

# Computación Heterogénea Y su Gran Auge en los Últimas Décadas.

Juan Felipe Silva Garces.

Estudiante Pregrado.

Ingeniería de Sistemas.

Universidad Industrial de Santander.

Email: [juanfe0479@gmail.com](mailto:juanfe0479@gmail.com)

Javier Camilo Rueda Serrano.

Estudiante Pregrado.

Ingeniería de Sistemas.

Universidad Industrial de Santander.

Email: [javieruedase@gmail.com](mailto:javieruedase@gmail.com)

Juan Sebastian Rondon Arango.

Estudiante Pregrado.

Ingeniería de Sistemas.

Universidad Industrial de Santander.

Email: [sebastianrondonja@hotmail.com](mailto:sebastianrondonja@hotmail.com)

**Abstract**—Information and communication technologies have taken a large part today until they reach the point of having an exponential growth. In such a way that advances in all technological fields so it is correct to say or mention that heterogeneous computing will remain a key or essential part in the computing or architecture of future systems, because this heterogeneity makes computing every day rise a step further and improve developing problems that occurred with homogeneous systems, to learn more about it and get deepen in this important topic of computer science, this article will emphasize and resolve some doubts about heterogeneous computing trying by this way to argue this topic.

**Resumen**—Las Tecnologías de información y comunicación han tomado gran parte en la actualidad hasta llegar al punto de tener un crecimiento exponencial. De tal manera que avanza en todos los campos tecnológicos por lo que es correcto decir o mencionar que la computación heterogénea seguirá siendo clave o parte esencial en la informática o arquitectura de los sistemas del futuro, ya que dicha heterogeneidad hace que la computación cada día suba un escalón más y mejore desarrollando problemas que ocurría con los sistemas homogéneos, para conocer más al respecto y profundizar este tópico tan importante de la informática este artículo hará énfasis y resolverá algunas dudas con respecto a la computación heterogénea tratando de esta manera argumentar dicho tema.

**Keywords**— *heterogeneidad, Computación, CPU, GPU, ISA, SoC, arquitectura, rendimiento, informática.*

## **Introducción**

Como su nombre indica la computación heterogénea es la integración de diferentes componentes indispensables para diferentes procesos en la formación de un solo elemento que permita desarrollar tareas de forma más rápida y eficiente, esta tecnología no es algo que se ha perfeccionado ahora ni en un momento corto de tiempo, es algo con lo que los seres humanos han venido tratando desde el inicio del tiempo, ¿Cómo acelerar un proceso? Ya sea un proceso mecánico, eléctrico, archivístico, etc. por suerte en el campo de la ingeniería se ha visto un fuerte desarrollo en la interconexión de procesos para la solución de problemas en un lapso de tiempo mucho menor, acá es donde entra, la computación heterogénea y su afinidad con la ingeniería de sistemas y es donde entra todos los términos y conceptos como un equipo multitarea, o una máquina con más de un procesador, la distinción entre CPU y GPU y más aspectos técnicos que la computación heterogénea lleva consigo y que se hablan en este artículo.

Un mejor enfoque que se le puede dar a la computación heterogénea es verla como la rama de la computación que se encarga de juntar los diferentes tipos de hardware y software para crear una computadora capaz de realizar tareas mucho más complejas de forma eficiente. Aplicaciones de este tipo de computación han venido evolucionando desde hace mucho tiempo atrás, y se han venido implementando más y más en el transcurso de la vida cotidiana de las personas, por ejemplo el GPS, detrás de la creación de esto hubo una cantidad inmensa de trabajo y de programas de computación corriendo a más de lo que se debía correr o en el desarrollo de consolas modernas de videojuegos, eso no es algo que se ha logrado de la nada, es tecnología que ha venido evolucionando desde hace ya tiempo

para poder llegar a donde está ahora, pero sin duda en donde existe más auge en este tipo de computación es en la rama científica e industrial, donde se necesitan grandes máquinas corriendo en paralelo diferentes tipos de datos e información sin llegar a tener errores ni colgarse en algún proceso y todos los software que hacen eso en estas industrias deben estar sustentados bajo un buen nivel de hardware que es lo que nos brinda la computación en paralelo.

