

Sistemas Operacionais

Revisão de Arquitetura de Computadores

Felipe Augusto Lima Reis
felipe.reis@ifmg.edu.br



**INSTITUTO
FEDERAL**
Minas Gerais

Sumário



- 1 Introdução
- 2 Processadores
- 3 Memória
- 4 I/O
- 5 Barramentos
- 6 Boot

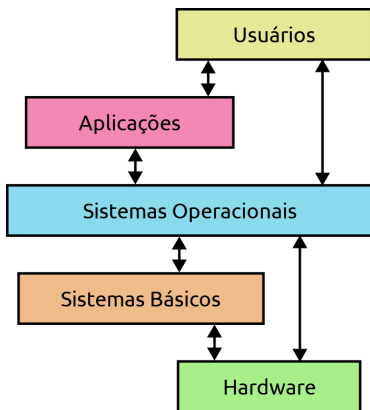
Objetivos



- Lembrar e estabelecer conceitos de arquitetura de computadores;
- Destacar conteúdo de arquitetura de computadores que sejam importantes à disciplina de sistemas operacionais;
- Revisar componentes de hardware de computadores.

SISTEMAS COMPUTACIONAIS

Sistemas Computacionais



Visão de sistemas computacionais.

Fonte: Adaptado de [Silberschatz et al., 2012] e [Wikipedia, 2020]

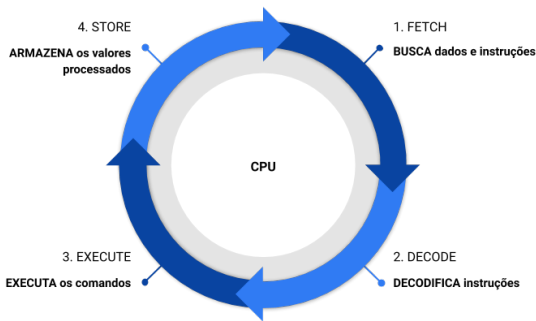
Relação entre SO e Hardware

- Sistemas operacionais estão diretamente ligados aos hardwares dos computadores;
 - Extendem o conjunto de instruções e gerencia os recursos físicos [Tanenbaum and Bos, 2014];
- Sistemas operacionais podem ser considerados como uma aplicação genérica de gerenciamento de hardware, que realizam um número comum de operações, como controle de I/O e gerência de memória [Silberschatz et al., 2012].

PROCESSADORES

Processadores

- São considerados o “cérebro do computador”;
- Buscam instruções na memória, decodificam-nas, executam-nas e armazenam os resultados;



Ciclo de processamento da CPU.

Fonte: Próprio autor

Processadores

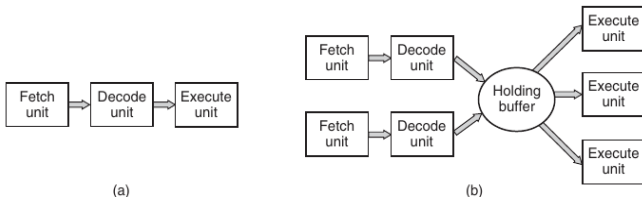
- Cada uma das etapas do **ciclo de processamento** pode levar um tempo diferente para ser executada (ciclos de clock);
- Como o acesso a memória é uma atividade lenta, os processadores contém **registradores**, para armazenamento de variáveis e resultados temporários (ou intermediários);
- Registradores são espaços de memória dentro da CPU e são considerados o topo da **hierarquia de memória**;

Processadores

- Além dos registradores para armazenamento de variáveis, a CPU contém “registradores especiais” de controle:
 - Contador do programa (*program counter*):
 - Contém o endereço de memória da próxima instrução;
 - Ponteiro da memória (*stack pointer*):
 - Aponta para o topo da pilha na memória, a fim de recuperar variáveis que não estão nos registradores;
 - PSW (*Program Status Word*):
 - Armazena informações do programa;
 - Contém o bit indicativo do modo de instrução (*user/kernel*), prioridade de CPU, entre outros;

Processadores

- Implementa o **pipeline** de instruções:
 - Subdivide o processamento de uma instrução em etapas;
 - Cada etapa é executada por uma parte especializada da CPU;
 - Permite a execução de múltiplas instruções simultaneamente;
 - A técnica aumenta ainda a velocidade de operação da CPU, uma vez que a próxima instrução já está armazenada nos registradores, ao invés da memória;



a) Pipeline de 3 estágios; b) CPU superescalar.

