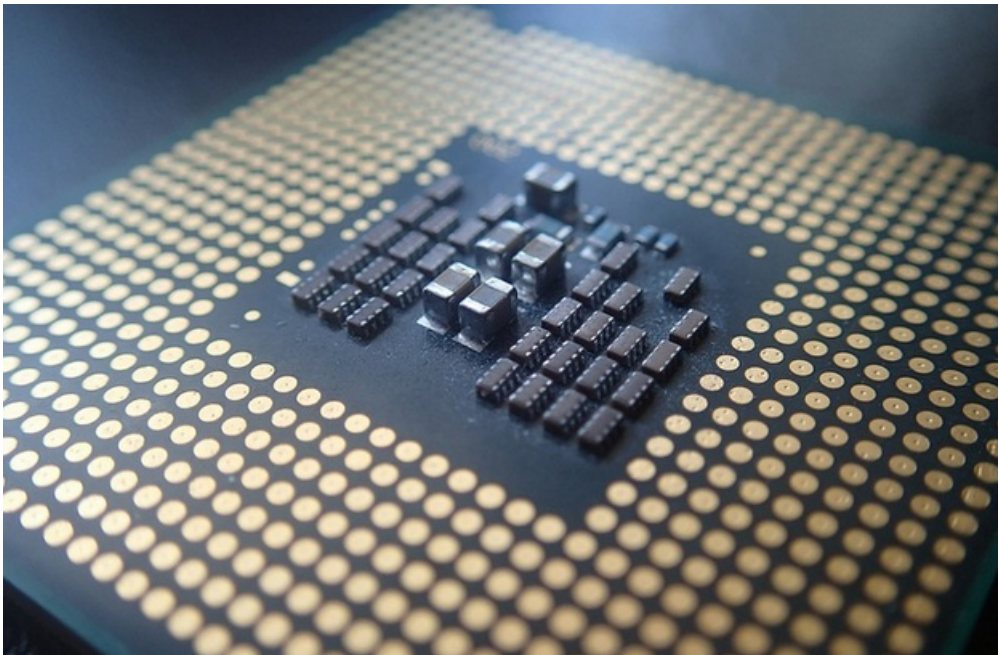


Sobre los procesadores, la frecuencia, y su temperatura

Publicado el [El Informatico](#) - 14 de enero de 2023 -



Todos sabemos que a mayor es la frecuencia de un procesador, mayor es la capacidad de procesamiento del mismo al poder ejecutar un mayor número de instrucciones por segundo en cada uno de sus núcleos. O al menos así era, hasta que Intel desarrolló la tecnología Hyper Threading (HT), que permite ejecutar un máximo de dos hilos paralelos por núcleo. Hasta entonces, los fabricantes de procesadores se habían centrado en incrementar la frecuencia de cada nuevo procesador. Pero a partir de ahí, el juego cambia. La frecuencia ya no aumenta tanto, y las empresas prefieren desarrollar otras tecnologías para aumentar esa capacidad de procesamiento.

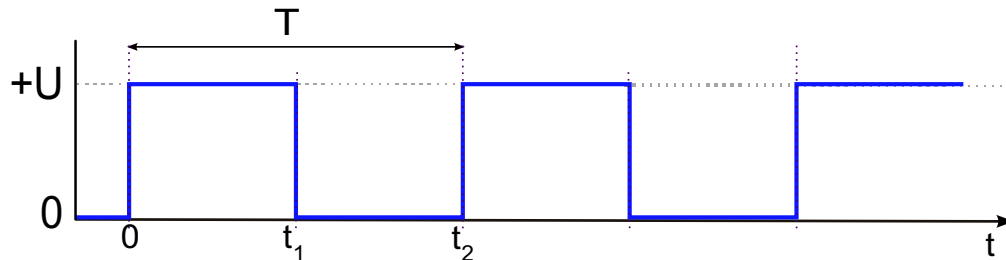
Probablemente te hayas dado cuenta de que en los últimos 10-15 años, la frecuencia de los procesadores apenas ha aumentado. La frecuencia base suele rondar los 2.4GHz - 3.9 GHz y la máxima puede ir entre los 4.2GHz, a una frecuencia en torno a los 5GHz. El incremento es diminuto hasta el punto en el que la frecuencia ya no es tan importante a la hora de elegir el procesador para nuestro ordenador (a menos que busquemos un mayor rendimiento en un único núcleo). ¿Por qué nos hemos estancado?

