

---

# **Prestacions dels Ordinadors**

Figures de Mèrit de Rendiment

Lleis de Amdahl

# Prestacions dels Ordinadors

---

Els paràmetres característics necessaris per caracteritzar les prestacions dels ordinadors són:

1. Ample de paraula:  $n^{\circ}$  bits que fa servir el uP en paral·lel.
2. Memòria: Indica la mida de la memòria principal del uP
3. Memòria auxiliar: Expressa en Mbytes o Gbytes la mida dels perifèrics tipus disc que contingui el uP.
4. Ample de banda: Cabal d'informació capaç de transmetre un bus a una unitat de temps
5. MIPS: (milions de instruccions per segon). Velocitat d'execució de les instruccions de la màquina
6. MFLOPS (milions d'operacions en coma flotant per segon). Velocitat de càlcul científic d'un computador

# Exemple prestaciones

	Clarkdale - 32nm		Lynnfield - 45nm		Bloomfield - 45nm
Modelos	Core i3	Core i5 6xx	Core i5 7xx	Core i7 8xx	Core i7 9xx
Velocidad	2.93 - 3.06 Ghz	3.2 - 3.46 Ghz	2.66 Ghz	2.8 Ghz	2.66 - 3.33 Ghz
Núcleos / Procesos	2/4	4/4	4/4	4/8	4/8
Memoria Caché	4MB	4MB	8MB	8MB	8MB

## Bandwidth Comparison

	Bus Clock	Internal Rate	Prefetch	Transfer Rate	Channel Bandwidth
DDR	100-200 MHz	100-200 MHz	2n	0.20-0.40 GT/s	1.60-3.20 GBps
DDR2	200-533 MHz	100-266 MHz	4n	0.40-1.06 GT/s	3.20-8.50 GBps
DDR3	400-1066 MHz	100-266 MHz	8n	0.80-2.13 GT/s	6.40-17.0 GBps
DDR4	1066-2133 MHz	100-266 MHz	8n	2.13-4.26 GT/s	12.80-25.60 GBps

# MIPS i MFLOPS

---

Calquem els MIPS a partir del nombre total d'instruccions i del temps que triguen en executar-se

$$MIPS = \frac{N^{\circ} \text{ total de instruccions}}{\text{temps que triga}} \times 10^{-6}$$

Donat que el temps depèn de la freqüència del sistema, tindrem

$$\text{temps que triga} = N^{\circ} \text{ cicles clk} \times \text{temps de cicle} = \frac{\langle N^{\circ} \text{ cicles clk} \rangle}{\text{Freqüència}}$$

$$\rightarrow MIPS = \frac{N^{\circ} \text{ total de instruccions} \times \text{Freqüència}}{\langle N^{\circ} \text{ cicles de clk} \rangle} \times 10^{-6}$$

# MIPS i MFLOPS

---

De les expressions anteriors podem extreure un paràmetre clau:  
Els Cicles Per Instrucció

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

Els MIPS permeten calcular el temps que triga en executar-se un determinat programa amb un determinat nombre d'instruccions. El temps d'execució pot calcular-se com:

$$t_{exec} = \frac{N^{\circ} \text{ total d'instruccions} \times CPI}{Freqüència} = \frac{N^{\circ} \text{ total d'instruccions}}{MIPS} \times 10^{-6}$$

# Exemple

---

Un programa consta de 140 instruccions, de les quals 70 triguen en executar-se 4 cicles, 35 triguen en executar-se 5 cicles, 20 triguen en executar-se 3 cicles i les 15 restants triguen 7 cicles

- 1.- Calculeu el CPI promig per aquest programa
- 2.- Si l'ordinador funciona a una freqüència de 20 MHz, calculeu el temps que triga en executar el programa
- 3.- Calculeu els MIPS del  $\mu$ Processador.

