

# SISTEMAS OPERACIONAIS

Aula 2  
Fundamentos do SO  
Arquitetura de Computadores  
Estruturas de dados

Prof. Dr. Aldo Díaz  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás  
aldo.diaz@ufg.br

Tradução: Rogério R. Rocha

# Objetivos

- 1. Descrever a arquitetura básica de sistemas de computador.
- 2. Revise os principais componentes de um sistema operacional.

# Sistemas operacionais

## - Definições

# Estrutura do sistema de computador

- Os sistemas computacionais podem ser divididos em quatro componentes:

- Usuários
- Programas Aplicativos
- Sistema operacional
- Hardware

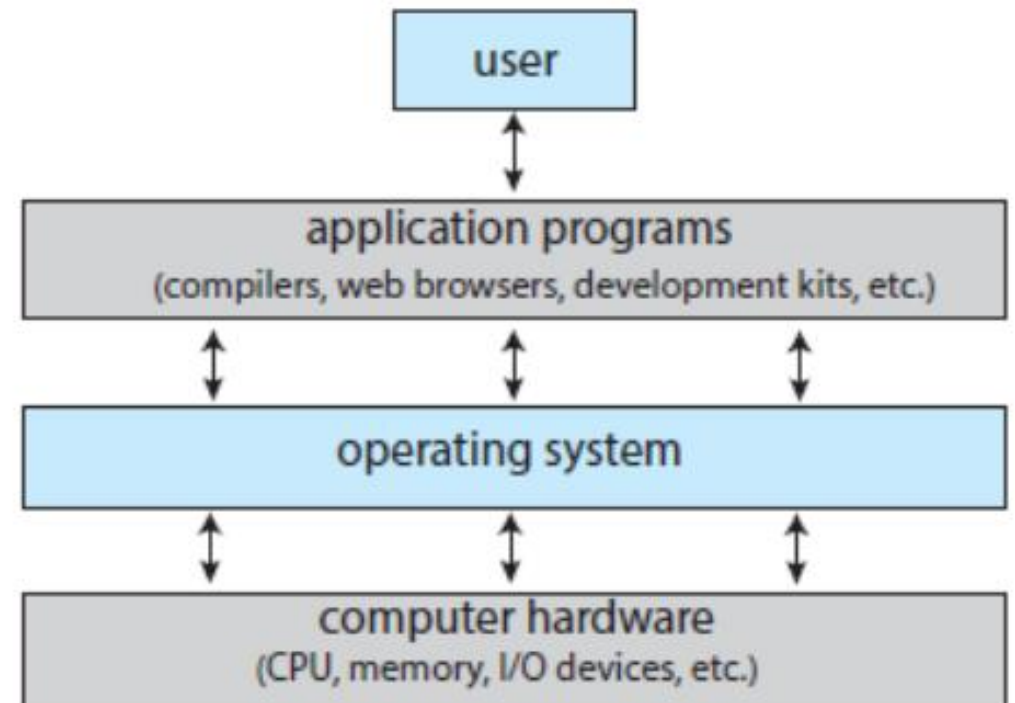


Figure 1.1 Abstract view of the components of a computer system.

# O que é um sistema operacional (SO)?

- Definição: Um **sistema operacional** é um software ou programa que:

- A. Gerencia o hardware de um computador
- B. Atua como intermediário entre usuários e o hardware do computador
- C. Fornece o ambiente dentro do qual programas são executados

- Q: Quais dispositivos e aplicativos podem ter um sistema operacional?

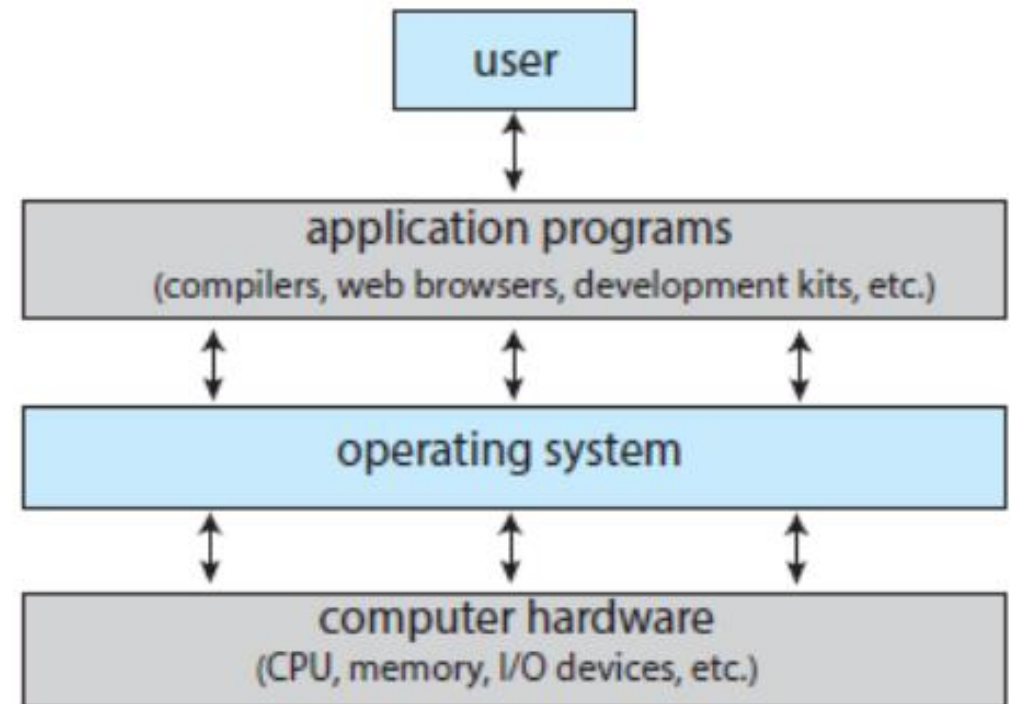


Figure 1.1 Abstract view of the components of a computer system.

# Objetivos do sistema operacional

1. Executar programas de usuários e facilitar a resolução de problemas do usuário.
2. Tornar o sistema de computador conveniente para uso.
3. Utilizar o hardware do computador de maneira eficiente.

**SO da perspectiva do usuário:** Requisitos em laptop, celular, incorporado, sistemas autônomos.



# Sistema operacional da perspectiva do sistema

**Definição:** SO é o único programa que roda o tempo todo no computador, geralmente chamado **núcleo** [kernel].

- O SO é um **alocador de recursos**: tempo de CPU, espaço de memória, espaço de armazenamento, dispositivos de E/S
  - Gerencia recursos para resolver uma solicitação do usuário
  - Organiza solicitações para uso eficiente de recursos
- SO é um **programa de controle**
  - Controla a execução de programas para evitar erros e uso indevido do computador

# Sistemas de Computador



# Organização de Sistemas de Computadores

- Operação do sistema de computador: Vários dispositivos (CPUs, controladores de dispositivos) trocar dados através de um barramento comum usando uma **memória compartilhada** [shared memory].
  - Execução simultânea de CPUs e dispositivos
- **3 aspectos principais da operação do sistema de computador**
  - Interrupções
  - Estrutura de armazenamento
  - Estrutura de E/S

