

Evolución histórica de las computadoras.

En la historia de la humanidad se han construido distintos tipos de instrumentos de ayuda para que el hombre pudiera calcular, hasta llegar a la computadora digital moderna. Aquí mostraremos algunos hitos importantes en esta historia. Se muestra la evolución de las computadoras, así como de los dispositivos para entrada/salida y los medios de comunicación de datos.

La primer persona en construir una máquina de calcular fue el francés Blaise Pascal (1642). Era una máquina mecánica que sólo servía para sumar.

En 1666 Samuel Morbard crea una máquina para sumar y restar. Ya en 1674, el barón Gottfried Wilhelm von Leibniz construye en Alemania una calculadora mecánica que no solo suma y resta, sino que también puede efectuar operaciones de multiplicación y división. Todas estas calculadoras eran mecánicas, en base a movimientos de engranajes, y los datos se ingresaban por medio de husos giratorios.

En el año 1801, Jacquard inventa una tarjeta de cartón a la que hace agujeros que se utiliza para "programar" una máquina de tejer.

Más adelante (1822), Charles Babbage, un profesor de matemática de la Universidad de Cambridge diseña y construye la "máquina de diferencias". Este era un dispositivo mecánico que podía sumar y restar, y se usa para hacer cálculos por medio del método de diferencias finitas usando (en concreto fue usada para generar tablas de navegación). El resultado se registra en un plato de cobre (en forma de disco) en el que se perforan los resultados (de forma similar a la máquina de tejer de Jacquard).

Esta calculadora funcionaba correctamente, pero sólo podía ejecutar un único algoritmo. Babbage dedicó tiempo y esfuerzos económicos en el diseño de una computadora de uso general, llamada la "Máquina Analítica" (1834). Esta máquina, que fue diseñada generalización de la máquina de diferencias, tenía cuatro componentes básicos:

Un "almacenamiento" (memoria) con capacidad para guardar 50.000 dígitos decimales. Esta se usaba para guardar estados intermedios, variables y resultados. Una "unidad de cómputo": puede recibir órdenes para hacer las cuatro operaciones básicas, y puede almacenar resultados en la memoria.

Una unidad de entrada (con tarjetas perforadas). La unidad de entrada almacenaba el conjunto de órdenes que se deseaba ejecutar.

Una unidad de salida: tarjetas perforadas y salida impresa.

Perforando distintos conjuntos de instrucciones en las tarjetas de entrada, era posible que la máquina realizara distintas operaciones.

Como esta computadora debía ser programada, Babbage contrató a Ada Augusta Lovelace (hija de Lord Byron), que se convirtió así en la primer programadora de la historia (1842).

El proyecto de Babbage nunca pudo ser concluido debido a problemas con el hardware, que no pudieron ser solucionados hasta casi un siglo más tarde. Durante este tiempo, hubo diversos avances que permitieron el posterior desarrollo de la computación digital.

En el año 1844, Samuel Morse envía un mensaje en telégrafo desde Washington a Baltimore (EE.UU.). En 1854, George Boole publica "Una investigación sobre las leyes del pensamiento", describiendo un sistema de lógica simbólica y razonamiento (que sería la base del diseño de computadoras digitales).

En el año 1858 se tiende el primer cable telegráfico que cruza el Atlántico. En 1876, Alexander Graham Bell inventa y patenta el Teléfono.

En 1889, Herman Hollerith gana, con su compañía, llamada the Electric Tabulating System, una licitación

para el censo de los EE.UU. de 1890. En el año 1893 se comienza a vender la primera calculadora mecánica de cuatro funciones.

En el año 1895, el italiano Guglielmo Marconi emite la primera señal de radio. En el año 1896, Hollerith establece la compañía Tabulating Machine Company.

En el año 1904, John A. Fleming patenta la válvula de vacío, que permite mejorar las comunicaciones por radio. En el año 1908, el británico Campbell Swinton describe un método de escaneo electrónico que sería utilizado posteriormente en el tubo de rayos catódicos de los televisores.

