



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

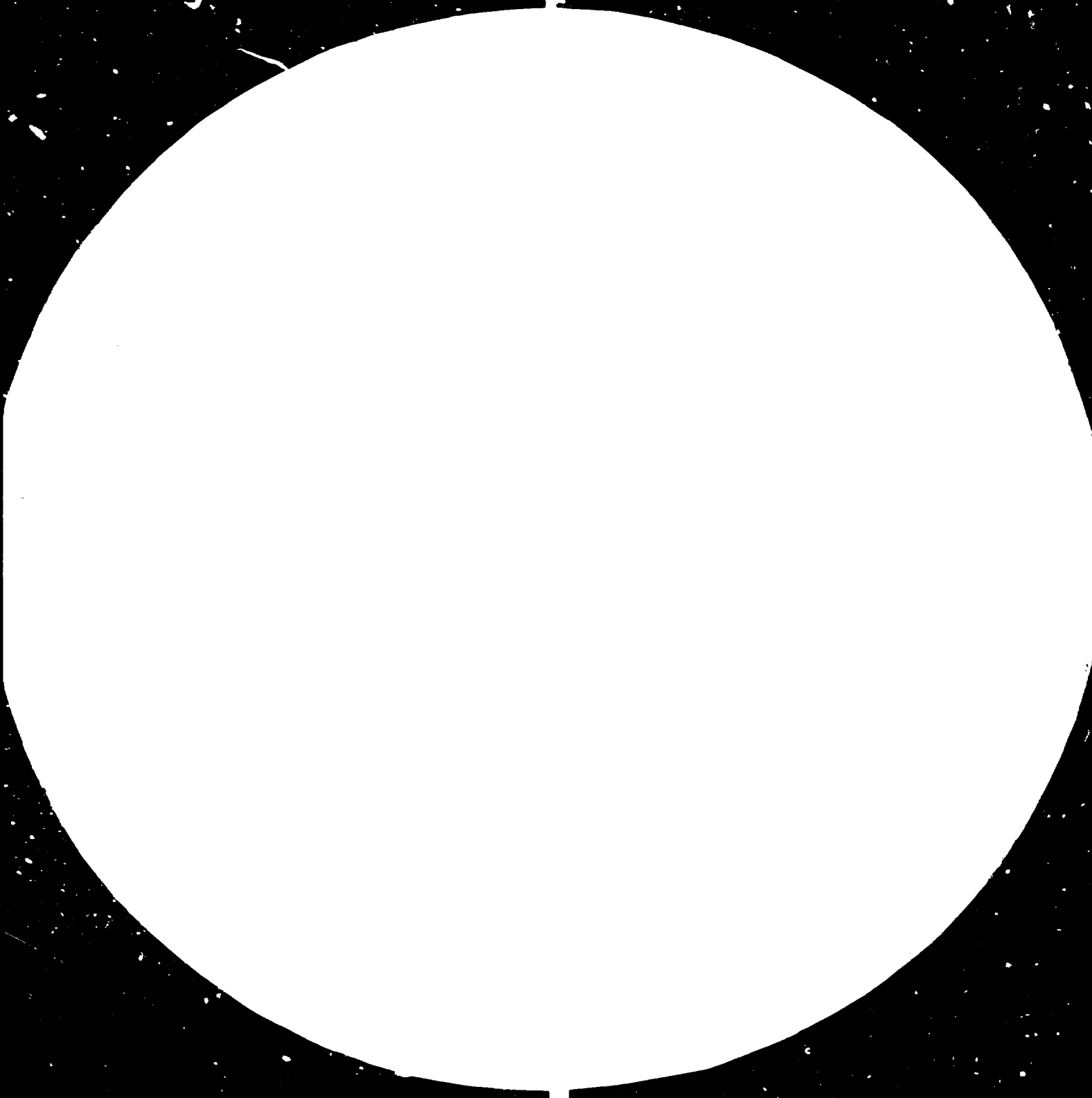
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A



11504-S



Distr. LIMITADA

ID/WG.372/3

5 mayo 1982

ESPAÑOL

Original: INGLÉS

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Reunión de Expertos ONUDI/CEPAL sobre las
Consecuencias de los Adelantos de la
Microelectrónica en la Región de la CEPAL

México, 7-11 junio 1982

MICROPROCESADORES Y PRODUCTIVIDAD*

por

Robert T. Lund**

121

* Microprocessors and Productivity: Cashing in our chips. Las opiniones que el autor expresa en el presente documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento es traducción de un texto que no ha sido revisado por la Secretaría de la ONUDI.

