



ORGANIZAÇÃO E ARQUITETURA DE COMPUTADORES II

AULA 03: PROCESSAMENTO PARALELO: MULTIPROCESSADORES

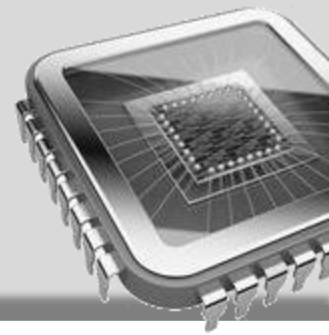
Prof. Max Santana Rolemberg Farias

max.santana@univasf.edu.br

Colegiado de Engenharia de Computação

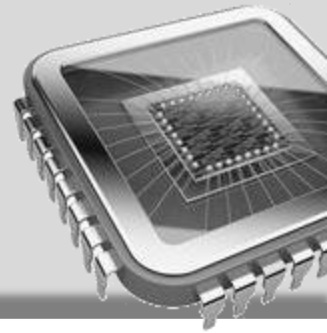


MULTIPROCESSADORES



- Os multiprocessadores são arquiteturas do tipo MIMD (*multiple instruction, multiple data*).
 - Uma conjunto de processadores que executam sequências de instruções diferentes simultaneamente em diferentes conjuntos de dados.
 - **Multiprocessadores simétricos (SMP)**
 - **Clusters**
 - **Sistema NUMA** (Acesso não uniforme à memória)

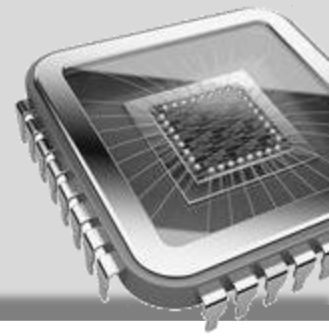
ARQUITETURA MIMD



- As arquiteturas MIMD são divididas em dois grandes grupos:
 - **Memória Compartilhada**
 - Cada processador pode endereçar toda a memória do sistema.
 - **Memória Distribuída**
 - Cada processador endereça somente a própria memória local.

ARQUITETURA MIMD

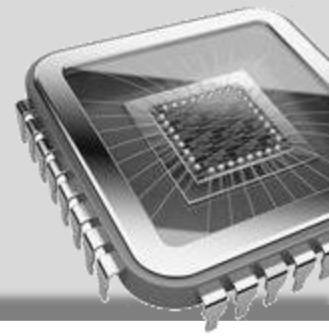
MEMÓRIA COMPARTILHADA



- As vantagens de uma arquitetura MIMD com memória compartilhada são:
 - A comunicação entre os processos é bastante eficiente, pois os dados não precisam se movimentar fisicamente.
 - A programação não difere muito da programação para um único processador, não necessitam particionar código nem dados.

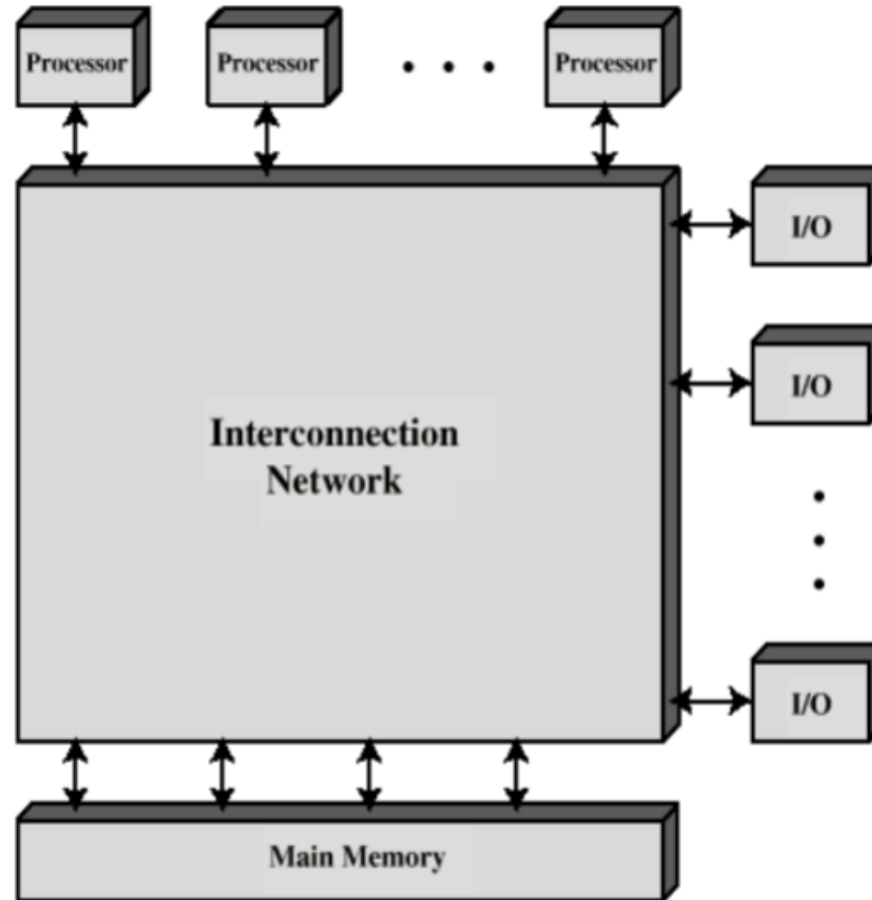
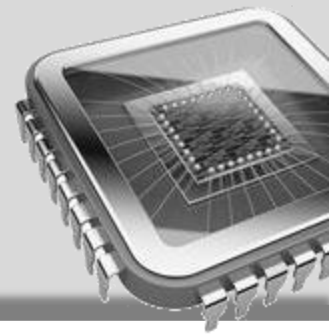
ARQUITETURA MIMD

MEMÓRIA COMPARTILHADA



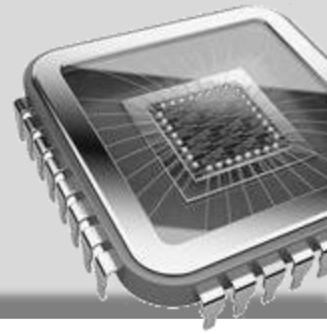
- As desvantagens de uma arquitetura MIMD com memória compartilhada são:
 - Primitivas de sincronização são necessárias para acesso às regiões compartilhadas.
 - Em algumas linguagens isso fica a cargo do programador.
 - Linguagens mais novas escondem alguns detalhes do programador.
 - Esse tipo de arquitetura não é muito escalável, devido ao limite da memória.

MULTIPROCESSADORES DIAGRAMA



ARQUITETURA MIMD

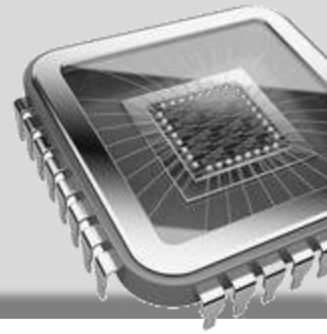
MEMÓRIA DISTRIBUÍDA



- As vantagens de uma arquitetura MIMD com memória distribuída são:
 - Altamente escalável, permitindo a construção de computadores massivamente paralelos (multicomputadores)
 - A forma de comunicação (**troca de mensagens**) resolve tanto os problemas de comunicação como sincronização.

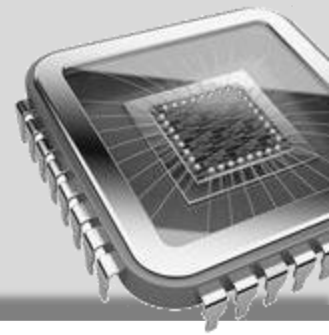
ARQUITETURA MIMD

MEMÓRIA DISTRIBUÍDA



- As desvantagens de uma arquitetura MIMD com memória distribuída são:
 - A programação exige que os problemas possuam uma natureza paralela.
 - É necessária a distribuição da carga entre os processadores, seja de maneira automática ou manual.

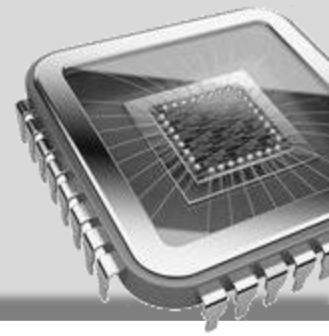
MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS



- São computadores com as seguintes características:
 - Dois ou mais processadores (capacidade semelhante).
 - Podem fazer as mesmas funções (**simétricos**)
 - Os processadores compartilham a mesma memória e E/S
 - Podem usar o mesmo canal ou possuem caminhos independentes
 - Os processadores são conectados por um barramento ou outra conexão interna.
 - O tempo de acesso à memória é aproximadamente o mesmo para todos os processadores.
 - **Arquitetura UMA** (*Uniform Memory Access*)
 - O sistema operacional controla a arquitetura
 - Fornece interação entre os processadores

MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

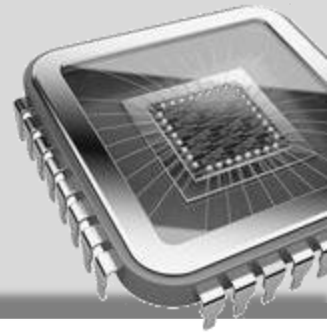
VANTAGENS



- **Desempenho**
 - Caso algum trabalho possa ser feito em paralelo
- **Disponibilidade de recurso**
 - Todos os processadores podem fazer as mesmas funções, falha de um processador não param a máquina.
- **Aumento incremental**
 - O usuário pode aumentar o desempenho adicionando novos processadores, mas sempre limitado pela memória.
- **Diferentes faixas de equipamentos**
 - Os fornecedores oferecem diferentes produtos, baseados no número de processadores.

MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

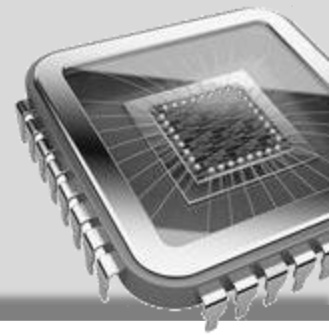
ORGANIZAÇÃO



- Os multiprocessadores simétricos podem ser organizados em:
 - Barramento de tempo compartilhado (comum)
 - Memória multiportas (multiportas)

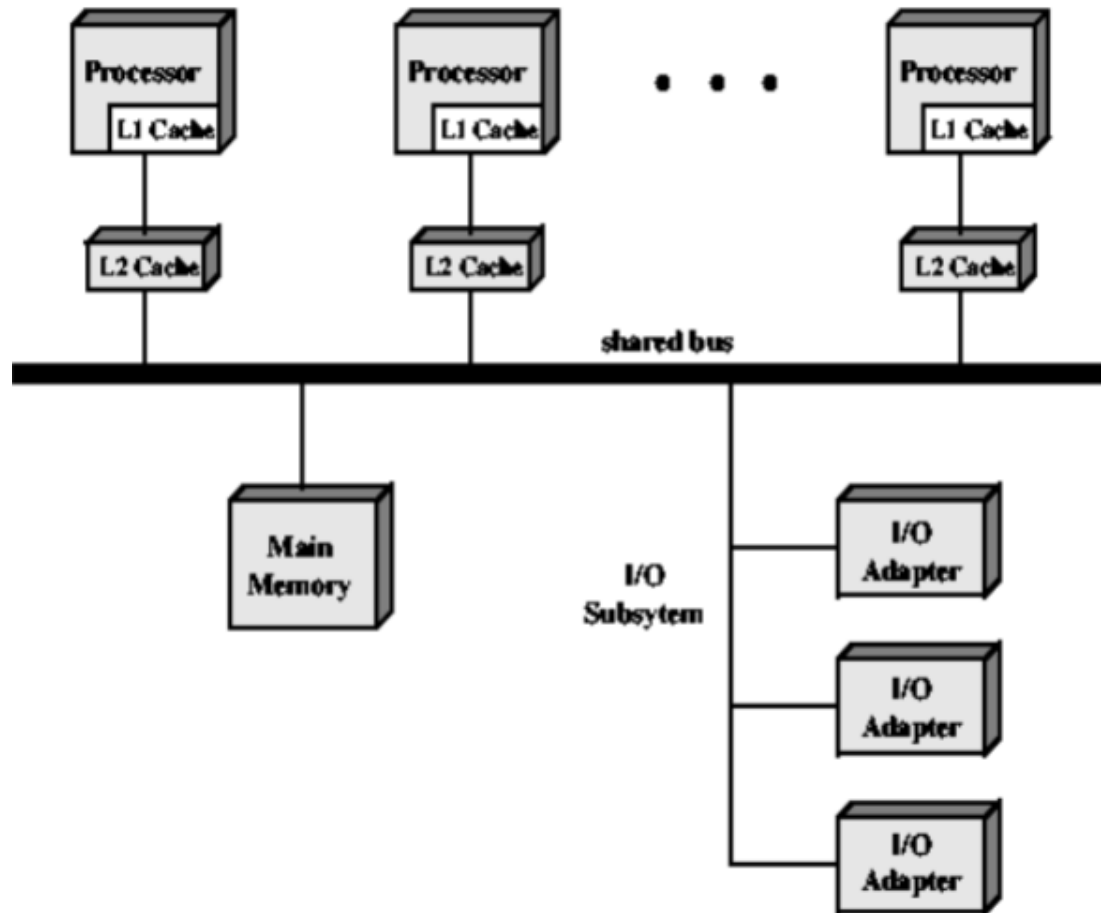
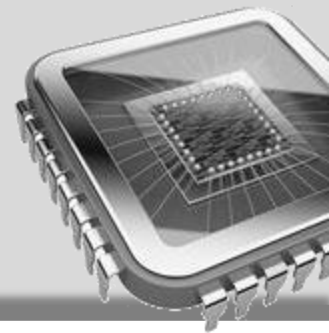
MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

BARRAMENTO COMPARTILHADO



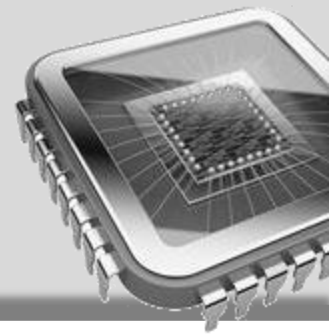
- Forma mais simples
- Estrutura e interface similares às arquiteturas monoprocessadas
 - Endereçamento (distingue módulos no barramento)
 - Arbitragem (qualquer módulo pode ser o mestre temporariamente)
 - *Time sharing* (se um módulo tem o barramento, os outros dispositivos esperam)
- Diferença em relação aos monoprocessados
 - Múltiplos processadores além de múltiplos dispositivos de E/S

MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS BARRAMENTO COMPARTILHADO



MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

BARRAMENTO COMPARTILHADO



Vantagens

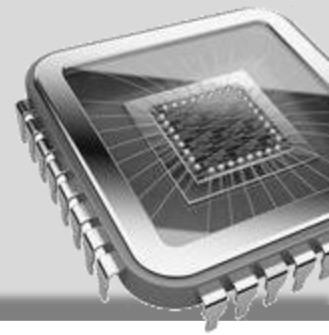
- Simplicidade
- Flexibilidade
- Confiabilidade

Desvantagens

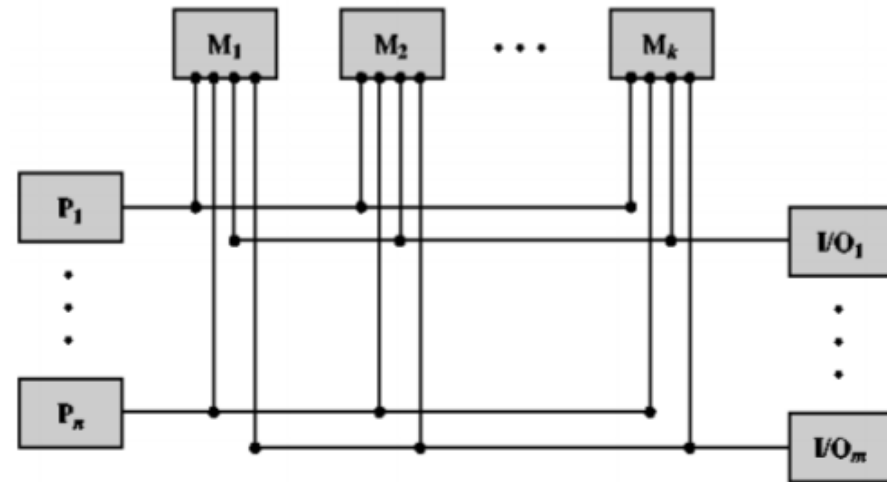
- Desempenho limitado pelo *clock* do barramento
- Cada processador deveria ter cache local
 - Reduz número de acessos ao barramento.
 - Gera problemas com a coerência da cache.

MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

MEMÓRIA MULTIPORTAS

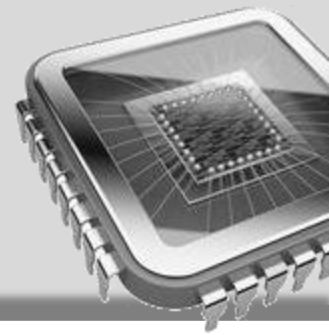


- Acesso direto e independente dos módulos de memória pelos processadores.
- Lógica necessária para solucionar conflitos
- Pouca ou nenhuma modificação nos processadores ou módulos de memória.



MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

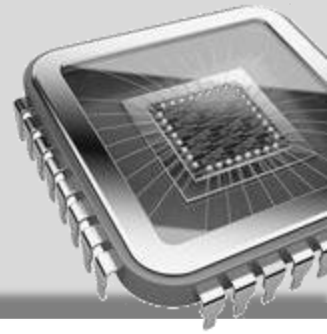
MEMÓRIA MULTIPORTAS



- Mais complexa
- Desempenho melhor
 - Cada processador tem o seu próprio caminho para os módulos de memória
- Pode configurar porções da memória como **privada** para um ou mais processadores
 - Aumenta a segurança
- Política de ***write through*** para atualização da cache

MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

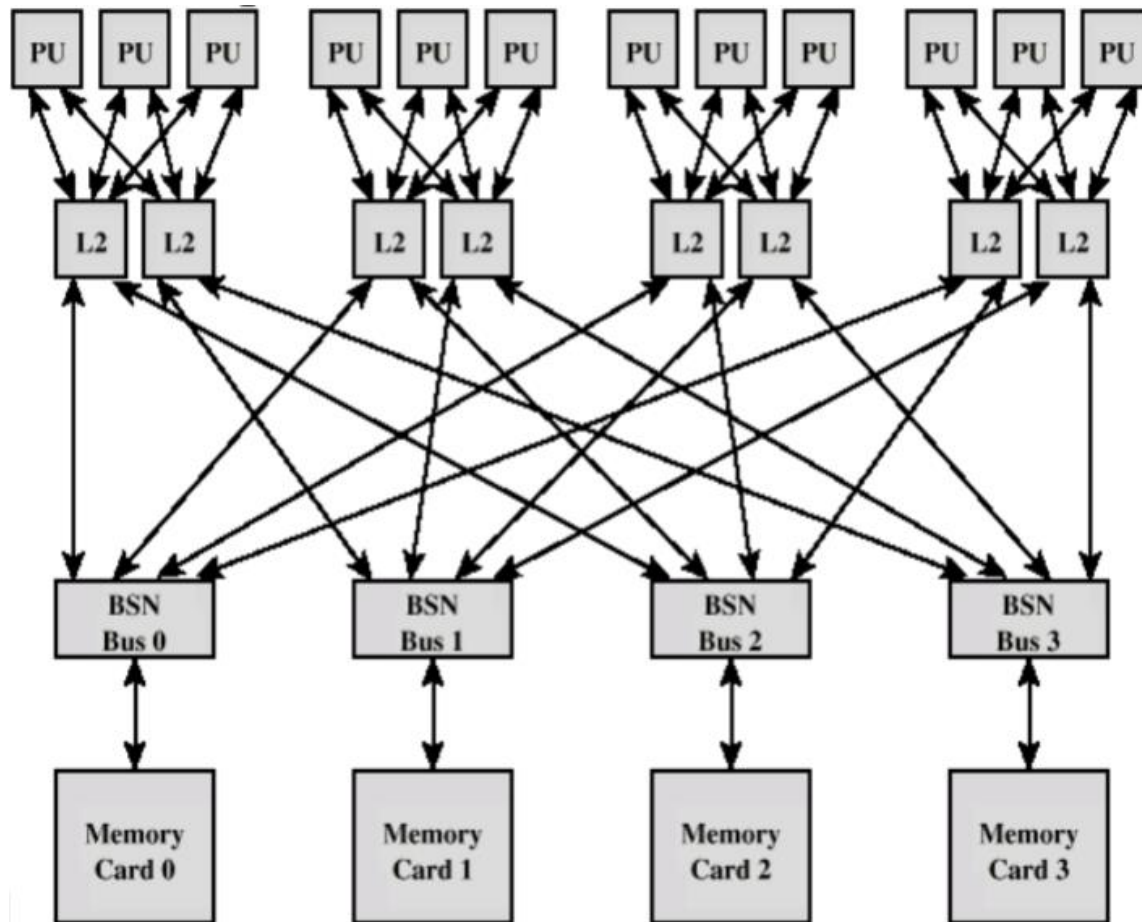
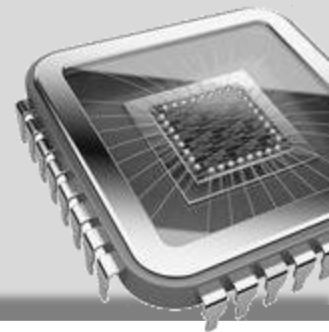
CONSIDERAÇÕES SOBRE O SO



- Encapsula detalhes, fornecendo visão de uma arquitetura monoprocessada. Trabalha como:
 - Processos concorrentes
 - Escalonamento
 - Sincronização
 - Gerência de memória
 - Confiabilidade e tolerância a falhas

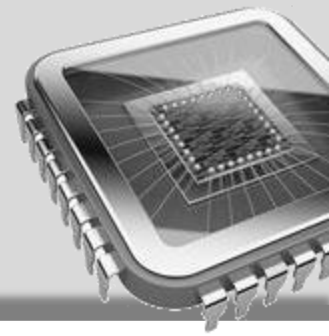
MULTIPROCESSADORES SIMÉTRICOS

EXEMPLO: IBM S/390



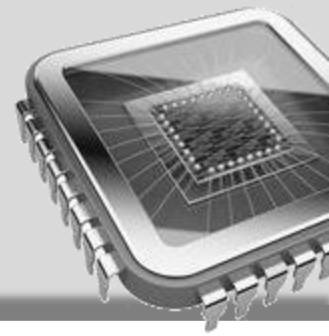
15/10/2005 15:46

MULTIPROCESSADORES COM CONJUNTO DE MEMÓRIAS LOCAIS

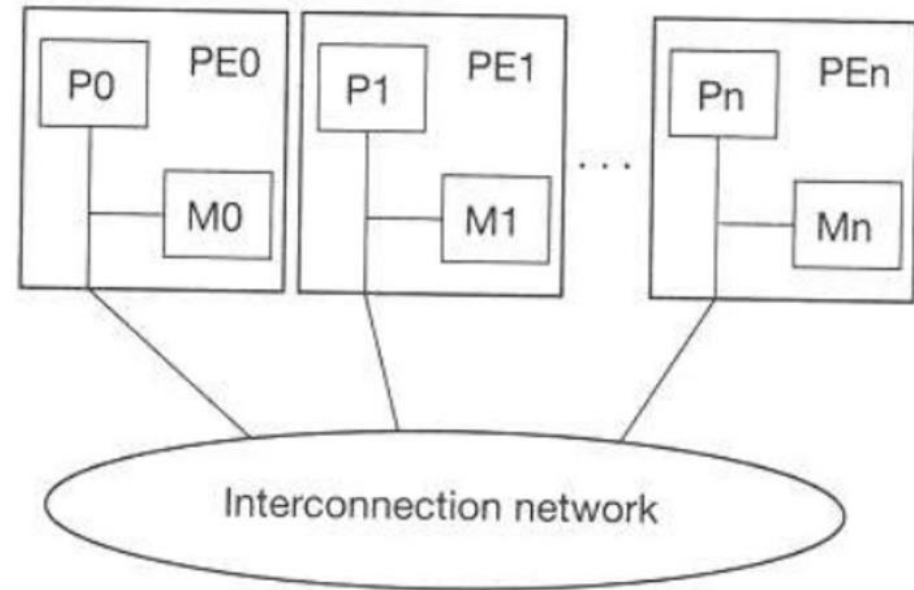


- Implementação de uma memória que é logicamente compartilhada mas implementada com o uso de um conjunto de memórias locais
 - **NUMA** (*Non-Uniform Memory Access*)
 - **COMA** (*Cache-Only Memory Access*)
 - **CC-NUMA** (*Cache Coherent Non-Uniform Memory Access*)

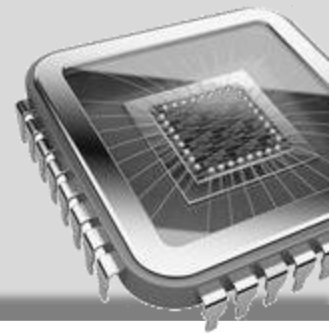
MULTIPROCESSADORES NUMA



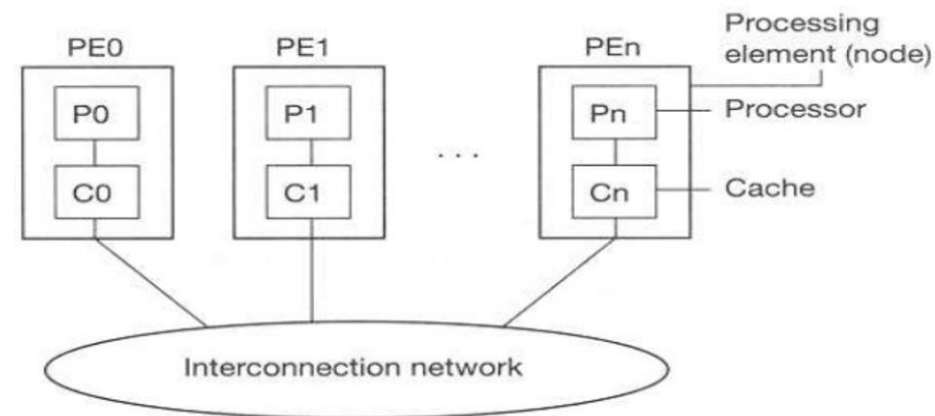
- Quando o acesso à memória **não** é uniforme
 - Todos os processadores têm acesso a toda memória
 - Normalmente usando **load/store**
 - Tempo de acesso à memória difere em função da região
 - Diferentes processadores têm acesso às regiões da memória em diferentes velocidades
 - O que faz necessário um certo cuidado na hora de programar.



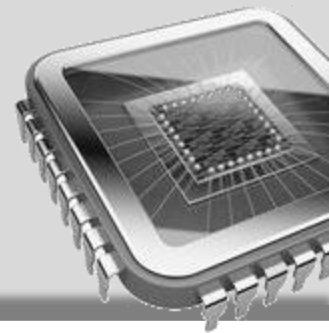
MULTIPROCESSADORES COMA



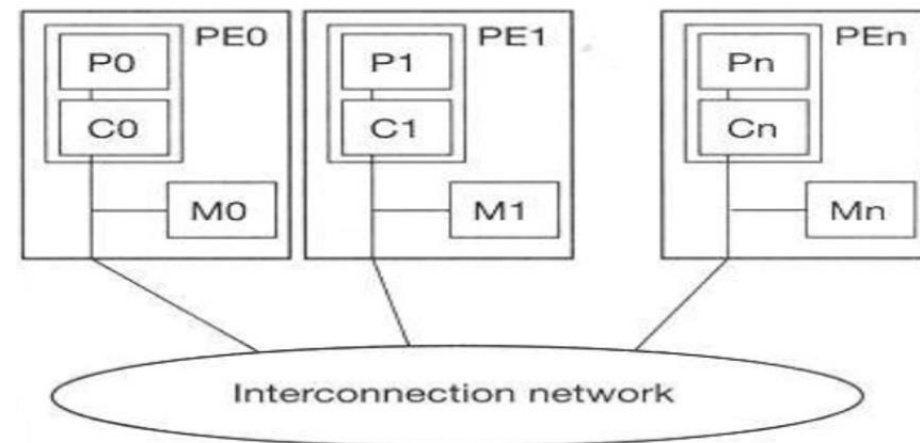
- Assemelham-se a uma NUMA
 - Onde cada nó de possui uma parte de memória global
- O particionamento dos dados entre as memórias de cada nó não é estática.
 - As memórias funcionam como caches L3
- O problema de partição de dados e balanceamento dinâmico de carga é realizado automaticamente.
- Conforme o algoritmo de coerência utilizado, os dados migram automaticamente para as caches locais dos processadores onde é mais necessária.



MULTIPROCESSADORES CC-NUMA



- Solução de compromisso entre as arquiteturas NUMA e COMA
 - Cada nó de processamento possui uma cache local para reduzir o tráfego na rede de interconexão
 - O balanceamento de carga é realizado dinamicamente pelos protocolos de coerência de cache.



MULTIPROCESSADORES

CC-NUMA

