

ARQUITECTURAS DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA

Arquitectura de computadoras



Profesores: Cristian Pacheco y Paula
Kolln
Alumna: Sofia Ailin Pacheco



Índice:

Introducción:	2
Arquitecturas de bajo consumo de energía:	2
Diseño de Circuitos de Baja Potencia:	2
Optimización del Rendimiento por Vatio en Computadoras Paralelas:	5
Memoria:	6
Importancia del Rendimiento por Vatio:	7
Comparación entre 2 computadoras:	7
Análisis Comparativo: AMD Radeon RX 6950 XT vs. NVIDIA GeForce RTX 3080.	9
Diferencias Destacadas:	9
Relación entre el Rendimiento por Vatio y la Selección de CPU en Sistemas Paralelos:	9
Advanced Power Management (APM) y Advanced Configuration and Power Interface (ACPI):	10
Advanced Power Management (APM):	10
Capas de Control en APM:	11
Eventos de administración de energía:	11
Advanced Configuration and Power Interface (ACPI):	13
Arquitectura:	13
ACPI Component Architecture (ACPICA):	14
Estados de energía:	14
Diferencias Clave entre APM y ACPI:	15
Impacto de la Reducción de Consumo en la Generación de Calor y Requisitos de Refrigeración:	16
Relación entre Consumo y Generación de Calor:	16
Refrigeración:	17
Núcleos de Alto Rendimiento y de Bajo Consumo Energético:	18
Conclusión:	18
referencias:	19



Introducción:

“Mundialmente 3.000 millones de computadoras personales usan más de 1 por ciento de toda la energía usada anualmente, y 30 millones de servidores utilizan un adicional de 1,5 por ciento de toda la electricidad consumida, con un costo anual que va desde US\$14.000 millones hasta US\$18.000 millones.” Por Bernardo Miretzky (Technology manager de AMD Spanish South America).

Se espera un incremento en estas estadísticas debido al crecimiento exponencial en la utilización de Internet, el aumento en el uso de dispositivos móviles y el creciente interés en contenidos audiovisuales. Este escenario ha impulsado a los fabricantes a idear nuevos productos que no solo reduzcan el consumo energético, sino que también mantengan la eficiencia en el rendimiento de estos sistemas. Para alcanzar este ambicioso objetivo, se implementan diversas técnicas y estrategias dentro de la arquitectura de computadoras, las cuales serán exploradas en detalle a continuación.

Arquitecturas de bajo consumo de energía

Diseño de Circuitos de Baja Potencia:

La ingeniería de circuitos de baja potencia es esencial en el desarrollo de dispositivos electrónicos eficientes, especialmente en el ámbito de las unidades centrales de procesamiento (CPU). Esta disciplina busca implementar estrategias avanzadas para optimizar el consumo de energía, contribuyendo así a la eficiencia global de sistemas informáticos.

El diseño de circuitos abarca diversas metodologías, ya sean analógicas o digitales. En el contexto de las CPUs de baja potencia, se emplean técnicas específicas que destacan por su impacto en la eficiencia energética. A continuación, se presentan algunas de las estrategias clave utilizadas en este campo.

Técnicas de Reducción de Voltaje:

Tecnología de Baja Tensión (LVT): Implementa componentes que operan a voltajes más bajos, reduciendo así el consumo energético de la CPU.

Reducción Dinámica de Voltaje (DVS): Ajusta dinámicamente el voltaje según la carga de trabajo, permitiendo a la CPU ahorrar energía durante períodos de menor actividad. Hay varios métodos y técnicas para medir la carga de trabajo:

Monitoreo de Carga de Trabajo: Los algoritmos de DVS supervisan constantemente la carga de trabajo de la CPU. Esto implica evaluar la cantidad de tareas y procesos en ejecución, así como la intensidad computacional.



Sensores de Temperatura y Energía: Los sensores integrados en la CPU pueden medir la temperatura y el consumo de energía. Estos datos se utilizan para inferir la carga de trabajo, ya que una mayor actividad a menudo se traduce en un aumento de la temperatura y el consumo de energía.

Historial de Actividad: Algunos sistemas de DVS mantienen un historial de la actividad pasada para predecir patrones futuros. Si la carga de trabajo ha sido baja durante un período prolongado, el voltaje puede reducirse en previsión de una menor actividad.

Algoritmos de Predicción: Utilizando algoritmos predictivos, el DVS puede anticipar cambios en la carga de trabajo y ajustar el voltaje antes de que ocurran para garantizar una transición suave y eficiente.

Para reducir el voltaje, el DVS utiliza controladores de energía que ajustan la frecuencia de operación y el voltaje de la CPU. Al disminuir el voltaje, se reduce el consumo de energía sin comprometer significativamente el rendimiento, especialmente durante períodos de menor demanda de recursos computacionales.

Gestión de la Frecuencia de Reloj:

Frequency Scaling (DFS): Ajusta dinámicamente la frecuencia de reloj de la CPU según la carga de trabajo, optimizando así el rendimiento y la eficiencia energética. El proceso de alterar la frecuencia del reloj implica cambiar la velocidad a la que la CPU ejecuta sus operaciones. Esto se logra a través de dos técnicas principales:

Overclocking (Aceleración): Incrementa manualmente la frecuencia del reloj de la CPU más allá de las especificaciones de fábrica. Esto se realiza para mejorar el rendimiento, pero generalmente aumenta el consumo de energía y la generación de calor.

Underclocking (Desaceleración): Reduce manualmente la frecuencia del reloj de la CPU por debajo de las especificaciones de fábrica. Esto se hace para disminuir el consumo de energía y la generación de calor, a menudo en situaciones de menor carga de trabajo.

El ajuste es automático y se basa en la carga de trabajo actual de la CPU. Si la carga de trabajo es alta, la frecuencia del reloj se aumenta para proporcionar un rendimiento óptimo. Si la carga de trabajo es baja, la frecuencia del reloj se reduce para ahorrar energía y reducir la generación de calor. Este proceso de ajuste dinámico permite que la CPU optimice su rendimiento según las demandas actuales, contribuyendo así a una eficiencia energética mejorada en sistemas informáticos.

Clock Gating: Desactiva secciones específicas de la CPU que no están en uso, reduciendo el consumo de energía al mínimo necesario.

Optimización de Transistores:



Arquitectura de bajo consumo de energía

Transistores de Baja Potencia: Utiliza transistores diseñados específicamente para operar con menor consumo de energía, contribuyendo a la eficiencia general de la CPU.

