

INGENIERÍA INFORMÁTICA
LICENCIATURA EN SISTEMAS

TÉCNICAS Y
ESTRUCTURAS
DIGITALES



MEDIDAS DE
RENDIMIENTO

Concepto

La evaluación del rendimiento de las computadoras permite compararlas en lo que respecta a hardware y software (compiladores) de modo que puedan tomarse decisiones acerca del diseño de las arquitecturas. Para realizar esta evaluación es necesario tener en mente los siguientes conceptos:

- Tiempo de Ejecución.
- Frecuencia de Reloj.
- Ciclos por Instrucción (CPI).

$$\text{CPI} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ciclos de reloj}}{\text{N}^\circ \text{ de instrucciones}}$$

y el tiempo de ejecución puede expresarse

$$\text{Tiempo de ejecución} = \text{N}^\circ \text{ de instrucciones} \times \text{CPI} \times \text{Duración de un ciclo de reloj}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de instrucciones} \times \text{CPI}}{\text{Frecuencia}}$$

donde el tiempo del ciclo de reloj se puede expresar como:

$$\left(\frac{1}{\text{Frecuencia}} \right)$$

MIPS

MIPS significa Millones de Instrucciones Por Segundo; es una forma de medir la potencia de los procesadores. Los MIPS, que ejecutan un procesador, se calculan como:

$$\text{MIPS} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de instrucciones}}{\text{Tiempo de ejecución (en seg)}} \times 10^{-6}$$

Donde el denominador también puede expresarse como:

$$\text{Tiempo de ejecución} = \text{N}^\circ \text{ de ciclos de reloj} \times \text{Tiempo de ciclo}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \text{N}^\circ \text{ de ciclos de reloj} \times \left(\frac{1}{\text{Frecuencia}} \right)$$

Obteniéndose:

$$\text{MIPS} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ total de instrucciones} \times \text{Frecuencia}}{\text{N}^\circ \text{ de ciclos de reloj}} \right) \times 10^{-6}$$

nuevamente, si se sustituye

$$\text{N}^\circ \text{ de ciclos de reloj} = \text{N}^\circ \text{ total de instrucciones} \times \text{CPI}$$

se obtiene la expresión

$$\text{MIPS} = \frac{\text{Frecuencia}}{\text{CPI}} \times 10^{-6}$$

MIPS

Donde CPI es el número de ciclos que dura una instrucción.

Los MIPS permiten calcular el tiempo que se tarda en realizar un programa con un determinado número de instrucciones.

Tiempo de ejecución de un programa = N° de Inst. \times CPI \times Tiempo del ciclo de reloj

Por lo tanto el tiempo de ejecución puede escribirse como:

$$\text{Tiempo de ejecución} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ total de instrucciones} \times \text{CPI}}{\text{Frecuencia}} \right) (*)$$

Sustituyendo, queda:

$$\text{Tiempo de ejecución} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ total de instrucciones}}{\text{MIPS}} \right) \times 10^{-6}$$

Puesto que el rendimiento de una computadora es inversamente proporcional al tiempo de ejecución que destina a realizar una tarea determinada, se puede deducir que el rendimiento de una computadora se encuentra relacionado con los tres parámetros que intervienen en (*), de acuerdo a lo siguiente:

MIPS

- El rendimiento de una computadora es directamente proporcional a su frecuencia de trabajo. Es decir, a mayor frecuencia más rendimiento. Esto supone una dependencia del rendimiento con la tecnología empleada en la implementación del hardware, así como en su organización.
- El rendimiento es inversamente proporcional al valor del CPI. Lógicamente, cuanto mayor número de ciclos se necesite por cada instrucción, disminuirá el rendimiento. El valor de CPI es función de la arquitectura a nivel de lenguaje de máquina.
- Finalmente, la potencia de procesamiento es inversamente proporcional al número total de instrucciones que hay que ejecutar. Dicho número depende de la arquitectura a nivel de lenguaje de máquina y de la efectividad de los compiladores.

En resumen, los MIPS quedan íntimamente ligados con la efectividad del compilador empleado.

EJEMPLOS

a) Se dispone de un procesador P1 que trabaja a 1 Mhz y dedica un promedio de 5,2 ciclos para realizar cada instrucción (CPI). Otro procesador P2 que trabaja a 1,5 Mhz dispone de un $CPI = 7,3$.

¿Cuál de ellos tarda menos en realizar un determinado programa?

