

PARALELISMO: SMP E PROCESSAMENTO VETORIAL

Prof. Dr. João Carlos Lopes Fernandes

2022 - 1

Introdução





ARQUITETURA SMP

Arquitetura SMP

- SMP: Symmetric MultiProcessing
 - Queda de custos, crescente demanda...
 - Mais comum nos PCs modernos



Arquitetura SMP

- 5 Características Básicas
 1. 2 ou + processadores (capacidades comparáveis)
 2. CPUs compartilham memória/barramento
 - Tempo de acesso praticamente igual entre elas
 3. Dispositivos de E/S compartilhados
 4. CPUs executam mesmas funções (simetria)
 5. SO permite integração (processos/arquivos/dados)
- SO quem divide as tarefas!

Arquitetura SMP

- 4 Potenciais Vantagens
 1. **Desempenho** (SMP x UNI)
 2. **Disponibilidade** (falência de CPUs)
 3. **Crescimento Incremental** (Adic. Processadores)
 4. **Escalabilidade** (custos/desempenho variados)
- Atualmente: economia de energia
 - Desligar CPUs inativas
 - Reduzir a velocidade de processamento (clock)



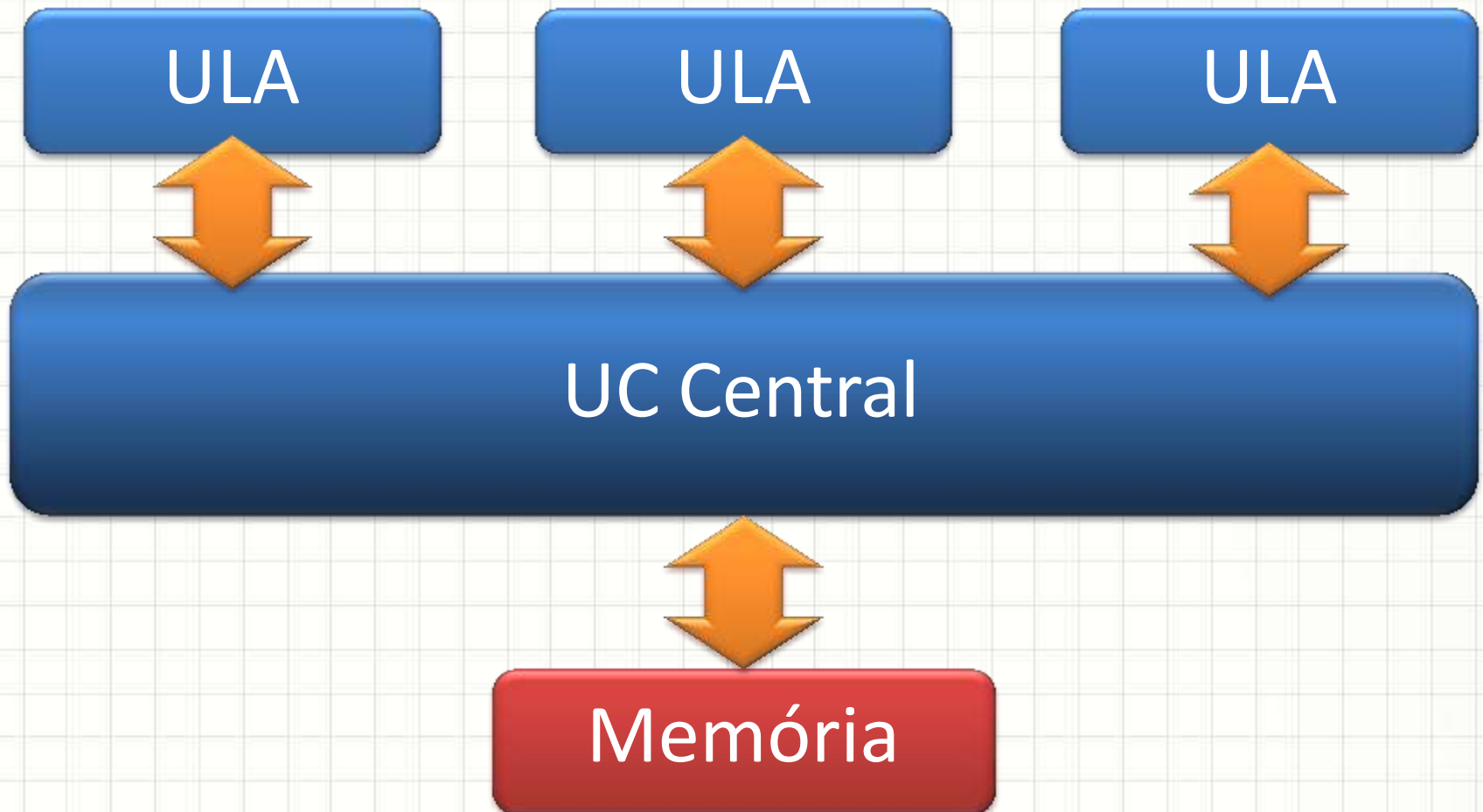
ORGANIZAÇÃO SMP

Organização SMP

- Principal desafio
 - Resolver conflitos: CPUs x Memória
 - Coordenar os acessos
- Várias estratégias de implementação
 - Unidade de Controle Central
 - Tempo Compartilhado
 - Memórias com Múltiplas Portas

