

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Processadores

Memória

- Compreender como se dá o gerenciamento de memória de um computador

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal

- ✓ A memória é parte do computador onde são armazenados programas e dados
- ✓ Sem uma memória da qual os processadores possam ler e na qual possam gravar, ou escrever, informações, não haveria computadores digitais com programas armazenados.

Conceito de Bit

- ✓ A unidade básica da memória é o dígito binário (Bit). Um bit pode conter 0 ou 1. É a menor unidade de informação que existe.
- ✓ Um dispositivo que pudesse somente armazenar zeros dificilmente poderia formar a base de um sistema de memória. São necessários pelo menos 2 valores.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal

- ✓ As pessoas costumam dizer que computadores usam aritmética binária porque ela é “**eficiente**”.
- ✓ O que elas querem dizer na verdade, embora raramente percebem, é que informações digitais podem ser armazenadas distinguindo entre valores diferentes de alguma quantidade física contínua, tal como tensão ou corrente elétrica.
- ✓ Quanto maior for o número de valores que precisam ser distinguidos, menores serão as separações entre valores adjacentes e menos confiável será a memória. (**lógica binária**)

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

✓ **RAM (Random Access Memory)**

- É uma memória volátil de escrita e leitura.
- É aleatória porque permite o acesso direto ao dado que será lido ou escrito, sem a necessidade de passar por todas as outras posições de memória.
 - Estática (SRAM): armazenada em FLIP-FLOP.
 - Dinâmica (DRAM): armazenada em capacitor, necessitando de refresh.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

✓ ROM (Read Only Memory)

- É uma memória apenas de leitura e não-volátil.
- Os dados são previamente gravados pelos fabricantes.
 - as instruções de um processador
 - um programa de controle de temperatura em um microcontrolador

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

PROM (Programmable Read Only Memory)

- ✓ É uma memória somente leitura programável e não-volátil.
- ✓ Sua programação pode ser feita pelo próprio usuário por meio de um dispositivo apropriado denominado gravador.
- ✓ Uma vez gravado, não pode ser mais alterado nem apagado.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

- ✓ É uma memória somente leitura programável e apagável e não-volátil.
- ✓ Pode ser programada pelo usuário e, com determinado tempo de exposição à luz ultravioleta em certo ponto do chip, todo seu conteúdo é apagado, podendo, portanto ser reprogramado novamente

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

EEPROM (Eletric Erasable Programmable Read Only Memory)

- ✓ É uma memória somente leitura programável e apagável e não-volátil.
- ✓ Pode ser programada pelo usuário e pode ser apagada utilizando sinais elétricos ao invés de luz ultravioleta.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