Apagado de Transistores en Reposo: Desactiva transistores cuando no están en uso, minimizando así la pérdida de energía estática en la CPU.

Diseño de Circuitos Analógicos Eficientes:

Técnicas de Amplificación de Baja Potencia: Incorpora amplificadores de bajo consumo de energía en circuitos analógicos presentes en la CPU.

Gestión Eficiente de Señales Analógicas y Digitales: Minimiza la interferencia entre las señales analógicas y digitales, reduciendo la potencia disipada.

Uso Eficiente de la Memoria:

Memoria de Baja Potencia: Integra tipos de memoria que consumen menos energía en la estructura de la CPU. Algunos de los tipos de memoria comúnmente utilizados son:

LPDDR (Low Power Double Data Rate): Especialmente diseñada para dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas, la LPDDR es una versión de baja potencia de la memoria DDR (Double Data Rate). Ofrece un rendimiento eficiente en términos de consumo de energía y es adecuada para dispositivos que requieren un equilibrio entre rendimiento y eficiencia energética.

DDR4L (Low Power DDR4): Es una variante de baja potencia de la memoria DDR4, diseñada para reducir el consumo de energía sin comprometer significativamente el rendimiento. Se utiliza en sistemas que buscan una eficiencia energética mejorada en comparación con las versiones estándar de DDR4.

MRAM (Magnetoresistive Random-Access Memory): Esta tecnología de memoria no volátil utiliza propiedades magnéticas para almacenar datos. MRAM consume menos energía que algunas formas de memoria tradicional, ya que no requiere la misma cantidad de energía constante para retener la información.

Técnicas de Gestión de Memoria: Minimiza el acceso a la memoria cuando no es esencial, reduciendo así el consumo energético de la CPU.

Diseño de Circuitos Asincrónicos:

Circuitos sin Reloj: Emplea arquitecturas que no dependan de un reloj global, disminuyendo la potencia asociada con la conmutación sincronizada en la CPU.

Es una rama de la electrónica digital que se aleja del uso de un reloj global para sincronizar las operaciones de los componentes. En lugar de depender de un pulso de reloj para coordinar las acciones, los circuitos asincrónicos utilizan señales de control y eventos locales para gestionar la secuencia de operaciones. Sin embargo, su implementación requiere consideraciones cuidadosas debido a la complejidad asociada con la falta de sincronización centralizada.



Optimización de la Lógica Combinacional y Secuencial:

Reducción de la Actividad de la Lógica: Minimiza las transiciones de estado en la lógica de la CPU para disminuir la potencia dinámica.

Síntesis Lógica para Baja Potencia: Utiliza herramientas de diseño que optimizan automáticamente para la baja potencia, mejorando la eficiencia de la CPU.

Gestión Eficiente de la Energía en Modo de Reposo:

Modo de Reposo (*Sleep Mode*): Pone partes específicas de la CPU en un estado de bajo consumo cuando no se requiere actividad, ahorrando energía.

Diseño de Sistemas con Consumo de Energía Consciente:

Algoritmos de Bajo Consumo: Desarrolla algoritmos que minimizan la actividad del sistema cuando no es necesario un rendimiento máximo, contribuyendo así a la eficiencia energética de la CPU.

Utilización de Tecnologías de Fabricación Avanzadas:

Tecnologías de Proceso de Baja Potencia: Emplea procesos de fabricación diseñados específicamente para reducir la potencia disipada en los componentes de la CPU.

Dentro del diseño de circuitos de baja potencia, el rendimiento por vatio emerge como un indicador esencial para evaluar la eficiencia energética de los sistemas informáticos. Este parámetro mide la cantidad de rendimiento computacional obtenido por cada unidad de energía consumida, siendo crucial para maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental. Estrategias avanzadas de gestión de energía, como las especificaciones Advanced Power Management (APM) y Advanced Configuration and Power Interface (ACPI), desempeñan un papel fundamental al optimizar el rendimiento por vatio. Estos estándares proporcionan protocolos que permiten la gestión eficiente de la energía, optimizando los recursos y reduciendo el consumo durante períodos de inactividad. La combinación de técnicas de diseño de circuitos, estándares de gestión de energía y la búsqueda constante de un alto rendimiento por vatio contribuyen a la creación de sistemas informáticos más eficientes, rentables y sostenibles.

Optimización del Rendimiento por Vatio en Computadoras Paralelas:

Como ya se habló previamente la eficiencia energética de una computadora se evalúa mediante el rendimiento por vatio, una métrica crucial que cuantifica la potencia informática generada por cada vatio consumido. Esta medida adquiere especial relevancia en el ámbito de los sistemas paralelos, donde los diseñadores,



Arquitectura de bajo consumo de energía

como los responsables del hardware en Google, seleccionan CPUs considerando su velocidad por vatio, dado que el costo de la alimentación de la CPU a menudo supera el precio de adquisición de la misma.

El rendimiento por vatio es utilizado como métrica en toda arquitectura informática para hablar de la eficiencia energética de la misma, es decir hablar de la capacidad de la arquitectura de calcular el bajo consumo de energía dado. Esto se consigue con una simple división entre la potencia obtenida y el consumo en ese mismo momento. Si queremos comparar dos GPUs solo tenemos que asegurarnos que ambas consumen la misma cantidad de energía, es decir, los mismos vatios y comparar ambas ejecutando el mismo programa.

La forma más común de aumentar el rendimiento por vatio es a través de los nuevos nodos de fabricación, cada nuevo nodo resulta en una reducción del consumo que se traduce en una mayor velocidad de reloj bajo el mismo consumo u obteniendo un menor consumo con la misma velocidad de reloj.

Pero donde realmente se realizan los cambios, es a nivel de arquitectura, ya que los arquitectos realizan optimizaciones para que los nuevos diseños consuman menos energía a la hora de ejecutar las diferentes instrucciones, tanto a la hora de diseñar una CPU como una GPU.

Comparación entre 2 computadoras:

Como se indicó previamente, al comparar computadoras, se utiliza una fórmula sencilla. En esta comparación, aplicaré la misma fórmula para evaluar el rendimiento por vatio de ambas computadoras además de la eficiencia energética. Aunque idealmente deberían tener la misma cantidad de energía, en este caso se considerará un consumo similar. A continuación, se presentan las fórmulas clave:

a. Rendimiento por Vatio (RPV):

$$\text{RPV} = \text{Rendimiento} / \text{Consumo de Energía}$$

Esta fórmula calcula la eficiencia en términos de cuánto rendimiento se obtiene por cada unidad de energía consumida. Cuanto mayor sea el valor de RPV, más eficiente será el sistema en términos de energía.

b. Eficiencia Energética (EE):

$$\text{EE} = 1 / \text{Consumo de Energía}$$

La eficiencia energética proporciona una perspectiva inversa, representando cuánta energía se consume por unidad de rendimiento. Un valor más alto indica una mayor eficiencia.

