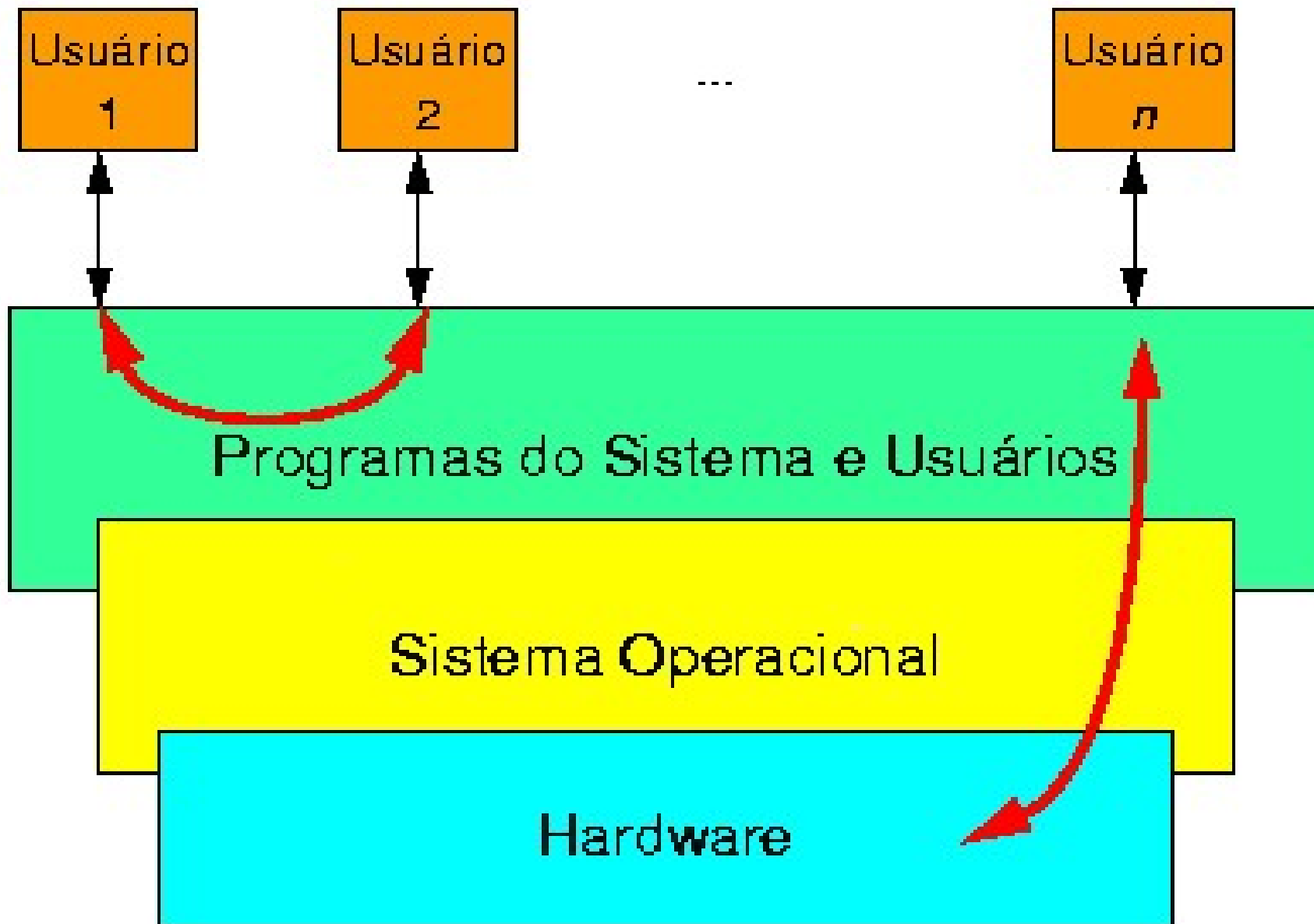


# Arquitetura de Computadores

## **Funcionamento básico de um computador**

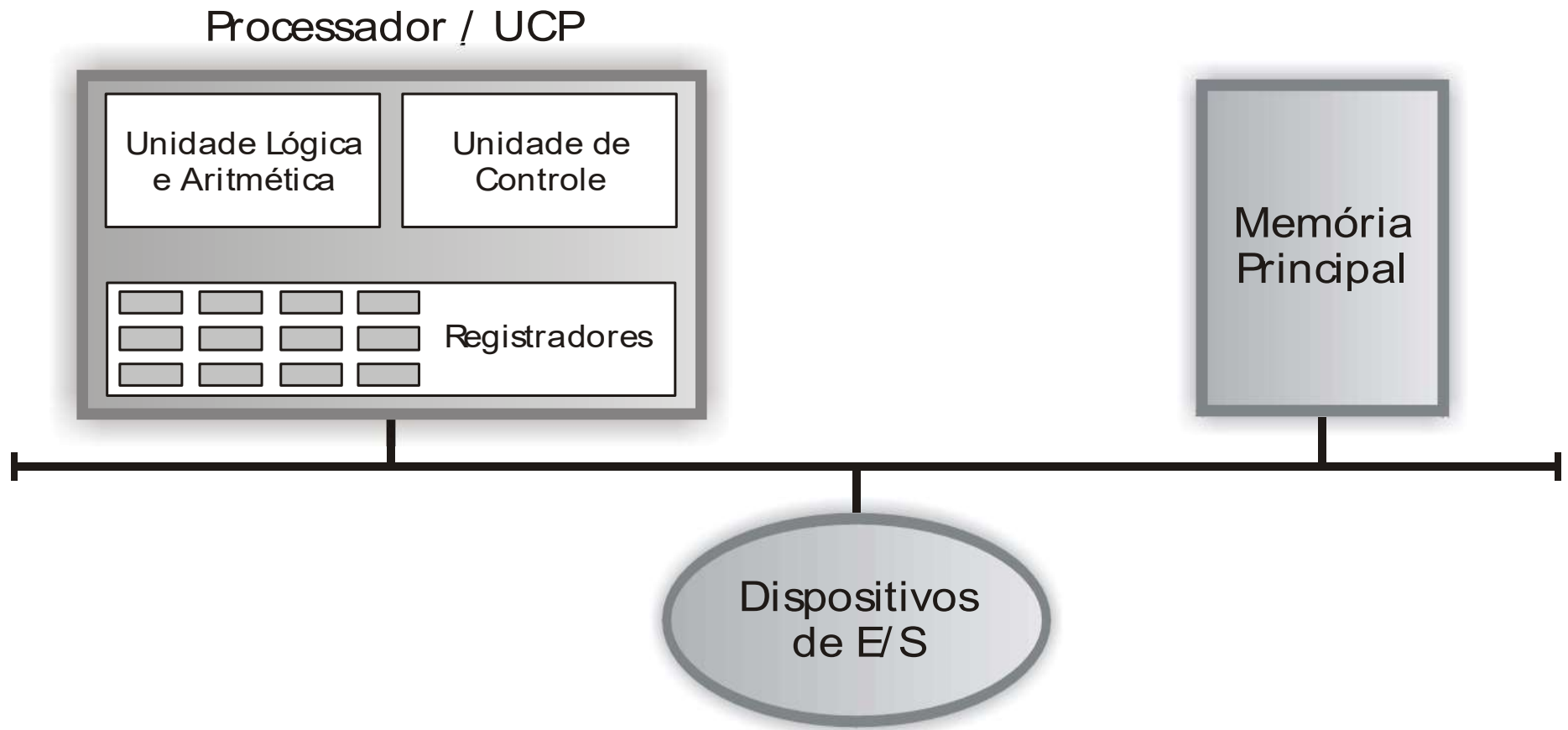
### Hardware

# SISTEMA COMPUTACIONAL



# Hardware: componentes

- Principais componentes de um computador



# **Máquina IAS** (Von Neumann)

- IAS (Institute for Advanced Study of Princeton – 1952).
- Conceito de programa armazenado (base da maioria das máquinas atuais): memória principal armazena programas e dados.
- Unidades básicas: memória principal (MP), unidade de lógica e aritmética (ULA), unidade de controle (UC) e os dispositivos de entrada e saída (E/S).
- ULA operando sobre dados binários.
- Unidade de controle interpreta e executa instruções da memória.

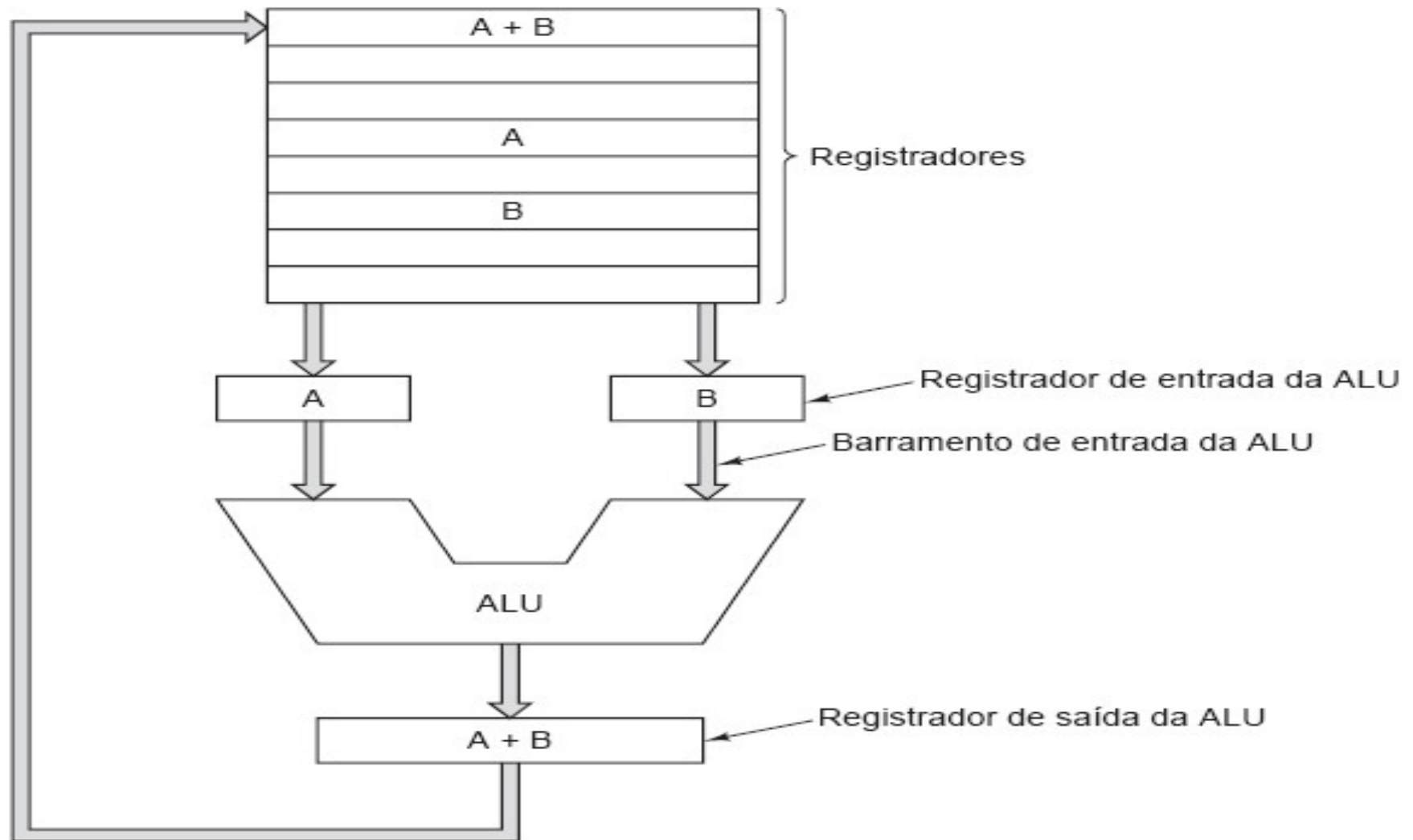
# UCP (“C.P.U”) - Unidade Central de Processamento (Processador) :

- Executa as instruções de programa contidas na memória.
- É composta de :
  - Unidade de Controle (UC)
  - Unidade Lógica e Aritmética (ULA)
  - Registradores

# UNIDADE DE CONTROLE (UC)

- Busca cada instrução de programa na memória principal, determina seu tipo e a executa (lógica de sequenciação).
- Para realizar essas tarefas são produzidos vários sinais de controle (sincronização (ex: clock/relógio), leitura, escrita, interrupção, etc.).

