

Avaliação do Desempenho dos Sistemas de Computação

António de Brito Ferrari

ABF - AC I Desempenho

1

Critérios de seleção de um Reportório de Instruções (ISA)

- *simplicidade do equipamento exigido para execução das instruções,*
- *clareza da sua aplicação aos problemas realmente importantes*
- **velocidade de resolução desses problemas**

(Burks, Goldstine e von Neumann, 1947)

A regularidade favorece a simplicidade

- todas as instruções do *instruction set* codificadas com o mesmo número de bits
- instruções aritméticas operam sempre sobre registos e colocam o resultado também num registo

O mais comum deve ser mais rápido

- Ex: quando o operando é uma constante esta deve fazer parte da instrução (é usual mais de 50% das instruções que utilizam a ALU envolverem constantes)

ABF - AC I MIPS IS_1

2

Como medir o desempenho?

- Duas perspetivas:
 - Utilizador: tempo de execução dos programas – *execution time*
 - Gestor de um *datacenter*: número de tarefas executadas por dia; Sistema do Multibanco: número de transações possíveis de efetuar por minuto – *throughput*
- Perspetiva em AC 1 – execution time
- Em Sistemas de Operação abordam-se as duas perspetivas

ABF - AC I Desempenho

3

Tempo de Execução

- Tempo de Execução tem vários significados:
 1. Tempo decorrido entre o início e o fim da execução da tarefa – *response time* ou *elapsed time* – inclui entrada e saída de dados (I/O), acessos ao disco, tempo gasto pelo sistema de operação, ... - **System Performance**
 2. Tempo que o processador gasta a executar o programa do utilizador (excluindo tempo de espera por I/O, etc.) – *CPU time*

CPU time = *user CPU time* + *system CPU time*

user CPU time – **CPU Performance**

ABF - AC I Desempenho

4

CPU Performance

CPU time = Nº de ciclos de relógio do CPU * Tempo de ciclo

= Nº de ciclos de relógio / Frequência do relógio

Nº de ciclos de relógio =

Nº de instruções do programa * Nº médio de ciclos por instrução

→ **CPI – Clocks Per Instruction**

CPU time = Nº de instruções * CPI / Frequência de relógio

➤ Melhorar desempenho implica:

➤ Diminuir nº de instruções → **Definição do *Instruction Set***

ou:

➤ **Diminuir CPI**

ou:

➤ **Aumentar frequência do relógio**

ABF - AC I Desempenho

5

CPI

- O número de ciclos de relógio por instrução depende do tipo de instrução:

$$CPI_{\text{médio}} = \sum_{\text{instruções}} (CPI_{\text{instrução}} * f_{\text{instrução}})$$

frequência da instrução

- O CPI de um processador é sempre um valor médio do nº de ciclos de relógio em que cada instrução é executada. Essa média é pesada pela frequência de execução de cada instrução (i.e. o CPI varia com o(s) programa(s) usados para o medir)