** Consultor de la ONUDI.

V.82-25600

Cuando por primera vez se difundieron circuitos de transistores completos en microplaquetas de silicio, a finales del decenio de 1950, se hizo posible añadir "inteligencia" a productos y procesos. Sin embargo, en la práctica, como el diseño por encargo de microplaquetas para aplicaciones específicas tenía un costo muy elevado, éstas sólo resultan prácticas como adición en el caso de productos destinados a un gran consumo, como relojes y calculadoras de bolsillo, o para aplicaciones con suficiente valor añadido para justificar el alto costo.

Más adelante, en 1969, G.R.E. Hoff, un ingeniero de Intel Corp., empezó a buscar una forma económica de producir microplaquetas para calculadoras y comprobó que podía incorporar todo el procesador central de una computadora en una sola microplaqueta de silicio, creando de esta forma el primer microprocesador del mundo. Añadiendo algunas microplaquetas más para proporcionar otras funciones básicas, como la memoria, había creado, en efecto, una pequeña computadora programable. Este adelanto aparentemente simple supuso el principio de una revolución virtual en la inteligencia de las máquinas.

Se podían producir masivamente microplaquetas normalizadas, y, a continuación, se podían adaptar para usos específicos añadiendo las instrucciones programadas apropiadas, ofreciendo así "inteligencia" a bajo costo prácticamente para cualquier aplicación, por rara que fuera. Y, a diferencia de otros aparatos programables -computadoras y minicomputadoras- el tamaño, la complejidad, o el consumo de energía de los microprocesadores no limitaban su aplicación.

Dentro de su género, el microprocesador es tan revolucionario como la rueda, el motor de combustión y la bombilla eléctrica, porque encierra posibilidades de producir cambios importantes en la calidad de nuestra vida. En 1978, había unos 41 fabricantes de microprocesadores que ofrecían más de 150 modelos distintos.

En la actualidad, las aplicaciones del microprocesador abarcan casi todas las esferas básicas en nuestras vidas -desde el transporte, la manufactura y la medicina, hasta las actividades recreativas, educativas y caseras- originando cambios tanto para los fabricantes como para los usuarios.

Las repercusiones sociales y económicas potenciales de la difusión del uso de los microprocesadores, sobre todo con respecto al empleo, suscitan en muchos países crecientes recelos. En Australia se les ha llamado los "mata-empleos". En Gran Bretaña, en una emisión de televisión titulada "les

microplaquetas han bajado de precio" se describía la era de la microelectrónica como un período de pérdida generalizada de empleos y de trastornos económicos, lo cual llevó a un miembro del Parlamento a proponer que se prohibiera su importación y utilización salvo bajo un estricto control gubernamental. Incluso en los Estados Unidos, donde la gente está más acostumbrada a las aplicaciones masivas de la electrónica, se temen las consecuencias económicas y sociales de las aplicaciones del microprocesador.

Como resultado de la gran preocupación existente en Gran Bretaña, el Departamento de Industria británico decidió financiar un estudio, realizado por el Center for Policy Alternatives del M.I.T., a fin de examinar las repercusiones del empleo de microprocesadores en aplicaciones existentes en los Estados Unidos. Se seleccionaron ocho productos para llevar a cabo un estudio detallado: aparatos de control de la calefacción, la ventilación y el acondicionamiento de aire; sistemas de encendido de automóviles; aparatos de proceso de la palabra; balanzas electrónicas de franqueo; sistemas ópticos de control en la manufactura; equipo médico; dispositivos de regulación de grúas hidráulicas y máquinas de coser electrónicas.

Esos productos representan una gama de aplicaciones en las cuales se utilizaron los microprocesadores para mejorar el rendimiento de los productos mecánicos existentes. Todos ellos eran considerados aplicaciones excelentes desde el punto de vista técnico. Unos eran productos nuevos, radicalmente distintos de cuanto existía anteriormente. Otros eran sobre todo una ampliación o una prolongación de la línea de productos de una empresa. En uno o dos casos, el microprocesador simplemente sustituía muchos componentes mecánicos, a un costo reducido y con un control más fiable. En otros casos, el resultado del empleo del microprocesador fue un cambio revolucionario que abrió nuevos horizontes para el fabricante del producto.

En el estudio se examinó cada aplicación desde tres puntos de vista: ¿Qué motivos inducen a usar los microprocesadores? ¿Qué supone el generar un producto de éxito basado en microprocesadores? y ¿Qué repercusiones tienen las aplicaciones del microprocesador para los productores, los usuarios, las aptitudes profesionales y el empleo?

Las ventajas de la inteligencia

Los microprocesadores pueden mejorar el rendimiento de una enorme gama de productos. Capacitan a las máquinas para calcular, almacenar información, comunicar con sus operadores, controlar y determinar el tiempo de distintos

actos, percibir parámetros físicos y realizar otras muchas funciones. Esas capacidades se combinan para aumentar la flexibilidad, la capacidad, la conveniencia, la velocidad, la seguridad y la fiabilidad de un producto existente y para reducir los costos de funcionamiento.

