
Operating Systems Introductory Concepts

OS types, Evolution fo Operating Systems, Taxonomy of OSes, OSes Internal Structurek

PEDRO MARTINS

January 13, 2018

Contents

1	Sistemas de Computação	3
1.1	Vista simplificada de um sistema de computação	3
1.2	Vista geral	4
1.2.1	Extended Machine	4
	Tipos de funções da extended machine	5
1.2.2	Resource Manager	6
1.3	Evolução dos Sistemas Operativos	7
2	Taxonomia de Sistemas Operativos	7
2.1	Classificação com base no tipo de processamento	7
2.1.1	Multiprogrammed batch	8
2.1.2	Interactive System (Time-Sharing)	8
2.1.3	Real Time System	9
2.1.4	Network Operating System	9
2.1.5	Distributed Operating System	10
2.2	Classificação com base no propósito	10
3	Multiprocessing vs Multiprogramming	11
3.1	Paralelismo	11
3.2	Concorrência	11
4	Estrutura Interna de um Sistema Operativo	12
4.1	Design de um sistema operativo	12
4.1.1	Monolithic system	12
4.1.2	Layered Approach: Divisão por camadas	13
4.1.3	Microkernel	14
4.1.4	Virtual machine (hypervisors)	15
4.1.5	Client-Server	16
4.1.6	Exokernels	16
4.2	Estruturas Internas do Unix/Linux e Windows	17
4.2.1	Estrutura Interna do Unix (tradicional)	17
4.2.2	Estrutura Global do Unix	18
4.2.3	Estrutura do Kernel Unix	19
4.2.4	Estrutura do Kernel Windows	20

1 Sistemas de Computação

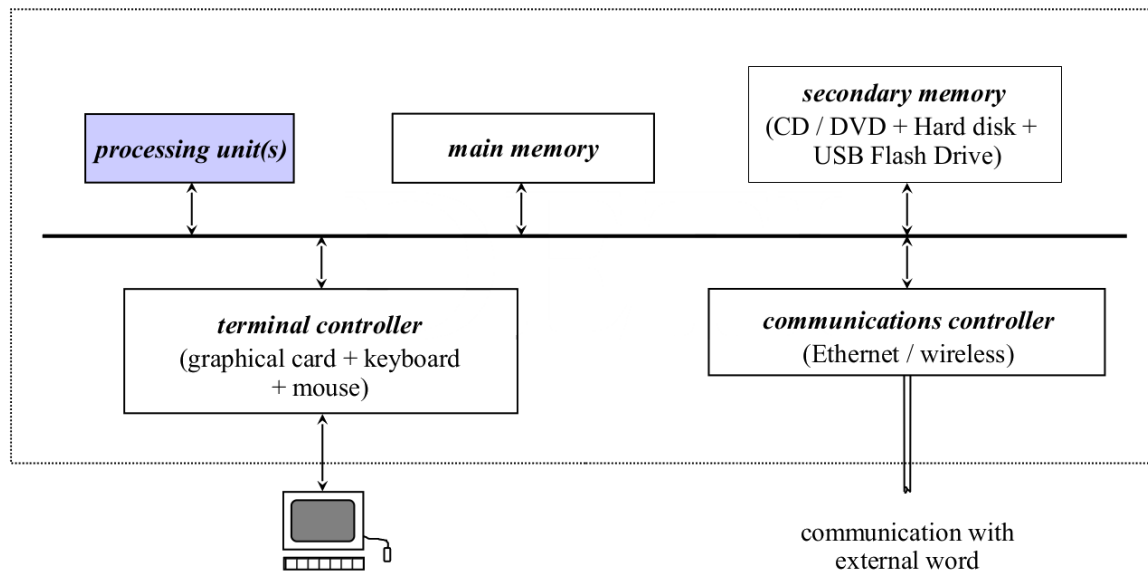


Figure 1: Esquema típico de um sistema de computação

1.1 Vista simplificada de um sistema de computação

Um sistema operativo é um sistema/programa base que é executado pelo sistema computacional.

- Controla diretamente o **hardware**
- Providencia uma **camada de abstração** para que os restantes **programas** possam **interagir com o hardware** de forma indireta

Podem ser classificados em dois tipos:

1. gráficos:

- utilizam um contexto de **janelas** num ambiente gráfico
- os elementos principais de interação são os **ícones** e os **menus**
- a principal ferramenta de **input** da interação humana é o rato

2. textuais (*shell*):

- baseado em comandos introduzidos através do teclado
- uma linguagem de scripting/comandos¹

Os dois tipos não são mutuamente exclusivos.

- Windows: sistema operativo gráfico que pode lançar uma aplicação para ambiente textual
- Linux: sistema operativo textual que pode lançar ambiente gráfico

¹Dispositivos plug-and-play são dispositivos que podem ser ligados e desligados “a quente”, enquanto o computador está ligado