# UCP: ULA e caminho de dados



# UNIDADE DE LÓGICA E ARITMÉTICA (ULA)

Realiza as operações necessárias à execução das instruções :

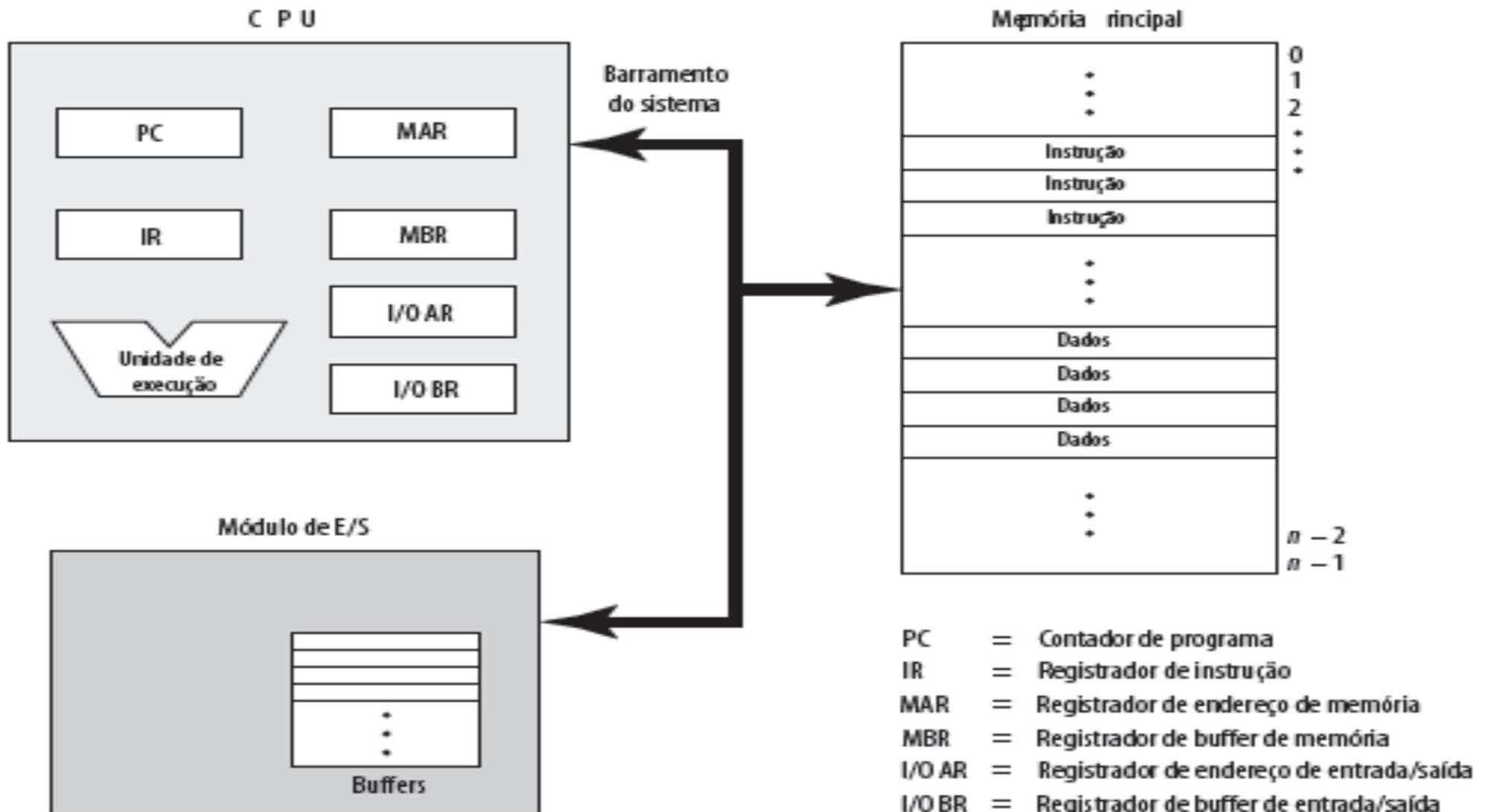
- aritméticas (adição, subtração, etc.) e
- lógicas (booleanas: e(and), ou(or), negação(not), etc.).



# REGISTRADORES

- São **memórias internas da CPU** que armazenam operandos, resultados **temporários** e certas informações de controle.
- Um dos registradores mais importantes é contador de programa (**Program Counter - PC**), que aponta o endereço da memória correspondente à próxima instrução a ser executada.

# Componentes do hardware

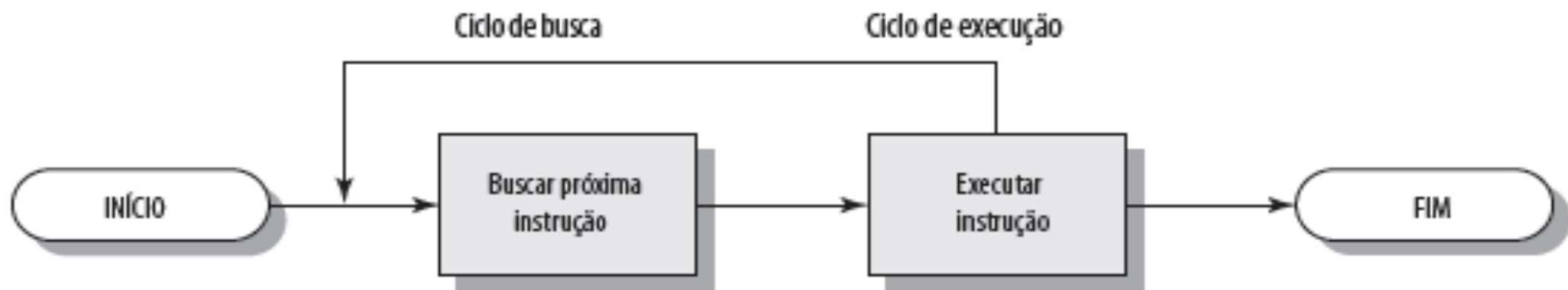


# Principais registradores da UCP

- MDR/MBR(*Memory Data/Buffer Register*)  
Registrador de dados da memória: RDM)
- MAR (*Memory Address Register*) Registrador de endereços de memória: REM)
- IR (*Instruction Register* ) Registrador de Instruções
- PC (*Program Counter* ) Contador de programa
- AC (*Accumulator*) Acumulador

# Ciclo de instrução resumido

- Duas etapas:
  - Busca
  - Execução



# Ciclo de busca

- Contador de Programa (PC) mantém o endereço da próxima instrução.
- Processador busca instrução no local de memória indicado pelo PC.
- Incrementar PC (a menos que seja informado de outra forma). Isso significa somar uma unidade ao valor contido no PC
- Instrução é carregada no Registrador de Instrução (IR).
- Processador interpreta/decodifica a instrução e executa ações correspondentes.

# Ciclo de execução

- Movimentação de dados Processador-memória:
  - Transferência de dados entre CPU e memória principal.
- Movimentação de dados Processador - E/S (entrada/saída) :
  - Transferência de dados entre CPU e módulo de E/S.
- Processamento de dados:
  - Alguma operação aritmética ou lógica sobre dados.
- Controle:
  - Alteração da sequência de operações (ex: desvio).



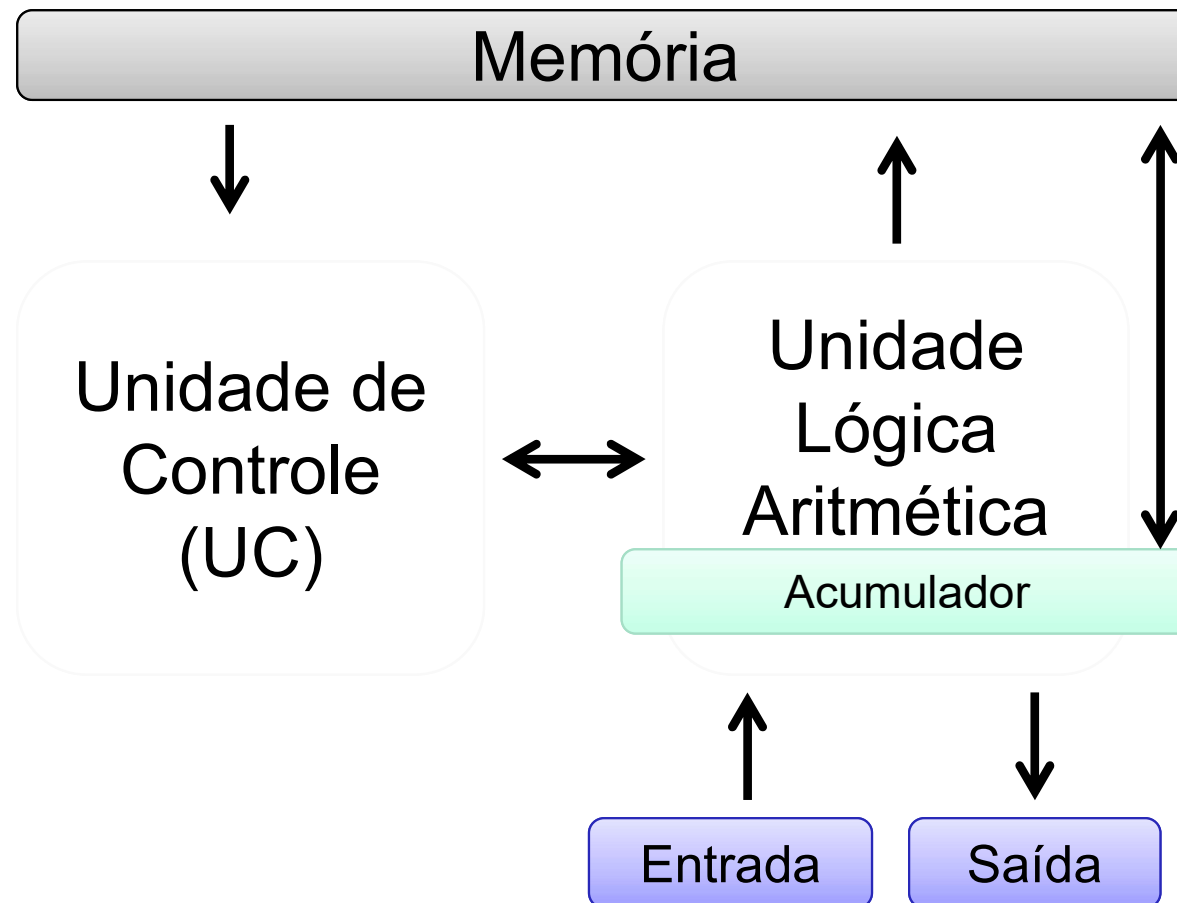
# A Arquitetura de Von Neumann

- John Von Neumann – Húngaro
- Elementos básicos de um computador (1945)
  - **Memória física** (dados binários)
  - **Unidade Lógica e Aritmética (ULA)**: executa instruções utilizando registradores / acumuladores
  - **Unidade de Controle (UC)**: busca programas e dados na memória
  - **Dispositivos** de entrada e saída (i/o – input-output)