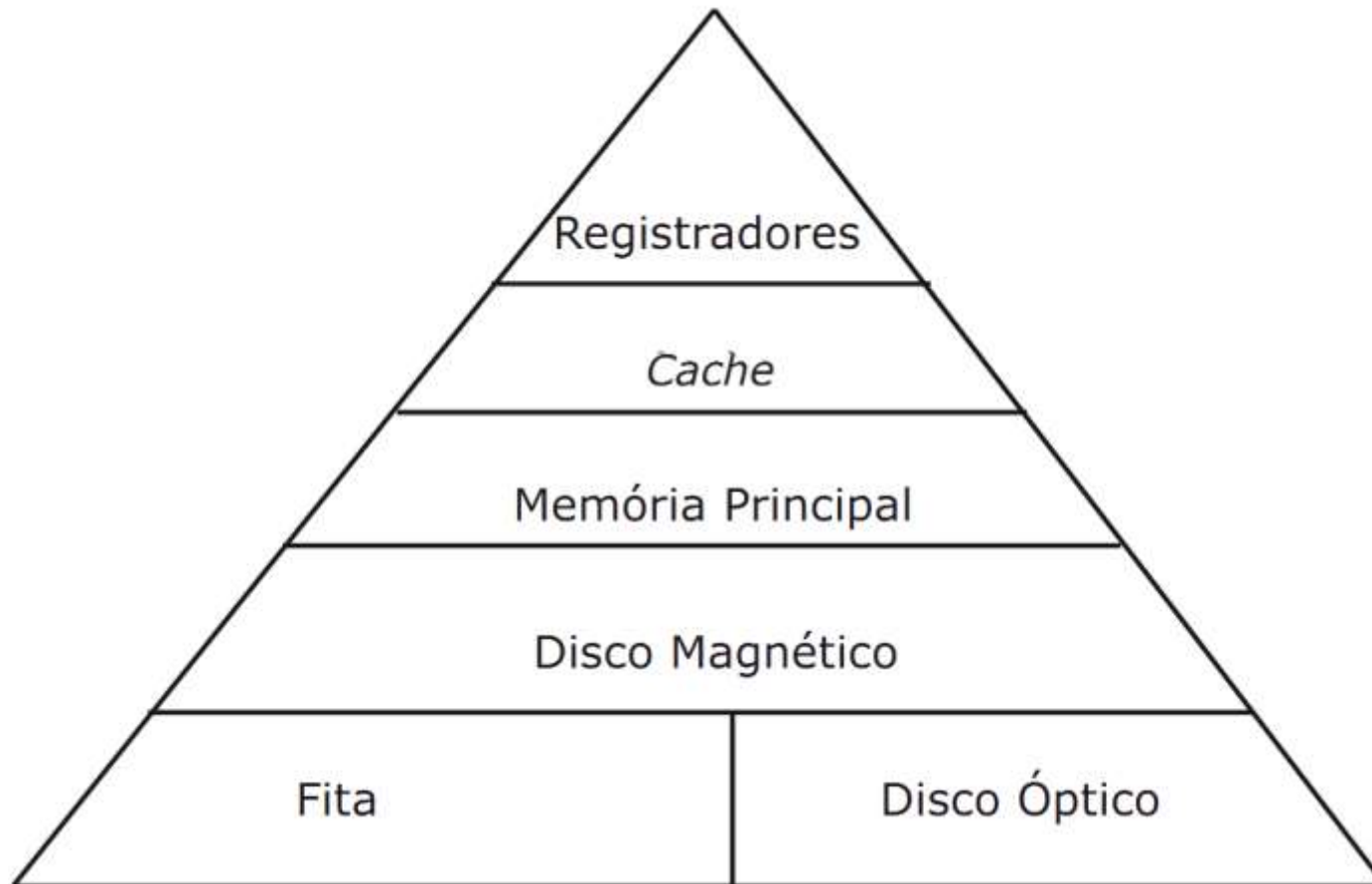
Tipos de memória

Memória Flash

- É uma evolução da memória EEPROM.
- Enquanto a EEPROM precisa ser totalmente apagada para ser reprogramada, a memória Flash pode ser apagada parcialmente, proporcionando, assim, maior facilidade na hora de fazer alterações em sua programação.
- Muito utilizada em celulares, palms, câmeras digitais, videogames etc.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hierarquia de memória



AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Circuitos seqüenciais

Flip-flops

- Compõem os circuitos seqüenciais que, além das operações realizadas nas portas lógicas, podem reter informações por algum tempo.
- Representam o elemento básico de armazenamento de informações.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Circuitos Seqüenciais

Flip-flop SR

– Controle do estado:

- Quando ambas as entradas forem '0' → permanece no estado atual;
- Se 'S' passar para o estado '1' e 'R' continuar em '0' → o flip-flop passa para o estado '1';
- Se 'R' passar para o estado '1' e 'S' continuar em '0' → o flip-flop passa para o estado '0';
- Se ambos estiverem em '1' o flip-flop fica instável.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória

- ✓ Subsistema responsável pelo armazenamento de informações (dados e instruções)
- ✓ Nas memórias, existem duas operações possíveis: leitura (read) ou escrita (write)
- ✓ Organização de forma hierárquica com o objetivo de obter uma relação custo/benefício adequada.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória

Parâmetros de classificação:

- ✓ Tempo de acesso: tempo em que uma informação requerida se torna disponível;
- ✓ Ciclo de memória: tempo decorrido entre dois acessos consecutivos;
- ✓ Capacidade de armazenamento: quantidade de informações que podem ser armazenadas;
- ✓ Volatilidade: Perda das informações na ausência de energia elétrica;

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória

- Parâmetros de classificação (cont.):
 - ✓ Tecnologia de fabricação: meios magnéticos (HD's, disquetes), meios semi-condutores (RAM, cache) e meios óticos (CD);
 - ✓ Temporariedade;
 - ✓ Custo.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hierarquia de Memória

Registradores:

- Dispositivos de armazenamento localizados no próprio processador;
- O processador trabalha buscando instruções e dados na memória principal (RAM) e as colocando em registradores;
- Enquanto estiverem sendo usados, os dados e instruções permanecem nos registradores.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hierarquia de Memória

- Registradores:
 - Tempo de acesso reduzido, pouco espaço de armazenamento e alto custo;
 - Dispositivos voláteis;
 - São divididos em registradores de propósito geral e específicos

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hierarquia de Memória

- Memória cache:
 - Meio intermediário de armazenamento entre o processador e a memória RAM;
 - Tempo de acesso bem mais curto do que o da RAM;
 - Seu objetivo é minimizar os efeitos da diferença de velocidade entre o processador e a memória principal.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hierarquia de Memória

- **Memória Cache:**
 - Toda busca de instruções e dados é feita inicialmente na cache;
 - Dispositivo de armazenamento volátil com capacidade de armazenamento superior à dos registradores.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hierarquia de Memória

- **Memória RAM:**
 - Máquina de Von Neuman;
 - Meio para o qual os dados de instruções de um programa devem ser carregados antes da sua execução;
 - São mais lentas do que as caches, porém bem maiores e mais baratas.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hierarquia de Memória

- Memória secundária:
 - Grande capacidade de armazenamento;
 - Exemplos: HD's, disquetes, CD's, fitas, etc;
 - Dispositivos não voláteis, utilizados para o armazenamento de informações em caráter permanente.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal

- Todos os programas a serem executados pela CPU devem ser carregados para a MP.
- Palavra - unidade de informação que deve representar um dado ou instrução.
- Célula - grupo de bits identificados por um endereço.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal

- Unidade de transferência - quantidade de bits transferidos entre MP e CPU.
- Organização: N células endereçadas de 0 a $(N-1)$ seqüencialmente, cada uma contendo M bits.
- Duas operações possíveis: leitura (read) ou escrita (write).

