

Control de lectura artículo “Arquitectura Von Neuman: qué es, cómo funciona y para qué sirve”

La arquitectura Von Neumann es la arquitectura predominante en los procesadores para PC, todos los procesadores que se utilizan en este ámbito, un ejemplo son las arquitecturas más reconocibles, como lo es ARM o x86. Todos se basan en el modelo ideado en 1945 por el matemático y físico John von Neumann, esta consiste en los siguientes elementos para llevar a cabo las tareas de procesamiento:

- **Unidad de Control:** Es la encargada de las etapas de captación y decodificación del ciclo de instrucción.
- **Unidad lógico-aritmética o ALU:** Se encarga de realizar las operaciones matemáticas y de lógica que requieren los programas.
- **Memoria:** Tiene la tarea de almacenar el programa, la cual la conocemos como memoria RAM.
- **Dispositivo de entrada:** Elementos que nos permiten comunicarnos e interactuar con el ordenador.
- **Dispositivo de Salida:** Puntos desde los cuales el ordenador se puede comunicar con nosotros.

Los motivos para que siga vigente este modelo en la fabricación de cualquier dispositivo que emplee una CPU son variados, pero antes de hablar de ellos hay que mencionar la segunda arquitectura que se utiliza en la actualidad, la conocida como Arquitectura Harvard. La diferencia en el funcionamiento entre las 2 arquitecturas es que la arquitectura Harvard consta de 2 unidades de memoria, en uno de ellos se almacenan las instrucciones del programa y en la otra memoria los datos. La arquitectura Harvard se emplea principalmente en microcontroladores.

La principal diferencia entre las 2 muestra una desventaja para la arquitectura Von Neuman, la cual al solo constar de una unidad de memoria para instrucciones y datos genera un cuello de botella (“es el llamado cuello de botella de Von Neumann”), ya que los procesadores han evolucionado más rápido que la RAM, esto genera un problema.

Uno de los principales motivos por el que Von Neuman sigue siendo la arquitectura más usada es por el coste, ya que sus propiedades permiten tener procesadores más baratos y por lo tanto más competitivos, es una tecnología a la cual le quedan muchas más décadas de vida antes de quedar obsoleta.

Comentario

Personalmente me parece sumamente interesante este tema, llevo tiempo interesado en la fabricación de procesadores. Si bien mi carrera no es directamente la más cercana a este tema es innegable que el conocimiento del área es más que útil y necesario, ya que describe el funcionamiento principal de la herramienta más arraigada en mi carrera después de la lógica, la PC.

La evolución de los procesadores a lo largo de los años ha marcado en gran parte lo que el ser humano es capaz de hacer con estos, siendo que los procesadores actuales son infinitamente más potentes que los de hace apenas un par de décadas. Lo que justamente hace más curioso saber que estos se siguen basando en el mismo modelo desde hace casi un siglo.

Conocer las principales arquitecturas de procesadores es también útil en ámbitos que requieran poder computacional en exceso, como podría ser la inteligencia artificial, tecnologías que en los últimos años han tomado gran relevancia sin duda alguna y que tomarán aún más conforme pasen los años.

Referencia

Alonso, R. (2024, 19 diciembre). Arquitectura Von Neuman: qué es, cómo funciona y para qué sirve. HardZone.

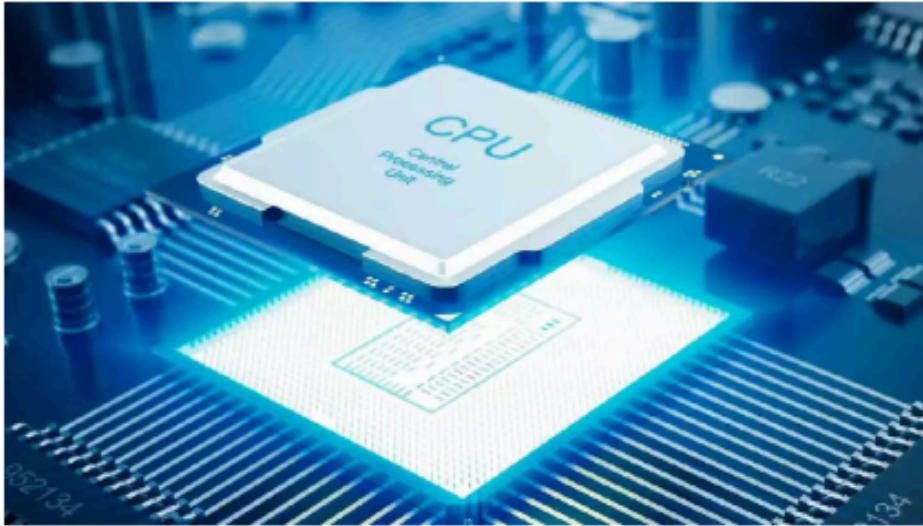
<https://hardzone.es/tutoriales/rendimiento/von-neumann-limitaciones/>

