

# PROBLEMAS SESIÓN 1 - TEMA 1

1.1

	CPI	f
proc. A	1,2 cic./inst	2 GHz
proc. B	1,5 cic./inst	3 GHz

a) Calcula el tiempo de ciclo de cada procesador:

$$f = \frac{\text{ciclos}}{\text{seg}}, \text{ por lo que } T_{\text{cic}} = \frac{1}{f}$$

$$T_{\text{cicA}} = \frac{1}{2 \times 10^9 \text{ Hz}} = 500 \times 10^{-12} \text{ s/ciclo} \quad T_{\text{cicB}} = \frac{1}{3 \times 10^9 \text{ Hz}} = 333,3 \times 10^{-12} \text{ s/ciclo}$$

b) Un programa P ejecuta  $2 \times 10^6$  instrucciones dinámicas en ambos.  
¿Cuál es el  $T_{\text{ejec}}$  del programa P en cada procesador?

$$T_{\text{ejec}} = \text{nº inst. dina.} \times \text{CPI} \times T_{\text{c}}$$

$$T_{\text{ejecA}} = 2 \times 10^6_{\text{inst}} \cdot 1,2 \frac{\text{ciclos}}{\text{inst}} \cdot 500 \times 10^{-12} \text{ s} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$T_{\text{ejecB}} = 2 \times 10^6_{\text{inst}} \cdot 1,5 \frac{\text{ciclos}}{\text{inst}} \cdot 333,3 \times 10^{-12} \text{ s} = 1 \times 10^{-3} \text{ s}$$

c) Si un programa X se compila y ejecuta en el procesador B en 1s, ¿cuántas inst. ejecuta? (No cuento tiempo de compilación, solo ejecución)

$$T_{\text{ejec}} = N \times \text{CPI} \times T_{\text{c}} \Leftrightarrow N = \frac{T_{\text{ejec}}}{\text{CPI} \times T_{\text{c}}} \quad N = \frac{1 \text{ s}}{1,5 \frac{\text{cic}}{\text{inst}} \times 333,3 \times 10^{-12}} \approx 2 \times 10^9 \text{ instrucciones (aprox.)}$$

d) El procesador A ejecuta el programa X en 25% más rápido que el B. ¿N en el procesador A?

$$\text{Speedup (\%)} = 25\% \Leftrightarrow \left( \frac{T_{\text{ejecB}}}{T_{\text{ejecA}}} - 1 \right) \cdot 100 = 25 \Leftrightarrow T_{\text{ejecA}} = \frac{T_{\text{ejecB}}}{1,25}$$

$$T_{\text{ejecA}} = \frac{1}{1,25} = 0,8 \text{ s}, \text{ Entonces } N = \frac{0,8 \text{ s}}{1,2 \frac{\text{cic}}{\text{inst}} \times 500 \times 10^{-12}} \approx 1,33 \times 10^9 \text{ instrucciones}$$

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

Hay que calcular el nº de instrucciones estáticas, por lo que no puedo responder debido a falta de sincronización.  $\text{Tamaño} = \text{nº inst.} \times 4 \text{ bytes}$

1.2.- Dato de un programa ejecutándose en 3 fases de un procesador de 1 GHz.

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

$$T_{\text{ejec}} = \sum N \times \text{CPI} \cdot T_{\text{cic}} (\text{en cada fase}) = \frac{(10^6 \cdot 2 + 10^9 \cdot 3 + 10^9 \cdot 4) \text{ ciclos}}{10^9 \text{ Hz}} = 7,002 \text{ s}$$

b) Hay un total de  $2,001 \times 10^9$  instrucciones dinámicas que se ejecutan, de las cuales solo  $21 \times 10^6$  son de acceso a memoria. Las  $1,98 \times 10^9$  restantes son de cálculo. Este último número es superior, por lo que es un programa intensivo en cálculo.

c) Si las instrucciones en la Fase 3 se ejecutan un 25% más rápido, ¿cuál es la ganancia para el conjunto del programa?