A continuación se hará una comparación entre la AMD Radeon RX 6950 XT con un rendimiento de 21.5 TFLOPS y un consumo de energía de 335 W, y la NVIDIA GEFORCE RTX 3080 con un rendimiento de 29.77 TFLOPS y un consumo de energía de 320 W. cada una nos da el siguiente rendimiento por vatio siguiendo la fórmula a:

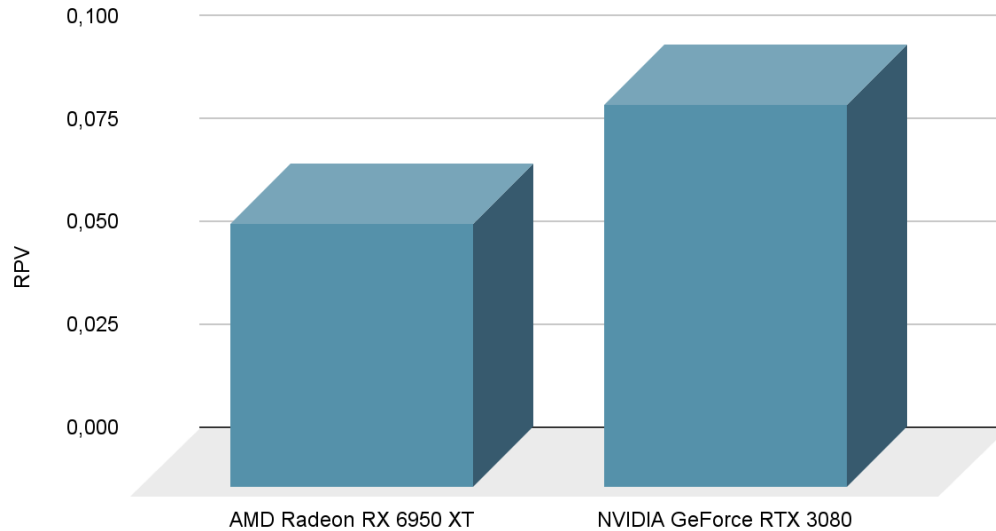


Arquitectura de bajo consumo de energía

AMD Radeon RX 6950 XT: 0.0641 RPV

NVIDIA GeForce RTX 3080: 0.093 RPV

Rendimiento por vatio

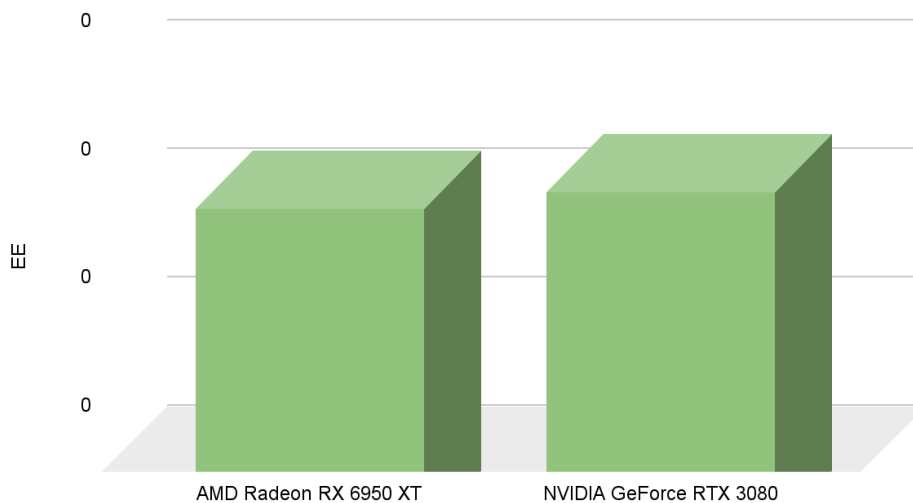


Ahora utilizando la fórmula b se calcula la eficiencia energética de cada modelo:

AMD Radeon RX 6950 XT: 0.002985 EE

NVIDIA GeForce RTX 3080: 0.00312 EE

EE





3080

Examinare las diferencias en el rendimiento por vatio (RPV) y la eficiencia energética entre la AMD Radeon RX 6950 XT y la NVIDIA GeForce RTX 3080, utilizando los datos proporcionados.

AMD Radeon RX 6950 XT (RPV: 0.0641): Ofrece 21.5 TFLOP/s de rendimiento con un consumo de energía de 335 W. El RPV es de 0.0641, lo que significa que por cada vatio de energía consumido, se obtienen 0.0641 TFLOP/s de rendimiento.

NVIDIA GeForce RTX 3080 (RPV: 0.093): Proporciona 29.77 TFLOP/s de rendimiento con un consumo de energía de 320 W. El RPV es de 0.093, indicando que por cada vatio de energía consumido, se obtienen 0.093 TFLOP/s de rendimiento.

Diferencias Destacadas:

Eficiencia Energética:

La NVIDIA GeForce RTX 3080 exhibe una eficiencia energética superior con un RPV más alto (0.093) en comparación con la AMD Radeon RX 6950 XT (0.0641). Esto significa que la RTX 3080 logra una mayor cantidad de rendimiento por cada vatio de energía consumido, lo que indica una eficiencia energética superior.

Impacto en la Eficiencia Global:

En entornos donde la eficiencia energética es prioritaria, la RTX 3080 podría ser una opción más eficiente. Aunque el consumo de energía es ligeramente inferior, la eficiencia energética superior de la RTX 3080 destaca su capacidad para ofrecer un rendimiento significativo con un uso más eficiente de la energía.

Memoria:

En la sección de diseño de circuitos de baja potencia se habló sobre las memorias de baja potencia, en esta sección se retoma la elección de memoria pero pensando en cómo afecta el rendimiento por vatio, no todos los tipos de memoria tienen la misma eficiencia energética debido a que algunas memorias van a presentar un mayor consumo de energía que otras. Como es el caso de las memorias de tipo GDDR y las memorias de tipo HBN.

