

# MICRO COMPUTADORAS

ISMAEL GERARDO DAMBOLENA\*

Babson College

Wellesley, Massachusetts 02157

Desde remotos tiempos el hombre se ha valido de medios auxiliares para facilitar sus cálculos. Cantos rodados y varillas marcadas con muescas son ejemplos tempranos y rudimentarios. El abaco, un ejemplo ya más tardío y refinado, aparentemente tuvo sus orígenes hace unos cinco milenios en la Mesopotamia. Desde allí se extendió a China, India, Egipto, Grecia y Roma, y durante la Edad Media fue de uso corriente en mayor parte de Asia, Europa y los países árabes. A comienzos del Renacimiento Leonardo diseñó una calculadora, que se cree fue la primera, pero se ignora si llegó a construir un prototipo. En 1617 John Napier, inventor de los logaritmos, produjo un sencillo instrumento para efectuar multiplicaciones simples que sirvió de base, poco más tarde, al desarrollo de la regla de cálculo. Unos 30 años más adelante Pascal construyó la primera calculadora mecánica, causando gran sensación en el mundo científico de su época. La pascalina era esencialmente una máquina de sumar pero permitía también multiplicar en forma relativamente eficiente. En 1671 Leibniz diseñó una calculadora mecánica más avanzada, capaz de efectuar las cuatro operaciones elementales, cuya construcción fue finalizada en 1694.

El concepto de la computadora programable tuvo su origen un siglo y medio más tarde. En 1834 Charles Babbage, profesor de matemáticas en la Universidad de Cambridge, comenzó el diseño de su máquina analítica, un aparato programable que nunca llegó a construir, que incluía los componentes esenciales de la computadora moderna: entrada, memoria, procesadora y salida. En este diseño los programas y datos se codificaban por medio de tarjetas perforadas, usadas originalmente a principios del siglo diecinueve por Joseph Marie Jacquard como sistema de control para el primer telar automático. En un excelente libro (1) Jeremy Bernstein relata la historia de

Babbage y de Ada Lovelace, la brillante hija del poeta Lord Byron, quien lo ayudó en este proyecto y propuso por vez primera el uso del sistema binario para la representación de datos en computadoras.

Las tarjetas perforadas fueron también parte esencial de una tabuladora desarrollada en 1886 por Herman Hollerith para uso en el censo general que cada diez años se lleva a cabo en los Estados Unidos. El procesamiento manual del censo de 1880 tomó siete años y medio. Con la tabuladora de Hollerith el de 1890 se completó en menos de dos meses. Durante la primera mitad de este siglo, versiones más refinadas de estos equipos tabuladores tuvieron gran auge en todo tipo de aplicaciones comerciales. En 1896 Hollerith fundó la Tabulating Machine Company, que eventualmente se transformó en IBM, y el código más corrientemente utilizado hoy en día en tarjetas perforadas lleva su nombre.

Los avances tecnológicos necesarios para que las ideas de Babbage se materializaran llevaron más de cien años. Howard Aiken, de la Universidad de Harvard, luego de un detallado estudio de los trabajos de Babbage diseñó la primera computadora electromecánica alrededor de 1940. La Mark I, terminada de construir en 1944, medía quince metros de largo por casi dos metros y medio de altura y pesaba 5 toneladas. Sus componentes estaban conectados por 800 kilómetros de cables. Podía sumar dos números en un tercio de segundo o multiplicarlos en seis segundos y costo alrededor de un millón de dólares de aquella época. Dos años más tarde John W. Mauchly y J. Presper Eckert, de la Universidad de Pennsylvania, finalizaron la construcción de la ENIAC, primera computadora electrónica de uso general (John V. Atanasoff y Clifford Berry construyeron con anterioridad una pequeña computadora electrónica que tenía la finalidad específica de resolver sistemas de ecuaciones). La prescindencia de componentes mecánicos dio como resultado una máquina mucho más veloz, capaz de efectuar 5000 sumas o 300 multiplicaciones por segundo.