Artículo

Rendimiento

Arquitectura Von Neuman: qué es, cómo funciona y para qué sirve

Rodrigo Alonso | Actualizado el 19 de diciembre, 2024 · 08:53



La **arquitectura Von Neumann** es la arquitectura común de todos los **procesadores** para PC. Todos y cada uno de los procesadores, desde **ARM** a **x86**, desde el mítico 8086 a los AMD Ryzen pasando por los Pentium y los Intel Core, se basan en este diseño que revolucionó el mundo de la informática y ha servido perfectamente hasta hoy. Vamos a explicarte en qué consiste y cuáles son los motivos para que siga vigente tantas décadas después.

Índice

- ¿Qué es la arquitectura Von Neumann?
- Cómo se organiza un ordenador Von Neumann
- Arquitectura Harvard
- Limitaciones de la arquitectura Von Neumann

Esta arquitectura recibe su nombre de John Von Neumann, un matemático de origen húngaro. Su fama viene dada por, en primer lugar, haber trabajado en el Proyecto Manhattan –ya sabéis, el equipo encargado de desarrollar las bombas atómicas que Estados Unidos lanzó contra Japón a finales de la Segunda Guerra Mundial. Además, fue el responsable del desarrollo de la arquitectura base y cómo se ejecutan los programas de todos los procesadores, indistintamente de si son para PC, smartphone o superordenadores. Así que su relevancia e impacto está fuera de toda duda y es un matemático muy estudiado del que todavía nos seguimos acordando, por razones obvias.

Como puedes ver, el impacto de Von Neumann en nuestras vidas es enorme. Todos los desarrollos posteriores relativos a la informática y cualquier dispositivo que use una CPU, se basa en los principios que Von Neumann estableció el siglo pasado así que entender cómo funciona esa arquitectura es, prácticamente, poder ver la matriz de todo lo que nos rodea en esta sociedad de la información que nos ha tocado vivir.

Venga, sin más vamos a meternos en harina y a intentar comprender cómo funciona un procesador para ser capaz de asumir todas las tareas que actualmente realiza una de estas CPU.

¿Qué es la arquitectura Von Neumann?

Es una de las **dos arquitecturas generales** en las que se basan los ordenadores. Podemos encontrarla en la CPU de cualquier dispositivo, ya sea una consola, smartphone, vehículo eléctrico, PC, etc. Se debe esto a que todos ellos utilizan una serie de componentes comunes que se enfocan en trabajar juntos para procesar la información que les llega desde las unidades de almacenamiento y a través de la memoria.

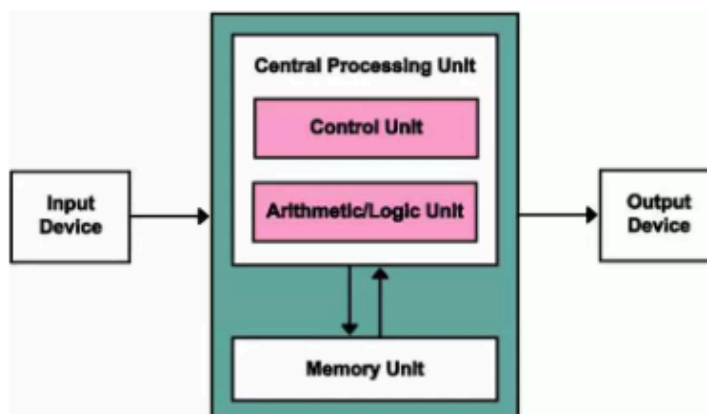
El símil más claro para entenderlo es el de un coche: no todos los coches son iguales, pero todos ellos comparten una serie de elementos con una función e interacción específica, creando un sistema más complejo que es el automóvil. Dicho de otra manera, todos los coches tienen cuatro ruedas, un chasis, asientos, volante, frenos, acelerador, etc., sean de la marca que sean y tengan el precio que tengan. Un 600 y un Ferrari comparten estos mismos denominadores comunes y en lo esencial cumplen con todos los requisitos que se esperan de un objeto de su categoría.