Las memorias de tipo GDDR (Graphics Double Data Rate) son un tipo de memoria ampliamente utilizado en tarjetas gráficas, especialmente diseñado para satisfacer las exigentes demandas de procesamiento de datos en este contexto. Estas memorias siguen el estándar DDR y son conocidas por enviar dos bits por cada ciclo de reloj, optimizando así el rendimiento en términos de ancho de banda. Sin embargo, aunque este tipo de memoria presenta un bajo costo, tienden a

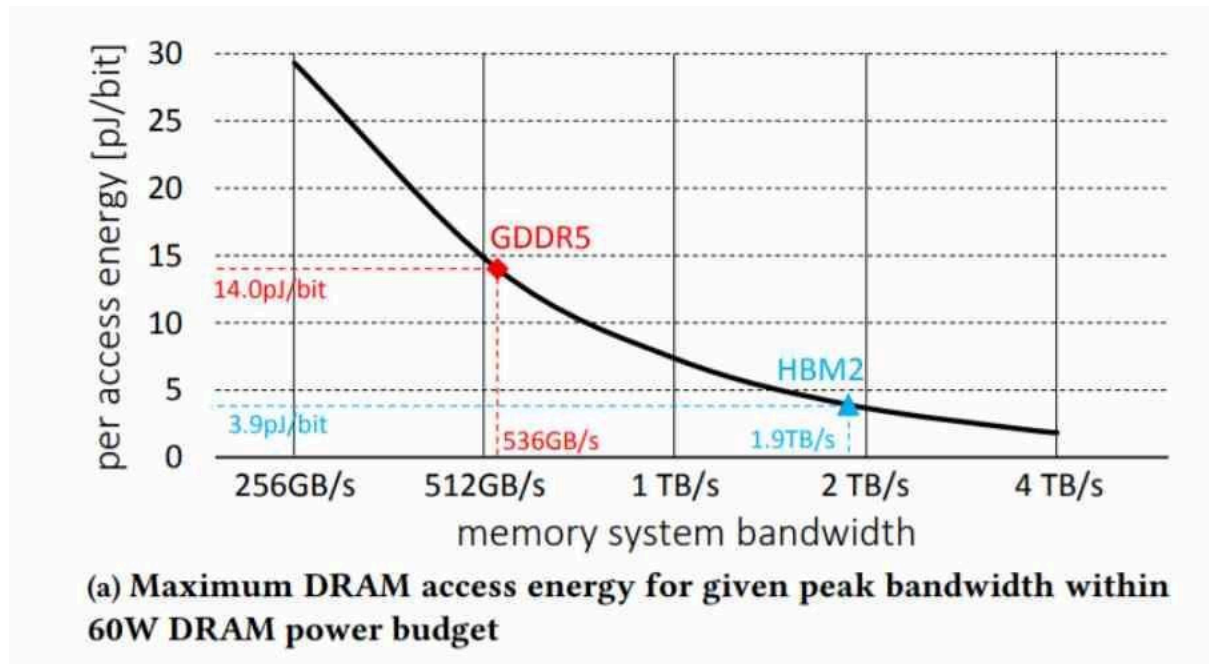


Arquitectura de bajo consumo de energía

presentar un consumo de energía considerable, lo que puede resultar en velocidades de reloj más bajas para la GPU.

Las memorias de tipo HBN (High Bandwidth Memory) han sido diseñadas no solo para ofrecer un alto ancho de banda, sino también para abordar de manera más eficiente las necesidades energéticas del sistema, pero presentan un mayor costo de implementación.

En el gráfico adjunto se detalla un análisis del consumo de energía por acceso, ilustrando las diferencias clave entre las memorias GDDR y HBM.



En resumen, como se ha dicho con anterioridad las GDDR, comúnmente empleadas en tarjetas gráficas, ofrecen rendimiento optimizado, pero su bajo costo conlleva a un alto consumo energético. En contraste, las memorias HBM, a pesar de un mayor costo de implementación, muestran una eficiencia energética superior. Esta comparación es fundamental para entender cómo la elección de la memoria afecta el rendimiento por vatio en sistemas informáticos.

Importancia del Rendimiento por Vatio:

La optimización del rendimiento por vatio se ha vuelto esencial en el diseño de sistemas, especialmente en el contexto de computadoras paralelas. Este enfoque responde a la creciente demanda de potencia y a la necesidad de maximizar la utilidad de los recursos disponibles, mientras se minimiza el impacto ambiental en entornos cada vez más compactos.



Relación entre el Rendimiento por Vatio y la Selección de CPU en Sistemas Paralelos:

En sistemas paralelos, donde múltiples unidades de procesamiento trabajan simultáneamente para abordar tareas complejas, la relación entre el rendimiento por vatio y la selección de CPU se vuelve crucial. Aquí se detallan aspectos clave:

Costo de la Alimentación:

El costo asociado con la alimentación de las CPU es significativo en entornos de computación paralela. La eficiencia energética de una CPU es esencial para reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad del sistema.

Desempeño por Vatio:

La relación entre el rendimiento y el consumo de energía es fundamental. Una CPU que ofrece un rendimiento más alto por cada vatio consumido es preferible en entornos donde la eficiencia energética es prioritaria.

Arquitecturas Multinúcleo:

En sistemas paralelos, las arquitecturas de CPU multinúcleo son comunes. La optimización del rendimiento por vatio es crucial, ya que impacta directamente en la eficiencia del paralelismo y la escalabilidad del sistema.

Diseño de Algoritmos y Software:

La eficiencia energética no se limita solo al hardware. Los algoritmos y el software optimizados pueden aprovechar al máximo el rendimiento por vatio de las CPU, distribuyendo eficientemente la carga de trabajo entre los núcleos y minimizando la ociosidad.

Un ejemplo ilustrativo de la interconexión entre el rendimiento por vatio y la elección de la CPU se destaca en proyectos como Green500, que evalúan y clasifican supercomputadoras según su eficiencia energética. Estas evaluaciones no solo se centran en el rendimiento bruto, sino también en la selección cuidadosa de CPUs que maximizan el rendimiento por vatio. Un caso emblemático es la supercomputadora "Fugaku" en Japón, cuya arquitectura no solo exhibe un rendimiento sobresaliente, sino que también demuestra cómo la elección estratégica de CPUs puede marcar una diferencia sustancial en términos de eficiencia energética en entornos de sistemas paralelos.

Advanced Power Management (APM) y Advanced Configuration and Power Interface (ACPI):

Los sistemas APM y ACPI proporcionan protocolos estandarizados para la gestión dinámica de la energía. A través de técnicas como el modo de reposo y la regulación de voltajes y frecuencias, estos protocolos permiten a las CPUs adaptar



Arquitectura de bajo consumo de energía

su rendimiento según las demandas de procesamiento, asegurando un uso eficiente de la energía en diversas situaciones operativas.