Otros prototipos de computadoras, tales como la EDSAC, la EDVAC y la BINIAC, fueron desarrollados durante los cinco años siguientes. En 1951 Remington Rand produjo la prime-

ra computadora comercial, la UNIVAC I, que como sus antecesoras a partir de la ENIAC y sus predecesoras hasta 1958 tuvo como principal componente la válvula electrónica. Varias compañías compitieron con Remington Rand en este mercado de computadoras de primera generación, entre ellas Burroughs, RCA, Honeywell e IBM, quien introdujo su famoso modelo 650 en 1954. En 1958 las válvulas cedieron su lugar a los transistores. Las resultantes computadoras de segunda generación fueron mucho más pequeñas, veloces, económicas y confiables. En 1964 fue introducida la tercera generación de computadoras, en que los transistores fueron reemplazados por circuitos integrados (distintos componentes electrónicos, tales como transistores, resistencias y condensadores, impresos en pastillas de silicio) resultando en máquinas aún más veloces y confiables. Desde entonces ha habido un continuado esfuerzo tendiente a aumentar la densidad de elementos contenidos en estos circuitos integrados: de la integración se pasó a la integración en gran escala y de allí a la integración en escala muy grande, en que cientos de miles de elementos forman parte de una pastilla de unos 50 milímetros cuadrados de superficie. La densidad de elementos continúa duplicándose cada par de años. Un artículo sobre circuitos integrados escrito por uno de sus inventores, Robert Noyce (10), sirve de introducción a una edición especial de **Scientific American** dedicada exclusivamente a la microelectrónica. Dos artículos en un número reciente de **National Geographic** (2,8) ofrecen distintas perspectivas sobre este mismo tema.

Dos de los componentes principales de una computadora son la unidad aritmética/lógica, que realiza las operaciones aritméticas y lógicas necesarias para la ejecución de los programas, y la unidad de control, que controla dicha ejecución. En 1969 Ted Hoff, de Intel Corporation, desarrolló la primera microprocesadora, un circuito integrado que contiene estos dos componentes. Cinco años más tarde, con la introducción de la Altair 8800, la era de la microcomputadora, una computadora con una microprocesadora como base, vio sus comienzos.

Por un par de años la microcomputadora se

mantuvo como el pasatiempo de unos pocos aficionados a la electrónica que armaban sus propios equipos, pero en 1976 dos muchachos de poco más de 20 años, Stephen Wozniak y Steven Jobs, montaron una precaria línea de producción en el garage de los padres de uno de ellos del que la Apple salió al mercado. La revolución de la microcomputadora se puso en marcha. Siete años más tarde, en 1983, el volumen de ventas de Apple sobrepasó los 1000 millones de dólares. Durante ese mismo año por primera vez las ventas de Apple fueron superadas por la de otra compañía en el área de las microcomputadoras, IBM, que tuvo ventas por un valor de 2600 millones de dólares.

### Componentes

Las computadoras en general se clasifican, de acuerdo a su poder, en cuatro categorías: supercomputadoras, "mainframes", mini-computadoras y microcomputadoras. Una microcomputadora tiene los mismos componentes esenciales que sus hermanas mayores: unidad aritmética/lógica y unidad de control, que conjuntamente se denominan procesadora o unidad procesadora central, memoria interna, memoria externa, dispositivos de entrada y dispositivos de salida. A continuación damos una descripción más o menos detallada de estos distintos componentes. (Vale la pena acotar que la terminología en el área de la computación es, probablemente debido a su rápido desarrollo, muy poco consistente. Por ejemplo, la memoria interna es a veces considerada parte integral de la unidad procesadora central).