En el año 1911, la Tabulating Machine Company de Hollerith se une con otras dos compañías, y forman la Calculating, Tabulating and Recording Company (CTR & Co.). En el año 1919, dos físicos de los EE.UU., Eccles y Jordan, inventan el circuito de conmutación electrónica llamado flip-flop, que sería crítico para los sistemas de cómputo electrónico. En el año 1920, a su vez, el checo Karel Cepel utiliza por primera vez la palabra "Robot" (que significa "Trabajo obligatorio") en una obra de teatro.

En 1924, T.J. Watson cambia el nombre de la CRT & Co. por IBM (International Business Machines). En 1928 se usan osciladores de cuarzo para lograr alta precisión en mecanismos de medición de tiempo. Durante esta década retoma vigor el desarrollo de máquinas para realizar cálculos. Hartree construyó un "analizador diferencial", que usaba como principio básico un disco rotando en contacto con otro. A una velocidad de motor constante, la distancia transcurrida sería la integral en el tiempo de la relación de variación.

En 1930, en el MIT (EE.UU.), Vannevar Bush construye otro analizador diferencial. Este era un dispositivo electromecánico que podía usarse para integrar ecuaciones diferenciales. La precisión de esta máquina no era alta (5 en 10.000), y tomaba entre 10 y 20 minutos integrar una ecuación promedio. A pesar de esto, al comparar con la velocidad humana para realizar las mismas tareas, una ecuación promedio puede constar de aproximadamente unas 750 multiplicaciones, lo que hubiera tomado a un hombre unas 7 horas. Los siguientes avances significativos fueron en la década del 30, en Alemania. En 1934, Konrad Zuse, un estudiante de ingeniería, comienza a construir una máquina de calcular electromecánica. Esta es construida en base a relés, con el objetivo de lograr mayor precisión que en las calculadoras existentes hasta ese momento. En 1935, IBM empieza a vender una máquina de escribir eléctrica (la 601) que también servía como calculadora en base a tarjetas perforadas.

En 1936 Konrad Zuse termina de construir (a los 26 años) la computadora Z1 en la sala de la casa de sus padres. Su representación numérica usaba punto flotante binario. Nunca estuvo operativa debido a la precisión limitada de las partes mecánicas, lo que provocó trabajo posterior de Zuse para mejorarla.

Un tiempo más adelante (1937), en los EE.UU., John Atanasoff (de la Iowa State University) y George Stibbitz (de los Bell Labs) comienzan a diseñar (cada uno por su cuenta) calculadoras digitales electromecánicas basadas en relés. La computadora de Atanasoff era muy avanzada para la época: usaba aritmética binaria, y tenía una memoria de capacitores (que precisa refrescos cada determinado tiempo para mantener sus valores, exactamente de la misma forma que lo hacen los chips actuales de memoria dinámica). Esta computadora nunca llegó a estar operativa, al igual que la de Babbage, por problemas de tecnología.

La computadora de Stibbitz era más primitiva, pero llegó a estar operativa.

También en el año 1937, el matemático británico Alan Turing presenta el trabajo "Acerca de números computables", presentando el concepto de su máquina teórica.

En el mismo año Howard Aiken, un profesor de física en Harvard, envía a IBM una propuesta para construir una máquina de cálculo automático. Esta debía ser capaz de hacer las cuatro operaciones aritméticas, y operar en una secuencia predeterminada. El trabajo de Aiken estuvo basado en el de Babbage, y la propuesta trataba de construir el diseño de Babbage usando relés en lugar de engranajes.

La primera computadora construida por Aiken fue la Harvard Mark I (también llamada IBM ASSC) fue terminada recién en 1944. Esta computadora tenía dispositivos para almacenar y operar números que eran cargados durante un cálculo o que eran resultados de operaciones previas. Tenía 60 registros constantes, cada uno consistente de 24 conmutadores que podían inicializarse manualmente a una posición decimal (de cero a 9). Había 23 dígitos significativos, y la posición 24 valía 0 o 9, indicando números positivos o negativos. Había, además, 72 registros de almacenamiento donde se hacían las operaciones aritméticas. La entrada y la salida consistían de cintas de papel perforado, que podían montarse en teletipos para obtener resultados impresos. El tiempo requerido para ejecutar una instrucción era de 6 segundos.