¿Qué es la frecuencia del procesador?

Como ya sabrás, todos los componentes digitales se basan en estados. Los estados indican la corriente eléctrica a la salida del circuito digital. Para esto, usamos dos posibles estados: estado alto(H), y estado bajo (L). Cuando a la salida de un circuito hay corriente eléctrica, solemos decir que se encuentra en estado alto (H). Y cuando la corriente a la salida es 0, decimos que es bajo (L). En la práctica puede ser de otras maneras, pero generalmente se suele hacer de ésta manera. Por esta razón, cuando tratamos con electrónica digital, usamos sistemas binarios (Ya que se basan en dos estados).

Esto implica que los componentes digitales sufren **cambios de estado**. Es decir, que pueden pasar de estado alto (H) a estado bajo (L) y viceversa, en función del tiempo. Sin embargo, por si solos, estos circuitos digitales no pueden cambiar de estado. Para ello es necesario cambiar el estado de las entradas del circuito.

Por este motivo, usamos una señal eléctrica alterna digital, a la que llamamos **frecuencia de reloj**. Esta señal eléctrica cambia de estado constantemente a una frecuencia determinada. Al cambiar de estado, el procesador también cambia de estado internamente, y es lo que le permite al procesador trabajar de la forma en la que lo hace, incluso sin intervención humana.



Señal de reloj (Wikimedia). +U simboliza el estado alto (H) de la señal. 0 es el estado bajo (L). T es el periodo de la señal. La frecuencia es $1/T$.

Por **señal eléctrica** nos referimos a una corriente eléctrica que varía en el tiempo. Piensa en la corriente eléctrica como el flujo de electrones sobre un conductor (un cable). Cuanto mayor es el flujo de electrones, mayor es el voltaje. Según va variando esa corriente, se genera lo que llamamos la señal eléctrica. Por ejemplo, la corriente que usamos en casa (En Europa, en otros países varía) es una señal alterna que oscila entre los 240V positivos y los 240V negativos, a aproximadamente 50Hz.

La frecuencia es el número de repeticiones de éste ciclo, en un segundo. La unidad es el Hercio (Hz). Una frecuencia de 50Hz implica que la señal alterna que nos llega a casa varía de 240V a -240V 50 veces en un segundo. La frecuencia se define también como la inversa del periodo ($1/T$), siendo el periodo la duración de un único ciclo, en un tiempo determinado.

Frecuencia y voltaje

Como puedes imaginar, a mayor frecuencia, mayor velocidad de procesamiento. Entonces, ¿Por qué no podemos usar frecuencias más rápidas? ¿Donde está el límite?

Quienes hayáis probado el overclocking, o quienes hayáis buscado información al respecto, sabréis que al aumentar la frecuencia pasado un punto, hay que incrementar el voltaje suministrado al núcleo del procesador. Sin embargo, los que sepáis algo de electrónica quizás os estéis preguntando qué relación tiene el voltaje con la frecuencia. Y es que, en principio, no hay ninguna función conocida que relacione ambos. Lo más cercano a eso sería el voltaje como función del tiempo.