SMP: Unidade de Controle Central

- Estratégia Original: 1 UC, várias ULAs

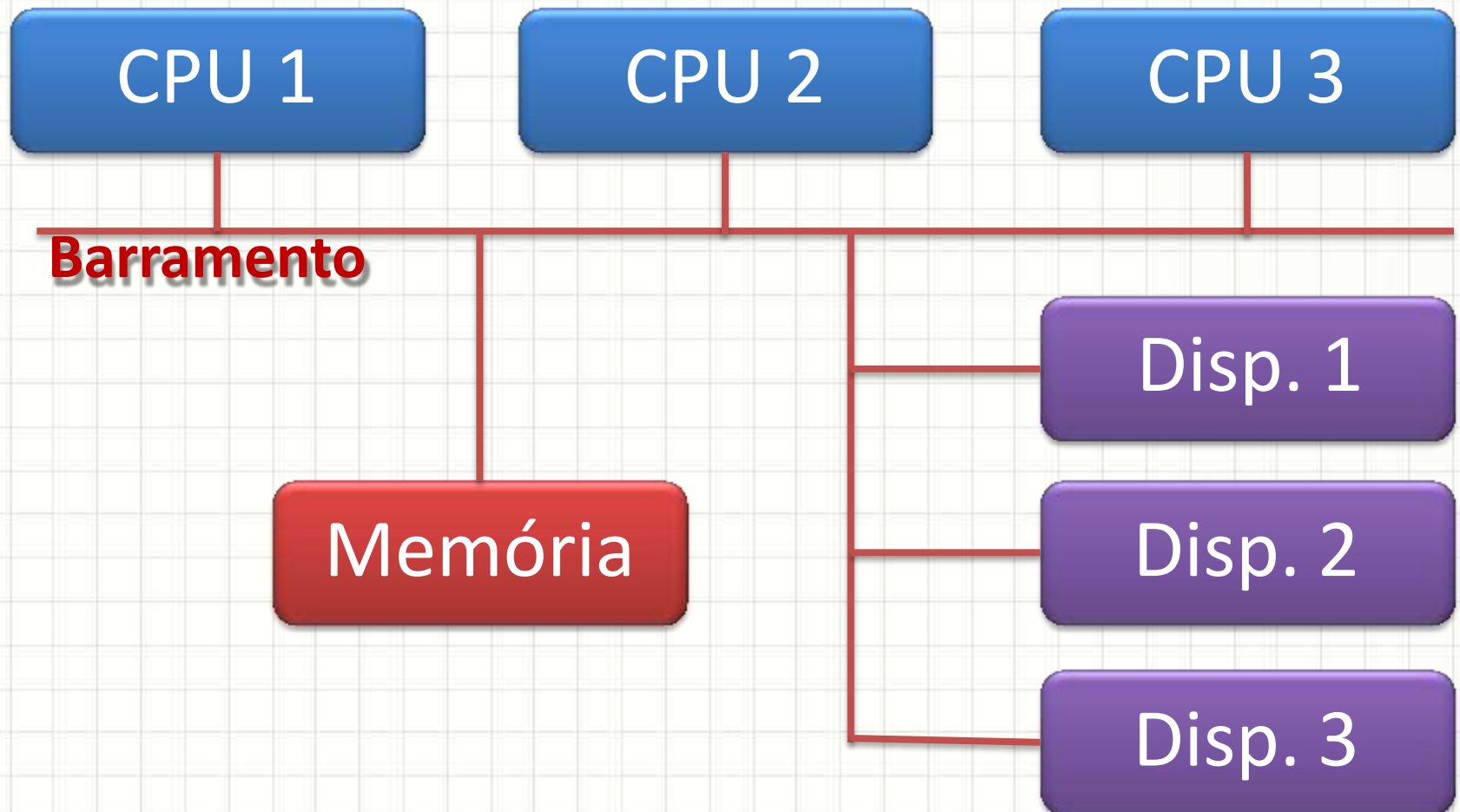


SMP: Unidade de Controle Central

- Desenvolvido pela IBM
- Muito usado entre 1960 e 1970
- Caiu em desuso
 - Alta complexidade
 - Alto custo de desenvolvimento

