



TÉCNICAS Y ESTRUCTURAS DIGITALES

Ejemplos Medidas de Rendimiento

Ejercicio 1

¿Cómo se evalúa el rendimiento de una computadora?

- 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.

➤ **VELOCIDAD**

➤ **Ciclos por Instrucción (CPI)**

➤ **Frecuencia de Reloj**

➤ **Hercio (Hz)**

➤ **Duración de ciclo**

➤ **Tiempo de Ejecución de Programa**

➤ **PRODUCTIVIDAD**

➤ **MIPS (Millones de Instrucciones Por Segundo)**

➤ **MFLOPS (Millones de Instrucciones en Punto Flotante Por Segundo)**

Ejercicio 1

➤ VELOCIDAD

- **Tiempo de Ejecución de un programa** es el tiempo que transcurre desde que el procesador ejecuta la primera instrucción del programa hasta que se completa su última instrucción.
- **La frecuencia de reloj** indica la velocidad a la que una computadora realiza sus operaciones más básicas, como sumar dos números o transferir el valor de un registro a otro. Se mide en ciclos por segundo (hercios o hertz). Por ejemplo, 500 MHz,
- **Ciclos por Instrucción (CPI)** es el número promedio de ciclos de reloj por instrucción, es decir, representa el tiempo promedio de ejecución de una instrucción (en ciclos de reloj)

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

Entonces el tiempo de ejecución puede expresarse como:

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

donde el tiempo del ciclo de reloj está dado por $\left(\frac{1}{\text{Frecuencia}}\right)$ sustituyendo en la expresión resulta

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

Ejercicio 1

➤ PRODUCTIVIDAD

- **MIPS (Millones de Instrucciones Por Segundo)** MIPS es una medida que indica cuántos millones de instrucciones se ejecutan en un segundo. Es una forma de medir la potencia de los procesadores. Los MIPS 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

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

y si nuevamente se sustituye

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

se obtiene la expresión

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

y el tiempo de ejecución puede escribirse como

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

Ejercicio 1

➤ PRODUCTIVIDAD

- **MFLOPS (Millones de operaciones en coma flotante por segundo)** MFLOPS se usan como medida del rendimiento de una computadora, especialmente en cálculos científicos que requieren un gran uso de operaciones de coma flotante.
- 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	P_i
/, raíz cuadrada	P_j
Funciones (exp, seno)	P_k

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

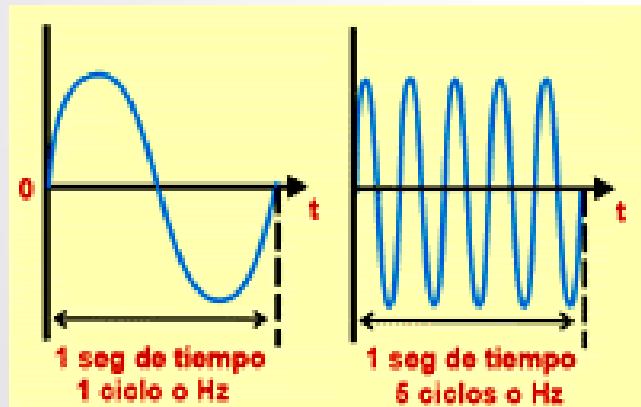
$$\text{MFLOPS nativos} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de operaciones en punto flotante}}{\text{Tiempo (seg)}} \right) \times 10^{-6}$$

Ejercicio 2

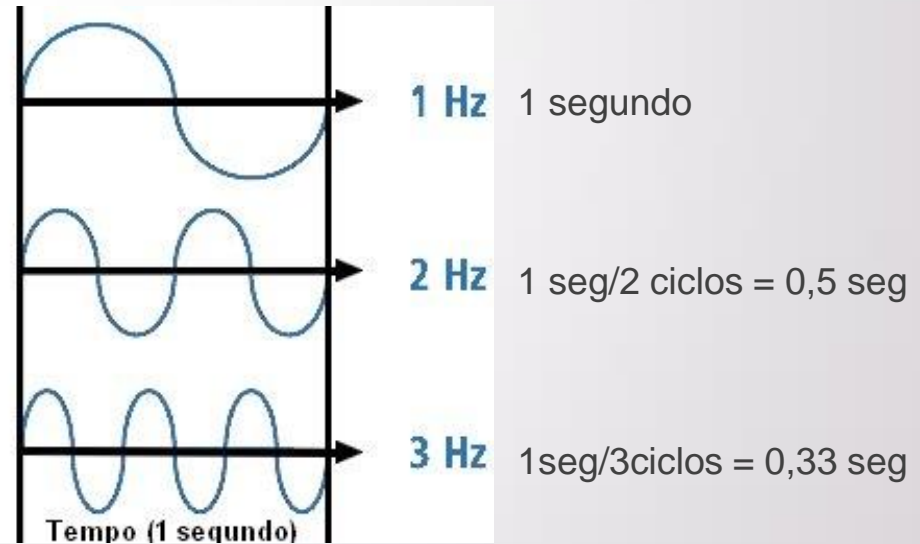
a) Defina Hertzio.

b) Indique frecuencia y duración del ciclo en cada caso.