En la esfera de las comunicaciones escritas, por ejemplo, los microprocesadores han transformado las máquinas de escribir en "procesadores de la palabra" sumamente complejos con los cuales los mecanógrafos pueden mecanografiar, almacenar y manipular información expuesta en una pantalla antes de escribirla definitivamente en limpio. Se pueden realizar pulsando literalmente un botón, una gran diversidad de funciones, como paginación, centrado, reproducción, supresión, reorganización del material y corrección.

Los fabricantes de automóviles han empezado a utilizar los microprocesadores para regular el funcionamiento del motor a fin de reducir emisiones de gases molestas, economizar más combustible y controlar dispositivos de seguridad tales como frenos y sacos de aire de protección. Se están utilizando microprocesadores en todos los tipos de construcciones para conservar la energía utilizada en los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire mediante el control automático de las limitaciones de la puesta en marcha, el retroceso y la carga máxima. Y la incorporación de microprocesadores a las balanzas de franqueo postal ha aumentado mucho la precisión y la eficacia en el cálculo de los franqueos, ahorrando todos los años miles de dólares de franqueo y mano de obra a las empresas que los utilizan.

Desde el punto de vista del fabricante, los microprocesadores también ofrecen ventajas considerables. Por ejemplo, los circuitos lógicos basados en microprocesadores suelen requerir muchas menos microplaquetas que los circuitos diseñados por encargo. Para una aplicación simple, un microprocesador puede reducir el número de microplaquetas de 50 a 2 ó 3, reduciendo así los costos asociados de embalaje, tableros de circuito, suministro de electricidad y espacio.

Los microprocesadores pueden también sustituir la labor de diseño de la dotación física -la selección e interconexión de muchos componentes para producir circuitos lógicos diseñados por encargo- por el diseño de la dotación lógica, lo cual supone escribir, comprobar y montar programas de computadora. El costo relativamente bajo de las aplicaciones del microprocesador es posible gracias a la eficacia de los resultados.

La sustitución del diseño de la dotación física por el de la dotación lógica también simplifica la labor de ingeniería y diseño de nuevos productos. Planear, ensayar y poner a punto una dotación física aleatoria incluso moderadamente compleja, puede requerir mucho tiempo. En cambio, el diseñador de la dotación lógica puede acortar de diversas formas el tiempo necesario para programar un microprocesador. Los errores pueden corregirse realizando un simple cambio de programa, en lugar de volver a cablear o a diseñar un circuito especial. Los "sistemas de desarrollo" que traducen lenguajes de programación de alto nivel como el Fortran en lenguaje de máquina para el microprocesador -una tarea aburrida y costosa si la hace un programador humano- aumentan la eficacia del diseño de la dotación lógica.

Una vez fabricado el producto, se pueden efectuar las modificaciones y mejoras subsiguientes modificando simplemente el programa almacenado, y apenas es necesario tocar el proceso de producción. Los productos pueden adaptarse especialmente a las necesidades de usuarios particulares mediante cambios en la dotación lógica. Y una vez instalados los sistemas, los diseñadores de la dotación lógica pueden efectuar cambios por teléfono o enviar por correo nuevas plaquetas a los usuarios del producto, a un costo moderado.

Los programas de microprocesador pueden también incluir subprogramas de ensayo y diagnóstico que facilitan el uso y la reparación del producto y advierten a los usuarios acerca de los fallos de la máquina. Las máquinas basadas en microprocesadores pueden controlar y regular la precisión de su propio trabajo o el de sus operadores comparando la información sobre rendimiento real -obtenida mediante mediciones, cálculos o entradas del operador- con valores fijos almacenados en la memoria. Si se detectan discrepancias, la máquina puede tomar medidas de corrección, hacer sonar una alarma o pararse.

Por lo general, los productos basados en microprocesadores gozan de mejor servicio. Las reparaciones sencillas pueden efectuarse inmediatamente -a veces por teléfono- y su funcionamiento puede restablecerse sin demora. Los módulos defectuosos pueden sacarse y sustituirse inmediatamente. Ciertos productos incluso pueden programarse para conducir al usuario paso a paso a través de procedimientos sencillos de diagnóstico y reparación.

Simplificación del trabajo y seguridad

Gracias a los microprocesadores, un producto puede tener con sus usuarios interacciones simples, con lo cual el producto resulta más fácil de usar, se

acorta el tiempo necesario para aprender a utilizarlo, se reducen los errores operacionales y se obtienen resultados más uniformes. Los usuarios experimentan menos fracasos porque los microprocesadores pueden prevenir errores evidentes en materia de control y funcionamiento. Así pues, se pueden utilizar los microprocesadores para mejorar la seguridad y el rendimiento del operador. Un ejemplo especialmente notable entre las aplicaciones de microprocesadores estudiadas por el Centre for Policy Alternatives es la computadora de carga de grúa Eaton.