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal

- Quantidade de bits por célula - definida pelo fabricante.
- Em uma célula com M bits podemos armazenar 2^M combinações diferentes.
- Padrão adotado pela maioria dos fabricantes é de células de 8 bits (1 byte)
- Quantidade de bits do endereço indica a quantidade de células endereçáveis.
- Endereço X Conteúdo de células

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal

- As operações realizadas na MP envolvem os seguintes elementos:
 - Barramento de dados;
 - Barramento de endereços;
 - Barramento de controle;
 - RDM (Registrador de Dados da Memória);
 - REM (Registrador de Endereços da Memória).

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal - Leitura

- Passos:
 - 1) Preencher o REM;
 - 2) Sinal de leitura no barramento de controle;
 - 3) $RDM \leftarrow MP(REM)$

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal - Escrita

- Passos:
 - 1) Preencher o RDM;
 - 2) Preencher o REM;
 - 3) Sinal de escrita no barramento de controle;
 - 4) $MP(REM) \leftarrow RDM$

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal - Medidas

- $1K \rightarrow 2^{10}$ (1024);
- $1M \rightarrow 2^{20}$ (1.048.576);
- $1G \rightarrow 2^{30}$ (1.073.741.824);
- $1T \rightarrow 2^{40}$ (1.099.511.627.776);
- Normalmente se mede a capacidade da memória através do seu número de células (bytes),

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Principal

- Tecnologias:
 - DRAM (Dynamic Random Access Memory);
 - ROM (Read Only Memory);
 - PROM (Programmable ROM);
 - EPROM (Erasable PROM) - apagável através de luz ultra-violeta;
 - EEPROM (Electrically EPROM) - pode ser apagada pela CPU.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Motivação: grande diferença de velocidade entre CPU e MP (Gargalo de Von Neuman).
- Conceito de localidade:
 - Localidade Temporal;
 - Localidade Espacial.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Funcionamento da Cache
 - Processador, sempre que precisa buscar uma nova instrução, tenta antes na cache.
 - Quando a informação desejada está na cache, ocorre um *hit* (acerto).
 - Quando a informação não está na cache, ocorre um miss (falta).

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Para que a cache seja produtiva e vantajosa, é necessário que haja mais acertos do que faltas.
- Elementos a serem considerados no projeto de cache:
 - Tamanho;
 - Mapeamento de dados;
 - Políticas de substituição de blocos;
 - Política de escrita da cache para a Memória Principal.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Fatores que influenciam o tamanho da cache:
 - Tamanho da M;
 - Relação entre acertos e faltas;
 - Tempo de acesso da MP;
 - Custo;
 - Tempo de acesso da cache;
 - Natureza do programa em execução (localidade).

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento de Dados MP/Cache - MP dividida em blocos (B) e Cache em quadros (Q), onde $Q \ll B$.
- Três tipos:
 - Mapeamento direto;
 - Mapeamento (completamente) associativo;
 - Mapeamento associativo por grupos (ou conjuntos).

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento direto
 - Cada bloco da MP só pode ser colocado em um único quadro da cache.
 - A definição do quadro da cache onde um bloco da MP será copiado é baseada no seguinte cálculo:

$$N = E \bmod Q$$

onde N = número do quadro na cache, E = endereço na MP e Q = quantidade de

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento direto (cont.) divisão dos bits do endereço de MP:
 - 6 bits menos significativos: byte de dados desejado pela CPU
 - 10 bits do meio: endereço do quadro da cache.
 - 16 bits mais significativos: indica qual dos blocos alocados a um determinado quadro está sendo referenciado.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento direto - passos de uma operação de leitura:
 - CPU apresenta o endereço de leitura;
 - Exame dos 10 bits centrais para verificar o quadro da cache a ser usado;
 - Comparação do tag (neste exemplo, é igual);
 - Acesso ao byte definido pelos 6 bits menos significativos;
 - Se o tag não fosse igual, significaria uma falta ou miss de cache.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento (totalmente) associativo:
 - Neste tipo de mapeamento, os blocos da MP podem se colocados em qualquer quadro da cache.
 - Divisão do endereço:
 - 6 bits menos significativos: byte desejado pela CPU;
 - 26 bits mais significativos: endereço do bloco desejado.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento (totalmente) associativo (cont.):
 - Sempre que houver acesso à memória, o controlador varre todos os quadros da cache em busca do endereço desejado.
 - Se o endereço não for encontrado (miss), o bloco é trazido da MP para a cache e o algoritmo de substituição de blocos irá decidir qual dos quadros terá seu conteúdo substituído.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento associativo por conjuntos:
 - É uma técnica que procura resolver os problemas das duas técnicas anteriores.
 - A cache é organizada em conjuntos e dentro destes os quadros são completamente associativos

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento associativo por conjuntos (cont.):
 - A memória cache é dividida em C conjuntos com D quadros
 - Desta forma:

$$Q = C \times D;$$

$$K = E \bmod C;$$

onde k é o número do quadro no conjunto e
E o endereço gerado pela CPU

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento associativo por conjuntos:
 - Divisão do endereço
 - 6 bits menos significativos indicam o byte desejado;
 - 9 bits centrais indicam o número do conjunto que vai ser pesquisado;
 - 17 bits mais significativos indicam o tag de comparação