SMP: Tempo Compartilhado

- Tempo Compartilhado ou Barramento Comum

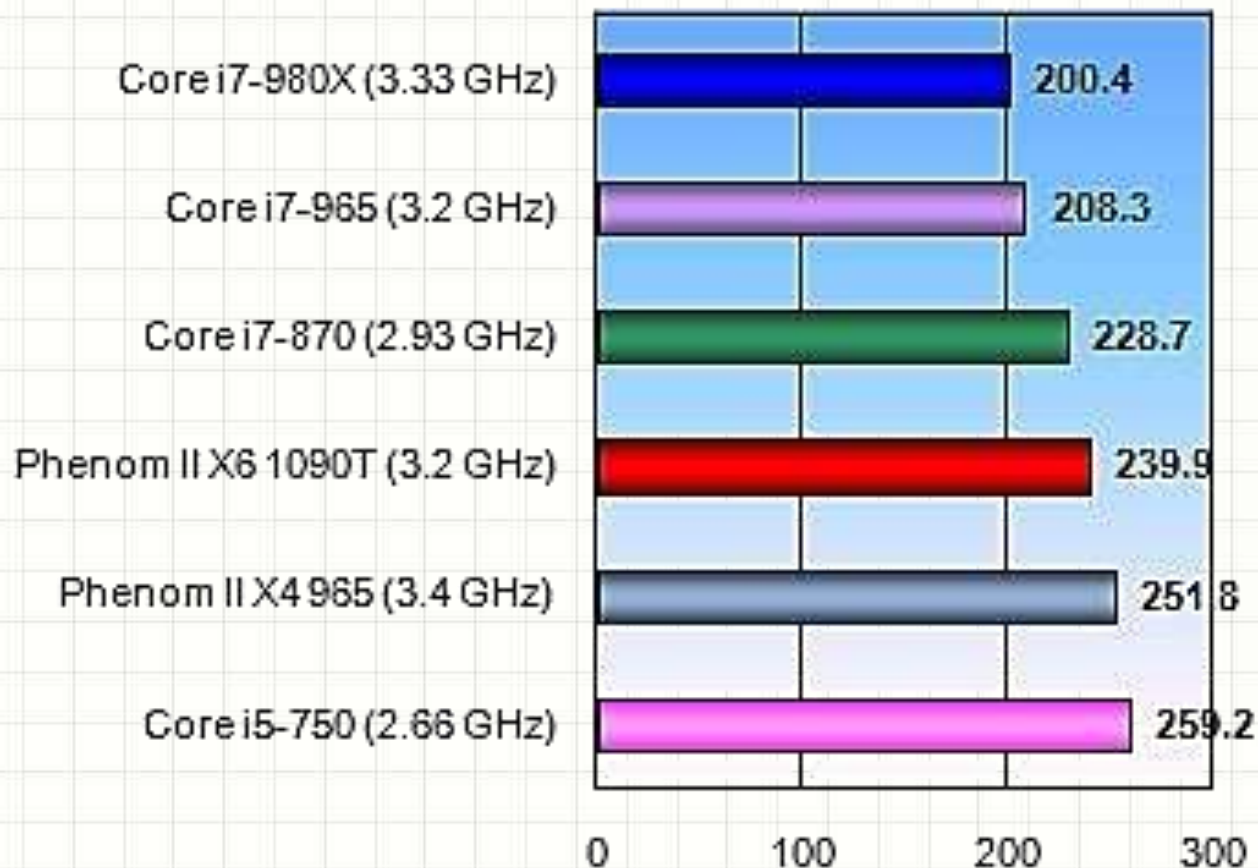


SMP: Tempo Compartilhado

- Vantagens
 - **Simplicidade** (mais simples, parecido com UNI)
 - **Flexibilidade** (adicionar processadores)
 - **Confiabilidade** (barramento passivo x falha CPU)
- Desvantagens
 - Complexidade do gerenciamento do barramento?
 - Gargalo no acesso à memória
 - Cache por CPU x Coerência de Cache

SMP: Tempo Compartilhado

- Resultados...
 - Uso do Photoshop CS4 (segundos)



SMP: Tempo Compartilhado

- Resultados... Dragon Age Origins (FPS)