1.2 Vista geral

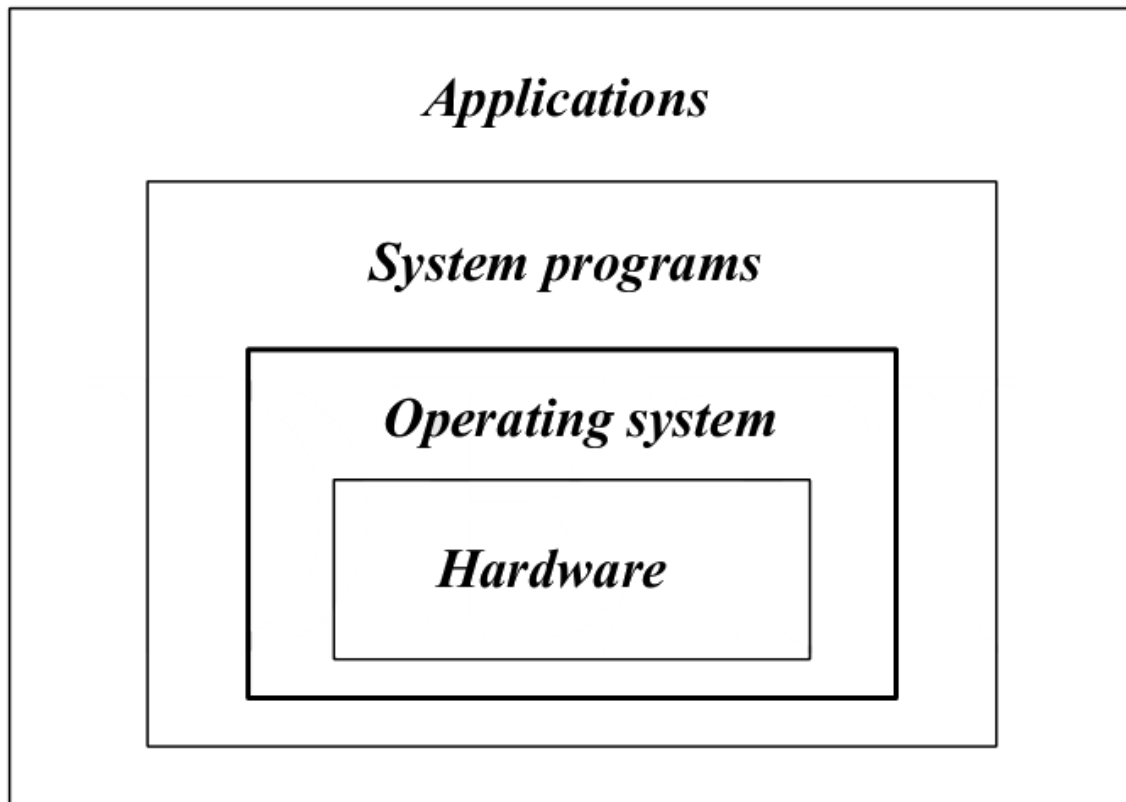


Figure 2: Diagrama em camadas de um sistema de operação

Os sistemas de operação podem ser vistos segundo duas perspectivas:

1. *Extended Machines*
2. *Resource Manager*

1.2.1 Extended Machine

O sistema operativo fornece **níveis de abstração** (APIs) para que os programas possam aceder a partes físicas do sistema, criando uma “**máquina virtual**”:

- Os programas e programadores têm uma visão virtual do computador, um **modelo funcional**
 - Liberta os programadores de serem obrigados a saber os detalhes do hardware
- Acesso a componentes do sistema mediado através de *system calls*
 - Executa o core da sua função em root (com permissões de super user)

- Existem funções que só podem correr em super user
 - Todas as chamadas ao sistema são interrupções
 - Interface uniforme com o [hardware](#)
 - Permite as aplicações serem **portáteis** entre sistemas de computação **estruturalmente diferentes**
- O sistema operativo controla o **espaço de endereçamento físico** criando uma camada de abstração (**memória virtual**)

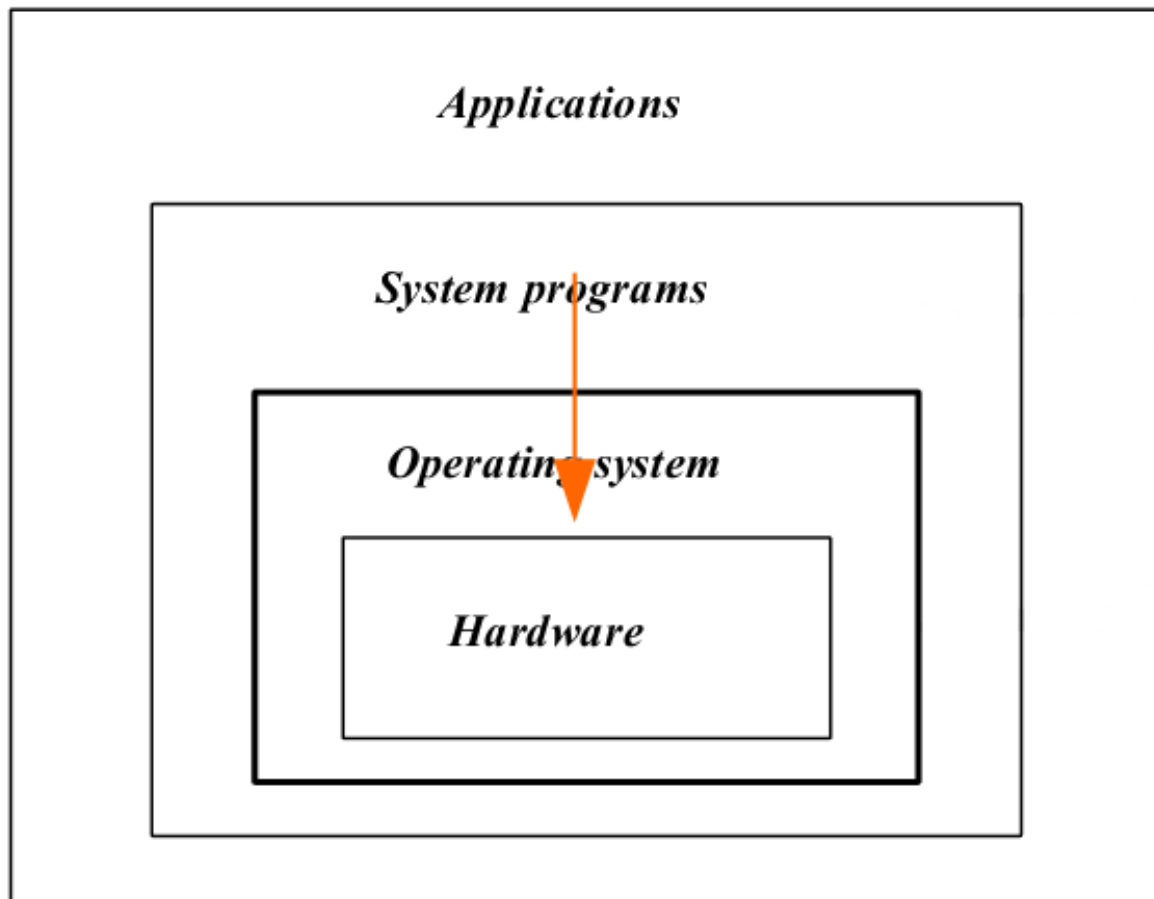


Figure 3: Visão de um sistema operativo do tipo Extended Machine

Tipos de funções da extended machine

- Criar um ambiente interativo que sirva de interface máquina-utilizador
- Disponibilizar mecanismos para desenvolver, testar e validar programas
- Disponibilizar mecanismos que controlem e monitorizem a execução de programas, incluindo a sua intercomunicação e sincronização
- Isolar os espaços de endereçamento de cada programa e gerir o espaço de cada um deles tendo em conta as limitações físicas da memória principal do sistema