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Mapeamento associativo por conjuntos:
 - Passos da busca:
 - 1) Controladora da cache usa os bits centrais para descobrir qual conjunto será acessado;
 - 2) Comparação do tag com todos os quadros do conjunto em questão;
 - 3) Acesso ao byte desejado.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Algoritmos de substituição de dados na cache:
 - LRU (Least Recently Used): o bloco a ser substituído é aquele que está há mais tempo sem ser usado;
 - FIFO (First In First Out): Os blocos são substituídos com base na ordem em que chegaram na cache;
 - LFU (Least Frequently Used): o bloco a ser substituído é aquele que foi usado com

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Memória Cache

- Políticas de escrita:
 - Write through: escrita simultânea na cache e na MP;
 - Write back: a escrita só é feita no momento em que um bloco for substituído e, mesmo assim, somente se ele sofreu alteração;
 - Write once: usado apenas em sistemas com multiprocessamento.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Tipos de memória

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Componentes básicos de um computador

- ✓ **Barramento:** é responsável por interligar todos os componentes listados acima. Trata-se de uma via de comunicação composta por diversos fios ou condutores elétricos por onde circulam os dados manipulados pelo computador.

- ✓ Para complementar o conteúdo apresentado nesta unidade, recomenda-se: - Assistir aos vídeos:
 - a) “Como os chips são fabricados”, disponível em: <http://www.clubedohardware.com.br/artigos/1131> Acesso em: 19 jul. 2010.

 - b) Assistir ao vídeo: “Como os Computadores Funcionam”, disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=Wf1jnh8TCXA>.

 - c) <https://www.youtube.com/watch?v=gqXL7GBOI>

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Componentes básicos de um computador

- ✓ O que é barramento? Conjunto de fios paralelos (condutor elétrico ou fibra óptica), que transmitem endereços, dados e sinais de controle.
- ✓ Todos os componentes de um computador (processadores, memórias, dispositivos de E/S – placa de vídeo, rede etc. - são conectados à placa-mãe a partir do que chamamos de barramento.
- ✓ O desempenho do barramento é medido pela sua largura de banda (quantidade de bits que podem ser transmitidos ao mesmo tempo), geralmente potências de dois: 8 bits, 16 bits, 32 bits, 64 bits etc.
- ✓ Há barramentos específicos para praticamente todos os componentes conectados ao sistema, geralmente em siglas muito conhecidas pelos usuários, mas que não são atreladas diretamente à função que realizam.

Ex: - AGP (Accelerated Graphics Port)

- PCI (*Peripheral Component Interconnec*)

- EISA (*Extended Industry Standard Architecture*), frequência de 8MHZ, transferência de 32MBps. Extensão do barramento ISA (*Industry Standard Architecture*).

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Barramentos e Funções

Há três funções distintas nos principais barramentos de um computador:

- ✓ **Barramento de dados** – neste tipo de barramento ocorre as trocas de dados no computador, tanto enviados quanto recebidos.

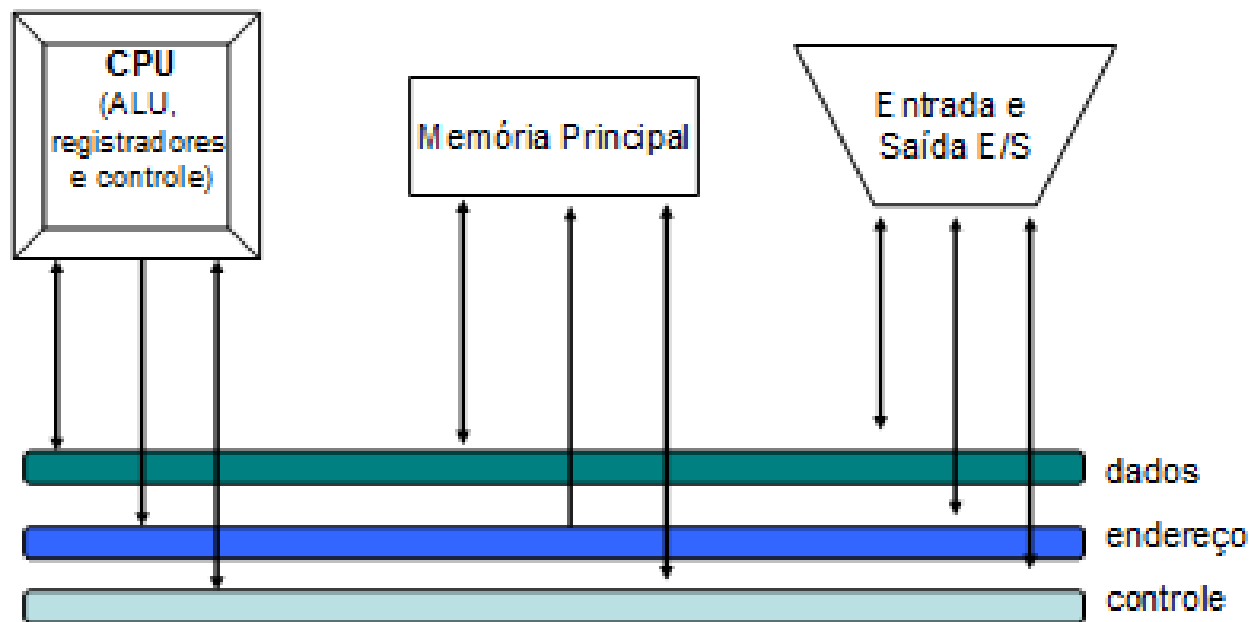
Responsável por transportar informação da instrução (através do código de operação), variável do processamento (cálculo intermediário de uma fórmula por exemplo) ou informação de um periférico de E/S (dado digitado em um teclado).

