



UNIDADE I

Arquitetura de Computadores Modernos

Profa. Dra. Sandra Bozolan

Arquitetura estruturada de computadores

- Um computador moderno é definido como uma máquina que possui partes tanto eletrônicas como eletromecânicas, capaz de manipular dados e fornecê-los, de forma sistêmica, para uma abrangente gama de aplicações.
- Os computadores modernos possuem como função principal a realização de uma série de atividades ordenadas a fim de produzirem um resultado (informação) a partir de dados que foram manipulados anteriormente.
- O dado é conhecido como a matéria-prima ou entrada original em um sistema de informação, e a informação, conseqüentemente, é o resultado do processamento desse dado.

Arquitetura estruturada de computadores

- Os dados precisam ser inseridos em um computador para que sejam interpretados e processados a fim de se obter a informação desejada.
- Outra nomenclatura importante em Arquitetura de Computadores se refere à menor unidade de medida de um sistema computacional, nomeado como algarismo binário ou dígito binário, conhecido também como *bit* (contração do inglês *binary digit*).
- Os dígitos binários possuem somente dois valores: 0 ou 1.
 - O *byte* (conjunto de 8 *bits*) também é uma unidade básica de medida e foi implementado para servir de padronização e é largamente utilizado por todos os fabricantes de computadores e sistemas embarcados atuais.

Parâmetros funcionais de um computador moderno

Os parâmetros funcionais de um computador são representados como segue:

- **Processamento de dados** – é a etapa que consiste na extração e manuseio de informações a partir de dados brutos e que resultará em novas informações a serem utilizadas pela máquina.
- O processamento de dados é subdividido em três etapas: entrada, processamento e saída.
 - Os dados processados estão contidos no próprio sistema de armazenamento, sendo necessária a movimentação desses dados (memória↔processador) para que seja realizado o processamento.

Parâmetros funcionais de um computador moderno

- **Movimentação de dados** – um computador moderno deve ser capaz de movimentar os dados obtidos durante o processamento, enviando-os para dispositivos externos.
- Assim, ele será capaz de receber novos dados externos para processá-los.
- Os meios responsáveis pela interconexão de entrada/saída (E/S) de um computador são conhecidos como dispositivos periféricos.
 - Um computador também funciona como um dispositivo que realiza a movimentação de dados, transferindo-os de um periférico para outro.

Parâmetros funcionais de um computador moderno

- **Armazenamento de dados** – todo computador moderno deve ser capaz de armazenar os dados de forma temporária ou definitiva.
- Dessa forma, os dados oriundos do ambiente externo podem ser armazenados internamente no computador para a realização de leitura/escrita, a fim de iniciar uma nova operação.

Parâmetros funcionais de um computador moderno

- **Controles** – são definidos por todas as operações realizadas no processador, fornecendo instruções de controle para a realização das três funções principais (processamento de dados, armazenamento de dados e movimentação de dados).
- O gerenciamento de todas as funções de um computador é realizado pela unidade de controle (UC), que coordena os recursos computacionais disponíveis, por meio de instruções de máquina, conhecidos também como código de operações (Opcodes).

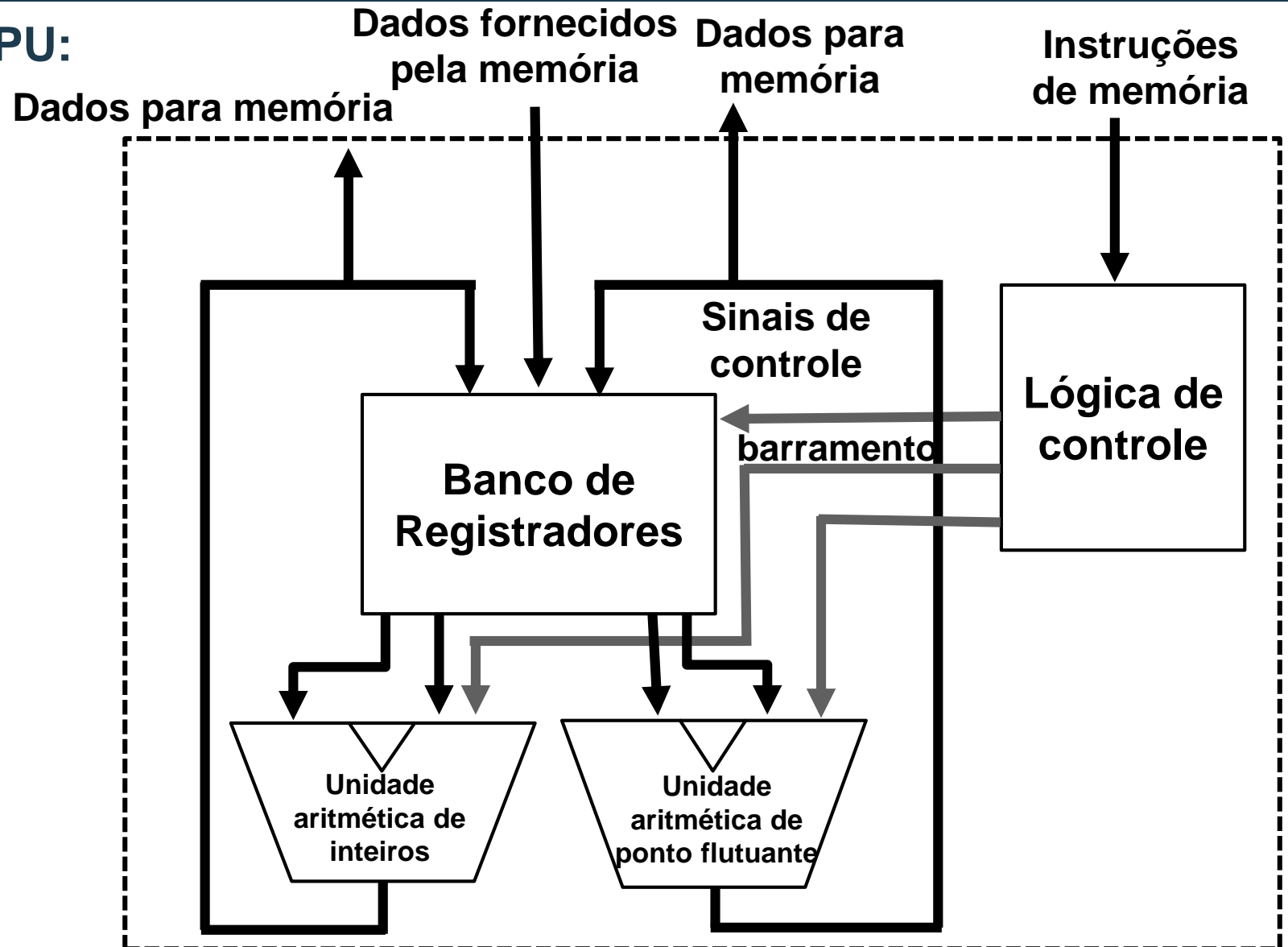
Parâmetros estruturais de um computador moderno

Um computador moderno deve ser estruturado a partir de quatro componentes físicos, responsáveis pelo seu pleno funcionamento:

- **Unidade Central de Processamento** (UCP ou CPU, do inglês *Central Processing Unit*) – constituída pela ULA (Unidade Lógica e Aritmética) e pela UC (Unidade de Controle).
- A CPU possui como função controlar toda a lógica operacional do computador e realizar o processamento de dados/instruções, além também de gerenciar o armazenamento de dados.

Parâmetros estruturais de um computador moderno

Diagrama de blocos de uma CPU:



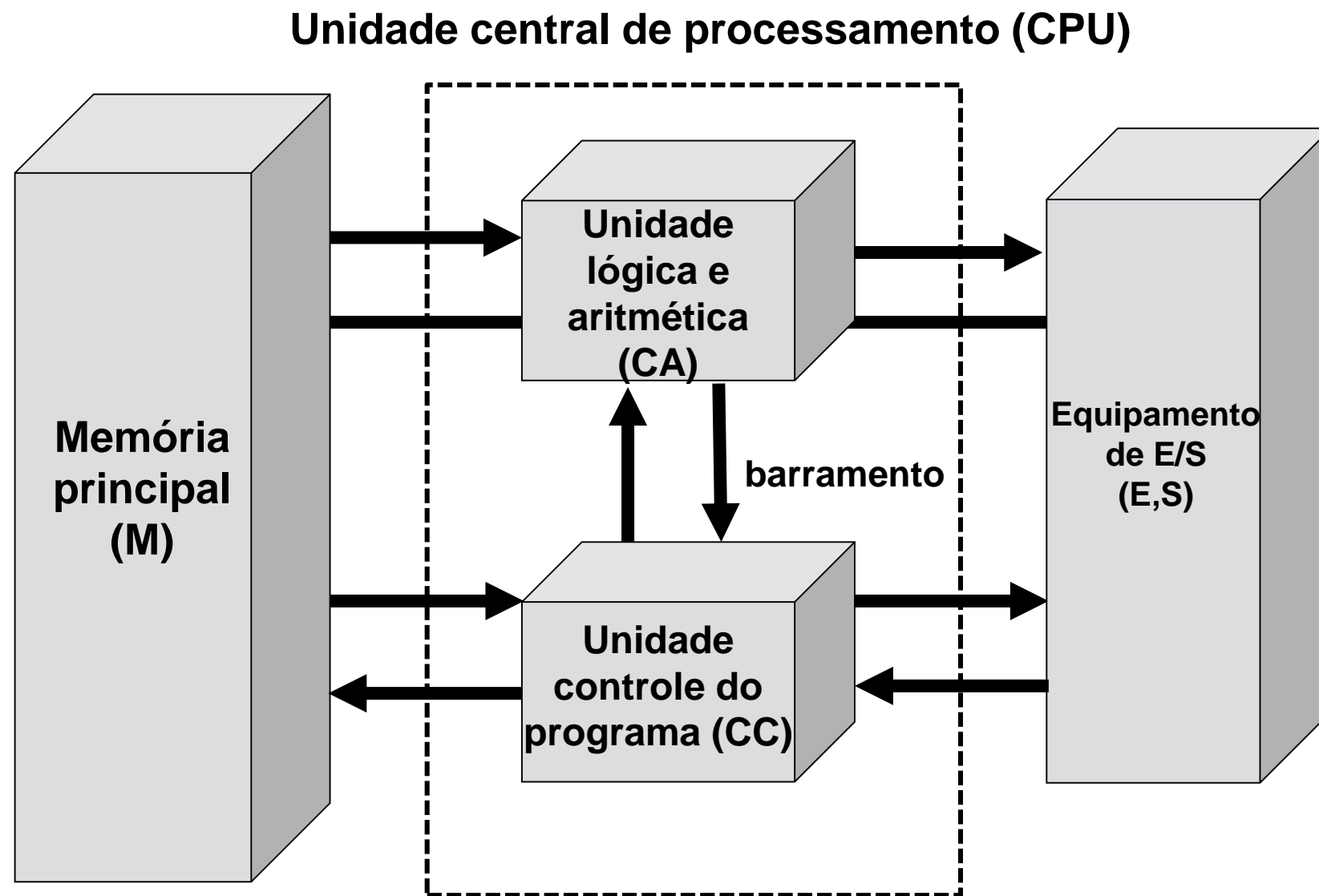
Fonte: Adaptado de: CARTER (2002, p. 49).

Parâmetros estruturais de um computador moderno

- **Memória principal** – possui como função armazenar dados de forma dinâmica e temporária.
- **Entrada e saída (E/S)** – possui como função movimentar dados entre o computador e seu meio externo para realizar o armazenamento ou processamento de dados.
- **Interconexão do sistema** – é constituída por mecanismos que oferecem um meio (barramento) de comunicação rápida entre a CPU, a memória principal e os dispositivos de E/S.
 - Um exemplo típico de interconexão é o barramento de dados/instruções que são uma série de fios de cobre, em que todos os componentes se conectam a fim de trocarem informação.

Parâmetros estruturais de um computador moderno

Estrutura básica de um computador moderno



Interatividade

Toda arquitetura moderna de computadores deve possuir como parâmetros básicos quais principais funcionalidades?

- a) Processamento de dados, movimentação de dados, armazenamento de dados e controle.
- b) Função, estrutura, arquitetura e organização.
- c) CPU, memória principal, entrada/saída (E/S) e interconexão do sistema.
- d) Complexidade, lógica, computabilidade e tomada de decisão.
- e) Topologia, hierarquia, protocolo e conexões.

Resposta

Toda arquitetura moderna de computadores deve possuir como parâmetros básicos quais principais funcionalidades?

- a) **Processamento de dados, movimentação de dados, armazenamento de dados e controle.**
- b) Função, estrutura, arquitetura e organização.
- c) CPU, memória principal, entrada/saída (E/S) e interconexão do sistema.
- d) Complexidade, lógica, computabilidade e tomada de decisão.
- e) Topologia, hierarquia, protocolo e conexões.

Unidade central de processamento (CPU)

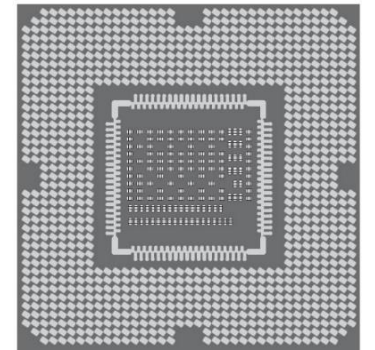
- O processador é conhecido como o “cérebro” do computador.
- Ele é responsável por controlar todas as suas tarefas como: processar, gravar, movimentar e interpretar dados/instruções.
- As CPUs são empacotadas em um *chip*, constituído por um núcleo de silício em um invólucro metálico, conectado a um conjunto de pinos, que transferem os sinais elétricos à placa-mãe do computador.



Chips de CPU

- O *chip* da CPU pode ser subdividido em três categorias: endereços, dados e controle.
- Ao buscar uma instrução, a CPU acessa um endereço que representa uma posição física na memória e transfere essa instrução desejada aos seus pinos de endereçamento.

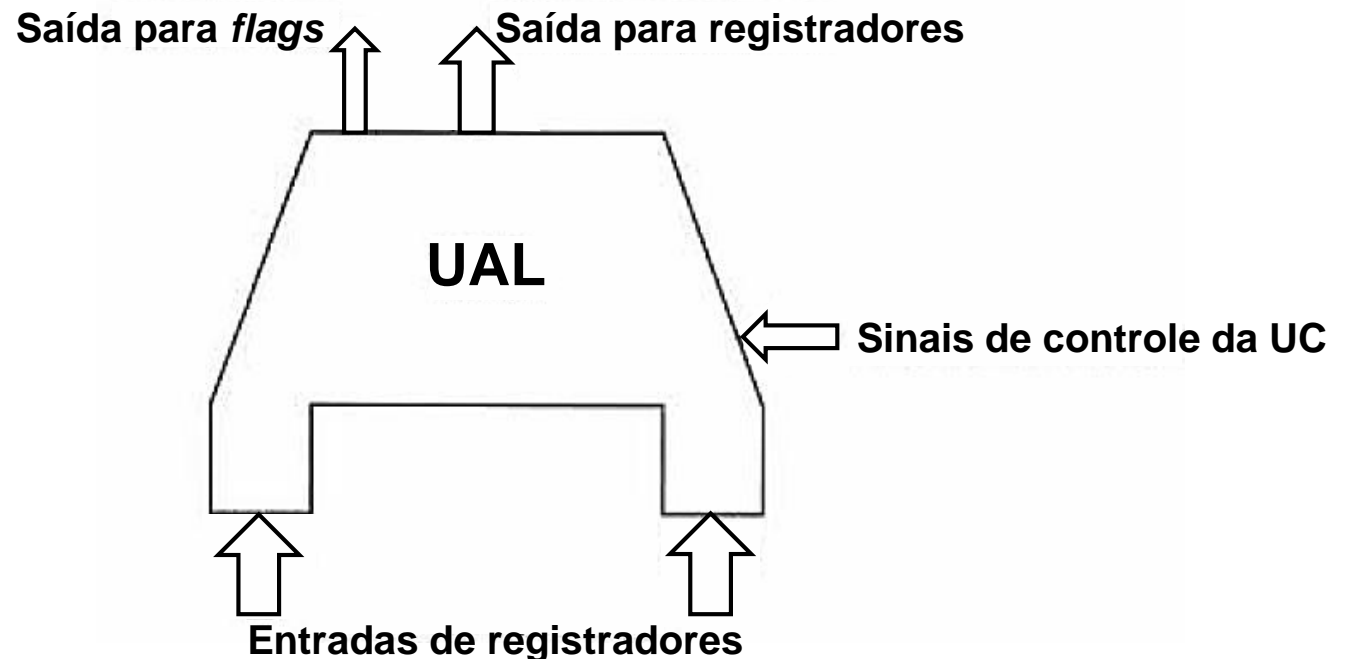
Fonte: TANENBAUM, A. S.; AUSTIN,
T. *Organização estruturada de computadores*.
São Paulo: Pearson, 2013. p. 160.



- Então ela ativa suas linhas de controle com a finalidade de informar à memória que ela necessita realizar a leitura de uma instrução.
- Por fim, a memória responde à solicitação colocando a instrução requisitada nos pinos de dados da CPU, ativando uma *flag* (sinal) informando o que acabou de ser realizado.