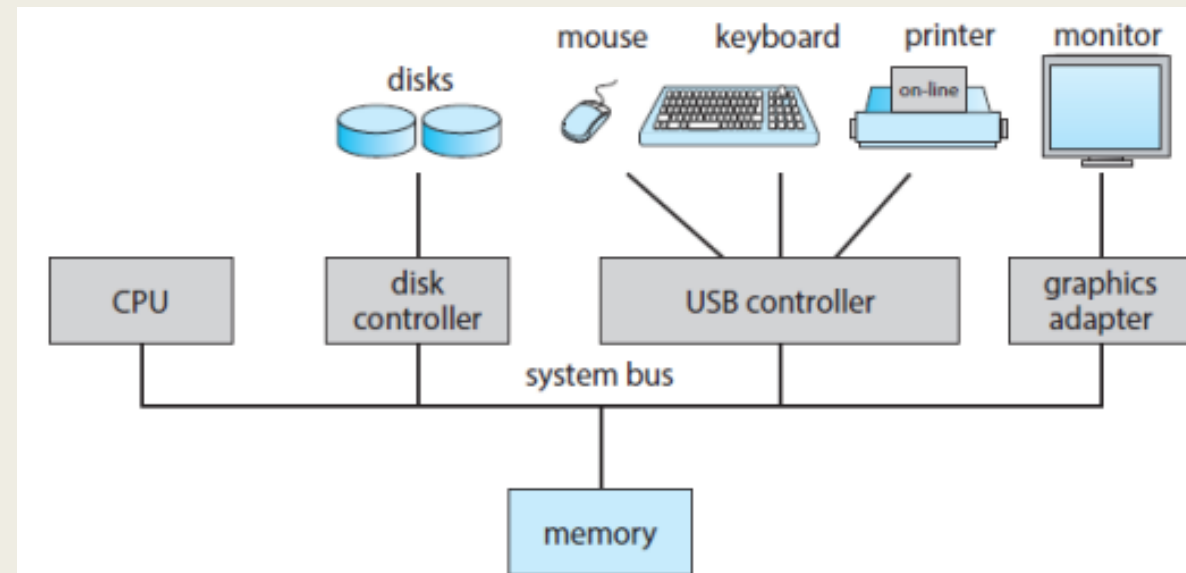


Figure 1.2 A typical PC computer system.

# Interrupções

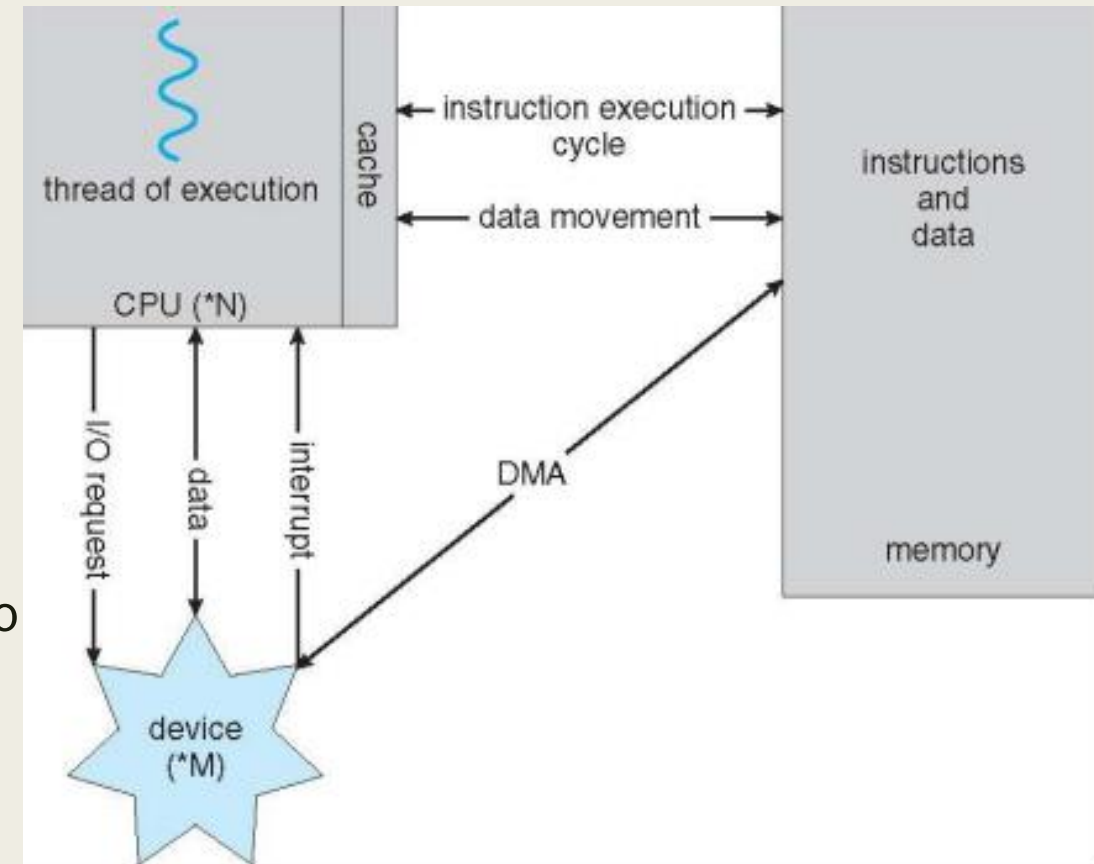
- Um sistema operacional é **acionado por interrupções**: interrupções de HW ou SW
  - O sistema operacional preserva o estado da CPU armazenando registros e o contador do programa
  - A interrupção transfere o controle para a **rotina de serviço de interrupção** geralmente, através do comando de **interrupção vetor**, que contém os endereços de todas as rotinas de serviço
  - Segmentos separados de código determinam que ação deve ser tomada para cada tipo de interromper
- Uma **armadilha** ou **exceção** é uma interrupção gerada por software causada por um usuário solicitação a um serviço do sistema operacional por meio de uma **chamada de sistema** [system call] ou por um erro (por exemplo, divisão por zero ou acesso à memória inválido)

# Estrutura de armazenamento

- Memória principal: mídia de armazenamento que a CPU pode acessar diretamente
  - **Acesso aleatório** ([Random access]/memória RAM), normalmente **volátil**
- Armazenamento secundário – extensão da memória principal que fornece grandes volumes **não voláteis** capacidade de armazenamento
  - Discos rígidos – pratos rígidos de metal ou vidro cobertos com gravação magnética material
    - A superfície do disco é logicamente dividida em **trilhas** [tracks/faixas], que são subdivididas em **setores** [sectors]
  - **Discos-de-estado sólido** – mais rápidos que os discos rígidos, não voláteis, tornando-se mais populares

# Estrutura de E/S

- Uma grande parte do código do sistema operacional é dedicada ao gerenciamento de E/S para satisfazer:
  - Confiabilidade e desempenho
  - A natureza variada dos dispositivos
- Interromper E/S orientado por E/S é adequado para pequenos detalhes de dados
  - Uma interrupção por byte (baixa -E/S de dispositivos de velocidade)
- O acesso direto à memória (DMA) é usado para dados em massa (por exemplo, armazenamento NVS)
  - Uma interrupção por bloco (E/S de dispositivos de alta velocidade)



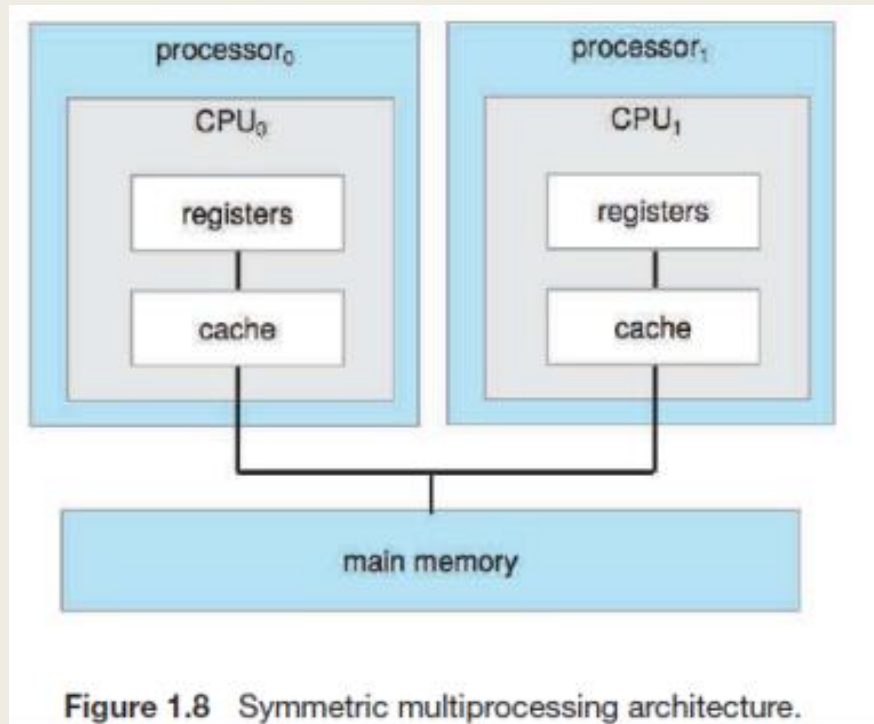
# Arquitetura de Sistema de Computadores