# Exemple

---

$$CPI = \frac{N^o \text{ cycles clock}}{N^o \text{ total Instruccions}} = \frac{70 \cdot 4 + 35 \cdot 5 + 20 \cdot 3 + 15 \cdot 7}{140}$$

$$CPI \cong 4.42$$

$$t_{exe} = \frac{N^o \text{ total Instruccions} \cdot CPI}{\text{Freqüència}} = \frac{140 \cdot 4.42}{20 \cdot 10^6}$$

$$t_{exe} = 31 \mu s$$

$$MIPS = \frac{\text{Freqüència}}{CPI} \cdot 10^{-6} = \frac{20 \cdot 10^6}{4.42} \cdot 10^{-6}$$

$$MIPS = 4.52$$

# Rendiment d'un Ordinador

---

Definim el rendiment que té un determinat uP per executar un programa com:

$$\eta = \frac{1}{t_{exec}} = \frac{Freqüència}{N^{\circ} instruccions \times CPI}$$

On el temps d'execució no és més que el N<sup>o</sup> instruc. x Temps que triga en executar-se una instrucció.



# Rendiment d'un Ordinador

---

El rendiment d'un uP és directament proporcional a la freqüència de treball

El rendiment d'un uP és inversament proporcional al valor del CPI

La potència de processament és inversament proporcional al  $n^0$  total d'instruccions que s'han d'executar.

# Comparativa del Rendiment

Ordinadors estudiats:

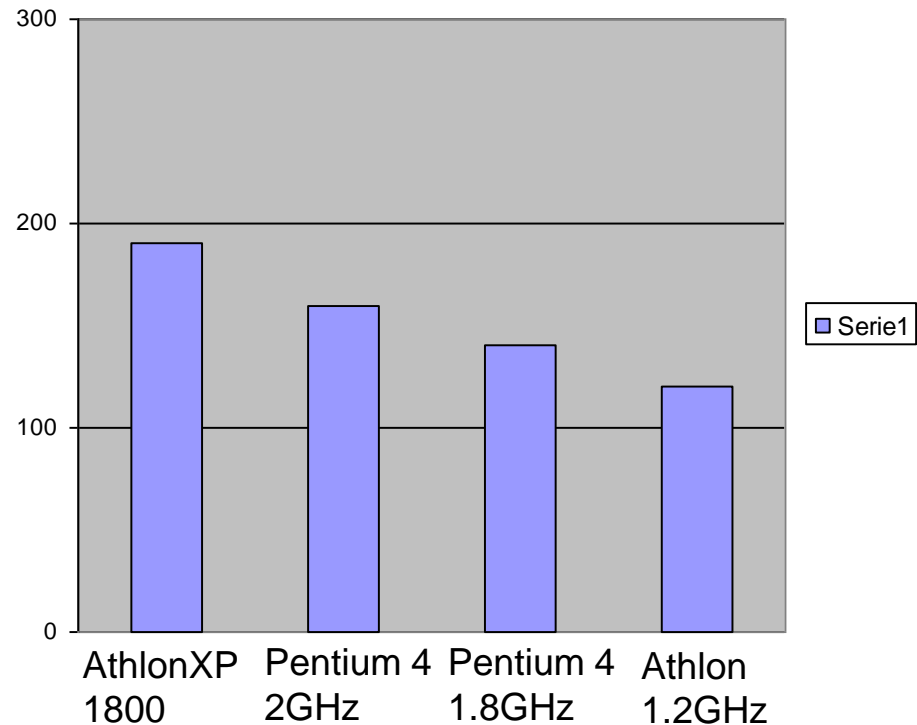
AMD Athlon XP 1800

Intel Pentium 4 2GHz

Intel Pentium 4 1.8GHz

AMD Athlon 1.2GHz

Font: Bapco Sysmark 2001 Resultat Global



# Comparativa del Rendiment (II)

---

Tot i que la freqüència del Pentium 4 es superior (2GHz), aquest processador té un CPI major que els seus predecessors per tant a igual freq. té menor rendiment. En el cas de AMD, el seu processador tot i treballar a una freq. inferior, donat que té un CPI inferior presenta un rendiment superior.