Fonte: [Tanenbaum and Bos, 2014]

Processadores

- Processadores, em sua maioria, possuem dois modos:
 - Kernel Mode
 - Executa instruções como sistema operacional;
 - Acesso a todas as instruções disponíveis no hardware;
 - User Mode
 - Executa instruções como usuário;
 - Acesso somente a um conjunto limitado de instruções e recursos;
 - Menor prioridade de execução;
 - Em geral, instruções envolvendo I/O e proteção de memórias não são permitidas;

Processadores



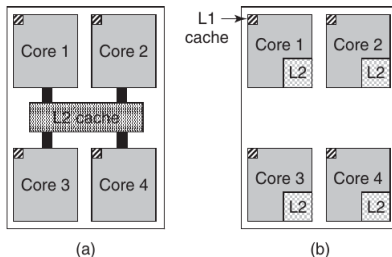
- Chips *multithreading* e *multicore*
 - **Lei de Moore**: número de transistores em um chip dobra a cada 18 meses;
 - Porém, a Lei de Moore, após muitos anos começou a enfrentar problemas práticos, devido ao tamanho do circuito;
 - Primeira solução adotada (insuficiente): replicar as unidades funcionais e aumentar o cache;

Processadores

- Chips *multithreading* e *multicore*
 - Segunda solução adotada (também insuficiente): replicar unidades funcionais, unidades de controle e aumentar o cache;
 - Essa segunda solução é chamada *multithreading* (ou *hyperthreading*, na nomenclatura Intel);
 - Não oferece paralelismo real (um processo rodando por unidade tempo), porém há troca de *thread* muito rapidamente (ordem de nanosegundos);
 - Cada *thread* é vista pelo SO como uma CPU separada.

Processadores

- Chips *multithreading* e *multicore*
 - Terceira solução adotada (atualmente): replicar os processadores completos e adotar soluções anteriores
 - Computadores com múltiplos núcleos localizados em um único chip (ex.: AMD Ryzen 7 2700 - 8 núcleos e 16 *threads*).



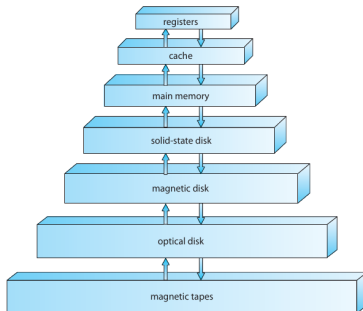
Chip Quad-core (4 núcleos) com (a) cache L2 compartilhado; (b) cache L2 separado.

Fonte: [Tanenbaum and Bos, 2014]

MEMÓRIA

Memória

- Em um cenário perfeito, a memória deveria ser extremamente rápida (o suficiente para não atrasar a CPU), grande e barata;
 - Como esse cenário não existe, utiliza-se uma hierarquia de memória para melhor aproveitamento dos recursos.



Hierarquia de memória.

Fonte: [Silberschatz et al., 2012]

Hierarquia de memória

- Registradores:
 - Primeiro nível da hierarquia de memória;
 - Localizado dentro do chip e feito do mesmo material que a CPU para ter o melhor desempenho possível;
 - Utilizado para processamento de operações na CPU;

Hierarquia de memória

- Cache:
 - Segundo nível da hierarquia de memória;
 - Localizado dentro do chip ou muito próximo a CPU, para melhor desempenho possível;
 - Utilizado para armazenamento de dados frequentemente usados pela CPU, evitando acesso a memória principal;
 - Pode ser dividido em caches L1 e L2 (em alguns projetos, também em L3), gerando uma hierarquia de cache, onde o cache L1 possui menor tamanho e acesso mais rápido;
 - Em sistemas multicore, o cache L2 pode ser compartilhado ou único de cada núcleo.