## I. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad los más recientes avances que tiene la computación heterogénea son relacionados con las tarjetas gráficas, las que nos permiten ejecutar procesos de forma rápida y óptima, sobre todo cuando se trata de procesamiento de imágenes o de video. Tarjetas como Nvidia Geforce GT710/GT730 o AMD RADEON RX 550 2GB GDDR5 nos permiten tener un rendimiento óptimo en los procesos de ejecución de nuestras tareas en la máquina.

Pero no solo relacionado a esto se encuentra ligado la computación heterogénea, entrelazando mayor cantidad de componentes podemos ver los avances que este tipo de computación ha traído consigo, como lo es la realidad virtual de la cual comenzó a escucharse recientemente, como desde el 2010, la realidad aumentada de la cual se comenzó a escuchar paralela a la realidad virtual o la robótica ágil, lo que es un término empleado recientemente para dirigirse a las máquinas que facilitan el trabajo de una persona simulando el comportamiento que la misma persona debería de tener.

Además de los avances mencionados anteriormente se están implementado muchos algunos sistemas heterogéneos actualmente para los dispositivos móviles, estando administrados de la mejor manera en los circuitos integrados SoC (System on Chip), dando como fruto rendimiento y optimización en una componente tan pequeño como lo puede ser un celular, porque en los compacto, práctico y móvil ha sido el gran auge de la actualidad en el mundo de los sistemas informáticos heterogéneos.

## II. MARCO TEÓRICO

Inicialmente debemos saber o conocer ¿qué es la computación heterogénea? o ¿que caracteriza este tipo de computación o dicha arquitectura? por esta razón se citará brevemente algunos conceptos de las perspectivas tanto de hardware como también de software.

La Computación heterogénea hace referencia a sistemas que utilizan más de un diseño diferente de procesador. Estos son sistemas que ganan en rendimiento no exactamente por añadir el mismo tipo de procesadores, sino por añadir procesadores distintos. Normalmente, incorporando capacidades de procesamiento especializadas para realizar tareas específicas o particulares dependiendo su necesidad respecto a su finalidad.

Por lo general, cuando se hace mención de la heterogeneidad en el contexto de la informática referida a diferentes arquitecturas de conjuntos de instrucciones (ISA), donde el procesador principal tiene uno y otros procesadores tienen otra arquitectura (por lo general muy diferente) (quizás más de uno), no solo una microarquitectura diferente (el procesamiento de números en coma flotante es un caso especial) de esto - generalmente no referido como heterogéneo). Por ejemplo, ARM big.LITTLE es una excepción en la que los ISA de núcleos son los mismos y la heterogeneidad se refiere a la velocidad de diferentes microarquitecturas del mismo ISA, y luego lo hace más como un multiprocesador simétrico (SMP).

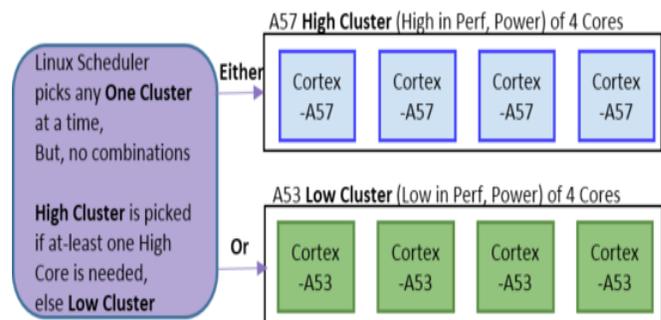


Figura 1.Big.Little computación en clúster[2]

Como se puede observar en la anterior imagen se denota de manera evidente que los núcleos son iguales en la microarquitecturas pero la heterogeneidad hace referencia a los diferentes cluster (High Cluster y Low Cluster) que existen en dichas microarquitecturas, cabe aclarar que los clústeres son las agrupaciones que se pueden visualizar y estos son usualmente empleados para mejorar el rendimiento o la disponibilidad por encima de la que es provista por un solo computador típicamente siendo más económico que computadores individuales de rapidez y disponibilidad comparables.