Las computadoras digitales (hay también computadoras analógicas, de uso mucho menos frecuente) representan sus datos en forma binaria: en lugar de usar diez dígitos utilizan sólo dos, el cero y el uno. Todos los datos se procesan, se almacenan o se transfieren entre componentes del sistema como ristas de ceros y unos. Cada posición en estas ristas (un cero o un uno) se denomina un "bit". Ocho bits permiten codificar un carácter y se denominan un "byte". Una de las características principales de la procesadora de una computadora es su tamaño de palabra, que es el número de bits que se manejan como una unidad cada vez que se procesa un dato. Un aumento en el tamaño de palabra trae aparejadas varias ven-

tajas: permite procesar los datos en forma más veloz, permite utilizar una memoria interna de mayor capacidad, facilitar una mayor precisión en los cálculos e incrementa la versatilidad del sistema de instrucciones básicas que la procesadora es capaz de ejecutar. Las primeras computadoras estaban equipadas con procesadoras de ocho bits, en 1981 aparecieron microcomputadoras de 16 bits y ya han salido al mercado microcomputadoras de 32 bits que, se espera, será el tamaño de palabra más corriente durante la segunda mitad de esta década. Estos aumentos en el tamaño de palabra se han hecho posibles a través de una mayor densidad de elementos en la microprocesadora. Han resultado en máquinas más veloces y con mayores memorias internas, que dados sus complejos sistemas de instrucciones pueden comunicarse fácilmente con computadoras de mucho mayor poder y usar sus mismos programas. Este es un factor muy importante en su mercadeo. El lector podrá encontrar referencias y una más detallada descripción de estos conceptos en un excelente artículo de Gupta y Toong (5) que sirve de introducción a una edición especial de **Proceedings of the IEEE** dedicada a las microcomputadoras.

La función de la memoria es el almacenamiento de programas y datos. Dos de las características más importantes de una memoria son su tiempo de acceso y su capacidad. El tiempo de acceso es el tiempo que lleva el recobrar un dato previamente almacenado y da una pauta de la velocidad con que la memoria opera. La capacidad de una memoria se mide en kilobytes. Un kilobyte (kbyte) equivale a 1024 bytes y permite almacenar 1024 caracteres, de modo que una memoria de 64 kbytes, por ejemplo, puede almacenar un máximo de 65536 caracteres. La memoria interna, que almacena programas en estado de ejecución y sus correspondientes datos, es veloz pero de capacidad limitada. La memoria externa, en que se archivan programas y datos para futuro uso, tiene un tiempo de acceso mucho mayor pero ofrece una capacidad de almacenamiento prácticamente ilimitada.

Hay dos tipos básicos de memoria interna para microcomputadoras. Las ROM (read-only memory), o memorias de almacenamiento fijo, permiten solamente leer su contenido que en

general consiste en programas que no necesitan ser alterados. Por otro lado las RAM (random-access-memory), o memorias de almacenamiento temporario, permiten además escribir en ellas. La capacidad de la memoria interna de una microcomputadora se expresa en términos de la capacidad de su RAM. Las microcomputadoras de 8 bits en general tienen, por razones técnicas, un máximo de 64 kbytes en RAM, mientras que las de 16 bits llegan a superar el megabyte (Mbyte). Capacidades muy corrientes hoy en día son 64, 128 y 256 kbytes, y en una mayoría de los sistemas esta capacidad puede ser aumentada: uno puede, por ejemplo, adquirir una microcomputadora con 128 kbytes iniciales de RAM y agregarle otros 128 kbytes más adelante. Una mayor capacidad de RAM permite ejecutar programas más complejos, tales como Symphony (un conjunto de programas integrados, a los que nos referimos más adelante) que requiere un mínimo de 320 kbytes de RAM para su ejecución. La velocidad de las memorias internas se duplica cada dos o tres años. Las memorias internas actuales son 64 veces más densas, en términos de componentes por unidad de superficie, que las de hace diez años. Durante el mismo período su costo por bit se ha reducido en un 96%. Se espera que tendencias similares continúen durante varios años (5).

En una microcomputadora la procesadora, la memoria interna y las conexiones a medios externos (tales como la memoria externa, la impresora, el teclado u otras) están en general montadas sobre un tablero matriz de unos 30 cm x 40 cm. Un cable, llamado barra colectora, sirve de medio para transferir los datos entre los distintos componentes. Estas barras colectoras en general transmiten 8, 16 o 32 bits en paralelo, pero esta capacidad no siempre coincide con el tamaño de palabra de la procesadora. Esto da lugar a denominaciones tales como microcomputadoras de 8/16 bits (16 bits en la procesadora pero sólo 8 bits en la barra colectora), microcomputadoras de 16 bits "auténticos" (16 bits tanto en la procesadora como en la barra colectora) y microcomputadoras de 16/32 bits o de 32 bits auténticos. (Otra ambigüedad en la terminología: la denominación 8/16 se utiliza a veces para referirse a microcomputadoras con dos procesadoras, una de 8

bits y una de 16 bits.)