Originalmente la computadora no tenía circuitos de bifurcación (condicional o incondicional), los que fueron agregados más adelante. También se agregaron una unidad de multiplicación/división, más almacenamiento, registros y una unidad de cinta. Los datos estaban completamente separados de las instrucciones. Esta computadora estuvo activa desde 1944 hasta 15 años más tarde, en que fue desmantelada.

Los programadores solían ser matemáticos que trabajaban con una cartilla de operaciones. Al tiempo era común que las partes de los programas que eran necesarias una y otra vez hubieran sido escritas en libros de apuntes, dando origen a las bibliotecas de programas. Años más tarde, estas prácticas se extendieron a conjuntos de programas o rutinas (llamados bibliotecas de subrutinas), pero sus orígenes se remontan a estas épocas.

Simultáneamente, Zuse continuaba trabajando en Alemania. En 1938 comenzó a trabajar en la computadora Z2, que estuvo operativa en 1940. Esta era una máquina puramente de relés. Reemplazó las partes mecánicas no funcionales de la Z1 por relés.

En 1941, terminó la Z3, que era una computadora programable electromecánica. Contenía 2600 relés, y algunos expertos la consideran como la primera computadora programable de la historia.

Primera Generación: Válvulas de vacío (1945–1955).

Para el momento en que Howard Aiken había terminado la Mark II, las computadoras basadas en relés ya eran obsoletas. El principal estímulo para desarrollar computadoras electrónicas estuvo en la segunda guerra mundial. Los submarinos alemanes, que destruían a la flota inglesa, se comunicaban por radio con sus almirantes en Berlín. Los británicos podían captar las señales de radio, pero los mensajes estaban encriptados usando un dispositivo llamado ENIGMA. La inteligencia británica había podido obtener una máquina ENIGMA robada a los alemanes, pero para quebrar los códigos era necesaria una gran cantidad de cálculo, que debía hacerse a alta velocidad.

Para decodificar estos mensajes, el gobierno británico construyó un laboratorio para construir una computadora, llamada COLOSSUS. Alan Turing, T. Flowers y M. Newman construyeron esta computadora (1943), que fue la primera computadora electrónica de la historia. Estaba construida de válvulas de vacío y no tenía dispositivos electromecánicos. A pesar de ello, al ser un secreto militar, su construcción no tuvo ninguna influencia posterior.

En EE.UU., simultáneamente, había interés de la armada para obtener tablas que pudieran usarse para mejorar la precisión en los disparos de artillería pesada (en particular para armas antiaéreas), ya que hacerlos manualmente era tedioso y frecuentemente con errores.

En 1943, John Mauchly y uno de sus alumnos, un joven ingeniero llamado John P. Eckert obtienen un subsidio de la armada para construir una computadora electrónica, que llamaron Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC).

John Mauchly propuso construir una computadora electrónica digital para reemplazar al analizador diferencial, dando dos ventajas principales: la velocidad de la electrónica, y la precisión del principio digital. La computadora consistía de 18000 válvulas de vacío y 1500 relés. Consumía 140 KW/h y pesaba 30 toneladas.

Su hardware electrónico era 10 veces más rápidos que los del analizador diferencial y 100 veces más rápido que un calculista humano: podía hacer 5000 sumas por segundo. La computadora era programada por completo usando una técnica similar a los tableros de enchufes de las antiguas máquinas de calcular (enciendiendo y apagando llaves y enchufando y desenchufando cables). Esta computadora no era binaria, sino decimal: los números se representaban en forma decimal, y la aritmética se hacía en el sistema decimal. Tenía 20 registros que podían usarse como un acumulador, cada uno de los cuales almacenaba números decimales de 10 dígitos.