De la misma manera, un ser vivo es un conjunto de células diferenciadas que de forma combinada crean un individuo. Pues bien, en este caso hablamos de una de las dos organizaciones más comunes para montar un sistema informático, la otra es la llamada Harvard, pero en PC, consolas y dispositivos móviles es la arquitectura Von Neumann la que más se utiliza.

Cómo se organiza un ordenador Von Neumann

Indistintamente de si es una consola, un PC o un smartphone, todos estos tienen una estructura igual. Todos estos dispositivos comparten diferentes elementos, que son los que os explicamos a continuación:

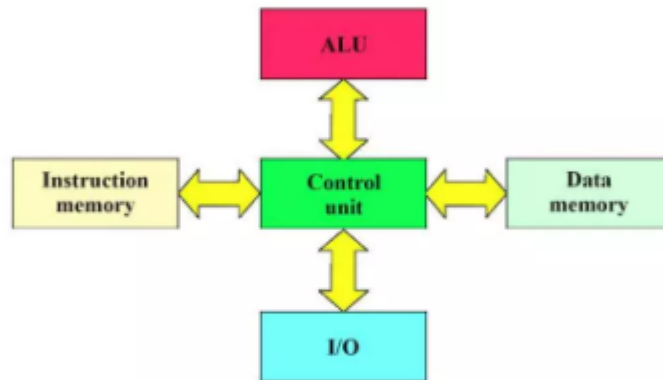
- **Unidad de Control:** Es la encargada de las etapas de captación y descodificación del ciclo de instrucción.
- **Unidad lógico-aritmética o ALU:** Se encarga de realizar las operaciones matemáticas y de lógica que requieren los programas.
- **Memoria:** Tiene la tarea de almacenar el programa, la cual la conocemos como memoria RAM.
- **Dispositivo de entrada:** Elementos que nos permiten comunicarnos e interactuar con el ordenador.
- **Dispositivo de Salida:** Puntos desde los cuales el ordenador se puede comunicar con nosotros.



Como podéis ver se trata de la arquitectura común en todos los procesadores y todos los elementos descritos arriba los encontraréis que cualquier chip con la capacidad de procesar datos e instrucciones en forma de un programa ordenado. Sean estos una CPU, una GPU o cualquier otro procesador, ya sea principal o de apoyo, la arquitectura Von Neumann es un denominador común.

Arquitectura Harvard

Existe otro tipo de arquitectura conocida como arquitectura Harvard en la que la memoria RAM se encuentra dividida en dos pozos distintos. En uno de ellos se almacenan las instrucciones del programa y en la otra memoria los datos, teniendo buses separados tanto para el direccionamiento de la memoria como para las instrucciones.

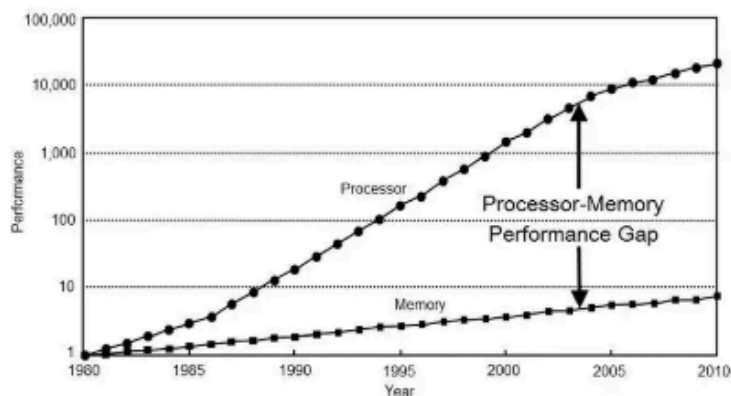


Esta suele ser común entre microcontroladores y no en procesadores para ordenador, sin embargo, tal y como contaremos después, a nivel interno y en el caso de las cachés privadas de niveles más bajos y cercanos a los núcleos, estas usan una estructura Harvard con tal de reducir la latencia al máximo.