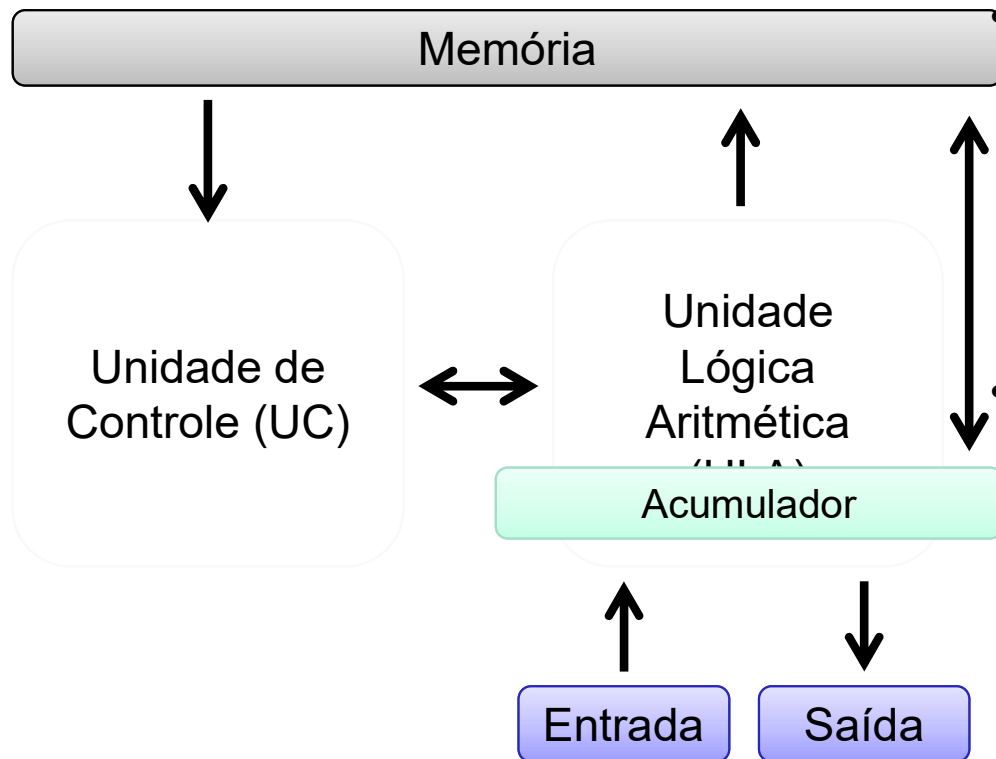
# A Arquitetura de Von Neumann







# A Arquitetura de Von Neumann



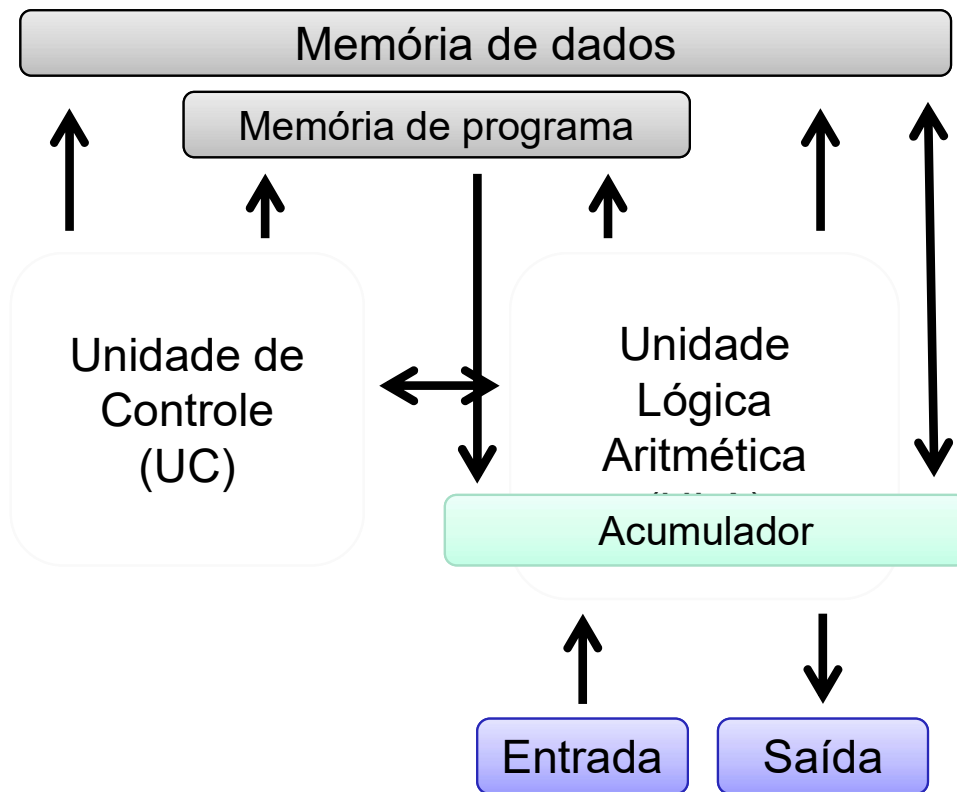
A Unidade Central de Processamento (**UCP** ou **CPU**) é formada pela UC, ULA e registradores

A CPU, a memória e os dispositivos são interligados pelos barramentos (**Bus**)

O gargalo desse modelo estava nos barramentos congestionados



# A Arquitetura de Harvard



- Barramentos separados para **memória de programa e memória de dados**, com acesso simultâneo via ULA
- Possui **menos instruções**, executadas em um **único ciclo de clock**
- Conhecidos como microcontroladores **RISC**



# Von Neumann (CISC) x Harvard (RISC)

- *Complex Instruction Set Computer* (**CISC**): computador com conjunto complexo de instruções que possuem tempo distinto de execução (Intel 386 e 486, PS4, Xbox One)
  - Vantagem: os processadores possuem **instruções embutidas** e rotinas prontas, **simplificando a programação**
  - Desvantagens: **impossibilidade de se alterar instruções compostas** embutidas e **perda de desempenho** devido ao maior número de **acessos à memória** e maior **número de ciclos de clock** por instrução



# Von Neumann (CISC) x Harvard (RISC)

- *Reduced Instruction Set Computer (RISC)*: computador com conjunto reduzido de instruções que possuem tempo similar de execução (PowerPC: PS3, Xbox 360)
  - Vantagem: realiza **menos acessos à memória**, ganhando **desempenho. Execução de um ciclo de máquina.**
  - Desvantagem: conjunto de instruções **reduzido** (não possui microcódigos embutidos), logo os **programas são maiores** e as **instruções de baixíssimo nível** (execução direta pelo hardware)



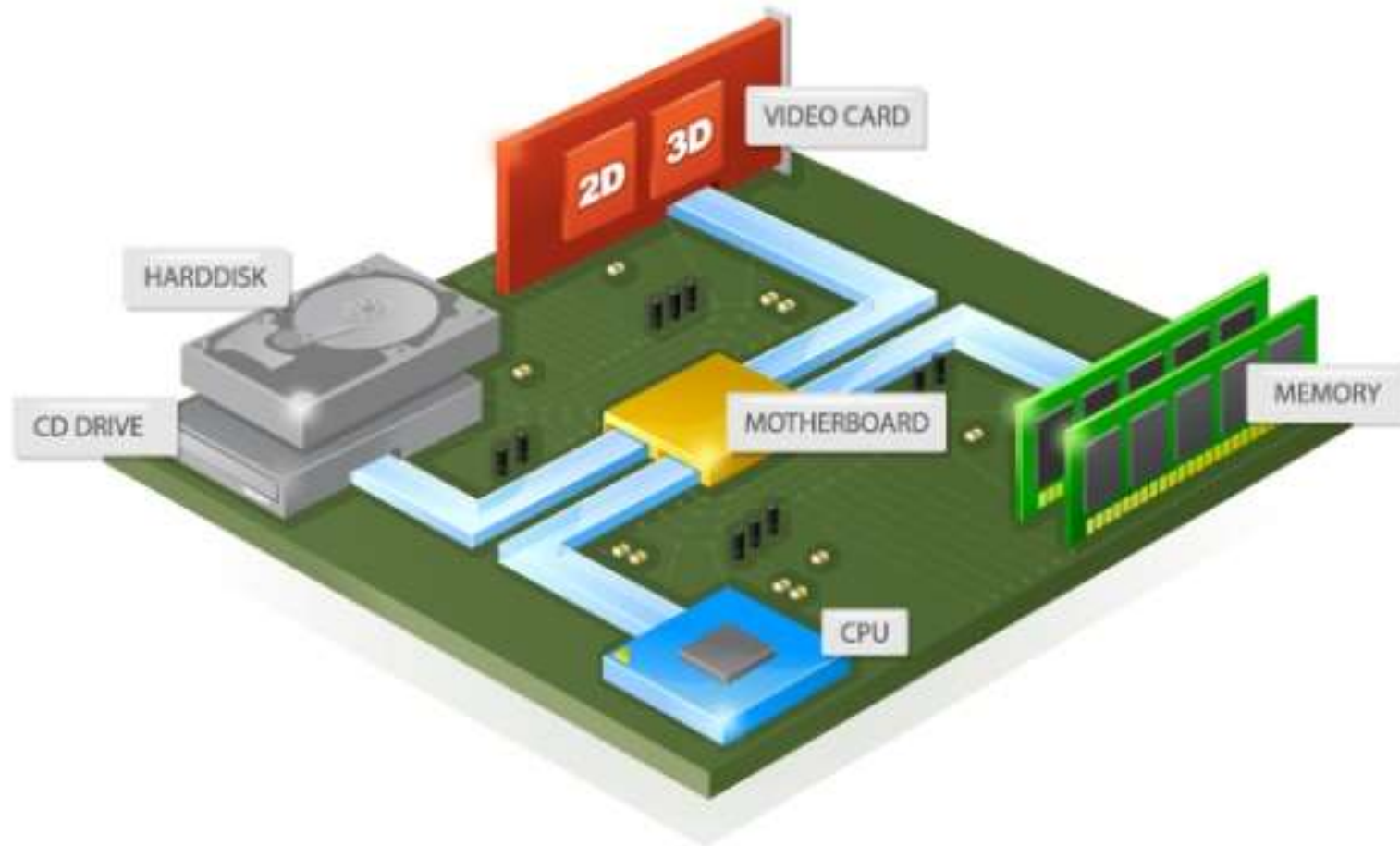
# Computadores Modernos

- Os computadores do x86 em diante, **são mais CISC do que RISC**, porém são capazes de **traduzir instruções CISC em instruções RISC**, ganhando desempenho por ciclo de *clock*. Pode-se dizer que são **híbridos**.
- A arquitetura RISC moderna vem enfrentando dificuldades para ultrapassar a faixa de 3GHz em seus processadores
  - Em 2005 a **Apple deixou de usar o PowerPC e adotou processadores Intel CISC**
  - **PS4 e Xbox One migraram para a arquitetura CISC**
  - Sistemas **embarcados** ainda utilizam **RISC** com eficiência



