

1

Evolución de las computadoras

1.1 Prehistoria

1642: Blaise Pascal

Nació en Clermont-Ferrand, Francia, el 19 de Junio de 1623. Hijo de un recaudador de impuestos y miembro de la alta burguesía, el joven Blaise Pascal no tuvo una instrucción formal y fue educado por su padre. Su juventud transcurrió entre los salones de la nobleza y los círculos científicos de la sociedad francesa de la época. Cuando apenas contaba con 19 años Blaise Pascal empezó a construir una complicada máquina de sumar y restar, la cual fue concluida 3 años más tarde. En 1649 gracias a un decreto real obtuvo el monopolio para la fabricación y producción de su máquina de calcular conocida como la *Pascalina* que realizaba operaciones (sumas y restas) en base decimal de hasta 8 dígitos.

1671: Gottfried Leibniz

Nació el 10 de Julio de 1646 en Leipzig, Alemania. Realizó estudios de Leyes en la universidad de su ciudad natal y en 1675 estableció los fundamentos para el cálculo integral y diferencial. En 1676 publicó su *Nuevo Método para lo Máximo y Mínimo*, una exposición de cálculo diferencial. Fue filósofo, matemático y



Figure 1.1: La Pascalina



Figure 1.2: Máquina de Jacquard y tarjetas perforadas

logístico. En 1670, Leibniz mejora la máquina inventada por Blaise Pascal, al agregarle capacidades de multiplicación, división y raíz cúbica. En 1679 crea y presenta el modo aritmético binario, basado en ceros y unos, lo cual serviría unos siglos más tarde para estandarizar la simbología utilizada para procesar la información en las computadoras modernas.

1750 : Tarjetas perforadas

Se usan las tarjetas perforadas para especificar patrones de tejido que luego son interpretadas manualmente por los tejedores.

1801: Jacquard

Joseph Marie Charles (7 julio de 1752 - 7 agosto de 1834), conocido como Joseph Marie Jacquard, fue un tejedor y comerciante francés que participó en el desarrollo y dio su nombre al primer telar programable con tarjetas perforadas, el telar de Jacquard. Hijo de un obrero textil, trabajó de niño en telares de seda, y posteriormente automatizó esta tarea con el uso de **tarjetas perforadas**. Conforme fue creciendo e ideando distintos modos de resolver uno de los principales problemas que tenían los telares de esa época: empalmar los hilos rotos. Su telar fue presentado en Lyon en 1805. Aunque su invento revolucionó la industria textil, inicialmente sufrió el rechazo de los tejedores, incluso quemaron públicamente uno de sus telares. El método de su telar, se convirtió en el paradigma de la primera máquina computacional, desarrollada por Charles Babbage.

1822: Babbage

Charles Babbage fue un matemático británico y científico de la computación. Diseñó y parcialmente implementó una máquina para calcular tablas de números. También diseñó, pero nunca construyó, la máquina analítica para ejecutar programas de tabulación o computación. Es una de las primeras personas en concebir la idea de lo que hoy llamaríamos una computadora, por lo que se le considera como *El Padre de la Computación*.

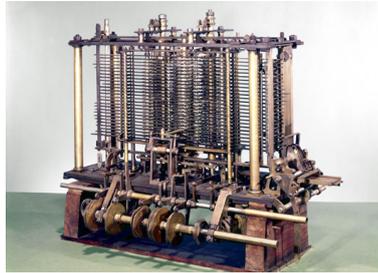


Figure 1.3: Motor de Babbage

En 1812 Babbage intentó encontrar un método por el cual se pudieran hacer cálculos automáticamente por una máquina, eliminando errores debidos a la fatiga o aburrimiento que sufrían las personas encargadas de compilar las tablas matemáticas de la época. Presentó un modelo que llamó máquina diferencial en la Royal Astronomical Society en 1822. Su propósito era tabular polinomios usando un método numérico llamado el método de las diferencias. La sociedad aprobó su idea, y apoyó su petición de una concesión de 1500 £ otorgadas para este fin por el gobierno británico en 1823. Babbage comenzó la construcción de su máquina, pero ésta nunca fue terminada. Dos cosas fueron mal. Una era que la fricción y engranajes internos disponibles no eran lo bastante buenos para que los modelos fueran terminados, siendo también las vibraciones un problema constante. La otra fue que Babbage cambiaba incesantemente el diseño de la máquina. En 1833 se habían gastado 17 000 £ sin resultado satisfactorio. En 1991 el Museo de Ciencias de Londres, construyó una máquina diferencial basándose en los dibujos de Babbage y utilizando sólo técnicas disponibles en aquella época. La máquina funcionó sin problemas

