

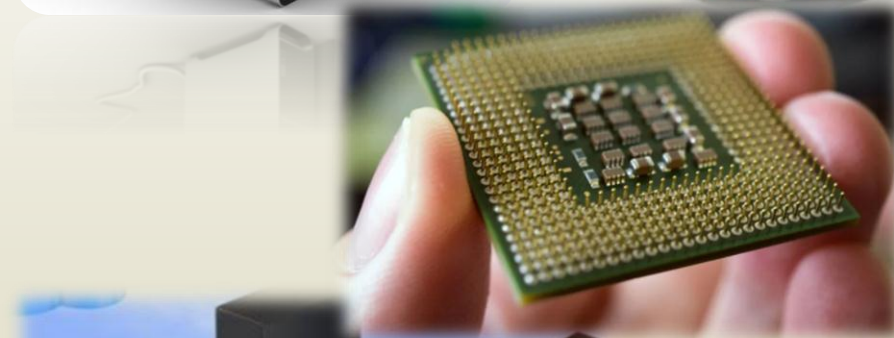


# **TÉCNICAS Y ESTRUCTURAS DIGITALES**

**Medidas de Rendimiento**

# ¿Por qué evaluar el rendimiento de una computadora?

- Comparar el diseño de las arquitecturas en lo que respecta a hardware y software (compiladores) para optimizar el diseño.
- La velocidad es importante pero no es el único parámetro. La velocidad de procesamiento no sólo depende de la velocidad del procesador, sino también del hardware y software de ese equipo.
- El poder de cómputo de la PC y los dispositivos tecnológicos se expande.



# Medidas de rendimiento

➤ ¿Cómo evaluamos el RENDIMIENTO de una computadora?

## ➤ VELOCIDAD

➤ *Ciclos por Instrucción (CPI)*

➤ *Frecuencia de Reloj*

➤ *Hercio (Hz)*

➤ *Duración de ciclo*

➤ *Tiempo de Ejecución de Programa*

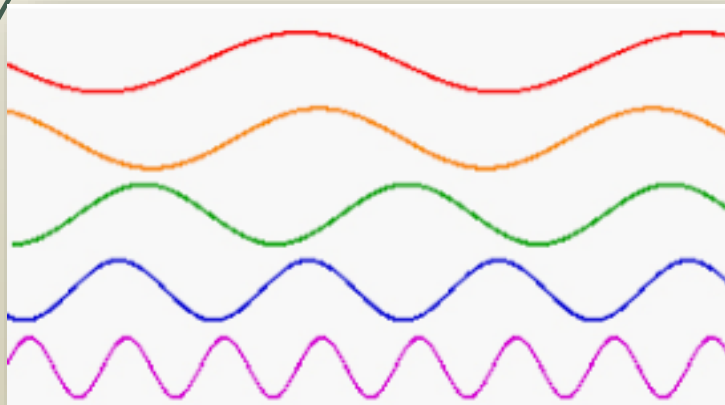
## ➤ PRODUCTIVIDAD

➤ *MIPS (Millones de Instrucciones Por Segundo)*

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

# Frecuencia

- La **frecuencia** es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier evento periódico.
- El **período** es la duración de tiempo de cada evento repetitivo, por lo que el período es el recíproco de la frecuencia.



- *Para calcular la frecuencia de un suceso, se contabilizan un número de ocurrencias de este, teniendo en cuenta un intervalo temporal, y luego ambos valores se dividen.*



El corazón late entre 60 y 100 veces por minuto

## Frecuencia. Ejemplo

- Evento periódico: Llegan mensajes de wpp; cuento el evento durante todo el día.

- Registro:  $16(10k)+80(gym)+9(e)+12(ha)+0(ho)+21(H)+18(f)+4(E)+6(vs) = 166$

- ¿Cuál es su frecuencia? ¿Cuántas wpp llegan por hora?

$$\frac{166 \text{ wpp}}{24 \text{ hs}} = 6,9 \text{ wpp por hora} \quad \text{ó} \quad \frac{166 \text{ wpp}}{16 \text{ hs}} = 10,3 \text{ wpp por hora}$$

- ¿Y el período? ¿Cada cuánto tiempo llega un wpp?