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

# Arquitetura Básica Moderna





# Componentes Principais

- Unidade Central de Processamento (**CPU**)
- Memória de Acesso Aleatório (**RAM**)
- Memória de Somente Leitura (**ROM**)
- Barramento (**Bus**)
- Disco Rígido (**HD** ou **HDD**)
- Placa de Vídeo (**Video Card**)



# CPU

- **Componentes:**

- Unidade Lógica Aritmética (**ULA**)
- Unidade de Controle (**UC**)
- Registradores: pequenas memórias velozes para instruções
- Unidade de Gerenciamento de Memória (**MMU**)
- Unidade de Ponto Flutuante (**FPU**)
- Memória Cache: memória RAM interna e pequena de alta velocidade







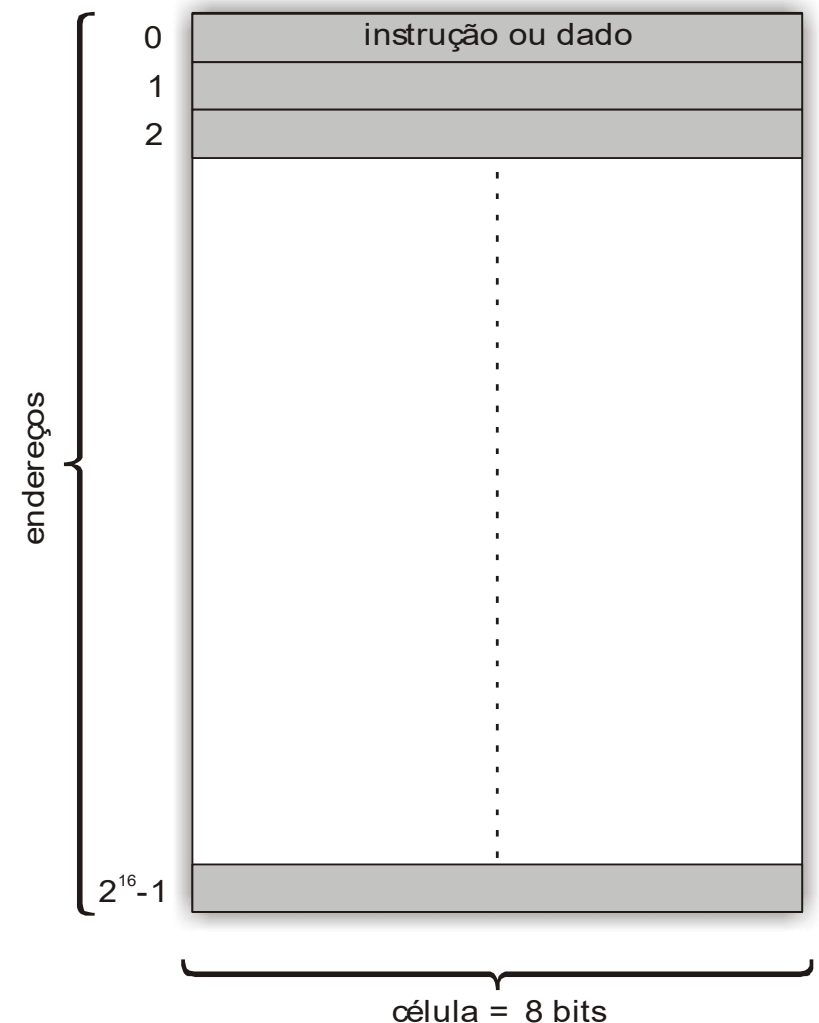
# CPU

- **Especificações:**

- **Número de núcleos:** número de CPUs independentes
- **Número de threads:** instruções simultâneas por núcleo
- **Frequência** do Processador (GHz): bilhões de ciclos por segundo
- **Memória *Cache*:** memória de acesso rápido (L1, L2 e L3 compartilhada)

# Memória principal ou primária

- A memória é o **espaço de armazenamento temporário**.
- **Instruções e dados** são armazenados na memória durante o processamento.



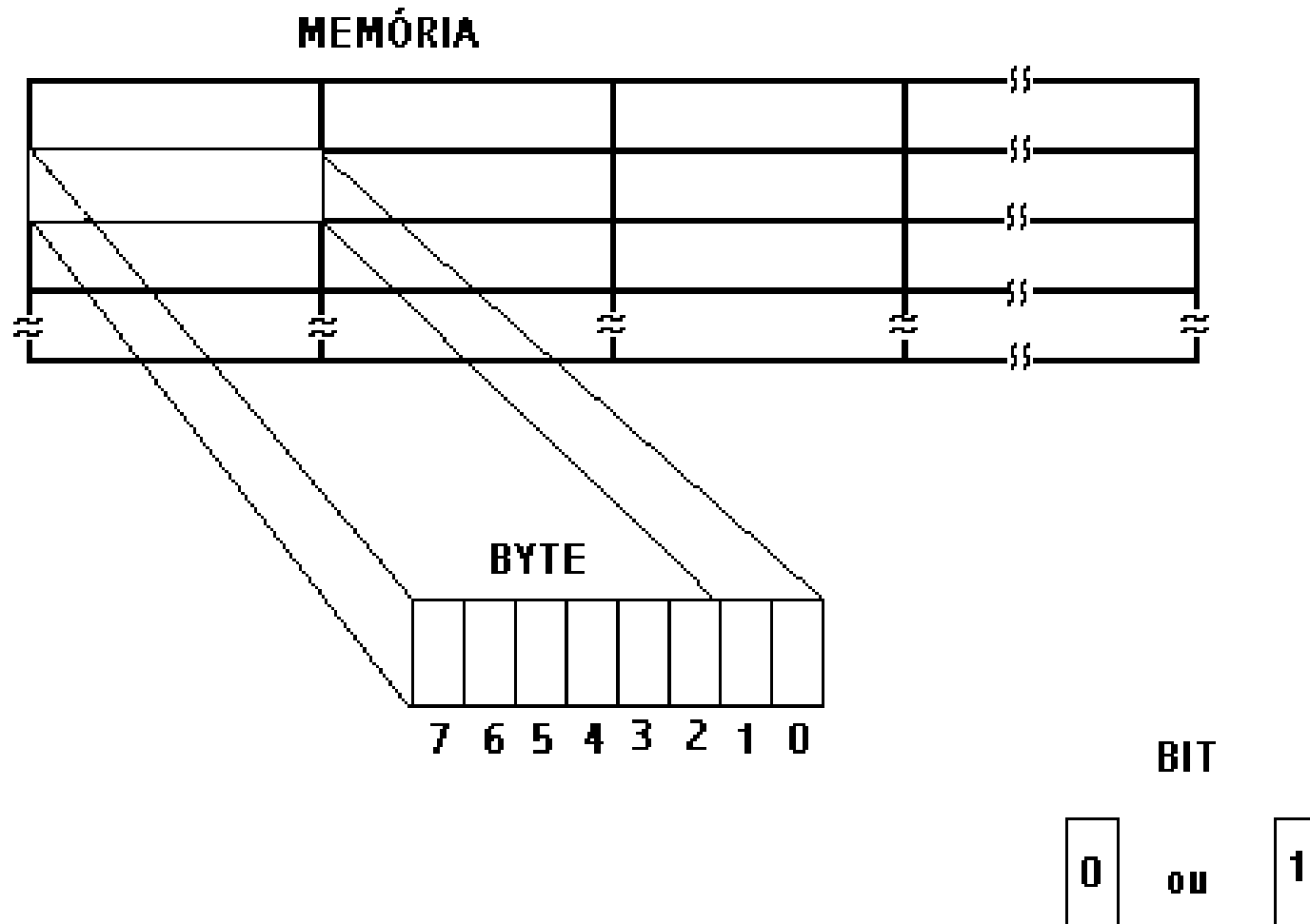
# Bits e Bytes

- Um **Bit** é a menor unidade de informação e corresponde a **0 ou 1**.
- Um **Byte** é composto de **8 Bits**.
- Nos circuitos do computador **0 e 1** correspondem a estados “**desativados**” e “**ativados**” (lógica positiva) dos componentes dos computadores .
- A memória é formada por **milhares de componentes** (**capacitores** ou **transistores**) capazes de **representar e guardar** (ou armazenar) estes estados (informação).

# Palavra de memória no MIPS

- Para o **MIPS**, uma palavra possui **32 bits** ou **4 bytes**.
- A representação em memória é ilustrada pela figura a seguir:

# Células de Memória



Cada posição de memória é associada a um endereço específico (ex. **32 bits** => 4G x 4Bytes=**16GBytes de memória**).

# Terminologia de Memórias

- **Célula de memória:** Dispositivo ou circuito elétrico usado para armazenar **um único bit** (0 ou 1). Ex. **Flip-flop, capacitor, ponto magnético** em fita ou disco.
- **Palavra de memória:** Um **grupo de bits** (células) em memória que representa instruções ou dados. Ex. Registrador com **8 Flip-flops**.

# Terminologia de Memórias

- **Capacidade:** Forma de especificar **quantos bits** podem ser armazenados em determinada memória.
- **Tempo de acesso:** Tempo para acessar a memória (definir endereço e acessar para escrita ou leitura).
- Taxa de transmissão: Bits transmitidos por segundo.

