Trabajo Práctico Número 2

Arquitectura de Computadoras

Esp.Ing.Esteban Volentini (evolentini@herrera.unt.edu.ar)
Ing. Lucas Castillo Delacroix (lecastillodelacroix@herrera.unt.edu.ar)

http://www.microprocesadores.unt.edu.ar/arqcom/

¿De qué se trataba este TP?

- Conceptos básicos de Arquitectura de Computadoras.
- Costo de los circuitos integrados.
- Métricas y Performance.
- Cómo elegir entre diferentes alternativas.
- **Formación de Criterios**.
- Ecuación de tiempo de ejecución:

$$t = I * CPI * T$$

- Ley de Amdahl.
- Consumo de energía.

Resumen del problema

- Ejercicio del Primer Parcial en 2016.
- Un programa largo y lento:
  - Cantidad de instrucciones: 820 millones.
  - Tiempo de ejecución: 1,57 segundos.
  - Cuatro tipos de instrucciones.
  - Cada tipo tiene una duración diferente.
  - Distintas cantidades de cada tipo de instrucción.
  - Optimización de una secuencia de instrucciones.

Resumen del problema

- Tabla con la cantidad y el tiempo de ejecución de cada tipo de instrucción.

Tipo de instrucción	Ciclos	Cantidad
Saltos	3	150×10^6
Almacenamientos	4	185×10^6
Cargas	5	260×10^6
Aritméticas	4	225×10^6

Planteo de la solución

a) Si el tiempo total de ejecución de este programa es de 1,57 segundos, ¿Cuál es la duración, en segundos, de cada ciclo de reloj de esta máquina?

- Calculamos el total de ciclos del programa como la sumatoria de cantidad de instrucciones por los ciclos de cada instrucción.
- Calculamos la duración del ciclo de reloj dividiendo el tiempo de ejecución en la cantidad total de ciclos del programa.

La solución en números

$$
\begin{aligned}
t &= \Sigma(CI_i * CPI_i) * T \\
t &= (CI_{Saltos} * CPI_{Saltos} + \\
&\quad + CI_{Almacenamientos} * CPI_{Almacenamientos} + \\
&\quad + CI_{Cargas} * CPI_{Cargas} + \\
&\quad + CI_{Aritmeticas} * CPI_{Aritmeticas}) * T \\
1,57 &= (150 \times 10^6 * 3 + 185 \times 10^6 * 4 + \\
&\quad + 260 \times 10^6 * 5 + 225 \times 10^6 * 4) * T \\
1,57 &= (450 + 740 + 1300 + 900) \times 10^6 * T \\
1,57 &= 3390 \times 10^6 * T
\end{aligned}
$$

La solución en números

$$1{,}57 = 3390 \times 10^6 * T \quad \Rightarrow \quad T = \frac{1,57}{3390 \times 10^6}$$

$$T = 0{,}463 \times 10^{-6}$$

$$T = \textbf{463 ps}$$

Una solución alternativa

- Calcular la frecuencia relativa de cada tipo de instrucción como la cantidad de instrucciones de cada tipo dividido en el total de instrucciones del programa.
- Calcular el CPI promedio del programa como la frecuencia relativa de cada tipo de instrucción por la duración en ciclos de ese tipo de instrucción.
- Calcular el tiempo de ciclo a partir del la cantidad de instrucciones, el tiempo de ejecución y el CPI promedio.