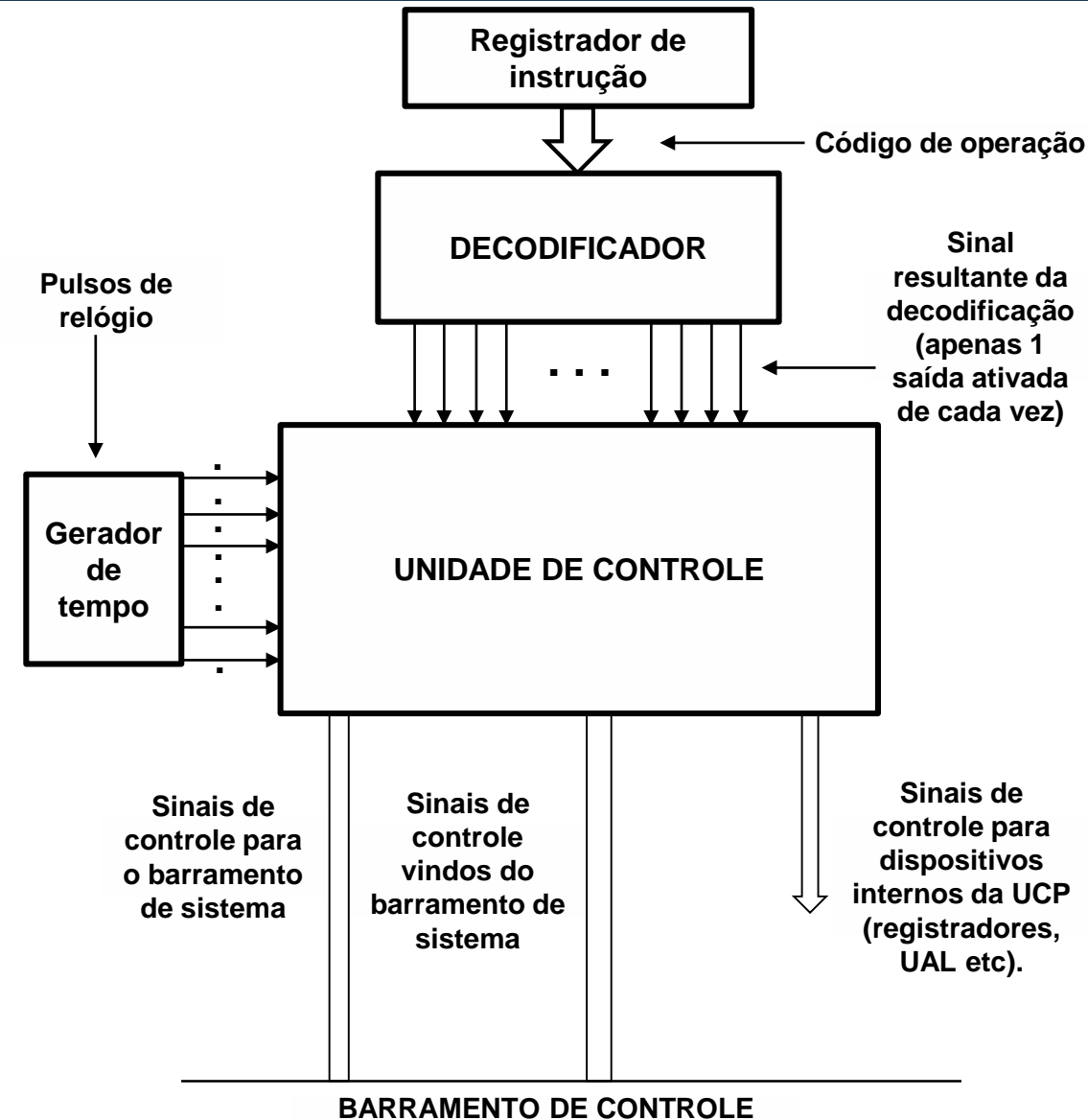
Unidade lógica e aritmética

- A ULA é o principal componente do processador e realiza todos os cálculos binários.
- Ela é constituída por um conjunto de circuitos lógicos digitais que, ao se integrarem, realizam operações: aritméticas, de deslocamento, incremento e complemento.
- A ULA possui, geralmente, duas entradas de dados conectadas à saída, entrada para sinais de controle e para determinação da operação que deve ser realizada.



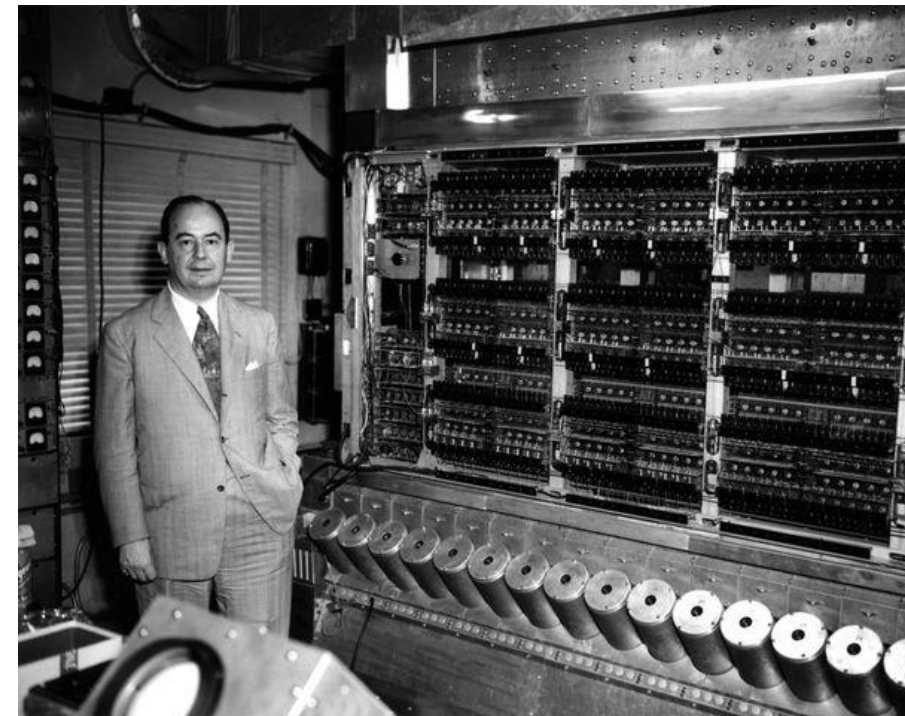
Unidade de controle

- A UC é responsável pelo controle e movimentação de dados/instruções no processador por meio de sinais sincronizados por *clock* (contador de tempo que regula e sincroniza a geração de pulsos elétricos na CPU).
- A unidade de controle executa as micro-operações (pequenos passos no ciclo de instruções), em que, a cada início de um ciclo, ocorrerá uma busca da instrução requerida.



Arquitetura Von Neumann

- No ano de 1946, o cientista húngaro John von Neumann trabalhava em um laboratório do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de Princeton, nos EUA, realizando um estudo aprofundado dos projetos dos primeiros computadores eletromecânicos.
- Ele observou que as tarefas de processamento e armazenamento de dados nesses computadores não eram muito eficazes e, a partir disso, realizou modificações substanciais que serviram de parâmetros para todos os computadores modernos.



Fonte:

<http://wavefunction.fieldofscience.com/2020/05/>

Arquitetura Von Neumann

Após seus estudos, Von Neumann definiu quais seriam os padrões que todos os computadores deveriam possuir, que são:

- Memória principal para realizar o armazenamento dos dados.
- Unidade lógica e aritmética (ULA) para realizar as operações em binários.
- Unidade de controle para interpretar/executar as instruções da memória principal.
 - Dispositivos de entrada e saída (E/S), controlados pela unidade de controle.

Organização dos registradores

- Von Neumann também organizou o conceito de registradores, que são pequenos dispositivos de memória, que fornecem armazenamento temporário para dados/instruções dentro do processador.
- Os registradores estão no topo da hierarquia da memória, pois possuem maior velocidade de transferência de dados/instruções para a CPU.
- Os registradores também possuem custo de fabricação mais elevado, se comparado aos outros tipos de memória, devido a estarem alocados dentro da própria CPU.