Advanced Power Management (APM):

La técnica de Advanced Power Management (APM) es una API desarrollada en colaboración entre Intel y Microsoft. Su principal función es permitir que el BIOS (sistema básico de entrada-salida) administre la energía de un sistema informático. En el contexto de computadoras portátiles, APM ofrece estrategias para minimizar el consumo de energía al reducir la velocidad de la CPU y apagar componentes como el disco duro o el monitor después de períodos de inactividad. Este enfoque tiene como objetivo conservar la corriente eléctrica y es especialmente relevante para dispositivos móviles.

Capas de Control en APM

APM utiliza un enfoque en capas para la administración de los dispositivos. Las aplicaciones compatibles con APM (que incluyen controladores de dispositivos) se comunican con un controlador APM específico del sistema operativo. Este controlador se comunica con el BIOS compatible con APM, que controla el hardware. Existe la posibilidad de excluir el control de APM dispositivo por dispositivo, que se puede utilizar si un controlador desea comunicarse directamente con un dispositivo de hardware.

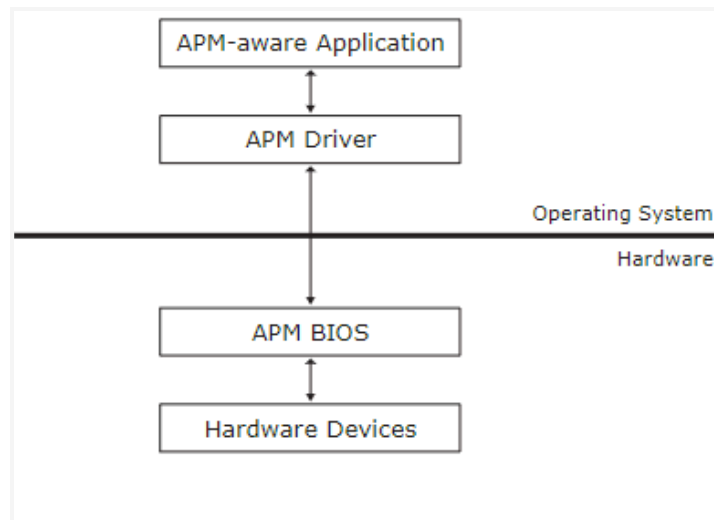
La comunicación ocurre en ambos sentidos; Los eventos de administración de energía se envían desde el BIOS al controlador APM, y el controlador APM envía información y solicitudes al BIOS a través de llamadas de función. De esta forma, el controlador APM es un intermediario entre la BIOS y el sistema operativo.

La administración de energía ocurre de dos maneras; a través de las llamadas de función mencionadas anteriormente desde el controlador APM al BIOS solicitando cambios de estado de energía y automáticamente en función de la actividad del dispositivo.

En APM 1.0 y APM 1.1, el BIOS controla casi por completo la administración de energía. En APM 1.2, el sistema operativo puede controlar el tiempo de PM (por ejemplo, suspender el tiempo de espera). Define diferentes niveles de estado de energía, cada uno con niveles decrecientes de consumo. El APM Standard clasifica los estados de energía en orden descendente de consumo, desde 'Full On' sin gestión de energía hasta 'Off' cuando el sistema está apagado.



Arquitectura de bajo consumo de energía



Eventos de administración de energía:

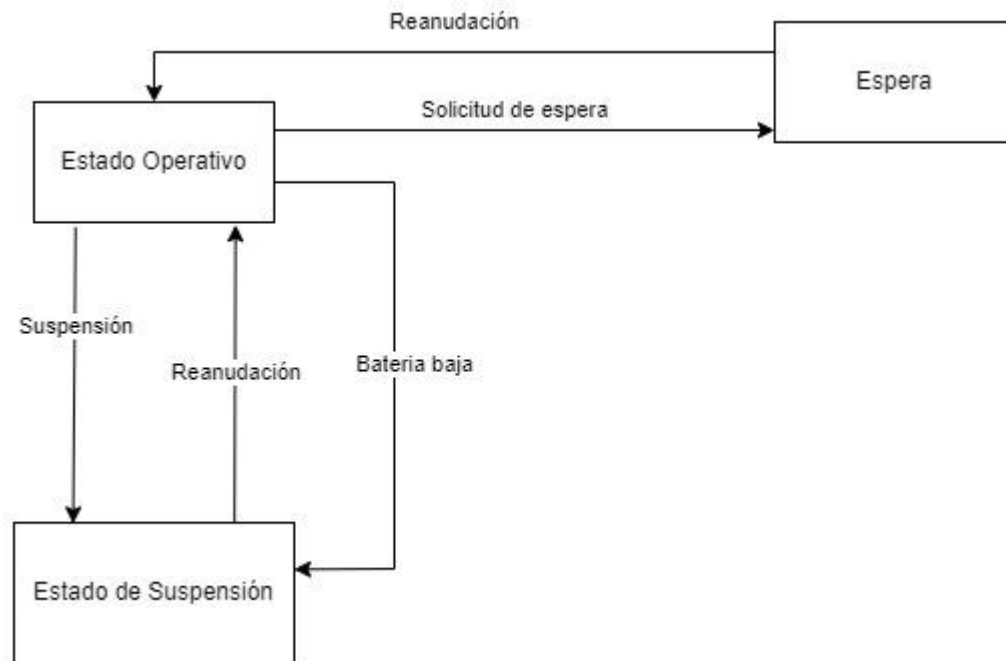
A lo largo del funcionamiento, APM puede enviar diversos eventos al sistema operativo, desde solicitudes de espera y suspensión hasta notificaciones de batería baja. A continuación, se presenta un resumen de algunos eventos clave definidos por el APM BIOS:

Evento	Descripción
Solicitud de espera	Solicita al sistema entrar en modo de espera.
Suspensión	Indica la transición a un estado de baja energía.
Reanudación	Notifica la vuelta al estado operativo normal.
Batería baja	Advierte sobre niveles críticos de batería.

A continuación se presenta un diagrama que ilustra cómo los eventos de administración de energía cambian los estados en el sistema. Este diagrama representa las transiciones entre el Estado Operativo, Estado de Espera, y Estado de Suspensión en respuesta a eventos específicos.



Arquitectura de bajo consumo de energía



De Estado Operativo a Espera (Solicitud de espera):

- Cuando se recibe la solicitud de espera, el sistema transita desde el Estado Operativo al Estado de Espera. En este estado, el sistema está en un modo de bajo consumo de energía, preparado para entrar en un estado de espera más profundo.

