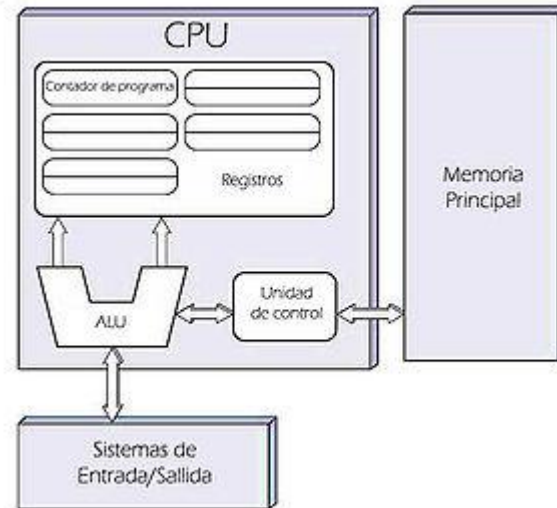


Arquitectura de von Neumann

La **arquitectura de von Neumann** es una familia de arquitecturas de s que utilizan el mismo dispositivo de almacenamiento tanto para las instrucciones como para los datos (a diferencia de la arquitectura Harvard).

La mayoría de las computadoras modernas están basadas en esta arquitectura, aunque pueden incluir otros dispositivos adicionales, (por ejemplo, para gestionar las interrupciones de dispositivos externos como ratón, teclado, etc).



Origen

El nacimiento u origen de la arquitectura Von Neumann surge a raíz de una colaboración en el proyecto ENIAC del matemático de origen húngaro, John Von Neumann. Este trabajaba en 1945 en el Laboratorio Nacional Los Álamos cuando se encontró con uno de los constructores de la ENIAC. Compañero de Albert Einstein, Kurt Gödel y Alan Turing en Princeton, Von Neumann se interesó por el problema de la necesidad de *recablear* la máquina para cada nueva tarea.

En 1949 había encontrado y desarrollado la solución a este problema, consistente en poner la información sobre las operaciones a realizar en la misma memoria utilizada para los datos, escribiéndola de la misma forma, es decir en código binario. Su "EDVAC" fue el modelo de las s de este tipo construidas a continuación. Se habla desde entonces de la *arquitectura de Von Neumann*, aunque también diseñó otras formas de construcción. El primer computador comercial construido en esta forma fue el UNIVAC I, fabricado en 1951 por la Sperry-Rand Corporation y comprado por la Oficina del Censo de Estados Unidos.

Organización

Las computadoras con esta arquitectura constan de cinco partes: La unidad aritmético-lógica o ALU, la unidad de control, la memoria, un dispositivo de entrada/salida y el bus de datos que proporciona un medio de transporte de los datos entre las distintas partes.

Una computadora con esta arquitectura realiza o emula los siguientes pasos secuencialmente:

1. Enciende la computadora y obtiene la siguiente instrucción desde la memoria en la dirección indicada por el contador de programa y la guarda en el registro de instrucción.
2. Aumenta el contador de programa en la longitud de la instrucción para apuntar a la siguiente.
3. Decodifica la instrucción mediante la unidad de control. Ésta se encarga de coordinar el resto de componentes de la computadora para realizar una función determinada.
4. Se ejecuta la instrucción. Ésta puede cambiar el valor del contador del programa, permitiendo así operaciones repetitivas. El contador puede cambiar también cuando se cumpla una cierta condición aritmética, haciendo que la computadora pueda 'tomar decisiones', que pueden alcanzar cualquier grado de complejidad, mediante la aritmética y lógica anteriores.

Origen de término Arquitectura Von Neumann

El término *arquitectura de von Neumann* se acuñó a partir del memorando *First Draft of a Report on the EDVAC* (1945) escrito por el conocido matemático John von Neumann en el que se proponía el concepto de programa almacenado. Dicho documento fue redactado en vistas a la construcción del sucesor de la ENIAC y su contenido fue desarrollado por John Presper Eckert, John William Mauchly, Arthur Burks y otros durante varios meses antes de que von Neumann redactara el borrador del informe. Es por ello que otros tecnólogos como David A. Patterson y John L. Hennessy promueven la sustitución de este término por el de **arquitectura Eckert-Mauchly**.

