

O estado de arte: a evolução de computação de alto desempenho

Siang Wun Song - Universidade de São Paulo

2009

Evolução da Computação

- O Mark I tinha ciclo de 0,3 segundos; o ENIAC 200 micro-segundos
- Processador hoje: vários GHz - menos de um nanosegundo de ciclo
- Processador de hoje é 100.000.000 vezes mais rápido que Mark I
quase 1.000.000 mais rápido que o ENIAC
- Computação paralela usa um grande número de processadores, aumentando mais ainda o poder computacional.
- Veremos a importância da computação paralela e a sua evolução na ótica da lista TOP500.

O que já temos ou que está no horizonte:

- Sistemas de computação maciçamente paralelos serão cada vez mais comuns.
- Clusters Beowulf baseados em arquiteturas abertas tornam o uso da Computação Paralela cada vez mais popular.
- Novas arquiteturas de processadores: multi-core: Intel já anunciou o lançamento de um chip com 80 cores (processadores), um trilhão de operações aritméticas por segundo (1 TFLOPS).
- Médio ou longo prazo: Novas arquiteturas eficientes em energia e tecnologias que não são baseadas em silício.

Medida de desempenho:

1 FLOPS = uma operação ponto flutuante por segundo

- KFLOPS = 2^{10} = aprox. 1.000 op/s
- MFLOPS = 2^{20} = aprox. 1.000.000 op/s
- GFLOPS = 2^{30} = aprox. 1.000.000.000 op/s
- TFLOPS = 2^{40} = aprox. 1.000.000.000.000 op/s

Lista dos 500 computadores mais poderosos do mundo

- Divulgada duas vezes por ano: em junho e novembro
- Interesse tanto para fabricantes como para compradores potenciais
- Benchmark: LINPACK - solução de um sistema linear de n a n incógnitas (e.g. $n = 1000$).
- Computadores com melhor desempenho LINPACK entram na lista
- Muito material é disponível no site:
<http://www.top500.org/>

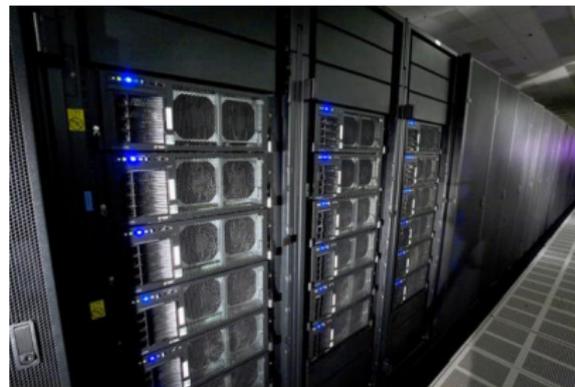
O Primeiro Colocado ... hoje

O computador mais veloz do mundo (em junho/2009):



- IBM RoadRunner (DOE)
- 129.600 cores - Opteron e Cell (PlayStation 3 :-)
- Memória de 103 TBytes - Red Hat Linux
- LINPACK: 1,105 PFLOPS
- Velocidade de pico: 1,456 PFLOPS

Source: www.top500.org



O Primeiro Colocado ... em junho/2009

Em novembro/2009 sai uma nova TOP500 e
tudo pode mudar :-)

Máquinas no Brasil na TOP500

- Na lista atual não há nenhuma máquina do Brasil.
- Na lista de novembro/2008 havia uma máquina do Brasil:
Posição 138 (Universidade Federal do Rio de Janeiro)
Dell Netuno PowerEdge 1950 2,66 GHz - 2048
processadores (16,24 TFLOPS Linpack)

Para entrar na lista TOP500, o último colocado apresenta 17,09 TFLOPS Linpack. Essa máquina ocupava a posição 128 na TOP500 de um ano atrás.