Las grúas hidráulicas tradicionales requieren del operador una gran habilidad. Las tolerancias de seguridad en cualquier situación determinada dependen de la configuración de la grúa misma y de la carga. Lo que se suele hacer es colocar en la cabina un diagrama de carga para cada grúa, a fin de ayudar al operador a manejarla con seguridad, y varios instrumentos indican variables decisivas, como el ángulo del brazo y la tensión en los cables. Sin embargo, debido a la complejidad del funcionamiento de una grúa, normalmente los operadores se fían de su experiencia e intuición para mantener la seguridad del funcionamiento.

Las necesidades técnicas varían enormemente de una grúa a otra y entre las diversas situaciones de carga, haciendo sumamente difícil el diseño de un aparato adecuado con arreglo a los métodos tradicionales. Además el empleo de cualquier dispositivo que no sea un simple indicador todavía es discrecional en los Estados Unidos, lo cual fija un límite muy bajo al precio que un operador está dispuesto a pagar para tales aparatos. Esas condiciones hacen que los indicadores de grúas sean una aplicación ideal para los microprocesadores.

La Eaton Corp., un importante fabricante de bienes de capital de los Estados Unidos, ha desarrollado un sistema de control de funcionamiento sumamente flexible basado en un microprocesador que puede adaptarse fácilmente a cada máquina y a todas las aplicaciones mediante la programación y los datos suministrados por el operador. Puede utilizarse la misma dotación física para todas las instalaciones, con un único microprocesador programado para calcular las variables apropiadas. Constantes tales como el diagrama de carga para una grúa determinada se almacenan en la memoria del microprocesador, y los parámetros correspondientes a una situación específica son introducidos por el operador, mediante un teclado y un dispositivo de representación,

respondiendo a una serie de preguntas que hace el propio instrumento. Utilizando los datos de entrada, el microprocesador calcula a continuación, con gran precisión, los parámetros de seguridad en el funcionamiento, como las aceleraciones del brazo y la carga del gancho. Además, el aparato Eaton permite que el operador imponga diversas condiciones a la función de la máquina -por ejemplo, para evitar los golpes contra una pared o una línea de alta tensión- o que haga funcionar sin peligro la grúa aunque no vea realmente la carga en el gancho.

Como la seguridad es primordial, el sistema Eaton comprende varios dispositivos que garantizan la fiabilidad de cada uno de los aspectos de su funcionamiento. Los valores indicados por el operador se comprueban para tener la seguridad de que se encuentran dentro de unos límites permisibles fijos, y unos subprogramas de autocalibración comprueban continuamente la precisión de los cálculos del microprocesador.

Una limitación importante de cualquiera de esos instrumentos electrónicos es el trato brutal que supone el transporte y el uso de una grúa. Los dispositivos electrónicos anteriores fracasaron porque las vibraciones, los choques y el machaqueo hacían añicos los componentes. Sin embargo, la caja del instrumento de control basado en un microprocesador es lo suficientemente compacta para que pueda sacarse de la grúa y transportarse por separado.

El sistema Eaton se desarrolló cuando la dirección técnica de la empresa, reconociendo la necesidad de adquirir competencia en el uso de los microprocesadores y de la electrónica, eligió la computadora de carga de grúa como medio de reforzar su línea de productos. En las visitas efectuadas a fabricantes de grúas se puso de manifiesto que se necesitaba un producto "inteligente" y perfeccionado. Se designó a un ingeniero para que se encargara del proyecto con plena dedicación y éste llevó a cabo el desarrollo y el ensayo del dispositivo con la ayuda a tiempo parcial de un diseñador mecánico y de un ingeniero programador. La labor de diseño quedó completada esencialmente en 18 meses.

El sistema de control electrónico se desarrolló durante un período de tres años en estrecho contacto con un importante fabricante de grúas, y se ha ensayado en varias instalaciones. Inicialmente, los operadores de grúas experimentados se mostraban escépticos con respecto a la aparente complejidad del tablero de mandos y del dispositivo de representación pero en cuanto

utilizaron la máquina resultó evidente la utilidad del aparato para su propia seguridad y para el funcionamiento efectivo de la grúa. Continuamente se efectúan modificaciones en respuesta a las sugerencias de los usuarios mediante cambios en la dotación lógica y no en el diseño de la dotación física.

El éxito de una versión comercial del aparato Eaton todavía no está comprobado. Es probable que en cuanto al costo pueda competir con otros aparatos de control complejos, pero como el sistema Eaton tiene un rendimiento notablemente superior, es posible que su potencial de mercado sea elevado en comparación con otros productos disponibles en la actualidad.