El tipo más corriente de memoria externa para microcomputadoras es el disco flexible o diskette: un disco de plástico recubierto de un óxido en el que los datos (ceros y unos) se codifican en forma de minúsculos campos magnéticos a lo largo de varias docenas de bandas concéntricas. Los discos flexibles más corrientes tienen un diámetro de unos 13 cm pero lo hay también de otros tamaños. Para su uso los discos flexibles se montan en un dispositivo que los hace girar y que, mediante un mecanismo de movimiento radial, permite escribir o leer datos en las distintas bandas. La mayoría de los discos flexibles tienen una capacidad que oscila entre los 100 kbytes y 1 Mbyte. Distintos discos flexibles pueden ser montados sucesivamente en un mismo dispositivo permitiendo, de este modo, una capacidad de archivo ilimitada. Es posible operar una microcomputadora con una única unidad para discos flexibles, pero las operaciones se facilitan enormemente en un sistema con dos unidades. Los discos flexibles almacenan sus datos en un cierto formato, que en general varía de un tipo de sistema a otro. Esto crea, en la mayoría de los casos, una incompatibilidad entre distintos sistemas. Por ejemplo, datos creados en una Apple y archivados en un disco flexible no pueden, en general ser directamente transferidos a una IBM PC.

Un segundo tipo de memoria externa frecuentemente utilizada es el disco rígido o disco Winchester. Estos discos, similares a las diskettes en su tamaño y principios generales de funcionamiento, no son intercambiables sino que vienen montados en forma permanente y están contenidos dentro de una unidad sellada. Esto permite tolerancias mucho más estrictas, lo que a su vez posibilita una mayor densidad en el almacenamiento de los datos y una rotación más veloz. El tiempo de acceso del disco rígido es unas diez veces menor que el de los diskettes y sus capacidades más usuales son 5, 10 y 20 Mbytes, aunque algunos exceden los 100 Mbytes.

Es posible usar cassettes como un medio adicional de memoria externa, pero son mucho más lentas y menos convenientes que los discos. Nuevos tipos de memorias externas, tales como discos ópticos de gran capacidad y bajo

tiempo de acceso, han salido recientemente al mercado. Estos discos ópticos tienen el inconveniente de que una vez que uno escribe algo en ellos esta información no puede ser alterada, lo que restringe considerablemente sus aplicaciones. Un artículo en **Popular Computing** (11) contiene información detallada sobre memorias externas e incluye desarrollos tecnológicos recientes. La edición de **Byte** del mes de marzo de 1983 está en buena parte dedicada a artículos sobre este mismo tema.

El dispositivo de entrada más común en una microcomputadora es un teclado, similar al de las máquinas de escribir, que viene en algunos casos fijos a la caja que contiene la unidad procesadora central y en otros conectado por medio de un cable que le permite una conveniente movilidad. En al menos un modelo, la IBM PCjr, esta conexión se efectúa por medio de ondas infrarrojas. Muchos teclados incluyen diez teclas numéricas adicionales, dispuestas como las de una calculadora, que facilitan la entrada de datos numéricos. Otros teclados incluyen una serie de teclas de función, que permiten programar símbolos y funciones de uso frecuente y ejecutarlos oprimiendo sólo una tecla.

Los dispositivos de salida más comunes son un monitor de video o un aparato de televisión, para output veloz y silencioso pero temporario, y una impresora para output permanente pero más lento y a veces ruidoso. Un televisor puede tener la ventaja de su disponibilidad o bajo precio pero su resolución es muy pobre, a punto tal que virtualmente no permite un despliegue de 80 columnas por la resultante falta de nitidez. Un monitor de video es similar en principio al televisor pero en general ofrece una resolución mucho mayor. La resolución de una pantalla es función del número de "pixels" (puntos diminutos utilizados en la generación de imágenes) presentes en ella. Una pantalla de muy baja resolución tiene unos 6000 pixels mientras que las de alta resolución llegan a sobrepasar el millón.