# Arquitetura de Sistema de Computadores

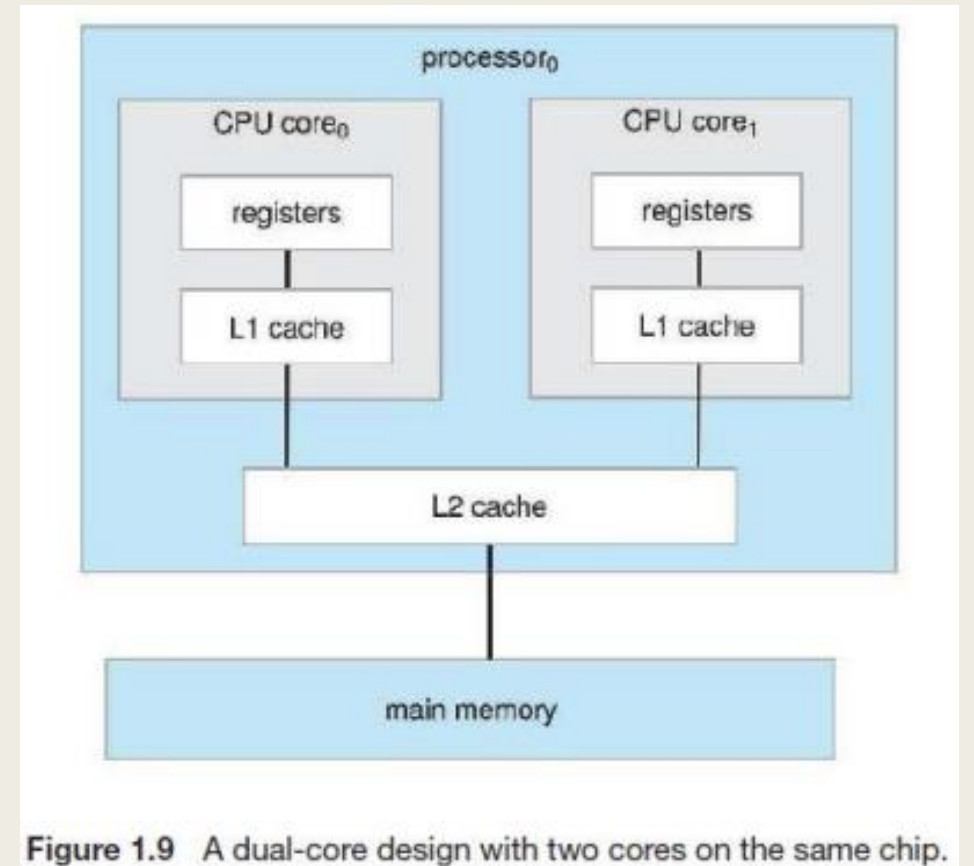
- Sistemas de processador único com um único núcleo
- Sistemas **multiprocessadores** crescendo em uso e importância
  - Dois ou mais processadores, cada um com uma CPU de núcleo único
  - Também conhecidos como **sistemas paralelos**
  - Os processadores compartilham o barramento e, eventualmente, a memória, o relógio e os periféricos
  - As vantagens incluem:
    1. **Maior rendimento** – mais computação em menos tempo
    2. **Maior confiabilidade** – degradação elegante ou tolerância a falhas

# Arquiteturas de Multiprocessamento

Núcleo Único  
[single-core]



Multinúcleo  
[multicore]



# Estrutura do Sistema Operacional



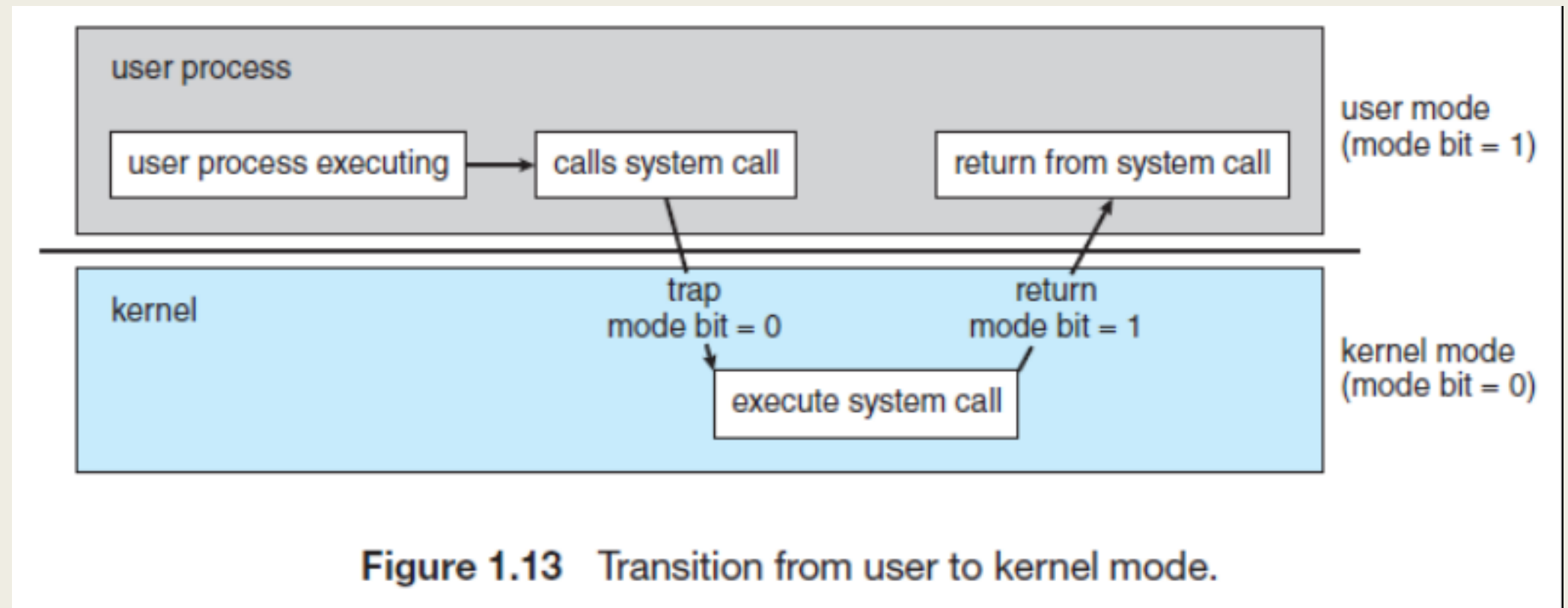
# Estrutura do Sistema Operacional

- **Multiprogramação:** Um único programa não pode manter a CPU e os dispositivos de E/S ocupados o tempo todo
  - O SO organiza muitos processos na memória simultaneamente e escolhe um para executar
  - Aumenta a utilização da CPU executando muitos **programas** ou **processos**
- **Multitarefa:** extensão lógica da multiprogramação
  - A CPU alterna processos frequentemente, proporcionando aos usuários um **tempo de resposta** rápido (interativo)
  - Muitos processos na memória ao mesmo tempo exigem **gerenciamento de memória**
  - Se vários processos estiverem prontos para serem executados ao mesmo tempo, precisamos de **escalonamento de CPU**
  - Se os processos não cabem na memória, a **troca** os move para dentro e para fora para execução
  - A **memória virtual** permite a execução de processos maiores que a memória física real

# Operação de Modo Duplo e Multimodo

- A operação em **modo-duplo** permite que o sistema operacional proteja a si mesmo e a outros componentes do sistema
  - **Modo de usuário** e **modo kernel**
  - **Bit de modo** fornecido ao hardware
    - Indica o modo atual: kernel (0) ou usuário (1)
    - Algumas instruções designadas como **privilegiadas** são executáveis apenas no modo kernel para proteção
  - MS Windows, Unix e Linux usam o recurso de modo duplo para maior proteção do sistema operacional
- As **chamadas do sistema** permitem que o usuário execute tarefas reservadas para o sistema operacional