- Organizar a memória secundária ² em sistema de ficheiros
- Definir um modelo geral de acesso aos dispositivos de I/O, independentemente das suas características individuais
- Detetar situações de erros e estabelecer protocolos para lidar com essas situações

1.2.2 Resource Manager

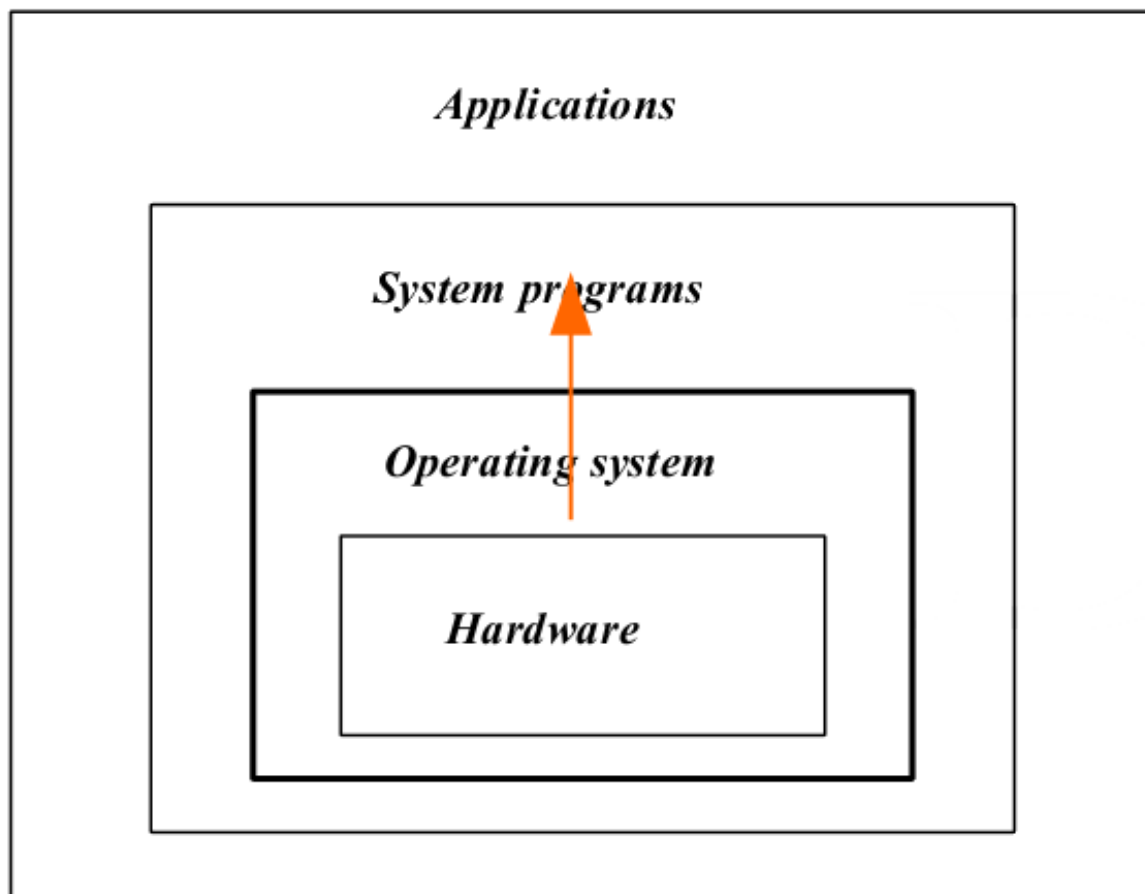


Figure 4: Visão de um sistema operativo do tipo Extended Machine

Sistema computacional composto por um conjunto de recursos:

- processador(es)
- memória
 - principal
 - secundária

²syscall: system call

- dispositivos de I/O e respectivos controladores

O sistema operativo é visto como um programa que gere todos estes recursos, efetuando uma gestão controlada e ordenada dos recursos pelos diferentes programas que tentam aceder a estes. O seu objetivo é **maximizar a performance** do sistema, tentando garantir a maior eficiência no uso dos recursos, que são **multiplexados no tempo e no espaço**.

1.3 Evolução dos Sistemas Operativos

Primórdios : Sistema Electromecânico

- 1ª Geração: 1945 - 1955
 - Vacuum tubes
 - electromechanical relays -No operating system -programed in system
 - Program has full control of the machine
 - Cartões perfurada (ENIAC)
- 2ª geração: Transistores individuais
- 4ª Geração (1980 - presente)

Technology	Notes
LSI/VLSI	Standard Operation systems (MS-DOS, Macintosh, Windows, Unix)
personal computers (microcomputers)	Network operation systems
network	

- 5ª Geração (1990 - presente)

Technology	Notes
Broadband, wireless	mobile operation systems (Symbian, iOS, Android)
system on chip	cloud computing
smartphone	ubiquitous computing

2 Taxonomia de Sistemas Operativos

2.1 Classificação com base no tipo de processamento

- Processamento em série
- Batch Processing

- Single
- Multiprogrammed batch
- Time-sharing System
- Real-time system
- Network system
- Distributed System

2.1.1 Multiprogrammed batch

- **Propósito:** Otimizar a utilização do processador
- **Método de Otimização:** Enquanto um programa está à espera pela conclusão de uma operação de I/O, outro programa usa o processador

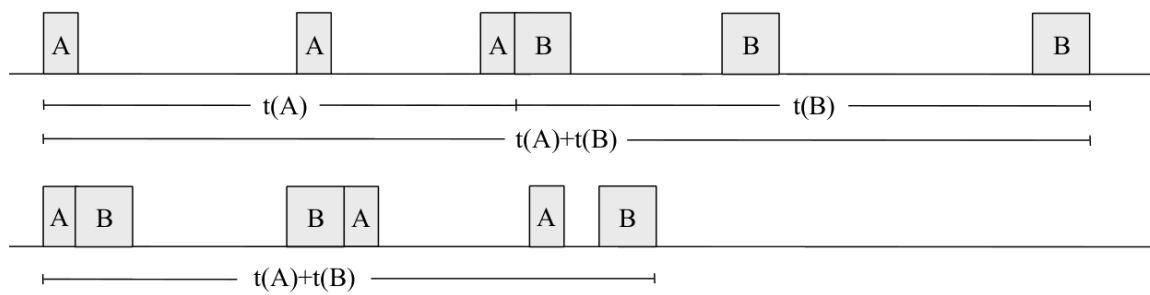


Figure 5: Multiprogrammed batch

2.1.2 Interactive System (Time-Sharing)

- **Propósito:**
 - Proporcionar uma interface *user-friendly*
 - Minimizar o tempo de resposta a pedidos externos
- **Método:**
 - Vários utilizadores mas cada um no seu terminal
 - Todos os terminais têm comunicação direta e em simultâneo com o sistema
 - Usando multiprogramação, o uso do processador é multiplexado no tempo, sendo atribuído um time-quantum a cada utilizador
 - No *macrotempo* é criada a ilusão ao utilizador que possui o sistema só para si