- $1/\text{Frecuencia} = 16 \text{ hs} / 166 \text{ wpp} = 16/166 = 0,096 \text{ hs por wpp}$

- $0,096 \text{ hs} = 5,78' \Rightarrow$  cada 5' 46" llega un wpp

- El período es de 5,78'





# Ejercicio 1. Frecuencia

Evento periódico: Sale una patrulla a controlar si la gente cumple la cuarentena; cuento y registro el evento de lunes a viernes.

LUNES

MARTES

MIERCOLES

JUEVES

VIERNES



## Ejercicio 1. Frecuencia

- ▶ Evento periódico: Sale una patrulla a controlar si la gente cumple la cuarentena; cuento el evento de lunes a viernes, registro: salieron 80 patrullas.
- ▶ *¿Cuál es su frecuencia? ¿Cuántas patrullas salen por día?*

$$\frac{80 \text{ patrullas}}{5 \text{ días}} = 16 \text{ patrullas por día.}$$

- ▶ *¿Y el período? ¿Cada cuánto tiempo sale una patrulla?*
- ▶ **1/Frecuencia** = 5 días / 80 patrullas = 1/16 = 0.0625 días por patrulla
- ▶ 0.0625 días = 1.5 hs = 90' (cada hora y media sale un patrulla)
- ▶ **El período es de una hora y media.**

# Frecuencia: Hercio

- **HERCIO:** Un hercio es la frecuencia de un suceso o fenómeno repetido por segundo. Así, un fenómeno con una frecuencia de dos hercios se repite dos veces por segundo. *Mide repeticiones, la cantidad de veces que ocurre un evento en un segundo.*

$$1 \text{ hercio} = 1 \text{ Hz}$$

$$f = \frac{\text{Ciclos}}{\text{Segundo}}$$

Magnitud

Hz

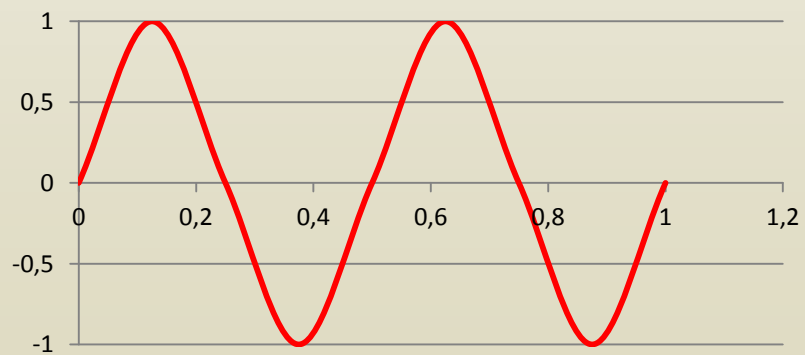
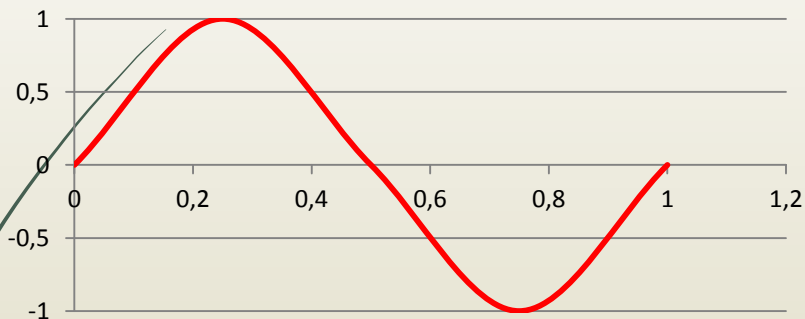
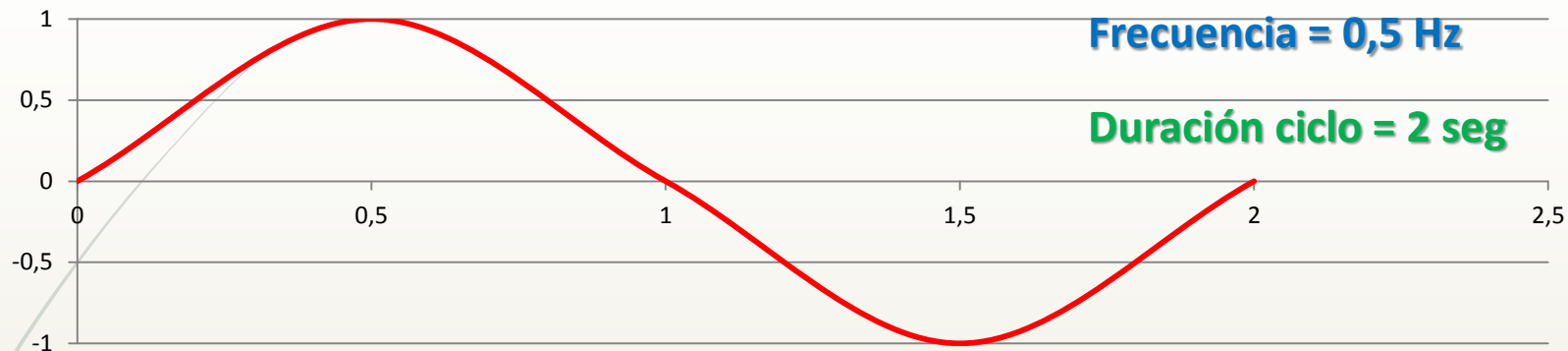
Símbolo