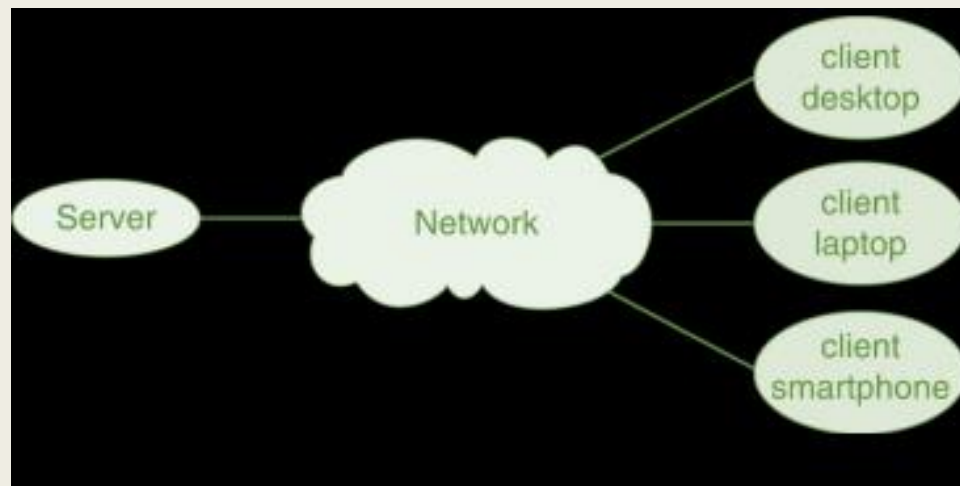
# Transição de Modo Duplo Via Chamada de Sistema (trap)



# Tópicos do seminário

# Ambientes de Computação Modernos

- Móvel/Incorporado
- SO com integração GPT
- Virtualização
- Nuvem
- IoT (AWS, Domótica,...)

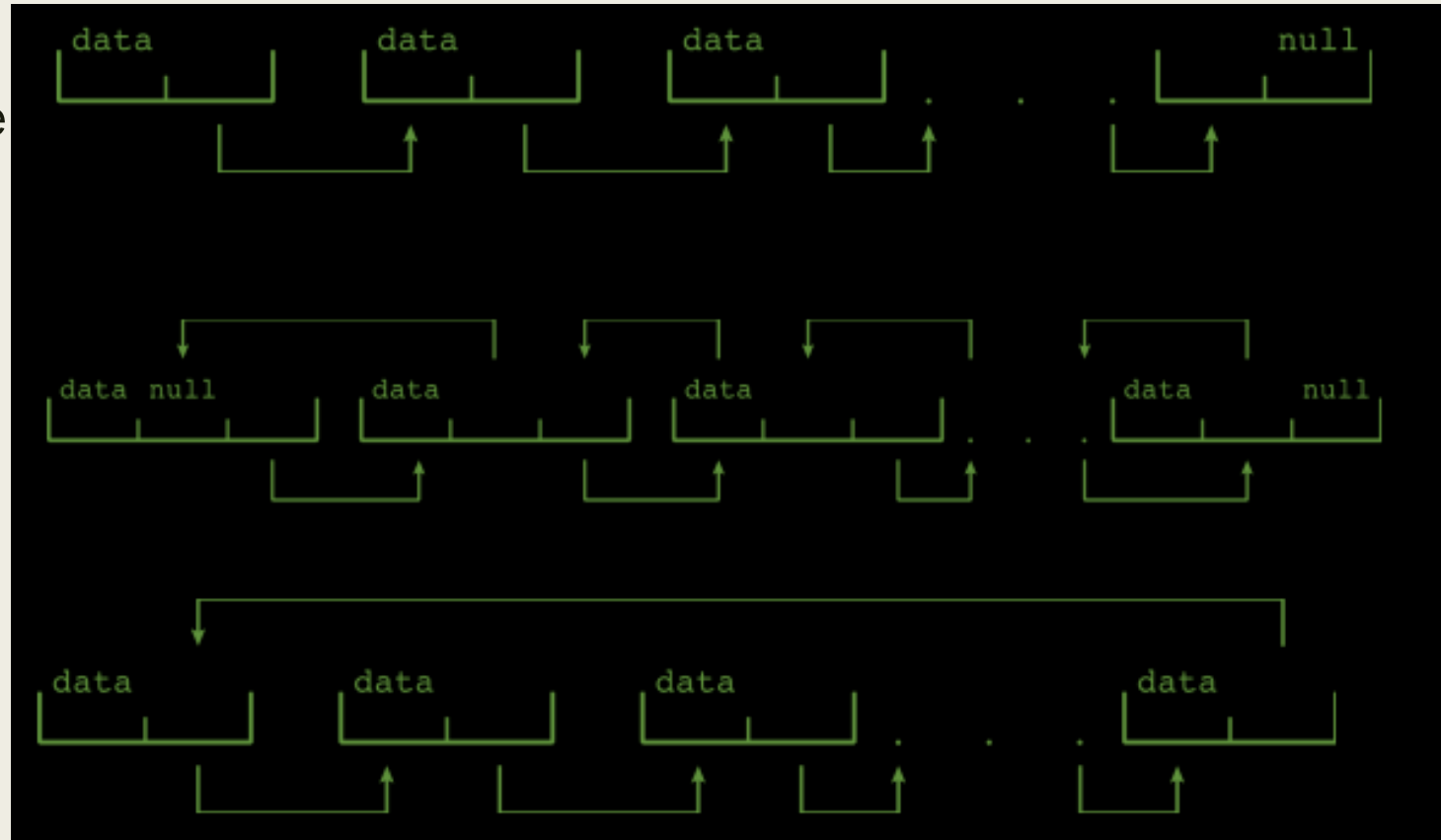


# Estruturas de Dados do Kernel

# Estruturas de Dados do Kernel – Listas

Muitos semelhantes às estruturas de dados de programação padrão

- Lista vinculada individualmente
- Lista duplamente vinculada
- Lista vinculada circular



# Estruturas de Dados do Kernel – Pilhas e Filas

- Uma **stack** (“**pilha**”) é uma estrutura de dados ordenada sequencialmente que usa o princípio **LIFO** (último a entrar, primeiro a sair) para adicionar e remover itens, o que significa que o último item colocado em uma pilha é o primeiro item removido.
  - Exemplo: chamadas de função empurram os parâmetros da pilha, variáveis locais e endereço de retorno; retornar da chamada de função retira esses itens da pilha
- Uma **queue** (“**fila**”) é uma estrutura de dados ordenada sequencialmente que utiliza o princípio **FIFO** (primeiro a entrar, primeiro a sair): os itens são removidos de uma fila na ordem em que foram inseridos.
  - Exemplo: as tarefas que aguardam execução em uma CPU disponível são frequentemente organizadas em filas ou os trabalhos enviados para uma impressora são normalmente impressos na ordem em que foram enviados



# Estruturas de Dados do Kernel – Árvores

- **Árvore de pesquisa binária**  
esquerda  $\leq$  direita
  - O desempenho da pesquisa é  $O(n)$
  - **Árvore de pesquisa binária balanceada**  
 $O(\log n)$

