

Un investigador de una Universidad está sentado en su mesa de trabajo y sobre el tema que él está trabajando hay cien artículos relacionados con dicho tema. El no lee los artículos, sino solamente unos resúmenes. Estos resúmenes se los ha proporcionado un ordenador. Para hacer la relación de los artículos, pregunta al ordenador cuáles han sido los más citados desde hace un año. Casi instantáneamente obtiene la respuesta y los artículos.

Esta aplicación de un ordenador no es futurística. El hombre se encuentra en un medio en que el número de datos es demasiado grande para poder él solo, sin ayuda, poder discriminarlos. Ya no se piensa, ni se trabaja a escala de unidades, sino en cientos y miles de unidades, por tanto la información es cada vez más difícil discernirla e interrelacionarla. Ya no se piensa en unidades de viviendas, sino en barrios y hasta ciudades. Los datos que producen estos macrosistemas son demasiado grandes para poderlos evaluar pero, paradójicamente, tienden a ir cada vez más dirigidos hacia soluciones individuales. Macrosoluciones para satisfacer unidades.

Las máquinas ideadas por el hombre se dividen en dos categorías: las que relacionan cambios energéticos y las que relacionan información. Entre las primeras encontramos, por ejemplo: los motores eléctricos (transformación de energía eléctrica en mecánica). Son del segundo tipo una radio. Está diseñada para absorber una frecuencia de alrededor de 100 megaciclos y producir otra sonora de 10 kilociclos. Por supuesto necesitan energía para trabajar, pero cuanto menor sea ésta, mejor su diseño. Una radio a válvulas termoiónicas consume más energía que una de transistores, siendo, por tanto, esta última más eficiente que la primera.

Los ordenadores, computadores, procesadores de datos, etc. como se les quiera denominar son máquinas de este segundo tipo, absorben datos y producen "resultados".

Este tipo de máquinas no es del siglo XX. Pascal, en el año 1642 ideó una máquina que podía realizar operaciones matemáticas. Por razones obvias, ya que funcionaba con engranajes de poca precisión, tenía frecuentes errores. Sin embargo, era una máquina que relacionaba información. Los adelantos de la electrónica han permitido sustituir los engranajes por circuitos de muy alta velocidad, mínimo consumo y muy alta fiabilidad. El primer ordenador que utilizó circuitos electrónicos fue creado entre 1939 y 1946 en la

Universidad de Pennsylvania por Maulchy y Eckert y se denominó ENIAC (Electronic Numerical Integrator y Calculator). Precedentemente entre 1937 y 1944 Aiken, de la Universidad de Harvard, creó el ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator), aunque tenía más partes mecánicas que electrónicas. El ENIAC fue una versión electrónica del ASCC.

Desde entonces se ha refinado la técnica y las válvulas termoiónicas (1ª Generación\*) fueron sustituidas por transistores (2ª Generación) y éstos a su vez circuitos integrados (3ª Generación) y los circuitos integrados por circuitos integrados a gran escala (4ª Generación). Estos avances tecnológicos han permitido hacer ordenadores cada vez más pequeños, más eficientes y, por supuesto, más baratos.

\*El término generación se emplea para identificar el tipo de circuitos electrónicos en los que está fabricado un ordenador y, por tanto, su época.

Un ordenador combina cuatro características únicas: a) velocidad, b) memoria, c) lógica de decisión, d) capacidad de almacenar un programa. Las dos primeras cualidades se refieren al ordenador como máquina. Se utiliza el término hardware para identificar esta parte del sistema. Los dos últimos combinan hardware y la intervención del hombre como elemento operativo del mismo. A esta intervención, programas se le conoce con el nombre del software. Cuando un programa se utiliza con una alta frecuencia para realizar cálculos, por ejemplo las funciones trigonométricas, funciones estadísticas, etc., entonces el programa se realiza en circuitos. A esta combinación hardware-software se la conoce como firmware. Su ventaja principal es la velocidad.

La mayoría de los ordenadores utilizados actualmente son digitales. Esto quiere decir, que funcionan con cantidades de tipo "todo" o "nada". Esta característica ha venido impuesta por la tecnología, ya que un transistor deja o no pasar corriente en un sentido, y ha condicionado toda la arquitectura del ordenador y, por tanto, una programación en código binario.

