

AULA Nº 03 ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES

Barreira de potência e multicore

Tecnologia CMOS

Fonte primária de dissipação de potência: **energia consumida no chaveamento**

$$\text{Potência} = \text{Carga Capacitiva} \times \text{Tensão}^2 \times \text{Frequência}$$

Carga capacitiva: depende do número de transistores conectados a uma saída e da tecnologia

Como melhorar desempenho?

Tudo mais sendo igual, é possível:

- 1) **reduzir o número de ciclos** necessários para um programa, ou
- 2) **aumentar clock rate** (taxa ou frequência), ou diminuir o tempo (período) do clock

Tecnologia CMOS & potência

Em cerca de 20 anos apresentados no gráfico:

Tensão: reduzida de 5V para 1V
Graças a Teoria de Escala de Dennard (proposta em 1974)

Frequência: aumentou 1.000 vezes

Relação de clock e potência

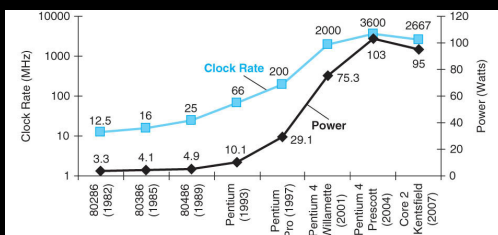


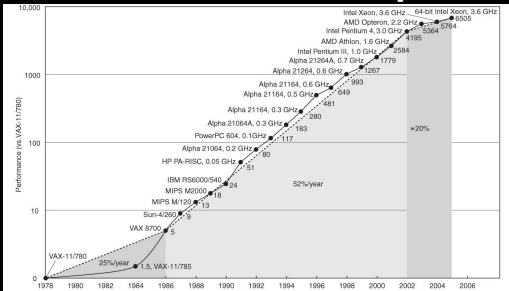
FIGURE 1.15 Clock rate and Power for Intel x86 microprocessors over eight generations and 25 years. The Pentium 4 made a dramatic jump in clock rate and power but less so in performance. The Prescott thermal problems led to the abandonment of the Pentium 4 line. The Core 2 line reverts to a simpler pipeline with lower clock rates and multiple processors per chip.
Copyright © 2009 Elsevier, Inc. All rights reserved.

Barreira de Potência

Inovações na eletrônica permitem diminuição da carga capacitiva
Não há como diminuir a tensão garantindo o correto funcionamento dos transistores

Assim não há como diminuir a potência! \Rightarrow
Barreira de potência (ou Power Wall)

Crescimento do desempenho



Multicore

Melhoria na vazão (não no tempo de execução!)
Para melhorar tempo de execução requer programação paralela explicitamente (HLL).
Paralelismo a nível de instrução:
É difícil conseguir balanceamento de carga entre tarefas.
É preciso reduzir a comunicação e overhead de sincronização.

Mudando o paradigma

Processadores multicore
Mais de um processador por chip

Objetivo: dobrar o número de cores por processador a cada geração de tecnologia

Benchmarks

Exemplos de multicore

| Product | AMD Opteron X4 (Barcelona) | Intel Nehalem | IBM Power 6 | Sun Ultra SP ARC T2 (Niagara 2) |
|----------------------|----------------------------|---------------|-------------|---------------------------------|
| Cores per chip | 4 | 4 | 2 | 8 |
| Clock rate | 2.5 GHz | ~2.5 GHz? | 4.7 GHz | 1.4 GHz |
| Microprocessor power | 120 W | ~100 W? | ~100 W? | 94 W |

FIGURE 1.17 Number of cores per chip, clock rate, and power for 2008 multicore microprocessors.
Copyright © 2009 Elsevier, Inc. All rights reserved.

Benchmarks

Standard Performance Evaluation Corp (SPEC)
<http://www.spec.org/>

Fundada por fabricantes de computadores.

Objetivo: conjunto padronizado de benchmarks para avaliar desempenho.

É um conjunto de programas usado para medir o desempenho de um computador.

Ex.: CPU, Ponto Flutuante, E/S, Web, ...

SPECINTC2006 benchmarks on AMD Opteron X4

| Description | Name | Instruction Count $\times 10^9$ | CPI | Clock cycle time (sec) $\times 10^{-9}$ | Execution Time (sec) | Reference Time (sec) | SPE Ratio |
|-----------------------------------|------------|---------------------------------|-------|---|----------------------|----------------------|-----------|
| Interpreted string processing | perl | 2,118 | 0.75 | 0.4 | 637 | 9,770 | 15.3 |
| Block-sorting compression | bbp2 | 2,389 | 0.85 | 0.4 | 817 | 9,650 | 11.8 |
| GNU C compiler | 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 sequence | 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 simulation | libquantum | 1,623 | 1.61 | 0.4 | 1,047 | 20,720 | 19.8 |
| Video compression | h264 vc | 3,102 | 0.80 | 0.4 | 993 | 22,130 | 22.3 |
| Discrete event simulation 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 parsing | xalanbmk | 1,058 | 2.70 | 0.4 | 1,143 | 6,900 | 6.0 |
| Geometric Mean | | | | | | | 11.7 |

FIGURE 1.28 SPECINTC2006 benchmarks running on AMD Opteron X4 model 2356 (Barcelona). Copyright © 2009 Elsevier Inc. All rights reserved.

Concluindo ...

Relação custo/desempenho está melhorando
 desenvolvimento da tecnologia subjacente!
 Camadas hierárquicas de abstração
 tanto em hardware como em software
 Tempo de Execução: melhor medida de
 desempenho
 Vazão é boa quando ISA é o mesmo!
 Potência (power) é um fator limitante
 Uso de paralelismo para melhorar o desempenho.

Referências

Seções 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 e 1.9
 Livro: “Organização e Projeto de Computadores –
 A Interface Hardware/Software”, David A.
 Patterson & John L. Hennessy, Campus, 4 edição,
 2013.