Ganancia =  $\frac{1}{1 - f_m + \frac{f_m}{g_m}}$ , donde  $f_m$  es la fracción mejorada y  $g_m$  la ganancia obtenida en dicha fracción.

En nuestro caso,  $f_m = \frac{4.5}{7,002} \approx 0.57$ , y si mejora un 25%,  $g_m = 1.25 \times$

$$\text{Ganancia} = \frac{1}{1 - 0.57 + \frac{0.57}{1.25}} = \boxed{1.129 \times}$$

d) ¿CPI de instrucciones Load/Store en la fase 1? ¿Cuántas veces más rápidas deberían ser las instrucciones de memoria para que se tardara lo mismo en ejecutarse?

En base al enunciado, el CPI es de 2 ciclos/instrucción.

En la Fase 1 todas las instrucciones son de acceso a memoria, por lo que si queremos mitad de tiempo, deben ir el doble de rápidas.

$$\left( \frac{1}{1 - f_m + \frac{f_m}{g_m}} = 2 \times \iff \frac{1}{\frac{1}{g_m}} = 2 \iff \boxed{g_m = 2 \times} \right)$$

e) ¿Cuántas veces más rápidas deberían ser las instrucciones de memoria para que el programa tarde lo mismo.

Las instrucciones de acceso a memoria, como se ha visto en el apartado b), representan solo un 1% del total, por lo que aunque lo mejoramos de rapidez tiendole a 100, no podemos lograr que tarde la mitad.

1.6) - Tabla con datos sobre % de tipo de instrucción y coste en ciclos asociado. En media se realizan 2 operaciones de coma flotante por cada instrucción de coma flotante ejecutada.

a) Calcular el CPI medio para el procesador X:

$$\text{CPI medio} = 2 \times 0.3 + 5 \times 0.3 + 7 \times 0.15 + 3 \times 0.15 + 4 \times 0.10 = \boxed{4 \frac{\text{ciclos}}{\text{instr.}}}$$

b) Suponiendo que el procesador X funciona a una  $f = 2 \text{ GHz}$  calculad las MIPS y MFLOPS que obtendríamos en dicho conjunto de programas:

$$\text{MIPS} = \frac{\# \text{ instrucciones}}{10^6 \times \text{segundos}} = \frac{1}{10^6 \times (\text{CPI}) \times T_{\text{cyc}}} = \frac{1}{10^6 \times 4 \times \frac{1}{2 \times 10^9}} = \boxed{500}$$

medio calculado en c)

MFLOPS = millones de operaciones de coma flotante por segundo. Solo necesitamos saber el número de instrucciones que representan el 15% de MIPS y multiplicarlo por 2 (2 op de c.p. ...)

$$\text{MFLOPS} = 500 \times 0,15 \times 2 = \boxed{150}$$

Nuevo procesador X1

- duración del clock cycle aumenta un 5%
- El procesador X1 ejecuta un 25% menos de inst. de acceso a memoria.
- Un 15% menos de aritméticas
- Lo demás queda inalterado.

c) ¿Qué procesador es más rápido? (De primera X, tiene mayor frecuencia)

Ahora, en X1

$$T_{\text{cyc}} = \frac{1}{2 \times 10^9 \text{ Hz}} \cdot 1,05 = 525 \times 10^{-10} \text{ s} \quad (\approx 1,9 \text{ GHz})$$

% acceso a mem  $\rightarrow 0,3 \times 0,75 = 0,225$   
 % aritmético de enteros  $\rightarrow 0,3 \times 0,85 = 0,255$

El nuevo CPI medio es  $\text{CPI}_{\text{X1 medio}} = \frac{2 \times 0,255 + 5 \times 0,225 + 7 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,1}{4 - 0,12}$

=  $4,017 \frac{\text{ciclos}}{\text{inst}}$

$T_{\text{exec X}} = 4 \cdot \frac{1}{2 \times 10^9} = 2 \times 10^{-9} \text{ segundos}$   
 $T_{\text{exec X1}} = 4,017 \times \frac{1}{1,9 \times 10^9} \cdot 0,88 = 1,86 \times 10^{-9} \text{ segundos}$