Cálculo de las frecuencias

$$f_i = \frac{CI_i}{I}$$

$$f_{Saltos} = \frac{CI_{Saltos}}{I} = \frac{150 \times 10^6}{820 \times 10^6} = 0{,}183$$

$$f_{Almacenamientos} = \frac{CI_{Almacenamientos}}{I} = \frac{185 \times 10^6}{820 \times 10^6} = 0{,}226$$

$$f_{Cargas} = \frac{CI_{Cargas}}{I} = \frac{260 \times 10^6}{820 \times 10^6} = 0{,}317$$

$$f_{Aritmeticas} = \frac{CI_{Aritmeticas}}{I} = \frac{225 \times 10^6}{820 \times 10^6} = 0{,}274$$

Cálculo del CPI promedio

$$CPI = \Sigma(f_i * CPI_i)$$

$$CPI = f_{Saltos} * CPI_{Saltos} +$$
$$+ f_{Almacenamientos} * CPI_{Almacenamientos} +$$
$$+ f_{Cargas} * CPI_{Cargas} +$$
$$+ f_{Aritmeticas} * CPI_{Aritmeticas}$$

$$CPI = 0{,}183 * 3 + 0{,}226 * 4 + 0{,}317 * 5 + 0{,}274 * 4$$

$$CPI = 0{,}549 + 0{,}904 + 1{,}585 + 1{,}096$$

$$CPI = \mathbf{4.134}$$

Cálculo del tiempo de ciclo

$$t = I * CPI * T$$

$$1{,}57 = 820 \times 10^6 * 4,134 * T$$

$$1{,}57 = 3390 \times 10^6 * T$$

$$T = \frac{1,57}{3390 \times 10^6}$$

$$T = 0{,}463 \times 10^{-6}$$

$$T = \textbf{463 ps}$$

Planteo de la solución

b) En un 25 % se pueden reemplazar una instrucción de carga y una aritmética por una nueva que toma el operando de memoria y demora 7 ciclos de reloj. Si la frecuencia de reloj es la misma, ¿mejorará la performance sobre el diseño original? ¿por cuánto?

- Calcular la nueva cantidad de instrucciones.
- Recalcular el total de ciclos del programa.
- Calcular la aceleración como el cociente del tiempo original sobre el tiempo nuevo.

Cantidad de instrucciones

- El programa tendrá un 25 % menos de instrucciones de carga.

$$CI'_{Carga} = 0,75 * CI_{Carga}$$
$$CI'_{Carga} = 0,75 * 260 \times 10^6$$
$$CI'_{Carga} = 195 \times 10^6$$

- También se agrega la misma cantidad de instrucciones nuevas

$$CI_{Nuevas} = 0,25 * CI_{Carga}$$
$$CI_{Nuevas} = 65 \times 10^6$$

Cantidad de instrucciones

- Además quita el mismo número de instrucciones aritméticas.

$$CI'_{Aritemeticas} = CI_{Aritemeticas} - 0{,}25 * CI_{Carga}$$
$$CI'_{Aritemeticas} = 225 \times 10^6 - 65 \times 10^6$$
$$CI'_{Aritemeticas} = 160 \times 10^6$$

Cantidad de ciclos del programa

$$t' = (CI_{Saltos} * CPI_{Saltos} + CI_{Almacenamientos} * CPI_{Almacenamientos} +$$
$$+ CI'_{Cargas} * CPI_{Cargas} + CI'_{Aritmeticas} * CPI_{Aritmeticas} +$$
$$+ CI_{Nuevas} * CPI_{Nuevas}) * T$$

$$t' = (150 \times 10^6 * 3 + 185 \times 10^6 * 4 + 195 \times 10^6 * 5 +$$
$$+ 160 \times 10^6 * 4 + 65 \times 10^6 * 7) * T$$

$$t' = (450 \times 10^6 + 740 \times 10^6 + 975 \times 10^6 +$$
$$+ 640 \times 10^6 + 455 \times 10^6) * T$$

$$t' = 3260 \times 10^6 * T$$

$$t' = 3260 \times 10^6 * 463 \times 10^{-9}$$

$$t' = \mathbf{1,51s}$$

Factor de aceleración

$$A = \frac{T_{Viejo}}{T_{Nuevo}}$$

$$A = \frac{t}{t'}$$

$$A = \frac{3390 \times 10^6 * T}{3260 \times 10^6 * T}$$

$$A = \frac{1{,}57}{1{,}51}$$

$$A = 1{,}04$$

Una solución alternativa

- Calcular la frecuencia relativa de cada tipo de instrucción como la cantidad de instrucciones de cada tipo dividido en el nuevo total de instrucciones del programa.
- Recalcular el CPI promedio del programa como la frecuencia relativa de cada tipo de instrucción por la duración en ciclos de ese tipo de instrucción.
- Recalcular el tiempo de ciclo a partir del la cantidad de instrucciones, el tiempo de ejecución y el CPI promedio.