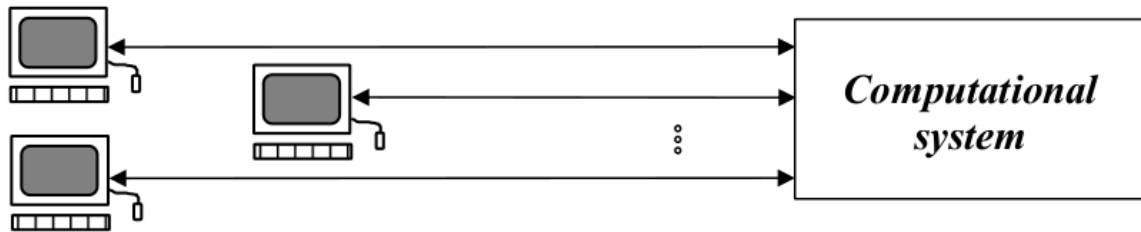


Figure 6: Interactive system (Time-Sharing)

2.1.3 Real Time System

- **Propósito:** Monitorizar e (re)agir processo físicos
- **Método:** Variante do Sistema Interativo que permite import limites máximos aos tempos de resposta para diferentes classes de eventos externos

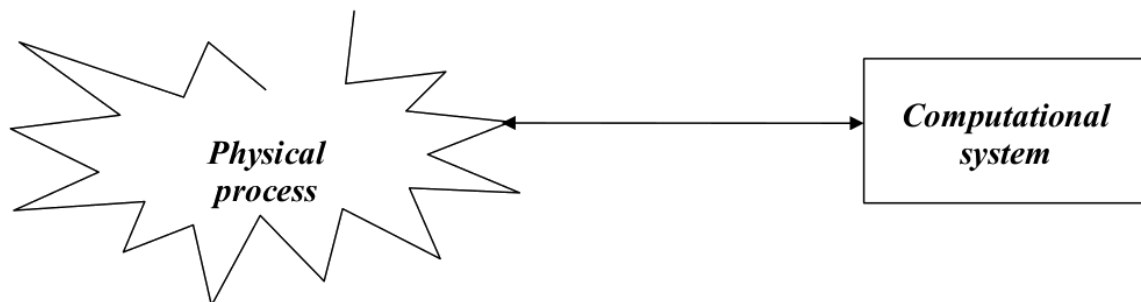


Figure 7: Real Time System

2.1.4 Network Operating System

- **Propósito:** Obter vantagem com as interconexões de *hardware* existentes de sistemas computacionais para estabelecer um conjunto de serviços comuns a uma comunidade.

A máquina é mantêm a sua individualidade mas está dotada de um conjunto de primitivas que permite a comunicação com outras máquinas da mesma rede:

- partilha de ficheiros (ftp)
- acesso a sistemas de ficheiros remotos (NFS)
- Partilha de recursos (e.g. impressoras)
- Acesso a sistemas computacionais remotos:
 - telnet
 - remote login

- ssh
- servidores de email
- Acesso à internet e/ou Intranet

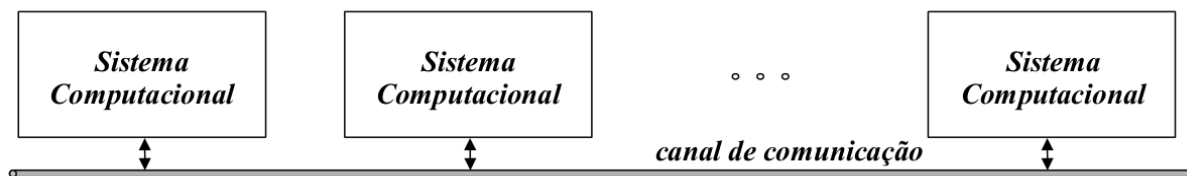


Figure 8: Networking Operating System

2.1.5 Distributed Operating System

- **Propósito:** Criar uma rede de computadores para explorar as vantagens de usar **sistemas multiprocessador**, estabelecendo uma camada de abstração onde o utilizador vê a computação paralela distribuída por todos os computadores da rede como uma única entidade
- **Metodologia:** Tem de garantir uma completa **transparência ao utilizador** no acesso ao processador e outros recursos partilhados (e.g. memória, dados) e permitir:
 - distribuição da carga de **jobs** (programas a executar) de forma dinâmica e estática
 - automaticamente aumentar a sua capacidade de processamento de forma dinâmica se
 - * um novo computador se ligar à rede
 - * forem incorporados novos processadores/computadores na rede
 - a paralelização de operações
 - implementação de mecanismos tolerantes a falhas

2.2 Classificação com base no propósito

- Mainframe
- Servidor
- Multiprocessador
- Computador Pessoal
- Real time
- Handheld
- Sistemas Embutidos
- Nós de sensores
- Smart Card

3 Multiprocessing vs Multiprogramming

3.1 Paralelismo

- Habilidade de um computador **executar simultaneamente** um ou mais programas
- Necessita de possuir uma estrutura multicore
 - Ou processadores com mais que um core
 - Ou múltiplos processadores por máquina
 - Ou uma estrutura distribuída
 - Ou uma combinação das anteriores

Se um sistema suporta este tipo de arquitectura, suporta **multiprocessamento**

O **multiprocessamento** pode ser feito com diferentes arquitecturas:

- **SMP** - symmetric processing (SMP)
 - Computadores de uso pessoal
 - Vários processadores
 - A memória principal é partilhada por todos os processadores
 - Cada core possui cache própria
 - Tem de existir **mecanismos de exclusão mútua** para o hardware de suporte ao multiprocessamento
 - Cada processador vê toda a memória (como memória virtual) apesar de ter o acesso limitado
- **Planar Mesh**
 - Cada processador liga a 4 memória adjacentes