De Estado de Espera a Estado Operativo (Reanudación):

- Si ocurre un evento de reanudación, el sistema sale del Estado de Espera y vuelve al Estado Operativo normal. Esto puede ser desencadenado por varias acciones, como presionar un botón o recibir una señal del sistema.

De Estado Operativo a Suspensión (Suspensión):

- Cuando se detecta la necesidad de una baja energía, como periodos de inactividad prolongada, el sistema se mueve desde el Estado Operativo al Estado de Suspensión.

De Estado de Suspensión a Estado Operativo (Reanudación):

- Al recibir una señal de reanudación, el sistema sale del Estado de Suspensión y vuelve al Estado Operativo. Esto puede ocurrir cuando se activa el sistema después de un período de baja actividad.

De Estado Operativo a Estado de Suspensión (Batería baja):

- En caso de niveles críticos de batería, el sistema puede pasar del Estado Operativo al Estado de Suspensión para conservar energía y evitar un apagado inesperado.

Advanced Configuration and Power Interface (ACPI):

ACPI, que significa "Interfaz Avanzada de Configuración y Energía", sucede a APM y representa una actualización a nivel de hardware. Además de las funciones de control de energía del BIOS, ACPI proporciona mecanismos avanzados para la



Arquitectura de bajo consumo de energía

gestión y el ahorro de energía. A diferencia de APM, ACPI es más integral y ofrece capacidades mejoradas. Por ejemplo, permite un control más granular sobre componentes específicos del sistema y facilita la gestión de energía a nivel del sistema operativo.

Los componentes ACPI no solo recopilan información sobre el consumo de energía de la computadora, sino que también desempeñan un papel crucial en la gestión activa de la energía. Al proporcionar datos detallados al sistema operativo, ACPI permite una distribución precisa de la energía a los componentes según sea necesario, optimizando así el consumo global. Esta capacidad de apagar la computadora hasta un estado de suspensión profunda, mientras sigue siendo capaz de responder a eventos como llamadas telefónicas o procedimientos de respaldo, destaca cómo ACPI contribuye a una administración inteligente de la energía. Además, la función de 'hibernación' de ACPI, al guardar el contenido de la RAM en el disco duro antes de entrar en suspensión profunda, no solo facilita el reinicio sin pérdida de datos, sino que también juega un papel crucial en la eficiencia energética al minimizar la necesidad de reinicios completos del sistema y la reapertura de aplicaciones.

Arquitectura

El ACPI a nivel de firmware tiene tres componentes principales: las tablas ACPI, el BIOS ACPI y los registros ACPI.

El BIOS ACPI genera tablas ACPI y las carga en la memoria principal. Gran parte de la funcionalidad ACPI del firmware se proporciona en código de bytes del lenguaje de máquina ACPI (AML), un lenguaje de bajo nivel específico de dominio completo de Turing, almacenado en las tablas ACPI. Para utilizar las tablas ACPI, el sistema operativo debe tener un intérprete para el código de bytes AML. La arquitectura de componentes ACPI (ACPICA) proporciona una implementación de intérprete AML de referencia. En el momento del desarrollo del BIOS, el código de bytes AML se compila a partir del código ASL (lenguaje fuente ACPI).

ACPI Component Architecture (ACPICA)

La Arquitectura de Componentes ACPI (ACPICA), desarrollada principalmente por ingenieros de Intel, además de proporcionar una implementación de intérprete AML de referencia se presenta como una implementación de referencia independiente de la plataforma de código abierto para el código ACPI asociado con el sistema operativo. Su importancia radica en su adopción generalizada por sistemas operativos prominentes, como Linux, Haiku, ArcaOS y FreeBSD. Estos sistemas complementan el código ACPICA con implementaciones específicas para sus respectivas plataformas.

La ACPICA juega un papel crucial al proporcionar una base común y estandarizada para la implementación de ACPI en diversos entornos operativos. Este enfoque colaborativo facilita la coherencia y la compatibilidad entre sistemas,



Arquitectura de bajo consumo de energía

permitiendo que los beneficios de la gestión avanzada de energía de ACPI se extiendan a una variedad de plataformas.

Estados de energía

Los estados de energía de un PC vienen definidos por la especificación ACPI. Existen diferentes estados que se pueden detectar y que hacen que el sistema active otros modos de energía. Dichos modos se ajustan de manera automática y se activan según una serie de parámetros fijos.

Working (S0)

Durante este estado de energía, el sistema está funcionando a pleno rendimiento, pero permite que algunos dispositivos reduzcan su estado de energía si no están en uso (como por ejemplo, que el monitor se apague si no se está haciendo nada en el PC).

Modern Standby (S0 / Low Power Idle)

En este estado el sistema permanece parcialmente en funcionamiento. Durante este estado, el sistema puede actualizarse siempre que haya una red adecuada disponible, y también puede activarse rápidamente cuando se realice cualquier acción en tiempo real. Por ejemplo, el modo en reposo de la PS4 utiliza Modern Standby, por lo que permite actualizar la consola o descargar juegos en este estado de bajo consumo de energía.

Los sistemas que utilizan este estado ya no utilizan los estados S1, S2 y S3.

Estados de energía S1/ S2 / S3 (Sleep)

El sistema entra en suspensión según una serie de criterios, incluyendo la actividad del usuario o de la aplicación y de las preferencias que el usuario haya configurado. De manera predeterminada, el sistema usa el estado de suspensión de menor potencia compatible con todos los dispositivos, debido a que el estado S3 consume menos que S2, y S2 consume menos que S1. Solo puede haber un estado de suspensión disponible.

En estos estados la memoria RAM permanece activa y actualizada para mantener el estado del sistema y que así el despertar sea mucho más rápido. Igualmente, algunos dispositivos como el teclado o la LAN permanecen activos para poder «despertar» al sistema solo pulsando una tecla o a través del protocolo Wake on LAN.

Estado de hibernación (S4)

En este estado, exclusivo de sistemas Windows, se proporciona el menor consumo posible sin llegar a apagar el sistema completamente. En este estado, a diferencia de los anteriores, la memoria RAM no permanece activa pero su contenido se copia al archivo de hibernación del sistema. Esto provoca que cuando el sistema



Arquitectura de bajo consumo de energía

despierta, el contenido de este archivo debe volcarse de nuevo a la memoria RAM, y por lo tanto el arranque es algo más lento que el modo suspensión.