O tamanho da via de dados determina respectivamente o máximo número de instruções (e portanto o potencial de processamento) e a precisão do processamento aritmético (através do cálculo de ponto flutuante) ou o número de símbolos possíveis a ser representado (por exemplo, pontos de uma foto).

- ✓ **Barramento de endereços** – indica o local onde os processos devem ser extraídos e para onde devem ser enviados após o processamento.

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Componentes básicos de um computador

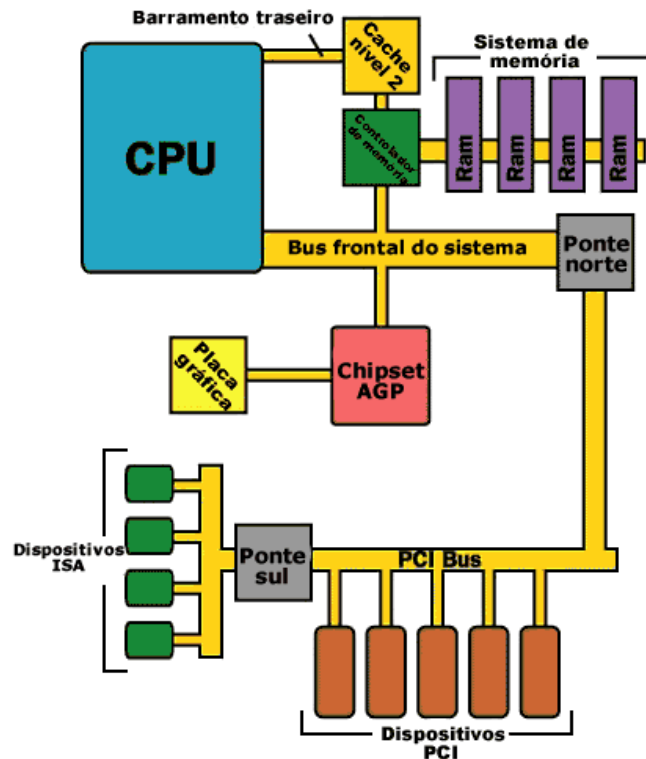


<http://producao.virtual.ufpb.br/books/camyle/introducao-a-computacao-livro/livro/livro.chunked/ch04s01.html>

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Componentes básicos de um computador

- ✓ **O que é barramento?** Conjunto de fios paralelos, que transmitem endereços, dados e sinais de controle.