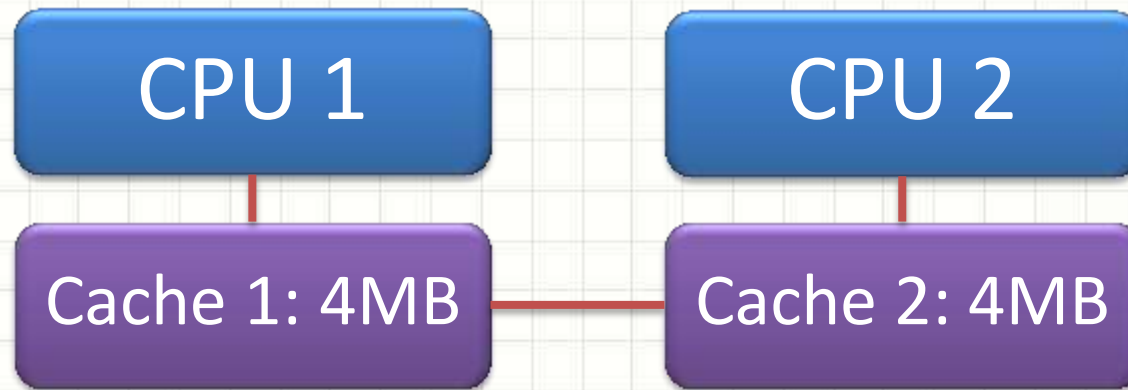
**Gargalo no
acesso à
RAM**

Cache

Athlon/Phenom x
Core i

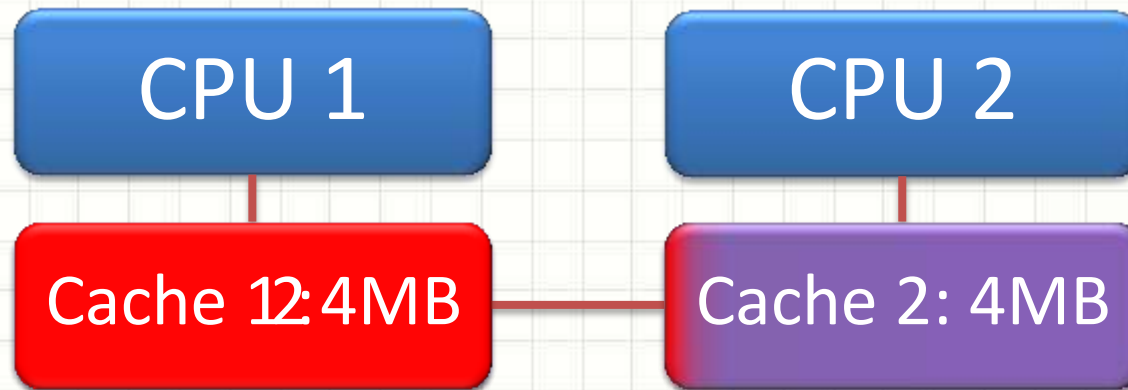
SMP: Tempo Compartilhado

- AMD: Cache Fixo



SMP: Tempo Compartilhado

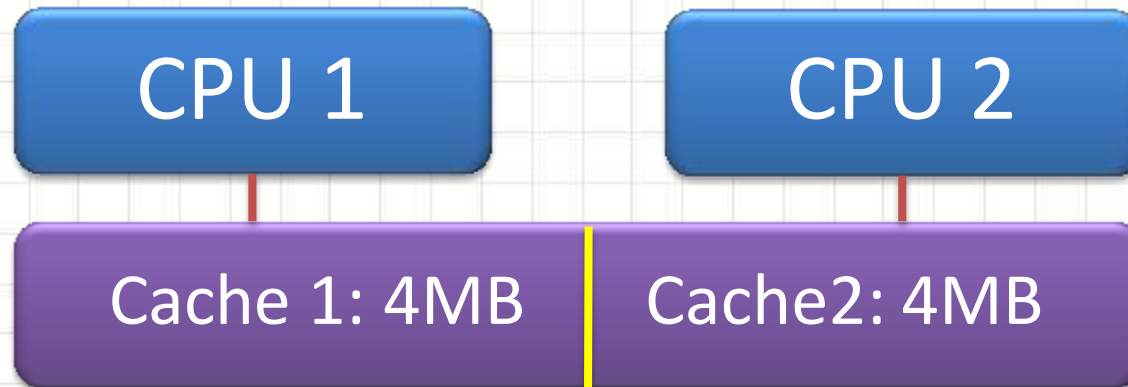
- AMD: Cache Fixo



- Situação:
 - CPU1: processo usando todo o cache (e quer mais!)
 - CPU2: processo não usando quase nenhum cache