Hay tres tipos comunes de impresoras para microcomputadoras. Las más corrientes son las de matriz de puntos y las de calidad de cartas, estas últimas de impresión más nítida pero de precio más alto. Existen también impresoras térmicas, que requieren papel especial y

producen una impresión menos nítida. Se estima que en un futuro no muy lejano las impresoras laser serán las más comúnmente usadas con microcomputadoras. Hay varios factores que deben ser tenidos en cuenta en la selección de una impresora: algunas son muy limitadas y, por ejemplo, imprimen sólo mayúsculas, mientras que otras son muy flexibles, permitiendo variar la distancia entre caracteres o imprimir en color. Dos referencias en la bibliografía que acompaña a este artículo (6, 7) proveen una discusión detallada de estos factores y de factores similares pertinentes a los monitores de video.

#### **Programas**

En toda computadora los programas proveen las instrucciones necesarias para el desarrollo de las distintas tareas. Los programas pueden ser clasificados en dos categorías: programas de sistemas, que contribuyen a una utilización más eficiente de la computadora, y programas de aplicaciones, que ejecutan tareas requeridas por los usuarios tales como la solución de un sistema de ecuaciones o el mantenimiento de un archivo de inventarios.

Entre los programas de sistemas para microcomputadoras hay dos tipos que merecen ser destacados: los sistemas operativos, que actúan como intermediarios entre la computadora y el usuario, y los programas traductores, que permiten la utilización de los distintos lenguajes. Estos programas traductores son a veces considerados parte integral del sistema operativo.

El sistema operativo es un programa complejo y extenso que actúa como nexo en las comunicaciones entre la computadora y sus usuarios. Permite, principalmente, ejecutar programas y manipular archivos (crearlos, borrarlos, copiarlos, darles un nuevo nombre). Además coordina las actividades de los distintos componentes de la microcomputadora durante la ejecución de los programas. Cada microcomputadora tiene un sistema operativo y algunas operan bajo más de uno. Entre los muchos sistemas operativos existentes, tres dominan el mercado: CP/M (desarrollado por Digital Desearch), MS-DOS (Microsoft) y UNIX (Bell Laboratories). Es probable que UNIX, originalmente desarrollado para minicomputadoras (el nivel siguiente en la jerarquía en cuanto a

capacidad), imponga cierta hegemonía a media que el poder de las microcomputadoras aumente.

Cada modelo de microcomputadora tiene su propio lenguaje de máquina, que es el único lenguaje que la computadora puede ejecutar directamente. Programas escritos en otros lenguajes (tales como Basic, Pascal o Fortran) deben ser traducidos al lenguaje de máquina antes de ser ejecutados. Estas traducciones son realizadas por programas traductores llamados compiladores y ensambladores. Para que una computadora pueda usar un dado lenguaje es necesario proveerla del correspondiente compilador o ensamblador, que en general viene contenido en un disco flexible o en una memoria de almacenamiento fijo. Los compiladores no sólo traducen sino que además, en caso de programas incorrectos, producen una lista de los errores sintácticos que el programador ha cometido. Un reciente artículo en **Popular Computing** (4) presenta una interesante discusión acerca de las ventajas y desventajas de los principales lenguajes de computadoras. El mismo número contiene artículos detallados acerca de Basic, Pascal, Fortran, Cobol, C y Forth, los lenguajes de mayor uso con microcomputadoras, y un artículo sobre lenguaje en vías de desarrollo.