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{seg}}$$

- Por ejemplo: 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 ( $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$ )



# Hercio: repeticiones por segundo



●  $f = 0.5 \text{ Hz}$   
 $T = 2.0 \text{ s}$

●  $f = 1.0 \text{ Hz}$   
 $T = 1.0 \text{ s}$

●  $f = 2.0 \text{ Hz}$   
 $T = 0.5 \text{ s}$

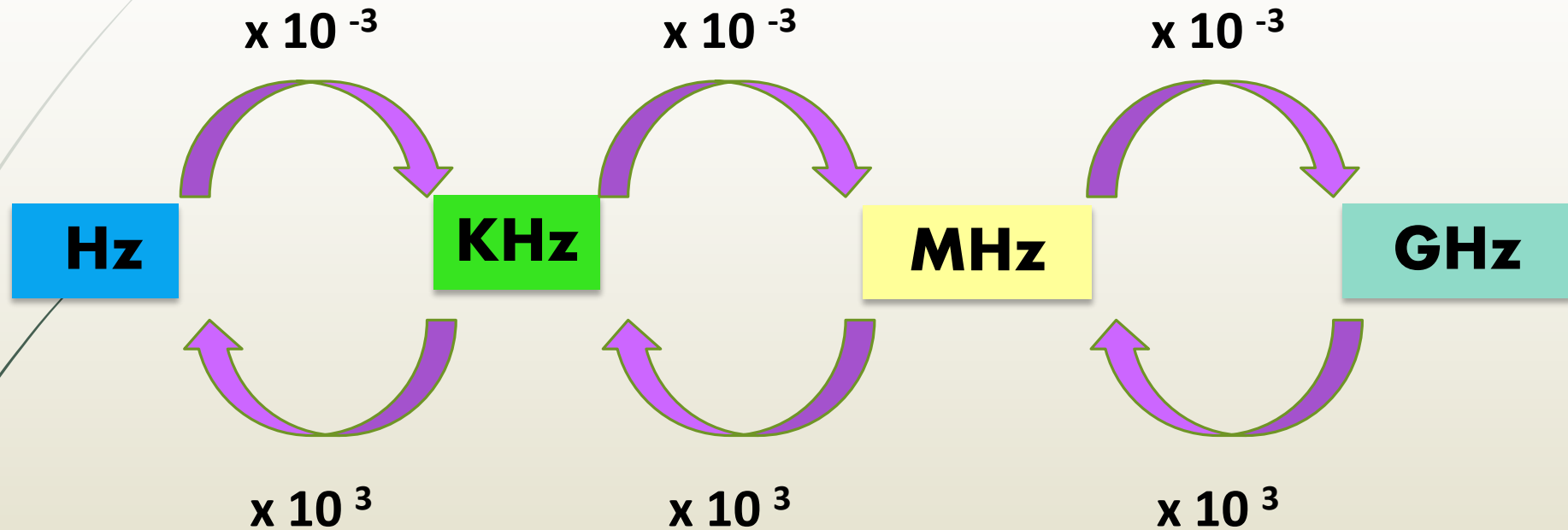
$$f = \frac{1}{\text{Duración de ciclo}}$$