De un clúster se espera que presente combinaciones de los siguientes servicios:

- Alto rendimiento
- Alta disponibilidad
- Balanceo de carga
- Escalabilidad

Retomando el eje principal de la computación heterogénea hace ya muchos años atrás cuando se hablaba de la informática heterogénea se trataba de una manera diferente a la que hoy en día se aprecia puesto que antes significaba que diferentes ISA debían ser manipulados de formas distintas, mientras que en un ejemplo moderno, los sistemas de Arquitectura de Sistema Heterogéneo (HSA) excluyen la diferencia (para el operador o usuario) mientras usan múltiples tipos de procesadores (típicamente CPU y GPU), usualmente en el mismo circuito integrado, para brindar lo mejor de ambas arquitecturas: procesamiento GPU general (aparte de las capacidades de renderizado de gráficos 3D conocidas de la GPU, también puede realizar cálculos matemáticamente intensivos en conjuntos de datos muy grandes), mientras Las CPU pueden ejecutar el sistema operativo y realizar tareas seriales tradicionales.

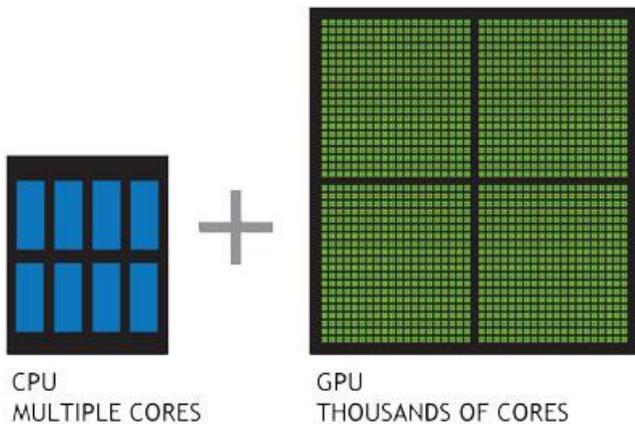


Figura 2. Diferencias entre CPU y GPU. [3]

En la imagen anterior se puede observar cuál es la gran diferencia entre estas dos unidades de procesamiento y como ya se mencionó anteriormente sus funciones, las características de estos componentes son importantes en la computación para un buen rendimiento.

El nivel de heterogeneidad en los sistemas informáticos actuales crece gradualmente a la medida que las escaladas de las tecnologías de fabricación permiten que los componentes anteriormente descritos se transformen en partes integradas de un sistema en un chip o SoC (System on Chip), para saber más del SoC es de justa razón describirlo, el SoC es un circuito integrado que integra todos los componentes de una computadora u otros sistemas electrónicos. Puede contener funciones digitales, analógicas, de señal mixta y, a menudo, de radiofrecuencia, todas en un único sustrato, los SoC son muy comunes en el mercado de la informática móvil debido a su bajo consumo de energía.

Por esta razón en la computación heterogénea cada vez se mueve al mismo grado en el que este tipo de arquitectura

cambie y mejore cada vez más su rendimiento y disminuya costos tanto de energía como espacio. Por ejemplo, muchos procesadores nuevos ahora incluyen una lógica incorporada para interactuar con otros dispositivos (SATA, PCI, Ethernet, USB, RFID, radios, UART y controladores de memoria), así como unidades funcionales programables y aceleradores de hardware. (GPU, criptografía coprocesadores, procesadores de red programables, codificadores / decodificadores A / V, etc.).

Pero como sabemos todo en la humanidad no es perfecto por eso antes de llegar hacia unas metas fijadas por la computación heterogénea existen ciertos retos o desafíos, a razón de que cada día cambian las necesidades humanas y los sistemas informáticos heterogéneos presentan nuevos desafíos que no se encuentran en los sistemas homogéneos típicos. La aparición de varios elementos de procesamiento traza todos los problemas relacionados con los sistemas de procesamiento paralelo homogéneo, en tanto que el grado de heterogeneidad en la arquitectura puede inducir falta de estandarización en el progreso del sistema, las prácticas de programación y la capacidad general del sistema.

### El concepto de heterogeneidad en sistemas paralelos

Los elementos fundamentales que hacen intervención en un sistema paralelo son los procesadores, la arquitectura de red, la memoria, la forma de acceder a la memoria (memoria distribuida y compartida) y el tipo del problema a resolver. Cada uno de los anteriores constituyen una posible fuente de heterogeneidad en el sistema.

- **Los procesadores:** Como es de saber la velocidad de un procesador es cuantificable debido al número de operaciones que puede ser realizadas por segundos, de igual modo el tiempo que demora que le toma al procesador para poder acceder a la memoria. Se produce heterogeneidad debido a dichos procesadores cuando la velocidad de las máquinas disponibles en el sistema es diferente en todas. También puede producirse heterogeneidad cuando procesadores similares ejecutan un mismo programa y ambos a la vez lo compilan a distinta velocidad, debido a otros factores de la ISA.
- **La memoria:** Es posible ordenar la memoria de las máquinas realizando clasificación por niveles o estados, donde el nivel que esté más cercano al procesador es veloz y reducido por razones de costo.