3.2 Concorrência

- Ilusão criada por um sistema computacional de “aparentemente” ser capaz de executar mais programas em simultâneo do que o seu número de processadores
- Os processador(es) devem ser atribuídos a diferentes programas de forma multiplexada no tempo

Se um sistema suporta este tipo de arquitectura suporta **multiprogramação**

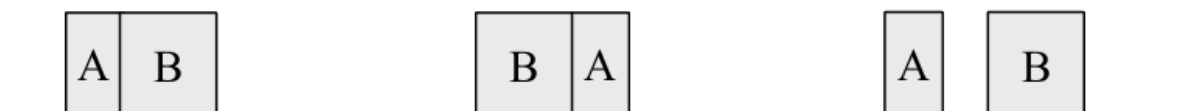


Figure 9: Exemplo de multiplexing temporal: Os programas A e B estão a ser executados de forma concorrente num sistema single processor

4 Estrutura Interna de um Sistema Operativo

Um sistema operativo deve:

- Implementar um ambiente gráfico para interagir com o utilizador
- Permitir mais do que um utilizador
 - Tanto simultânea como separadamente
- Ter capacidade de ser **multitasking**, i.e., executar vários programas ao mesmo tempo
- Implementar memória virtual
- Permitir o acesso, de forma transparente ao utilizador, a:
 - sistemas de ficheiros locais e/ou remotos (i.e., na rede)
 - dispositivos de I/O, independentemente da sua funcionalidade
- Permitir a ligação da máquina por rede a outras máquinas
- Conter um bom conjunto de **device drivers**
- Permitir a ligação de dispositivos **plug and play**³

4.1 Design de um sistema operativo

Por estas razões, um sistema operativo é **complexo**, com milhões de linhas de código. O design e implementação do seu **kernel** pode seguir as seguintes filosofias:

- Monolithic
- Layered (por camada)
- Microkernels
- Client-Server Model
- Virtual Machines
- Exokernels

4.1.1 Monolithic system

- A perspectiva mais utilizada
- Só existe um **único programa** a ser executado em **kernel mode**
- Um **único entry point**
 - Todos os pedidos ao sistema são feitos usando este **entry-point**
- Comunicação com o sistema através de **syscall**⁴
 - Implementadas por um conjunto de rotinas
 - Existe ainda outro conjunto de funções auxiliares para a system call
- Qualquer parte do sistema (aka **kernel**) pode “ver” qualquer outra parte do sistema

³Dispositivos plug-and-play são dispositivos que podem ser ligados e desligados “a quente”, enquanto o computador está ligado

⁴syscall: system call

- **Vantagem:** eficiência no acesso a informação e dados
- **Desvantagem:** Sistema difícil de testar e modificar

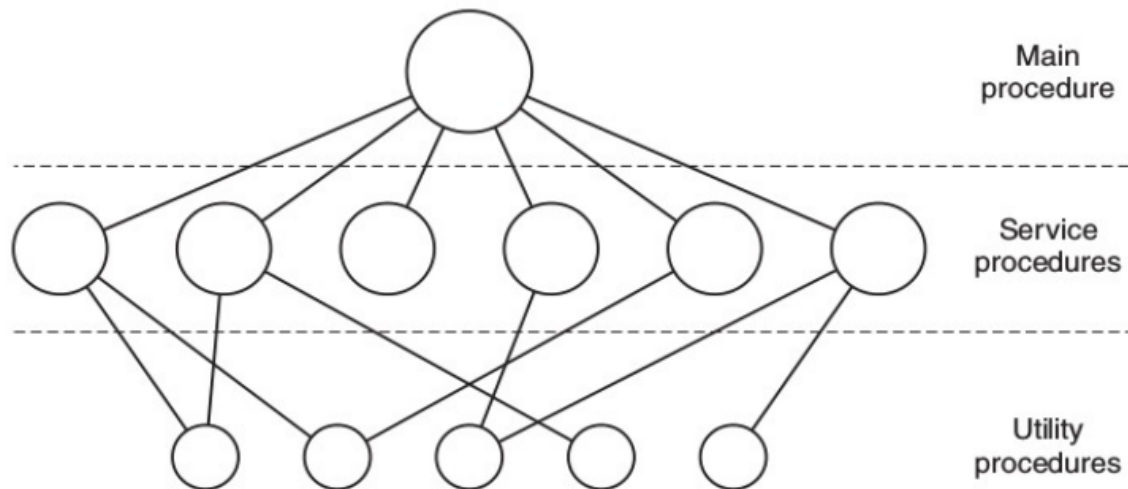


Figure 10: Diagrama de um `kernel` monolítico ⁵

4.1.2 Layered Approach: Divisão por camadas

- Perspetiva modular
 - O sistema operativo é constituído por um conjunto de camadas, com diferentes níveis hierárquicos
- A interação **só é possível entre camadas adjacentes**
 - Uma função da camada mais superior não pode chamar uma função da camada mais abaixo
 - Tem de chamar uma função da camada imediatamente abaixo que irá tratar de chamar funções das camadas mais abaixo (estilo `sofs`)
- Não é simples de projetar
 - É preciso definir claramente que funcionalidades em que camada, o que pode ser difícil de decidir
- **Fácil de testar e modificar**, mas uma **grande perda de eficiência**
 - A eficiência pode piorar se a divisão de funções não for bem feita
 - Existe um `overhead` adicional causado pela chamada de funções entre as várias camadas
- Facilita a divisão de funções entre o modo de utilizador e o modo de `kernel`

⁵Imagem retirada do livro Modern Operating Systems, Andrew Tanenbaum & Herbert Bos

Table 3: Estrutura de um sistema operativo por camadas - Retirada do livro *Modern Operating Systems*, Andrew Tanenbaum & Herbert Bos

Layer	Function
5	Operador
4	Programas do Utilizador
3	Gestão de dispositivos de I/O
2	Comunicação Operator- Process
1	Memory and drum management
0	Alocação do processador e gestão do ambiente multiprogramado