$$\text{Duración de ciclo} = \frac{1}{f}$$

## Frecuencia y Hercio. Ejemplos

- ▶ Por ejemplo, un microprocesador que trabaja a una velocidad de 500 MHz es capaz de procesar 500.000.000 de ciclos por segundo ( $500 \times 10^6$  Hz)
- ▶ Un procesador que trabaja a 1 GHz ¿Cuántos ciclos por segundo es capaz de ejecutar?
  - ▶ **1 GHz =  $1 \times 10^9$  Hz => Es capaz de ejecutar  $10^9$  ciclos por segundo.**
- ▶ Si un procesador ejecuta  $133 \times 10^6$  ciclos en 1 segundo ¿Cuál es su frecuencia?
  - ▶ **1 MHz =  $1 \times 10^6$  Hz =>  $133 \times 10^6$  ciclos por segundo son 133 MHz**
- ▶ Si un procesador puede procesar  $4 \times 10^9$  ciclos en 1 minuto ¿Cuál es su frecuencia? ¿Cuál es la duración del ciclo?
  - ▶ **Frecuencia =  $(4 \times 10^9 \text{ ciclos} / 60'') \text{ Hz} = 0,067 \times 10^9 \text{ Hz} = 0,067 \text{ GHz} = 67 \times 10^6 \text{ Hz} = 67 \text{ MHz}$**
  - ▶ Duración del ciclo =  $60'' / 4 \times 10^9 \text{ ciclos} = 15 \times 10^{-9} \text{ ciclos} = 0,000000015 \text{ seg} = 15 \text{ ns}$ 
    - ▶ **Nanosegundo: milmillonésima parte de un segundo (1 ns =  $10^{-9}$  segundo)**

# Unidades de medida de Frecuencia



$$10^3 \text{ Hz} = 1 \text{ KHz}$$

$$10^6 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}$$

$$10^9 \text{ Hz} = 1 \text{ GHz}$$

$$10^3 \text{ KHz} = 1 \text{ MHz}$$

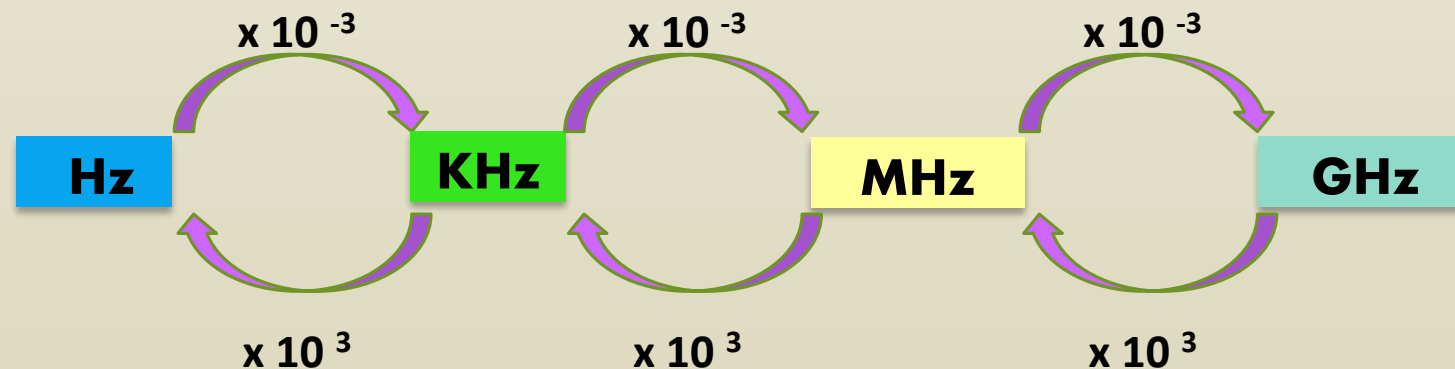
$$10^6 \text{ KHz} = 1 \text{ GHz}$$

$$10^3 \text{ MHz} = 1 \text{ GHz}$$

# Unidades de Frecuencia: Ejemplos

► Complete la siguiente tabla con los valores apropiados:

Frecuencia	Hz	KHz	MHz	GHz
$65 \times 10^4$ Hz	$65 \times 10^4$ Hz	$65 \times 10^4 \times 10^{-3}$ KHz = 650 KHz	$650 \times 10^{-3}$ MHz = 0.65 MHz	$0.65 \times 10^{-3}$ GHz = 0.00065 GHz
9650 KHz	$9650 \times 10^3$ Hz = 9650000 Hz	9650 KHz	$9650 \times 10^{-3}$ MHz = 9.65 MHz	$9.65 \times 10^{-3}$ GHz = 0.00965 GHz = $9.65 \times 10^{-3}$ GHz
$4 \times 10^8$ MHz	$4 \times 10^{11} \times 10^3$ Hz = $4 \times 10^{14}$ Hz	$4 \times 10^8 \times 10^3$ KHz = $4 \times 10^{11}$ KHz	$4 \times 10^8$ MHz	$4 \times 10^8 \times 10^{-3}$ GHz = $4 \times 10^5$ GHz = 40000 GHz



# Frecuencia y Duración de ciclo de reloj

- Complete la siguiente tabla con los valores de frecuencia o duración de ciclo de reloj apropiados:

Frecuencia	Duración del ciclo de reloj
2 KHz	$1 / (2 \times 10^3 \text{ Hz}) = 1/2000 \text{ Hz} = 0.0005 \text{ seg}$
$1 / (25 \times 10^{-3}) = 1000/25 = 40 \text{ Hz}$	$25 \times 10^{-3} \text{ seg} = 0,025 \text{ seg}$
1,8 MHz	$1 / (1,8 \text{ MHz}) = 1 / (1,8 \times 10^6 \text{ Hz}) = 1/1800000 = 5,5 \times 10^{-7} \text{ seg}$
$10^9 \text{ Hz} = 1 \text{ GHz}$	$1 \text{ ns} = 1 \times 10^{-9} \text{ seg}$

$$f = \frac{1}{\text{Duración de ciclo}}$$

$$\text{Duración de ciclo} = \frac{1}{f}$$



# Tiempo de Ejecución de un programa

## ► *Tiempo de Ejecución*

- El 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.

## ► *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)

$$\text{CPI} = \frac{\text{Nº total de ciclos}}{\text{Nº total de instrucciones}}$$

## ► *Frecuencia de Reloj*

- 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 herz)

# Tiempo de Ejecución: Ejemplo

- ¿Cuál es la duración del siguiente programa, sabiendo que la duración del ciclo es de 0,5 segundos?

PROGRAMA	Ciclos que insume cada instrucción	Duración de cada instrucción
Lee A	2	1 seg
Lee B	2	1 seg
C = A + B	4	2 seg
D = A - B	4	2 seg
E = A * B	8	4 seg

El procesador descompone cada instrucción para posibilitar su ejecución en ciclos de procesador.

Tiempo de ejecución =  $\sum$  Duraciones de las instrucciones

Total ciclos: 20 ciclos

Total instrucciones: 5

Promedio = 20 ciclos/5 instrucciones = **4 CPI**

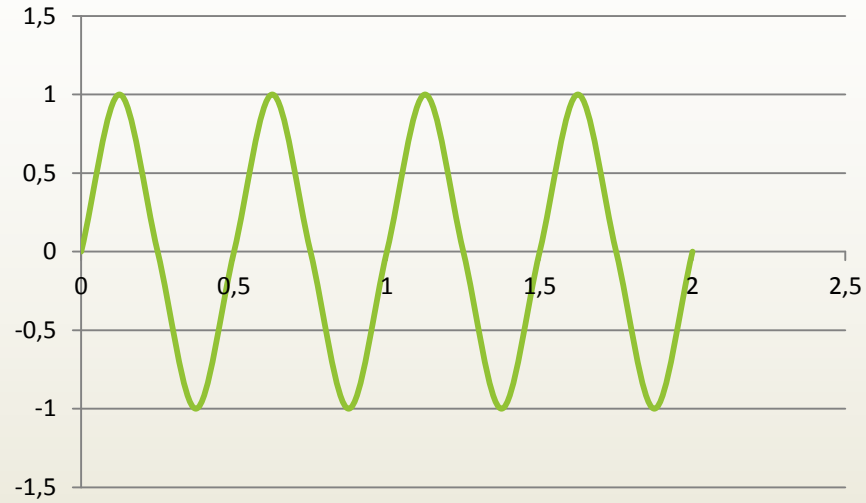
Tiempo de ejecución = N° total de instrucciones x CPI x Duración del ciclo

Tiempo de ejecución = 5 instruc x  $\frac{4 \text{ ciclos}}{\text{Instruc}}$  x  $\frac{0,5 \text{ seg}}{\text{ciclo}}$

Tiempo de ejecución = 10 seg

CPI?