Na lista TOP500 de novembro/2006 a USP estava na posição 363, com 3,182 TFLOPS Linpack :-)

A alegria só durou 6 meses :-)

Máquinas no Brasil na TOP500

- Na lista atual não há nenhuma máquina do Brasil.
- Na lista de novembro/2008 havia uma máquina do Brasil:
Posição 138 (Universidade Federal do Rio de Janeiro)
Dell Netuno PowerEdge 1950 2,66 GHz - 2048
processadores (16,24 TFLOPS Linpack)

Para entrar na lista TOP500, o último colocado apresenta 17,09 TFLOPS Linpack. Essa máquina ocupava a posição 128 na TOP500 de um ano atrás.

Na lista TOP500 de novembro/2006 a USP estava na posição 363, com 3,182 TFLOPS Linpack :-)

A alegria só durou 6 meses :-)

Máquinas no Brasil na TOP500

- Na lista atual não há nenhuma máquina do Brasil.
- Na lista de novembro/2008 havia uma máquina do Brasil:
Posição 138 (Universidade Federal do Rio de Janeiro)
Dell Netuno PowerEdge 1950 2,66 GHz - 2048
processadores (16,24 TFLOPS Linpack)

Para entrar na lista TOP500, o último colocado apresenta 17,09 TFLOPS Linpack. Essa máquina ocupava a posição 128 na TOP500 de um ano atrás.

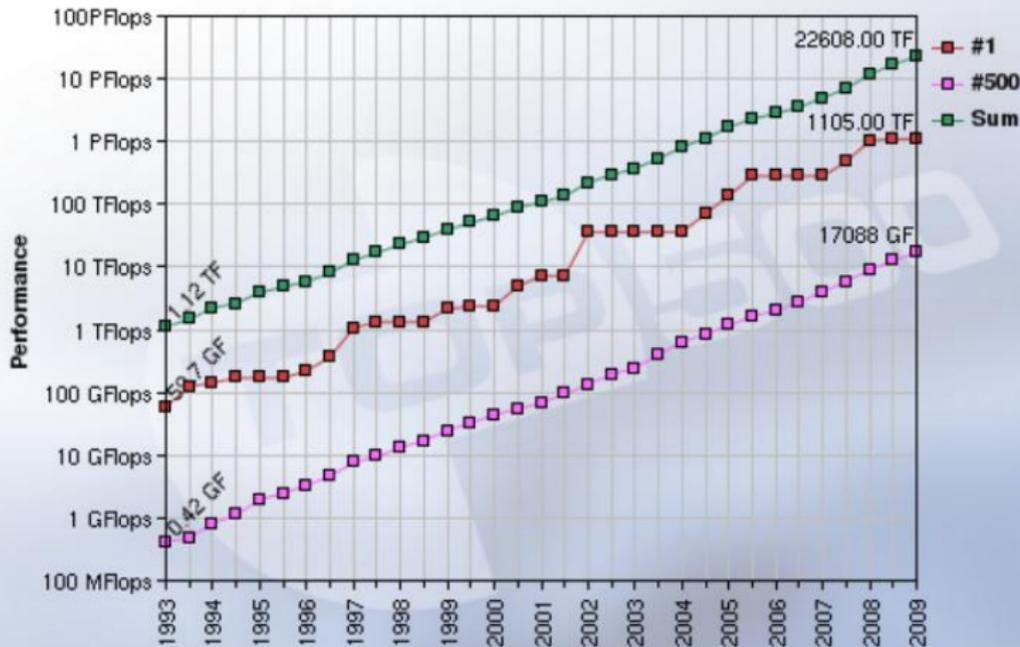
Na lista TOP500 de novembro/2006 a USP estava na posição 363, com 3,182 TFLOPS Linpack :-)

A alegria só durou 6 meses :-(

Desempenho ao longo do tempo



Performance Development



19/06/2009

<http://www.top500.org/>

Esse foi um exercício de MAC 412 do ano 2007:

- Pergunta: O que vem depois de TFLOPS?