# Tipos de Memória

## Memórias Voláteis (dados são perdidos se desenergizar)

**SRAM** – Static Random Access Memory.

**DRAM** – Dynamic Random Access Memory.

## Memórias não Voláteis (dados não são perdidos se desenergizar)

**MP-ROM** – Mask Programmed ROM.

**OTP-ROM** – One Time programmable ROM.

**EPROM** – Electrically programmable ROM.

**EEPROM**

Memória **Flash** (Pendrive/SSD)

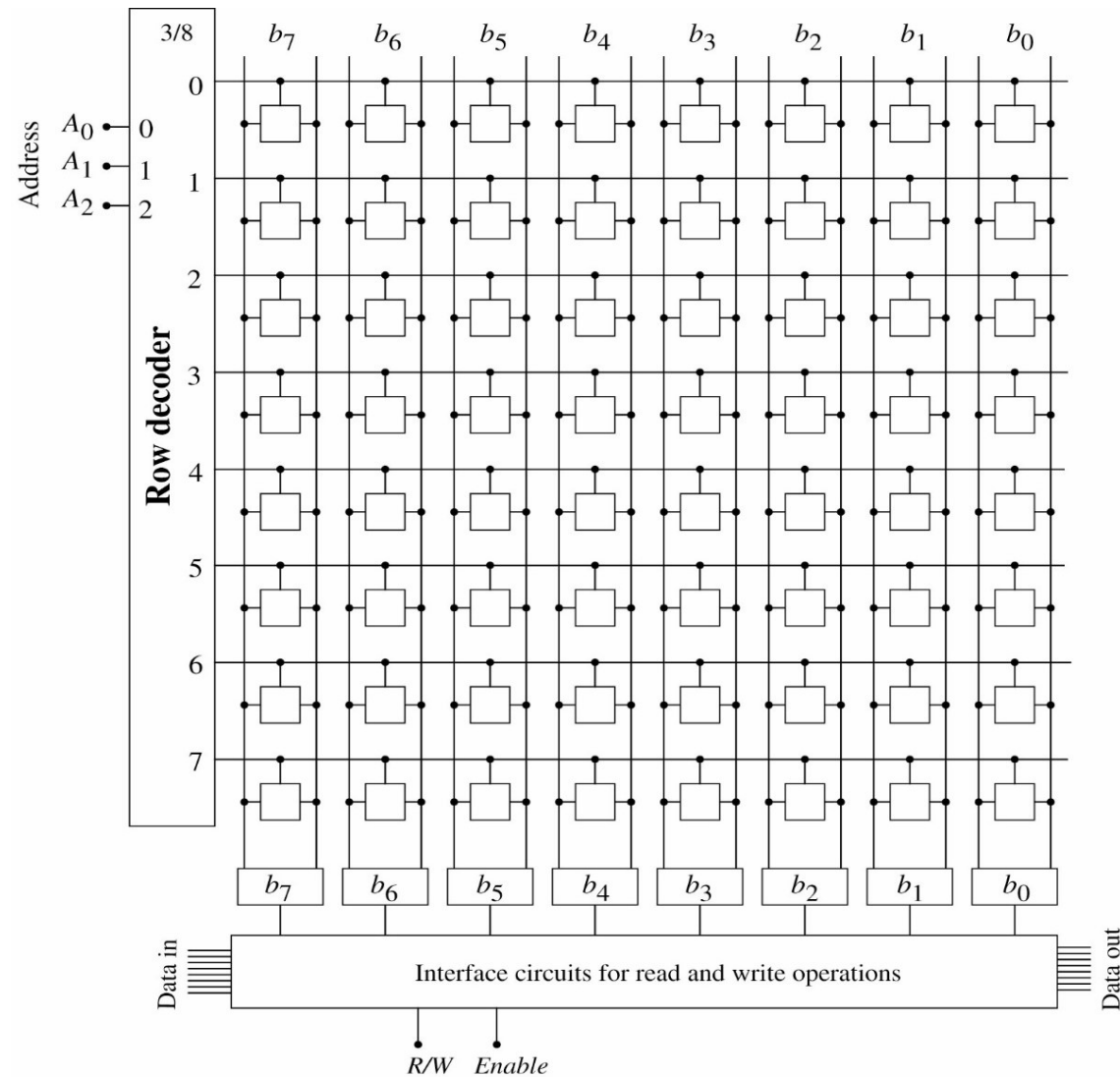


# SRAM

- É um dos tipos **mais comuns** de memória.
- Suas células são **rápidas e simples de fabricar**.
- **Retem dados** sem a necessidade de atualização (refresh), desde que a energia não seja desligada.
- Usada em memórias cache.

# Arranjo das SRAMs

## Matriz 8x8



# DRAM

- Devem ser atualizadas periodicamente (refresh) (ms).
- Informação armazenada em capacitores muito pequenos.
- Mais lentas que as SRAMs.
- Pequenas e baratas.
- Usada na memória principal de computadores.

# Tipos de ROM

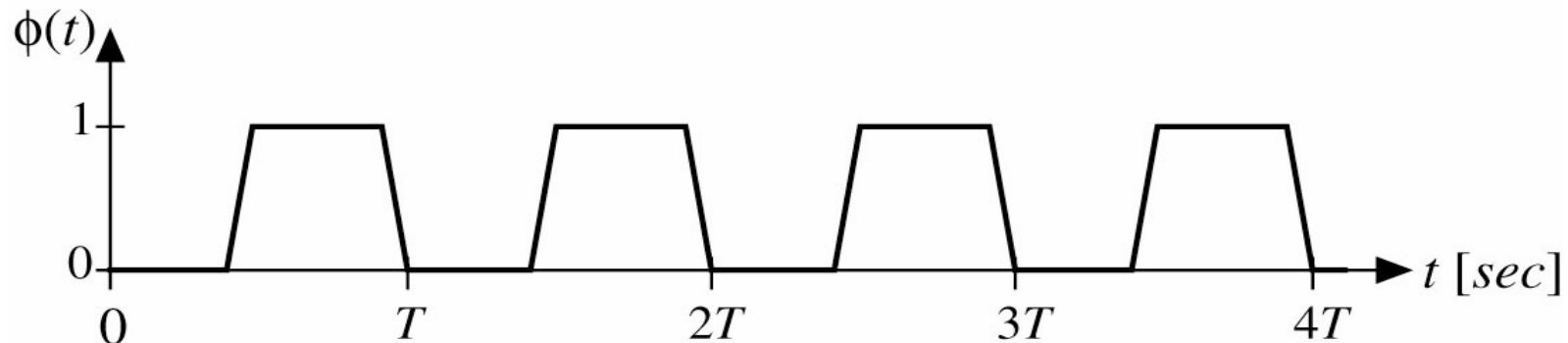
- **ROM** : Gravadas durante a fabricação
- **PROM**: ROM Programável (só uma vez - OTP)
- **(UV)EPROM**: UV Erasable PROM – apagada (Erased) por UV (luz ultra-violeta)
- **EEPROM** : Electrically Erasable PROM: apagada eletricamente. Apaga byte a byte. Demora muito mais para escrever do que para ler
- **Memória Flash**: Apaga eletricamente grupo de bytes. Mais rápida que EEPROM.

# Memórias

Tipo	Categoria	Modo de apagar	Byte alterável	Volátil	Utilização típica
SRAM	Leitura/escrita	Elétrico	Sim	Sim	Cache de nível 2
DRAM	Leitura/escrita	Elétrico	Sim	Sim	Memória principal (antiga)
SDRAM	Leitura/escrita	Elétrico	Sim	Sim	Memória principal (nova)
ROM	Somente de leitura	Não é possível	Não	Não	Equipamentos e grande volume
PROM	Somente de leitura	Não é possível	Não	Não	Equipamentos e pequeno volume
EPROM	Principalmente leitura	Luz UV	Não	Não	Prototipagem de dispositivos
EEPROM	Principalmente leitura	Elétrico	Sim	Não	Prototipagem de dispositivos
Flash	Leitura/escrita	Elétrico	Não	Não	Filme para câmera digital

# Clock e Sincronização

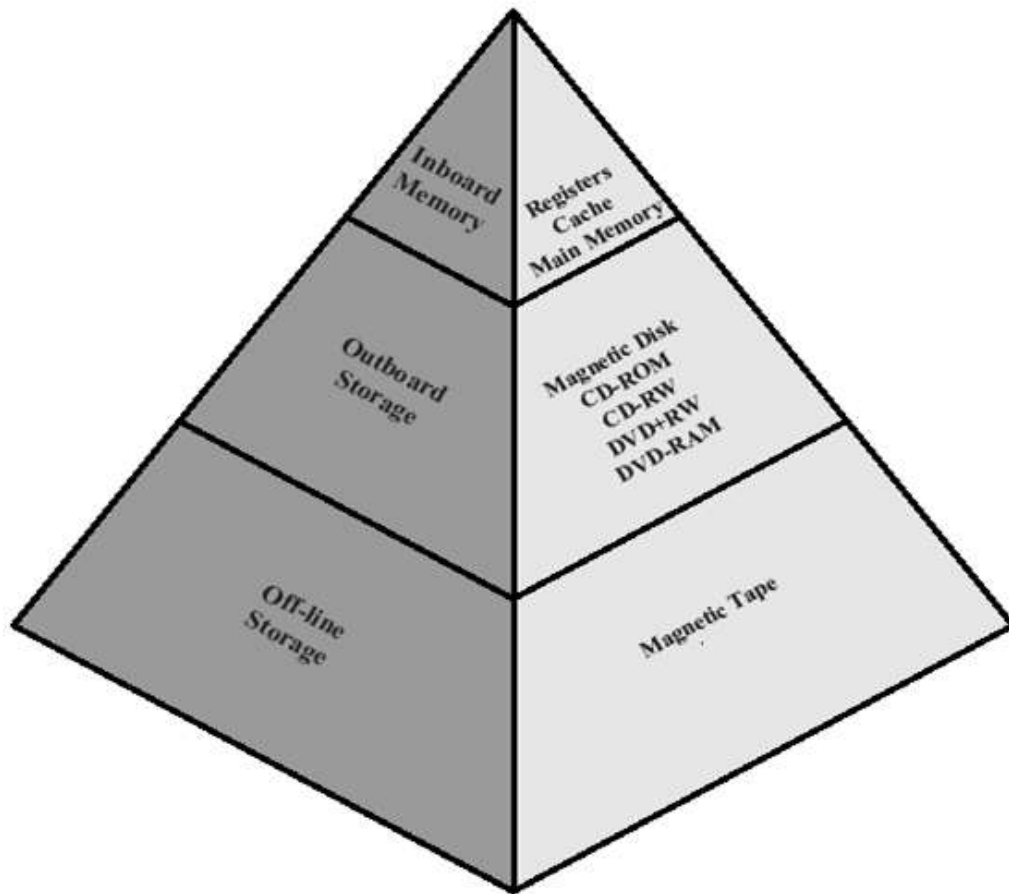
- Qual a função do clock?
  - Sincronizar a operação do sistema
    - Controlar fluxo de dados
    - Controlar movimento dos dados
- O clock é um sinal periódico que faz uma transição de 0 para 1 (3V3) retornando ao valor 0 (0V).



# Tempo de acesso à memória

- O Tempo de acesso à memória é o tempo decorrido entre a apresentação do endereço (no barramento de endereços) e a obtenção do dado válido (no barramento de dados).
- Quanto menor for tempo de acesso, a memória será mais rápida (maior velocidade).