Luego que la ENIAC estuvo operativa, y se vio que tomaba tiempo considerable en preparar un programa e incorporarlo en el cableado, la máquina se modificó de tal forma que una secuencia de instrucciones pudiera leerse como una secuencia de números de dos dígitos que se ponían en una tabla de funciones. Para mantener la lógica simple, un solo registro quedó de acumulador, y los demás fueron usados como memoria.

Como mencionamos, mientras la ENIAC era construida, en 1944 Mark I se puso operativa. En el mismo año, prácticamente todas las máquinas de Zuse fueron destruidas por el bombardeo de los aliados a Berlín, por ende, su trabajo no tuvo influencia en máquinas posteriores. La computadora Z4, que entró en operación en 1945, sobrevivió al bombardeo y ayudó al desarrollo de postguerra de computadoras científicas en Alemania. Contenía unos 2200 relés y trabajaba con números binarios de punto flotante normalizado con una mantisa de 22 bits. Una multiplicación tomaba entre 2.5 y 3 segundos. El programa se leía de dos lectoras de cinta perforada, y seguía teniendo memoria mecánica (para almacenar hasta 64 números).

En este mismo año, John Von Neumann introduce el concepto de programa almacenado. Una de las cosas que le molestaba de las computadoras era que su programación con llaves y cables era lenta, tediosa e inflexible. Propuso que los programas se almacenaran de forma digital en la memoria de la computadora, junto con los datos. Por otro lado, se dio cuenta que la aritmética decimal usada por la ENIAC (donde cada dígito era representado por 10 válvulas de vacío – una prendida y 9 apagadas –) podía reemplazarse usando aritmética binaria. Este diseño, conocido como Arquitectura de Von Neumann, ha sido la base para casi todas las computadoras digitales.

En 1945, Eckert y Mauchly comienzan a trabajar en un sucesor de la ENIAC, llamada EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). También en este año, Aiken comienza a construir la Mark II. En el mismo año, trabajando con un prototipo de la Mark II, Grace Murray Hopper encuentra el primer "bug": una polilla que provocó una falla en un relé.

En 1946, la ENIAC estaba operativa, funcionando en la Universidad de Pennsylvania. A pesar que no pudo ser usada para su propósito original de cálculos de balística, la finalización de la ENIAC provocó una explosión de interés de desarrollo de computadoras electrónicas. Luego que la guerra terminó, comenzó una nueva era para la computación científica. Los recursos dedicados a la guerra fueron liberados y dedicados a la ciencia básica. En particular, el departamento de Marina y la Comisión de Energía Atómica de los EE.UU. decidieron continuar soportando el desarrollo de computadoras. Las principales aplicaciones eran la predicción numérica del tiempo, la mecánica de fluidos, la aviónica, el estudio de resistencia de los barcos a las olas, el estudio de partículas, la energía nuclear, el cálculos de reactores, el modelado de automóviles, etc.

En 1947, la Mark II estuvo operativa en Harvard. En el mismo año se introduce el tambor magnético, un dispositivo de acceso aleatorio que puede usarse como almacenamiento para computadoras. En este mismo año William Shockley, John Bardeen y Walter Brattain, de los laboratorios Bell, inventaron la resistencia de transferencia (transfer resistor), comúnmente conocida como Transistor. El concepto estuvo basado en el hecho de que el flujo de electricidad a través de un sólido (como el silicio) puede controlarse agregándose impurezas con las configuraciones electrónicas adecuadas. Las válvulas de vacío requieren cables, platos de metal, una cápsula de vidrio y vacío; en cambio, el transistor es un dispositivo de estado sólido.

En 1948, Claude Shannon presenta su "Teoría matemática de las comunicaciones". En el mismo año, entra en operación la Manchester Mark I, la primer computadora de programa almacenado. Fue diseñada por F. C. Williams y T. Kilburn en la Universidad de Manchester, y era un modelo experimental para probar una memoria basada en válvulas de vacío.

En 1949, Jay Forrester construye la computadora Whirlwind en el MIT. Contenía 5000 válvulas, palabras de 16 bits, y estaba específicamente diseñada para controlar dispositivos en tiempo real.