Una innovación revolucionaria

La revolucionaria máquina de coser electrónica de la Singer, la Athena 2000, constituye otro excelente ejemplo de la aplicación de la tecnología de los microprocesadores. Introducida en 1975, después de cuatro años de diseño y desarrollo en secreto, la Athena 2000 es un instrumento sumamente flexible, programado para realizar 25 puntos diferentes con sólo girar un disco y apretar un botón. El paso de una máquina electromecánica a una máquina controlada electrónicamente ha simplificado la tarea del operador, conservándose al mismo tiempo el nivel de perfección de los modelos mecánicos más avanzados.

Para crear la Athena 2000, el director del proyecto y un grupo formado por unos ocho ingenieros estuvieron vinculados al mismo desde sus comienzos hasta la primera producción, trabajando en secreto. Las piezas electrónicas fueron compradas a través de otra sección de la Singer para disimular el hecho de que la sección de máquinas de coser mostraba interés por los componentes electrónicos.

Se empezó a trabajar en serio sobre la máquina a mediados de 1971. La unión de los controles electrónicos con las piezas mecánicas constituyó un importante obstáculo en la tarea de desarrollo. En las máquinas convencionales, un motor eléctrico acciona conjuntos de piezas mecánicas con potencia suficiente para superar el problema de las pequeñas fricciones que se producen comúnmente como resultado de ajustes forzados y rebabas de las piezas. Cuando estos enlaces mecánicos fueron accionados por servomecanismos lineales accionados a su vez por transistores, se produjo una fricción excesiva en el sistema, como consecuencia de la cual los transistores se recalentaron y

se fundieron. Esta dificultad continuó observándose durante la etapa de puesta en marcha de la producción, en la que fue necesario imponer mayores grados de precisión en relación con las piezas mecánicas.

La Athena 2000 fue introducida como la máquina de calidad máxima de la Singer al precio de 900 dólares, es decir, mucho más elevado que el de una máquina de coser mecánica comparable. Su éxito fue inmediato, a pesar de que se introdujo en un momento en que el mercado de aparatos domésticos se encontraba en crisis. Después de la máquina Athena, la Singer ha lanzado otros varios modelos de máquinas de coser electrónicas, acaparando aproximadamente entre el 5 y el 6% del mercado de máquinas de coser domésticas, cuyo volumen anual es de 1,8 a 2,0 millones de unidades. Aunque el número de unidades no constituye una fracción importante del mercado, la proporción en dólares sí es muy respetable, ya que los precios de las máquinas electrónicas son mucho más altos.

Aparentemente, el revolucionario cambio de diseño cogió desprevenidos a los competidores de la Singer. Hasta ahora, ninguno de ellos ha introducido una máquina comparable y la Singer ha podido gozar de una ventaja de cinco años como mínimo para recuperar su inversión inicial y reducir sus costos de fabricación, preparándose así para hacer frente a la competencia.

La máquina de coser electrónica ha tenido efectos notables en varios aspectos de las actividades de la Singer y en sus competidores. La aparición de la Athena 2000 originó cambios en los procesos de fabricación, las ubicaciones, la mano de obra y la gestión. El paso de la electromecánica a la electrónica permitió a los ingenieros de la Singer suprimir aproximadamente 350 piezas mecánicas de las 700 piezas móviles y fijas de una máquina convencional. Como consecuencia de ello se produjeron importantes cambios en el proceso de fabricación: se redujeron las necesidades globales de espacio de trabajo, los costos de los bienes de capital, las graduaciones y ajustes necesarios durante el montaje y el tiempo total de producción. Esos cambios permitieron acelerar la puesta en marcha de la producción y mejorar la calidad del producto. Cambios similares en las piezas y los procesos de montaje permitieron reducir el tiempo de fabricación y el inventario de los trabajos en curso, pero el valor más elevado de las materias primas y de las piezas compradas tiende a impedir cualquier disminución del capital. Además, como los componentes son más especializados, el número de proveedores es reducido, de modo que la Singer depende ahora en mayor medida de sus proveedores, y

por lo tanto, es vulnerable a las demoras y a los aumentos de los precios. Asimismo, el nivel de capacitación de los trabajadores necesario para fabricar la máquina electrónica es evidentemente inferior al que se requiere para los modelos electromecánicos, siendo mayor el número de personas necesarias para el montaje de piezas pequeñas y menor el de las necesarias para el manejo y equipamiento de las máquinas.