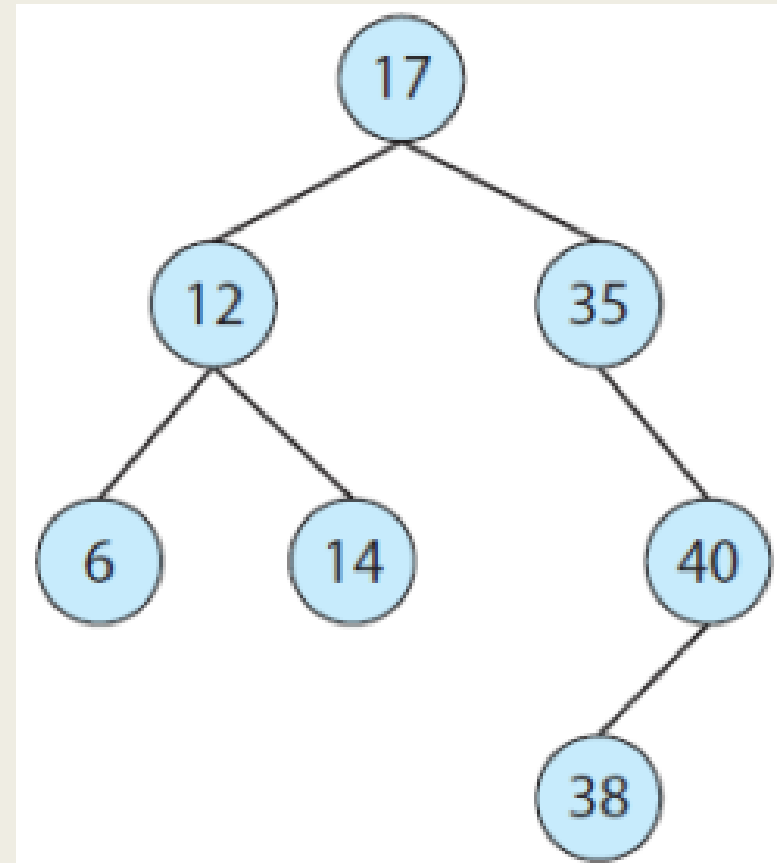
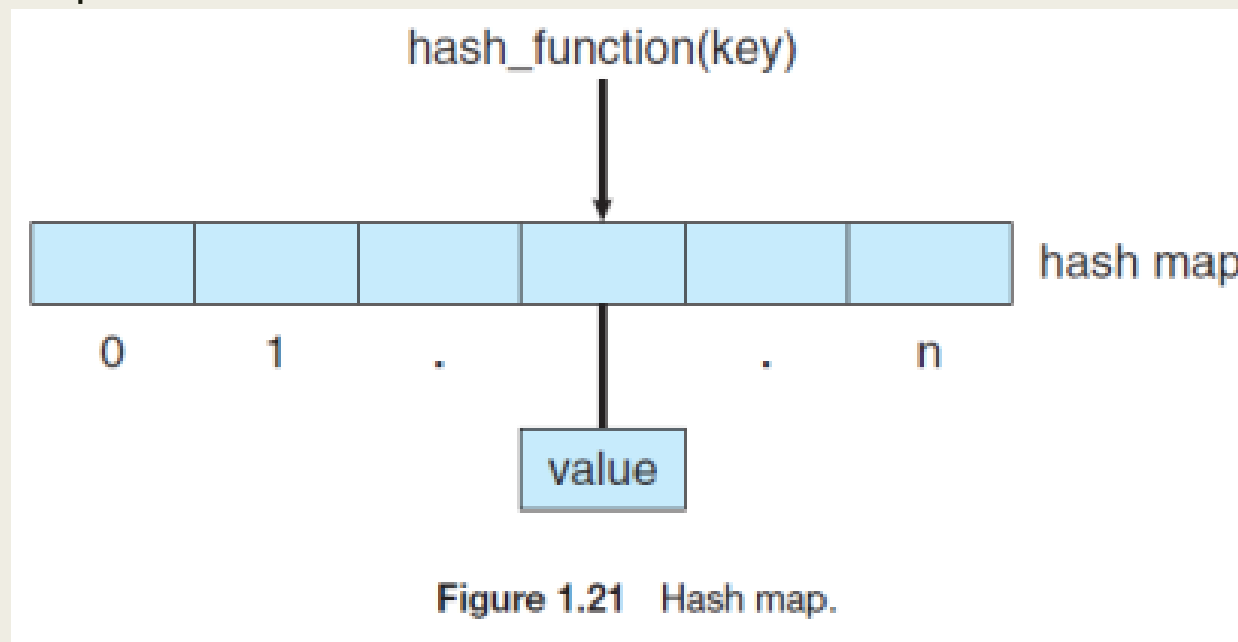


Figure 1.20 Binary search tree.

# Estruturas de Dados do Kernel – Função Hash e Bitmap

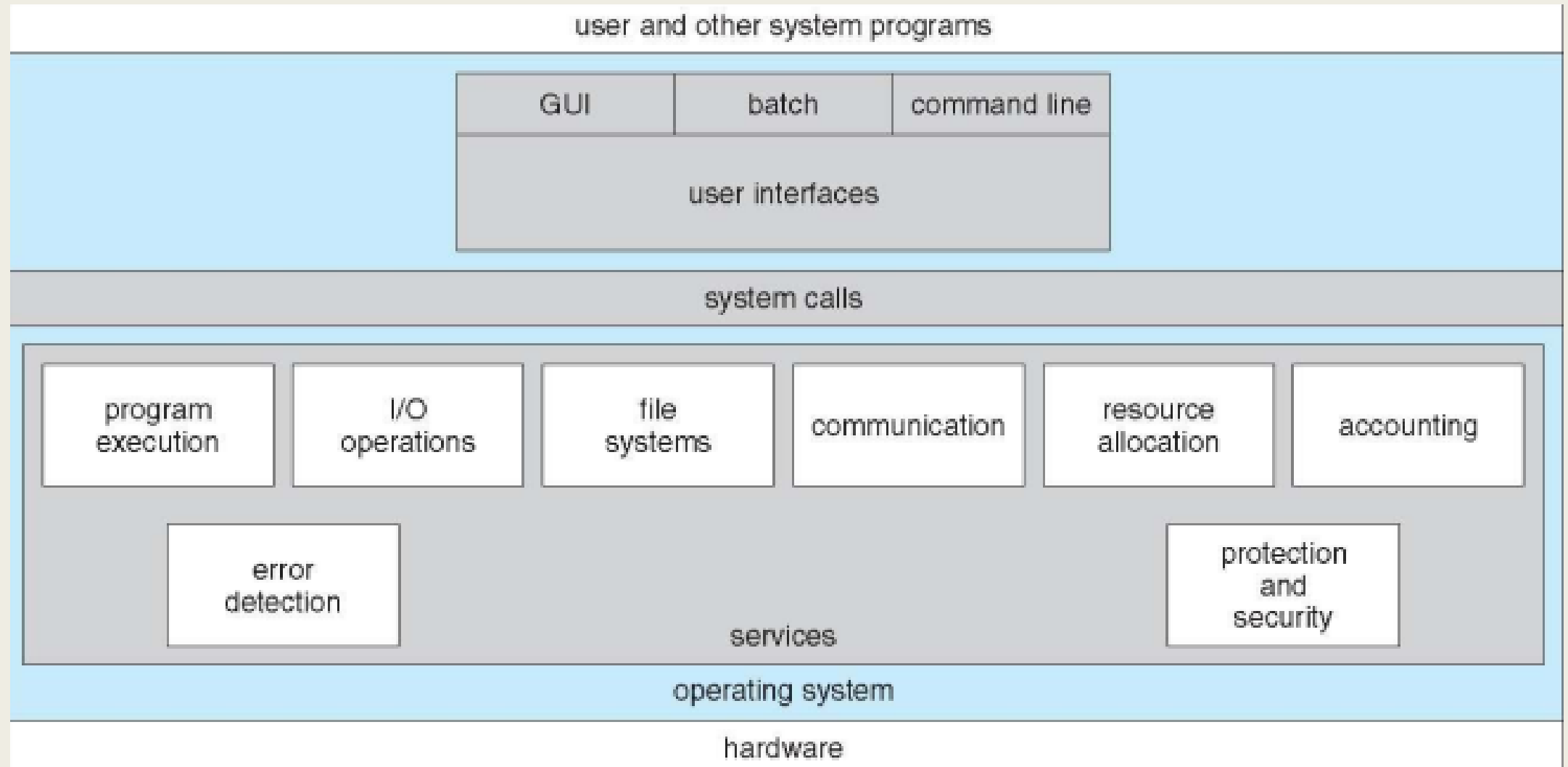
- A **função hash** recebe **dados** como **entrada**, executa uma operação numérica nos dados e **retorna um valor numérico**. Este valor numérico pode então ser usado como um índice para recuperar rapidamente os dados



- **Bitmap** – sequência de n dígitos binários representando o status de n itens
  - **Função:** Representar a disponibilidade de um grande número de recursos