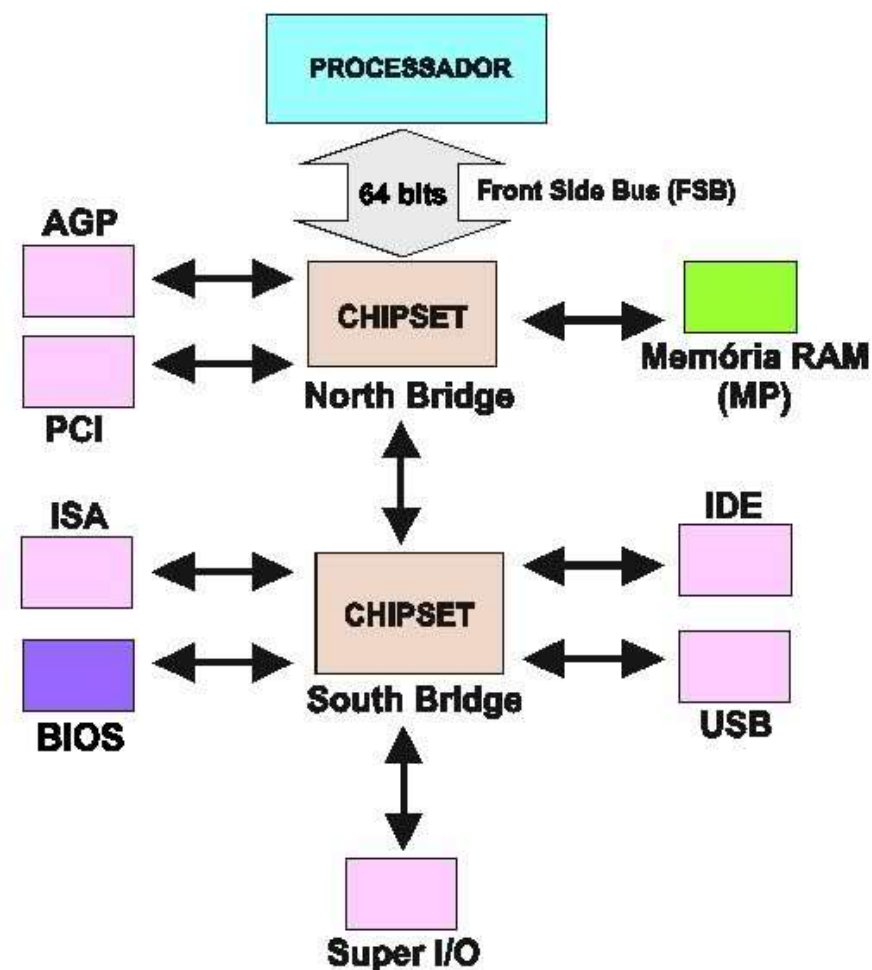


©2001 HowStuffWorks

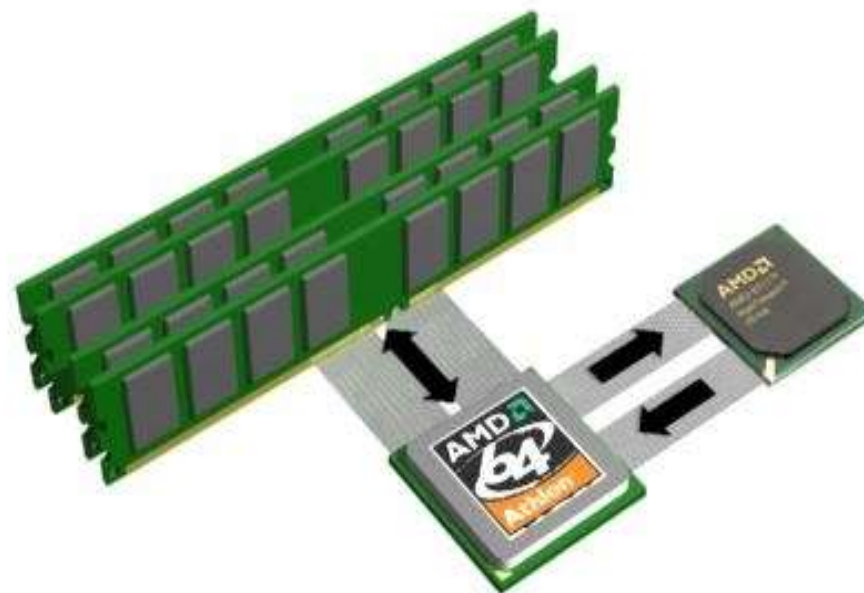
Fonte: <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/barramento-pci.htm>

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Chipset - Barramento



Hyper transport



Fonte: <http://www.hardwarebr.com/forum/showthread.php?2057-Chipset-Ponte-Norte-e-Ponte-Sul>