Resposta: **PFLOPS** (Peta Flops)

1 PFLOPS = 2^{50} = aprox. 1.000.000.000.000.000 op/s

- Pergunta: Em que ano teremos computadores de desempenho de PFLOPS?

O exercício pode ser feito com a próxima figura. Mas com o aparecimento do RoadRunner, esse exercício não faz mais sentido :-)

Esse foi um exercício de MAC 412 do ano 2007:

- Pergunta: O que vem depois de TFLOPS?

Resposta: **PFLOPS** (Peta Flops)

1 PFLOPS = 2^{50} = aprox. 1.000.000.000.000.000 op/s

- Pergunta: Em que ano teremos computadores de desempenho de PFLOPS?

O exercício pode ser feito com a próxima figura. Mas com o aparecimento do RoadRunner, esse exercício não faz mais sentido :-)

Esse foi um exercício de MAC 412 do ano 2007:

- Pergunta: O que vem depois de TFLOPS?

Resposta: **PFLOPS** (Peta Flops)

1 PFLOPS = 2^{50} = aprox. 1.000.000.000.000.000 op/s

- Pergunta: Em que ano teremos computadores de desempenho de PFLOPS?

O exercício pode ser feito com a próxima figura. Mas com o aparecimento do RoadRunner, esse exercício não faz mais sentido :-)

Esse foi um exercício de MAC 412 do ano 2007:

- Pergunta: O que vem depois de TFLOPS?

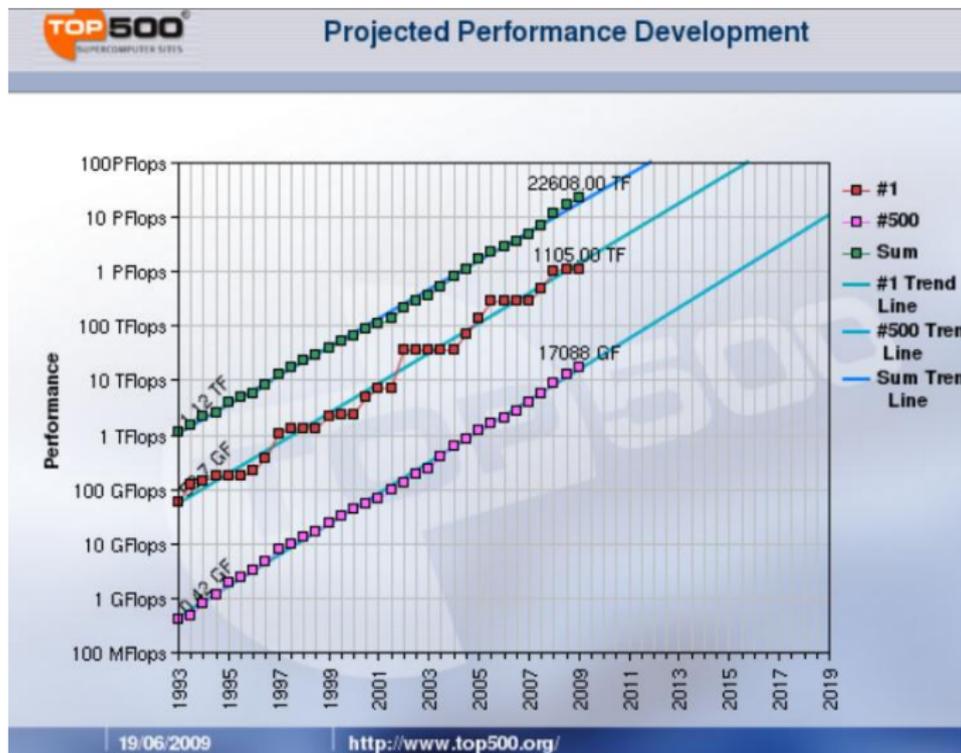
Resposta: **PFLOPS** (Peta Flops)

1 PFLOPS = 2^{50} = aprox. 1.000.000.000.000.000 op/s

- Pergunta: Em que ano teremos computadores de desempenho de PFLOPS?