Per tal de fer aquests estudis les empreses utilitzen programes de prova o benchmarks especialment dissenyats per tal efecte.

# Exemple

---

Es disposa de les següents dades per dos ordinadors i una determinada aplicació:

- 1.- Power PC 601 de 80 MHz de freqüència i 70 Megainstruccions per segon (MIPS) de potència
- 2.- Pentium 120 MHz i 85 MIPS

Calculeu els CPI promig de cada processador

Si es fa servir un programa de 70 línies de codi, determina el temps d'execució, el rendiment i valora quin dels dos ordinadors presenta millor rendiment.

# Exemple

---

1)

$$CPI_1 = \frac{Freqüència_1}{MIPS_1} \cdot 10^{-6} = \frac{80 \cdot 10^6}{70} \cdot 10^{-6} \quad \boxed{CPI_1 \cong 1.142}$$

$$CPI_2 = \frac{Freqüència_2}{MIPS_2} \cdot 10^{-6} = \frac{120 \cdot 10^6}{85} \cdot 10^{-6} \quad \boxed{CPI_2 \cong 1.412}$$

2)

$$t_{exe_1} = \frac{N^o \text{ total Instruccions}}{MIPS_1} \cdot 10^{-6} = \frac{70}{70} \cdot 10^{-6} \quad \boxed{t_{exe_1} = 1 \mu s}$$

$$t_{exe_2} = \frac{N^o \text{ total Instruccions}}{MIPS_2} \cdot 10^{-6} = \frac{70}{85} \cdot 10^{-6} \quad \boxed{t_{exe_2} = 0.82 \mu s}$$

# Exemple

---

3)

$$\eta_1 = \frac{1}{t_{exe1}} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-6}}$$

$$\boxed{\eta_1 = 1 \text{ MHz}}$$

$$\eta_2 = \frac{1}{t_{exe2}} = \frac{1}{0.82 \cdot 10^{-6}}$$

$$\boxed{\eta_2 \cong 1.22 \text{ MHz}}$$

# Augment del rendiment: Lleis de Amdahl

Les lleis d'Amdahl serveixen per evaluar l'augment de rendiment en un sistema al introduir una millora.

Es recomana sempre millorar aquells elements que es fan servir més freqüentment, ja que són els que més influeixen en el rendiment.

## Primera Ley de Amdahl:

“L'augment del rendiment per una millora està limitat per el temps que s'utilitza aquesta millora”

$$t_{\text{millorat}} = t_{\text{antic}} \times \left( \frac{\text{Fracció de temps millorada}}{\text{Guany de velocitat}} + \text{Fracció de temps no millorada} \right)$$

# Augment del rendiment: Lleis de Amdahl

---

Exemple:

Es canvia la ALU d'un uP dedicat a una tasca a la qual hi dedica el 50% del temps. La nova ALU és dos vegades més ràpida que l'anterior. Quin és el temps de millora?

$$T_{\text{millora}} = T_{\text{anterior}} \times \left\{ \left( 0.5/2 \right) + 0.5 \right\} = T_{\text{anterior}} \times 0.75$$



# Augment del rendiment: Lleis de Amdahl

---

Definim l'acceleració com:

$$\text{Acceleració} = \frac{\text{temps inicial d'execució}}{\text{temps d'execució després de millora}}$$

Imaginem que tenim una aplicació en la que el 25% de les instruccions pot millorar-se amb un factor 10 i la resta de les instruccions no es poden millorar. Quina speed-up (acceleració) es podria assolir segons la **Llei de Amdahl** ?

$$A = \frac{1}{\frac{0,25}{10} + 0,75} = \frac{1}{0,775} = 1,2903$$

**Podem interpretar que la millora és del 29,03%**

# Augment del rendiment: Lleis de Amdahl

---

## Segona Llei de Amdahl

“ Quan s'introdueix una millora a un computador  
previament millorat, l'increment del rendiment és  
menor que si aquesta millora s'hagués introduït  
sobre el uP sense millorar”