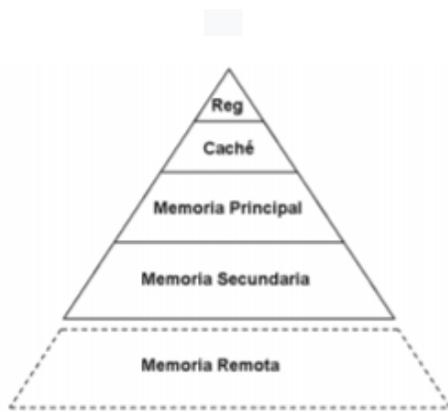


Figura 3. Jerarquía de memoria.

La heterogeneidad en este caso de memoria se debe cuando los procesadores disponen de una jerarquía distintas de memoria o diferentes cantidades de memoria en cada una de las categorías que existen. El tamaño de los problemas está limitado por la cantidad de memoria disponible en dicha máquina. Considerando un sistema heterogéneo, el tamaño de los problemas que pueden resolverse está limitado por la cantidad de memoria combinada que exista en el sistema.

### Retos en Hardware y Software.

Constantemente estamos buscando la mejor experiencia de usuario, con el mayor rendimiento y los precios más bajos posibles. Día a día aparecen diferentes experiencias y aplicaciones nuevas como, por ejemplo, fotografía computacional, realidad aumentada, física realista en animación computarizada o reconocimiento del entorno. Estas experiencias no sólo exigen una capacidad muy elevada, sino que requieren mover nuevos tipos de cargas de trabajo con diferentes requisitos. En el caso de la realidad aumentada, el dispositivo móvil debe analizar continuamente las imágenes procedentes de la cámara, reconocer y rastrear elementos del entorno, localizarlos en un espacio tridimensional y superponer imágenes con la perspectiva corregida, esto exige una gran potencia de procesamiento.

Además, las distintas cargas de trabajo se calculan con algoritmos evolutivos, lo que significa que los procesadores deben tener un cierto nivel de programabilidad. Aunque la programabilidad brinda la flexibilidad para procesar diversos algoritmos, esto implica un mayor gasto de energía. Por tanto, el desafío consiste en proporcionar estas experiencias móviles emergentes y, al mismo tiempo, seguir apostando por dispositivos elegantes y ultraligeros que no se recalienten y con una batería de larga duración. En este caso, la CPU es sólo una parte de la respuesta. Como anteriormente se mencionó, la

enorme flexibilidad y programabilidad de la CPU impacta en su consumo de energía.

Se está optando por algunas alternativas para afrontar el reto de incrementar la capacidad de proceso de los dispositivos móviles, sin comprometer otros aspectos clave como el tamaño, el consumo o el calentamiento. Se trata de utilizar distintos tipos de procesadores, como por ejemplo, unidades CPU, GPU y DSP, para ejecutar una aplicación de manera eficiente. El enfoque presenta dos aspectos fundamentales:

Aprovechar la diversidad de procesadores mediante la ejecución cada carga de trabajo apropiada en el procesador más adecuado: básicamente, esto significa elegir el procesador que uno desea utilizar para una carga de trabajo específica. El hecho de que un sistema en un chip “SoC” tenga muchos procesadores tiene su razón de ser, y Qualcomm hace ya mucho tiempo que viene asignando la tarea apropiada al procesador adecuado.

Lograr que los procesadores sean más accesibles y programables para los desarrolladores de aplicaciones: tal y como explicaba, la CPU no es necesariamente el procesador más eficaz para todas las tareas. Al lograr que otros procesadores sean más accesibles y programables, los desarrolladores pueden descargar la CPU y utilizar otras unidades más eficaces, como por ejemplo GPU y DSP.

Pelican Imaging es un ejemplo perfecto de cómo la utilización de una CPU, una GPU, un DSP y un procesador de vídeo en una aplicación de cámara frente a la utilización de la CPU sola proporciona grandes ventajas. Su cámara genera 16 imágenes de baja resolución y las combina en una imagen de súper resolución, junto con un mapa de profundidad que utiliza computación compleja. Esto permite interesantes experiencias como re-enfoque de la imagen, filtros selectivos o la capacidad única de medir la distancia a cualquier objeto en la foto o el vídeo.