Hay en el mercado millares de programas de aplicaciones para microcomputadoras. Por una parte existen docenas de libros con programas, frecuentemente en Basic, que pueden ser fácilmente entrados en la computadora y usados por personas que saben programar. Estos son por lo general programas sencillos que permiten, por ejemplo, calcular depreciaciones sobre una inversión, integrar numéricamente una función, encontrar las raíces de un polinomio, o resolver problemas sencillos de regresión o de programación lineal. Por otro lado hay programas de aplicaciones complejos, que vienen en general contenidos en discos flexibles y pueden ser adquiridos a precios muy razonables. Entre estos merecen mencionarse los siguientes, de muy corriente uso:

(1) Modelos financieros, tales como Visicalc o Multiplan, que permiten establecer relaciones entre los elementos de una enorme planilla y observar instantáneamente los efectos que posibles cambios en factores tales

como precios, demandas, costos o impuestos, tendrían sobre los presupuestos o planes financieros de una empresa.

(2) Procesadores de texto que permiten generar, revisar, reestructurar e imprimir documentos con gran flexibilidad y eficiencia.

(3) Sistemas para el manejo de bases de datos, que facilitan el almacenamiento de información y la generación de listas con registros que satisfacen ciertas condiciones. Por ejemplo, dada una base de datos con información sobre el personal de una empresa uno puede fácilmente generar una lista de todos los ingenieros cuya edad no sobrepasa los 45 años.

(4) Conjuntos de programas contables, que llevan la contabilidad de una empresa, controlan los inventarios y facilitan la preparación de pagos al personal.

(5) Conjuntos de programas integrados, tales como el popular Lotus 1-2-3 que permite interrelacionar y realizar en forma coordinada trabajos que requieren manejo de base de datos, uso de modelos financieros y representaciones gráficas.

(6) Conjuntos de programas para análisis estadísticos, que permiten realizar todo tipo de análisis de datos, desde simples descripciones gráficas o cálculos de medias y varianzas hasta complejos análisis multivariados. Un reciente artículo en **Byte** (3) presenta un detallado análisis comparativo de 24 de estos sistemas.

(7) Programas para investigación operativa, que permiten resolver modelos de programación lineal, programación entera, programación no lineal, camino crítico y problemas similares.

Los programas de aplicaciones están escritos para un dado sistema operativo y pueden ser ejecutados solamente en microcomputadoras con ese sistema operativo. Por ejemplo, un programa escrito para una DEC Rainbow, que opera primariamente con CP/M, no puede ser ejecutado por una Apple IIe, dado que las Apple operan bajo sus propios sistemas operativos. Más aún, el hecho de que dos microcomputadoras operen bajo un mismo sistema operativo no ofrece garantía de que un programa que puede ser ejecutado en una de ellas pueda también ser ejecutado en la otra. En otras palabras, las incompatibilidades rei-

nantes hoy en día en el campo de las microcomputadoras presentan una significativa serie de obstáculos.

Además de ejecutar sus propios programas una microcomputadora puede ser conectada a otras computadoras por medio de un sistema de telecomunicaciones, tal como el de líneas telefónicas y de este modo permitir, por ejemplo, el acceso a extensas bases de datos con todo tipo de información. En la mayoría de los casos para efectuar esas conexiones es necesario el uso de modems, que modulan las señales digitales transformándolas en ondas a su entrada al sistema de comunicación y las demodulan a la salida. Un artículo en una reciente edición especial de **Science** (9) contiene información detallada sobre redes de computadoras y enfoca ciertas necesidades de la comunidad científica relacionadas a ellas. La edición de septiembre de 1984 de **Scientific American** está dedicada por entero a programas para computadoras. Merecen destacarse un artículo sobre lenguajes y otro sobre sistemas operativos.

\* El autor agradece al doctor Victor Pereyra sus comentarios sobre una versión preliminar de este artículo.

\* El presente artículo original del autor fue encomendado al ICESI para su publicación por Melvyn Copen, Vicepresidente de Asuntos Académicos del BABSON COLLEGE.

## LA MODERNIZACION DE LA CHINA Y SUS IMPLICACIONES\*

H. Y. BULLOCK. M.A., J.P.  
COORDINADOR

La Modernización en la China y su impacto  
sobre el resto del mundo

Pocos días después de los cambios radicales para la modernización de la China, anunciados y adoptados durante la tercera reunión plenaria (Octubre 20, 1984) del 12º Comité Central del Partido Comunista Chino, un grupo de 25 parti-