Estado Soft Off (S5)

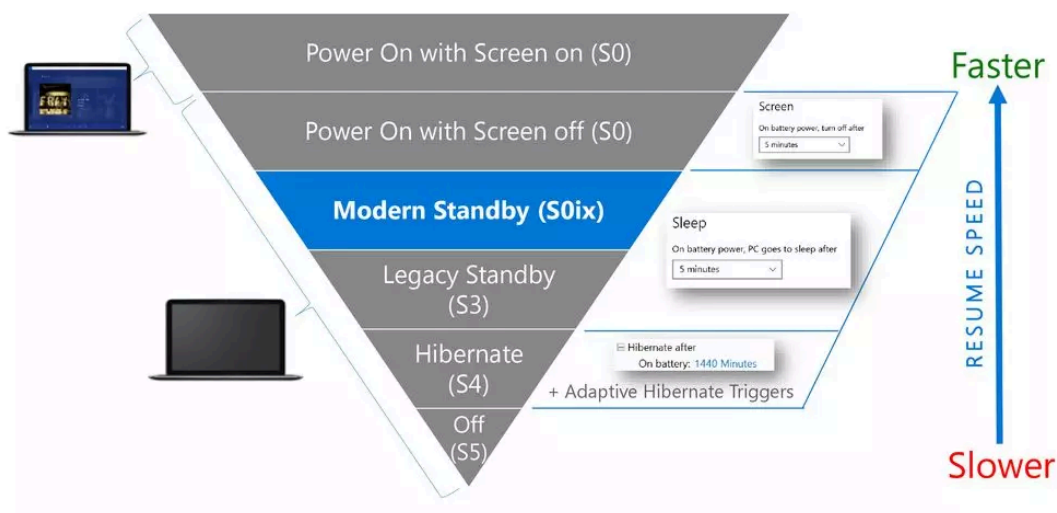
Este estado se llama apagado suave porque el sistema se apaga completamente, y es el estado en el que normalmente tenemos el PC apagado, pero que podremos encenderlo tanto pulsando simplemente el botón de encendido como por Wake on LAN si tenemos activado y configurado este sistema. En este modo, también llamado Stand By, el sistema consume un poco de energía (menos de 1 vatio normalmente).

Para arrancar el sistema es necesario realizar un proceso de arranque completo desde cero, así que lógicamente es más lento que los anteriores.

Mechanical Off (G3)

Finalmente, en este modo el sistema no solo está apagado sino también desenchufado, pues el hardware no recibe energía de ningún tipo. Solamente puede arrancar el sistema cuando vuelve a recibir energía.

System Power States & Resume Speed



Diferencias Clave entre APM y ACPI:

- Granularidad de Control: APM tiende a ofrecer un control más generalizado, mientras que ACPI permite un control más detallado y específico sobre los dispositivos y recursos del sistema.
- Integración con el Sistema Operativo: APM trabaja principalmente a nivel del BIOS, mientras que ACPI se integra más estrechamente con el sistema operativo, proporcionando una interfaz más robusta para la gestión de energía.



Arquitectura de bajo consumo de energía

- Capacidades Avanzadas: ACPI introduce funciones más avanzadas, como la capacidad de gestionar la energía de manera dinámica según la carga de trabajo del sistema.

Impacto de la Reducción de Consumo en la Generación de Calor y Requisitos de Refrigeración:

La eficiencia en el diseño de circuitos de baja potencia no solo tiene implicaciones en el consumo energético, sino que también impacta directamente en la generación de calor, un factor crítico en la operación de dispositivos electrónicos. A continuación, se explora cómo la reducción del consumo se traduce en una disminución del calor generado y, por ende, en la reducción de los requisitos de refrigeración.

Relación entre Consumo y Generación de Calor:

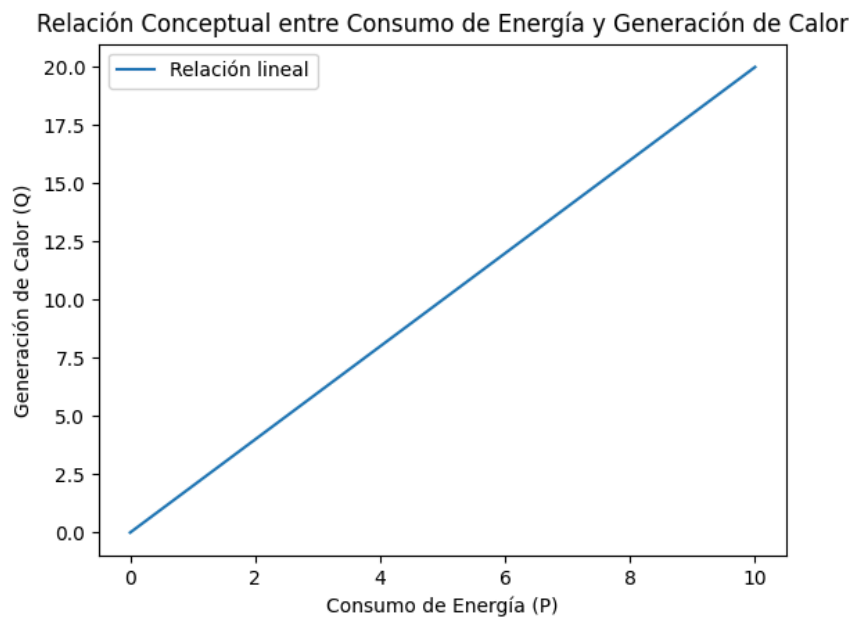
La relación entre energía eléctrica (P) y calor (Q) es directamente proporcional. Según la ley de conservación de la energía, la electricidad que ingresa al equipo de sistemas es equivalente a la cantidad de calor que se produce. Esta relación fundamental se expresa mediante la fórmula básica: $Q = P \cdot t$ donde Q representa la cantidad de calor generada, P es el consumo de energía eléctrica, y t es el tiempo. En términos prácticos, esta ecuación ilustra que los watts suministrados en forma de electricidad son directamente proporcionales a los watts generados en forma de calor durante el funcionamiento del sistema.

Esta relación entre consumo de energía y generación de calor establece la base teórica para comprender cómo la reducción en el consumo de energía puede tener un impacto significativo en la gestión térmica de los dispositivos electrónicos, influyendo directamente en los requisitos de refrigeración.

Como representación conceptual de esta relación, se ha creado un gráfico que ilustra cómo el consumo de energía eléctrica (P) puede estar directamente relacionado con la generación de calor (Q).



Arquitectura de bajo consumo de energía



Refrigeración:

La reducción del consumo de energía, como hemos explorado anteriormente, tiene un impacto directo en la generación de calor de los dispositivos electrónicos. Al disminuir la cantidad de calor producido, se reduce la carga sobre los sistemas de refrigeración necesarios para mantener una temperatura operativa adecuada. Esta relación entre consumo y generación de calor es esencial para comprender la optimización térmica en sistemas electrónicos.