Entre 1833 y 1842, Babbage lo intentó de nuevo; esta vez, intentó construir una máquina que fuese programable para hacer cualquier tipo de cálculo, no sólo los referentes al cálculo de tablas logarítmicas o funciones polinómicas. Ésta fue la máquina analítica. El diseño se basaba en el telar de Joseph Marie Jacquard, el cual usaba tarjetas perforadas para determinar cómo una costura debía ser realizada. Babbage adaptó su diseño para conseguir calcular funciones analíticas. La máquina analítica tenía dispositivos de entrada basados en las tarjetas perforadas de Jacquard, un procesador aritmético, que calculaba números, una unidad de control que determinaba qué tarea debía ser realizada, un mecanismo de salida y una memoria donde los números podían ser almacenados hasta ser procesados. Se considera que la máquina analítica de Babbage fue la primera computadora del mundo. Un diseño inicial plenamente funcional de ella fue terminado en 1835. Sin embargo, debido a problemas similares a los de la máquina diferencial, la máquina analítica nunca fue terminada por Charles. Lady Ada Lovelace, matemática e hija de Lord Byron, se enteró de los esfuerzos de Babbage y se interesó en su máquina. Promovió activamente la máquina analítica, y escribió varios programas. Los diferentes historiadores concuerdan que esas instrucciones hacen de Ada Lovelace la primera programadora de computadoras en el mundo.

1889: Maquina tabuladora de Hollerith

Entre los años 1880 y 1890 se realizaron censos en los estados unidos, los resultados del primer censo se obtuvieron después de 7 años, por lo que se suponía que los resultados del censo de 1890 se obtendrían entre 10 a 12 años, es por eso que Herman Hollerith propuso la utilización de su sistema basado en tarjetas perforadas, y que fue un éxito ya que a los seis meses de haberse efectuado el censo de 1890 se obtuvieron los primeros resultados, los resultados finales del censo fueron luego de 2 años, el sistema que utilizaba Hollerith ordenaba y enumeraba las tarjetas perforadas que contenía los datos de las personas censadas, fue el primer uso automatizado de una maquina. Al ver estos resultados Hollerith funda una compañía de maquinas tabuladoras que posteriormente paso a ser la International Business Machines (IBM).

1.2 Primera generación de computadoras: Tubos de vacío

1944 : MARK 1 (Harvard University)

El IBM Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC), más conocido como Harvard Mark I o Mark I, fue el primer ordenador electromecánico, construido en IBM y enviado a Harvard en 1944. Tenía 760.000 ruedas y 800 kilómetros de cable y se basaba en la máquina analítica de Charles Babbage.

El computador empleaba señales electromagnéticas para mover las partes mecánicas. Esta máquina era lenta (tomaba de 3 a 5 segundos por cálculo) e inflexible (la secuencia de cálculos no se podía cambiar); pero ejecutaba operaciones matemáticas básicas y cálculos complejos de ecuaciones sobre el movimiento parabólico.

Funcionaba con relés, se programaba con interruptores y leía los datos de cintas de papel perforado. La Mark I se programaba recibiendo sus secuencias de instrucciones a través de una cinta de papel, en la cual iban perforadas las instrucciones y números que se transferían de un registro a otro por medio de señales eléctricas.

Cuando la máquina estaba en funcionamiento el ruido que producía era similar al que haría un habitación llena de personas mecanografiando de forma sincronizada. El tiempo mínimo de transferencia de un número de un registro a otro y en realizar cada una de sus operaciones básicas (resta, suma, multiplicación y división) era de 0,3 segundos. Aunque la división y la multiplicación eran más lentas.