Organização dos registradores

Os registradores estão organizados de acordo com sua função: registradores de propósito geral e registradores de controle e estado. Os registradores de controle e estado são separados como:

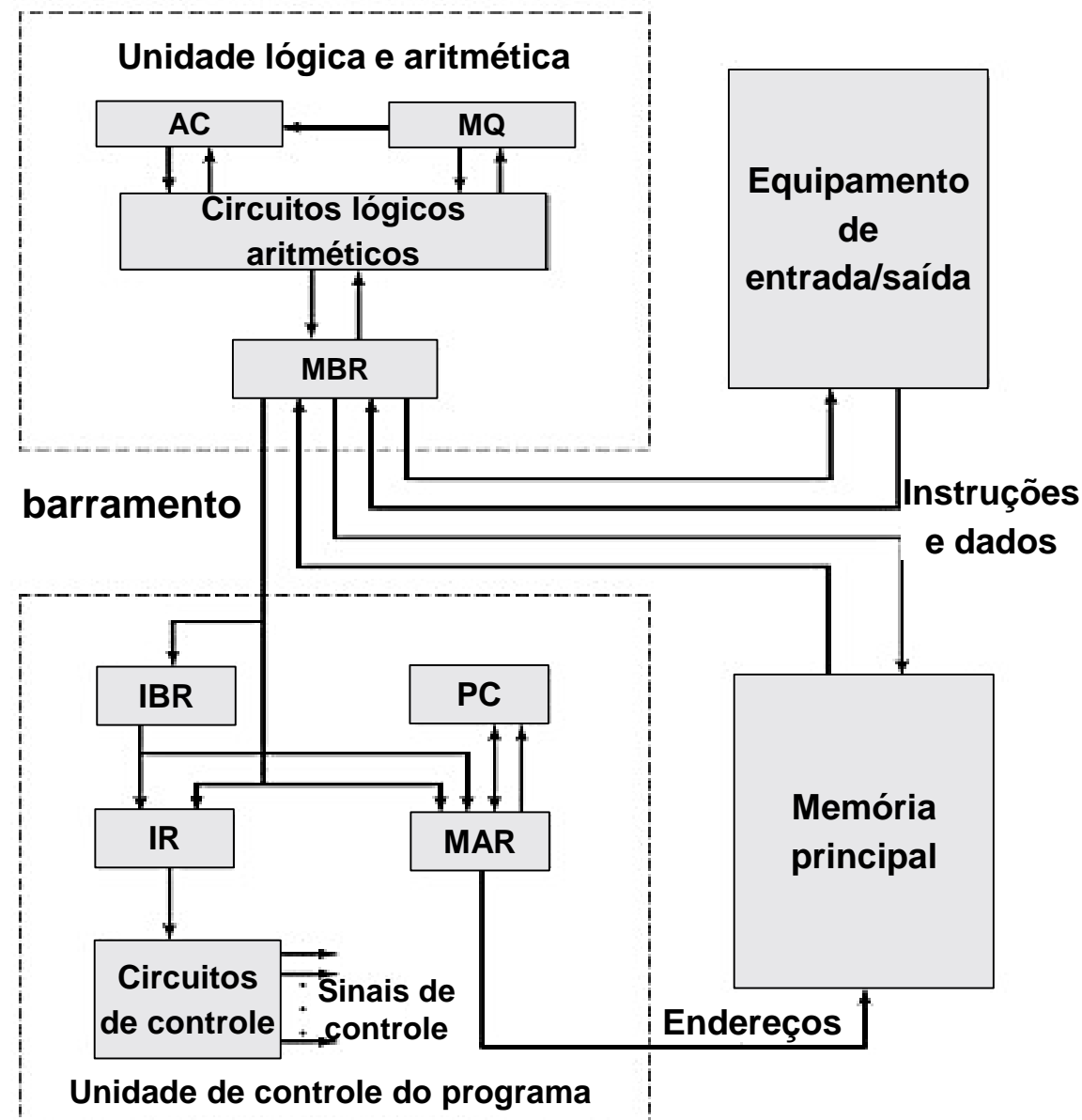
- Registrador de *buffer* de memória (MBR – *Memory Buffer Register*): é o registrador que recebe uma ou várias palavras/instruções que serão armazenadas na memória ou enviadas para alguma unidade de E/S.
- Registrador de instrução (IR – *Instruction Register*): contém um código de operação (Opcode), referente à instrução que será executada.
 - Registrador de *buffer* de instrução (IBR – *Instruction Buffer Register*): é utilizado para armazenar temporariamente a próxima instrução.

Organização dos registradores

- Registrador de endereço de memória (MAR – *Memory Address Register*): é o registrador que especifica qual será o endereço na memória principal a ser lido/escrito.
- Registrador contador de programa (PC – *Program Counter*): é o registrador que contém o endereço para busca de um par de instruções contidas na memória principal (RAM).
- Além dos registradores de controle e estado, a máquina de Von Neumann também possui os registradores acumulador (AC) e o multiplicador (MQ), empregados para manter temporariamente os resultados de operações da ULA.

Organização dos registradores

- Arquitetura da máquina de Von Neumann e seus registradores básicos.



Interatividade

Entre os principais registradores da máquina de Von Neumann, temos o registrador PC (*Program Counter*), que possui basicamente como função:

- a) Receber uma ou várias palavras/instruções que serão armazenadas na memória.
- b) Armazenar temporariamente a próxima instrução.
- c) Conter o endereço para busca de um par de instruções contidas na memória principal.
- d) Especificar qual será o endereço na memória principal a ser lido/escrito.
- e) Conter um código de operação referente à instrução que será executada.

Resposta

Entre os principais registradores da máquina de Von Neumann, temos o registrador PC (*Program Counter*), que possui basicamente como função:

- a) Receber uma ou várias palavras/instruções que serão armazenadas na memória.
- b) Armazenar temporariamente a próxima instrução.
- c) Conter o endereço para busca de um par de instruções contidas na memória principal.
- d) Especificar qual será o endereço na memória principal a ser lido/escrito.
- e) Conter um código de operação referente à instrução que será executada.

Organização básica das memórias de um computador

- Uma memória pode ser definida como um dispositivo eletrônico que possui como função o armazenamento de dados/instruções, manipulados por um sistema computacional de *hardware* e *software*.
- Basicamente, os sistemas computacionais modernos utilizam um conjunto variado de memórias integradas que possuem diferentes características referentes à sua localização, capacidade de armazenamento etc., conhecidas como memórias primárias e secundárias.
 - São consideradas como memórias primárias do computador: memória cache, memória ROM, memória RAM e os registradores.
 - São consideradas como memórias secundárias do computador: *pen drive*, disco rígido, CD, DVD, disquete, fita magnética, entre outras.

Organização básica das memórias de um computador

- Todo dispositivo de memória deve ser capaz de armazenar um dos dois estados fundamentais da lógica binária, ou seja, 0 ou 1.
- O modo pelo qual um *bit* é identificado na memória varia de acordo com o tipo de memória e o modo que esse *bit* é gravado nela como, por exemplo, a inserção de um campo magnético, a presença de uma marca óptica ou por meio da presença ou ausência de um sinal elétrico.

Organização básica das memórias de um computador

Os sistemas de memória também são avaliados de acordo com classificações, como segue:

- Localização: interna ou externa.
- Capacidade: quantidade de *bytes* armazenados.
- Unidade de transferência: comunicação pelo barramento.
- Unidades endereçáveis: quantidade de palavras endereçáveis.
- Palavra: unidade básica de organização da memória (exemplo – um computador de 64 *bits* possui uma palavra com tamanho de 64 *bits*).

Acesso à memória

Outro parâmetro associado às memórias diz respeito ao acesso realizado para efetuar a leitura ou escrita de dados e instruções, subdividido como:

- Acesso sequencial: nesse tipo de acesso, alguns tipos de memórias realizam a leitura/escrita em uma sequência linear específica.
- Dessa forma, a informação de endereçamento será utilizada como auxílio na separação de registros e no processo de recuperação dos dados armazenados.

Acesso à memória

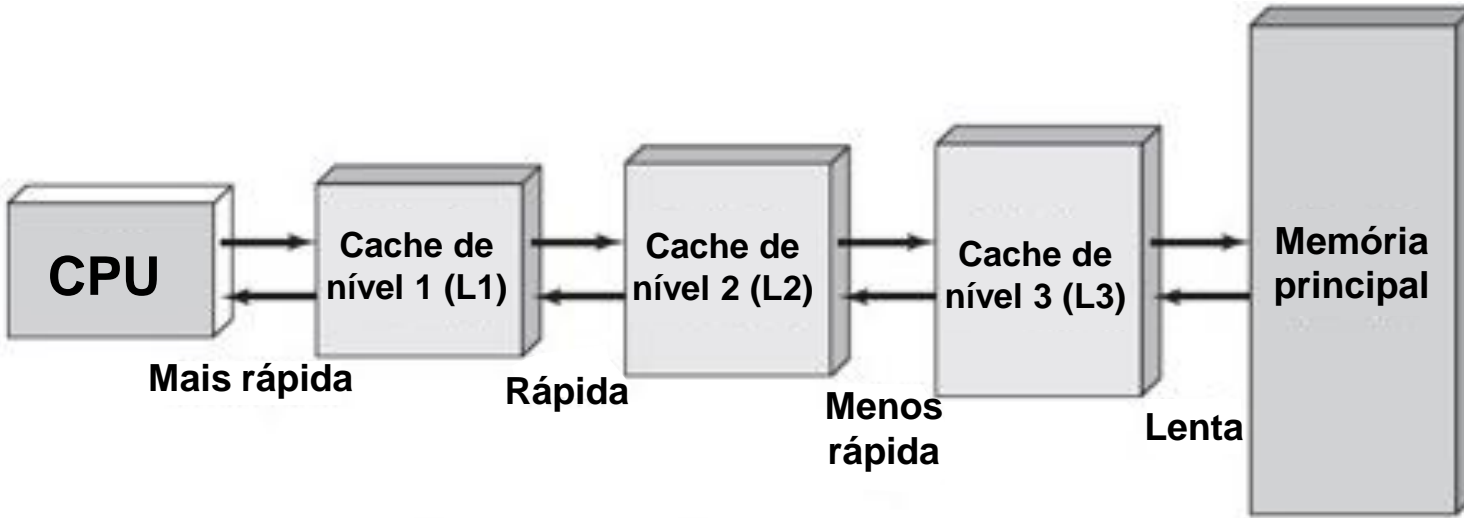
- Acesso direto: nesse tipo de acesso, os registros individuais ou blocos de registros possuem um endereço exclusivo em algum local físico da memória principal.
- Para que seja possível o acesso direto, primeiro é necessário alcançar uma vizinhança geral ao endereço, depois uma busca sequencial, uma contagem ou espera até que o local desejado seja alcançado e os dados possam ser lidos ou escritos.