Cálculo de las frecuencias

$$I' = I - 0{,}25 * CI_{Cargas}$$

$$I' = 820 \times 10^6 - 65 \times 10^6 = 755 \times 10^6$$

$$f'_{Saltos} = \frac{CI_{Saltos}}{I'} = \frac{150 \times 10^6}{755 \times 10^6} = 0{,}183$$

$$f'_{Almacenamientos} = \frac{CI_{Almacenamientos}}{I'} = \frac{185 \times 10^6}{755 \times 10^6} = 0{,}226$$

$$f'_{Cargas} = \frac{CI'_{Cargas}}{I'} = \frac{195 \times 10^6}{755 \times 10^6} = 0{,}258$$

$$f'_{Aritmeticas} = \frac{CI'_{Aritmeticas}}{I'} = \frac{160 \times 10^6}{755 \times 10^6} = 0{,}212$$

$$f_{Nuevas} = \frac{CI_{Nuevas}}{I'} = \frac{65 \times 10^6}{755 \times 10^6} = 0{,}086$$

CPI y tiempo de ejecución

$$CPI' = \Sigma(f_i * CPI_i)$$

$$\begin{aligned} CPI' = {} & f'_{Saltos} * CPI_{Saltos} + f'_{Almacenamientos} * CPI_{Almacenamientos} + \\ & + f'_{Cargas} * CPI_{Cargas} + f'_{Aritmeticas} * CPI_{Aritmeticas} + \\ & + f_{Nuevas} * CPI_{Nuevas} \end{aligned}$$

$$CPI' = 0{,}199 * 3 + 0{,}245 * 4 + 0{,}258 * 5 + 0{,}212 * 4 + 0{,}086 * 7$$

$$CPI' = 0{,}597 + 0{,}980 + 1{,}290 + 0{,}848 + 0{,}602$$

$$CPI' = 4{,}317$$

$$t' = I' * CPI' * T$$

$$1{,}57 = 755 \times 10^6 * 4{,}317 * T$$

$$1{,}57 = 3390 \times 10^6 * T$$

Una tercera alternativa

- La nueva instrucción de 7 ciclos reemplaza a dos instrucciones que suman 9 ciclos: 5 de la carga más 4 de la aritmética.
- Entonces hay un ahorro 2 ciclos por cada vez que se usa esta nueva instrucción.

$$t' = t - 0{,}25 * CI_{Carga} * 2T$$
$$t' = 3390 \times 10^6 T - 0{,}25 * 260 \times 10^6 * 2T$$
$$t' = (3390 \times 10^6 - 130 \times 10^6) * T$$
$$t' = 3260 \times 10^6 * T$$

Planteo de la solución

c) En caso de que hubiera una mejora en el caso anterior, ¿a qué se debe?

- Es muy probable que los dos ciclos que se ahorran con la nueva instrucción sean a causa de evitar la búsqueda y decodificación de una instrucción.

Conclusiones

- Los problemas de parciales son más largos y difíciles que los de prácticos.
- Muchas veces se puede llegar al mismo resultado por más de un camino.
- Sin embargo, no hay nada que no hayan visto en el práctico.
  - Cálculos de CPI promedio.
  - Comparación de performance relativa.
  - Criterios de decisión.

Conclusiones

- Hay que leer muy bien los enunciados, para entenderlos.
- Una vez que se entiende el problema, ya está casi resuelto.
- Miércoles 8/4 TP3
- Miércoles 22/4 TP4