O exercício pode ser feito com a próxima figura. Mas com o aparecimento do RoadRunner, esse exercício não faz mais sentido :-)

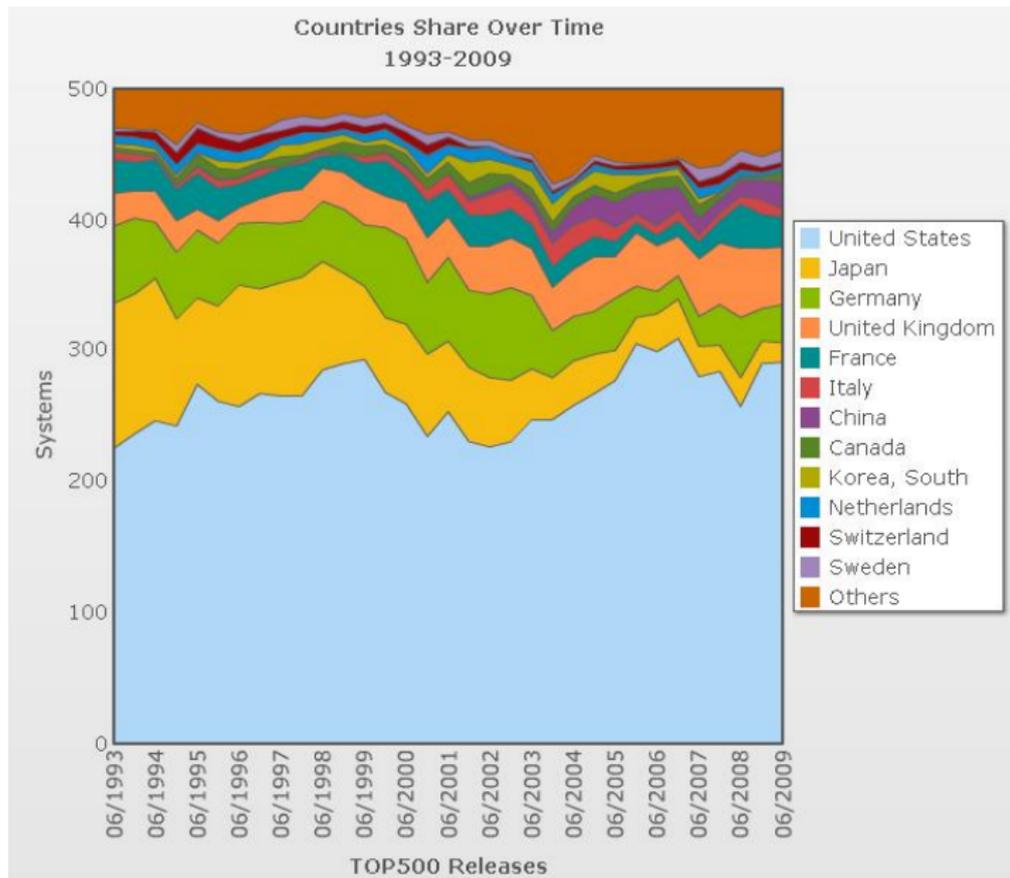