Acesso à memória

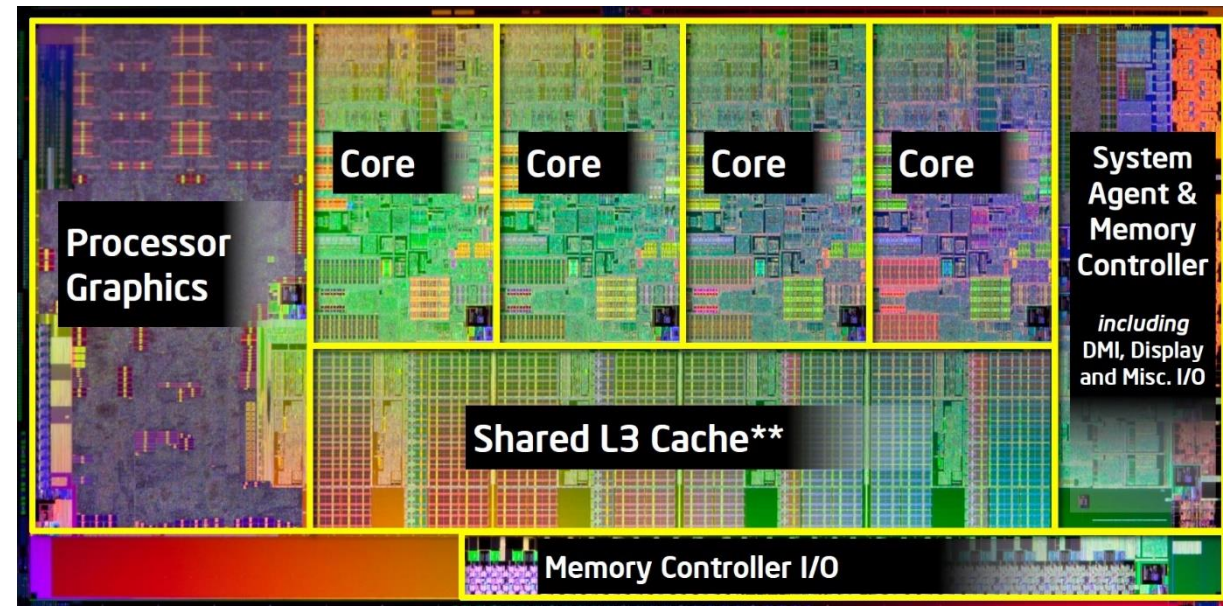
- Acesso aleatório: nesse tipo de acesso à memória, cada local endereçável possui um sistema de endereçamento exclusivo.
- O tempo necessário para o acesso à memória é independente da sequência de acessos anteriores, dessa forma, qualquer local desejado poderá ser selecionado de forma aleatória, mas de forma direta.
- Acesso associativo: nesse endereçamento, uma palavra será recuperada da memória baseada em um pedaço de seu conteúdo em vez do seu endereço indicado.
 - Assim como no acesso aleatório, cada endereço terá seu modo de endereçamento, com um tempo de recuperação constante independentemente do acesso anterior.

Memória cache

- Organização de memória cache em três níveis.



Fonte: STALLINGS (2010, p. 96).



Fonte:
https://www.techspot.com/articles-info/353/images/Slide4_1.jpg

Memória somente de leitura (ROM)

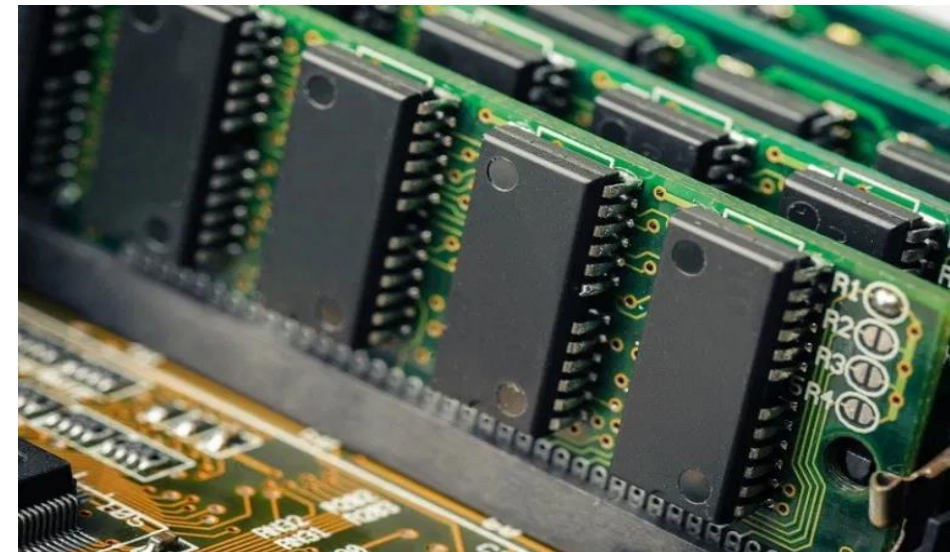
- As memórias somente de leitura (ROM – *Read Only Memory*) são fabricadas a partir de materiais semicondutores (silício).
- Essas memórias são não voláteis, ou seja, não perdem seus dados/instruções quando não estão conectadas à energia elétrica (desligadas).
- As memórias do tipo ROM são conhecidas por fazerem parte do sistema de inicialização dos computadores e são popularmente conhecidas como BIOS (*Basic Input Output System* – sistema básico de entrada e saída).



Fonte: <https://tecnologiafacil.com/wp-content/uploads/2022/05/image-20.jpg>

Memória RAM

- A memória do tipo RAM (*Random Access Memory*) é a memória principal do computador, além de ser a mais popularmente conhecida entre todas as memórias.
- As RAMs são voláteis, ou seja, para que seu estado seja mantido por um certo tempo, elas devem receber alguma fonte de energia constante.
- Assim, se a energia elétrica for interrompida, os dados gravados serão perdidos, o que determina que a RAM é utilizada somente para armazenamento temporário.

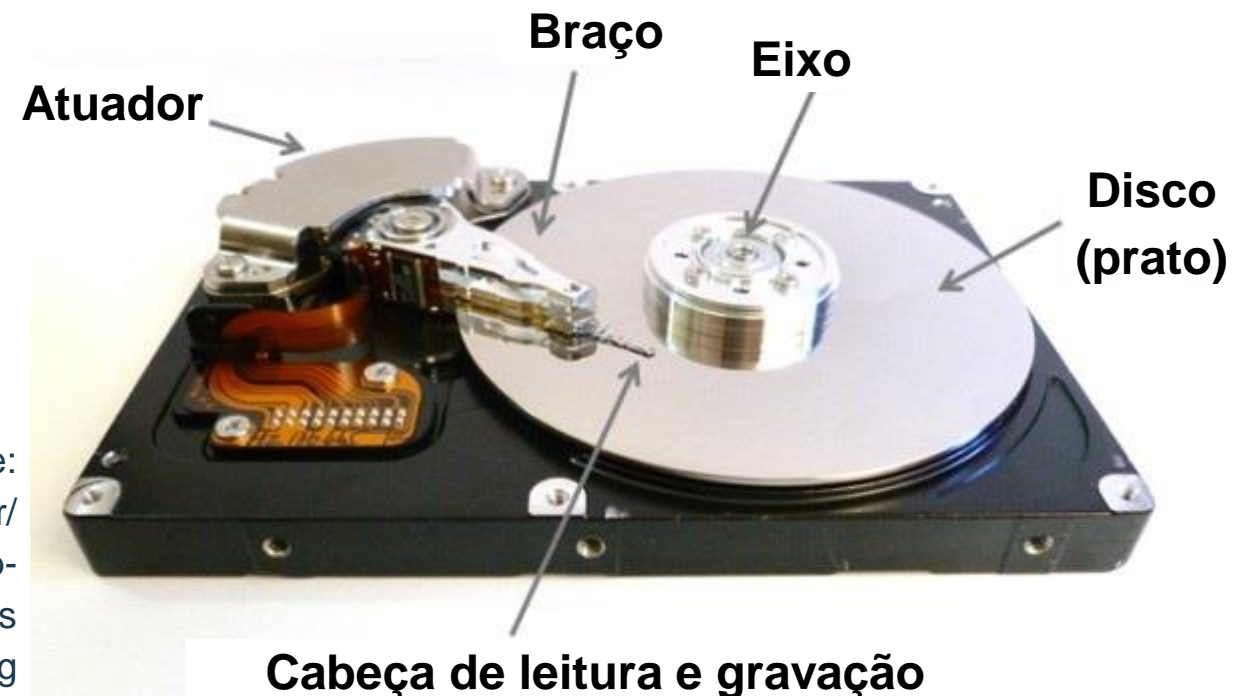


Fonte:

https://media.sn1.no/media/194371/standard_compressed_shutterstock_257050162.jpg

Disco rígido

- O disco rígido é constituído por diversos pratos, recobertos por alguma liga metálica magnetizável, que giram constantemente na velocidade do eixo central.
- Um braço mecânico transporta a cabeça de leitura/gravação, efetuando um movimento na transversal, realizando as operações em cada uma das trilhas solicitadas na operação.
- A movimentação do braço é realizada por um mecanismo, denominado atuador, movimentado pela atração de uma bobina.