$$V(t) = V_{pico} * \sin(\omega t)$$

Siendo *omega* la frecuencia angular (en radianes por segundo):

$$\omega = 2\pi f$$

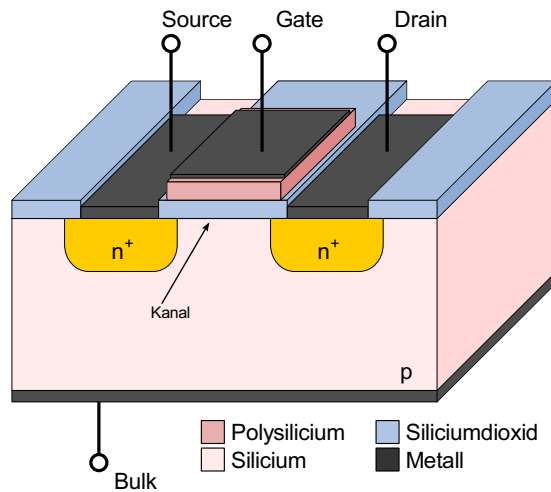
Pero no está relacionado directamente con el voltaje. La realidad es que la frecuencia y el voltaje no están directamente. Así que te preguntarás, ¿Por qué al subir la frecuencia, debemos subir el voltaje?

La respuesta está en la tecnología usada para desarrollar los procesadores.

Los semiconductores, y los cambios de estado

Los microprocesadores, como todos (o la inmensa mayoría de) los circuitos integrados, utilizan una tecnología a la que llamamos **semiconductor**. Son obleas de silicio polarizadas de modo que la electricidad sólo puede circular en un sentido. Algo así como un diodo, pero a escala microscópica. A menor sea el tamaño de éstos semiconductores, mayor es la cantidad de componentes que podemos insertar en ellos.

Supongo que habrás escuchado hablar del **número de transistores en un microprocesador**. Los transistores comunes que usamos son en realidad semiconductores que permiten que la corriente circule de una manera concreta, generalmente con respecto a otra corriente. En este caso, se usan como **interruptores que controlan cuando hay o no corriente a la salida del transistor**. Evidentemente no usamos transistores como los que usamos en los circuitos electrónicos normales. Los transistores del procesador están implementados mediante la polarización del silicio, formando miles de millones de transistores a escala microscópica.



Transistor MOSFET (Wikimedia). Es una de las tecnologías usadas para implementar transistores.

Como el voltaje de salida se controla mediante una entrada, **hay cambios de estado en éstos transistores. Y ahí es donde está la clave.**

La transferencia del voltaje a la salida del transistor durante un cambio de estado no es inmediata. Para que haya un flujo de electrones y haya un cambio de estado, hace falta un campo eléctrico lo suficientemente grande que permita el flujo de electrones. Y ese movimiento de electrones es el **voltaje**. Aquí es donde el voltaje y la frecuencia entran en juego.

Durante el cambio de estado, hay una cierta demora. Esa demora es inversamente proporcional al voltaje suministrado al transistor. De modo que **a mayor voltaje, menor es la demora, y mayor es la frecuencia del cambio de estado entre la entrada y la salida del transistor**. Sin entrar demasiado en detalles técnicos, la fórmula que lo define es la siguiente:

$$\frac{C_L V_{DD}}{k(V_{GS} - V_t)}$$

La fórmula es la demora intrínseca (o retardo intrínseco) del transistor. A mayor sea el voltaje, menor es la demora, y la frecuencia de cambio de estado es más rápida.

Si la frecuencia es más rápida que la demora en el cambio de estado del transistor, entonces el procesador no puede mantener el ritmo y falla.

Voltaje y disipación térmica

Todo componente electrónico ofrece una **resistencia** a la corriente, que es lo que se denomina la **impedancia interna**. Cuando una corriente eléctrica atraviesa una carga resistiva, se pierde una parte de la potencia. Por la ley de ohm sabemos que la

potencia eléctrica es el producto del voltaje por la intensidad de la corriente.

$$P = V * I$$

Y sabemos que el voltaje es el producto de la intensidad por la resistencia eléctrica.

$$V = I * R$$

De modo que la potencia se puede expresar como el cuadrado de la intensidad eléctrica y la resistencia.

$$P = V * I = I * I * R = I^2 * R$$

Esto significa que la pérdida de potencia es directamente proporcional al voltaje, y a la impedancia interna del procesador. La impedancia es constante para el procesador, pero al subir el voltaje se incrementa exponencialmente la corriente eléctrica que circula por el circuito, y por tanto también aumenta la potencia eléctrica. A mayor potencia, mayor pérdida de potencial.