# A hierarquia da memória

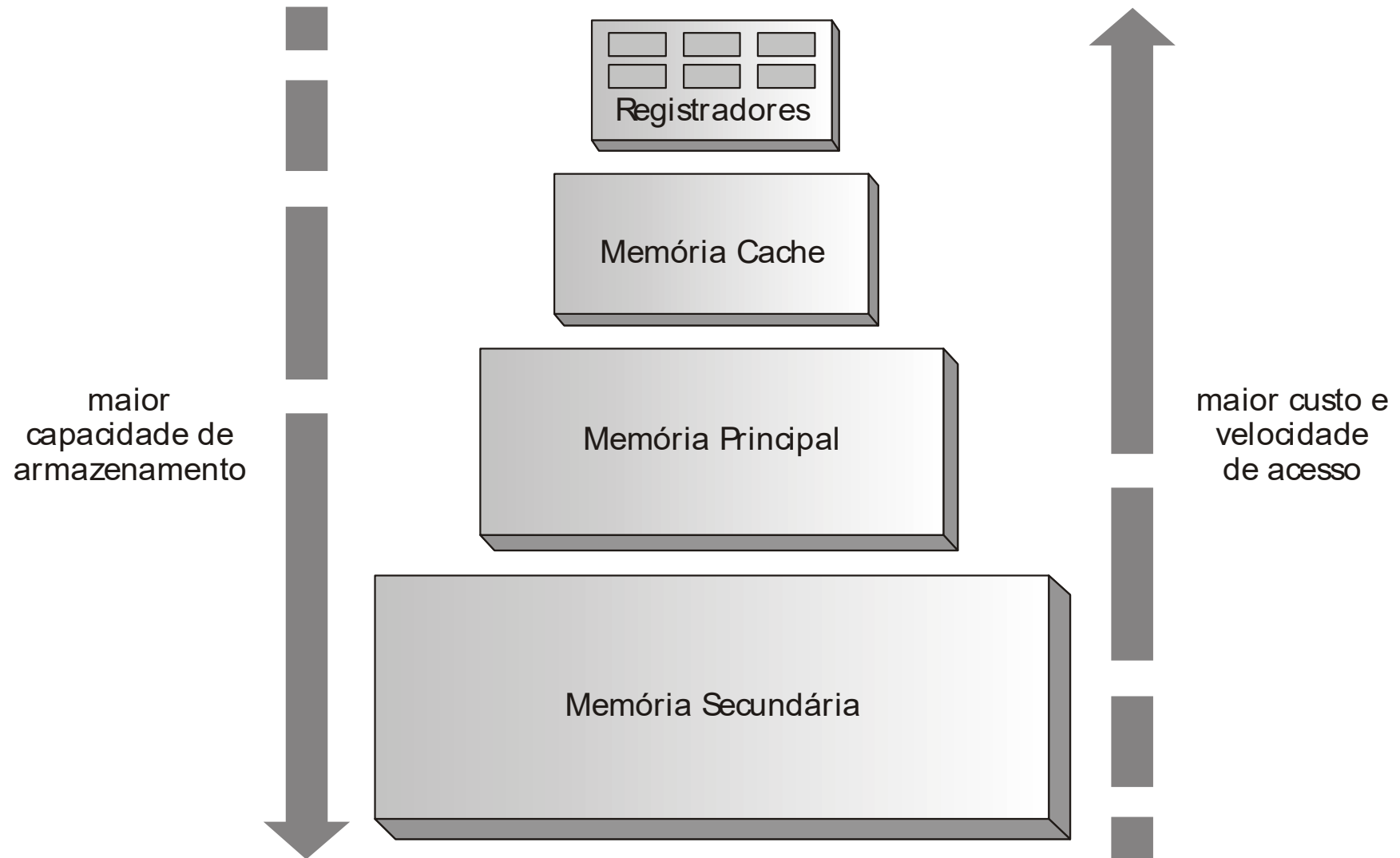


À medida que descemos na pirâmide,

- o **custo** por bit **diminui**
- a **capacidade** **aumenta**
- o **tempo** de acesso **aumenta**
- a **frequência** de acesso **diminui**

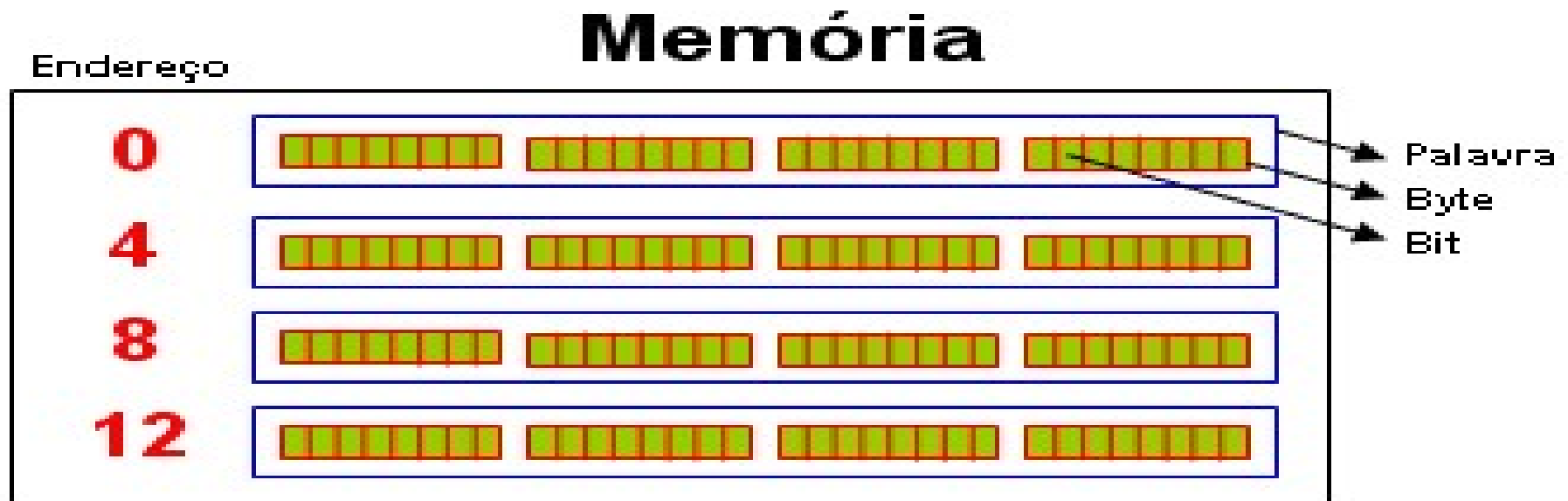


# Hierarquia de Memórias



# Memória Primária ou Principal

- Conceito: Armazena dados e programas (Memória RAM)
- Características:
  - Mais lenta (maior tempo de acesso) que a memória cache
  - Maior capacidade de armazenamento que a memória cache
  - Memória volátil
  - Possui um endereço para cada palavra
  - Cada palavra é composta de N bytes



# Memória Secundária

- Mais **lenta** (tempo de acesso bem maior) que a memória **principal**
- Capacidade de **armazenamento** bem **maior** que a memória **principal**
- **Menor custo** monetário que a memória **principal**
- Memória **não-volátil** (quando se desliga o computador os dados continuam armazenados)
- Ex: disco rígido (**HD**), disco flexível, **CD**, **RAID** (redundant array of independent disks), **DVD** etc.



# Memória RAM



- Memória de **leitura e escrita**, também chamada principal (DRAM/SDRAM)
- Memória **volátil** – apagada quando o computador é desligado
- Foram criadas para **baratear o custo dos computadores**, uma vez que a memória **Cache** (SRAM) são muito **caras**
- Quando a memória **RAM se esgota**, o computador utiliza a **memória virtual (espaço reservado no HD)** que é **muito lenta**



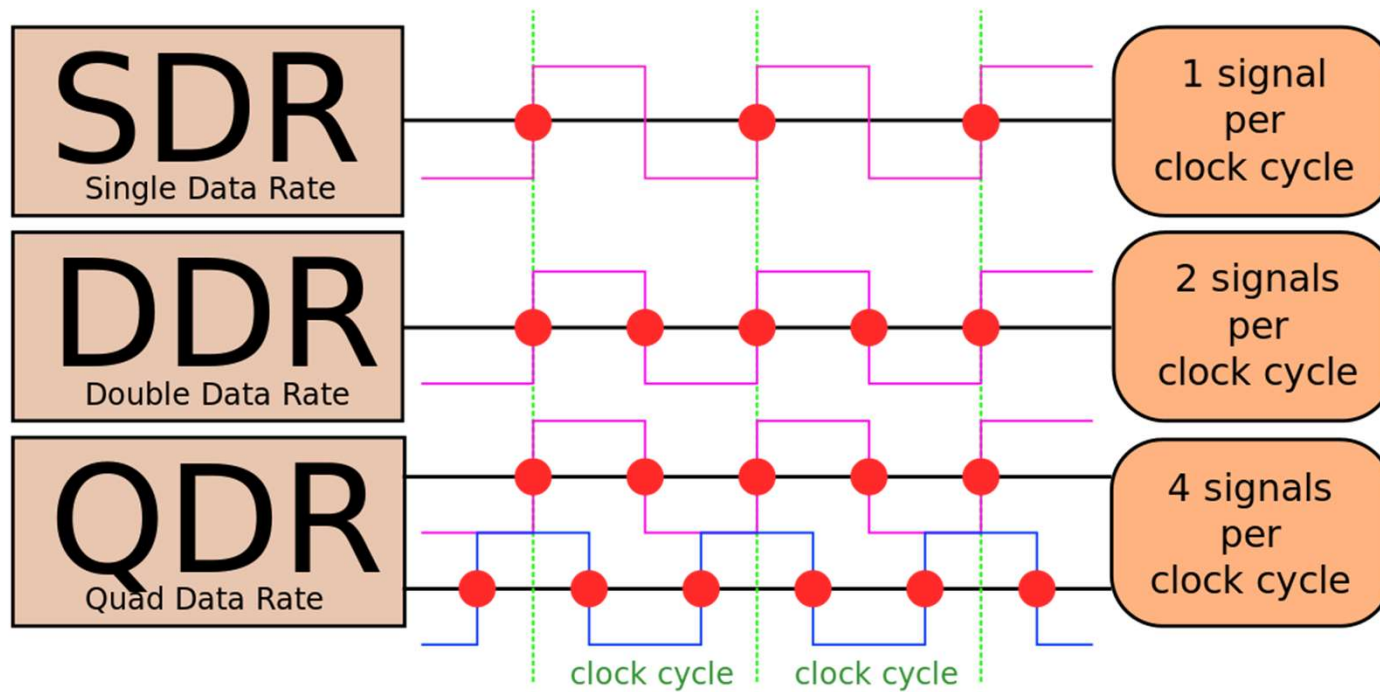
# Memória RAM

- **Especificações:**

- **Capacidade** (GB): armazenamento
- **Frequência** (MHz): quantidade de blocos de dados transferidos por segundo
- **Latência**: tempo de resposta desde a solicitação do dado até sua obtenção
- **Tipo**: **SDR, DDR# ou QDR#** – define a quantidade de leituras por ciclo
- **Dual/Triple/Quad Channel**: permite que o processador possa se comunicar com **múltiplos canais de memória simultaneamente**