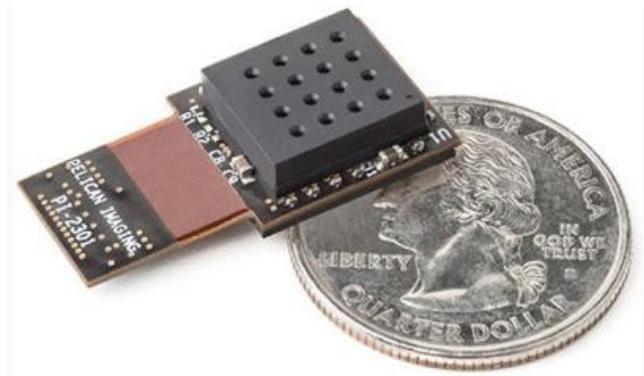


Figura 4. Cámaras de la tecnología de Pelican Imaging.

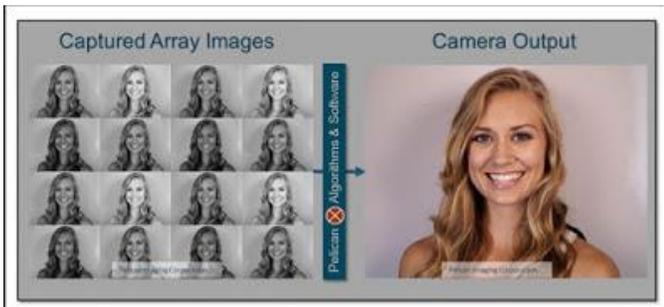


Figura 5. La matriz de 16 imágenes de Pelican Imaging capturadas usando su conjunto de lentes pequeñas y económicas y la salida resultante del procesamiento de la matriz de imágenes.

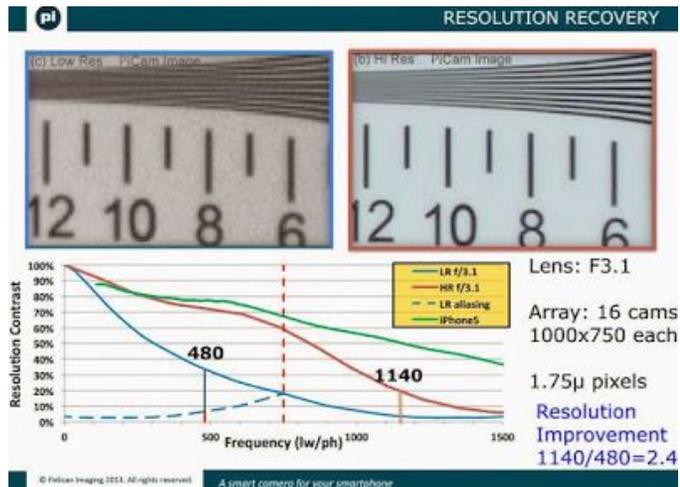


Figura 6. Gráfica de resolución.

Se puede observar perfectamente como este tipo de procesamiento de imágenes es mejorado de una manera notable al momento de compararlo con el proceso de imágenes comunes o usuales, y es donde se analiza que la heterogeneidad es un factor importante para grandes avances tecnológicos y científicos.

Cada tipo procesador tiene sus puntos fuertes y débiles. Mediante la utilización eficaz de diversos procesadores, la computación heterogénea aumenta al máximo el rendimiento de aplicaciones, la eficiencia térmica y la duración de la batería.

Hay otras experiencias interesantes como las de MuseAmi: (desarrolladores de un software que ve y oye como los humanos) o ArcSoft (compañía cuyos algoritmos permiten un procesado de imagen realmente sofisticado, con el que es posible el reconocimiento facial, rangos dinámicos altos e imágenes de gran calidad.

## Diferentes plataformas heterogéneas.

Se pueden encontrar plataformas de computación heterogénea en cada ámbito de la informática desde servidores dedicados y máquinas de alto rendimiento de cálculo hasta dispositivos embebidos de bajo consumo como los móviles y tablets. Aquí algunos ejemplos de este tipo de plataformas, porque no solo se pueden ver en computadores si no también en celulares y otros dispositivos que requieren un alto rendimiento de procesamiento.