ABF - AC I Desempenho

6

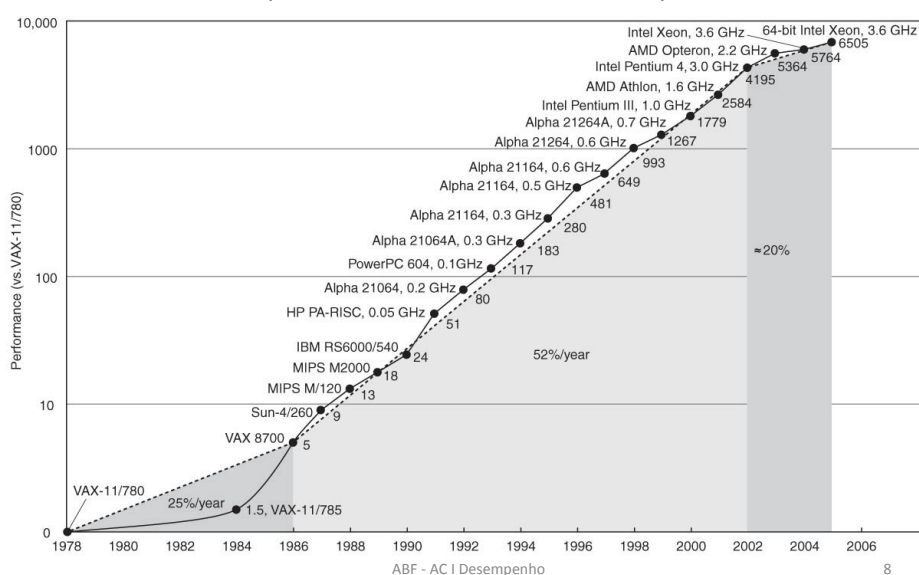
Desempenho Relativo

Performance = 1 / Tempo de execução

$$\begin{aligned} \text{Performance}_A / \text{Performance}_B &= \\ (1 / \text{Tempo de execução}_A) / (1 / \text{Tempo de execução}_B) \\ &= \text{Tempo de execução}_B / \text{Tempo de execução}_A \end{aligned}$$

ABF - AC I Desempenho

Evolução do desempenho dos processadores (relativamente ao VAX-11/780)



Medidas de desempenho

CPU time = Nº de instruções * CPI / Frequência de relógio

- Que programa(s) escolher para medir o desempenho?
 - Escolher um conjunto de programas que seja representativo do tipo de utilização dos computadores – **SPEC** program suite
SPEC program suite: **SPECint** + **SPECfp**
 - Usar um programa em que cada tipo de instrução aparece com a mesma frequência com que aparece no conjunto de programas de representativo **benchmarks sintéticos** – **Dhrystone, Whetstone, ...**
- MIPS** = Frequência de relógio (MHz) / CPI
 - só tem significado para comparar processadores com a mesma arquitetura

Millions of Instructions Per Second

ABF - AC I Desempenho

9

Frequência das instruções do MIPS no SPEC2006

Core MIPS	Name	Integer	Fl. pt.	Arithmetic core + MIPS-32	Name	Integer	Fl. pt.
add	add	0.0%	0.0%	FP add double	add.d	0.0%	10.6%
add immediate	addi	0.0%	0.0%	FP subtract double	sub.d	0.0%	4.9%
add unsigned	addu	5.2%	3.5%	FP multiply double	mul.d	0.0%	15.0%
add immediate unsigned	addiu	9.0%	7.2%	FP divide double	div.d	0.0%	0.2%
subtract unsigned	subu	2.2%	0.6%	FP add single	add.s	0.0%	1.5%
AND	AND	0.2%	0.1%	FP subtract single	sub.s	0.0%	1.8%
AND immediate	ANDi	0.7%	0.2%	FP multiply single	mul.s	0.0%	2.4%
OR	OR	4.0%	1.2%	FP divide single	div.s	0.0%	0.2%
OR immediate	ORi	1.0%	0.2%	load word to FP double	ld	0.0%	17.5%
NOR	NOR	0.4%	0.2%	store word to FP double	sd	0.0%	4.9%
shift left logical	sll	4.4%	1.9%	load word to FP single	ls	0.0%	4.2%
shift right logical	srl	1.1%	0.5%	store word to FP single	ss	0.0%	1.1%
load upper immediate	lui	3.3%	0.5%	branch on floating-point true	bclt	0.0%	0.2%
load word	lw	18.6%	5.8%	branch on floating-point false	bclf	0.0%	0.2%
store word	sw	7.6%	2.0%	floating-point compare double	cxd	0.0%	0.6%
load byte	lbu	3.7%	0.1%	multiply	mul	0.0%	0.2%
store byte	sb	0.6%	0.0%	shift right arithmetic	sra	0.5%	0.3%
branch on equal (zero)	beq	8.6%	2.2%	load half	lhu	1.3%	0.0%
branch on not equal (zero)	bne	8.4%	1.4%	store half	sh	0.1%	0.0%
jump and link	jal	0.7%	0.2%				
jump register	jr	1.1%	0.2%				
set less than	slt	9.9%	2.3%				
set less than immediate	slti	3.1%	0.3%				
set less than unsigned	sltu	3.4%	0.8%				
set less than imm. uns.	sltiu	1.1%	0.1%				