Por otra parte, en lo que respecta a la supervisión y gestión de la fabricación, el nivel de capacitación necesario ha aumentado, particularmente en cuanto a las aptitudes analíticas para diagnosticar problemas intangibles. Los compradores de la empresa también deben perfeccionar sus conocimientos, dado que piezas que ésta fabricaba anteriormente han sido reemplazadas por componentes electrónicos comprados a otras empresas. El personal sobre el terreno debe recibir una nueva formación para poder manejar las nuevas máquinas. El material de capacitación consiste actualmente en simuladores de escritorio que representan las funciones e interconexiones de las máquinas. Las necesidades de servicio técnico han disminuido debido a que el funcionamiento de la Athena es más seguro que el de sus predecesoras mecánicas. El personal de servicio sólo recibe material para diagnósticos, y las reparaciones sobre el terreno de los componentes electrónicos consisten solamente en desmontar y volver a colocar los tableros de circuitos impresos. Los módulos defectuosos se devuelven a la fábrica.

En general, la introducción de la máquina Athena ha reducido aparentemente el número total de empleos. Sin embargo, es probable que esa disminución sea mucho menor de lo que hubiese sido si no se hubiese introducido la máquina Athena. La Singer fabrica la máquina de coser de calidad máxima exclusivamente en los Estados Unidos, protegiendo así muchos empleos en el país que de otra manera hubiesen desaparecido debido a la competencia de las importaciones o a la fabricación en el extranjero.

El éxito de la máquina de coser controlada mediante microprocesadores tuvo un efecto rejuvenecedor en la empresa, aunque éste sólo fuese pasajero. Debido en gran parte a esta máquina, la empresa pudo obtener beneficios cuando otros productos experimentaban una reducción de los márgenes de utilidad. La producción se puso en marcha con una inversión de capital moderada en comparación con el capital necesario para fabricar una nueva máquina mecánica.

No es corriente que una empresa consolidada con una tradición de 100 años de innovaciones graduales fabrique un producto tan radicalmente distinto; generalmente, el ambiente que reina en una empresa de ese tipo no favorece tales intentos. Un factor clave para el éxito fue la decisión de la empresa de proteger la innovación de las influencias reaccionarias dentro de la propia empresa aislando al equipo que trabajaba en la Athena 2000 del resto de la empresa. Al crear un equipo autosuficiente desde la iniciación del proyecto hasta su ejecución, y al darle acceso directo a la alta dirección, la empresa evitó enrazmente la resistencia interna con que normalmente hubiese tropezado el proyecto.

Estrategias que condujeron al éxito del proyecto

Los costos totales de desarrollo, equipamiento y los gastos iniciales de la máquina Athena 2000 fueron del orden de 10 millones de dólares para un período de desarrollo de cuatro años, lo que constituye una inversión relativamente moderada si se tiene en cuenta que se trata de una desviación radical de la línea de productos tradicionales de una empresa. De hecho, prácticamente todas las aplicaciones de los microprocesadores estudiadas por el Center for Policy Alternatives, requerían inversiones relativamente moderadas de mano de obra, tiempo y dinero. En todos los casos, los equipos encargados del desarrollo estaban formados por un pequeño número de técnicos, de dos o tres personas como mínimo y no más de veinte como máximo. El personal de apoyo era también reducido.

Generalmente el desarrollo de productos basados en microprocesadores requirió menos tiempo que el de productos mecánicos, ya que los componentes electrónicos se encuentran normalmente en el comercio. El tiempo de fabricación de las herramientas necesarias para producir artículos tales como tableros de circuitos impresos es corto en comparación con el tiempo que supone la obtención de máquinas, herramientas, troqueles y accesorios para producir piezas mecánicas.

Las inversiones financieras para las aplicaciones de los microprocesadores fueron reducidas. Por lo general, los microprocesadores se están aplicando a productos existentes, de tal manera que aunque el cambio en el rendimiento del producto puede ser revolucionario, el efecto en los procesos de producción puede ser insignificante. Cuando se utilizan componentes electrónicos

normalizados, los únicos procesos que pueden verse afectados son los de montaje y ensayo. En lo que respecta al montaje, las necesidades de nuevo equipo son reducidas, y el equipo de ensayo electrónico suele ser menos costoso que la maquinaria de producción tradicional.

Ciertas estrategias de diseño y fabricación parecen ser importantes para un buen desarrollo del producto. Cuando la aplicación del microprocesador es una irnovación radical de una línea de productos existentes, como en el caso de la Athena 2000, es necesario que el proyecto esté firmemente apoyado por la dirección y que esté aislado del resto de la empresa durante el período de incubación, tanto para proteger la nueva idea de las actitudes negativas dentro de la misma empresa como para evitar que se comuniquen prematuramente la información secreta a los competidores. Cuando la aplicación no compite directamente con los productos existentes de la empresa o cuando constituye una innovación gradual, como por ejemplo, controles mediante microprocesadores en hornos de microondas, este principio puede continuar siendo útil pero es menos importante para el éxito del proyecto.