Cuando es conductor, se le asigna un "uno" y cuando no lo es un "cero". Un número en código decimal (base 10) para procesarlo por un ordenador hay que transformarlo a código binario (base 2), así como cada instrucción que representa una serie de unos y ceros y

que el fabricante asigna un código para realizar dicha instrucción.

Antes de plantearnos la comunicación con el ordenador, analizaremos las dos cualidades anteriormente expuestas. Normalmente se define como velocidad de un ordenador el tiempo que tarda en llevar una instrucción del programa a un lugar asignado (registro) para su ejecución. Actualmente un ordenador puede hacer esta operación en un microsegundo (un millón de instrucciones por segundo). Para dar algunos datos sobre este parámetro, por ejemplo una multiplicación se realiza en 11, suma o resta en 2, división en 20. Se puede imaginar entonces que es capaz, partiendo de las cuatro reglas por reiteración, realizar cálculos muy complicados solamente repitiendo varios millones de veces estas operaciones.

Capacidad de memoria. Otra de las características del hardware es su memoria. Como tal podemos definir un lugar dentro del chasis donde se guarda información. Normalmente ésta se compone de unos imanes diminutos que, según estén orientados en un sentido o en otro, representan un "uno" o un "cero". A cada uno de los imanes se le conoce con el término ferrita.

El código binario vuelve a aparecer y, por tanto, una vez más, tanto los datos como las instrucciones son una serie de unos y ceros. El número de posiciones que pueden tomar los dos estados y que definen una instrucción o la máxima cantidad numérica que puede almacenar un ordenador en cada ciclo se le denomina palabra. A cada una de estas posiciones dentro de la palabra se denomina bit. Por tanto en las características de hardware de un ordenador se especifica el número de bits por palabra (16 es el más usual modernamente, aunque también existen de 8, 12 y 32). La memoria de un ordenador se define entonces por el número de palabras que puede almacenar y que pueden ir de ocho mil a varios cientos de miles de palabras. La memoria es la parte más cara del ordenador. (Un módulo de memoria de ocho mil palabras en algunos ordenadores cuesta el doble que el resto del mismo).

Precisamente por el altísimo coste de la memoria, se han ideado sistemas de almacenamiento de información más baratos. Se basan generalmente en medios magnetizables, cintas o discos, en los que la información se repita de la misma manera que en las cintas magnéticas de registro sonoro, aunque con unas tolerancias mucho más rigurosas. El gran inconveniente de estos módulos de memoria



adicionales, llamados periféricos, es su lentitud (un disco tarda en localizar, por término medio, la información deseada en 45 milisegundos, lo que le hubiese dado tiempo al ordenador a realizar del orden de 4.000 sumas).

Pero un ordenador no solamente puede realizar operaciones matemáticas a una gran velocidad, sino que además puede comparar resultados y dependiendo de la comparación realizar diferentes operaciones. Esta capacidad, fundamentada en álgebra de Boole, fue la que dio origen a la denominación de cerebros electrónicos. En la arquitectura del ordenador esta posibilidad de decisión está realizada mediante los llamados circuitos lógicos. Sin embargo, a pesar de que el ordenador hace la decisión, es el programador el que le ordena cuándo tiene que hacer la decisión y qué alternativas puede tomar, lo que nos lleva de lleno al punto d): El programa o software.

Un programa son las instrucciones, pasos que tiene que realizar un ordenador para llegar al resultado. Imaginemos que queremos resolver una ecuación de segundo grado. Nuestra primera instrucción sería que almacenase los valores de los coeficientes A, B y C. Nuestra segunda instrucción que hiciese la operación  $B^2 - 4AC$ . En este punto, si el resultado fuese negativo que nos comunicase "raíces imaginarias". Vemos que puede tomar una decisión, si  $B^2 - 4AC$  es mayor, igual o menor que cero. El toma la decisión, pero es el programador el que le indica qué es lo que tiene que hacer. Si es mayor o igual a cero que extraiga la raíz cuadrada y que le sume el coeficiente B cambiado de signo y después que decida todo ello por el producto de 2 y A. Cuando haya acabado este cálculo que imprima el resultado. Posteriormente que al coeficiente B, cambiado de signo, reste el valor de la raíz y lo divida por 2A y que imprima este segundo resultado.