Instruction Subset	Integer	Fl.P.
MIPS core	98%	31%
MIPS Arith. Core	2%	66%
Remaining MIPS	0%	3%

ABF - AC I De

10

SPECint2006 no Opteron X4

Desc ript ion	Na m e	Inst ruct ion Count $\times 10^6$	CPI	Cloc k cy cle t ime (seco nds $\times 10^{-9}$)	Execut ion Time (seco nds)	Reference Time (seco nds)	SPE Crat io
Interpreted string proces sing	perl	2,11 8	0.75	0.4	637	9,770	15.3
Block-sor ting compression	bzip2	2,389	0.85	0.4	817	9,650	11.8
GNU C compile r	gcc	1,050	1.72	0.4	724	8,050	11.1
Combinatorial optimization	mcf	336	10.00	0.4	1,345	9,120	6.8
Go game (AI)	go	1,658	1.09	0.4	721	10,490	14.6
Search _gene sequ ence	hmmer	2,783	0.80	0.4	890	9,330	10.5
Chess game _AI	sjeng	2,176	0.96	0.4	837	12,100	14.5
Quantum computer simulati on	libquantum	1,623	1.61	0.4	1,047	20,720	19.8
Video compressio n	h264a vc	3,102	0.80	0.4	993	22,130	22.3
Discre te event simulati on library	omnetpp	587	2.94	0.4	690	6,250	9.1
Games/path _finding	astar	1,082	1.79	0.4	773	7,020	9.1
XML pa rsing	xalancbmk	1,058	2.70	0.4	1,1 43	6,900	6.0
Geometric Mean							11.7

Nota: CPI altamente variável com o programa executado
(parte dessa variabilidade é devida à complexidade de algumas das instruções
Do ISA x86 – no MIPS a variabilidade do CPI será menor)

ABF - AC I Desempenho

11

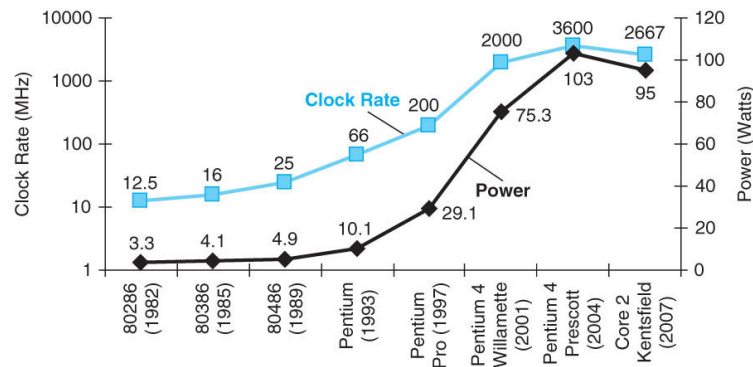
Outro critério: Potência consumida

- Potência consumida:
 - fator crítico em sistemas portáteis – autonomia da bateria
 - Capacidade de dissipação do calor produzido num chip é limitada
 - Depende da frequência de relógio
- Processadores **multi-core** – para idêntico desempenho menor frequência de relógio

ABF - AC I Desempenho

12

Frequência de relógio e Potência consumida



ABF - AC I Desempenho

13

Caraterização do Consumo de Potência SPECPower

Target Load %	Performance (ssj_ops)	Average Power (Watts)
100 %	231,86 7	295
90%	211 ,282	286
80%	185,80 3	275
70%	163,42 7	265
60%	140,16 0	256
50%	118,32 4	246
40%	92,03 5	233
30%	70,50 0	222
20%	47,12 6	206
10%	23,06 6	180
0%	0	141
Overall Sum	1,283, 590	2,605
$\Sigma \text{ssj_ops} / \Sigma \text{power} =$		493

2.3 GHz AMD Opteron X4 com 16 GB de DDR2-667 DRAM e um disco de 500 GB

Copyright © 2009 Elsevier, Inc.

ABF - AC I Desempenho

14