Desarrollo del concepto de programa almacenado

El matemático Alan Turing, quien había sido alertado de un problema de lógica matemática por las lecciones de Max Newman en la Universidad de Cambridge, escribió un artículo en 1936 titulado "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs problem", que fue publicado en los "Proceedings of the London Mathematical Society". En él describía una máquina hipotética que llamó "máquina universal", y que ahora es conocida como la "Máquina de Turing". La máquina hipotética tenía un almacenamiento infinito (memoria en la terminología actual) que contenía tanto las instrucciones como los datos. El ingeniero alemán Konrad Zuse escribió de forma independiente sobre este concepto en 1936. Von Neumann conoció a Turing cuando ejercía de profesor sustituto en Cambridge en 1935 y también durante el año que Turing pasó en la Universidad de Princeton en 1936-37. Cuando supo del artículo de 1936 de Turing, no está claro.

Independientemente, J. Presper Eckert y John Mauchly, quienes estaban desarrollando el ENIAC en la Escuela Moore de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Pennsylvania, escribieron sobre el concepto de "programa almacenado" en diciembre de 1943. Mientras diseñaba una nueva máquina, EDVAC, Eckert escribió en enero de 1944 que se almacenarían datos y programas en un nuevo dispositivo de memoria direccionable, una línea de retardo de mercurio.

Esta fue la primera vez que se propuso la construcción de un programa almacenado práctico. Por esas fechas, no tenían conocimiento del trabajo de Turing.

Von Neumann estaba involucrado en el Proyecto Manhattan en el Laboratorio Nacional Los Alamos, el cual requería ingentes cantidades de cálculos. Esto le condujo al proyecto ENIAC, en verano de 1944. Allí se incorporó a los debates sobre el diseño de una computadora con programas almacenados, el EDVAC. Como parte del grupo, se ofreció voluntario a escribir una descripción de él. El término “von Neumann architecture” surgió del primer artículo de von Neumann: “First Draft of a Report on the EDVAC”, fechado el 30 de junio de 1945, el cual incluía ideas de Eckert y Mauchly. Estaba inconcluso cuando su compañero Herman Goldstine lo hizo circular con solo el nombre de von Neumann en él, para consternación de Eckert y Mauchly. El artículo fue leído por docenas de compañeros de trabajo de von Neumann en América y Europa, e influenció la siguiente hornada de diseños de s.

Posteriormente, Turing desarrolló un informe técnico detallado, “Proposed Electronic Calculator”, describiendo el Motor de Computación Automático (Automatic Computing Engine, ACE). Presentó éste al Laboratorio Nacional de Física Británico el 19 de febrero de 1946. A pesar de que Turing sabía por su experiencia de guerra en el Parque Bletchley que su propuesta era factible, el secretismo mantenido durante muchas décadas acerca de las computadoras Colossus le impidió manifestarlo. Varias implementaciones exitosas del diseño ACE fueron producidas.

Los trabajos de ambos, von Neumann y Turing, describían computadoras de programas almacenados, pero al ser anterior el artículo de von Neumann, consiguió mayor circulación y repercusión, así que la arquitectura de s que esbozó adquirió el nombre de “arquitectura von Neumann”.

En 1945, el profesor Neumann que estaba trabajando en la escuela Moore de ingeniería de Filadelfia, donde el ENIAC había sido construido, emitió en nombre de un grupo de sus compañeros de trabajo un informe sobre el diseño lógico de las computadoras digitales. El informe contenía una propuesta muy detallada para el diseño de la máquina que desde entonces se conoce como el EDVAC (electronic discrete variable automatic computer). Esta máquina ha sido recientemente completada en América, pero el informe de Von Neumann inspiró la construcción de la EDSAC (electronic delay-storage automatic calculator) en Cambridge.