En el mismo año, la EDSAC (Electronic Delayed Storage Automatic Computer) estuvo operativa en Cambridge. Era una computadora de programa almacenado, que fue diseñada por Maurice Wilkes. Esta fue propuesta especialmente para resolver problemas reales, y pudo resolver variedad de cálculos. Su primer programa (una tabla de raíces cuadradas) ejecutó el 6 de Mayo de 1949, y siguió operando hasta 1958. La EDSAC tenía 512 palabras de 17 bits.

El diseño de la EDSAC era bastante útil para el usuario. Un botón de inicio activaba un uniselector que cargaba un programa que estaba cableado a la Memoria, y este programa cargaba programas que estaban escritos en cinta de papel en la memoria, y se comenzaba a ejecutar. En esta época los cálculos se hacían bit por bit.

En 1949, el laboratorio de Los Alamos, se empieza a construir la computadora MANIAC I, que se terminó en Marzo de 1952. Esta computadora tenía un tambor auxiliar de 10.000 palabras de 40 bits en paralelo, y la unidad de entrada/salida tenía una cinta de papel de 5 canales, y un drive de cinta de un solo canal. También tenía una impresora de línea.

Se dice que en este año, John Mauchly desarrolla el lenguaje "Short Order Code", que sería el primer lenguaje de programación de alto nivel.

En 1950 la EDVAC se pone operativa, pero la Remington Rand Corporation (que se transformaría más adelante en la Unisys Corporation) compra la Eckert–Mauchly Computer Corporation.

En 1951, Jay Forrester presenta, dentro del proyecto Whirlwind, una memoria no volátil: la memoria de núcleos, que sería ampliamente difundida.

La primer UNIVAC I (Universal Automatic Computer) es puesta en funcionamiento en la Oficina de Censos. Esta computadora pasó a ser la número uno en el mercado comercial.

En el mismo año, Grace Murray Hopper construye el primer compilador, llamado A-0. También en este año, Maurice Wilkes origina el concepto de microprogramación, una técnica que provee una aproximación ordenada para diseñar la unidad de control de una computadora.

En 1952, Von Neumann, junto con Herman Goldstine, terminan de construir, en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton (IAS – Institute of Advanced Studies) la computadora IAS. Esta computadora también fue construida con el concepto de programa almacenado, y tenía otras características importantes. Por un lado, el diseño general de la máquina era el siguiente:

Existen cinco componentes básicos: la memoria, la Unidad Aritmético/Lógica, la Unidad de Control de Programas, y el equipamiento de Entrada/Salida.

La Unidad Aritmético–Lógica ejecuta las operaciones básicas, y contiene un registro acumulador de 40 bits (que también se usa para entrada/salida). Las operaciones se hacen sobre datos binarios.

La memoria almacena datos e instrucciones, y consistía de 4096 palabras de 40 bits. Cada palabra contenía dos instrucciones de 20 bits, o un entero con 39 bits y signo. Las instrucciones usaban 8 bits para el tipo de instrucciones, y 12 bits para especificar direcciones de memoria.

La Unidad de control interpreta las instrucciones en memoria, y hace que se ejecuten. El equipamiento de entrada/salida era operado por la Unidad de Control.

La computadora opera de la siguiente forma:

1. La Unidad de Control sigue el flujo del programa y hace que se ejecute;
2. La salida de datos se hace a través del registro acumulador;
3. Se usa aritmética binaria
4. La ALU hace las operaciones aritmético/lógicas usando lógica bit-parallel.

En este año también se pone operativa la EDVAC, así como la ILLIAC I (de la Universidad de Illinois) y la ORDVAC (construida por la armada): todas usan la arquitectura de Von Neumann. La ILLIAC (una copia mejorada de la ORDVAC) tenía 1024 palabras de 40 bits. En estas máquinas una suma tardaba unos 72 microsegundos, mientras que las multiplicaciones de punto fijo tenían un promedio de unos 700 microsegundos.