# Estruturas do Sistema Operacional

# Uma Visão dos Serviços do Sistema Operacional



# Serviços do Sistema Operacional

- Os sistemas operacionais fornecem um ambiente para execução de programas e serviços para programas e usuários
- Um conjunto de serviços do sistema operacional fornece funções úteis ao usuário:
  - **Interface de usuário** – Quase todos os sistemas operacionais possuem uma interface de usuário (UI).
    - Varia entre **Linha de Comando (CLI)**, **Interface Gráfica do Usuário (GUI)**, **ote** (“Batch”)
  - **Execução do programa** - O sistema deve ser capaz de carregar um programa na memória e executá-lo, finalizando a execução, normalmente ou anormalmente (indicando erro)
  - **Operações de E/S** - Um programa em execução pode exigir E/S, o que pode envolver um arquivo ou um dispositivo de E/S

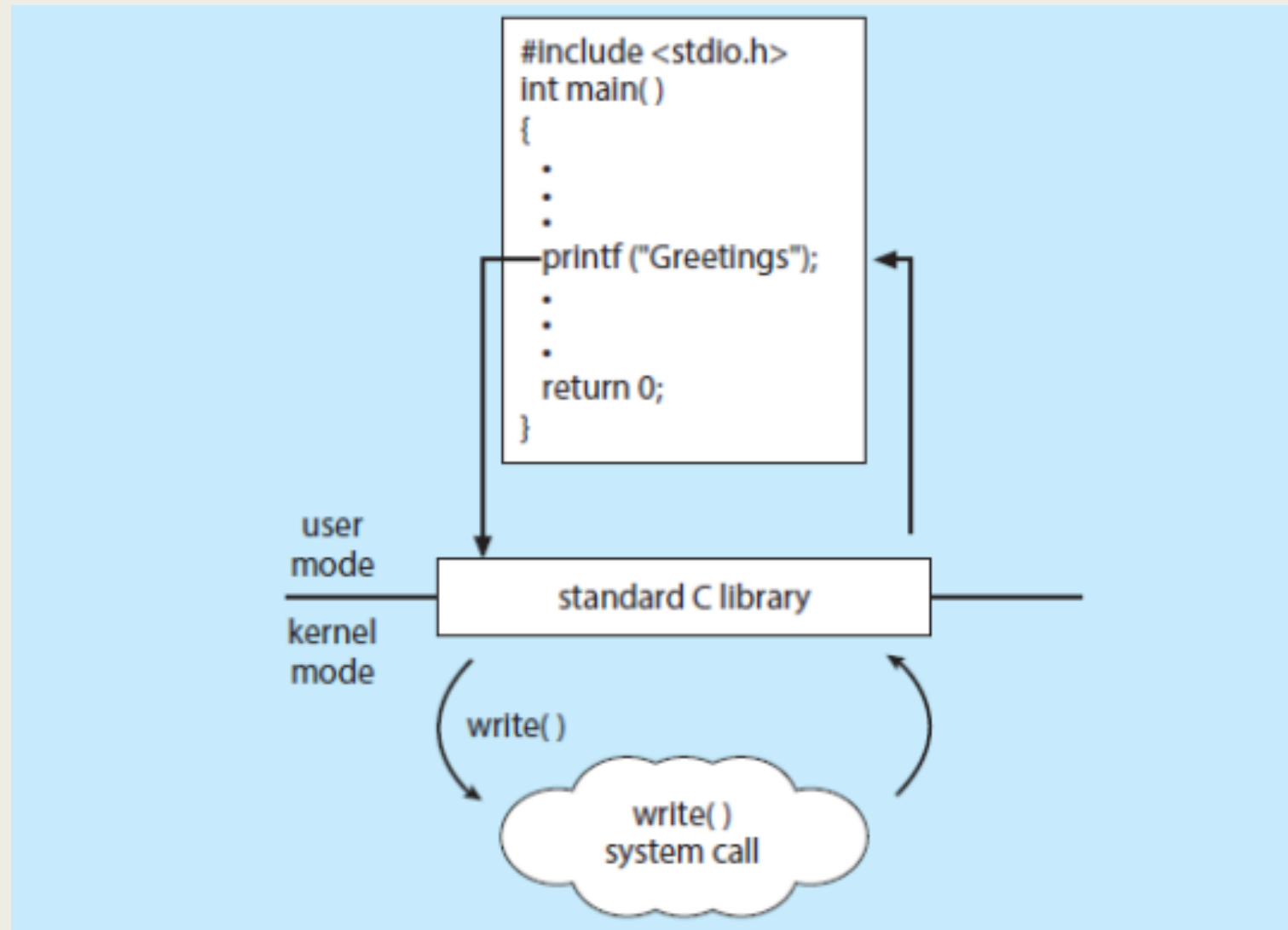
# Serviços do Sistema Operacional (Cont.)

- **Manipulação do sistema de arquivos** – O sistema de arquivos é de particular interesse. Os programas precisam ler e gravar arquivos e diretórios, criá-los e excluí-los, pesquisá-los, listar informações de arquivos e gerenciar permissões.
- **Comunicações** – Os processos podem trocar informações, no mesmo computador ou entre computadores em uma rede
  - As comunicações podem ser via **memória compartilhada** ou através de **passagem de mensagens** (pacotes movidos pelo sistema operacional)
- **Detecção de erros** – o sistema operacional precisa estar constantemente ciente de possíveis erros
  - Pode ocorrer no hardware da CPU e da memória, em dispositivos de E/S, no programa do usuário
  - Para cada tipo de erro, o SO deve tomar as medidas apropriadas para garantir uma computação correta e consistente
  - Os recursos de depuração podem melhorar muito as habilidades do usuário e do programador para usar o sistema com eficiência

# Serviços do Sistema Operacional (Cont.)

- Existe outro conjunto de funções do sistema operacional para garantir a operação eficiente do próprio sistema por meio do compartilhamento de recursos
  - **Alocação de recursos** - Quando vários usuários ou vários trabalhos são executados simultaneamente, os recursos devem ser alocados para cada um deles
    - Muitos tipos de recursos – ciclos de CPU, memória principal, armazenamento de arquivos, dispositivos de E/S.
  - **Contabilidade** - Para acompanhar quais usuários usam, quanto e quais tipos de recursos do computador
  - **Proteção e segurança** - Os proprietários de informações armazenadas em um sistema de computador multiusuário ou em rede podem querer controlar o uso dessas informações; processos simultâneos não devem interferir uns nos outros
    - A **proteção** envolve garantir que todo o acesso aos recursos do sistema seja controlado
    - A **segurança** do sistema contra pessoas de fora requer autenticação do usuário, estendendo-se à defesa de dispositivos de E/S externos contra tentativas de acesso inválidas

# API – Chamada do Sistema – Relacionamento do SO





# Estrutura do Sistema Operacional

## 1. Arquitetura Monolítica

**Tudo na implementação do Kernel** (ex.: Linux, UNIX, Windows):

- Agendamento, sistema de arquivos, rede, drivers de dispositivos, gerenciamento de memória e muito mais.
- Enorme quantidade de funcionalidades a serem combinadas em um único espaço de endereço
- **Descrição:**
  - Programa principal que invoca o procedimento de serviço solicitado.
  - Um conjunto de procedimentos de serviço que realizam as chamadas do sistema.
  - Um conjunto de procedimentos utilitários que auxiliam os procedimentos de serviço.