Hierarquia de memória

- Memória Principal (RAM):
 - A RAM (*Random Access Memory*) é um tipo de memória volátil utilizada para armazenar os programas em execução;
 - Os programas armazenados em memórias persistentes, como nos HDs, são carregados na memória principal, para que possam ser acessados mais rapidamente pelo programa.

Hierarquia de memória

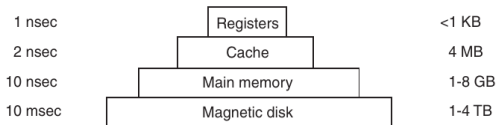
- Memória Permanente (NVMe, SSD, HD, Disco Óptico, Fita Magnética):
 - Memória de armazenamento persistente (não se perde quando o computador é desligado);
 - São muito mais baratos, por MB, que as memórias dos níveis hierárquicos superiores;
 - Possibilitam o armazenamento de muita informação;
 - Utilizada para armazenar programas em execução em caso de falta de memória principal (*swap* / memória virtual).

Memória

- Memória Permanente (SSD, HD):
 - Discos magnéticos (*hard disks* - HD) são dispositivos mecânicos que armazenam *bits* em forma de pequenos campos magnéticos;
 - Discos de estado sólido (*solid state disks* - SSD) não possuem formato de discos e sim são um tipo de memória *flash*.

Typical access time

Typical capacity



Tempo de acesso e capacidade nos dispositivos existentes na hierarquia de memória.

Fonte: [Tanenbaum and Bos, 2014]

I/O

Dispositivos de I/O

- Classificação dos dispositivos:
 - Somente entrada: teclado, mouse;
 - Somente saída: monitor, impressora;
 - Entrada/saída: placa de rede, controladores de disco, *pen-drives*;
- Dispositivos de I/O (*entrada/saída*) permitem a **entrada de dados** para um programa utilizando um outro programa ou hardware, bem como **saída de dados** (ou retorno de dados) de resultados do processamento;

Dispositivos de I/O

- Dispositivos de I/O geralmente são formados por duas partes: um controlador e o equipamento em si;
- O controlador tem como objetivo prover uma interface a comunicação com o equipamento, facilitando as operações;
 - Exemplo:
 - A CPU solicita a leitura do setor 10206 do HD;
 - O controlador converte esse número em valores de cilindro, setor e trilha;
 - O controlador lê as informações e retorna os dados para a CPU;

Dispositivos de I/O

- São acessados por *drivers*, correspondente a programas especiais fora do *kernel* do sistema operacional que podem ser executados na CPU em modo *kernel*;
- Alguns *drivers* tem suporte nativo e genérico do SO, enquanto outros precisam ser instalados
 - Suporte nativo: dispositivos USB (teclado, mouse e pen-drive), *drivers* de vídeo genérico e rede;
 - Necessita instalação: *drivers* proprietários de vídeo.

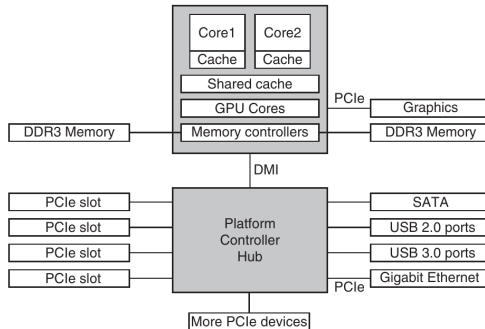
Dispositivos de I/O

- São acessados por *drivers*, correspondente a programas especiais fora do *kernel* do sistema operacional que podem ser executados na CPU em modo *kernel*;
- Alguns *drivers* tem suporte nativo e genérico do SO, enquanto outros precisam ser instalados
 - Suporte nativo: dispositivos USB (teclado, mouse e pen-drive), *drivers* de vídeo genérico e rede;
 - Necessita instalação: *drivers* proprietários de vídeo.

BARRAMENTOS

Barramentos

- Barramentos foram criados para acesso mais rápido a dispositivos I/O e melhoria do tráfego de memória;
- Barramentos: cache, memória, PCIe, PCI, USB, SATA, DMI;



Estutura de um computador x86.