Cuando digo «pérdida de potencial», a lo que me refiero es a que esa energía eléctrica se transforma en otro tipo de energía, que es la **térmica**. O en otras palabras, a mayor potencia, más calor se genera. De modo que **el calor que se genera en el procesador es directamente proporcional a la pérdida de potencial en el mismo, y por tanto, es directamente proporcional al voltaje suministrado**.

En el caso del procesador, hay una fórmula que relaciona la potencia consumida por el procesador, con su frecuencia:

$$P = C_L V_{DD} f_s$$

Siendo CL la capacitancia a la salida del procesador, VDD el voltaje suministrado, y fs la frecuencia.

Los límites del procesador

Todo ésto se traduce en lo siguiente: mayores voltajes implican mayores frecuencias para el procesador. Pero una mayor frecuencia implica un mayor voltaje, lo que se traduce en mayores pérdidas de potencial y, por tanto, se genera más calor.

Los semiconductores que usamos **tienen un límite de voltaje operativo**, de modo que no es posible sobrepasar ese límite, incluso aunque redujéramos la pérdida de potencial al mínimo posible. Lo cuál implica que **hay límites en la frecuencia máxima que podemos suministrar al procesador**. Y por éste motivo, **los fabricantes de componentes sortean éste límite usando otras tecnologías para aumentar la capacidad de procesamiento del procesador alterando la frecuencia lo mínimo indispensable**.

Por otro lado, el calor generado aumenta al aumentar la frecuencia por el consiguiente aumento de voltaje, de modo que hay un momento en el que es muy difícil disipar ese calor con los disipadores comerciales (Incluyendo la disipación por refrigeración líquida). Los componentes electrónicos tienen una cierta resistencia al calor, pero si se genera más calor de lo que pueden aguantar, pueden sufrir daños. Las diferencias de temperatura al calentarse y enfriarse súbitamente también pueden dañar los metales y los componentes internos debido a la dilatación y a la contracción de los metales al calentarse y enfriarse. Por eso es ideal que el calor generado sea el mínimo indispensable para facilitar su disipación.

Por último, si aumenta el voltaje, aumentan también las pérdidas de potencial. De modo que llegado a cierto punto, el chip se vuelve demasiado ineficiente. Si se pierde más energía de la que aprovechas, entonces es un producto **ineficiente**. Y por eso es también más eficiente recurrir a otras técnicas para incrementar la capacidad de procesamiento.



ANTERIOR

¿Sufres «ghosting»? Tal vez te interese leer esto

SIGUIENTE

Ojo a éstos SMS maliciosos

Buscar ...



Entradas Recientes

- [Estoy hasta las narices de la web moderna](#)
- [Ingeniería inversa básica con Ghidra](#)
- [Acerca de la nueva ley transgénero \(Y sobre la disforia de género\)](#)
- [Depresiones causadas por las redes sociales](#)
- [¿Necesito saber matemáticas para aprender informática?](#)
- [¿Es el fin de los discos duros tradicionales?](#)

Categorías

- Actualidad
- Android
- Básicos
- Ciberseguridad
- Clima
- Criptografía
- Electronica
- Emulación / Virtualización
- FOSS
- Hacking
- Hardware
- Informática
- Internet
- Juegos
- Opinion
- Otros
- Personal
- Privacidad
- Programación
- Tecnología
- Time Machine
- Tutoriales

RSS

Subscribirse al feed RSS

Inicio
Catálogo
PDFs
Manuales
Política de privacidad
Política de Cookies
Acerca de mi
Acerca de ElInformati.co