4.1.3 Microkernel

- Posso ter **modularidade** sem ser obrigado a usar camadas em níveis hierárquicos diferentes
- Defino um conjunto de módulos de “pequena dimensão”, com funcionalidades bem definidas
 - apenas o `microkernel` é executado em `kernel space`, com permissões de `root`
 - todos os outros módulos são executados em `user space` e comunicam entre si usando os mecanismos de comunicação providenciados pelo `microkernel`
 - Os módulos que são executados em `user space` podem ser lançados no startup ou dinamicamente à medida que são precisos (dispositivos `plug-and-play` ⁶)
- O `microkernel` é responsável por:
 - Gestão de Processos
 - Gestão da Memória
 - Implementar sistemas simples de comunicação interprocess
 - Escalonamento do Processador (Processor Scheduling)
 - Tratar das interrupções
- Sistema robusto
 - Manipulação de um filesystem é feita em `user space`. Se houver problemas a integridade do sistema físico não é afetada

⁶Dispositivos plug-and-play são dispositivos que podem ser ligados e desligados “a quente”, enquanto o computador está ligado

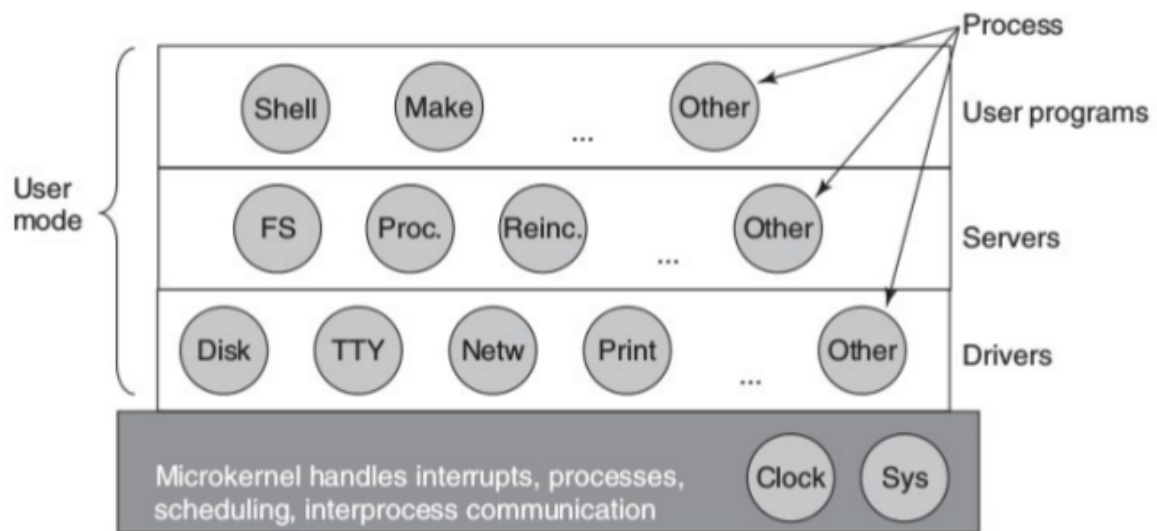


Figure 11: Estrutura de um sistema operativo que usa microkernel - Retirada do livro *Modern Operating Systems*, Andrew Tanenbaum & Herbert Bos

4.1.4 Virtual machine (hypervisors)

- Criam plataformas virtuais onde podem ser instalados **guest OSs**
- Existem dois tipos de hypervisors
 - Type-1 (**native hypervisor**): executa o **guest OS diretamente** no **hardware** da máquina **host** (máquina física onde a máquina virtual vai ser executada). Exemplos:
 - * z/VM
 - * Xen
 - * Hyper-V
 - * VMware ESX
 - Type-2 (**hosted supervisor**): executa o **guest OS indiretamente** no **hardware** da máquina, sendo a máquina virtual executada “em cima” do sistema operativo do **host**. Exemplos:
 - * VirtualBox
 - * VMware Workstation
 - * Parallels
- Existem exemplos de **hypervisors** híbridos, que tanto podem ser executar o **guest OS** indiretamente (por cima do sistema operativo) ou diretamente no **hardware** da máquina:
 - KVM
 - bhyve

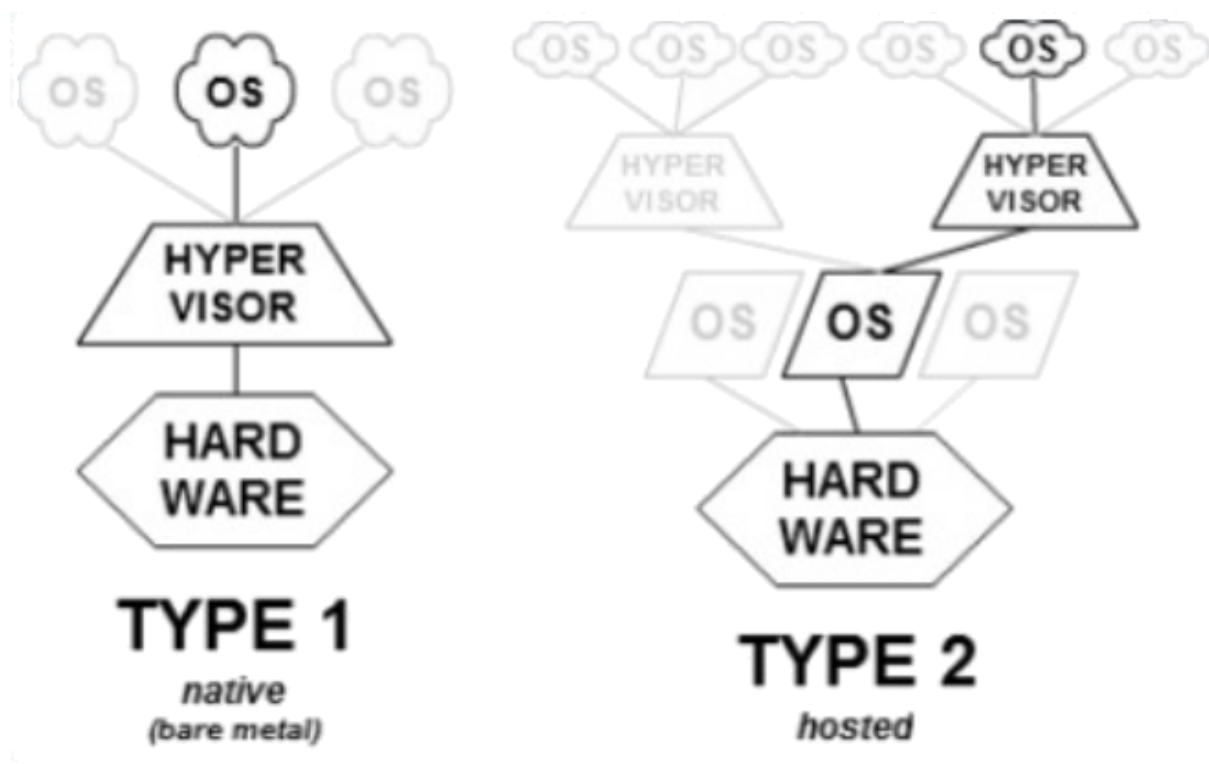


Figure 12: Estrutura de uma virtual machine - Imagem retirada da Wikipedia

4.1.5 Client-Server

- Implementação modular, baseada na relação cliente-servidor
 - A comunicação é feita através de **pedidos e respostas**
 - Para isso é usada *message-passing*
- Pode estar presente um *microkernel* que manipula operações de baixo nível
- Pode ser generalizado e usado em sistemas *multimachine*

