

-1) Supongamos que tenemos un sistema de Hardware más Software que tiene las siguientes características:

- Frecuencia de reloj 1Mhz
- Ocurrencia de las operaciones de FP 25%
- CPI Promedio de las operaciones de FP 4
- CPI Promedio de las demás instrucciones 1.33
- Ocurrencia de la operación FPSQR 2.00%
- CPI de la operación FPSQR 20

a) Calcule el CPI de las instrucciones de FP que no sean FPSQR

b) Se están evaluando dos diseños alternativos con las siguientes modificaciones:

- 1) Decrementar el CPI de FPSQR a 2
- 2) Decrementar el CPI promedio de todas las operaciones de FP a 2.5

Indique cuál de los 2 diseños elegiría y por qué.

c) Una forma de medir el rendimiento de una máquina es calcular los millones de instrucciones por segundo (MIPS, también por sus siglas en inglés) que puede ejecutar (que el nombre coincida con el de una arquitectura es pura casualidad)

¿Cuál de las tres opciones es la mejor según la métrica MIPS?

Tenga en cuenta que para la opción 1 se debe decrementar la frecuencia original en un 10% y para la opción 2, en 20%.

### **Datos:**

Frecuencia 1 MHz -> 1000 ns

Ocurrencia operaciones FP 25% -> 0.25

CPI Promedio FP -> 4

CPI Promedio de las otras instrucciones -> 1.33

Ocurrencia operaciones FPSQR 2% -> 0.02

CPI Operación FPSQR -> 20

a) **Calcule el CPI de las instrucciones de FP que no sean FPSQR**

Si las operaciones de FP tienen un CPI promedio de 4, y el 2% de las operaciones de FP son de SQRT, entonces hay que averiguar cuál es el CPI del 98% de las operaciones restantes (operaciones que no son de SQRT)

Entonces, si el 2% tienen un CPI de 20 y en promedio el CPI es de 4

CPI de 98% restante = X

$$0.98 X + 0.02 \cdot 20 = 4$$

$$0.98 X = 3,6$$

$$X = 3.67 \approx$$

b)  $\text{CPI Total} = (0.75 \cdot 1.33) + (0.25 \cdot 4) = 2.0$

1) **Decrementar el CPI de FPSQR a 2**

$(\text{Frecuencia FPSQR})(\text{CPI FPSQR}) = (0.02)(20) = 0.02 \cdot 20 = 0.4$

$(\text{Frecuencia FPSQR})(\text{CPI de FPSQR mejorado}) = (0.02)(2) = 0.04$

$\text{Mejora de CPI Ponderada} = 0.4 - 0.04 = 0.36$

$\text{CPI Total} - \text{Mejora de CPI Ponderada} = 2 - 0.36 = \mathbf{1.64}$

2) **Decrementar el CPI promedio de todas las operaciones de FP a 2.5**

$(\text{Frecuencia FP})(\text{CPI FP}) = (0.25)(4.0) = 1.0$

$(\text{Frecuencia FP})(\text{CPI de FP mejorado}) = (0.25)(2.5) = .625$

$\text{Mejora de CPI Ponderada} = 1.0 - 0.625 = 0.375$

$\text{CPI Total} - \text{Mejora de CPI Ponderada} = 1.0 - 0.375 = \mathbf{1.625}$

Incluso después de acelerar FPSQR por un factor de 10, mejorar todas las operaciones de FP mejorará más el rendimiento del procesador.

c)

**Datos:**

CPI sin mejoras (original) -> 2.00

CPI Con mejora de FPSQR -> 1.64

CPI Con mejora de FP -> 1.625

Frecuencia original -> 1Mhz

Caso 1 (Mejora FPSQR) -> **0.9Mhz**

Caso 2 (Mejora FP) -> **0.8Mhz**

**Caso 1 (Original):**

$\text{MIPS} = \text{Mhz}/\text{CPI} = 1/2 = \mathbf{0.5}$

**Caso 2:**

$\text{MIPS} = \text{Mhz}/\text{CPI} = 0.9/1.64 = \mathbf{0.5487}$

**Caso 3:**

$\text{MIPS} = \text{Mhz}/\text{CPI} = 0.8/1.625 = \mathbf{0.4923}$

Por lo tanto (según la métrica MIPS) la mejor opción es la 2da.

2) Considere un procesador con CPI ideal de 1.5, una velocidad del procesador de 2Ghz y los siguientes parámetros de memoria.

- Tiempo de acceso a memoria principal: 100 ns
- Tasa de fallos en el primer nivel de caché: 7%

Tiempo de acceso al segundo nivel de caché:

- a) Si es mapeo directo: 12 ciclos
- b) Si el grado de asociatividad es 8: 28 ciclos

Tasa de fallos global en caché (L1 y L2):

- a) Si es mapeo directo: 3.5%
- b) Si el grado de asociatividad es 8: 1.5%

1) Calcule el CPI del procesador considerando:

- a) Solo el primer nivel de caché.
- b) Un segundo nivel de caché con mapeo directo.
- c) Un segundo nivel de caché con grado de asociatividad 8.