- Uso ineficiente do cache → desempenho pior

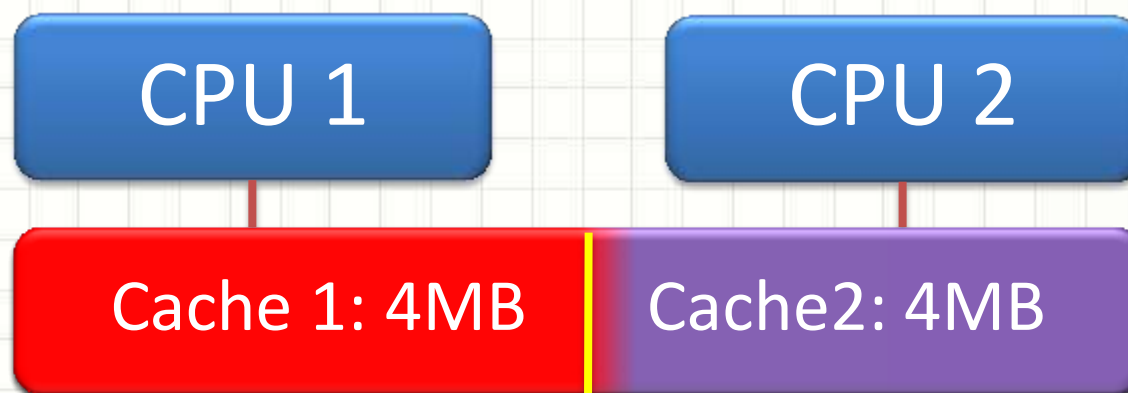
SMP: Tempo Compartilhado

- Intel: Cache Dinâmico



SMP: Tempo Compartilhado

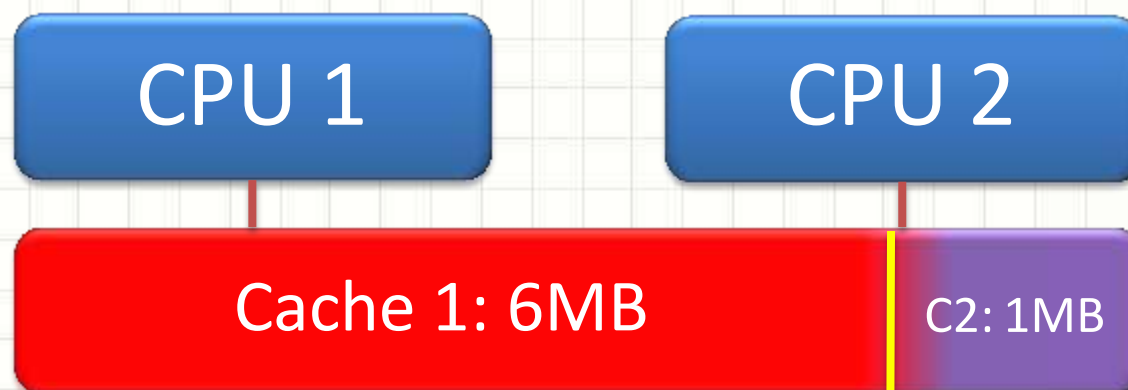
- Intel: Cache Dinâmico



- Situação:
 - CPU1: processo usando todo o cache (e quer mais!)
 - CPU2: processo não usando quase nenhum cache
- O que acontece?