A pesar de que a nadie se le ocurriría utilizar un ordenador para calcular las raíces de una ecuación de segundo grado, vemos básicamente la estructuración de un programa: admisión de datos, cálculo, decisión, impresión de resultados. El tiempo que tardaría aproximadamente en hacer este cálculo sería de 60 microsegundos, en entrar los datos a través de un teletipo 1 seg. (diez mil veces más). Es decir que si se le programase para que los coeficientes varíen según una ley podríamos obtener, en prácticamente, el mismo tiempo, los resultados de diez mil ecuaciones de segundo grado.

Debido a la complejidad de dar instrucciones en código binario, se han desarrollado los lenguajes de ordenador que simplifican la programación. Partiendo del lenguaje en código binario, llamado también lenguaje máquina, el primero que existe es el lenguaje ensamblador. Este reemplaza dicho código binario, por instrucciones nemotécnicas, más fáciles de recordar, pero que tiene el inconveniente de que la relación instrucción/ciclo de máquina es 1:1. Cada modelo de ordenador tiene su propio lenguaje ensamblador y que es característico de él. Todos los ciclos de operación del ordenador vienen dirigidos por una instrucción. El programa se hace un poco más fácil, pero muy tedioso, ya que el programador tiene que pensar con lógica de máquina, es decir tiene que descender a nivel máquina.

Para obviar esta dificultad, sobre todo en aplicaciones científicas donde el número de datos es relativamente pequeño y sin embargo las operaciones son complicadas y para que el lenguaje sea independiente de la máquina, se han ideado lenguajes que están más próximos al lenguaje del hombre. FORTRAN (Fórmula Translation), ALGOL (Algorithmic Language), APL (A Programming Language) · BASIC, son algunos intentos de acercar la máquina al lenguaje del hombre. Cuanto más potente es el lenguaje, el "diccionario" (lenguaje-máquina) que hay que proveer al ordenador es mayor, ocupando un volumen de memoria mayor. A este diccionario se le conoce con el nombre de compilador o interprete.

En lenguaje BASIC, una de las raíces de la ecuación se programaría de la siguiente manera:

LET XI = (- B + SQR (B <sup>2</sup> - 4 \* A \* C) / 2 \* A

En lenguaje máquina esto supondría unas doscientas instrucciones.

El paso siguiente es como nos comunicamos con un ordenador. Normalmente se hace a través de una máquina de escribir o teletipo desde la que se introducen los programas y los datos. El ordenador contesta a través de la misma máquina. En caso de fallo del programa, lo más probable es que no se produzca ninguna respuesta. En este momento se puede parar el ordenador y la instrucción en la que se ha parado queda reflejada mediante el código binario del display. Este consiste en 16 indicadores luminosos (longitud de la palabra, cada indicador representa un bit) y que puede traducirse a la instrucción correspondiente. Además del teletipo pueden presentarse los

datos en una impresora de línea, en una pantalla de T.V. etcétera, dependiendo de la aplicación.

Esta velocidad de cálculo nos permite estudiar variaciones de una función dada con respecto a varias variables, que, de otra manera, sería un problema prácticamente inacabable. Por lo mismo, podemos manejar cantidades enormes de datos para deducir su posible relación.

El ordenador en el mundo en que nos movemos, en el que el número de datos y variables interdependientes es tan grande, y en el que las soluciones tienen que ser exactas debidas precisamente a su volumen, es un arma que en manera alguna desbancan al hombre, sino que lo complementa.

El temor de que como máquina desplace al hombre, es infundado, ya que un ordenador por sí mismo no puede tomar ninguna decisión no programada. Hay pocas cosas más lúgubres que ver un ordenador, que, debido a un fallo en el programa, no produce resultados y está dando vueltas en un círculo de instrucciones sin poder salir de él, y a velocidades de un millón de ciclos por segundo, mientras tardamos varios segundos en darnos cuenta que se ha "encasquillado";

Las máquinas son sólo eso, máquinas y hay que darles su justa dimensión. Después de todo un libro es una máquina de aprender, ¿no?

## BIBLIOGRAFIA

Fortran IV Computing & Applications  
Richard L. Nolan.  
Addison-Wesley Publishing Co. 1971.

Computer Architecture  
Caxton C. Fuster  
Van Nostrand, 1970.

A Pocket Guide to Hewlett-Packard Computers.  
Hewlett-Packard Company 1970.

The Electronic Revolution  
S. Handel  
Pelican 1967.

APL User's Guide  
Harry Katzan  
Van Nostrand, 1971.