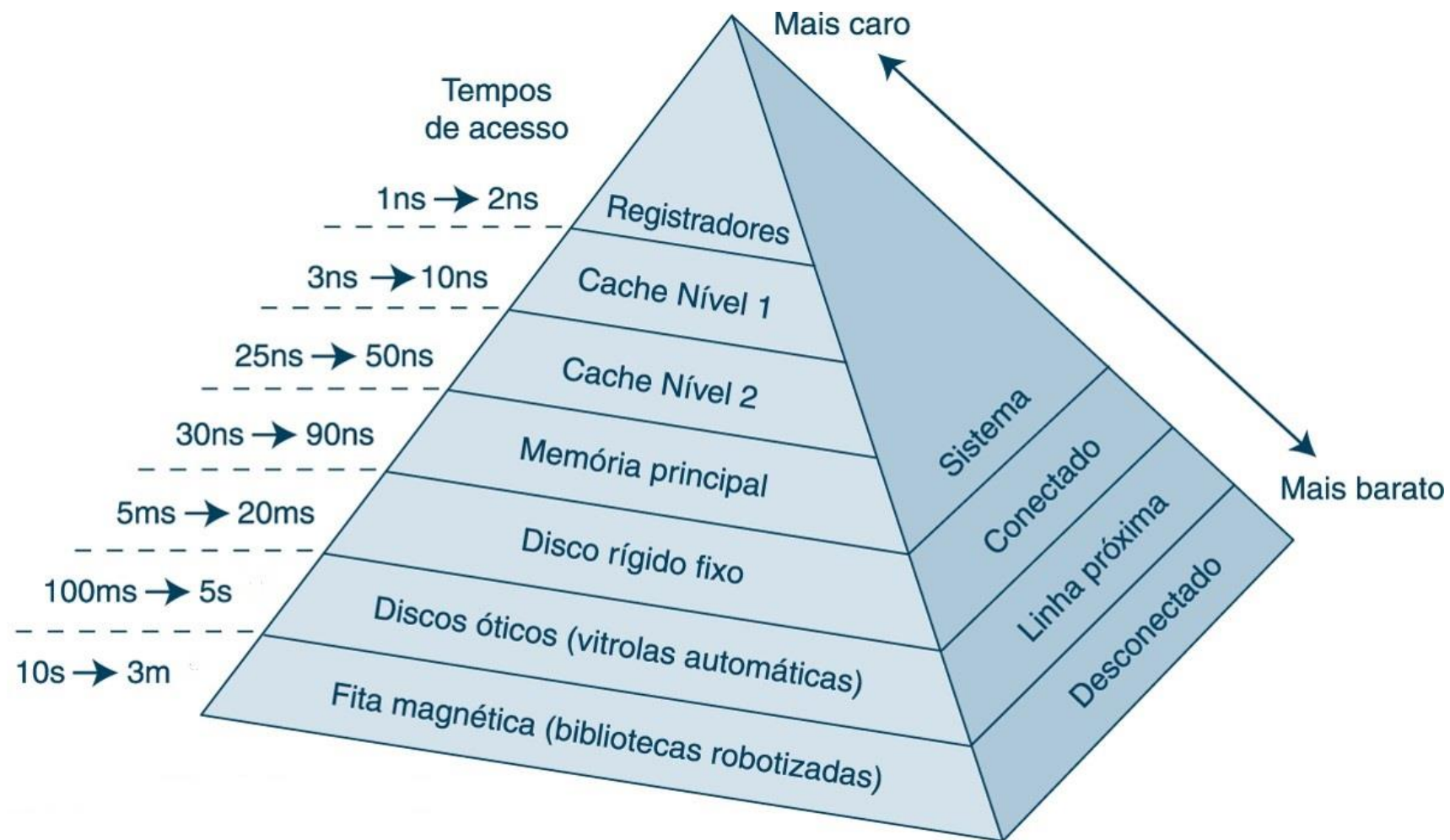
Fonte:
<https://conselhostech.com.br/wp-content/uploads/2020/06/descricao-de-hd.png>

Hierarquia de memória

- Outra característica importante em relação à capacidade de armazenamento das memórias é que elas devem possuir a maior quantidade possível para armazenamento futuro.
- Em relação à sua velocidade, certamente, um maior desempenho é desejável para que o processador possa enviar e receber informações oriundas da memória principal.
- Finalmente, no que diz respeito ao custo, ela não deve ser elevada se comparada aos outros dispositivos do computador.

Hierarquia de memória

- Pirâmide hierárquica ilustrando diferentes tipos de memórias de um computador moderno.



Fonte: NULL; LOBUR (2006, p. 313).

Hierarquia de memória

A relação descendente na hierarquia de memória, como observado na figura da pirâmide anterior, segue os seguintes critérios:

- Diminuição do custo por *bit*: quanto menor for o nível na hierarquia.
- Aumento na capacidade de armazenamento: quanto menor for o nível na hierarquia.
- Aumento no tempo para acesso à memória: quanto menor for o nível na hierarquia.
- Aumento ou diminuição da frequência de acesso às memórias: de acordo com o nível de hierarquia.

Interatividade

Assim como apresentados os parâmetros da capacidade de armazenamento e a velocidade de transferência de dados/instruções, sabemos também que as memórias podem ser subdivididas em diferentes tipos de acessos. Como são classificados esses tipos de acesso?

- a) Acesso interpretativo, acesso apelativo, acesso intermediário e acesso completo.
- b) Acesso sequencial, acesso direto, acesso aleatório e acesso associativo.
- c) Acesso inteiro, acesso parcial, acesso primário e acesso secundário.
- d) Acesso indireto, acesso qualificado, acesso prioritário e acesso com restrições.
- e) Acesso ordenado, acesso desordenado, acesso forte e acesso fraco.

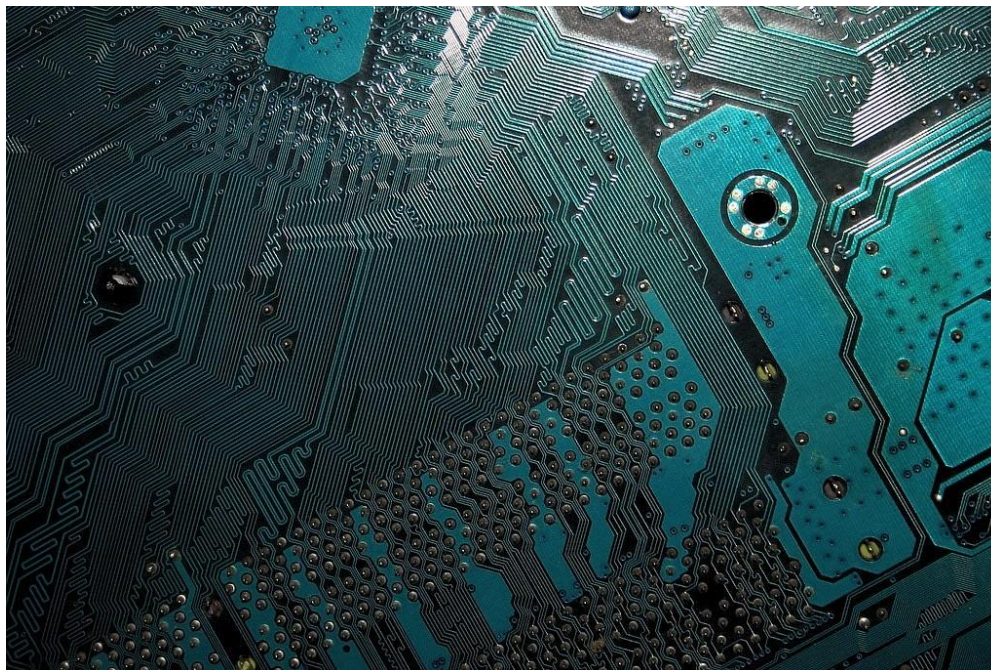
Resposta

Assim como apresentados os parâmetros da capacidade de armazenamento e a velocidade de transferência de dados/instruções, sabemos também que as memórias podem ser subdivididas em diferentes tipos de acessos. Como são classificados esses tipos de acesso?