Ganancia =  $\frac{T_{\text{exec (X)}}}{T_{\text{exec (X1)}}} = \frac{2 \times 10^{-9}}{1,86 \times 10^{-9}} = \boxed{1,075}$

solo se ejecutan un 88% ahora  
 X1 es un 7,5% más rápido

d) Calcula las MIPS y MFLOPS para X1

El nuevo CPS ya se ha calculado en c).

$$\text{MIPS} = \frac{\# \text{ instrucciones}}{10^6 \times \text{segundos}} = \frac{1}{10^6 \times 4,017 \times 525 \times 10^{-10}} = \boxed{474,17}$$

$$\text{MFLOPS} = 474,17 \times 0,15 \times 2 = \boxed{142,25}$$



19) :- Un procesador tiene una superficie de  $200 \text{ mm}^2$ , se fabrica con una oblea con superficie útil de  $63.200 \text{ mm}^2$ . El coste de una oblea y el proceso de impresión/verificación de los dedos es de  $23.700 \text{ €}$ .  
die yield =  $75\%$ .

a) ¿Coste de un dedo (die)?

$$\text{coste die} = \frac{\text{coste wafer}}{\text{die/wafer} \times \text{die yield}} = \frac{23.700}{316 \times 0.75} = 100 \text{ €}$$

$$\text{die per wafer} = \frac{\text{area útil}}{\text{die area}} = \frac{63.200}{200} = 316 \text{ dedos}$$

(no tengo en cuenta la compensación por los "die" de los bordes)

Coste empaquetado y testado final de  $20 \text{ €}$  por dedo. El yield final de los circuitos integrados es del  $92\%$ . El fabricante quiere un  $50\%$  de beneficio sobre el coste de producción.

b) ¿Circuitos integrados funcionales por oblea (en medio)?

De los 316 dies por wafer, solo  $316 \times 0.75 = 237$  sirven.

De estos, para el circuito integrado final solo sirven  $237 \times 0.92 = 218$

c) ¿Precio de venta de los procesadores?

$$\text{Coste} = \frac{\text{coste die} + \text{coste testado final} + \text{c. empag.}}{\text{yield final}} = \frac{100 \text{ €} + 20 \text{ €}}{0.92} = 130.43 \text{ €}$$

(sin  $50\%$  de beneficio)

$$\text{Si queremos un } 50\% \text{ de beneficio, coste} = 130.43 \times 1.5 = 195.65 \text{ €}$$

... + Datos en el pdf

d) Consumo anual de ambos procesadores? (esto sobramos.)

$$\text{Consumo viejo} = P \times t = 2k \times 3600 \frac{\text{J}}{\text{h}} \times 50W + 7k \times 3600 \frac{\text{J}}{\text{h}} \times 10W =$$

$$= 612 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{die}} \cdot \frac{365 \text{ dies}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{1 \text{ MJ}}{10^6 \text{ J}} = 223.38 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

$$\text{Consumo nuevo} = 7200 \times 40W + 25200 \times 5W = 414 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{die}} \cdot \frac{365}{10^6} = 151.11 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

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

La embodied energy es de  $200 \text{ MJ}$ . Ahora, en un año consumiremos

$$223.38 - 151.11 = 72.27 \text{ MJ menos.}$$

$$\text{Hacen falta } \frac{200}{72.27} \approx 2.77 \text{ años} \quad (\text{más de 2 años y medio})$$

para un entorno celular:

g) consumo viejo =  $10 \times 3600 \times 50 + 14 \times 3600 \times 10 = 2,304 \times 10^6 \frac{J}{año}$

=  $840,96 \frac{MJ}{año}$

consumo nuevo =  $10 \times 3600 \times 40 + 14 \times 3600 \times 10 = 1,944 \times 10^6 \frac{J}{año} = 709,56 \frac{MJ}{año}$

g) Ahora, en un año consumimos  $840,96 - 709,56 = 131,4 MJ$  menos

el tiempo de amortización para ser de  $\frac{200 MJ}{131,4 \frac{MJ}{año}} = 1,52 años$  poco más de 1 año y medio.