# Memória RAM





# Memória ROM



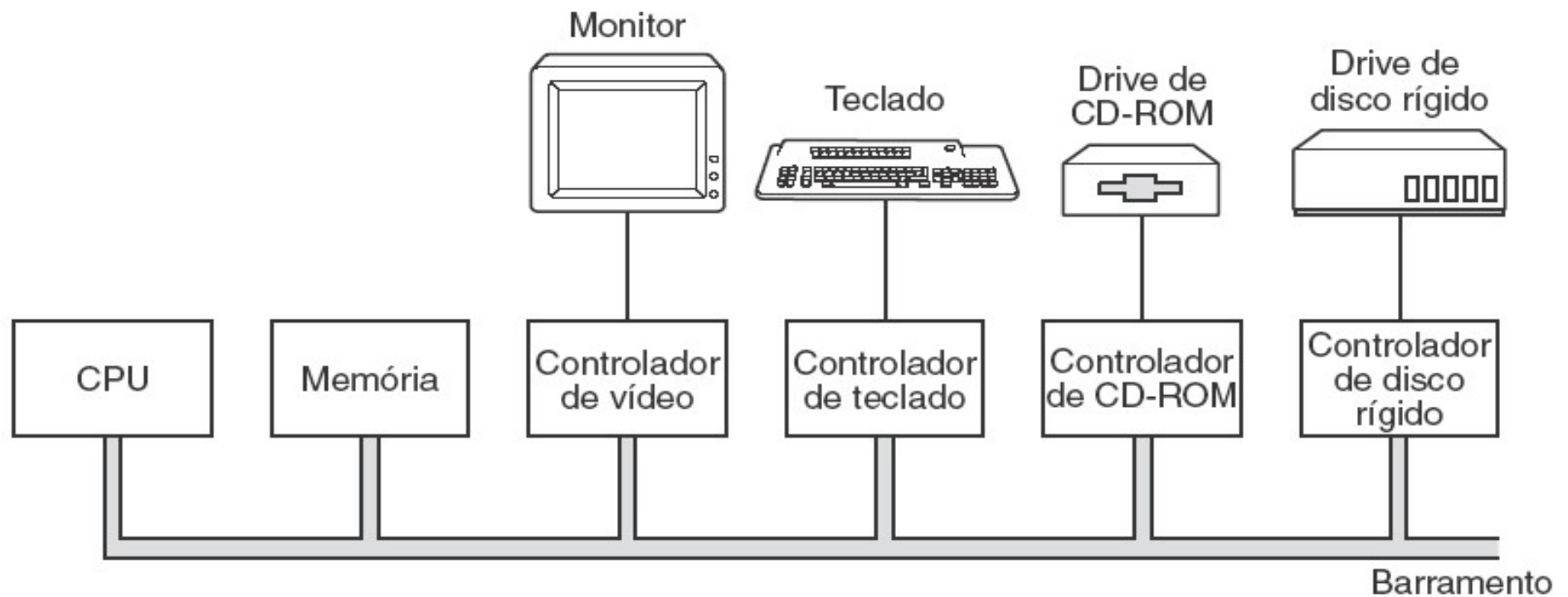
- Memória para **apenas leitura**
- Memória **não volátil** – **persistente**
- Fixada na placa mãe e gravada pelo fabricante (**firmware**)
- Armazenam informações do *Basic Input/Output System* (**BIOS**)
- Outros tipos:
  - PROM: programável / EPROM: apagável e reprogramável / EEPROM: eletricamente apagável e reprogramável / Flash (Pendrive). São mais rápidas e baratas

# Entrada e Saída (E/S)

- ▶ Os dispositivos de E/S criam **interfaces** entre o processador e os **periféricos**
- ▶ Uma placa-mãe (PC) possui **barramentos** e **controladores (chipsets)** que permitem a **comunicação** entre o **processador** e os **periféricos**
- ▶ Exemplos de dispositivos de E/S
  - **Teclado**
  - **Mouse**
  - **Impressora**
  - **Monitor**
  - **Modem**
  - **Placa de Rede**
  - **Disco Rígido**



# Dispositivos de entrada e saída (OEC-TB5ed)



# Dispositivos de entrada e saída

- Interface **Humano-Máquina (IHM)**
- Permitem introduzir **dados (entrada)**, **instruções e comandos** no **computador** e **visualizar os resultados/respostas (saída)**.



# Disco Rígido

- **Especificações:**

- **Capacidade de armazenamento** (GB / TB)
- **Rotational Speed** (RPM): 4800 / 5400 / 7200 / 10000 / 15000
- Interfaces disco **magnético**: **PATA** (Parallel Advanced Technology), **SATA** (Serial Advanced Technology), **SCSI** (Small computer System interface)
- Interface disco de estado sólido - **SSD** (memória flash): **SATA**, **PCIe**, **NMVe** (Non-Volatile Memory Express)



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

# Disco Rígido



**HD**



**SSD**

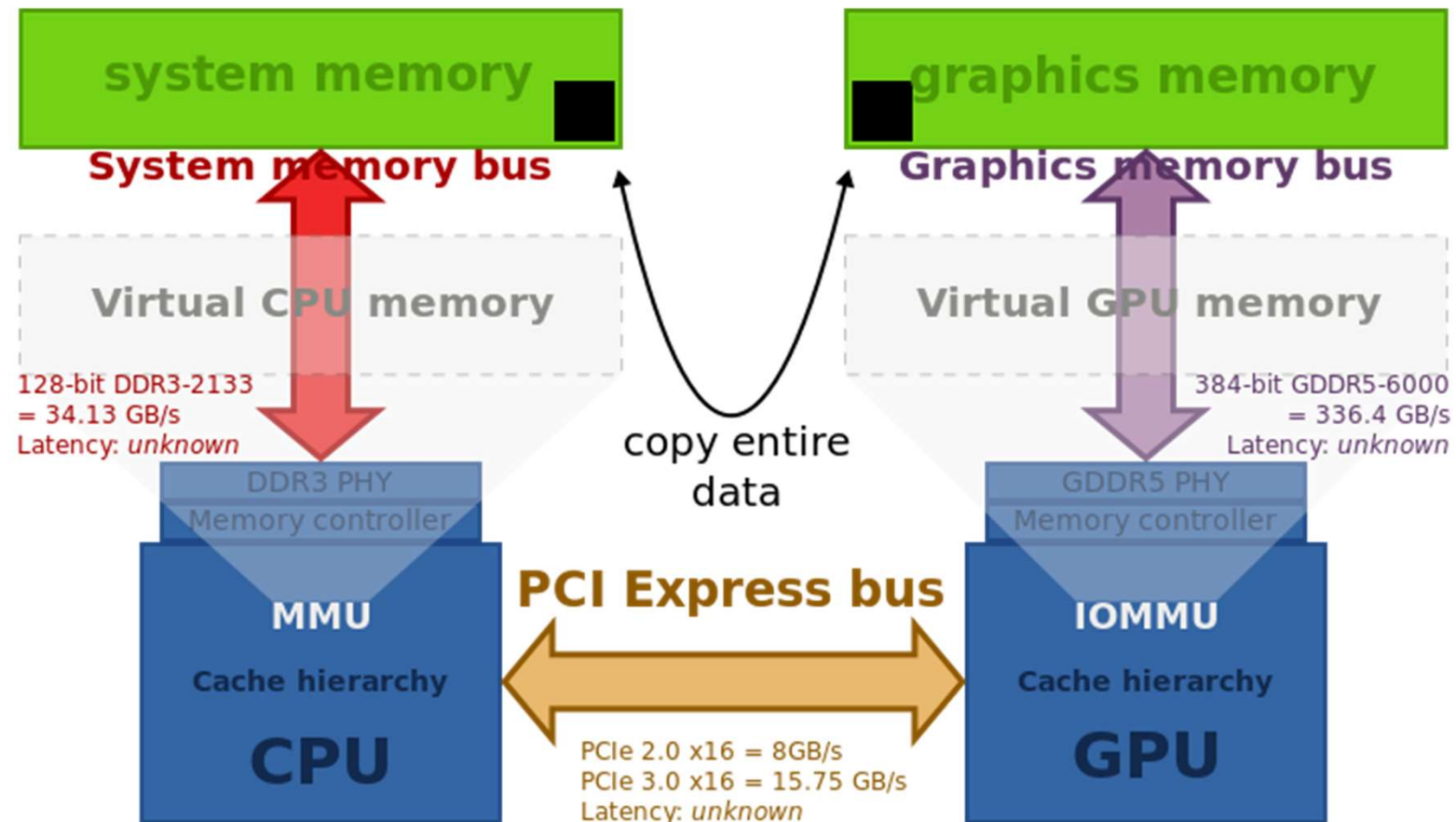


# Placa de Vídeo

- **Clock da GPU** (MHz): frequência de trabalho da **GPU** (Graphics Processor Unit)
- **Clock da Memória** (MHz ou GHz): frequência de trabalho da **Memória**
- **Largura de banda da memória** (bits): quantidade de bits transferidos da RAM para a GPU a cada ciclo de clock.
- **Capacidade** (GB): quantidade de memória da placa de vídeo
- Tipo de Memória: **DDR3**, **GDDR5**
- **High Bandwith Memory** (**HBM**): nova tecnologia com banda de 4.096 bits



# CPU - GPU





# Dispositivos de armazenamento de dados (E/S)

## (memória secundária ou n-ária)

- Discos magnéticos:
  - Discos Rígidos (HD, Winchester)
  - Disquetes
  - Zip Disk
- Discos óticos:
  - Compact Disk (CD-ROM, CD-R e CD-RW)
  - Digital Versatile Disk (DVD-ROM, DVD-R e DVD-RW)
- Fitas Magnéticas



# Barramentos

- Barramento é um **caminho elétrico** comum **que liga** e permite a comunicação entre **dois ou mais dispositivos** (processador, memórias, controladores, periféricos, etc).
- **Grupos funcionais:**
  - Barramento (linhas) de **dados**
  - Barramento (linhas) de **endereços**
  - Barramento (linhas) de **controle**



# Barramento

- **Definição e importância:**

- Conexão entre componentes do computador
- Responsável pela transferência de dados
- Presente nas placas mãe, pode ser um gargalo de desempenho se mal combinado com outros componentes
- Em suas extremidades estão os *Slots*, *Sockets* e portas de dispositivos ou componentes