4.1.6 Exokernels

- Usa um *kernel* com funcionalidades reduzidas
 - Apenas providencia algumas abstrações de *hardware*
- Segue a filosofia de “Em vez de clonar a máquina virtual, divido-a”
 - Os recursos são **divididos em partições**, em vez de clonados
 - Os recursos são alocados às *virtual machines* e a sua utilização é controlada pelo *microkernel*
- Permite a implementação de **camadas de abstração personalizadas** consoante as necessidades
- **Eficiente:** Poupa uma camada destinada a efetuar o mapeamento

4.2 Estruturas Internas do Unix/Linux e Windows

4.2.1 Estrutura Interna do Unix (tradicional)

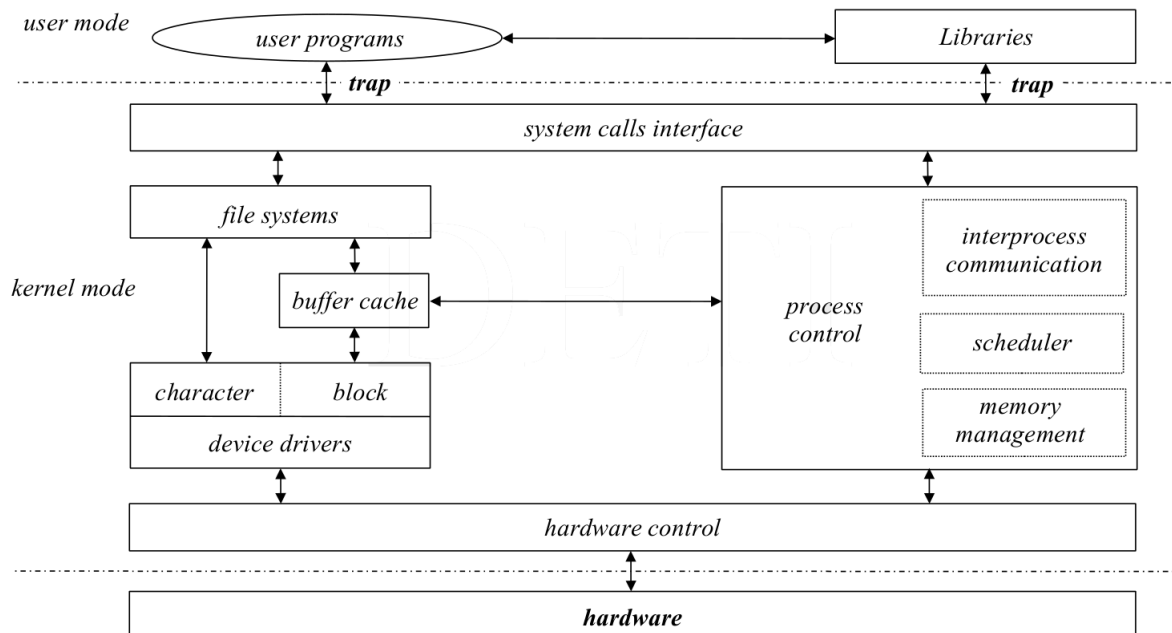


Figure 13: Estrutura Interna do Unix - Tradicional

Legenda:

- **trap:** interrupção por software (única instrução que muda o modo de execução)
- **buffer cache:** espaço do disco onde são mantidos todos os ficheiros em cache (aka abertos)
 - **desmontar uma pen:** forçar a escrita da buffer cache para a pen

Unix considera tudo como sendo ficheiros: - ou blocos (buffer cache) - ou bytes

`open`, `close`, `fork` **não são system calls**. São funções de biblioteca que acedem às `system call` (implementadas no `kernel`). São um interface amigável para o utilizador ter acesso a estas funcionalidades.

4.2.2 Estrutura Global do Unix

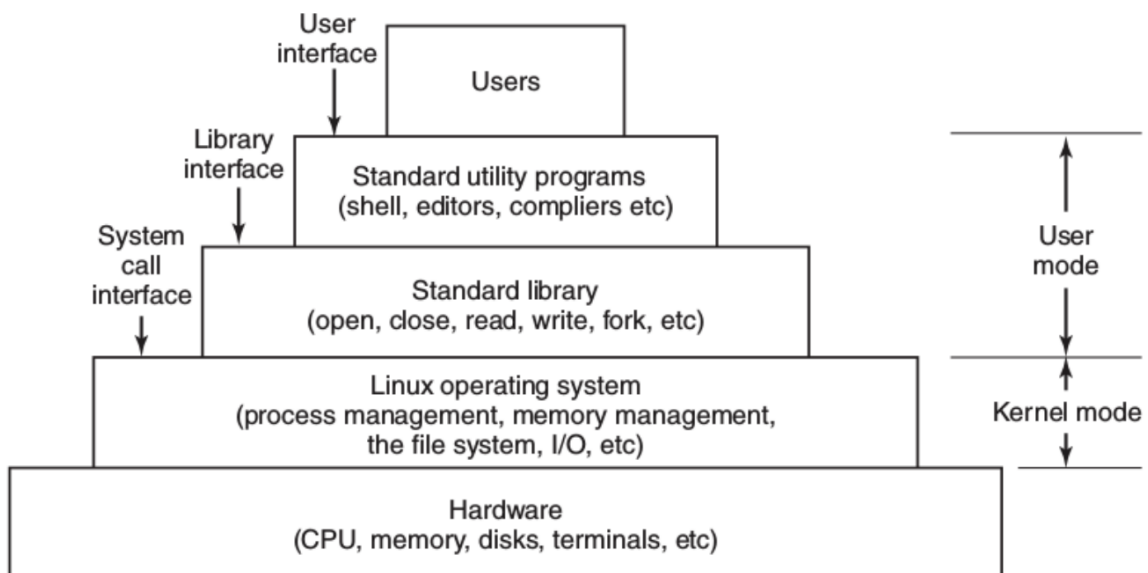


Figure 14: Estrutura Global do Sistema Linux - Retirada do livro *Modern Operating Systems*, Andrew Tanenbaum & Herbert Bos