# Tiempo de Ejecución



1 Ciclo = 0,5 seg



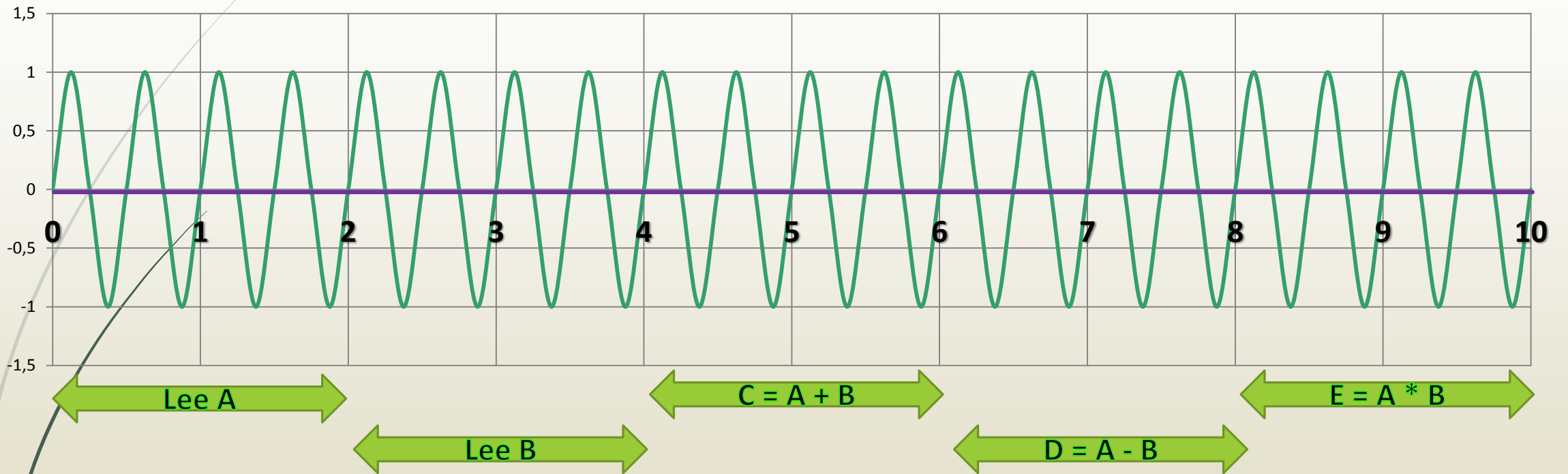
2 ciclos en 1 seg



4 ciclos en 2 seg

=> cada instrucción se ejecuta en 2 segundos  
Como son 5 instrucciones, el programa tiene  
un Tiempo de Ejecución de 10 seg

# Tiempo de Ejecución



CPI = 4

Tiempo de Ej = 10 seg

Duración de ciclo = 0,5 seg

Frecuencia = 2 Hz

¿ Frecuencia ?

Frecuencia =  $1 / \text{Duración de ciclo} = 1 / 0,5 \text{ seg} = 2 \text{ Hz}$

# Tiempo de Ejecución

- ¿Cuál es la duración de un programa que consta de 500 instrucciones, sabiendo que el CPI del procesador donde se ejecuta es de 6 y la duración del ciclo es de 0,2 segundos? ¿Cuál es la frecuencia de dicho procesador?
- Verifique el tiempo de ejecución, en función de la frecuencia.

## ► DATOS:

► Duración del ciclo: 0,2 seg

► Nº total de instruc: 500

► CPI = 6

## INCÓGNITA:

► Tiempo de Ejecución

► Frecuencia

Tiempo de ejecución = Nº total de instrucciones x CPI x Duración del ciclo

$$\text{Tiempo de ejecución} = 500 \times 6 \times 0,2 \text{ seg} = 600 \text{ seg} = 20'$$

$$\text{Frecuencia} = 1 / \text{Duración de ciclo} = 1 / 0,2 \text{ seg} = 5 \text{ Hz}$$

Tiempo de ejecución = Nº total de instrucciones x CPI x 1 / Frecuencia

Tiempo de ejecución =  $\frac{\text{Nº total de instrucciones} \times \text{CPI}}{\text{Frecuencia}}$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{500 \times 6}{5 \text{ Hz}} = 600 \text{ seg}$$