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

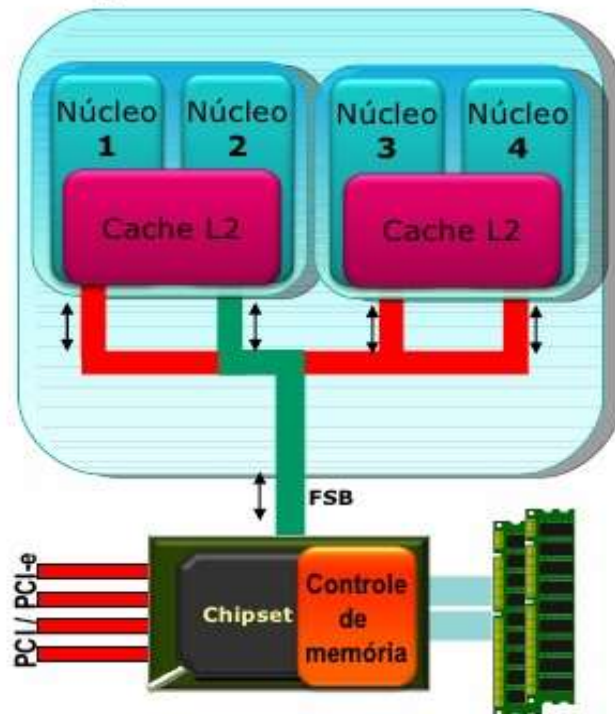
Hyper Transport e FSB

Otimizações internas à CPU

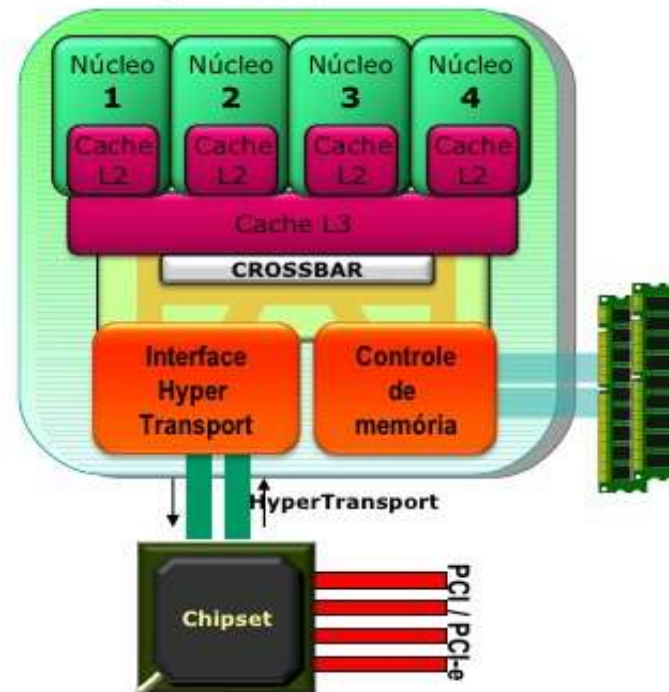
quad-core nativo



Arquitetura convencional



Arquitetura AMD64

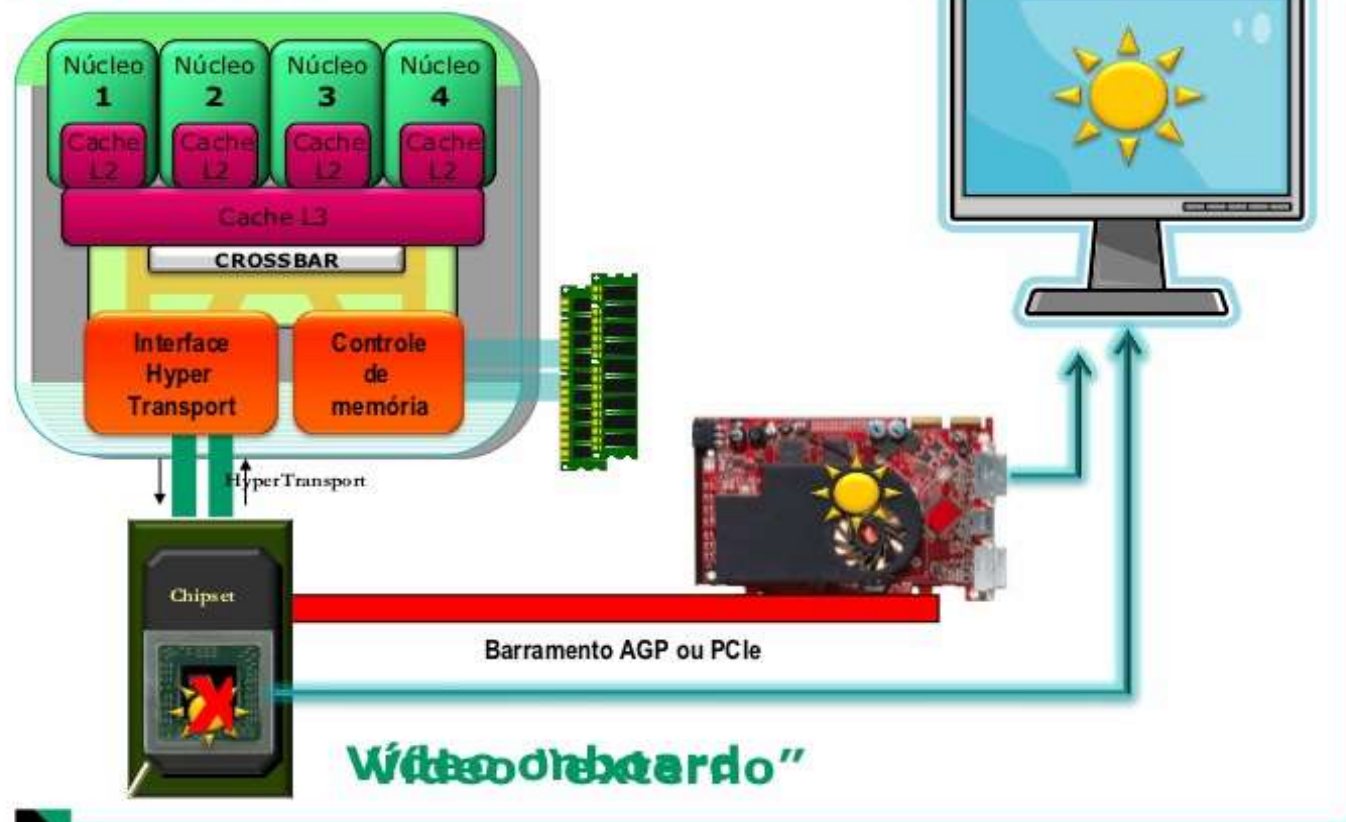


AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Hyper Transport – outra imagem