- Informática de Rendimiento alto
  - Cray XD1
  - Ordenadores SRC SRC-6 y SRC-7
  
- Sistemas Embebidos (DSP y Plataformas Móviles)
  - Texas Instruments OMAP
  - Dispositivos analógicos Blackfin
  - Nvidia Tegra
  - Samsung Exynos
  - Apple "A"
  
- Computación Reconfigurable
  - Xilinx Plataforma FPGAs (Virtex-II Pro, Virtex 4 FX, Virtex 5 FXT) y Plataformas Zynq
  - Intel "Stellarton" (Átom + Altera FPGA)
  
- Redes
  - Procesadores de red Intel IXP
  - Procesadores de red Netronome NFP
  
- Informática de Propósito general, Juegos, y Dispositivos de entretenimiento
  - Intel Sandy Puente, Ivy Bridge, y CPUs Haswell
  - APUs AMD
  - IBM Cell, en Playstation 38
  - SpursEngine, una variante del procesador IBM Cell
  - Emotion Engine, en Playstation 2

La computación heterogénea abarca muchos campos de la informática y su estructura es un ejemplo claro del avance tecnológico de los últimos décadas, este concepto aplica en ciertos casos para sistemas compuestos por diferentes tipos de PCs y máquinas con múltiples procesadores conectados mediante redes. Debido a las diferencias entre las máquinas que forman el sistema, es probable que las velocidades de cómputo de los procesadores sean distintas y los tiempos de transferencia de datos también pueden ser diferentes en las comunicaciones entre cada par de procesadores.

La naturaleza de esta red es inherentemente dinámica y depende de qué máquinas se utilicen en cada momento para resolver un problema y cuales sean sus características (capacidades de cómputo, memoria, comunicaciones, etc.).

Por eso estos sistemas heterogéneos poseen un mayor rendimiento para ciertas tareas en específicos, por lo cual no hay que desprestigiar a los sistemas homogéneos ya que tienen también sus funciones y cumplen parte fundamental en la computación

### **Evolución de la computación heterogénea.**

Para entender algo sobre la evolución que ha sufrido la computación heterogénea podemos hablar de varios momentos importantes, en 2010 Intel sacó al mercado el primer procesador que contaba con el procesamiento de gráficos integrado. Al igual que pasó con sus primeros intentos de procesadores dual o quad core, este procesador ofrecía núcleos separados que se vendían conjuntamente sin estar correctamente interconectados. Tan solo se trataba de una solución provisional que Intel decidió adoptar. Por tanto se trataba de elementos separados que se vendían integrados en una misma placa, lejos de la solución integrada que perseguían.

En enero de 2011 Intel creó la primera solución integrada. Mientras que AMD sacó el primer procesador con gráficos integrados diferenciándose del chip de Intel porque este sí ofrecía una solución completamente integrada.

AMD empezó a trabajar en esta solución en 2006, cuando la compañía tomó la decisión de fusionar las GPU con las CPU en una única pieza de silicio. A esta pieza la llamaron Accelerated Processing Unit o APU. De esta manera, AMD marcó el inicio de la era de los dispositivos fusionados.

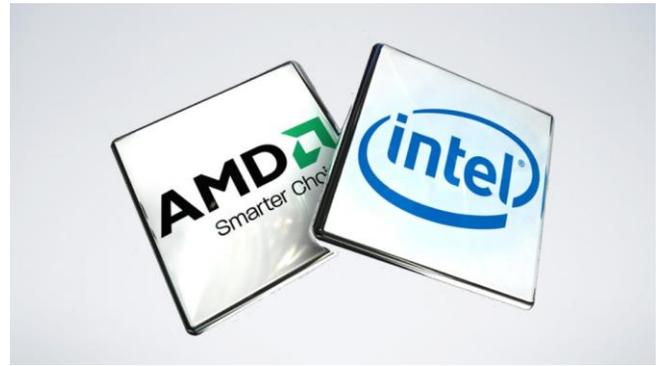


Figura 7. AMD e Intel dos grandes de la industria de los procesadores.

Si nos ponemos a analizar los procesadores actuales, todos tienen algún tipo de solución gráfica integrada. Todos los procesadores de Intel disponen de un sistema de gráficos integrado con algunas excepciones. Por otro lado, todos los procesadores de AMD lanzados en los últimos tres años son APU, a excepción de algunas gamas, los cuales gozan de la misma integración de soluciones gráficas. Todos los dispositivos móviles actuales disponen de la misma tecnología integrada. Por tanto, la industria muestra una tendencia clara a la integración de los sistemas.