4.2.3 Estrutura do Kernel Unix

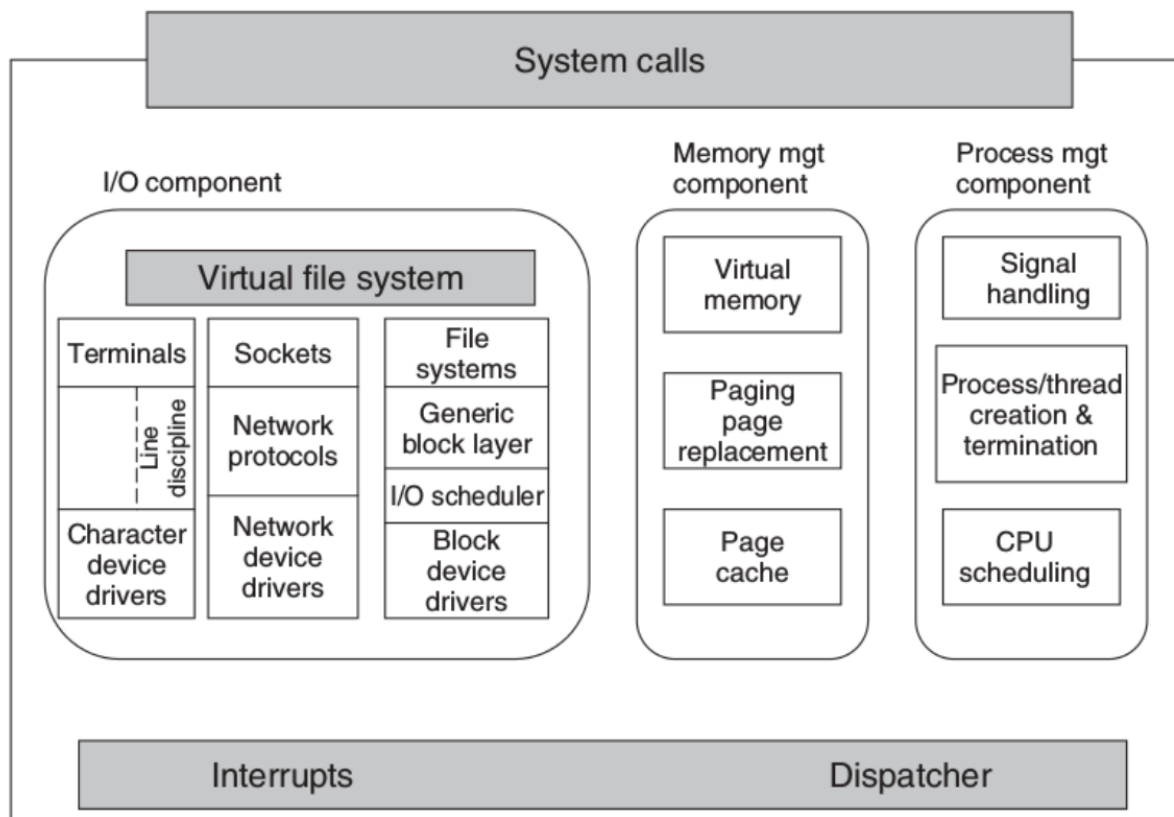


Figure 15: Estrutura do Kernel do Linux - Retirada do livro *Modern Operating Systems*, Andrew Tanenbaum & Herbert Bos

4.2.4 Estrutura do Kernel Windows

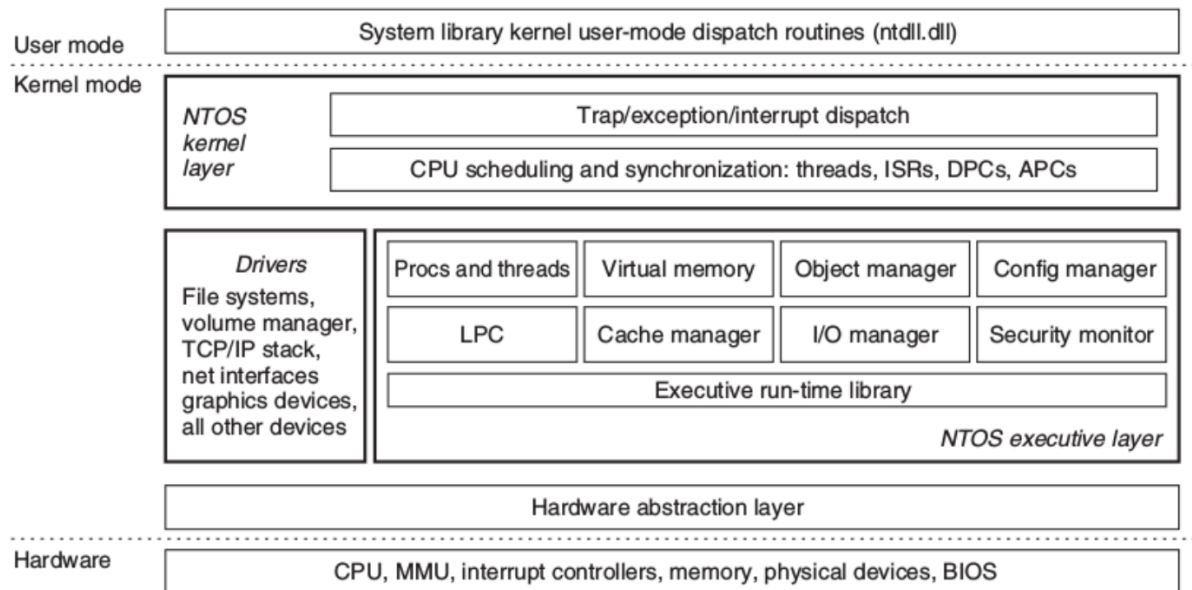


Figure 16: Estrutura Interna do Kernel do Windows - Retirada do livro *Modern Operating Systems*, Andrew Tanenbaum & Herbert Bos