# MIPS: Millones de Instrucciones por segundo

Millones

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

**Ejemplo:** Un procesador con MIPS = 15, quiere decir que es capaz de que ejecutar 15.000.000 de instrucciones en 1"

Sabemos que:

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

Reemplazando Tiempo de Ejecución en la fórmula de MIPS:

$$\text{MIPS} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de instrucciones}}{\text{Tiempo de Ejecución}} \times 10^{-6} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de instrucciones} \times 10^{-6}}{\frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de instrucciones} \times \text{CPI}}{\text{Frecuencia}}}$$

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

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

# Ejercicio de aplicación 1

- Dado un programa compuesto por  $3 \times 10^6$  instrucciones que se ejecuta sobre un sistema que opera a 2 MHz y que consume  $930 \times 10^6$  ciclos de máquina. Determine el Tiempo de ejecución del programa y el MIPS de este sistema. ¿Cuántos ciclos en promedio le consume al procesador la ejecución de las instrucciones?

## DATOS:

Nº total de instrucción =  $3 \times 10^6$

Frecuencia = 2 MHz

Nº total ciclos =  $930 \times 10^6$

## INCOGNITAS:

Tiempo de Ejecución

MIPS

CPI

## SOLUCION:

$$1) \text{ CPI} = \frac{930 \times 10^6}{3 \times 10^6} = 930 / 3 = 310$$

$$2) \text{ Tiempo de Ejecución} = \frac{3 \times 10^6 \times 310}{2 \text{ MHz}} = \frac{3 \times 10^6 \times 310}{2 \times 10^6 \text{ Hz}} =$$

$$\text{Tiempo de Ejecución} = 465 \text{ seg (7'45'')}$$

$$3) \text{ MIPS} = \frac{3 \times 10^6}{465 \text{ seg}} \times 10^{-6} = 0,00645$$

**RESPUESTA:** El tiempo de ejecución del programa es de 7'45''. El sistema posee un MIPS de 0,00645. El procesador dedica 310 ciclos por instrucción, en promedio.

## Ejercicio de aplicación 2

- Dados los sistemas S1 y S2 cuyas características de Frecuencia y CPI se exponen en el cuadro, se necesita determinar cuál de ellos ejecutará **más rápido** el programa P1, sabiendo que el compilador de S1 obtuvo  $2 \times 10^6$  instrucciones para P1 y el de S2  $2,5 \times 10^6$ . También se desea conocer cuál de los dos sistemas es **más productivo**.

SISTEMA	FRECUENCIA	CPI
S1	72 MHz	8
S2	77 MHz	9

## Ejercicio de aplicación 2

- Dados los sistemas S1 y S2 cuyas características de Frecuencia y CPI se exponen en el cuadro, se necesita determinar cuál de ellos ejecutará **más rápido** el programa P1, sabiendo que el compilador de S1 obtuvo  $2 \times 10^6$  instrucciones para P1 y el de S2  $2,5 \times 10^6$ . También se desea conocer cuál de los dos sistemas es **más productivo**.

SISTEMA	FRECUENCIA	CPI	Nº de Instrucciones	Tiempo de Ejecución P1	MIPS
S1	72 MHz = $72 \times 10^6$ Hz	8	$2 \times 10^6$	0,2222 seg	9
S2	77 MHz = $77 \times 10^6$ Hz	9	$2,5 \times 10^6$	0,2922 seg	8,555

$$\text{MIPS S1} = \frac{2 \times 10^6}{0,2222 \text{ seg}} \times 10^{-6}$$

$$\text{MIPS S2} = \frac{2,5 \times 10^6}{0,2922 \text{ seg}} \times 10^{-6}$$

**RESPUESTA:** El sistema S1 ejecuta más rápido el programa P1, y también es más productivo.

## MFLOPS nativos y normalizados

- **Millones de operaciones en punto flotante por segundo.**
- **NATIVOS:** Los que se calculan sin ponderar.
- **NORMALIZADOS:** Se calculan con **ponderación**, de acuerdo a la complejidad de las operaciones.

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



## Ejercicio de aplicación 3

- Sabiendo que, en **4 segundos**, un microprocesador ejecuta un programa de cálculo numérico cuyas operaciones de coma flotante se indican en la siguiente tabla, determine los MFLOPS nativos y normalizados del sistema.