En 1947, Burks, Goldstine y Von Neumann, publicaron un informe en el que describen el diseño de otro tipo de máquina (una máquina paralela en este momento) que debería ser muy rápida, capaz de hacer 20.000 operaciones por segundo. Señalaron que el problema persistente en la construcción de tal máquina estaba en el desarrollo de una memoria adecuada, todos los contenidos de los cuales fueron instantáneamente accesibles, y al principio se sugirió el uso de un tubo especial -llamado Selectron- que había sido inventado por los laboratorios de Princeton de la RCA. Estos tubos son caros y difíciles para fabricar, así Von Neumann decidió construir una máquina basada en la memoria de Williams. Esa máquina que se completó en junio de 1952 en Princeton se ha conocido como MANIAC I. El diseño de esta máquina que ha sido inspirado de una docena o más de máquinas que están actualmente en construcción en América.

Cálculo automático en el laboratorio nacional de física. Uno de los equipos digitales más modernos que incorpora novedades y mejoras en la técnica de la computación electrónica ha sido demostrado en el laboratorio nacional de física, Teddington, donde ha sido diseñado y construido por un pequeño equipo de matemáticos e ingenieros electrónicos investigadores sobre el personal

del laboratorio, asistido por ingenieros de producción de la compañía eléctrica inglesa. El equipo construido hasta ahora en el laboratorio es solo el modelo piloto de muchas instalaciones muy grandes que se va a conocer como el motor de cálculo automático, pero aunque es relativamente pequeño en volumen y contiene solo 800 válvulas termoiónicas, es una máquina de cálculo muy rápido y versátil. Los conceptos básicos y principios abstractos de la computación por una máquina fueron formuladas por el Dr A. M. Turing, pero el trabajo en dichas máquinas en el Reino Unido se retrasó por la guerra. En 1945, se hizo una revisión al problema en el laboratorio nacional de Física por el profesor J. R. Womersley. Se le adjuntó al Dr. Turing un pequeño equipo de especialistas, y en 1947 la planificación preliminar era lo suficientemente avanzada para justificar el establecimiento del grupo especial ya mencionado. En abril de 1948, estos últimos se convirtieron en la sección de electrónica del laboratorio, bajo el cargo del Sr. F. M. Colebrook.

Descripción del concepto de programa almacenado

Los primeros computadores constaban de programas almacenados. Algunos muy simples siguen utilizando este diseño, por ejemplo, una calculadora es un computador que tiene un programa almacenado. Puede hacer operaciones matemáticas simples, pero no puede ser usada como procesador de textos o videoconsola.

Cambiar el programa que contenían los dispositivos que usaban esta tecnología requería reescribir, reestructurar y/o rediseñar el dispositivo. Los primeros computadores no estaban lo suficiente programados cuando fueron diseñados. La tarea de reprogramar, cuando era posible, era un proceso laborioso, empezando con notas en papel y siguiendo con detallados diseños de ingeniería. Y tras esto llegaba el a veces complicado proceso de reescritura y reestructuramiento físico del computador.

El concepto de programa almacenado cambió por completo, se pensó en un computador que en su diseño contenía un conjunto de instrucciones que podían ser almacenadas en memoria, o sea, un programa que detallaba la computación del mismo.

El diseño de un programa almacenado también daba la posibilidad a los programas de ser modificados ellos mismos durante su ejecución. Uno de los primeros motivos para su creación fue la necesidad de un programa que incrementara o modificara las direcciones de memoria de algunas instrucciones, las cuales tenían que ser hechas manualmente en los primeros diseños.

Esto se volvió menos importante cuando el índice de registros y el direccionamiento indirecto se convirtieron en algo habitual en la arquitectura de computadores. El código automodificable fue en gran parte ganando posiciones.

A gran escala, la habilidad de tratar instrucciones como datos es lo que hacen los ensambladores, compiladores y otras herramientas de programación automáticas. Se pueden "escribir programas para escribir programas".

