

# Problemas Tema 1

## PROBLEMA 1

	CPI	Frecuencia
Procesador A	1,2 ciclos/instrucción	2 GHz
Procesador B	1,5 ciclos/instrucción	3 GHz

a) Calcular el tiempo de ciclo de cada procesador

$$T_{c, \text{procesador A}} = \frac{1}{f_a} = \frac{1}{2 \times 10^9} = 500 \times 10^{-12} \text{ segundos}$$

$$T_{c, \text{procesador B}} = \frac{1}{f_b} = \frac{1}{3 \times 10^9} = 333 \times 10^{-12} \text{ segundos}$$

b) Suponiendo que un programa P ejecuta  $2 \cdot 10^6$  instrucciones dinámicas en ambos procesadores, ¿cuál es el tiempo de ejecución del programa P en cada procesador?

Procesador A:

$$T_{\text{exe}} = N \cdot \text{CPI}_A \cdot T_{cA} = 2 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 500 \cdot 10^{-12} = 1,20 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Procesador B:

$$T_{\text{exe}} = N \cdot \text{CPI}_B \cdot T_{cB} = 2 \cdot 10^6 \cdot 1,5 \cdot 333 \cdot 10^{-12} = 999 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

c) Si un programa X se compila y ejecuta en el procesador B en 1s, ¿cuántas instrucciones ejecuta?

$$T_{\text{exe}} = N \cdot \text{CPI}_B \cdot T_{cB}; \quad N = \frac{T_{\text{exe}}}{\text{CPI}_B \cdot T_{cB}} = \frac{1}{1,5 \cdot 333 \cdot 10^{-12}} = \frac{2002002002 \text{ instrucciones}}{2,00 \cdot 10^9 \text{ instrucciones}}$$

d) Si sabemos que el procesador A ejecuta el programa X un 25% más rápido que el procesador B, ¿cuántas instrucciones dinámicas son necesarias para ejecutar el programa X en el procesador A?

$$T_{\text{exeA}} = T_{\text{exeB}} \cdot 0,75; \quad N \cdot \text{CPI}_A \cdot T_{cA} = (N \cdot \text{CPI}_B \cdot T_{cB}) \cdot 0,75; \quad N_A = \frac{\text{CPI}_B \cdot T_{cB} \cdot 0,75 \cdot N_B}{\text{CPI}_A \cdot T_{cA}}$$

$$N_A = \frac{0,75}{1,2 \cdot 500 \cdot 10^{-12}} = 1,25 \cdot 10^9 \text{ instrucciones}$$

e) Suponiendo que todas las instrucciones (tanto de A como de B) se codifican en 4 bytes, ¿cuánto ocupa el programa X compilado para el procesador A?

$$1,25 \cdot 10^9 \cdot 4 = 500 \cdot 10^9 \text{ bytes} = 4,66 \text{ GB}$$

## PROBLEMA 2

frecuencia = 1 GHz

	Instrucciones dinámicas	Instrucciones estáticas	CPI	Instrucciones Dinámicas de acceso a Memoria
Fase 1	$10^6$ instrucciones	$10^6$ instrucciones	2 ciclos/instrucción	$10^6$ instrucciones
Fase 2	$10^9$ instrucciones	$10^6$ instrucciones	3 ciclos/instrucción	$10^7$ instrucciones
Fase 3	$10^9$ instrucciones	$10^6$ instrucciones	4 ciclos/instrucción	$10^7$ instrucciones

a) ¿Cuanto tiempo tarda en ejecutarse el programa en cuestión?

$$T_{\text{exe1}} = 10^6 \cdot 2 \cdot \frac{1}{10^9} = 2.00 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$T_{\text{exe2}} = 10^9 \cdot 3 \cdot \frac{1}{10^9} = 3 \text{ s}$$

$$T_{\text{exe3}} = 10^9 \cdot 4 \cdot \frac{1}{10^9} = 4 \text{ s}$$

$$T_{\text{exe total}} = 2.00 \cdot 10^{-3} \text{ s} + 3 \text{ s} + 4 \text{ s} = 7.002 \text{ s}$$

b) ¿Es un programa intensivo en memoria o en cálculo?

$$\text{Instrucciones totales: } 10^6 + 10^9 + 10^9 = 2 \cdot 10^9 \text{ instrucciones}$$

$$\text{Instrucciones acceso memoria: } 10^6 + 10^7 + 10^7 = 21 \cdot 10^6 \text{ instrucciones}$$

$$\text{Son un } \frac{21 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^9} \cdot 100 = 1.05 \% \Rightarrow \text{Por lo tanto no es intensivo en memoria}$$

Es intensivo en cálculo

c) Si hacemos cambios en la arquitectura de forma que las instrucciones de la Fase 3 se ejecuten un 25 % más rápido, ¿cuál es la ganancia para el conjunto del programa?

$$\text{Ganancia} = \frac{T_A}{T_B} = \frac{7.002}{6.002} = 1.1666 \quad \text{Es un 1.17 veces más rápido}$$

d) ¿Cuál es el CPI de las instrucciones de acceso a memoria (Load/Store) en la Fase 1? y ¿Cuántas veces más rápidas deberían ser las instrucciones de memoria para que la Fase 1 tardase la mitad en ejecutarse?