Durante todos estos desarrollos, IBM se había transformado en una pequeña compañía que producía perforadoras de tarjetas y ordenadoras mecánicas de tarjetas. IBM no se interesó en producir computadoras, hasta que en 1952 produjo la IBM 701. Esta computadora tenía 2K de palabras de 36 bits, con dos instrucciones por palabras. Fue la primera de una serie de computadoras científicas que dominaron la industria en la década siguiente.

En 1955 apareció la 704, que tenía 4K de memoria y hardware de punto flotante.

En 1953, la IBM 650 sale a la venta, y fue la primera computadora fabricada en serie.

Segunda Generación: Transistores (1955–1965).

La primera computadora puramente basada en transistores fue la TX-0 (Transistorized eXperimental computer 0), en el MIT. Esta fue un dispositivo usado para probar la TX-2. Uno de los ingenieros trabajando en este laboratorio, Kenneth Olsen, abandonó el laboratorio para formar la compañía DEC (Digital Equipment Company).

En 1956, IBM introduce el primer disco duro. En el mismo año, se diseña la primera computadora comercial UNIVAC puramente basada en transistores.

En 1957 la EDSAC 2 estuvo operativa. Era una computadora con 1024 palabras de 40 bits, con dos órdenes por palabras. Estaba hecha con válvulas, y la memoria usaba núcleos de ferrita. La ALU era bit-sliced. Se incluyeron operaciones de punto flotante para hacer los cálculos más simples, que usaba una fracción de 32 bits y un exponente de 8 bits. La computadora era microprogramada, con una ROM de 768 palabras. La ROM permitía que diversas subrutinas útiles (seno, coseno, logaritmos, exponenciales) estuvieran siempre disponibles. La memoria fija incluía un ensamblador y un conjunto de subrutinas de impresión que permitían hacer entrada/salida.

Los microprogramas permitieron que las órdenes pudieran ser diseñadas cuidadosamente, menos dependientes de accidentes del hardware. La computadora ejecutaba una instrucción simple en unos 20 microsegundos, y una multiplicación precisaba 250 microsegundos. La lectora de papel leía 1000 caracteres por segundo, y la perforadora perforaba 300 caracteres por segundo. La salida se seguía imprimiendo en una teleimpresora. En el mismo año, la computadora ERMETH se construyó en el ETH en Zurich. Tenía palabras de 16 dígitos decimales, cada uno de los cuales contenía dos instrucciones y un número de punto fijo de 14 dígitos o un número de punto flotante con una mantisa de 11 dígitos. Una suma de punto flotante tomaba 4 milisegundos; una multiplicación, 18 milisegundos. Tenía un tambor magnético que podía almacenar 1000 palabras. La máquina tenía unos 1900 válvulas de vacío y unos 7000 diodos de germanio.

También en 1957, John Backus y sus colegas en IBM produjeron el primer compilador FORTRAN (FORmula TRANslator).

En 1958 se funda la compañía Digital, como fue mencionado principalmente. Inicialmente la DEC sólo vendía plaquetas con pequeños circuitos. En el mismo año, se producen los primeros circuitos integrados basados en semiconductores (en las compañías Fairchild y Texas Instruments), y también el proyecto Whirlwind se extiende para producir un sistema de control de tráfico aéreo. En 1959 se forma el Comité en Lenguajes de sistemas de Datos (CODASYL – Commitee On Data Systems Language) para crear el lenguaje COBOL (Common Business Oriented Language), y John Mc. Carthy desarrolla el Lisp (List Processing) para aplicaciones de inteligencia artificial.

En 1960, DEC introduce su primer computadora: la PDP-1. Esta computadora fue diseñada tomando como base la TX-0, y tenía 4K palabras de 18 bits. Costaba 120.000\$, y tenía un tiempo de ciclo del procesador de aproximadamente 5 microsegundos (en comparación con la IBM 7090 que era una máquina de alta performance en la cual un ciclo procesador era de 2.5 microsegundos y su costo era de millones de dólares). Fue la primer máquina con monitor y teclado, marcando el comienzo de las minicomputadoras.