Existen inconvenientes en el diseño de Von Neumann. Las modificaciones en los programas podía ser algo perjudicial, por accidente o por diseño. En algunos simples diseños de computador con programas almacenados, un mal funcionamiento del programa puede dañar el computador. Otros programas, o el sistema operativo, posiblemente puedan llevar a un daño total en la computadora. La protección de la memoria y otras formas de control de acceso pueden ayudar a proteger en contra de modificaciones accidentales y/o maliciosas de programas.

Cuello de botella de Von Neumann (Von Neumann bottleneck)

El canal de transmisión de los datos entre CPU y memoria genera un cuello de botella para el rendimiento del procesador. En la mayoría de s modernas, la velocidad de comunicación entre la memoria y la CPU es más baja que la velocidad a la que puede trabajar esta última, reduciendo el rendimiento del procesador y limitando seriamente la velocidad de proceso eficaz, sobre todo cuando se necesitan procesar grandes cantidades de datos. La CPU se ve forzada a esperar continuamente a que lleguen los datos necesarios desde o hacia la memoria.

La velocidad de procesamiento y la cantidad de memoria han aumentado mucho más rápidamente que el rendimiento de transferencia entre ellos, lo que ha agravado el problema del cuello de botella.

El término “cuello de botella de von Neumann” fue acuñado por John Backus en su conferencia de la concesión de 1977 ACM Turing. Según Backus:

“Seguramente debe haber una manera menos primitiva de realizar grandes cambios en la memoria, que empujando tantas palabras hacia un lado y otro del cuello de botella de von Neumann. No sólo es un cuello de botella para el tráfico de datos, sino que, más importante, es un cuello de botella intelectual que nos ha mantenido atados al pensamiento de "una palabra a la vez" en vez de fomentarnos el pensar en unidades conceptuales mayores. Entonces la programación es básicamente la planificación del enorme tráfico de palabras que cruzan el cuello de botella de von Neumann, y gran parte de ese tráfico no concierne a los propios datos, sino a dónde encontrar éstos".

El problema de funcionamiento se redujo introduciendo una memoria caché entre la CPU y la memoria principal, y mejorando los algoritmos del predictor de saltos. Está menos claro que el cuello de botella intelectual que Backus ha criticado haya cambiado mucho desde 1977. La solución propuesta de Backus no ha tenido una influencia importante. La programación funcional moderna y la programación orientada a objetos se preocupan mucho menos de “empujar tantas palabras hacia un lado y otro” que los anteriores lenguajes como era Fortran.

Primeras computadoras basadas en arquitecturas von Neumann

La *primera saga* se basaba en un diseño que fue utilizado por muchas universidades y empresas para construir sus equipos. Entre estos, sólo ILLIAC y ORDVAC tenían un conjunto de instrucciones compatible.

- ORDVAC (U-Illinois) en Aberdeen Proving Ground, Maryland (completado en noviembre de 1951)
- IAS machine en Princeton University (Ene 1952)
- MANIAC I en Laboratorio Científico Los Alamos (Mar 1952)
- ILLIAC en la Universidad de Illinois, (Sept 1952)
- AVIDAC en Laboratorios Argonne National (1953)
- ORACLE en Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Jun 1953)
- JOHNNIAC en RAND Corporation (Ene 1954)
- BESK en Estocolmo (1953)
- BESM-1 en Moscú (1952)
- DASK en Dinamarca (1955)
- PERM en Munich (1956?)
- SILLIAC en Sydney (1956)
- WEIZAC en Rehovoth (1955)

Primeras computadoras de programa almacenado

- SSEM
- ENIAC
- BINAC
- Manchester Mark I
- EDSAC
- EDVAC
- CSIRAC
- SEAC
- Pilot ACE
- SWAC
- Whirlwind
- UNIVAC 1101

Referencias

1. ↑ David A. Patterson y John L. Hennessy, Organización y diseño de computadores, Aravaca. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A., 09/1994
2. ↑ Dijkstra, Edsger W.. «E. W. Dijkstra Archive: A review of the 1977 Turing Award Lecture». Consultado el 6 de agosto de 2011.