CPI instrucciones memoria fase 1: 2 ciclos/instrucción ya que todas las instrucciones van a memoria

$$\frac{T_A}{T_B} = x \Rightarrow \frac{2.00 \cdot 10^{-3}}{1.00 \cdot 10^{-3}} = 2 \quad 2 \text{ veces más rápidas}$$



e) Suponiendo que el CPI de las instrucciones de acceso a memoria es el mismo que en la fase 1, ¿cuántas veces más rápidas deberían de ser las instrucciones de memoria para que el programa tardase la mitad en ejecutarse?

Texte: Fase 1:  $2.00 \cdot 10^3 s$

Fase 2:  $10^4 \cdot 2 \cdot \frac{1}{10^9} + (10^9 - 10^4) \cdot 3 \cdot \frac{1}{10^9} = 2.99 s$  (2.97)

Fase 3:  $10^7 \cdot 2 \cdot \frac{1}{10^9} + (10^9 - 10^7) \cdot 4 \cdot \frac{1}{10^9} = 3.98 s$  (3.46)

Texte = 6.972 s → la mitad 3.486 - instrucciones no memoria = 3.444 (6.46)

Solamente mejorando las instrucciones de acceso a memoria no sería suficiente para que el programa entero tardase la mitad en ejecutarse

### PROBLEMA 6

Tipos de instrucciones	% de uso	Coste en ciclos
Aritméticas de enteros	30%	2 ciclos
Acceso a Memoria	30%	5 ciclos
Coma flotante	15%	4 ciclos
Salto	15%	3 ciclos
Otras	10%	4 ciclos

a) Calcula el CPI medio para el procesador X

$$0.3 \cdot 2 + 0.3 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 3 + 0.10 \cdot 4 = 4$$

CPI medio = 4 ciclos/instrucción

b) Suponiendo que el procesador X funciona a una frecuencia de 2 GHz calcula los MIPS y MFLOPS que obtendríamos en dicho conjunto de programas

MIPS:  $x \cdot 4 \cdot \frac{1}{2 \cdot 10^9} = 1$ ;  $x = 5 \cdot 10^8$   $\frac{5 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^6} = 500$

500 MIPS

$$5 \cdot 10^8 \cdot 0.15 \cdot 2 = 150 \cdot 10^6 \quad \frac{150 \cdot 10^6}{10^6} = 150$$

150 MFLOPS

**X1:**

- Duración del ciclo de reloj del procesador X1 aumenta un 5 %
- El procesador X1 ejecuta un 25 % menos de instrucciones de acceso a memoria que X
- El procesador X1 ejecuta un 15 % menos de instrucciones aritméticas que X
- Para el resto de instrucciones el recuento queda inalterado.

c) ¿Qué procesador es más rápido? Justifica

$$CPI = \frac{2 \cdot (0.3 - 0.3 \cdot 0.15) + 5 \cdot (0.3 - 0.3 \cdot 0.25) + 7 \cdot 0.15 + 3 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.1}{0.88} = 4.02$$

$$T_{exe} = 0.88 \cdot 4.02 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 10^9} + \left( \frac{1}{2 \cdot 10^9} \cdot 0.05 \right) \right) = 1.857 \cdot 10^{-9}$$

$$T_{exe} = 4 \cdot \frac{1}{2 \cdot 10^9} = 2 \cdot 10^{-9}$$

$$Speedup = \frac{2 \cdot 10^{-9}}{1.857 \cdot 10^{-9}} = 1.0763$$

7.63% más rápido

$X_1 > X$

d) Calcula los MIPS y MFLOPS para X1

$$MIPS = X \cdot 0.525 \cdot 10^9 \cdot 4.02 = 1 ; X = \frac{473821369.3}{10^6} = 473.82$$

$$MFLOPS = (473.82 \cdot 0.15) \cdot 2 = 142.15$$

### PROBLEMA 9

Un procesador tiene una superficie de 200 mm<sup>2</sup> y se fabrica en una oblea de silicio con una superficie útil de 63200 mm<sup>2</sup>. El coste de una oblea y el proceso de impresión y verificación de los dados (dies) es de 23700 €. Durante este proceso el factor de yield es del 75 %.

a) ¿Cuál es el coste de un dado (die)?

$$\text{Coste del die} = \frac{\text{Coste del wafer}}{\text{Dies por wafer} \times \text{Die yield}} = \frac{23700}{\frac{63200}{200} \times 0.75} = 100 \text{ €}$$

El coste empaquetado y testeado final es de 20 € por dado y el yield final de los circuitos integrados después del testeado final es del 92 %. El fabricante quiere obtener un 50 % de beneficio sobre el coste de fabricación.

b) ¿En media, cuántos circuitos integrados funcionales se producen por oblea?

$$\text{En media se producen } \frac{63200}{200} \times 0.75 \times 0.92 = 218 \text{ dados por oblea}$$



c) ¿Cuál será el precio de venta de los procesadores?