En el equipo encargado del desarrollo de cada uno de los productos estudiados había dos personas clave. Una, el "integrador del diseño", tenía amplios conocimientos sobre el producto o proceso al que se estaba aplicando el microprocesador, competencia profesional en varias disciplinas técnicas y algunos conocimientos sobre electrónica y tecnología de los microprocesadores. La otra persona clave, era un "programador creativo", que estaba encargado de la eficacia, flexibilidad y fiabilidad de los programas del microprocesador. Una programación preparada cuidadosamente contribuye al éxito a largo plazo del producto, aumentando su capacidad o reduciendo su costo.

En relación con el diseño, se adoptó una estrategia acertada en varias aplicaciones, que consistió en radicar la complejidad del producto en la memoria del microprocesador y no en los componentes mecánicos. Por lo tanto, el procedimiento para hacer modificaciones rápidas y a bajo costo en el futuro es efectuar cambios en las tablas de datos, parámetros o programas.

Al parecer, la principal dificultad con respecto al diseño en las aplicaciones de los microprocesadores se refiere a las interfaces entre el microprocesador y las piezas mecánicas del producto. El diseño de los sensores y accionadores, es decir, los componentes que informan al microprocesador sobre la situación y ejecutan las órdenes del microprocesador, es una tarea

particularmente difícil. Para que el diseño sea bueno es necesario conocer a fondo cómo debe funcionar el producto. Tal vez esa sea la razón por la que muchas de las empresas estudiadas prefirieron capacitar al personal técnico existente en electrónica en lugar de traer expertos en microprocesadoras y familiarizarlos con el producto y las necesidades de los usuarios.

Una estrategia general en materia de comercialización ha sido introducir el producto controlado mediante microprocesadores como un producto de calidad máxima. Este es un método lógico cuando los microprocesadores mejoran el funcionamiento del producto y proporcionan mayor satisfacción al usuario. Los mayores márgenes de beneficios que normalmente ofrecen los artículos de precio más alto ayudan a amortizar los costos de desarrollo, aunque los precios tienden a limitar la demanda mientras la empresa está creando capacidad de producción y corrigiendo deficiencias. Sin embargo, a la larga, muchas aplicaciones de los microprocesadores conducirán a la fabricación de productos menos costosos y a reducciones de los precios cuando se establezca la competencia.

Aunque las pruebas son bastante limitadas, parece que la introducción de los microprocesadores en una línea de productos puede constituir el primer paso de una empresa hacia el acceso a una serie de nuevos sectores del mercado. Una vez que una empresa se da cuenta de que las funciones desempeñadas por microprocesadores en una aplicación pueden transferirse fácilmente a productos destinados a otros mercados, quizá pueda diversificar su línea de productos, lo que constituye un fuerte estímulo a la innovación.

Los microprocesadores y el empleo

Los microprocesadores pueden tener efectos dramáticos en el contenido y la ubicación del empleo de los trabajadores, así como en los niveles de empleo, en todos los aspectos de la fabricación y utilización de productos desde los trabajadores, supervisores e ingenieros encargados de la producción hasta los inspectores, técnicos de mantenimiento, vendedores y personal de servicio.

Es probable que las operaciones de fabricación experimenten cambios importantes: mayor necesidad de montaje de piezas electrónicas pequeñas, reducción de la producción de componentes mecánicos y sustitución de la inspección mecánica final al ensayo electrónico de los componentes y conjuntos de piezas durante la fabricación. Esto entraña también cambios en los niveles de calificación correspondientes a cada puesto de trabajo. Por ejemplo los

niveles de calificación correspondientes a empleos relacionados con la producción y los servicios tienden a descender cuando trabajos de metalistería se reemplazan por un montaje de piezas electrónicas pequeñas más sencillo. Por otra parte, las funciones de ingenieros y supervisores tienden a ser más arduas. A medida que aumente la complejidad de los dispositivos, irán aumentando las necesidades de capacitación y actualización de los conocimientos.

Los efectos de las aplicaciones de los microprocesadores sobre el empleo no suelen ser visibles. Cuando se modifica el contenido de los puestos de trabajo dentro de una empresa, pueden registrarse simultáneamente despidos y nuevas contrataciones. La mano de obra utilizada por unidad de producción puede disminuir, pero la expansión del mercado oculta este hecho al requerir un mayor empleo en general. Asimismo, la disminución de la cuota de mercado de un competidor puede conducir a despidos fuera de la empresa. Esta combinación dificulta la determinación de los efectos que pueden atribuirse específicamente a la aparición de un producto para el que se utiliza un microprocesador.