En 1961, Fernando Corbató en el MIT desarrolla una forma que múltiples usuarios puedan compartir el tiempo del procesador. También se patenta el primer robot industrial. En 1962, Steve Russell del M.I.T. crea el Spacewar (el primer video juego). En 1963, el sistema de defensa SAGE es puesto en marcha, gracias al cual se pudieron lograr muchos avances en la industria de la computadora.

En 1964, aparece el primer modelo de la computadora IBM 360. IBM había construido una versión con transistores de la 709, llamada 7090, y posteriormente la 7094. Esta tenía un ciclo de instrucción de 2 microsegundos, y 32K palabras de 36 bits. Estas computadoras dominaron la computación científica en los '60s.

IBM también vendía una computadora orientada a negocios llamada 1401. Esta podía leer cintas magnéticas, leer y perforar tarjetas, e imprimir. No tenía registros ni palabras de longitud fija. Tenía 4K de bytes de 8 bits cada uno. Cada byte contenía un caracter de 6 bits, un bit administrativo, y un bit para indicar un fin de palabra. La instrucción de movimiento de memoria a memoria movía datos de la fuente al destino hasta que encontraba el bit de fin de palabra prendido.

El problema era la incompatibilidad de ambas computadoras: era imposible compartir el software, y de hecho era necesario tener dos centros de cómputos separados con personal especializado. La IBM System/360 fue una computadora diseñada con múltiples propósitos. Era una familia de computadoras con el mismo lenguaje de máquina, pero mayor potencia. El software escrito en cualquiera de los modelos ejecutaba directamente en los otros (el único problema era que, al portar un programa de una versión poderosa a una versión anterior, el programa podía no caber en memoria). Todas las IBM 360 proveían soporte para multiprogramación. También existían emuladores de otras computadoras, para poder ejecutar versiones de ejecutables de otras máquinas sin ser modificados. Tenía un espacio de direcciones de 16 megabytes.

En este año se pone en operaciones la computadora CDC 6600 de la Control Data Corporation, fundada y diseñada por Seymour Cray. Esta computadora ejecutaba a una velocidad de 9 Mflops. (es decir, un orden de magnitud más que la IBM 7094), y es la primer supercomputadora comercial. El secreto de su velocidad es que era una computadora altamente paralela. Tenía varias unidades funcionales haciendo sumas, otras haciendo multiplicaciones, y otra haciendo divisiones, todas ejecutando en paralelo

(podía haber hasta 10 instrucciones ejecutando a la vez). En este mismo año, Douglas Engelbart inventa el mouse, y John Kemeny y Thomas Kurz desarrollan el lenguaje BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic

Instruction Code).

En 1965, la DEC fabrica la PDP-8, que fue la primer minicomputadora con transistores en módulos de circuitos integrados. Esta tenía un único bus (o sea, un conjunto de cables paralelos para conectar los componentes de la computadora, en lugar de las líneas multiplexadas de las computadoras de Von Neumann tradicionales).

Tercera Generación: Circuitos Integrados (1965–1980)

Como fue mencionado, a fines de los años '50, ingenieros en Fairchild Semiconductor Co. y en Texas Instrument desarrollaron el primer transistor plano, y mas adelante el primer circuito integrado plano. La invención del circuito integrado reveló el potencial para extender el costo y los beneficios de operación de los transistores a todos los circuitos producidos en masa. La invención del circuito integrado permitió que docenas de transistores se pusieran en el mismo chip. Este empaquetamiento permitió construir computadoras más pequeñas, rápidas y baratas que sus predecesores con transistores. Las primeras versiones de la IBM 360 eran transistorizadas, pero las versiones posteriores no solo eran más rápidas y poderosas, sino que fueron construidas en base a circuitos integrados.

En 1965, Gordon E. Moore (fundador de Fairchild, y patentador del primer circuito integrado) cuantificó el crecimiento sorprendente de las nuevas tecnologías de semiconductores. Dijo que los fabricantes habían duplicado la densidad de los componentes por circuito integrado a intervalos regulares (un año), y que seguirían haciéndolo mientras el ojo humano pudiera ver.