$$\text{Coste de un circuito integrado} = \frac{\text{Coste del die} + (\text{Coste del testeo} + \text{Coste empujando final})}{\text{Yield final}} = \frac{100 + 20}{0.92} = 130.43€$$

$$\text{Como se quiere obtener un 50\% de beneficio} \rightarrow 130.43 \cdot 1.5 = 195.65€$$

Estado	Uso diario sobremesa	Uso diario servidor	consumo procesador viejo	consumo procesador nuevo
Pleno funcionamiento	2h	10h	50 W	40 W
Inactivo/bajo funcionamiento	7h	14h	10 W	5 W
Suspendido/apagado	15h	0h	0 W	0 W

Sobremesa:

d) Calcular el consumo anual de ambos procesadores (en MJ/años/año)

$$\text{Procesador viejo: } 50 \cdot 2 + 3600 + 10 \cdot 7 + 3600 = 612000 \frac{\text{J}}{\text{día}} = \frac{612000 \cdot 365}{10^6} = 223.38 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

$$\text{Procesador nuevo: } 40 \cdot 2 + 3600 + 5 \cdot 7 + 3600 = 414000 \frac{\text{J}}{\text{día}} = \frac{414000 \cdot 365}{10^6} = 151.11 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

e) ¿Durante cuánto tiempo debemos tener el nuevo procesador para amortizar la "embodied" energy?

$$\frac{200}{223.38 - 151.11} = 2.767 \text{ años}$$

Servidor:

f) Calcular el consumo anual de ambos procesadores (en MJ/años/año)

$$\text{Procesador viejo: } 50 \cdot 10 + 3600 + 10 \cdot 14 + 3600 = 2304000 \frac{\text{MJ}}{\text{día}} = 840.96 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

$$\text{Procesador nuevo: } 40 \cdot 10 + 3600 + 5 \cdot 14 + 3600 = 1692000 \frac{\text{MJ}}{\text{día}} = 617.58 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

g) ¿durante cuánto tiempo debemos tener el nuevo procesador para amortizar la "embodied energy"?

$$\frac{200}{840.96 - 617.58} = 0.895 \text{ años}$$

h) ¿Cuál crees que sería la mejor decisión en un entorno en donde tenemos computadores de los 2 tipos?

Los nuevos, ya que consumen menos que los otros

i) ¿Por qué crees que el entorno servidor tiene un mayor coste y mayores consumos a pesar de usar la misma CPU?

Porque se usa más tiempo durante pleno/bajo rendimiento y es más complejo por lo que consume más memoria y placa base.

j) ¿Durante cuánto tiempo debemos tener el nuevo conjunto (CPU + placa + memoria) para amortizar la "embodied energy"?

Sobremesa:

$$\text{Conjunto viejo: } 7200 \cdot 100 + 25200 \cdot 30 + 54000 \cdot 10 = 2 \cdot 10^6 \text{ J/día} = 735.84 \text{ MJ/año}$$

$$\text{Conjunto nuevo: } 7200 \cdot 80 + 25200 \cdot 20 + 54000 \cdot 5 = 1.35 \cdot 10^6 \text{ J/día} = 492.75 \text{ MJ/año}$$

$$\frac{2000}{735.84 - 492.75} = 8.23 \text{ años para amortizar el conjunto de sobremesa}$$

Servidor:

$$\text{Conjunto viejo: } 36000 \cdot 120 + 50400 \cdot 40 = 6.36 \cdot 10^6 \text{ J/día} = 231 \cdot 10^3 \text{ MJ/año}$$

$$\text{Conjunto nuevo: } 36000 \cdot 100 + 50400 \cdot 30 = 5.11 \cdot 10^6 \text{ J/día} = 187 \cdot 10^3 \text{ MJ/año}$$

$$\frac{3000}{2310 - 1870} = 6.82 \text{ años para amortizar el conjunto de servidor}$$

K) Razona bajo que circunstancias se podría considerar ético o no, desde un punto de vista sostenible, un cambio de socket por parte de un fabricante.

No tiene mucho sentido (desde el punto de vista sostenible) de cambiar el socket cada 2-3 años, ya que no podemos amortizar la "embodied energy" que se amortiza con 8.23 años o 6.82 años.

### PROBLEMA 11

pleno

Frecuencia = 3.6 Hz

Bajo consumo  $\rightarrow$  1.6 Hz

Alto consumo  $\rightarrow$  120 W

Alimentada a 1.6 V

Alimentada a 1.6 V

Bajo consumo  $\rightarrow$  275 W

a) Calcula la corriente de fugas (I) y la carga capacitativa equivalente (C) de la CPU.

$$P = C \cdot V^2 \cdot f \rightarrow 120 = C \cdot (1.6)^2 \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ ; } C = 15.6 \cdot 10^{-9} \text{ faradios} = 15.6 \text{ nF}$$

$$P = I \cdot V \rightarrow 120 = I \cdot 1.6 \text{ ; } I = 75 \text{ A}$$