La capacidad de modificación de la secuencia de instrucciones con base en los resultados producidos durante el proceso de cálculo era pequeño. La máquina podía escoger de varios algoritmos para la ejecución de cierto cálculo. Sin embargo, para cambiar de una secuencia de instrucciones a otra era costoso, ya que la máquina se tenía que detener y que los operarios cambiaran la cinta de control. Por tanto, se considera que la Mark I no tiene realmente saltos incondicionales. Aunque, posteriormente se le agregó lo que fue llamado Mecanismo Subsidiario de Secuencia (era capaz de definir hasta 10 subrutinas, cada una de las cuales podía tener un máximo de 22 instrucciones), que estaba compuesto de tres tableros de conexiones que se acompañaban de tres lectoras de cinta

1.2. PRIMERA GENERACIÓN DE COMPUTADORAS: TUBOS DE VACÍO

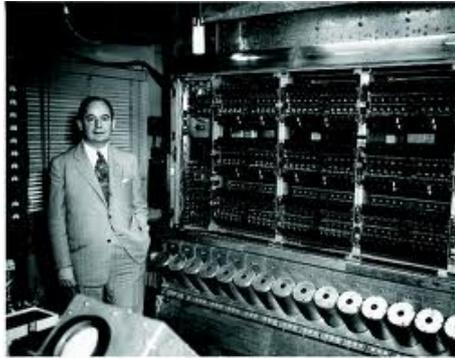


Figure 1.4: John Von Neumann

de papel. Y se pudo afirmar que la Mark I, podía transferir el control entre cualquiera de las lectoras, dependiendo del contenido de los registros.

1946 : ENIAC (University of Pensilvania)

ENIAC es un acrónimo de Electronic Numerical Integrator And Computer (Computador e Integrador Numérico Electrónico), utilizada por el Laboratorio de Investigación Balística del Ejército de los Estados Unidos. Se ha considerado a menudo la primera computadora de propósito general, aunque este título pertenece en realidad a la computadora alemana Z1. Además está relacionada con el Colossus, que se usó para descifrar código alemán durante la Segunda Guerra Mundial y destruido tras su uso para evitar dejar pruebas, siendo recientemente restaurada para un museo británico. Era totalmente digital, es decir, que ejecutaba sus procesos y operaciones mediante instrucciones en lenguaje máquina, a diferencia de otras máquinas computadoras contemporáneas de procesos analógicos. Presentada en público el 15 de febrero de 1946.

La ENIAC fue construida en la Universidad de Pensilvania por John Presper Eckert y John William Mauchly, ocupaba una superficie de $167 m^2$ y operaba con un total de 17.468 válvulas electrónicas o tubos de vacío que a su vez permitían realizar cerca de 5000 sumas y 300 multiplicaciones por segundo. Físicamente, la ENIAC tenía 17.468 tubos de vacío, 7.200 diodos de cristal, 1.500 relés, 70.000 resistencias, 10.000 condensadores y 5 millones de soldaduras. Pesaba 27 Toneladas, medía 2,4 m x 0,9 m x 30 m; utilizaba 1.500 conmutadores electromagnéticos y relés; requería la operación manual de unos 6.000 interruptores, y su programa o software, cuando requería modificaciones, demoraba semanas de instalación manual.

La ENIAC elevaba la temperatura del local a 50 grados. Para efectuar las diferentes operaciones era preciso cambiar, conectar y reconectar los cables como se hacía, en esa época, en las centrales telefónicas, de allí el concepto. Este trabajo podía demorar varios días dependiendo del cálculo a realizar.

1952 : IAS (Princeton)

El IAS machine fue el primer computador digital construido por el Instituto para el Estudio Avanzado (IAS, por sus siglas en inglés de Institute for Advanced Study), en Princeton, NJ, Estados Unidos. El artículo que describe el diseño del IAS machine fue editado por John Von Neumann, un profesor de matemáticas tanto en la Universidad de Princeton como en el Instituto de Estudio Avanzado. El computador fue construido a partir de 1942 hasta 1951 bajo su dirección. El IAS se encontraba en operación limitada en el verano de 1951 y plenamente operativo el 10 de junio de 1952.1

La máquina era un computador binario con palabras de 40 bits, capaz de almacenar 2 instrucciones de 20 bit en cada palabra. La memoria era de 1024 palabras (5.1 Kilobytes). Los números negativos se representaban mediante formato "complemento a dos". Tenía dos registros: el acumulador (AC) y el Multiplicador/Cociente (MQ).