Los procesadores gráficos integrados ya no son únicamente responsables de los gráficos en sí mismo, estos pueden acelerar también una cantidad increíble de procesos extra, utilizando OpenCL así como otros lenguajes de computación. QuickSync es un buen ejemplo de cómo las iGPUs pueden ser utilizadas para otras cosas a parte del procesamiento gráfico. AMD ha trabajado también en estableciendo GPUs integradas que permiten la aceleración de gran variedad de tareas como la edición de fotografías o vídeos, análisis de valores y conversión de medios.

Sin embargo, el interés se ha acentuado en los últimos años en la integración de tecnologías de visualización y en integrar estos en sistemas duales CPU+GPU para una mayor aceleración de los procesos.

Durante décadas, los ingenieros se han esforzado para lograr mayor rendimiento de sus diseños. Simplemente, cada año disponían de más transistores para un mismo espacio. Transistores a su vez eran más rápidos y consumen menos energía que sus predecesores. No obstante, en los últimos años esta estrategia se ha ralentizado significativamente, aproximándose cada vez más su límite.

Se ha vuelto más difícil sacar rendimiento de una actualización de CPU, motivo por el que se ha recurrido a añadir más núcleos a los procesadores, durante los últimos años. Sin embargo, implementar más de un núcleo implica sacar el máximo rendimiento de todos los núcleos trabajando al mismo tiempo.

Paradójicamente, entre más núcleos se añaden, mayor es el reto de sacar el rendimiento deseado. A todo esto, se debe añadir que algunas tareas computacionales no pueden procesarse en paralelo a través de diferentes núcleos, observando un claro ejemplo en los juegos actuales.

Por ese motivo, encontramos que hay programas que no pueden sacar el máximo rendimiento de los diferentes núcleos de un procesador. En otras palabras, los programadores también han tenido que cambiar su forma de crear código para que los programas puedan trabajar con varios núcleos en paralelo. La industria en general se ha encontrado con un obstáculo duro de atravesar, para poder sacar rendimiento real de los nuevos procesadores se han disparado las demandas de energía y ha aumentado la complejidad de los métodos de diseño, que luego puede ser soportado o no por el código de programación.

Por tanto, estamos ante una época de transición por lo que a procesadores se refiere, donde se requiere de una verdadera innovación más allá de un desarrollo sistemático de nuevos diseños. Se necesita una nueva tecnología que no solo se base en frecuencia o complejidad para avanzar en la búsqueda de mayor potencia real.

### Métricas de rendimiento en sistemas heterogéneos.

En esta sección se especifican algunas de las métricas empleadas para analizar el rendimiento en sistemas heterogéneos. Algunas de ellas se definen de forma natural por extensión del caso homogéneo; otras, por contra, requieren una formulación específica. En la definición de estas medidas se utiliza la siguiente notación:

M: Es el tamaño del problema, expresado como el número de operaciones necesarias para resolverlo.

Tseq: Es el tiempo de ejecución del algoritmo secuencial en el procesador pi.

Ti: Es el tiempo empleado por la ejecución paralela desde su inicio hasta la finalización del procesador pi.

Considerando las definiciones anteriores, se denomina tiempo de ejecución paralelo, Tpar, al tiempo transcurrido desde el comienzo de la ejecución paralela hasta el momento en que finaliza el último procesador:  $T_{par} = \max_{i=0}^{p-1} T_i$ . [5]

La potencia computacional de un procesador en un sistema heterogéneo puede ser definida como la cantidad de trabajo realizada en el procesador durante una unidad de tiempo. La potencia computacional depende de las características físicas del procesador, pero también de la tarea que se esté ejecutando. Esto significa que este valor puede variar para diferentes aplicaciones y, debido a las limitaciones del tamaño de memoria, caché y otros componentes hardware, la velocidad de cómputo puede cambiar también al modificar el tamaño del problema de la aplicación

### Aplicaciones de la computación de heterogénea.

Como ya ha sido mencionado la computación heterogénea trata de utilizar distintos tipos de procesadores, como, por ejemplo, unidades CPU, GPU y DSP, para ejecutar una aplicación de manera eficiente. El enfoque presenta dos aspectos fundamentales:

Aprovechar la diversidad de procesadores mediante la ejecución de cada carga de trabajo apropiada en el procesador más adecuado: básicamente, esto significa elegir el procesador que uno desea utilizar para una carga de trabajo específica. El hecho de que un sistema en un chip “SoC” tenga muchos procesadores tiene su razón de ser, y Qualcomm hace ya mucho tiempo que viene asignando la tarea apropiada al procesador adecuado.