Podríamos decir que la arquitectura Harvard tiene una separación en la memoria para poder tener los datos más ordenados, y podríamos pensar que al ser así el rendimiento será mejor, ¿no? Pues no, realmente no. Pensad que simplemente es otra manera de gestionar, ni más ni menos, pero vamos a verlo con mayor detalle en el siguiente apartado, ya que existen limitaciones.

Limitaciones de la arquitectura Von Neumann

La **principal desventaja** de la arquitectura Von Neumann respecto a las Harvard es que **utiliza un pozo de RAM único en el que almacenan instrucciones y datos**. Por lo que comparten un mismo bus de datos y direccionamiento. Por lo que las instrucciones y los datos han de ser captados de manera secuencial desde la memoria al mismo tiempo. Este es el llamado cuello de botella de Von Neumann. Es por ello que los diferentes microprocesadores tienen la caché más cercana al procesador, dividida en dos tipos, una para datos y otra para instrucciones. Así que, como veis, tampoco es una solución perfecta, pero sí la que más se acerca.

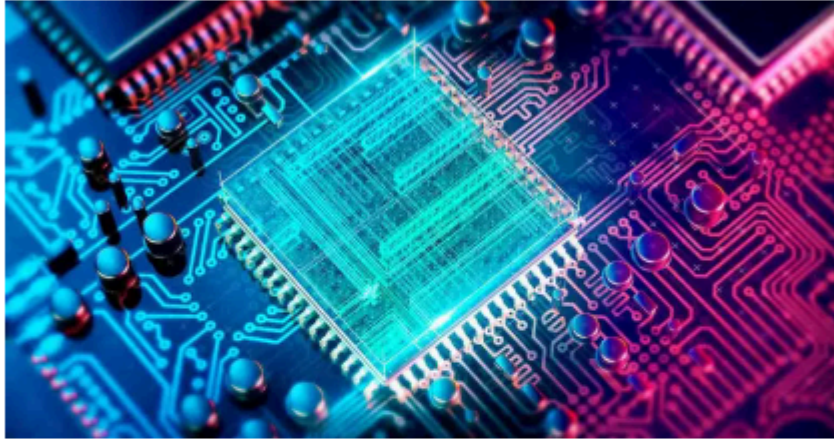


En los años recientes, las velocidades de los procesadores ha ido aumentando de manera mucho más rápida que la memoria RAM, por lo que se ha aumentado el tiempo en que los datos tardan en ser comunicados desde hacia la memoria. Lo que ha obligado a desarrollar soluciones para paliar este problema, producto del cuello de botella de Von Neumann.

En los procesadores donde normalmente se utiliza la arquitectura Harvard es en los que estos se encuentran autocontenidos y, por tanto, no tienen acceso a la memoria RAM en común del sistema, sino que ejecutan su propia memoria y programa de manera aislada a la CPU principal. Estos procesadores reciben la lista de datos e instrucciones en dos canales de datos distintos. Uno para la memoria de instrucciones y el otro para la memoria de datos de dicho procesador.

¿Por qué es la empleada en CPU y GPU?

El motivo principal es el hecho que aumentar la cantidad de buses significa aumentar el perímetro del propio procesador, ya que para comunicarse con la memoria externa es necesario que la interfaz se encuentre en la parte exterior del mismo. Esto lleva a procesadores mucho más grandes y mucho más caros. Por lo que el principal motivo por el cual la arquitectura Von Neumann se ha estandarizado es por los costes.