Aunque algunos afirman que el IAS machine fue el primer diseño para mezclar los programas y datos en una sola memoria, que se había puesto en práctica cuatro años antes por el 1948 Manchester Small Scale Experimental Machine (MSSEM).

Von Neumann mostró cómo la combinación de instrucciones y datos en una memoria podría ser utilizada para implementar bucles, por ejemplo: mediante la modificación de las instrucciones de rama en un bucle completo. La demanda resultante de que las instrucciones y los datos se colocaran en la memoria más tarde llegó a ser conocida como el cuello de botella de Von Neumann.

Mientras que el diseño estaba basado en tubos de vacío llamado RCA Selectron para la memoria, problemas con el desarrollo de estos complejos tubos obligó el cambio al uso de los tubos de Williams. Sin embargo, utilizó cerca de 2300 tubos en los circuitos. El tiempo de adición fue de 62 microsegundos y el tiempo de multiplicación fue de 713 microsegundos. Era una máquina asíncrona, es decir, que no había reloj central que regulara el calendario de las instrucciones. Una instrucción empieza a ejecutarse cuando la anterior ha terminado.

1951 UNIVAC I

Las computadoras UNIVAC I fueron construidas por la división UNIVAC de Remington Rand (sucesora de la Eckert-Mauchly Computer Corporation, comprada por Rand en 1951). Su valor estaba entre 1 millón y 1 millón y medio de dólares, que actualizado sería de 6 millones y medio a 9 millones. Era una computadora que pesaba 7.250 kg, estaba compuesta por 5000 tubos de vacío, y podía ejecutar unos 1000 cálculos por segundo. Era una computadora que procesaba los dígitos en serie. Podía hacer sumas de dos números de diez dígitos cada uno, unas 100.000 por segundo. Funcionaba con un reloj interno con una frecuencia de 2,25 MHz, tenía memorias de mercurio. Estas memorias no permitían el acceso inmediato a los datos, pero tenían más fiabilidad que las memorias de tubos de rayos catódicos, que son los que se usaban normalmente.

El primer UNIVAC fue entregado a la Oficina de Censos de los Estados Unidos (United States Census Bureau) el 31 de marzo de 1951 y fue puesto en servicio el 14 de junio de ese año. El quinto, construido para la Comisión de Energía Atómica (United States Atomic Energy Commission) fue usado por la cadena de televisión CBS para predecir la elección presidencial estadounidense

1.3. SEGUNDA GENERACIÓN DE COMPUTADORAS: TRANSISTORES⁹



Figure 1.5: UNIVAC 1

de 1952. Con una muestra de apenas el 1% de la población votante predijo correctamente que Eisenhower ganaría, algo que parecía imposible.

Además de ser la primera computadora comercial estadounidense, el UNIVAC I fue la primera computadora diseñada desde el principio para su uso en administración y negocios (es decir, para la ejecución rápida de grandes cantidades de operaciones aritméticas relativamente simples y transporte de datos, a diferencia de los cálculos numéricos complejos requeridos por las computadoras científicas). UNIVAC competía directamente con las máquinas de tarjeta perforada hechas principalmente por IBM; curiosamente, sin embargo, inicialmente no dispuso de interfaz para la lectura o perforación de tarjetas, lo que obstaculizó su venta a algunas compañías con grandes cantidades de datos en tarjetas debido a los potenciales costos de conversión. Esto finalmente se corrigió, añadiéndole un equipo de procesamiento de tarjetas fuera de línea, los convertidores UNIVAC de tarjeta a cinta y de cinta a tarjeta, para la transferencia de datos entre las tarjetas y las cintas magnéticas que empleaba UNIVAC nativamente.