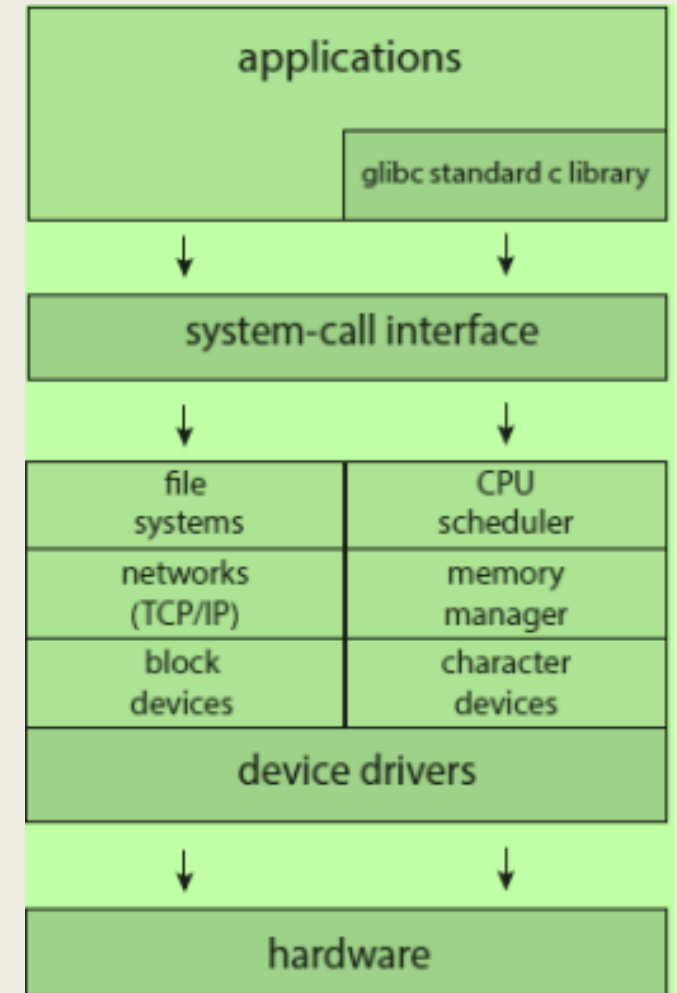


Figure 2.13 Linux system structure.

# Estrutura do Sistema Operacional – UNIX e Windows

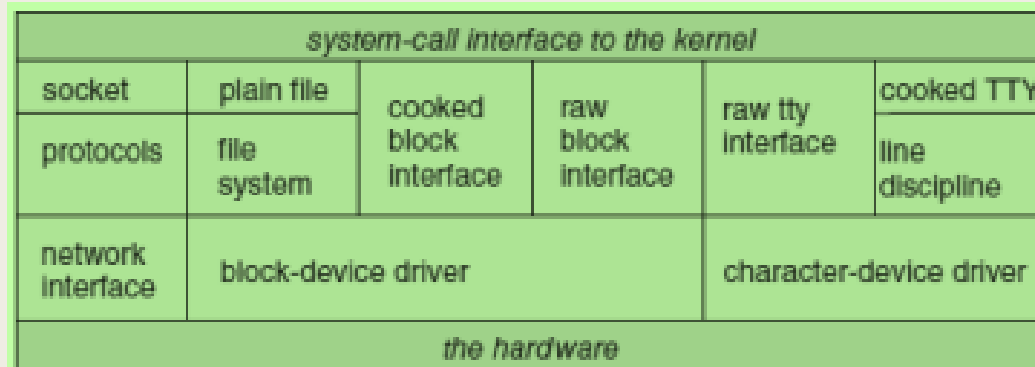


Figure C.11 4.3 BSD kernel I/O structure.

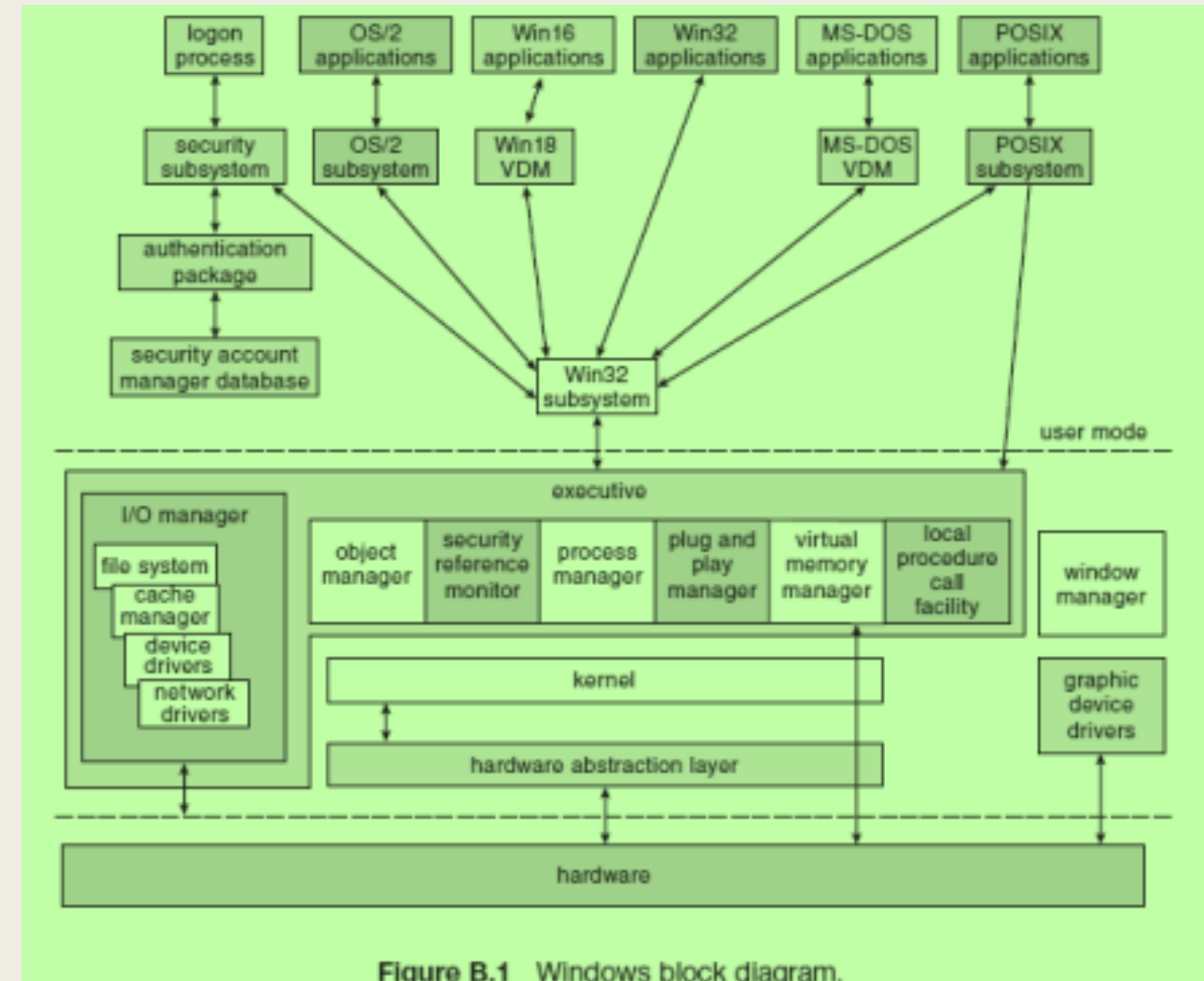


Figure B.1 Windows block diagram.

# Estrutura do Sistema Operacional

## 2. Arquitetura Microkernel:

- Apenas algumas funções essenciais para o kernel: espaços de endereço, comunicação entre processos (IPC) e escalonamento básico.
- Outros serviços do sistema operacional são fornecidos por processos executados em modo de usuário em um espaço de endereço separado
- Simplifica a implementação e proporciona flexibilidade.

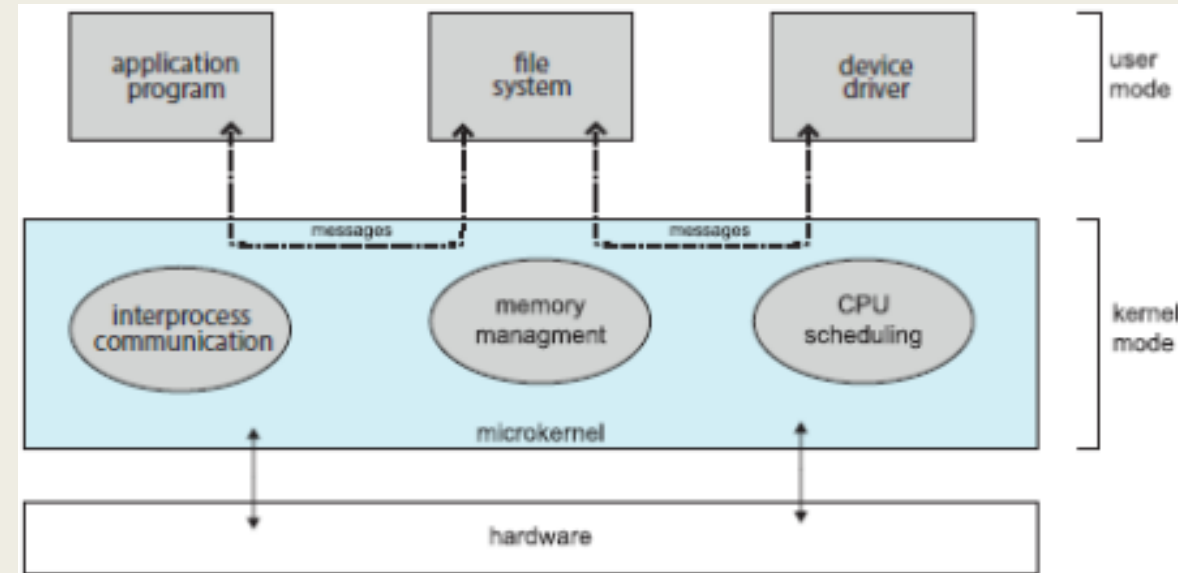


Figure 2.15 Architecture of a typical microkernel.