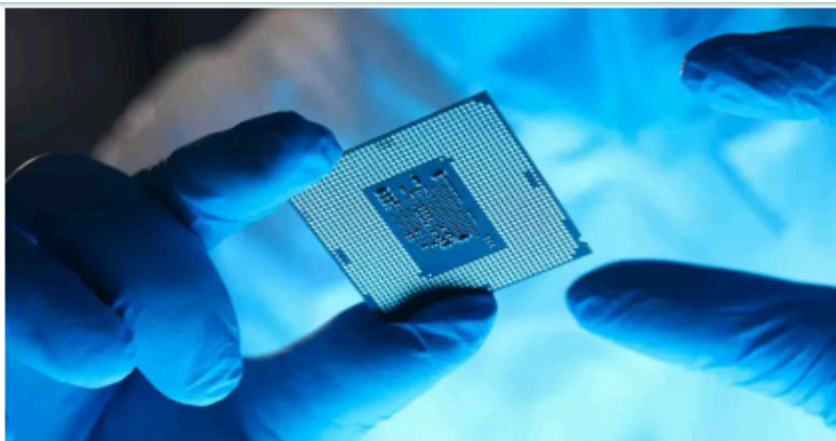


El segundo motivo es que se necesita que los dos pozos de memoria estén sincronizados para que una instrucción no se aplique a un dato erróneo. Lo que lleva a tener que crear sistemas de coordinación entre ambos pozos de memoria. Eso sí, buena parte de los cuellos de botella se eliminarían al separar ambos buses. Pero tampoco reduciría del todo el cuello de botella de Von Neumann.

Esto se debe a que el cuello de botella de Von Neumann, pese a ser una consecuencia del almacenamiento de datos e instrucciones en una misma memoria, también se puede dar en una arquitectura Harvard si esta no es lo suficientemente rápida como para alimentar al procesador. Es por ello que las arquitecturas Harvard se ha reducido en especial a microcontroladores y DSP. Mientras que Von Neumann es común en CPU y GPU.

La caché de primer nivel, el escenario en el que se rompe el modelo

Habréis observado que tanto en CPU como en GPU, la caché de nivel más bajo está siempre dividida en instrucciones y datos, lo cual rompe la definición de arquitectura de lo que es una arquitectura Von Neumann. El motivo de hacer esto es muy simple y es que esto tiene que ver con el objetivo de facilitar la decodificación de las instrucciones, por lo que habitualmente cuando se copia de la caché del segundo nivel más bajo al más alto lo que se hace es separar el dato de la instrucción.



Esto lo podemos ver en todo tipo de procesadores, por lo que es igual que estemos hablando de una CPU o una GPU (al fin y al cabo una GPU sigue siendo un procesador, solo que orientado a gráficos), dado que esto ocurre en cualquier procesador que, por tanto, tenga que ejecutar un programa. Al fin y a cabo, esto sirve para tener una unidad de descodificación de las instrucciones más simple. Ya que recordemos que son los primeros bits de cada una los que interpretados como instrucción.

Además, esto permite la implementación de instrucciones del tipo vectorial o SIMD de manera más sencilla en el procesador. Estas últimas son ampliamente utilizadas para acelerar algoritmos en paralelo. De ahí a que sean las unidades de ejecución que más se encuentran en las GPU.

Todavía le quedan décadas de vida

Ya como resumen y para terminar, entender cómo funciona la arquitectura Von Neumann significa entender cómo funciona casi cualquier sistema informático a excepción de los microcontroladores. Dado que todos se basan en estos principios, es como comparar un motor Ferrari con un McLaren: ambos son de marcas distintas, pero se basan en una serie de principios y normas comunes y con el mundo de los procesadores ocurre lo mismo. Así que recordad todo lo que os contamos en este artículo porque será una información clave para entender mejor cómo funciona vuestro PC. ¿Te imaginabas algo así?

En cualquier caso, tal y como te hemos ido diciendo a lo largo de todo este artículo, la arquitectura Von Neumann es tan importante que incluso aunque tenga ya décadas de vida, es la que se sigue utilizando en todos los PC y dispositivos actuales que dependan de un procesador, y tal y como están las cosas hay muchísimas probabilidades de que se siga utilizando... durante décadas. Y sí, como en prácticamente todos los órdenes de la vida, es la economía y el mayor o menor coste de una solución, la que termina marcando su uso masivo y su éxito. Que no su calidad o blindaje ante problemas que tienen una solución a nivel de ingeniería.