1.3 Segunda generación de computadoras: Transistores

El primer gran cambio en la computadora electrónica ocurrió con el reemplazo de los tubos de vacío por transistores. El transistor es más económico, pequeño y disipa menos calor. A diferencia del tubo de vacío, que requiere cables, platos metálicos, una cápsula de vidrio, etc, el transistor es un dispositivo de estado sólido que está fabricado con silicón. El uso del transistor define la segunda generación de computadoras, y cada nueva generación se caracteriza por mayor capacidad de procesamiento, mayor capacidad de memoria y menor tamaño que la anterior.

1952 IBM 701

Desde la introducción de la serie 700 en 1952 al lanzamiento del último modelo de la serie 7000 en 1964, esta línea de productos IBM mostró una evolución que es típica de las computadoras: los modelos sucesivos de una línea muestran un desempeño mejorado, mayor capacidad y menor costo.



Figure 1.6: IBM 701

1.4 Tercera generación: Circuitos integrados

Los primeros computadores de la segunda generación contenían aproximadamente 10000 transistores, pero estos números crecieron hasta cientos de miles, haciendo que la fabricación de las computadoras más poderosas sea cada vez más compleja e impracticable.

1964 IBM 360

El IBM S/360 fue el primer computador en usar microprogramación, y creó el concepto de familia de arquitecturas. La familia del 360 consistió en 6 ordenadores que podían hacer uso del mismo software y los mismos periféricos. El sistema también hizo popular la computación remota, con terminales conectados a un servidor, por medio de una línea telefónica. Así mismo, es célebre por contar con el primer procesador en implementar el algoritmo de Tomasulo en su unidad de punto flotante.

El IBM 360 es uno de los primeros computadores comerciales que usó circuitos integrados, y podía realizar tanto análisis numéricos como administración o procesamiento de archivos. Fue el primer computador en ser atacado con un virus en la historia de la informática; y ese primer virus que atacó a esta máquina IBM Serie 360 (y reconocido como tal), fue el *Creaper*, creado en 1972. Inicialmente, IBM anunció una familia de seis ordenadores y de cuarenta periféricos, pero finalmente entregó catorce modelos, incluyendo los modelos on-off para la NASA. El modelo más económico era el S/360/20 con tan solo 4K de memoria principal, ocho registros de 16 bits en vez de los dieciséis registros de 32 bits del 360s original, y un conjunto de instrucciones que era un subconjunto del usado por el resto de la gama.

El modelo 44 (1966) fue una variante cuyo objetivo era el mercado científico de gama media que tenía un sistema de punto flotante pero un conjunto de instrucciones limitado.

Aunque las diferencias entre modelos fueron sustanciales (por ejemplo: presencia o no de microcódigo) la compatibilidad entre ellos fue muy alta. Salvo en los casos específicamente documentados, los modelos fueron arquitectónicamente compatibles, y los programas portables.



Figure 1.7: IBM 360



Figure 1.8: PDP8

1964 PDP-8

La PDP-8 (Programmed Data Processor - 8), fue la primera minicomputadora comercialmente exitosa, con más de 50 000 unidades vendidas, creada por Digital Equipment Corporation (DEC) en abril de 1965. Se la considera minicomputadora dado que podía ubicarse sobre un escritorio y resultaba económica pues podía haber una para cada técnico de laboratorio.

Los lenguajes soportados por PDP-8 fueron el Basic, Focal 71, y Fortran II/IV.

1.5 Cuarta generación: Microelectrónica

La microelectrónica significa literalmente, electrónica pequeña. Desde el comienzo de la electrónica digital y la industria de computadoras, ha habido una tendencia persistente de reducir los tamaños de los circuitos electrónicos.

1974 Intel 8080

El Intel 8080 fue un microprocesador temprano diseñado y fabricado por Intel. La CPU de 8 bits fue lanzado en abril de 1974. Corría a 2 MHz, y generalmente se le considera el primer diseño de CPU microprocesador verdaderamente usable.