Solución

Tiempo medio p/inst. = $CPI \times$ Tiempo de un ciclo

$$P1: t_1 = 1 \mu s \times 5,2 = 5,2 \mu s / \text{instrucción}$$

$$P2: t_2 = 0,66 \mu s \times 7,3 = 4,818 \mu s / \text{instrucción}$$

Para ejecutar el mismo número de instrucciones de un programa tardará menos el procesador P2.

b) Para los procesadores P1 y P2, mencionados en el apartado a) se pide:

1. Calcular los MIPS de cada procesador.
2. Determinar el tiempo que tarda cada procesador en ejecutar un programa con 220000 instrucciones

EJEMPLOS

Solución 1.

$$\text{MIPS1} = \frac{\text{Frecuencia}}{\text{CPI}} \times 10^{-6} = \frac{1 \cdot 10^6}{5,2} \times 10^{-6} = 0,192$$

$$\text{MIPS2} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{7,3} \times 10^{-6} = 0,205$$

Solución 2.

$$\text{Tiempo de ejecución de P1} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de instrucciones}}{\text{MIPS}} \right) \times 10^{-6} = \frac{220000}{0,192} \times 10^{-6} = 1,15 \text{ s}$$

$$\text{Tiempo de ejecución de P2} = \frac{220000}{0,205} \times 10^{-6} = 1,07 \text{ s}$$

MIPS RELATIVOS

El valor de los MIPS ha perdido interés con la proliferación de computadoras RISC, puesto que, al disponer de un juego de instrucciones muy reducido y simple, es lógico que necesiten ejecutar más instrucciones máquina que una computadora CISC para realizar un programa concreto.

Para soslayar los inconvenientes de los MIPS surgió una medida de rendimiento en MIPS RELATIVOS, que se obtiene por comparación con una máquina concreta. Durante un largo periodo de años se ha utilizado como máquina de referencia el minicomputador VAX 11/780 al que se lo tomaba como unidad y se le atribuía un rendimiento de 1 MIPS RELATIVO. Utilizando un conjunto de programas de prueba se evaluaban las restantes máquinas respecto al VAX 11/780, estableciendo un nivel de comparación. Así, por ejemplo, si la computadora sometida a análisis tardaba en ejecutar el conjunto de programas de prueba cuatro veces menos tiempo que el VAX 11/780, se decía que poseía una potencia de 4 MIPS RELATIVOS.

MFLOPS

Concepto: Los MFLOPS (Megaflops o millones de operaciones de coma flotante por segundo) se usan como medida del rendimiento de una computadora, especialmente en cálculos científicos que requieren un gran uso de operaciones de coma flotante.

$$\text{MFLOPS nativos} = \left(\frac{\text{Nº de operaciones en punto flotante}}{\text{Tiempo (seg)}} \right) \times 10^{-6}$$

Los **MFLOPS normalizados** son valoraciones con que se cuantifica o pondera la complejidad de las operaciones de coma flotante. A modo de ejemplo:

Operaciones	Pesos
+, -, * y comparar	1
/, raíz cuadrada	4
Funciones (exp, seno)	8

El número de **MFLOPS normalizados** siempre es muy superior a los **MFLOPS nativos**.

EJEMPLOS

Ponderando a una operación de división de coma flotante como cuatro sumas y una de exponenciación como ocho sumas, calcular el número de MFLOPS nativos y el de MFLOPS normalizados para un programa con el siguiente desglose de operaciones en coma flotante, que tarda en ejecutarse 6 segundos.

Tipo de Instrucción	Número
Suma.....	2250000
División.....	500000
Exponenciación.....	250000
TOTAL:.....	3000000

Solución

$$\begin{aligned}\text{MFLOPS nativos} &= \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de operaciones en punto flotante}}{\text{Tiempo (seg)}} \right) \times 10^{-6} \\ &= \left(\frac{3000000}{6} \right) \times 10^{-6} = 0,5\end{aligned}$$

Operaciones normalizadas:

Tipo de Instrucción	Número
Suma.....	2250000
División.....	2000000
Exponenciación.....	2000000
TOTAL:.....	6250000

$$\begin{aligned}\text{MFLOPS normalizados} &= \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de operaciones en punto flotante}}{\text{Tiempo (seg)}} \right) \times 10^{-6} \\ &= \left(\frac{6250000}{6} \right) \times 10^{-6} = 1,04\end{aligned}$$