Menos calor generado implica una menor demanda de refrigeración. Esta disminución en los requisitos de refrigeración no solo permite la implementación de sistemas de refrigeración más eficientes y menos complejos, sino que también tiene beneficios tangibles en términos de costos y mantenimiento.

En la práctica, la reducción de la carga térmica puede traducirse en la posibilidad de utilizar sistemas de enfriamiento más simples, como disipadores de calor menos elaborados o ventiladores con capacidades menores. La simplificación de los sistemas de refrigeración no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino que también puede generar ahorros económicos y facilitar las tareas de mantenimiento.

La relación entre la demanda de refrigeración y la potencia térmica generada se expresa mediante la fórmula **Demanda de Refrigeración \propto Potencia Térmica Generada** (la demanda de refrigeración es proporcional a la potencia térmica generada). En consecuencia, al implementar estrategias eficientes que reducen la potencia térmica generada, como el diseño de circuitos de baja potencia, se experimenta una disminución proporcional en la demanda de refrigeración. Esto no solo permite la adopción de sistemas de refrigeración más simples y económicos,



sino que también contribuye a una gestión térmica más sostenible y eficiente en términos energéticos para los dispositivos electrónicos.

Núcleos de Alto Rendimiento y de Bajo Consumo Energético:

En la búsqueda constante por optimizar el rendimiento por vatio, las arquitecturas modernas han incorporado estrategias clave, entre las cuales se destacan los "P-Cores" (núcleos P de rendimiento) y los "E-Cores" (núcleos E de eficiencia). Estos núcleos representan una innovación esencial en el diseño de procesadores, permitiendo una gestión más eficiente de la energía en sistemas informáticos.

Los P-Cores se designan así por su enfoque en el rendimiento (Performance en inglés). Estos núcleos están diseñados para ejecutar tareas en primer plano y ofrecen un rendimiento máximo en aplicaciones que requieren una potencia de procesamiento significativa, como juegos y aplicaciones CAD (Computer-Aided Design o Diseño Asistido por Computadora). Físicamente más grandes, con velocidades de reloj más altas y mayor consumo, los P-Cores son fundamentales para cargas de trabajo intensivas.

Por otro lado, los E-Cores reciben su nombre de eficiencia (Efficiency en inglés). Con un tamaño físico menor, permiten integrar más núcleos en los procesadores. Funcionan a velocidades más bajas y tienen un consumo energético reducido en comparación con los P-Cores. Estos núcleos están diseñados para ejecutar tareas en segundo plano, escalando cargas de trabajo con muchos subprocesos y maximizando el rendimiento por vatio. La ausencia de tecnología HyperThreading los hace ideales para minimizar el consumo en situaciones de baja carga.

La combinación estratégica de P-Cores y E-Cores en las arquitecturas actuales proporciona una flexibilidad única para adaptarse dinámicamente a las demandas de la carga de trabajo, contribuyendo así a una mayor eficiencia energética en los sistemas informáticos.

Conclusión:

La eficiencia energética se ha convertido en un requisito inevitable en un contexto donde la demanda de energía de los sistemas informáticos sigue creciendo exponencialmente. Desde el diseño de arquitecturas de bajo consumo de energía hasta la implementación de estrategias avanzadas de gestión de energía, el camino hacia la optimización del rendimiento por vatio es esencial. El diseño de circuitos de baja potencia, la elección de memorias eficientes y la consideración de estándares como APM y ACPI son componentes fundamentales en esta búsqueda de eficiencia.

La relación entre el rendimiento por vatio y la selección de CPU en sistemas paralelos destaca la importancia de considerar no solo el rendimiento bruto, sino



Arquitectura de bajo consumo de energía

también la eficiencia energética. La implementación de algoritmos y software eficientes se suma a esta ecuación, maximizando la utilización de recursos y minimizando la ociosidad de los núcleos de CPU.

La introducción de estándares como APM y ACPI ha llevado la gestión de energía a un nivel avanzado, permitiendo adaptar dinámicamente el rendimiento de la CPU según las necesidades y optimizando el uso de recursos. La transición de APM a ACPI ha proporcionado una mayor granularidad de control y capacidades avanzadas para la gestión eficiente de la energía.

En resumen, la búsqueda constante de un alto rendimiento por vatio, combinando técnicas de diseño, estándares de gestión de energía y la consideración consciente de la eficiencia en todos los niveles, contribuye a la creación de sistemas informáticos más eficientes, rentables y sostenibles. Este enfoque no solo beneficia a la industria, sino que también cumple un papel crucial en la mitigación del impacto ambiental y en la construcción de un futuro tecnológico más sostenible.

referencias:

https://es.wikipedia.org/wiki/Energía_proporcional_a_la_computación

[Advanced Power Management - Wikipedia](#)

[Administración avanzada de energía AcademiaLab](#) [Advanced Power Management - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

[Advanced Configuration and Power Interface - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

<https://supportcommunity.zebra.com/s/article/What-is-ACPI?language=es>

[Diseño de circuitos integrados analógicos de baja potencia para acondicionamiento de señales débiles](#)

[Rendimiento por vatio - frwiki.wiki](#)

[Simulador de entrenamiento de despachadores - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

[3 1.1 INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO 1 Los circuitos electrónicos de potencia convierten la energía eléctrica de un tipo a otro](#)

[APM vs ACPI: diferencia y comparación](#)

[Cuáles son los estados de energía del PC y qué hace cada uno](#)

[Administración avanzada de energía AcademiaLab](#)

[https://hoffman-latam.com/blog/como-afecta-la-temperatura-a-los-equipos-electricos-y-electronicos/#:~:text=La%20relación%20entre%20energía%20y.los%20watts%20generados%20\(calor\).](https://hoffman-latam.com/blog/como-afecta-la-temperatura-a-los-equipos-electricos-y-electronicos/#:~:text=La%20relación%20entre%20energía%20y.los%20watts%20generados%20(calor).)

[¿Qué es la eficiencia energética \(rendimiento por vatio\) en una tarjeta gráfica? -](#)

[Núcleos en procesador Intel P-Core y E-Core](#)

[La familia AMD Radeon RX 6000 crece, pero lo hace tarde y sin demasiado brillo](#)

[NVIDIA GeForce RTX 3080, análisis: su monstruoso rendimiento da al 'ray tracing' el impulso necesario para despegar definitivamente](#)