Lograr que los procesadores sean más accesibles y programables para los desarrolladores de aplicaciones, la CPU no es necesariamente el procesador más eficaz para todas las tareas, al lograr que otros procesadores sean más accesibles y programables, los desarrolladores pueden descargar la CPU y utilizar otras unidades más eficaces, como por ejemplo GPU y DSP.

Una vez aclarado esto podemos encontrar plataformas de computación heterogénea en cada ámbito de la informática desde servidores dedicados y máquinas de alto rendimiento de cálculo hasta dispositivos embebidos de bajo consumo como los móviles y tablets, como por ejemplo el Cray XD1 y Ordenadores SRC SRC-6 y SRC-7 en informática de rendimiento alto, en sistemas embebidos podemos encontrar plataformas como; Nvidia Tegra, Samsung Exynos, Apple A, Etc.. Pero las plataformas en las que con más frecuencia podemos ver la computación heterogénea es en informática de propósito general, juegos o dispositivos de entretenimiento, como en la Playstation, procesadores intel, AMD, etc..

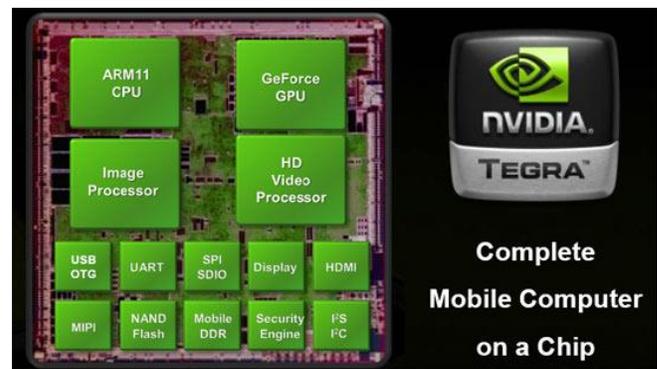


Figura 8. Nvidia Tegra.

### III. CONCLUSIONES

- La computación heterogénea sigue evolucionando y crece a pasos agigantados, el hardware que se encuentra a la merced de esta rama de la ciencia e innovación se pueden aprovechar mucho mejor con la computación en paralelo y en aplicaciones para juegos y ciencia debido a que optimiza los procesos a llevar a cabo y los hace con gran velocidad, se desarrollan técnicas y tecnología para interconectar procesadores y que la computación heterogénea pueda cumplir su cometido.
- Por otra parte, se hizo énfasis a las arquitecturas de dichos sistemas y se pudo concluir que estas arquitecturas no solo dependen directamente de sus procesadores si no también la heterogeneidad depende de otros componentes del sistema tales como la memoria, las redes, el software, entre otros, de tal manera que son factores que influyen en la heterogeneidad de dicha máquina.
- Además, se pudo concluir que una de las desventajas que aparecen en los sistemas heterogéneos se debe al comportamiento de los tiempos de ejecución de las aplicaciones.
- Para conocer un sistema se deduce por sus características cuantificables o métricas que pueden ser utilizadas en un sistema es su nivel de heterogeneidad. Este parámetro ofrece un valor de la similitud o diversidad de las máquinas del sistema.

### REFERENCIAS

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Heterogeneous\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Heterogeneous_computing)
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/ARM\\_big.LITTLE](https://en.wikipedia.org/wiki/ARM_big.LITTLE)
- [3] <http://la.nvidia.com/object/what-is-gpu-computing-la.html>
- [4] <https://es.slideshare.net/unlopez/computacin-heterognea-aplicaciones-y-modelado-de-rendimiento>
- [5] <ftp://tesis.bbt.ull.es/ccppytec/cp223.pdf>
- [6] <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=3038873>
- [7] [https://blogthinkbig.com/computacion-heterogenea-i?utm\\_source=self&utm\\_medium=nav&utm\\_campaign=single+previous](https://blogthinkbig.com/computacion-heterogenea-i?utm_source=self&utm_medium=nav&utm_campaign=single+previous)