- a) Acesso interpretativo, acesso apelativo, acesso intermediário e acesso completo.
- b) **Acesso sequencial, acesso direto, acesso aleatório e acesso associativo.**
- c) Acesso inteiro, acesso parcial, acesso primário e acesso secundário.
- d) Acesso indireto, acesso qualificado, acesso prioritário e acesso com restrições.
- e) Acesso ordenado, acesso desordenado, acesso forte e acesso fraco.

Barramentos de um computador

- Um barramento é composto por um conjunto de fios de cobre, que possuem a função de servirem de “caminho” elétrico entre os dispositivos internos ou externos do computador.



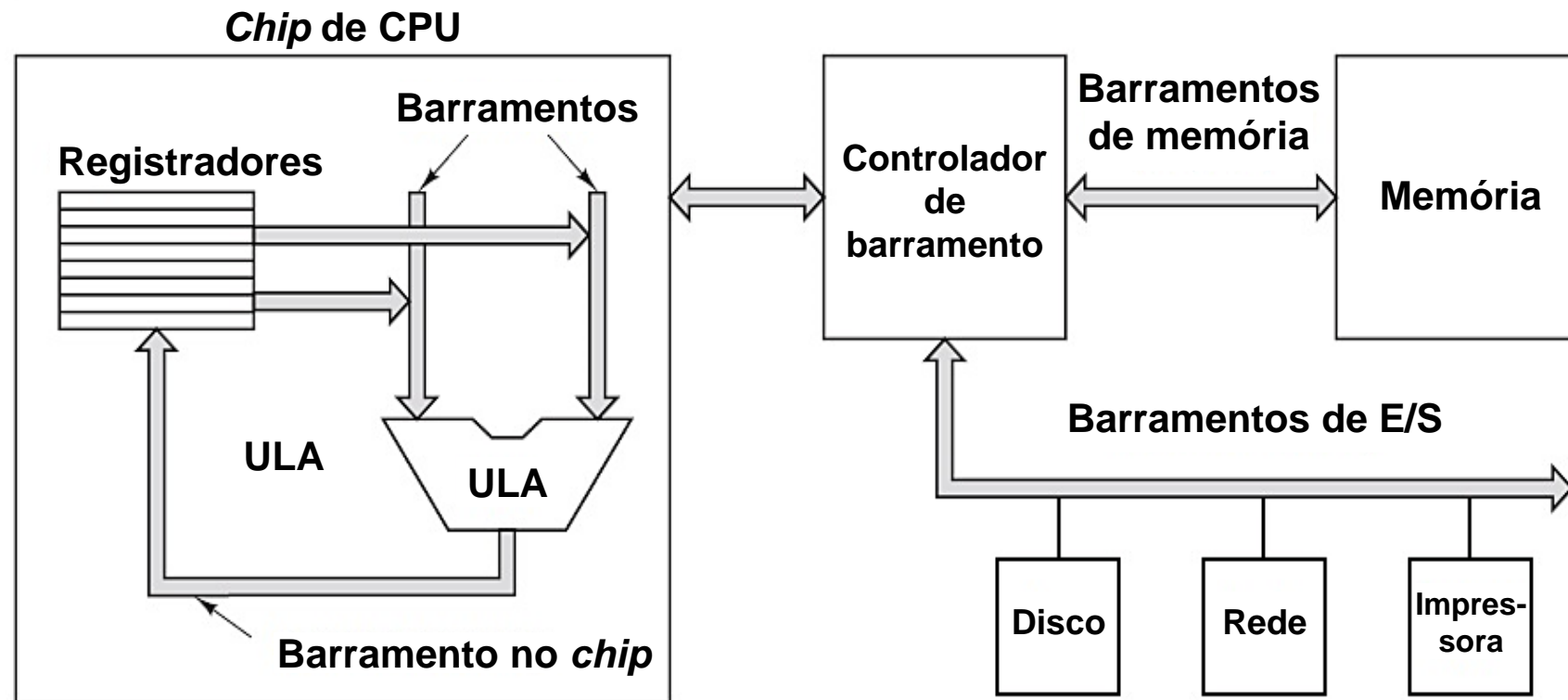
Fonte:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thu
mb/6/68/Motherboard_bus.jpg/640px-
Motherboard_bus.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/68/Motherboard_bus.jpg/640px-Motherboard_bus.jpg)

- Barramentos se diferenciam de acordo com sua função como no transporte de dados entre a ULA e a UC, a CPU e a memória principal (RAM) ou mesmo entre outros dispositivos de E/S como disco rígido, CD, DVD, impressoras etc.

Barramentos de um computador

- Os barramentos podem ser representados por setas largas e sombreadas, indicando o fluxo para os dados, como mostrado na figura a seguir.



Fonte: TANENBAUM; AUSTIN (2011, p. 148).

Barramentos de um computador

- Os barramentos possuem uma padronização referente aos protocolos que determinam suas especificações mecânicas (tensões mecânicas) e elétricas (temporização, largura de banda, frequência de operação).
- Existem variedades de barramentos para uso em computadores e sistemas embarcados, entre os quais podem ser citados: Omnibus (PDP-8), Unibus (PDP-11), Multibus (8086), barramento IBM PC (PC/XT), barramento ISA (PC/AT), barramento PCI, barramento AGP, entre outros.

Barramentos de um computador

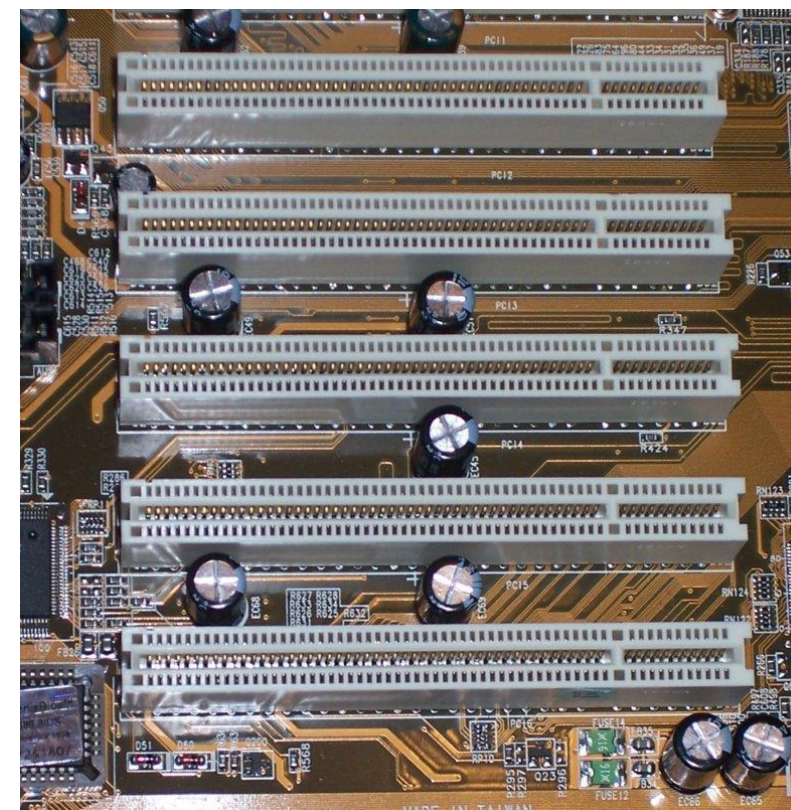
- O barramento ISA (*Industry Standard Architecture*) foi largamente utilizado nos primeiros PCs e foi desenvolvido em meados dos anos 1980, equipando o popular IBM PC/AT.
- Esse barramento possuía uma estrutura típica de 8 *bits* que foi projetada para substituir o padrão já ultrapassado VESA (*Video Electronics Standards Association*).



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Isa1.jpg>

Barramentos de um computador

- O barramento PCI (*Peripheral Interconnect Bus* ou barramento de interconexão de componente periférico) foi desenvolvido em meados de 1990 em substituição ao já ultrapassado barramento EISA (*Extended Industry Standard Architecture*).
- O PCI possuía a capacidade de transferência de instruções de 32 *bits* e era sincronizado por um *clock* de 33 MHz e largura de banda de 133 MB/s.