En 1967, Fairchild introduce un chip que contenía una ALU de 8 bits: el 3800. En 1968, Gordon Moore, Robert Noyce y Andy Grove establecen la compañía Intel, que en un principio se dedica a fabricar chips de memoria. En este mismo año, la computadora CDC 7600 logra la velocidad de 40 Mflops..

En el año 1969, el departamento de defensa de los EE.UU. encarga la red Arpanet con el fin de hacer investigación en redes amplias, y se instalan los primeros cuatro nodos (en la UCLA, UCSB, SRI y Universidad de Utah). También se introduce el estándar RS-232C para facilitar el intercambio entre computadoras y periféricos.

En 1970 aparecen los discos flexibles y las impresoras margarita. También comienza a usarse la tecnología de MOS (Metal-Oxide semiconductor) para circuitos integrados más pequeños y baratos. En 1971, Intel fabrica el microprocesador de 4 bits 4004, la primer computadora en un solo chip. Su objetivo era ser usado para una calculadora. Ya en 1972, Intel fabrica el 8008, primer microprocesador de 8 bits (que es reemplazado por el 8080, debido al límite de memoria de 16k impuesto por los pins en el chip).

En 1973, las técnicas de integración a gran escala (LSI – Large Scale Integration) permiten poner 10.000 componentes en un chip de 1 cm. cuadrado. En el mismo año, John Metcalfe propone el protocolo Ethernet para comunicación en redes locales. En 1975, la primer computadora personal, la Altair 8800, aparece en la revista Popular Electronics, explicando cómo construirla. También en ese año, IBM introduce la primer impresora láser.

En el año 1976, Steve Jobs y Steve Wozniak diseñan y construyen la Apple I, que consiste principalmente de un tablero de circuitos. IBM introduce las impresoras a chorro de tinta en ese mismo año, y Cray Research introduce la Cray 1, una supercomputadora con una arquitectura vectorial. También Intel produce el 8085, un 8080 modificado con algunas características extra de entrada/salida. Poco más tarde, Motorola introduce el procesador 6800, que era una computadora de 8 bits comparable al 8080. Fue utilizada como controlador en

equipos industriales. Fue seguido por el 6809 que tenía algunas facilidades extra, por ejemplo, aritmética de 16 bits.

En 1977, Steve Jobs y Steve Wozniak fundan Apple Computer, y la Apple II es anunciada públicamente. En 1978, Intel produce el 8086, una CPU de 16 bits en un chip. Este procesador es completamente compatible con el 8080, y también lo fue el 8088, que tenía la misma arquitectura y corría los mismos programas, pero con un bus de 8 bits en lugar de uno de 16, haciéndolo más lento y barato. En este año DEC introduce la VAX 11/780, una computadora de 32 bits que se hizo popular para aplicaciones técnicas y científicas. En 1979, Motorola introduce el procesador 68000 que sería más adelante el soporte para las computadoras Macintosh, Atari, Amiga y otras computadoras populares. Este procesador no era compatible con el 6800 o el 6809. Es un híbrido entre arquitecturas de 16 y 32 bits, y puede direccionar 16 Mb de memoria. De aquí en más los procesadores 680x0 siguen siendo muy similares desde el punto de vista del programador, con pocas instrucciones agregadas en cada versión nueva. También en este año aparecen los videodiscos digitales.

En 1980 se produce la primer computadora portable: la Osborne 1. David Patterson, en la UC. Berkeley, introduce el concepto de RISC, y junto con John Hennessy, de Stanford, desarrollan el concepto. En 1981 se lanza la computadora de arquitectura abierta IBM-PC, y un año mas tarde se produce el primer "clon" de esta computadora.

Cuarta Generación: Computadoras personales y VLSI (1980 –).

En la década del '80, fue posible la Integración a Muy Alta Escala (VLSI – Very Large Sacel Integration) poniendo cientos de miles (y posteriormente millones) de transistores en un chip.