Predicção do Desempenho



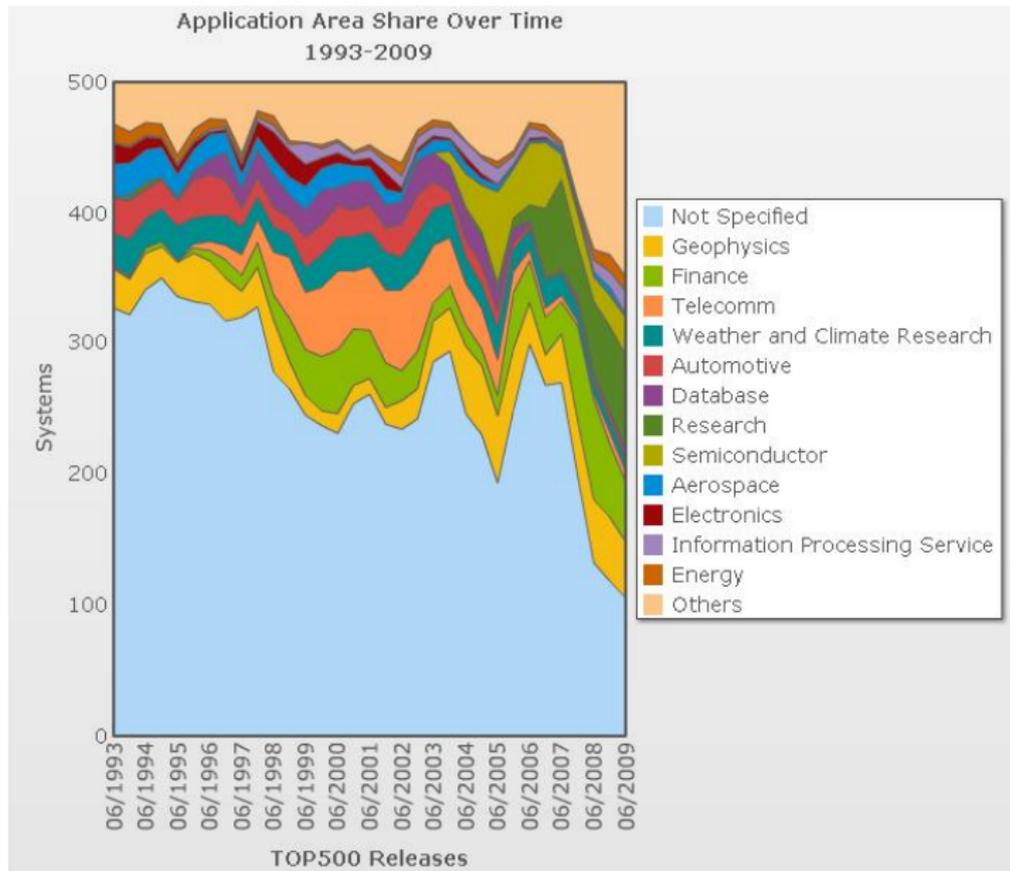
Podemos perguntar quando aparecerá uma máquina com mais de um EXAFLOPES? e ZETTAFLOPS, YOTTAFLOPS?