A corto plazo, en las empresas estudiadas tendió a darse un aumento del empleo, debido probablemente a aumentos de las cuotas de mercado o a la expansión general de éste. Los efectos a largo plazo son menos claros. Cuando una empresa pasa de un período de rápidos cambios en la línea de producción a un período de consolidación y normalización, es muy posible que aumente la producción sin que aumente más el empleo. Además, si las empresas competidoras fabrican productos similares, los aumentos de empleos correspondientes a las primeras que se introdujeron en el mercado pueden resultar ser pasajeros.

En el presente estudio, el número de empleos en las empresas usuarias de productos basados en microprocesadores permaneció estable en algunos casos y disminuyó en otros. La mitad de estas empresas informaron que habían registrado una mayor productividad de los trabajadores pero que los niveles de empleo no habían disminuido al menos a corto plazo. Algunas empresas usuarias experimentaron un aumento de la productividad en un tercio o más y algunas disminuciones del número de empleos. En varios casos, los operadores pasaron a desempeñar tareas de mantenimiento y vigilancia, consistentes en mantener el dispositivo en buen funcionamiento y controlar sus resultados.

Parece probable que los efectos más importantes en el empleo se observen en empresas que conservan una tecnología convencional. En estas empresas se puede registrar una disminución del empleo o una limitación del crecimiento

a medida que los productos basados en microprocesadores de sus competidores vayan conquistando porcentajes más altos del mercado. Las empresas que pueden verse más seriamente afectadas son aquéllas que fabrican piezas tales como sistemas de control o conmutadores de sincronización convencionales cuyas funciones pueden desempeñar con mayor refinamiento los aparatos microelectrónicos.

Sobre la base al presente estudio, también parece probable que la demanda de dotación lógica para las aplicaciones de los microprocesadores genere un considerable número de empleos de programación. Ya se ha creado material de programación por valor de mil millones de dólares para un microprocesador, denominado Intel 8080. Es muy posible que el valor total de los sistemas de aplicación y desarrollo y la dotación lógica suministrada por los proveedores y las empresas de servicio supere en definitiva el valor de las propias microplaquetas de los microprocesadores.

Hoy en día se suceden rápidamente las aplicaciones directas de los microprocesadores. Los costos de iniciación son bajos, las necesidades de capital moderadas y los productos pueden diseñarse con relativa rapidez y a costos relativamente bajos. Las empresas que entran en este mercado disponen de un mayor número de piezas normalizadas y herramientas más potentes que las empresas que entraron con anterioridad. Estos factores pueden explicar por qué les ha sido fácil a pequeñas empresas nuevas penetrar con éxito en los mercados existentes con productos innovadores. Queda por ver cuánto tiempo permanecerá abierta esta ventana estratégica. Cuando se disponga de una microelectrónica más avanzada, cuando se haga mayor hincapié en la dotación lógica y en la adaptación de los productos a las necesidades de los clientes y cuando queden ultimadas las aplicaciones más sencillas, una empresa necesitará poseer una capacidad de diseño de sistemas, dotación lógica y producción más compleja para poder competir con éxito. Los costos de iniciación se elevarán y las empresas que penetren más tarde en el mercado tal vez se encuentren en una situación desventajosa en comparación con las empresas que ya hayan comenzado a desarrollar aptitudes y conocimientos en la esfera de esta nueva tecnología.

Tradicionalmente, la competencia se ha visto limitada por la necesidad de hacer grandes inversiones en equipo para fabricar piezas, por la disponibilidad de mano de obra muy especializada y por largos y costosos períodos de desarrollo del producto. ¿Qué pasará ahora que los productos pueden montarse

con mayor facilidad y eficiencia con distintas combinaciones de módulos normalizados? Algunos fabricantes suponen que la vida de los productos puede verse notablemente reducida por la aparición de los microprocesadores, lo que exigiría amortizar con más rapidez los costos de desarrollo y equipamiento. Algunas empresas han tratado de proteger su posición, añadiendo a sus productos o sistemas más flexibilidad de la necesaria, por ejemplo claves o botones adicionales.

Del mismo modo, los microprocesadores están reduciendo las posibilidades de diferenciar los productos. Si en la máquina de coser menos costosa se utiliza la misma microplaqueta de microprocesador que en la más costosa, es posible ofrecer las características del equipo más costoso en el modelo menos costoso a un costo relativamente moderado. Cuando desaparezca la necesidad de emplear más componentes o piezas de mejor calidad, características que anteriormente distinguían a los productos más precisos y costosos, ¿cómo se distinguirán los artículos de gran calidad de los modelos utilitarios?

La aplicación cada vez mayor de los microprocesadores en los productos y procesos repercutirá indudablemente en la competencia, la cual probablemente aumentará, procedente de muchas fuentes imprevistas. Dondequiera que aparezcan, los microprocesadores convertirán el mundo de la competencia del futuro en un mundo menos seguro, menos cómodo y mucho más apasionante.