2) Si al procesador con un segundo nivel de caché se le agregase un tercero con un tiempo de acceso de 50 ciclos y una tasa de fallos del 13% ¿Mejoraría el CPI? En caso afirmativo, ¿Cuánto? ¿Cuáles serían las ventajas y desventajas, en general, de agregar un tercer nivel de caché?

3) Supongamos un escenario en el que el segundo nivel de caché es externo al chip del procesador. Si 512KB de segundo nivel de caché tienen una tasa de fallos de 4%, cada 512KB adicionales se reduce en un 0.7% y tiene un tiempo de acceso total de 50 ciclos ¿Cuan grande deberá ser esa caché externa para equipararse en rendimiento con el segundo nivel con mapeo directo del inciso 1?

**Fórmula usada en libros ->**

**$CPI_{total} = CPI_{base} + CPI_{memory-stalls} = CPI_{base} + L1_{miss} * Main Memory access$**

**1) Calcule el CPI del procesador considerando:**

**a) Solo el primer nivel de caché**

$CPI_{Total L1} = CPI_{base} + CPI_{L1hit} + CPI_{L1miss}$

$CPI_{Total L1} = 1.5 + 0 + 0.07 * 100 ns * 2 Ghz = 1.5 + 14 = 15.5$

**CPI Total L1 = 15.5**

**b) Un segundo nivel de caché con mapeo directo**

$CPI_{Total L2} = CPI_{base} + CPI_{L1hit} + CPI_{L1missL2hit} + CPI_{L1MissL2Miss}$

$CPI_{Total L2} = 1.5 + 0 + 0.07 * 12 + 0.035 * 100 ns * 2 Ghz = 9.34$

**CPI Total L2 = 9.34**

**Un segundo nivel con grado de asociatividad 8**

$CPI_{Total L2} = CPI_{base} + CPI_{L1hit} + CPI_{L1missL2hit} + CPI_{L1MissL2Miss}$

$CPI_{Total L2} = 1.5 + 0 + 0.07 * 28 + 0.015 * 100 ns * 2 Ghz = 6.46$

**CPI Total L2 = 6.46**

## 2) Datos Caché L3:

- Tasa de Fallos 13%
- Tiempo de Acceso 50 ciclos

Sabiendo que podemos tener dos tipos distintos de caché L2, debemos calcular el CPI para cada una de ellas por separado.

### Considerando un segundo nivel de caché con mapeo directo:

$CPI_{Total\ L3} = CPI_{Base} + CPI_{L1Hit} + CPI_{L1MissL2Hit} + CPI_{L1MissL2MissL3Hit} + CPI_{L1MissL2MissL3Miss}$

$CPI_{Total\ L3} = 1.5 + 0 + 0.07*12 + 0.035*50 + 0.13*100\ ns*2\ Ghz$

**CPI Total L3 = 30.09**

### Considerando un segundo nivel de caché con grado de asociatividad 8:

$CPI_{Total\ L3} = CPI_{Base} + CPI_{L1Hit} + CPI_{L1MissL2Hit} + CPI_{L1MissL2MissL3Hit} + CPI_{L1MissL2MissL3Miss}$

$CPI_{Total\ L3} = 1.5 + 0 + 0.07*28 + 0.015*50 + 0.13*100\ ns*2\ Ghz$

**CPI Total L3 = 30.21**

Por ende, en ninguno de los dos casos mejoraría el CPI, ya que un 13% de tasa de fallos es un valor muy elevado.

### Ventajas de agregar un tercer nivel de caché:

- Mayor capacidad de caché para mejorar el rendimiento.
- Menor latencia para acceder a datos e instrucciones frecuentes.
- Reducción del consumo de energía.

### Desventajas de agregar un tercer nivel de caché:

- Aumento de la complejidad de la jerarquía de memoria.
- Aumento del costo de implementación.
- Posible aumento del tiempo de acceso a datos poco utilizados.

En resumen, agregar un tercer nivel de caché puede ser beneficioso para mejorar el rendimiento, pero también puede aumentar la complejidad y el costo del procesador.

**3)** CPI Total de caché L2 implementada con mapeo directo = 9.34

**Cache externa:**

CPI Total = CPI Base + CPI L1Hit + CPIL1MissL2Hit + CPIL1MissL2Miss

tf = Tasa de fallos

CPI Total = 1.5 + 0 + 0.07\*50 + tf\*100 ns\*2 Ghz

CPI Total = 1.5 + 3.5 + 200tf

CPI Total = 5 + 200tf

Reemplazo CPI Total por el valor de CPI Total de caché L2

$$9.34 = 5 + 200tf$$

$$9.34 - 5 = 200tf$$

$$4.34 = 200tf$$

$$4.34/200 = tf$$

$$tf = 0.0217$$

Necesitamos que la tasa de fallos sea menor o igual a 0.0217 esto es 2.17%

Por ende, si empezamos con una tasa de fallos del 4% que se va bajando 0.7% por cada 512KB adicionales, tenemos que:

4% -> 512KB

4 - 0.7 = 3.3% -> 1024KB

3.3 - 0.7 = 2.6% -> 1536KB

2.6 - 0.7 = 1.9% -> 2048KB

1.9% < 2.17%, por ende, la caché externa debe tener **2048KB** para equipararse en rendimiento con el segundo nivel de caché L2 implementada con mapeo directo calculada en el inciso 2.