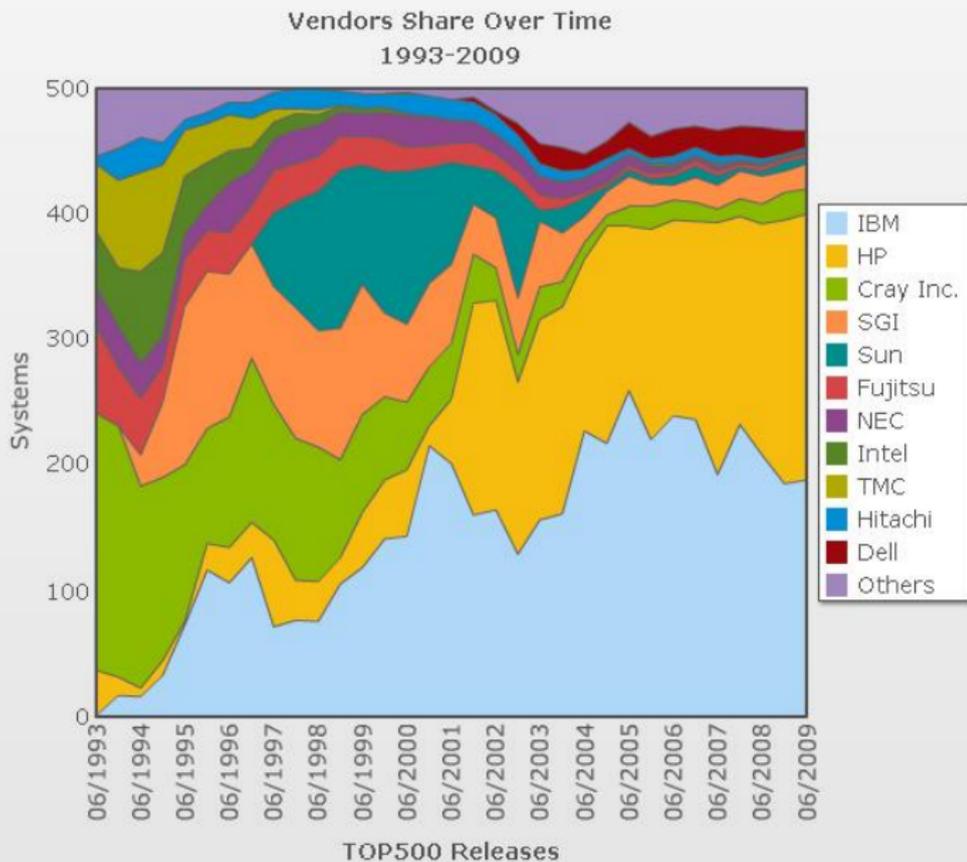
Países Compradores



Aplicações

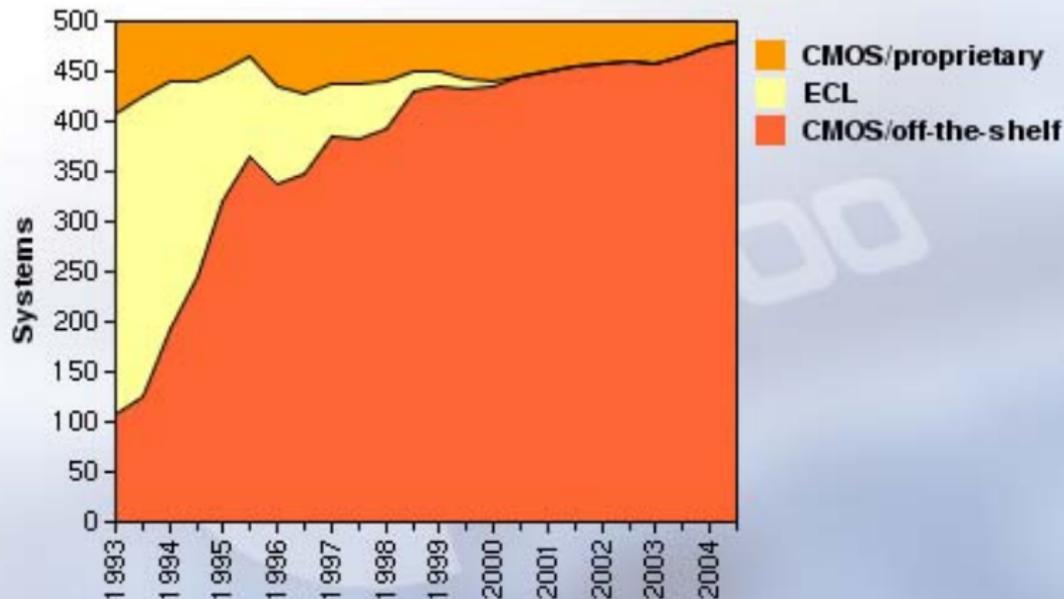


- Área de alta competição.
- Difícil prever qual melhor rumo a seguir.
- Algumas empresas permanecem; outras não.