Placa gráfica

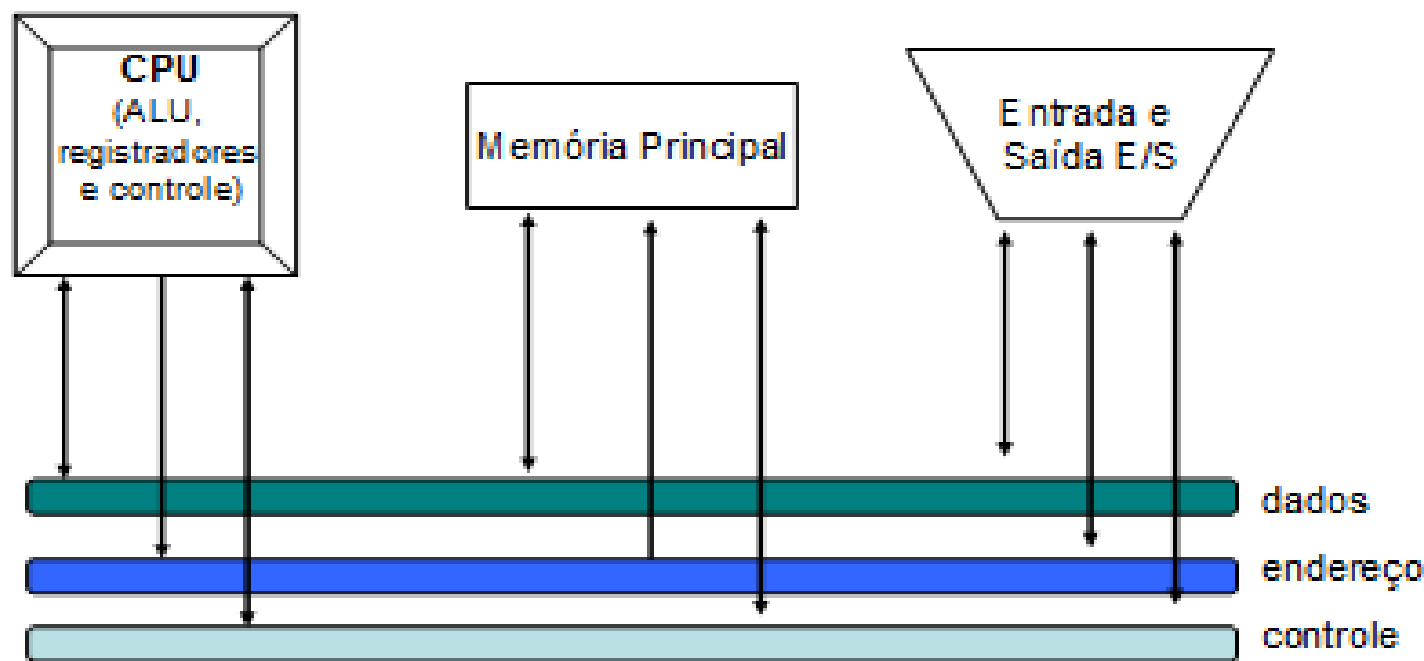
Funcionamento



AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Processadores e Barramentos

A CPU (*Control Process Unit*) é o cérebro do computador. Sua função é executar instruções que estão armazenadas



Barramento simples

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Processadores e Barramentos

Barramentos internos: são usados no interior da CPU para transportar dados “de” e “para” a ALU (unidade lógica aritmética).

Como são os barramentos externos?

- ✓ Os antigos barramento se consistiam em 50 a 100 fios de cobre paralelos gravados na placa mãe com conectores a intervalos regulares para ligação com memória e placas de E/S (ISA, EISA, PCI).

AOC – Arquitetura e Organização de Computadores

Processadores e Barramentos

✓ Os computadores modernos possuem um barramento de uso especial entre a CPU e Memória (*FSB - Front Side Bus ou barramento externo*), que evoluíram para *Hyper transport (AMD)* e *QuickPath Interconnect (QPI) – Intel*.

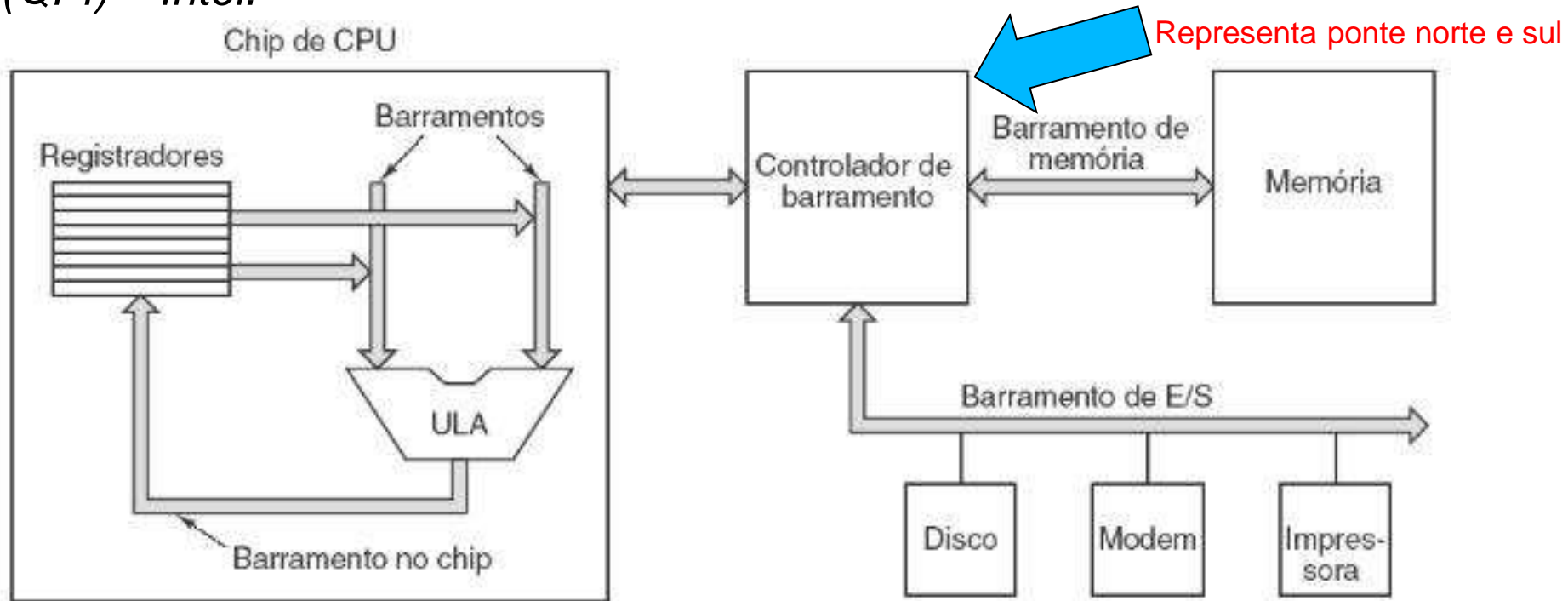


Figura clássica – Sistema de computador com vários barramentos