LIN: *Principles of Microprocessors Handbook of Engineering in Medicine and Biology CRC PRESS, INC.*
- SUE MARTIN: *Fastest Moving Industry in the World Systems International*, may 1977.
- DONALD K. MELVIN: *Microcomputer Applications in Telephony Proceeding of the IEEE*, february 1978.
- J. M. MIRO & ANTONIO PUERTA: *Diseño de Programadores para Electrodomésticos Mundo electrónico*, octubre 1980.
- STEPHEN P. MORSE & ALTER: *Intel Microprocessors - 8008 to 8086 Computer*, october 1980.
- NATIONAL BOARD FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY: *Microelectronics. Implications for Ireland*, may 1980.
- NATIONAL COMPUTING CENTER: *Impact of Microprocessors on British Business*. NCC Publications 1979.
- A. J. NICHOLS: *An Overview of Microprocessor Applications Proceedings of the IEEE*, june 1976.
- J. NORTHCOTT & ALTER: *Microprocessors in Manufactured Products*, Policy Studies Institute 1980.
- BALA PARASURAMAN: *High Performance Microprocessor Architectures Proceeding of the IEEE*, june 1976.
- PICART-LEBAS: *Dispositif de Restriction de Numeration Telefonique. La Microelectronique et les PMI*. Agence de l'informatique
- WILLIAM C. RANDLE & NORM KERTH: *Microprocessor in Instrumentation Proceeding of the IEEE*, february 1978.
- PAUL M. RUSSO & ALTER: *Microprocessors in Consumer Products Proceedings of the IEEE*, february 1978.
- U. SCHMIDT: *Futuro del  $\mu P$  en las electrodomésticos de la línea blanca*. Mundo Electrónico, octubre 1979.
- JAMES D. SCHOEFFLER: *Microprocessor Architecture IEEE Transac. Ind. Electron and Control Instrum.*, aug. 1975.
- THOMAS A. SEIM: *Microprocessors Aid Experimentation in Scientific Laboratory Computer Design*, september 76.
- EDWARD A. TORRERO: *An Introduction to Microprocessors Electronic Design*, april 1976.
- PETER W. J. VERHOFSTADT: *Evaluation of Technology Options for LSI Processing Elements Proceeding of the IEEE*, june 1976.
- IRENE M. WATSON: *Comparison of Commercially Available Software Tools for Microprocessor Programming Proceeding of the IEEE*, june 1976.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente documento ha sido elaborado por la Asociación para el Desarrollo de la Tecnología y Aplicaciones de los Microprocesadores (ADAMICRO).

El CDTI le expresa su agradecimiento.



La Innovación Industrial y las relaciones Industria-Universidad



La Innovación Industrial y su Tratamiento Fiscal



La conversión fotovoltaica de la energía solar



La ingeniería genética en la biotecnología



Innovación industrial y sistema educativo



¿Qué es la innovación tecnológica?



La telemática



Innovación Industrial y Empleo



Robótica Industrial



La financiación de la innovación industrial.



Pequeñas centrales hidráulicas

CDTI

Centro para el  
Desarrollo Tecnológico  
Industrial

Ministerio  
de Industria y Energía

Edificio Gan  
Ramírez de Arellano s/n  
Madrid 27  
España

Apto. de Correos: 29136  
Teléf: (91) 416 2016  
Telex: 23121 CDTI E