h) Creo que la mejor decisión en un entorno con computadores de ambos tipos sería cambiar al nuevo procesador, ya que, en media, entran a los 2 años ahorrando consumiendo menos.

i) Probablemente porque accede más a memoria, realiza más cálculos, necesita más recursos, suelen manejar una mayor cantidad de solicitudes de clientes en comparación a un equipo de sobremesa.

j)

Sobremesa.

consumo viejo =  $3600 \times (2 \times 100 + 7 \times 30 + 15 \times 10) = 2,016 \times 10^6 \frac{J}{año} = 735,84 \frac{MJ}{año}$

consumo nuevo =  $3600 \times (2 \times 80 + 7 \times 20 + 15 \times 5) = 1,35 \times 10^6 \frac{J}{año} = 492,75 \frac{MJ}{año}$

En un año consumimos  $735,84 - 492,75 = 243,09 MJ$  menos

Necesitamos  $\frac{2000 MJ}{243,09 \frac{MJ}{año}} \approx 8,23 años$  para amortizar la "embodied energy" en un sobremesa.

servidor:

consumo viejo =  $3600 \times (10 \times 120 + 14 \times 40) = 6,336 \times 10^6 \frac{J}{año} = 2312,64 \frac{MJ}{año}$

consumo nuevo =  $3600 \times (10 \times 100 + 14 \times 30) = 5,112 \times 10^6 \frac{J}{año} = 1865,88 \frac{MJ}{año}$

La reducción de consumo es de  $2312,64 - 1865,88 = 446,76 MJ$

el tiempo de amortización es  $\frac{3000 MJ}{446,76} \approx 6,72 años$

h) Un cambio del server cada 2-3 años NO es para nada ético desde un punto de vista sostenible. Lo sería si se hiciera, por ejemplo, cada 8 años, para poder amortizar la "embodied energy".

1.11 : CPU a pleno rendimiento funciona a 3GHz y está alimentado a 1,6V. En modo bajo consumo, a 1GHz y 1V. El consumo de la CPU en alto rendimiento es de 120W y en bajo consumo 27,5W. Se considera solo potencia debido a commutación y fugas. La corriente de fugas y el cargo capacitivo son los mismos en ambos modos.

a) Calcula la corriente de fugas ( $I$ ) y el cargo capacitivo ( $C$ ) de la CPU. Potencia =  $P_{\text{comutación}} + P_{\text{fuga}} = C \times V^2 \times f + I_{\text{fuga}} \times V$

alto rendimiento:

$$120 \text{ W} = C \times (1,6 \text{ V})^2 \times 3 \times 10^9 \text{ Hz} + I_{\text{fuga}} \times 1,6 \text{ V}$$

$$\Leftrightarrow 120 = 7,68 \times 10^9 C + 1,6 I$$

bajo consumo:

$$27,5 \text{ W} = C \times (1 \text{ V})^2 \times 1 \times 10^9 \text{ Hz} + I_{\text{fuga}} \times 1 \text{ V}$$

$$\Leftrightarrow 27,5 = 10^9 C + I$$

de bajo consumo, se deduce que  $I = 27,5 - 10^9 C$

si pasamos a la fórmula de alto rendimiento, sustituyendo  $I$

$$\text{Entonces } 120 = 7,68 \times 10^9 C + 1,6 \times (27,5 - 10^9 C) = 6,08 \times 10^9 C + 44 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 120 - 44 = 6,08 \times 10^9 C \Leftrightarrow C = \frac{76}{6,08 \times 10^9} = 12,5 \times 10^{-9} \text{ F} = \boxed{12,5 \text{ nF} = C}$$

$$\text{Por otro lado, } I = 27,5 - 10^9 \cdot (12,5 \times 10^{-9}) = \boxed{15 \text{ A} = I}$$