SMP: Tempo Compartilhado

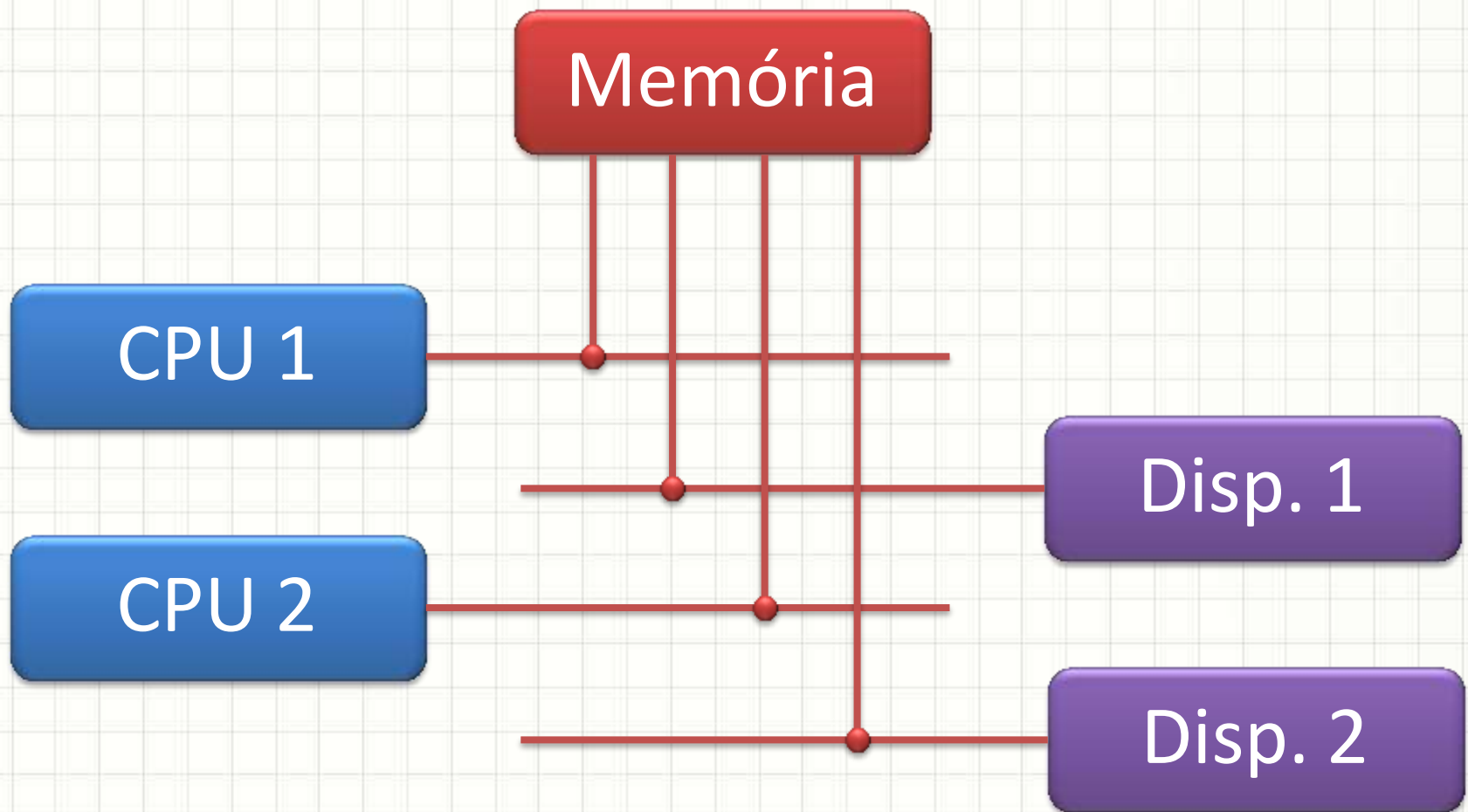
- Intel: Cache Dinâmico



- Situação:
 - CPU1: processo usando todo o cache (e quer mais!)
 - CPU2: processo não usando quase nenhum cache
- Reajuste do Tamanho dos Caches
 - Muito mais eficiente!

SMP: Multiport Memory

- Acesso à Memória Diferenciado

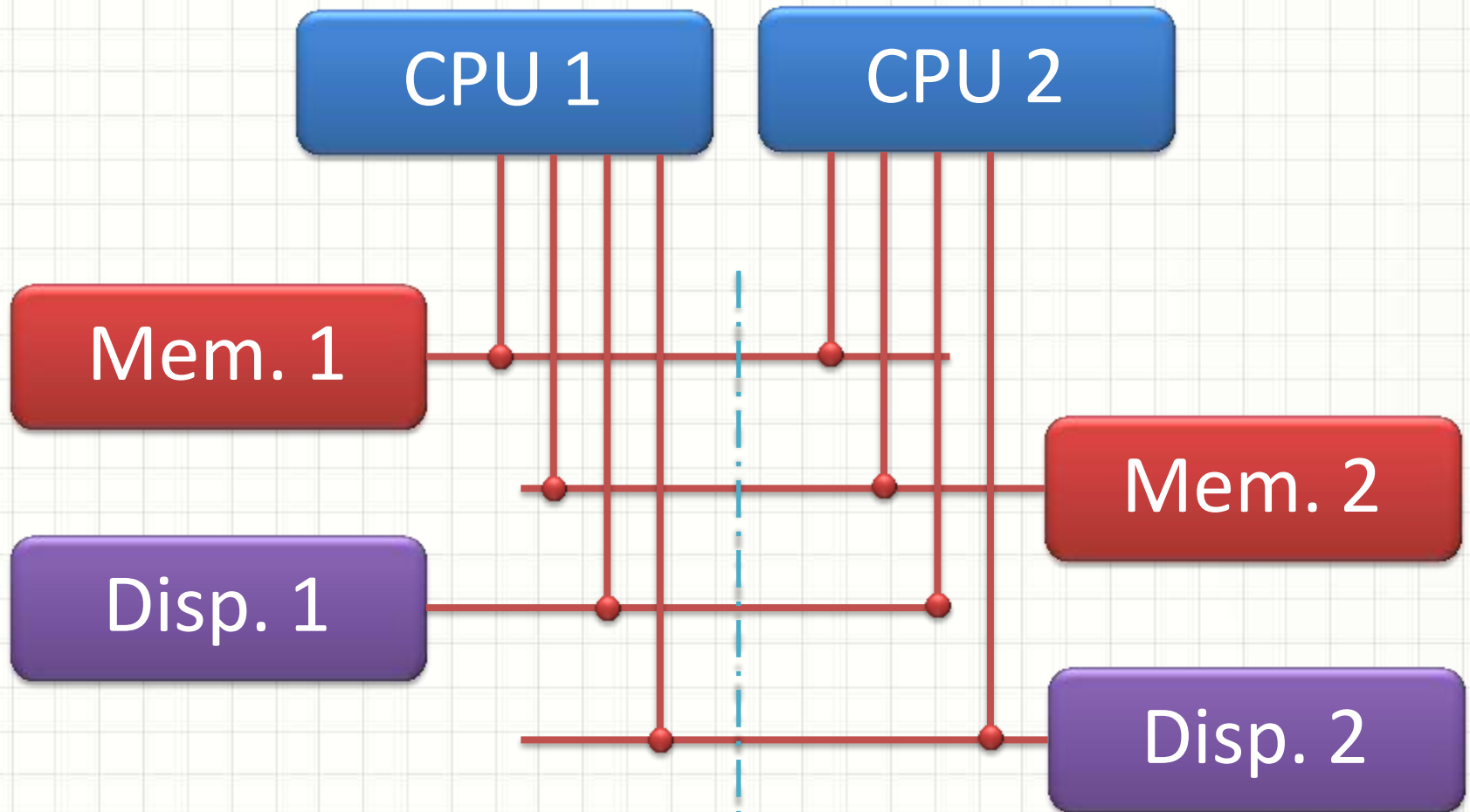


SMP: Multiport Memory

- Vantagens
 - **Redução de Conflitos** (arbitragem)
- Desvantagens
 - Memória Multiport é cara
 - Difícil manutenção de coerência de cache
 - Em alguns casos, memória ainda é gargalo
 - Solução: NUMA
 - Non-Uniform Memory Access
 - Cada CPU tem preferência a uma memória específica

NUMA

- Acesso à Memória Preferencial





PROCESSAMENTO VETORIAL

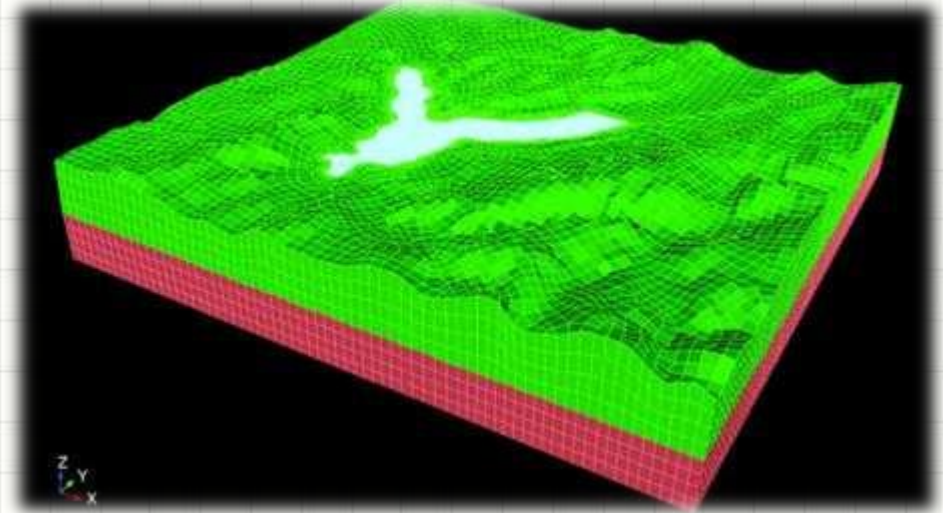
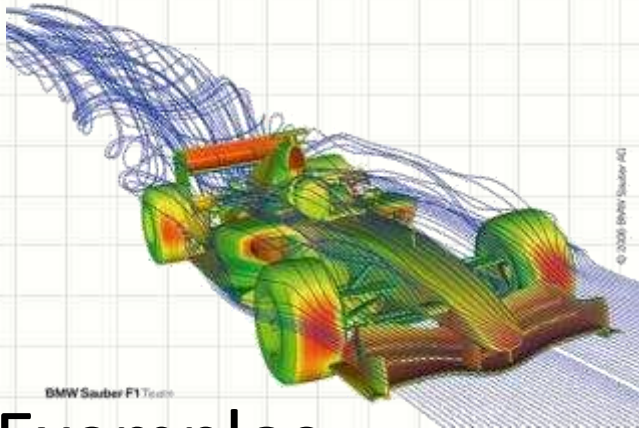
Processamento Vetorial

- Supercomputadores: SIMD
- Problemas: Aerodinâmica, meteorologia, etc.
 - Precisão numérica em ponto flutuante
 - Operações complexas, grandes vetores de números



Processamento Vetorial

- Simulação de Campos Contínuos
 - Situação física é descrita por uma superfície 3D



- Exemplos
 - Evolução climática
 - Velocidades de jato de propulsão
 - Transitórios elétricos em circuitos
 - Etc.

Processamento Vetorial

- Soma Vetorial Simples

$$\begin{bmatrix} 1,5 \\ 7,1 \\ 6,9 \\ 100,5 \\ 0 \\ 59,7 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2,0 \\ 39,7 \\ 1000,003 \\ 11 \\ 21,1 \\ 19,7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,5 \\ 46,8 \\ 1006,903 \\ 111,5 \\ 21,1 \\ 79,4 \end{bmatrix}$$

$A + B = C$

Processamento Vetorial

- Existem poucos computadores assim
 - Grandes centros de pesquisa
- Preço: alguns milhões de dólares
- Fica fácil resolver problemas complexos?
 - Um problema climático simples: 10^{15} operações
 - Se cada uma levar 1ns (1GHz), tempo total: 11,6 dias
 - Vários dias para resolver problemas medianos
 - Bastante pesquisa nessa área