Tipo de Operación	Operaciones en Punto Flotante	Peso
Suma	5.000.000	1
Potencia	8.000.000	4
Radicación	6.500.000	4
Trigonómicas	3.000.000	12

## Ejercicio de aplicación 3

- Sabiendo que, en **4 segundos**, un microprocesador ejecuta un programa de cálculo numérico cuyas operaciones de coma flotante se indican en la siguiente tabla, determine los MFLOPS nativos y normalizados del sistema.

### DATOS:

- Tiempo de Ejecución
- Cantidad de Operaciones en punto flotante
- Pesos

### INCOGNITAS:

- MFLOPS nativos
- MFLOPS normalizados

Tipo de Operación	Operaciones en Punto Flotante	Peso	PONDERACIÓN
Suma	5.000.000	1	$5 \times 10^6$
Potencia	8.000.000	4	$8 \times 10^6 \times 4 = 32 \times 10^6$
Radicación	6.500.000	4	$6,5 \times 10^6 \times 4 = 26 \times 10^6$
Trigonómicas	3.000.000	12	$3 \times 10^6 \times 12 = 36 \times 10^6$
<b>TOTALES→</b>	<b><math>22,5 \times 10^6</math></b>		<b><math>99 \times 10^6</math></b>

Total de Operaciones en punto flotante =  $22,5 \times 10^6$

Total de operaciones en punto flotante (ponderadas) =  $99 \times 10^6$

## Ejercicio de aplicación 3

### SOLUCION:

Total de Operaciones en punto flotante =  $22,5 \times 10^6$

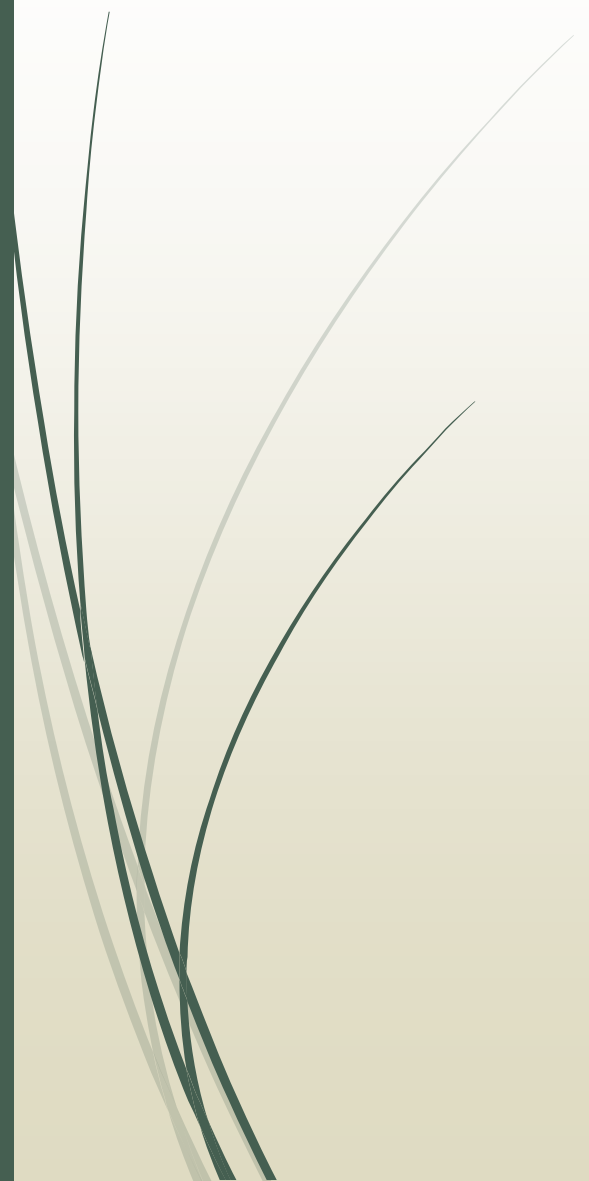
Total de operaciones en punto flotante (ponderadas) =  $99 \times 10^6$

Tiempo de Ejecución = 4 segundos

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

$$\text{MFLOPS nativos} = \frac{22,5 \times 10^6}{4 \text{ seg}} \times 10^{-6} = 5,625$$

$$\text{MFLOPS normalizados} = \frac{99 \times 10^6}{4 \text{ seg}} \times 10^{-6} = 24,75$$



**ia estudiar!**