# Estrutura do Sistema Operacional – Android OS

- API Android para desenvolvimento Java
  - .class bytecode
- Aplicativos Java são compilados para rodar em uma máquina virtual chamada Android RunTime ART
  - Os arquivos .dex são executáveis
- Android permite desenvolvimento em interface nativa Java (JNI)
  - Ignora a máquina virtual Android
  - Permite acesso a recursos específicos de HW, como frameworks para desenvolvimento de navegadores web (webkit), suporte a banco de dados (SQLite) e suporte a rede (sockets)
- O HW físico é abstraído na HAL (camada de abstração de hardware)
  - Abstrai hardware, como sensores (câmera, chip GPS, etc.).
- **Bionic** é a biblioteca C padrão para Android (ocupa menos espaço que a **glibc**)

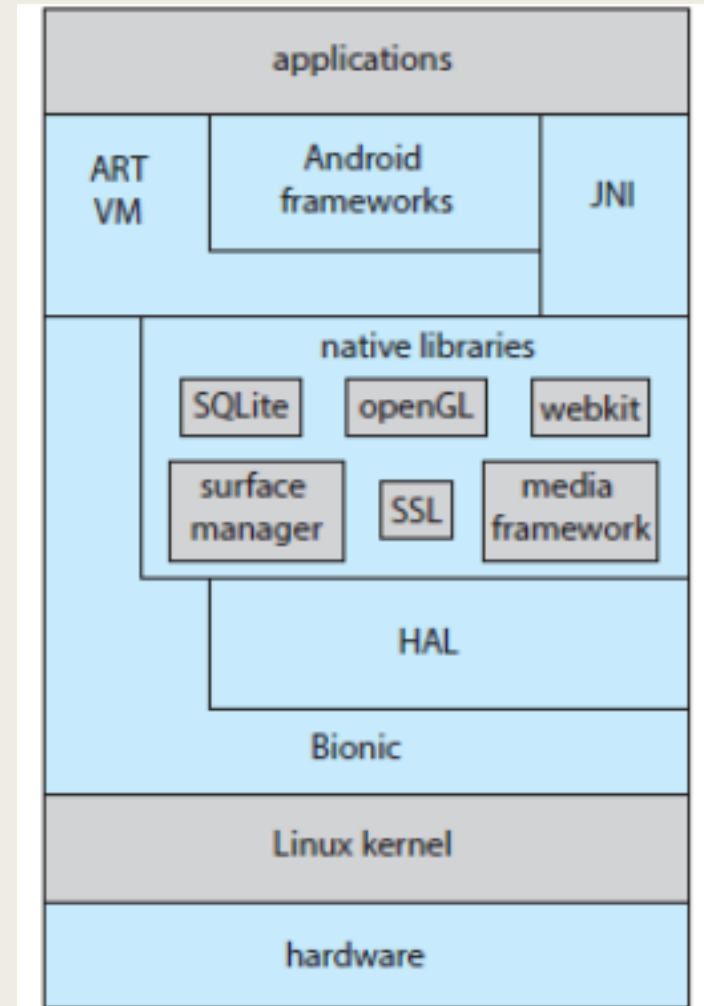


Figure 2.18 Architecture of Google's Android.

# SO – Gerenciamento de Recursos

# Gerenciamento de Processos

- Um **processo** é um **programa em execução**
- O sistema operacional fornece os recursos que um programa precisa para realizar sua tarefa
  - CPU, memória, E/S, arquivos
  - Dados de inicialização (por exemplo, fornecer o URL para um navegador)
  - O encerramento do processo exige a recuperação de quaisquer recursos reutilizáveis
- Processo de única thread tem um **contador de programa** que especifica a localização da próxima instrução a ser executada.
  - O processo executa instruções sequencialmente, uma de cada vez, até a conclusão
- O processo multithread possui um contador de programa por processo
- Normalmente, o sistema tem muitos processos (processos do usuário e do sistema operacional) em execução simultaneamente nas CPUs
  - Simultaneidade através da multiplexação das CPUs entre os processos/threads

# Atividades de Gerenciamento de Processos

O sistema operacional é responsável pelas seguintes atividades relacionadas ao gerenciamento de processos:

- Criação e exclusão de processos de usuário e de sistema
- Agendamento de processos e threads nas CPUs
- Suspende e retomar processos
- Fornecer mecanismos para sincronização de processos
- Fornecer mecanismos para comunicação de processos

# Gerenciamento de Memória

- Para executar um programa suas instruções devem estar na memória
- Os dados necessários ao programa devem estar na memória
- **O gerenciamento de memória** determina o que está na memória e quando
  - Otimizando a utilização da CPU e a resposta do computador aos usuários
- **Atividades de gerenciamento de memória**
  - Acompanhar quais partes da memória estão sendo usadas atualmente e qual processo as está utilizando
  - Alocação e desalocação de espaço de memória conforme necessário
  - Decidir quais processos e dados mover para dentro e para fora da memória



# Gerenciamento do Sistema de Arquivos

- O sistema operacional fornece visão lógica e uniforme do armazenamento de informações
  - Abstrai propriedades físicas para unidade de armazenamento lógico – **arquivo** (“**file**”)
  - Cada mídia é controlada por dispositivo (ou seja, unidade de disco, unidade de fita)
    - Propriedades variáveis incluem velocidade de acesso, capacidade, taxa de transferência de dados, método de acesso (sequencial ou aleatório)
- Gerenciamento do sistema de arquivos
  - Arquivos organizados em diretórios
  - Controle de acesso de usuários para determinar quem pode acessar o quê
  - As atividades do SO incluem
    - Suporta manipulação de arquivos e diretórios (criação, exclusão)
    - Mapeamento de arquivos para armazenamento em massa
    - Tarefas de backup: salve arquivos em mídia de armazenamento estável (não volátil)

# Gerenciamento de Armazenamento em Massa

- Geralmente discos usados para armazenar dados que não cabem na memória principal ou dados que devem ser mantidos por um “longo” período de tempo
- Atividades do SI (sistema operacional)
  - Gerenciamento de espaço livre
  - Alocação de armazenamento
- Algum armazenamento não precisa ser rápido
  - Armazenamento óptico, fita magnética
  - Ainda deve ser gerenciado – por sistema operacional ou aplicativos

# Gerenciamento de Subsystema de E/S

- **Objetivo:** ocultar peculiaridades dos dispositivos de hardware do usuário
- Subsystema de E/S responsável por:
- Interface geral de driver de dispositivo
- Drivers para dispositivos de hardware específicos
- Gerenciamento de memória de E/S, incluindo **buffer/buffering** (armazenamento temporário de dados enquanto eles estão sendo transferidos), **cache/caching** (armazenamento de partes de dados em armazenamento mais rápido para desempenho), **spooling** (a sobreposição da saída de um processo com a entrada de outro processo)

# Resumo

# Resumo

**Definição:** SO é o único programa que roda o tempo todo no computador, geralmente chamado **núcleo** [kernel].

- Os sistemas operacionais (SO) estão presentes em todos os tipos de computação moderna sistemas
- Foram introduzidos os conceitos fundamentais do SO:
  - Características principais
  - Tipos e estrutura
- O sistema operacional é fundamental para o gerenciamento eficiente de recursos da computação recursos de hardware