Aquesta llei va enfocada a la variació del rendiment  
quan es realitzen millores successives

# Augment del rendiment: Lleis de Amdahl

---

## Exemple

A un uP se li fa una millora a la ALU, sent 30% més ràpida que l'anterior, i el programa fa un us d'aquesta millora el 40% del temps. Posteriorment es canvia la caché substituint-la per una 4 vegades més ràpida, amb una tasa d'encerts del 80% i tenint en compte que el programa presenta un 15% del temps en accessos a memòria.

Percentatge de millora del temps:

- a) Si només canbiem la caché
- b) Si només substituïm la ALU
- c) Si primer es canvia la ALU i després la caché

# Augment del rendiment: Lleis de Amdahl

---

Calculem la millora de la caché (considerem un temps inicial de 100 segons):

$$t_{\text{caché}} = 100 \times \left( \frac{0.15 \times 0.8}{4} + 0.88 \right) = 91 \text{ segons}$$

Calculem la millora de la ALU:

$$t_{\text{ALU}} = 100 \times \left( \frac{0.4}{1.3} + 0.6 \right) = 90.77 \text{ segons}$$

Aplicant les dues millores tenim:

$$t_{\text{ALU+caché}} = 90.77 \times \left( \frac{0.15 \times 0.8}{4} + 0.88 \right) = 82.6 \text{ segons}$$

## Exemple

---

Un ordinador té 512 Mbytes de memòria RAM i un processador pentium 4 a 1 GHz de freqüència. Usualment fa servir programes que utilitzen el 35% del temps d'execució en accedir a la memòria. L'accés al disc dur ocupa el 12% del temps. Ens pregunten que és millor:

Canviar la memòria per una altra que dobla la velocitat d'accés o

Comprar un altre disc dur amb el quàdruple de la velocitat d'accés al disc

Què passa si fem les dues millores?

# Exemple: Primera Llei Amdahl

---

MP:

$$t_{MP} = t_{inicial} \cdot \left( \frac{\text{Fracció temps millora MP}}{\text{Guany velocitat MP}} + \text{Fracció temps no millorada} \right)$$

$$t_{MP} = t_{inicial} \cdot \left( \frac{0.35}{2} + 0.65 \right) = t_{inicial} \cdot 0.825$$

HD:

$$t_{HD} = t_{inicial} \cdot \left( \frac{\text{Fracció temps millora HD}}{\text{Guany velocitat HD}} + \text{Fracció temps no millorada} \right)$$

$$t_{HD} = t_{inicial} \cdot \left( \frac{0.12}{4} + 0.88 \right) = t_{inicial} \cdot 0.91$$

MP-HD:

$$t_{MP\_HD} = t_{MP} \cdot \left( \frac{\text{Fracció temps millora HD}}{\text{Guany velocitat HD}} + \text{Fracció temps no millorada} \right)$$

$$t_{MP\_HD} = t_{MP} \cdot \left( \frac{0.12}{4} + 0.88 \right) = t_{MP} \cdot 0.91 = t_{inicial} \cdot 0.825 \cdot 0.91 \cong t_{inicial} \cdot 0.75$$

# Exemple: Segona Llei Amdahl

---

MP:

$$t_{inicial} - t_{MP} = t_{inicial}(1 - 0.825) = 0.175 \cdot t_{inicial}$$

HD:

$$t_{inicial} - t_{HD} = t_{inicial}(1 - 0.91) = 0.09 \cdot t_{inicial}$$

MP-HD:

$$t_{MP} - t_{MP\_HD} = t_{MP}(1 - 0.91) = 0.09 \cdot t_{MP} = 0.09 \cdot 0.175 \cdot t_{inicial} \cong 0.016 \cdot t_{inicial}$$