Varios fabricantes importantes fueron segundas fuentes para el procesador, entre los cuales estaban AMD, Mitsubishi, NatSemi, NEC, Siemens, y Texas Instruments. También en el bloque oriental se hicieron varios clones sin licencias, en países como la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y la República



Figure 1.9: Procesador 8080 y Apple 1

Democrática de Alemania. El Intel 8080 fue el sucesor del Intel 8008, esto se debía a que era compatible a nivel fuente en el lenguaje ensamblador porque usaban el mismo conjunto de instrucciones desarrollado por Computer Terminal Corporation. Con un empaquetado más grande, DIP de 40 pines, se permitió al 8080 proporcionar un bus de dirección de 16 bits y un bus de datos de 8 bits, permitiendo el fácil acceso a 64 KB de memoria. Tenía siete registros de 8 bits, seis de los cuales se podían combinar en tres registros de 16 bits, un puntero de pila en memoria de 16 bits que reemplazaba la pila interna del 8008, y un contador de programa de 16 bits.

1976 Apple 1

El Apple I fue uno de los primeros computadores personales, y el primero en combinar un microprocesador con una conexión para un teclado y un monitor. Fue diseñado y hecho a mano por Steve Wozniak originalmente para uso personal. Un amigo de Steve Wozniak, Steve Jobs, tuvo la idea de vender el computador. Fue el primer producto de Apple, presentado en abril de 1976 en el Homebrew Computer Club en Palo Alto, California y se fabricaron 200 unidades. A diferencia de otras computadoras para aficionados de esos días, que se vendía en kits, el Apple I era un tablero de circuitos completamente ensamblado que contenía 62 chips. Sin embargo, para hacer una computadora funcional, los usuarios todavía tenían que agregar una carcasa, un transformador para fuente de alimentación, el interruptor de encendido, un teclado ASCII, y una pantalla de video. Más adelante se comercializó una tarjeta opcional que proporcionaba una interfaz para cassetes de almacenamiento.

Las máquinas de la competencia como el Altair 8800 generalmente se programaban con interruptores de palanca montados en el panel frontal y usaban luces señalizadoras para la salida, (comúnmente LEDs rojos), y tenían que ser extendidas con hardware separado para permitir la conexión a un terminal de computadora o a una máquina de teletipo. Esto hizo al Apple I una máquina innovadora en su momento, a pesar de su carencia de gráficos o de capacidades de sonido.

2

El aporte de John Von Neumann

2.1 ENIAC

- primera computadora de propósito general
- construida con válvulas.
- era una máquina decimal, no binaria. cada dígito se representaba encendiendo una de 10 válvulas de un anillo.
- memoria: 20 acumuladores, cada uno conteniendo un número de 10 dígitos decimales.
- Programación: mediante interruptores y cable. Muy compleja y trabajosa

Se necesita facilitar la programación ¿Cómo? Almacenando el programa en la memoria => la máquina debería leer las instrucciones de la memoria.

2.2 IAS: La máquina de Von Neumann

El modelo de Von Neumann define tres aspectos sobre el diseño y funcionamiento de las computadoras:

- a: Programa almacenado: las instrucciones de los programas se almacenan con los datos en la memoria de lectura-escritura. Como las instrucciones que resuelven un problema tienen un valor importante, este contenido debe ser recordado.
- b: Celda direccionable: los contenidos de la memoria se direccionan indicando su posición, sin considerar el tipo de dato contenido en la misma. La memoria es un arreglo de celdas y todas las celdas tienen el mismo ancho (igual cantidad de bits). La celda de memoria es la unidad direccionable más pequeña, porque cada celda tiene un número asociado, su dirección.
- c: Ejecución secuencial: las instrucciones de un programa se ejecutan en forma secuencial.

- Programa almacenado: se necesita proveer una forma de representarlo para cargarlo en memoria.
- La ALU sería capaz de operar con datos binarios. Las operaciones aritméticas elementales
- La UC debería interpretar las instrucciones traídas de memoria y causar su ejecución. Hay una separación entre las instrucciones que resuelven un problema específico y los órganos que ejecutan paso a paso, sin importarle lo que son.
- La Alu y la UC son comparables a las neuronas asociativas del cerebro humano. Además, debería tener neuronas sensoriales y motoras, para ser un humano completo :P
- La unidad de E/S es controlada por la UC
- La memoria debería almacenar datos e instrucciones. Se tienen 1000 celdas de 40b, entonces los números binarios están codificados en SM(40) y las operaciones deben codificarse en binario. Cada palabra almacena 2 instrucciones: