



Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

# Unidade Central de Processamento (CPU) Processador

**Bernardo Gonçalves**  
**Introdução ao Computador**  
**2008/01**



Universidade Federal do Espírito Santo  
Departamento de Informática

## Componentes de um Computador (1)

- Computador Eletrônico Digital

- É um sistema composto por:

- Memória – Principal e Secundária
    - Unidade Central de Processamento (*CPU – Central Processing Unit*) ou Processador
    - Unidades de Entrada/Saída (*I/O – Input/Output Unit*)
    - Barramentos (vias de interligação)

## Componentes de um Computador (2)

### ■ Memória

- Função: Armazenar dados e programas (conjunto de instruções), permitindo o processamento automático dos dados.
- Tipos:
  - Memória Principal (MP)
  - Memória Secundária (MS)
- Para serem executados pela CPU, os programas devem estar armazenados na MP.

## Componentes de um Computador (3)

- **Memória Principal (MP)**
  - Limitada (armazena somente alguns programas e dados).
  - É a memória de trabalho, nela são carregados todos os programas e dados usados pela CPU no momento.
  - Geralmente o seu conteúdo será perdido uma vez que o computador seja desligado.
  - Ex.: RAM (*Random Access Memory*)
- **Memória Secundária (MS)**
  - Grande capacidade de armazenamento
  - Mais lentas do que a MP
  - Geralmente não-voláteis, permitindo guardar os dados permanentemente.
  - Ex.: Discos rígidos (HD - *Hard Disk*), CDs, DVDs, disquetes, etc.

## Componentes de um Computador (4)

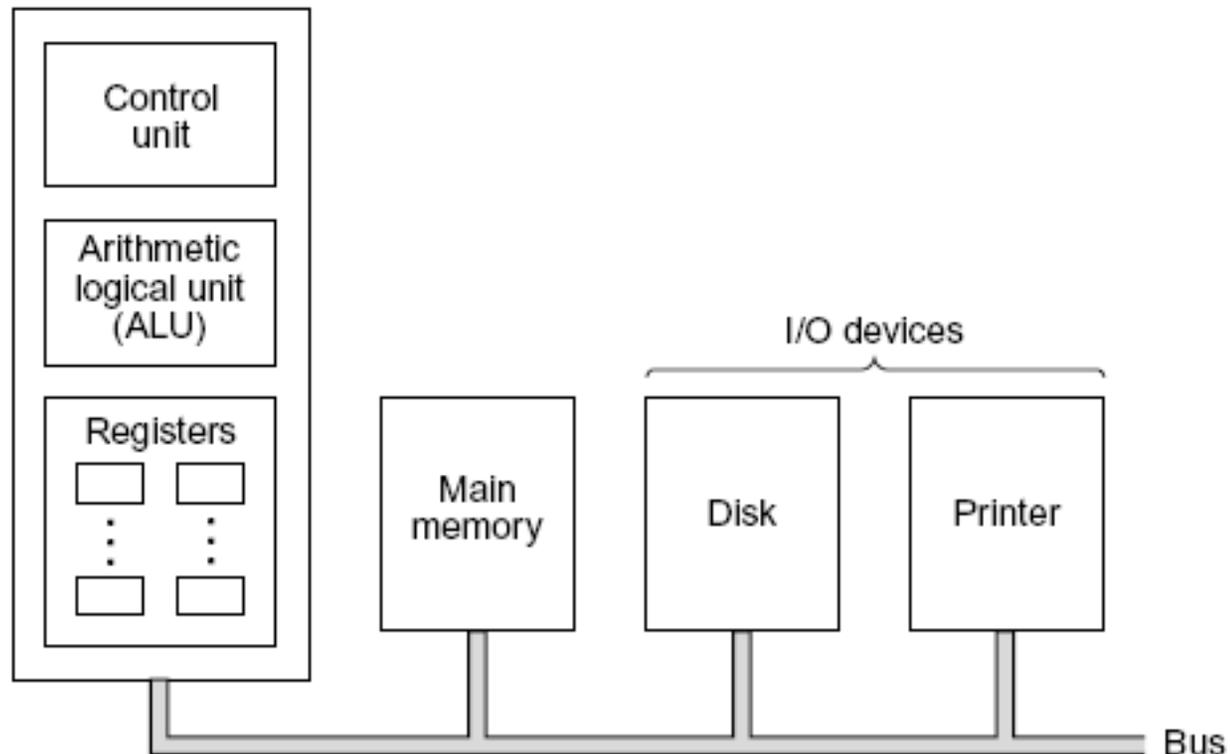
- **Unidade Central de Processamento – Processador**
  - Função: Executar os programas armazenados na MP, buscando cada instrução, interpretando-a e em seguida a executando.
  - **Unidade de Controle (UC):** busca instruções na MP e determina o tipo de cada instrução.
  - **Unidade Lógica e Aritmética (ULA):** realiza um conjunto de operações necessárias à execução das instruções.
  - **Conjunto (Banco) de Registradores:** pequena memória de alta velocidade, usada para armazenar resultados temporários e certas informações de controle.

## Componentes de um Computador (5)

- Dispositivos de Entrada/Saída
  - Função: Servem para a comunicação do computador com o meio externo.
  - Transformam e transferem da representação interna dos dados (sinais eletrônicos usados no computador) para a representação externa usada por pessoas ou vice-versa.
  - Ex.: impressoras, teclados, mouses, monitores, caixas de som, etc.

## Componentes de um Computador (6)

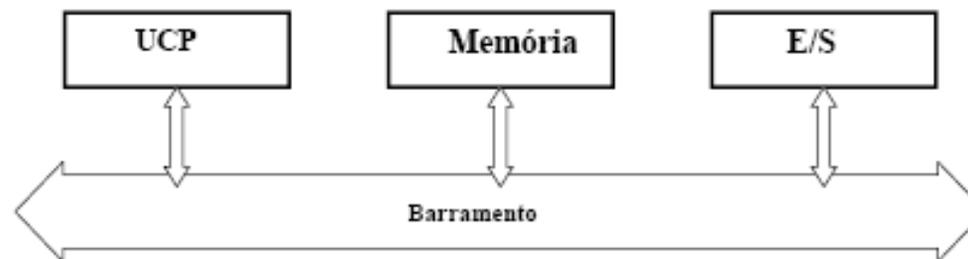
Central processing unit (CPU)



## Componentes de um Computador (7)

### ■ Barramentos (*Bus*)

- Função: interconectar os demais elementos básicos.

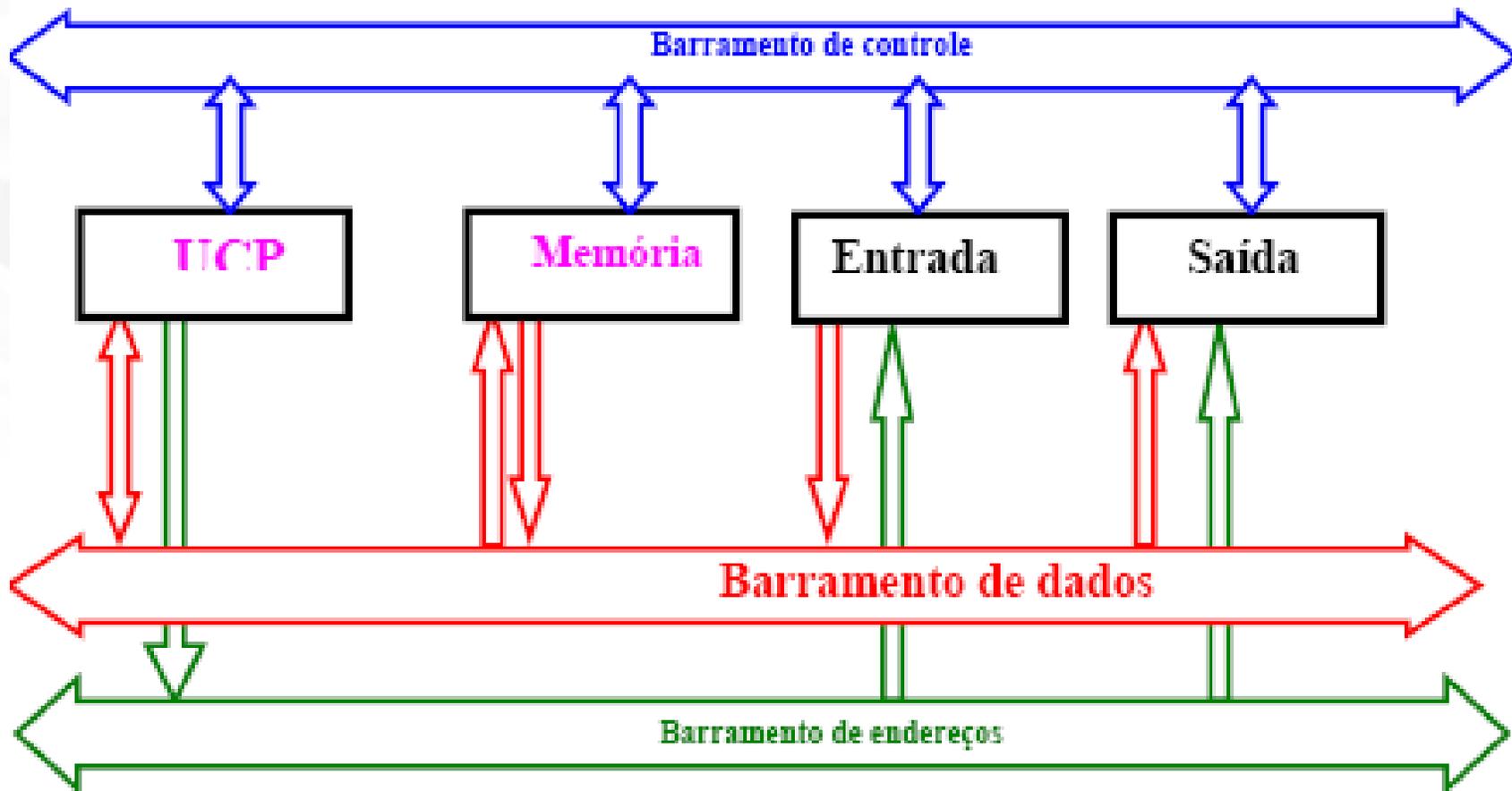


- Nesse modelo, é possível transferência direta de dados entre os dispositivos de E/S e a memória
- Transferência feita por dispositivos especiais
  - Controlador de **DMA (Direct Memory Access)** ou processador E/S
  - Assumem momentaneamente o controle do barramento e "isolam" a comunicação CPU com a memória e dispositivos E/S.

## Componentes de um Computador (9)

- Tipos de barramentos:
  - **Barramento de Dados:** responsável pela transferência de dados e instrução entre os dispositivos.
    - É de três estados entre a memória e a CPU e unidirecional com a possibilidade de desconexão elétrica nos dispositivos E/S.
  - **Barramento de Endereços:** conduz o endereço a ser selecionado na memória ou dispositivos E/S.
    - É geralmente unidirecional entre a CPU (que define o endereço) e a memória e os dispositivos E/S.
  - **Barramento de Controle:** transfere os sinais de controle que ativam ou desativam os dispositivos, que selecionam determinado modo de operação ou sincronizam os circuitos.
  - Formam a Arquitetura de Barramentos

## Componentes de um Computador (10)



## Unidade Central de Processamento - CPU (1)

- O **processador** é o “cérebro” do computador
- Função: Executar os programas armazenados na memória principal, buscando cada uma das instruções do programa, examinando-as, e executando-as uma após a outra.
- Gera sinais de controle, além de reconhecer e responder sinais externos (**interrupções**)
- A CPU é responsável pela **supervisão** e **controle** de todo o **funcionamento** da máquina e pela realização das operações lógicas e aritméticas sobre os dados
- **Clock** (ou Relógio) é a referência de tempo necessária a CPU.
  - Circuito eletrônico oscilador que gera uma forma de onda quadrada, essencial para o seqüenciamento das operações eletrônicas realizadas pela CPU.
  - Está relacionado com a frequência (taxa) de operação do processador.

## Unidade Central de Processamento - CPU (2)

- “Seção” de Controle
  - **Unidade de Controle (UC):** responsável pela busca das instruções na memória principal, sua decodificação e execução.
  - Controla todos os componentes e dispositivos de um computador, emitindo sinais elétricos (pulsos de controle).
  - A UC inicia ou termina a leitura de dados, controla o armazenamento de palavras na memória, a execução de uma instrução, o início de uma operação aritmética, etc.

## Unidade Central de Processamento - CPU (3)

- “Seção” de Controle
  - **Contador de Instrução (*Program Counter – PC*):** é quem armazena o **endereço** da (aponta para a) próxima instrução a ser executada. Determina a seqüência (fluxo) de execução de um programa, endereçando instrução por instrução
  - **Registrador de Instruções (*Instruction Register – RI*):** armazena (contém) a instrução que está sendo executada.

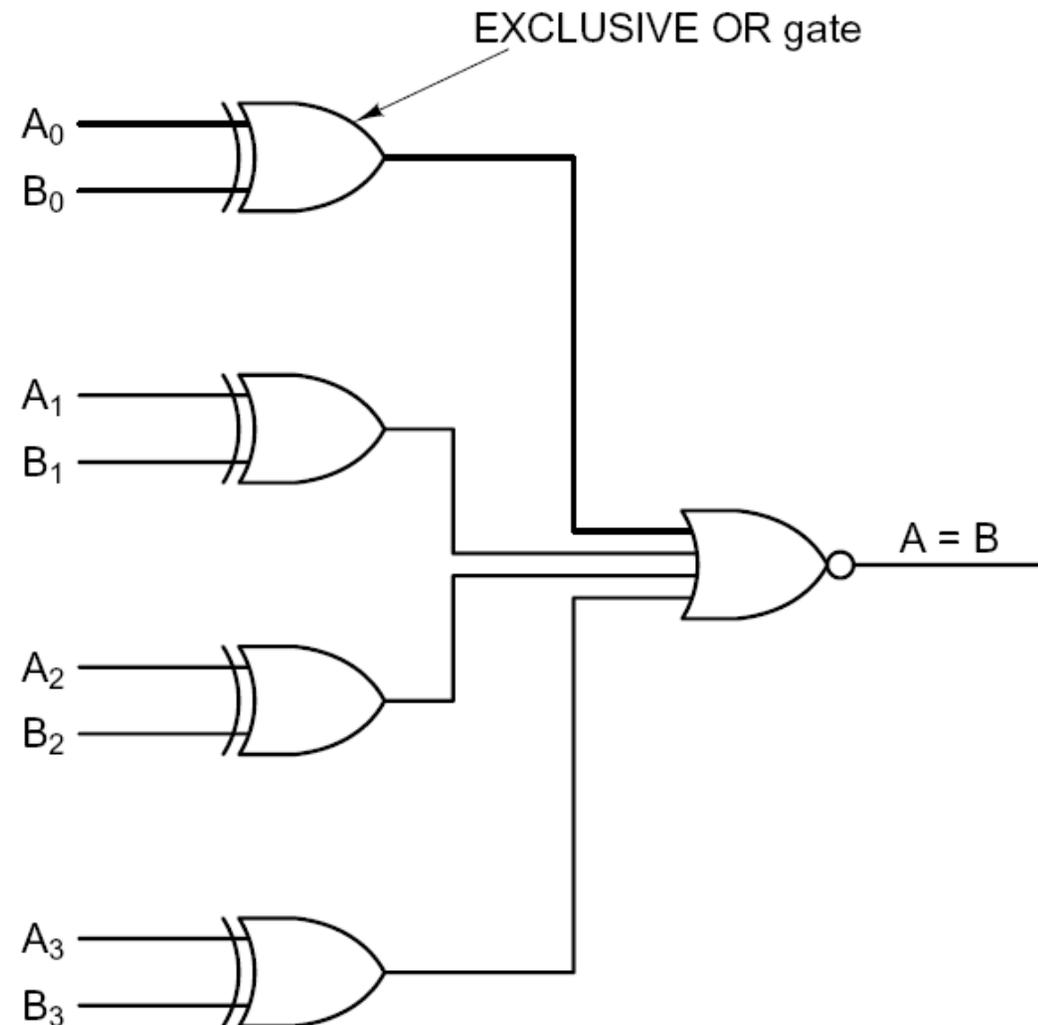
## Unidade Central de Processamento - CPU (4)

- “Seção” Lógica e Aritmética
  - **Unidade de Lógica e Aritmética (ULA)**: possui os circuitos necessários para executar operações lógicas e aritméticas.
    - Exemplos: Somas, subtrações, determinação de sinal, comparações algébricas de números, verificar se um número é maior ou menor que zero, etc.
  - Possui também pelo menos um registrador encarregado de armazenar números a serem operados pela ULA ou resultados de operações. Esse registrador é chamado de **Acumulador (ACC)**.

## Ex. 1 (circuitos ULA): Comparadores

A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

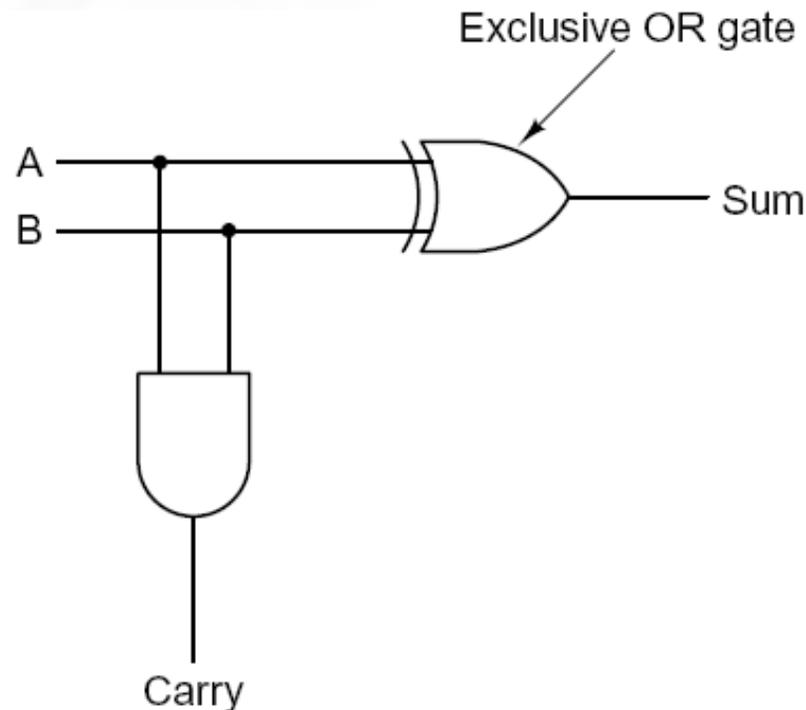
Existem também redes de comparadores em que a saída pode assumir valores do conjunto (G,E,S) (*Greater, Equal, Smaller*)



## Ex. 2 (circuitos ULA): Somadores

- Não se pode imaginar um computador sem um somador
- **Meio-Somador**
  - Adequado para somar os bits de mais baixa ordem de duas palavras

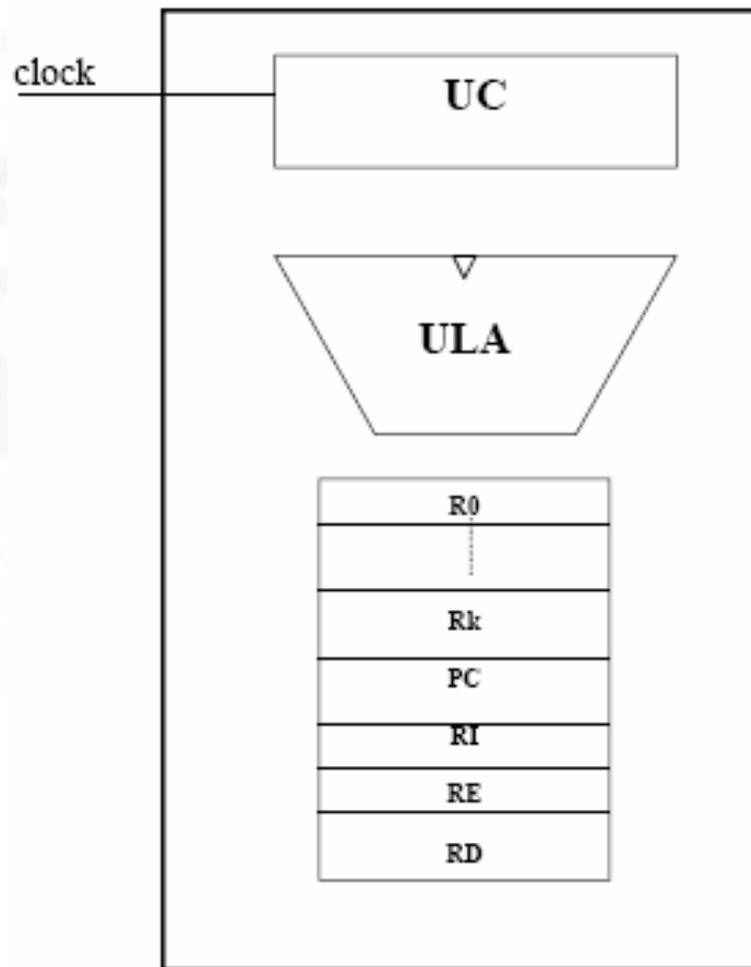
A	B	Sum	Carry
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



## Unidade Central de Processamento - CPU (5)

- Conjunto (Banco) de Registradores
  - Memória interna de pequena capacidade de armazenamento, mas de alta velocidade, usada para armazenar resultados temporários e certas informações de controle
  - Formada por:
    - **Registradores de uso geral:** acessíveis ao usuário no nível convencional de máquina
    - **Registradores de uso específico:** acessíveis diretamente apenas pela UC durante a execução de um programa.

## Unidade Central de Processamento - CPU (6)



UC = Unidade de controle

Clock = referência de tempo

ULA = Unidade lógica e aritmética

Registadores de uso geral:  
R0...Rk

Registadores de uso específico:

PC = contador de programa

RI = registrador de instrução

RE = registrador de endereços

RD = registrador de dados

CPU Genérica

## Unidade Central de Processamento - CPU (7)

- Instruções
  - São comandos atômicos fornecidos ao computador para que ele execute uma tarefa específica (soma, teste, desvio, etc)
  - Uma série dessas instruções constituem um programa.
  - Cada processador tem um repertório particular de instruções, cuja rapidez de execução é um fator determinante na “potência de computação” (performance) da máquina
  - Conforme proposto por Von Neumann, as instruções, tal qual os dados, **devem residir na MP**, e dispostas **sequencialmente**.
  - A seqüência de execução pode ser alterada por **Instruções de Desvio**

## Unidade Central de Processamento - CPU (8)

### ■ Formato das Instruções

Código da Instrução ( <i>OpCode</i> )	Operando - <i>Op</i> (Informação Complementar)
--	---

- *OpCode*: identifica a instrução a ser efetuada
- *Op*: identifica sobre o que (quem) a instrução manipulará
- Existem instruções de 1, 2 ou 3 operandos
- O tamanho do *OpCode* indica o número máximo de instruções da máquina.
  - $n$  bits => até  $2^n$  instruções

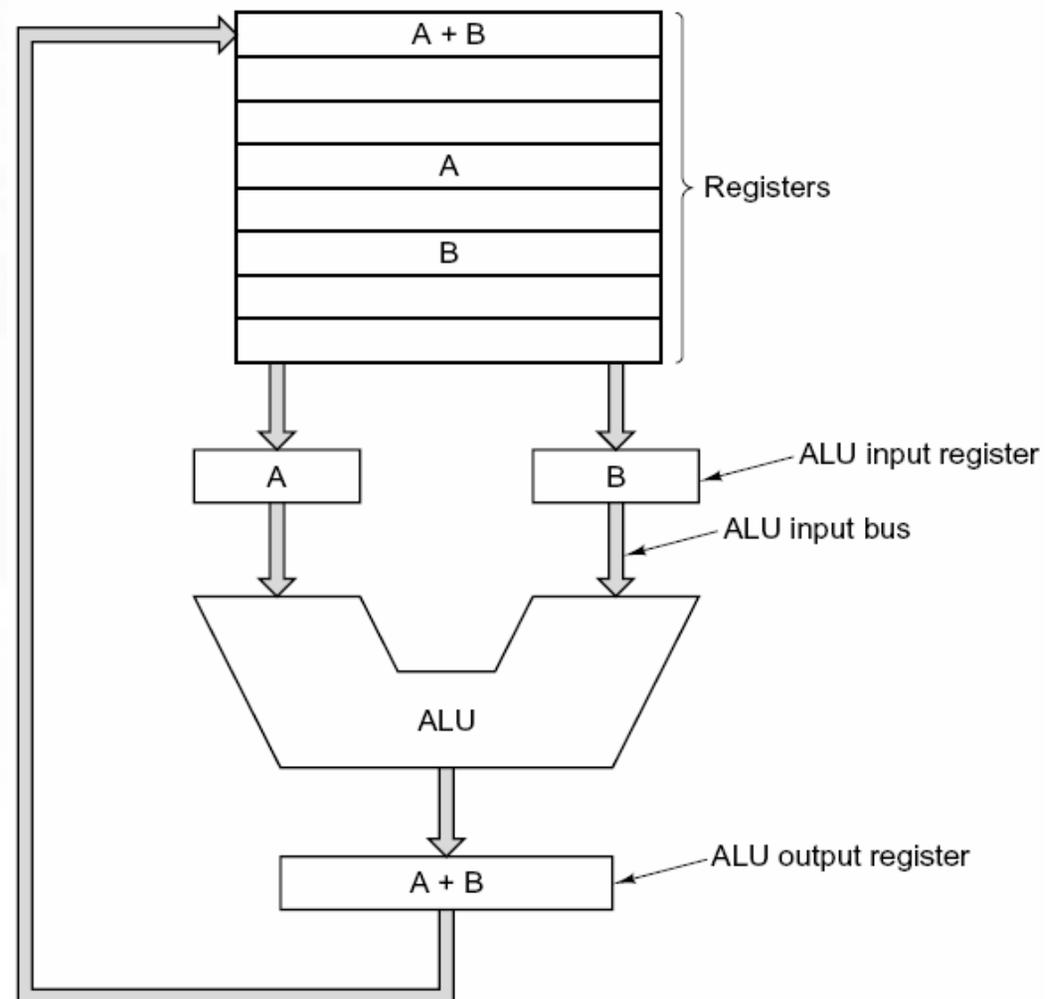
## Unidade Central de Processamento - CPU (9)

- **Palavras** são as unidades de dados movidas entre a memória e os registradores.
- **Instruções Registrador-Memória**
  - Permitem que o conteúdo de palavras de memória seja armazenado nos registradores (*load*) ou conteúdos de registradores armazenados na memória (*store*)
    - Referências a uma palavra deve ser feita através de **Endereços**.
- **Instruções Registrador-Registrador**
  - Típico: busca dois operandos em registradores, coloca-os nas entradas da ULA, realiza alguma operação sobre eles, e armazena o resultado em um dos registradores
  - Determina uma caminho de dados

## Unidade Central de Processamento - CPU (10)

### ■ Caminho de Dados

- Registradores
  - ULA
  - Controlado pela UC
- 
- A velocidade do ciclo do caminho de dados (Ciclo de Instrução) determina, em última análise, a velocidade do processador.



## Unidade Central de Processamento - CPU (11)

### ■ **Ciclo de Instrução**

- Conjunto de ações (operações) realizadas pela CPU para completar a execução de uma instrução
- Divide-se em **Ciclo de Busca (*Fetch Cycle*)** e **Ciclo de Execução (*Execution Cycle*)**.

### ■ **Ciclo de busca**

1. A UC lê (busca) a instrução na memória e carrega (armazena) a instrução em RI para ser decodificada e executada.
2. Atualização do valor de PC (incremento), fazendo-o apontar para a instrução seguinte

## Unidade Central de Processamento - CPU (12)

### ■ **Ciclo de execução**

3. Determinação do tipo de instrução que está armazenada em RI (decodificação)
4. Determinação de onde (endereço) uma palavra será armazenada, caso necessário
5. Busca da palavra, se necessário, e armazenamento em um dos registradores do processador
6. Execução da instrução
7. Retorno ao passo 1 para iniciar a execução da instrução seguinte

## Unidade Central de Processamento - CPU (13)

- Programa Interpretador
  - Equivalência em software do Ciclo de Instrução realizado em hardware
  - Emular um processador: "interpretando instruções através de software"
  - Pode ser feito, por exemplo, em C

## Paralelismo (1)

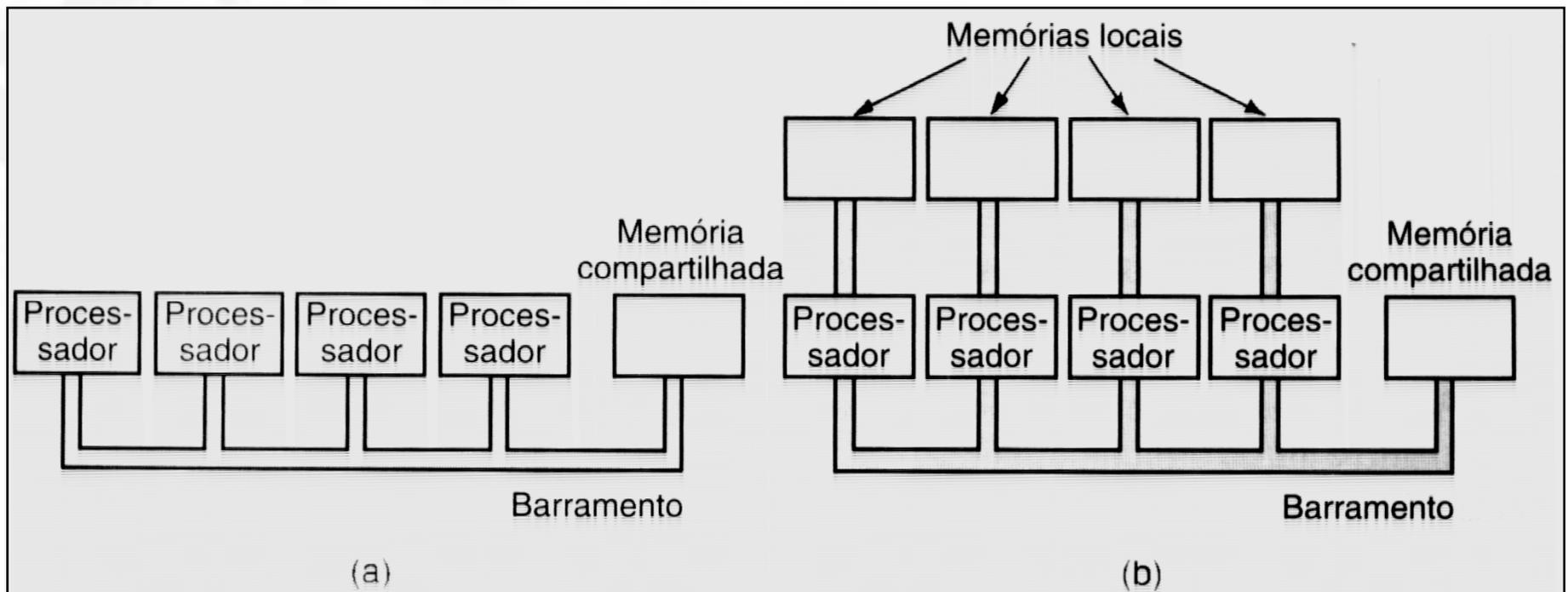
- Maior gargalo para a velocidade de execução de instruções é o acesso à memória
- Execução em **Pipeline**
  - O processamento em pipeline divide a execução de instruções em várias partes, cada uma das quais tratada por um hardware dedicado exclusivamente a ela.

## Paralelismo (2)

### ■ Multiprocessadores

- É composto de vários processadores independentes que compartilham uma mesma memória por um barramento principal
- Podem ter também memórias locais
- Executam processamentos locais
- Liberam tráfego do barramento principal
- É necessário gerenciar conflitos

## Paralelismo (3)



(a) Multiprocessador sem memórias locais. (b) Multiprocessador com memórias locais.

## Desempenho de Computadores (1)

- Medindo o Desempenho
  - Sistema Multiprogramado (sistema em que vários usuários ou programas compartilham a mesma CPU)
    - Tempo de execução de um programa pode ser descrito por:
      - *User CPU time*: tempo de CPU gasto pelo usuário
      - *System CPU time*: tempo de CPU gasto pelo sistema
      - *I/O (Input/Output) time*: tempo gasto com entrada/saída
  - Existem programas próprios para testar o desempenho de um computador. Normalmente são chamados de **benchmarks**.

## Desempenho de Computadores (2)

- **Princípios Quantitativos para o Projeto de Computadores**
  - O principal princípio a ser seguido é: **Torne mais rápidas as tarefas mais freqüentes**
- **Lei de Amdahl**
  - *A quantidade de melhoria de desempenho provida por um atributo da arquitetura é limitada pela quantidade de tempo que este atributo é utilizado.*
- A lei de Amdahl define o *speedup*, que pode ser obtido por um atributo particular de um sistema.
- $Speedup = \frac{\text{Tempo de execução da tarefa inteira sem usar o novo atributo}}{\text{Tempo de execução da tarefa inteira usando o novo atributo quando possível}}$

## Desempenho de Computadores (3)

### ■ Desempenho da CPU

- O tempo de execução  $T$  de um programa em uma determinada CPU, pode ser expresso por:

$$T \text{ (segundos)} = N \text{ (instrução)} \times C \text{ (ciclos/instrução)} \times S \text{ (segundos/ciclo)}$$

- $N$  é o número total de instruções executadas
  - $C$  (ou clocks por instrução – *Clocks per Instruction* (CPI)): é a média do número de ciclos por instrução
  - $S$  é o número de segundos por ciclo
- 
- Quanto menor o tempo, maior o desempenho.
  - $N$ ,  $C$  e  $S$  são afetados primariamente: pela capacidade de otimização do compilador; pela arquitetura do processador e de seu conjunto de instruções; e pela tecnologia empregada na implementação da máquina.

## Desempenho de Computadores (11)

- Exercício: Um projetista de compiladores está tentando decidir sobre qual seqüência de instruções ele deve utilizar para implementar um comando de uma linguagem de alto nível. Ele dispõe das seguintes informações:
  - Existem duas seqüências de instruções possíveis para implementar o comando.
  - Seqüência 1: duas instruções A, uma B e duas C;
  - Seqüência 2: quatro A, uma B e uma C.
  - Na máquina alvo, a instrução A tem o CPI de 1, B tem CPI de 2, e C de 3.
- 1 - Que seqüência de código executa mais instruções? 2 - Qual seqüência executa mais rápido? 3 - Qual é o CPI para cada seqüência?
- Respostas:
  - 1:  $seq1 = 2+1+2 = 5$  instruções;  $seq2 = 4+1+1 = 6$  instruções, logo, resposta =  $seq1$
  - 2:  $seq1 = 2 \times 1 + 1 \times 2 + 2 \times 3 = 10$  ciclos;  $seq2 = 4 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3 = 9$  ciclos
  - 3:  $CPI(seq1) = 10 \text{ ciclos} / 5 \text{ instruções} = 2 \text{ CPI}$ ;  $CPI(seq2) = 9 / 6 = 1.5 \text{ CPI}$

## Referências

- Andrew S. Tanenbaum, ***Organização Estruturada de Computadores***, 4ª edição, Prentice-Hall do Brasil, 2001.
- John L. Hennessy and David A. Patterson, **Arquitetura de Computadores: Uma Abordagem Quantitativa**. 3ª edição. Editora Campus, 2003.
- Lúcia Helena M. Pacheco, **Visão Geral de Organização Estruturada de Computadores e Linguagem de Montagem**. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico, Departamento de Informática e de Estatística.