Chip Technology / Systems



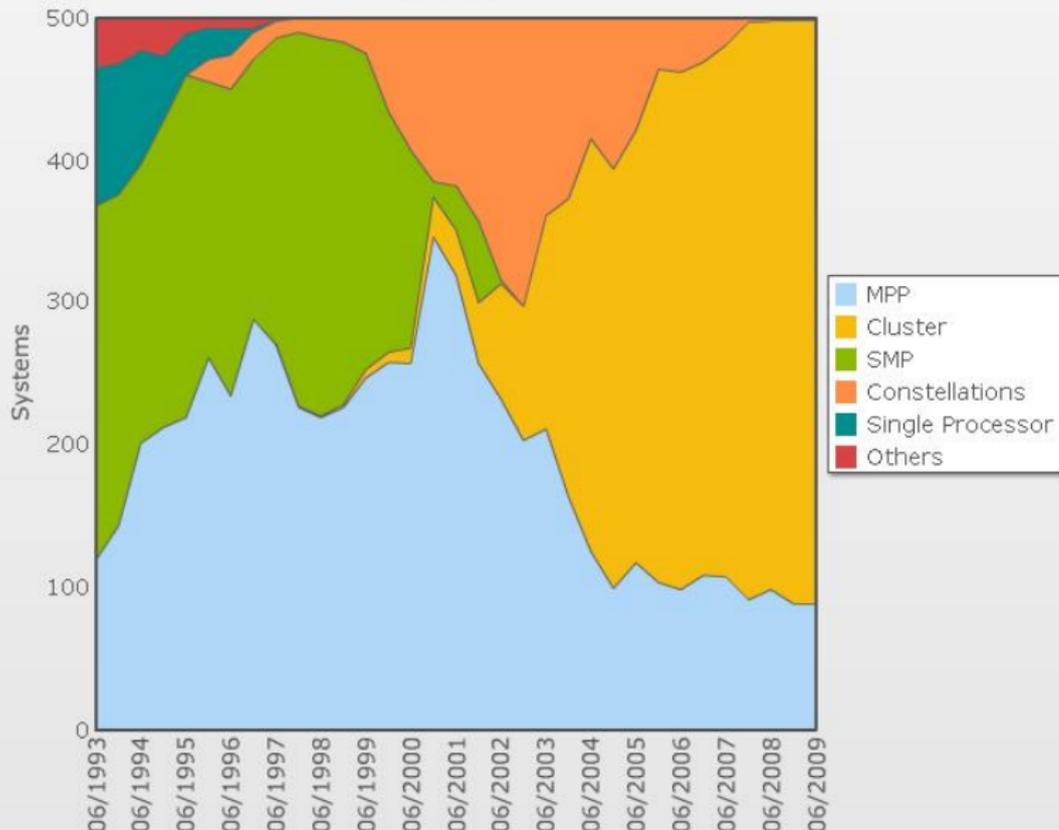
2004-11-09

<http://www.top500.org/>

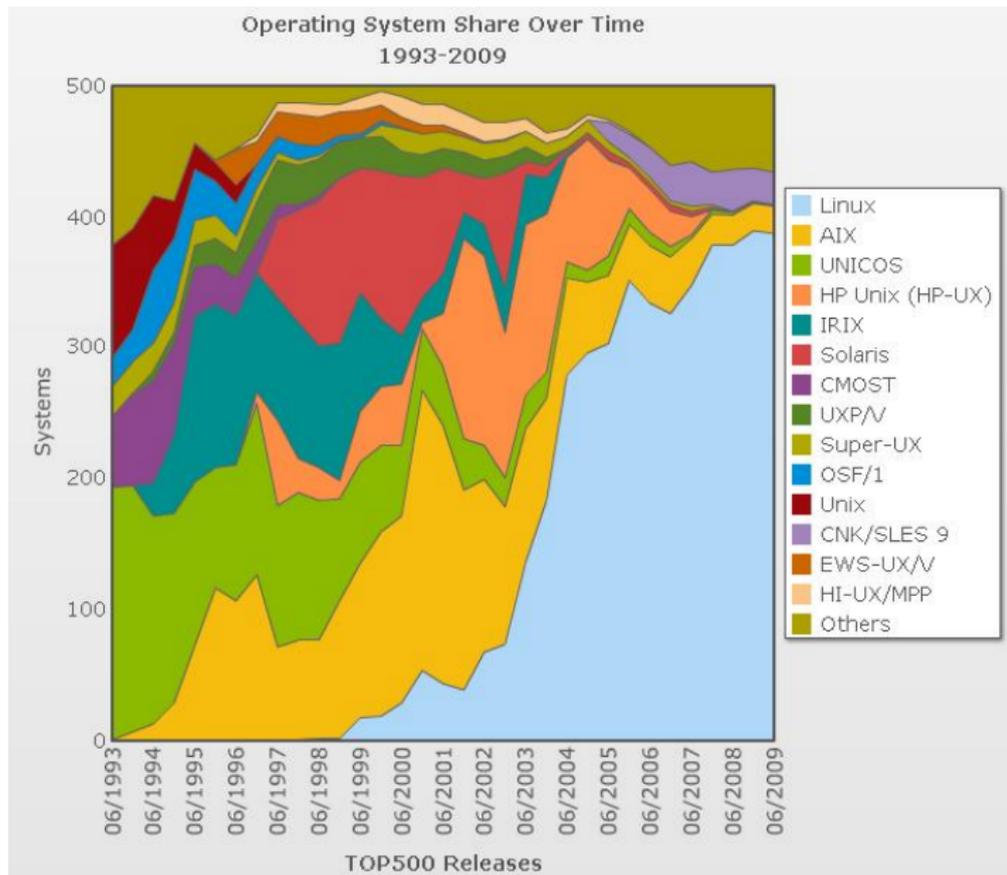
- Um só processador.
- SMP - Symmetric Multi Processor.
- MPP - Massively Parallel Processor.
- SIMD - Single Instruction Multiple Data.
- Cluster - Network of Workstations.
- Constelation - “cluster of clusters”.

Arquitetura

Architecture Share Over Time
1993-2009



Sistema Operacional



- O rápido avanço em hardware então vai resolver tudo?

Não obstante a rápida evolução do hardware, a grande dificuldade está no desenvolvimento de algoritmos para explorar efetivamente o potencial computacional.

Não adianta termos 129.600 processadores, se apenas poucos fazem trabalhos úteis a cada momento.

- O rápido avanço em hardware então vai resolver tudo?

Não obstante a rápida evolução do hardware, a grande dificuldade está no desenvolvimento de algoritmos para explorar efetivamente o potencial computacional.

Não adianta termos 129.600 processadores, se apenas poucos fazem trabalhos úteis a cada momento.

- O rápido avanço em hardware então vai resolver tudo?

Não obstante a rápida evolução do hardware, a grande dificuldade está no desenvolvimento de algoritmos para explorar efetivamente o potencial computacional.