- **HERCIO:** Unidad de frecuencia que equivale a las repeticiones de un evento por segundo. La unidad de procesamiento de un procesador se puede medir en Megahercios ($1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$); en la actualidad, dada la velocidad de los mismos, la unidad más frecuente es el Gigahercio ($1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$)
 - Por ejemplo, un microprocesador que trabaja a una velocidad de 500 MHz es capaz de ejecutar 500.000.000 de ciclos por segundo ($500 \times 10^6 \text{ Hz}$)



1 segundo 0,2 seg = 1 seg/5 ciclos



Ejercicio 3

Considerando que el CPI promedio se calcula como $CPI_{promedio} = \sum_{i=1}^n CPI_i \times F_i$, donde F_i hace referencia a la frecuencia de aparición de las instrucciones tipo i , calcule el CPI promedio para un programa que consta de 16000 instrucciones en total, de las cuales 2000 tardan en ejecutarse 3,5 ciclos, 5000 tardan 4 ciclos, 3000 tardan 3 ciclos y las restantes tardan 5 ciclos.

$$CPI = 3,5 \times \frac{2000}{16000} + 4 \times \frac{5000}{16000} + 3 \times \frac{3000}{16000} + 5 \times \frac{6000}{16000}$$

$$CPI = \frac{3,5 \times 2000 + 4 \times 5000 + 3 \times 3000 + 5 \times 6000}{16000}$$

$$CPI = \frac{7000 + 20000 + 9000 + 30000}{16000} = \frac{56000}{16000} = 3,5$$

El $CPI_{promedio}$ es 3,5

Ejercicio 4

A fin de comparar el rendimiento de 2 procesadores, PRO1 y PRO2, se ejecutó un programa en ambos. Dicho programa fue compilado en cada computadora, generando $4,13 \times 10^6$ instrucciones en PRO1 y $3,9 \times 10^6$ en PRO2. Además se sabe que la frecuencia PRO1 es de 33 MHz y que ocupa 16×10^6 ciclos de reloj en total; de PRO2 se conoce que tiene un MIPS de 8 y un CPI de 10. ¿Qué procesador es más veloz? ¿Y más productivo?

DATOS:

PRO1 N° total de instrucciones = $4,13 \times 10^6$

PRO1 Frecuencia = 33 MHz

PRO1 Total de ciclos = 16×10^6

PRO2 N° total de instrucciones = $3,9 \times 10^6$

PRO2 MIPS = 8

PRO2 CPI = 4

OBJETIVO: conocer y comparar la velocidad y la productividad de ambos procesadores.
Velocidad (T de Ejecución del programa, frecuencia, CPI, en PRO1 y en PRO2)
Productividad de PRO1 y PRO2: MIPS

SOLUCION:

1) $CPI\ PRO1 = 16 \times 10^6 / 4,13 \times 10^6 = 3,87$

2) $Tiempo\ de\ Ejecución\ PRO1 = \frac{4,13 \times 10^6 \times 3,87}{33\ MHz} = \frac{4,13 \times 10^6 \times 3,87}{33 \times 10^6\ Hz} = 0,4843\ seg$

3) $MIPS\ PRO1 = \frac{33\ MHz}{3,87} \times 10^{-6} = \frac{33 \times 10^6}{3,87} \times 10^{-6} = 8,52$

4) $Tiempo\ de\ Ejecución\ PRO2 = \frac{N^\circ\ total\ de\ instrucc \times 10^{-6}}{MIPS} = \frac{3,9 \times 10^6 \times 10^{-6}}{8} = 0,4875\ seg$

5) $Frecuencia\ PRO2 = CPI \times MIPS \times 10^6 = 4 \times 8 \times 10^6 = 32 \times 10^6 = 32\ MHz$

RESPUESTA:

El procesador más veloz es PRO1:

- el programa demora menos tiempo
- tiene mayor frecuencia
- Insume menos ciclos por instrucción

El procesador más productivo también es PRO1:

- Posee un MIPS de 8,52, contra 8 de PRO2