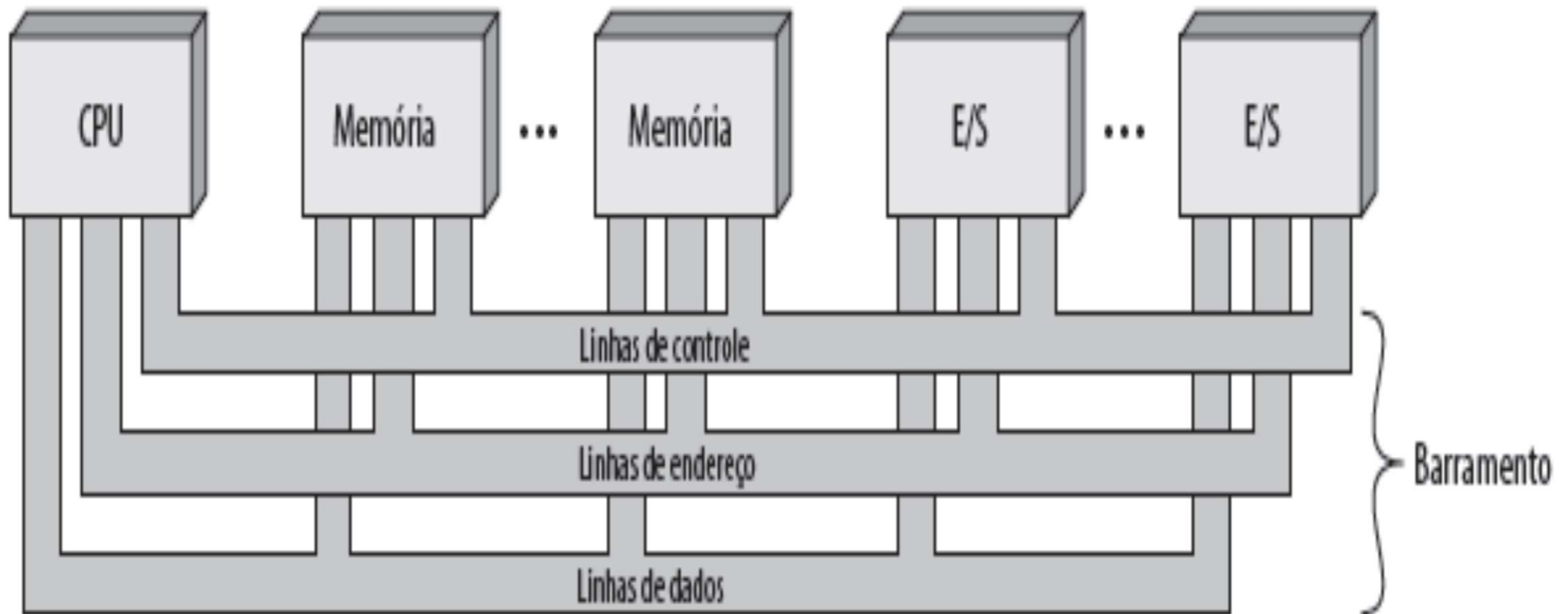




# Barramento

- **Tipos de funções:**
  - Barramento de dados (**Data Bus**): transporta valores e instruções
  - Barramento de endereços (**Address Bus**): transporta endereços de localização de dados ou de dispositivos de Entrada/Saída
  - Barramento de controle (**Control Bus**): transfere sinais de controle, interrupções, sincronização, reset, entre outros

## Barramentos: grupos funcionais (AOC – Stallings – Cap 3)



# Barramento de Dados

- **Transporta dados** (obs: não existe diferença entre “dados” e “instruções” neste nível).
- A **largura** é um determinante fundamental do **desempenho** (ex: **8, 16, 32, 64 bits**)

# Barramento de endereços

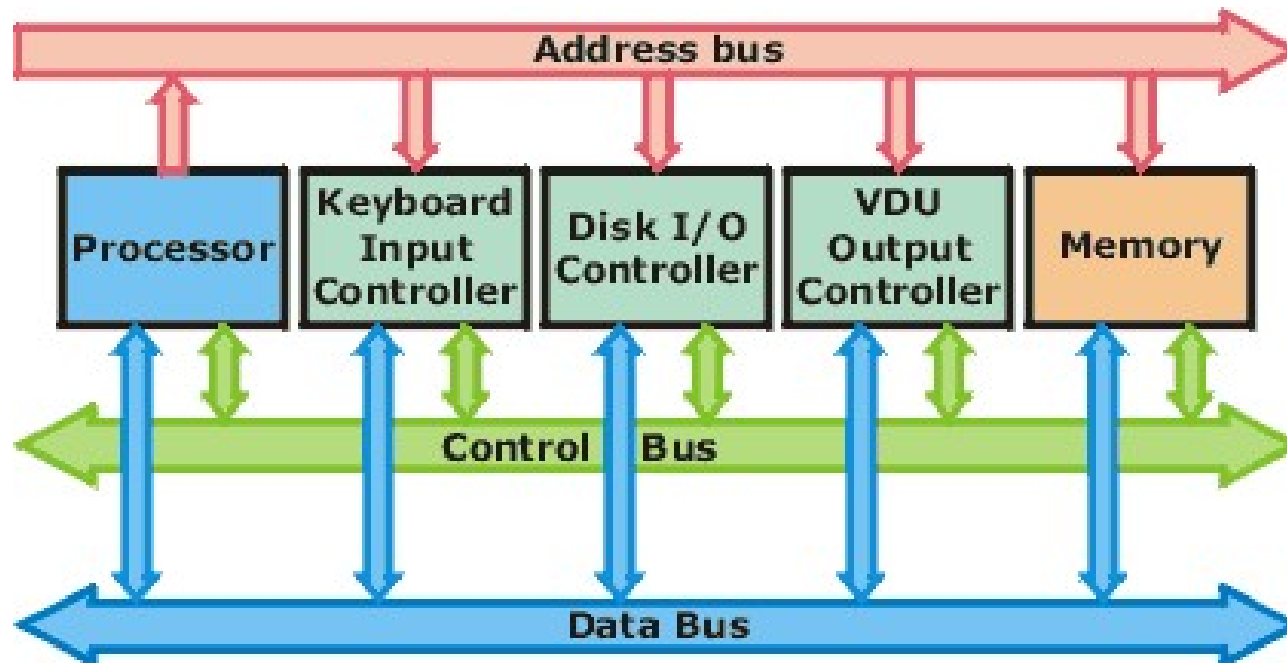
- Identifica a **origem/fonte ou o destino do dado**.
  - Exemplo: CPU precisa ler uma instrução de determinado local na memória.
- **Largura do barramento determina capacidade máxima da memória do sistema**.
  - Exemplo: O Pentium tem barramento de endereço **de 32 bits** gerando espaço de endereços de **4GiB**.

# Barramento de controle

- Informação de controle e temporização
  - Sinal **leitura/escrita** (R/W) da **memória** ou **E/S** (I/O)
  - Requisição de **interrupção** (INT)
  - Requisição de uso do barramento a o árbitro (**REQ**)
  - Sinal de **relógio** (CLK: *clock*)



# Barramento







# Barramento

- **Tipos de informações:**
  - **Barramento do processador:** conecta a **CPU** com o *chipset* da placa mãe
  - **Barramento de endereços:** conecta os componentes que utilizam endereçamento (memória, E/S, chipsets)
  - **Barramento de I/O:** conecta os periféricos com a CPU
  - **Barramento de memória:** conecta a **CPU** com a memória **RAM**



# Barramento

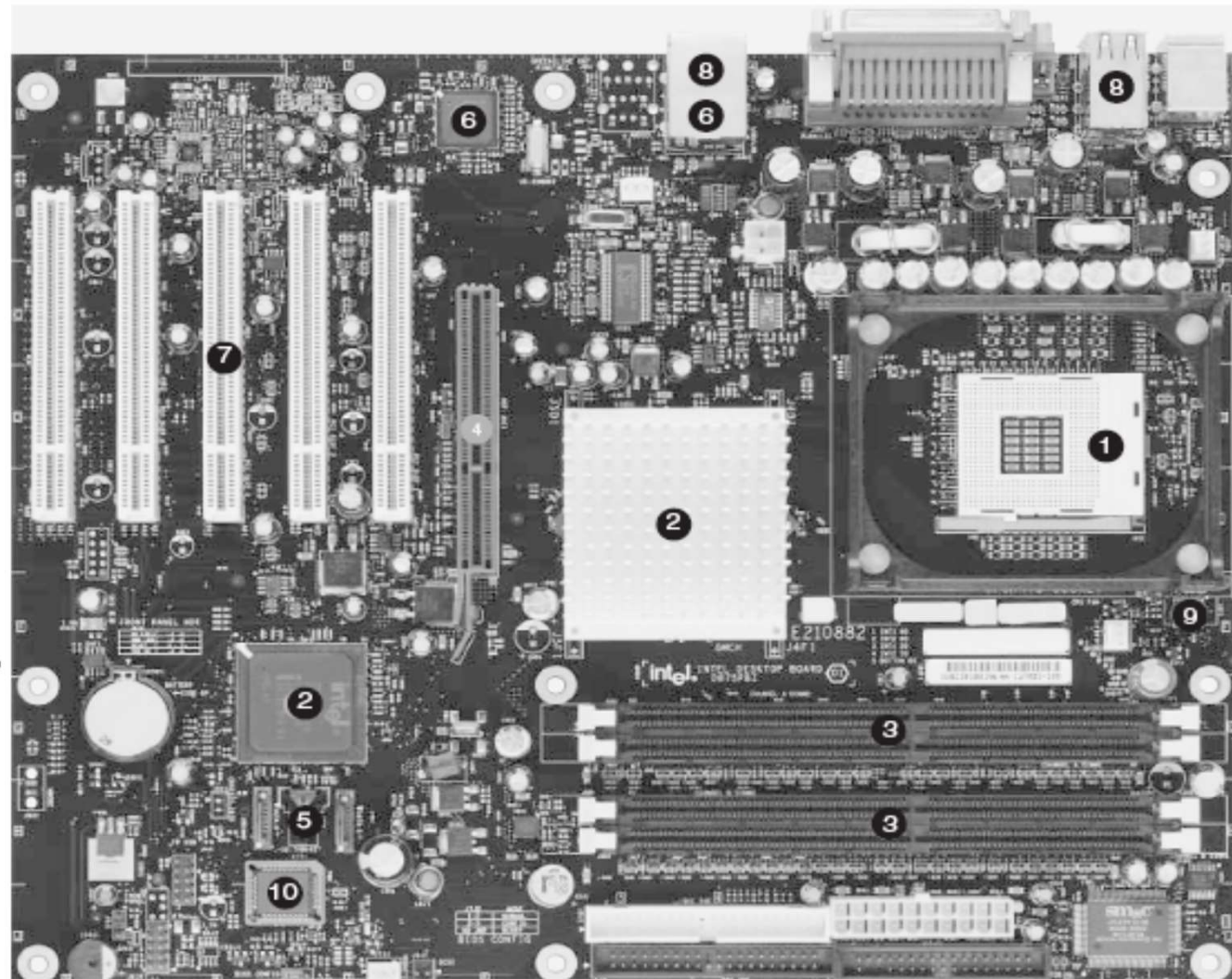
- **Barramentos de Entrada e Saída (I/O):**
  - Antigos: ISA, MCA, EISA, VESA, AMR, ATA, PS/2, AGP
  - Modernos: SATA, PCI, PCI Express, PCMCIA, SCSI, USB, IrDA, FireWire
  - A diferença entre os barramentos de I/O está no **tipo de encaixe** (*Slot* ou conector) e na **velocidade de transferência de dados**

# Barramentos (construção)

- Linhas paralelas nos circuitos impressos
- Cabos fitas (flat-cables)
- Conectores nas placas mães
  - Exemplos: PCI, PCI Express, ISA, AGP, etc.
- Conjuntos de fios

# BARRAMENTOS

A placa de circuito impresso está no coração de cada computador pessoal. Essa é uma fotografia da placa Intel D875PBZ. Direitos de reprodução da Intel Corporation, 2003, utilização permitida.



- 1. Soquete Pentium 4
- 2. Suporte de chip 875 P
- 3. Soquetes de memória
- 4. Conector AGP

- 5. Interface de disco
- 6. Gigabit Ethernet
- 7. Cinco encaixes para PCI
- 8. Portas USB 2.0

- 9. Tecnologia de resfriamento
- 10. BIOS



# BARRAMENTOS - exemplos



# Wafer e Die

- Exemplos