Não adianta termos 129.600 processadores, se apenas poucos fazem trabalhos úteis a cada momento.

O Vilão é a Comunicação

- Um algoritmo sequencial não gasta tempo com comunicação com outros computadores.
(Quando só voce está trabalhando, voce não fica falando sozinho :-)
- Um algoritmo paralelo, dependendo da aplicação, precisa fazer comunicação com outros computadores.
(Quando o trabalho é em grupo, em geral a comunicação se torna essencial.)
- Computador paralelo de memória distribuída: cada processador tem sua memória local.
- Comunicação é feita através de troca de mensagens.

- Dificuldade de lidar com paralelismo: como projetar um programa eficiente para centenas ou milhares de processadores?

Computação Paralela será regra e não exceção.

- Necessidade de formar profissionais capazes de projetar algoritmos paralelos eficientes e escaláveis.
- Descobrir novas aplicações com alta demanda computacional que podem tirar proveito do paralelismo maciço.
- Criar novos (?) modelos de computação, novos (?) paradigmas de programação paralela ou novas (?) linguagens de programação paralela.

- Computação de alto desempenho caminha para a computação paralela.
- A tecnologia usada é a CMOS.
- Fabricantes enfrentam alta competição.
- Algumas arquiteturas são mais adequadas para numerosos processadores.
- Importância dos *Clusters* na lista TOP500.