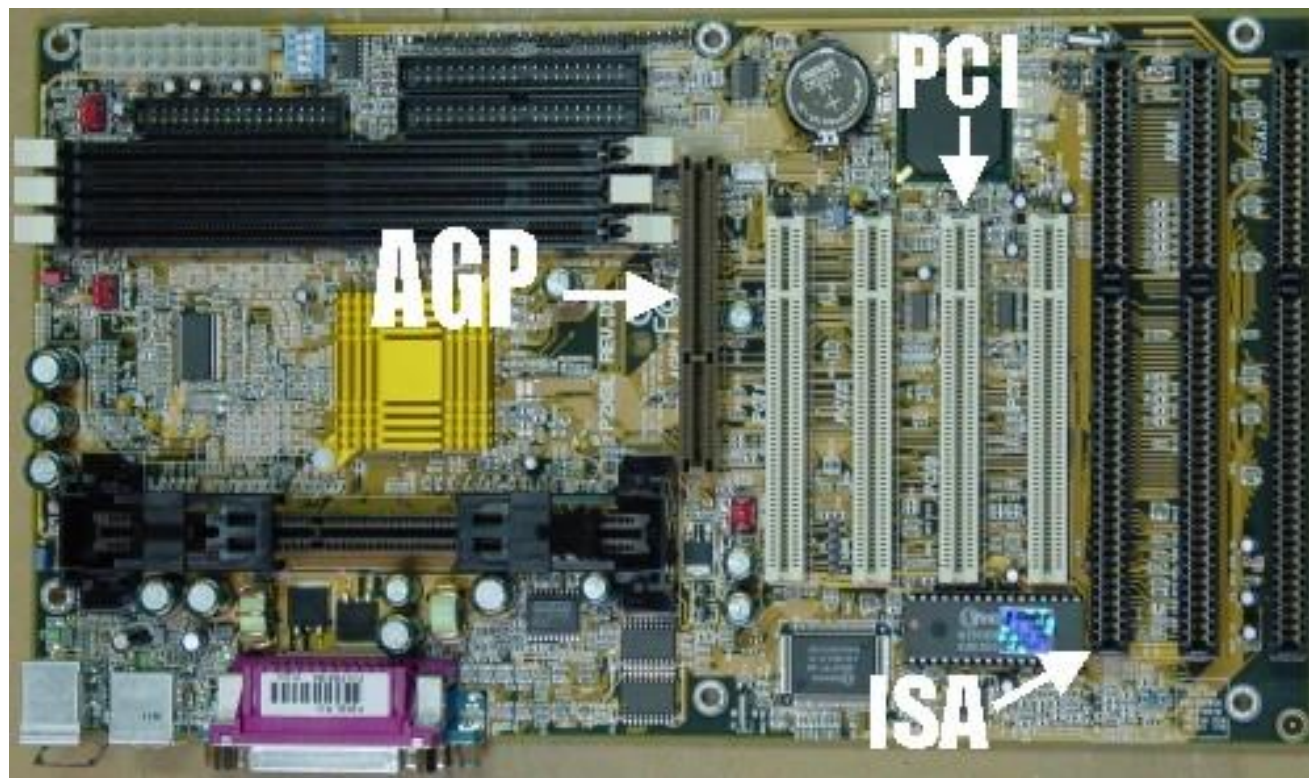


Fonte:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/c/ca/Pci-slots.jpg/585px-Pci-slots.jpg>

Barramentos de um computador

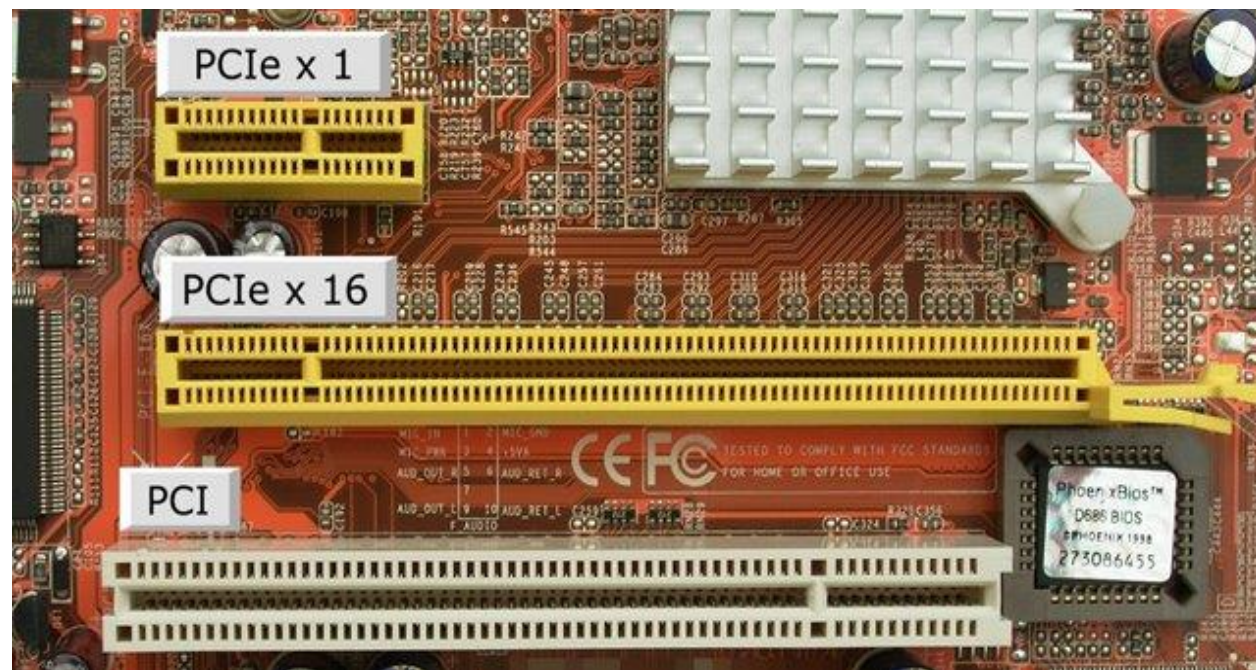
- Já no final dos anos 1990, o barramento ISA estava desatualizado e com deficiência de velocidade de transferência nos dados, portanto, novos projetos e o aprimoramento do padrão PCI estavam sendo elaborados.
- Surgiu daí um novo tipo de barramento, utilizado para comandar a placa gráfica, denominado *AGP* (*Accelerated Graphics Port Bus* ou barramento de porta gráfica acelerada).



Fonte:
<http://computersbycampus.com/images/MB-DFI-P2XBL-Slots.jpg>

Barramentos de um computador

- O barramento do tipo AGP foi rapidamente superado por um novo tipo de barramento, denominado PCI Express ou PCIe, que possui uma incrível capacidade de largura de banda de 16 GB/s para dados, baseado em enlaces de barramento serial de alta velocidade.
- Uma das implementações PCIe foi também eliminar o barramento paralelo, constituído de muitos mestres e escravos, utilizando assim um projeto baseado em conexões seriais ponto a ponto de alto desempenho.



Fonte:
<https://img.ibxk.com.br/2014/2/materias/12451934425151826-t640.jpg?ims=704x>

Barramentos de um computador

- Outra característica funcional dos barramentos se refere à transferência ativa/passiva de dados e instruções.
- Os barramentos ativos são conhecidos como mestres, enquanto os barramentos passivos são denominados de escravos.
- Quando o processador ordena a uma controladora de disco rígido, por exemplo, que realize a leitura ou escrita de um bloco de palavras/instruções, a CPU está agindo como um mestre e o dispositivo que atua obedecendo à operação como escravo.

Barramentos de um computador

- Os sinais elétricos emitidos pelos dispositivos do computador, geralmente, são fracos e não conseguem energizar todo o barramento, principalmente se o barramento for relativamente longo, com muitos dispositivos conectados a ele.
- Dessa forma, a maioria dos barramentos mestres estão conectados por um *chip* denominado controlador de barramento, que opera como um amplificador digital de sinais elétricos.
- Semelhantemente, os dispositivos que operam como escravos estão conectados em um *chip* denominado transceptor de barramento.

Barramentos de um computador

- Os barramentos também podem ser síncronos (sincronizados pelo *clock* do processador) ou assíncronos (sem sincronismo com o *clock* do processador).
- Os síncronos possuem uma linha controlada por um oscilador de cristal de quartzo, responsável pelo sincronismo do *clock*.
- Os assíncronos, que não são sincronizados por *clock*, são fáceis de operarem devido aos seus intervalos de tempo discretos (divididos em amostras).

Interatividade

Um barramento é definido como um conjunto de fios, que possuem como função realizar um “caminho” elétrico de conexão entre os dispositivos internos/externos do computador. Tratando-se da transferência de dados, os barramentos possuem quais classificações?

- a) Regulares e irregulares.
- b) Laterais e opostos.
- c) Internos e externos.
- d) Individuais e coletivos.
- e) Mestres e escravos.

Resposta

Um barramento é definido como um conjunto de fios, que possuem como função realizar um “caminho” elétrico de conexão entre os dispositivos internos/externos do computador. Tratando-se da transferência de dados, os barramentos possuem quais classificações?

- a) Regulares e irregulares.
- b) Laterais e opostos.
- c) Internos e externos.
- d) Individuais e coletivos.
- e) **Mestres e escravos.**

ATÉ A PRÓXIMA!