

Módulo 1

Avaliação do Desempenho: Métricas

Pretende-se com esta sessão prática que os alunos percebam quais as grandezas envolvidas na avaliação do desempenho de um processador e a forma como estas se relacionam.

Exercícios

- 1) Considere um programa P escrito em C que foi compilado com o compilador Cv1 para a arquitectura aGG, resultando num programa Pv1 em código binário que executa um total de 10^6 instruções.
 - a) O processador pGG01a implementa a arquitectura aGG, apresenta um CPI de 2.5 para este programa Pv1 e tem uma frequência do relógio de 0.5 GHz. Qual o tempo de execução de Pv1?
 - b) O processador pGG01b tem uma organização semelhante ao processador anterior, mas a frequência do relógio é de 0.75 GHz. Este aumento da frequência resulta num aumento do CPI para 3. Quantas vezes mais rápido é pGG01b do que pGG01a a executar Pv1?
 - c) O processador pGG02 usa uma organização muito mais complexa para implementar a arquitectura aGG, resultando numa frequência de 2.5 GHz e executando Pv1 em 2 ms. Qual o CPI?
 - d) Finalmente, foi desenvolvido uma nova versão do compilador, Cv2, que resulta num programa Pv2 com $CPI=7.5$ no processador pGG02, mas que executa apenas metade das instruções de Pv1. Quantas vezes é Pv2 mais rápido do que Pv1 neste processador?

2) Considere um processador com 3 classes de instruções com o CPI indicado na tabela 1:

Tipo de instrução	CPI
A	1
B	2
C	3

Tabela 1 – CPI por classe de instrução

Um programador tem que seleccionar o compilador a usar para uma determinada aplicação. O número de instruções de cada classe gerado por cada um dos compiladores é apresentado na tabela 2:

Nº de instruções por classe			
Compilador	A	B	C
C1	$1 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
C2	$5 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$

Tabela 2 – Nº de instruções por classe e compilador

- a) Calcule, para cada um dos compiladores o nº de instruções executadas, o CPI global e o número de *clock cycles* necessário para executar a aplicação. Qual o compilador que produz código mais rápido? Quantas vezes mais rápido que o outro compilador?
- b) Se a frequência de relógio deste processador é de 1 GHz, qual o tempo de execução da aplicação?
- c) Com algumas alterações da organização do processador e da tecnologia usada para o construir, uma equipa de projetistas conseguiu aumentar a frequência do relógio para 2 GHz. No entanto, o CPI de cada uma das classes de instruções aumentou, conforme ilustrado na tabela 3. Calcule o tempo de execução do código gerado por cada um dos compiladores.

Tipo de instrução	CPI
A	2
B	3
C	4

Tabela 3 – CPI por classe de instrução

- 3) Considere que o projecto de um processador e respetivo compilador está pronto. Compete-lhe agora decidir se este projeto deve ser implementado, ou se deve ser investido mais tempo a melhorá-lo. As opções disponíveis são:
- Manter o projeto como está – frequência do relógio de 1.5 GHz e com o CPI por classe de instrução e frequência de ocorrência de cada classe conforme apresentado na tabela 4. Esta opção é designada por *base*.
 - Introduzir alterações na organização do processador - frequência do relógio de 2 GHz e com o CPI por classe de instrução e frequência de ocorrência de cada classe conforme apresentado na tabela 4. Esta opção é designada por *hard*.

Classe	CPI _{base}	CPI _{hard}	Freq
A	2	2	40%
B	3	2	25%
C	3	3	25%
D	5	4	10%

Tabela 4 – Dados para opção *base* e *hard*

- Qual o CPI médio de cada uma das máquinas?
- Lembrando que o MIPS nativo é dado por $MIPS = \#I / (T_{exec} * 10^6)$, qual o MIPS nativo de cada uma das máquinas? E o MIPS de pico (peak)?
- Qual o ganho em desempenho conseguido com o processador otimizado para um programa típico?
- A equipa responsável pelo compilador pensa conseguir desenvolver um produto mais sofisticado em que a percentagem de instruções de cada tipo geradas é dada pelos valores indicados na tabela 5. Este compilador gera, no entanto, mais 10% de instruções do que o anterior. A opção, que consiste na máquina *hard* com o compilador otimizado, é designada por *opt*. Qual o CPI obtido ? Qual o ganho relativamente à versão *base* com o compilador original?

Classe	Freq
A	50%
B	25%
C	20%
D	5%

Tabela 5 – Percentagem de instruções executadas com a opção *comp*

- 4) Considere o excerto de programa *assembly* abaixo e o CPI para cada tipo de instruções de acordo com a tabela 6.

```
ciclo:
    movl 10(%ebx, %ecx, 4), %edx
    addl %edx, %eax
    subl $2, %ecx
    jnz  ciclo
```

Tipo de Instrução	CPI
Acesso à memória	5
Saltos condicionais	1
Operações inteiras	2

Tabela 6 - CPI por tipo de instrução

- a) Qual o CPI global para este programa?
- b) Sabendo que o valor inicial de %ecx é de 10000, quantos ciclos do relógio são necessários para executar este programa?
- c) Sabendo que o tempo de execução deste excerto de programa num determinado processador é de 20 microsegundos, qual a frequência do relógio?