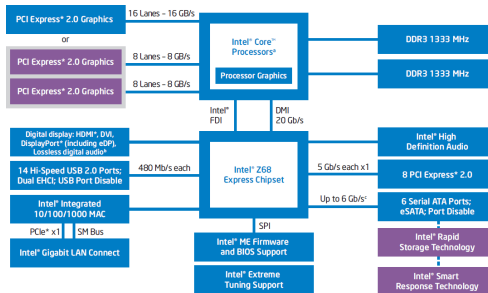
Fonte: [Tanenbaum and Bos, 2014]

Principais componentes

- **Peripheral Component Interconnect Express (PCIe):**
 - Corresponde ao principal barramento em computadores recentes [Tanenbaum and Bos, 2014];
 - Inventado pela Intel, para substituição do PCI original;
 - Capaz de trabalhar com múltiplas vias (lanes);
 - Na versão PCIe 4.0, é capaz de trabalhar com até 2GB/s por lane, (ou seja 32GB/s em x16);
- **Peripheral Component Interconnect (PCI):**
 - Padrão adotado para substituição do ISA (Industry Standard Architecture)

Principais componentes

- Direct Media Interface (DMI):
 - Faz a ligação entre a Northbridge e a Southbridge na arquitetura de uma placa mãe de um PC.

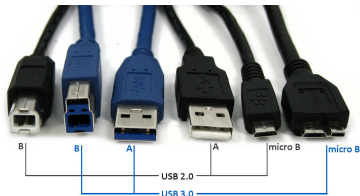


Arquitetura de um processador Intel de 6ª geração.

Fonte: [Wikipedia, 2021]

Principais componentes

- Universal Serial Bus (USB)
 - Desenvolvido para conectar dispositivos lentos do computador, como teclado e mouse [Tanenbaum and Bos, 2014];
 - Com a evolução, entretanto, o USB possibilitou a conexão de dispositivos mais rápidos;
 - O USB 3.1 atinge velocidades de até 10 Gbps;
 - No entanto, muitos componentes utilizam ainda o USB 2.0, devido ao seu baixo custo.



Diferença entre conectores USB.

Fonte: [WAZ, 2015]

Barramentos

- Barramento compartilhado: múltiplos dispositivos usam a mesma conexão para transferência de dados;
- Arquitetura paralela e serial
 - Paralela: dados são enviados em múltiplos conexões (“fios”) paralelos;
 - Serial: dados são enviados em um único “fio”, de forma serial (sequencial).

BOOT

BIOS



- A placa-mãe dos computadores possui um programa chamado de BIOS (*Basic Input Output System*);
- A BIOS contém um software de baixo nível de I/O, capaz de ler dispositivos como teclado e mouse, acessar o disco, acessar placas de vídeo e escrever na tela;
- Processo de Boot
 - Quando o computador é iniciado, a BIOS é iniciada;
 - A BIOS avalia a memória e a existência de outros dispositivos básicos conectados, como o teclado;
 - Barramentos de PCI e PCIe também são avaliados;
 - Por fim, a BIOS inicializa o Sistema Operacional [Tanenbaum and Bos, 2014].

Referências I



Silberschatz, A., Galvin, P. B., and Gagne, G. (2012).
Operating System Concepts.
Wiley Publishing, 9th edition.



Tanenbaum, A. S. and Bos, H. (2014).
Modern Operating Systems.
Prentice Hall Press, USA, 4th edition.



WAZ (2015).

Saiba quais são as diferenças entre os padrões usb: 2.0, 3.0, 3.1 gen1 e gen2.
[Online]; acessado em 29 de Abril de 2021. Disponível em: <http://blog.waz.com.br/2015/11/04/saiba-quais-sao-as-diferencas-entre-os-padroes-usb-2-0-3-0-3-1-gen1-e-gen2/>.



Wikipedia (2020).

Computer organisation.
[Online]; acessado em 07 de Abril de 2020. Disponível em: https://en.wikibooks.org/wiki/IB/Group_4/Computer_Science/Computer_Organisation#/media/File:Role_of_an_Operating_System.svg.



Wikipedia (2021).

Intel z68 express chipset.
[Online]; acessado em 29 de Abril de 2021. Disponível em:
<http://ixbtlabs.com/articles3/mainboard/intel-z68-express-chipset-p1.html>.