Introdução aos Sistemas Operativos

Paulo Sérgio Almeida

Grupo de Sistemas Distribuídos
Departamento de Informática
Universidade do Minho

2005/2006

- Introdução aos Sistemas Operativos
  - O que é um sistema operativo
  - Evolução dos sistemas operativos
  - Conceitos envolvidos num sistema opertativo

Sistema operativo é um intermediário

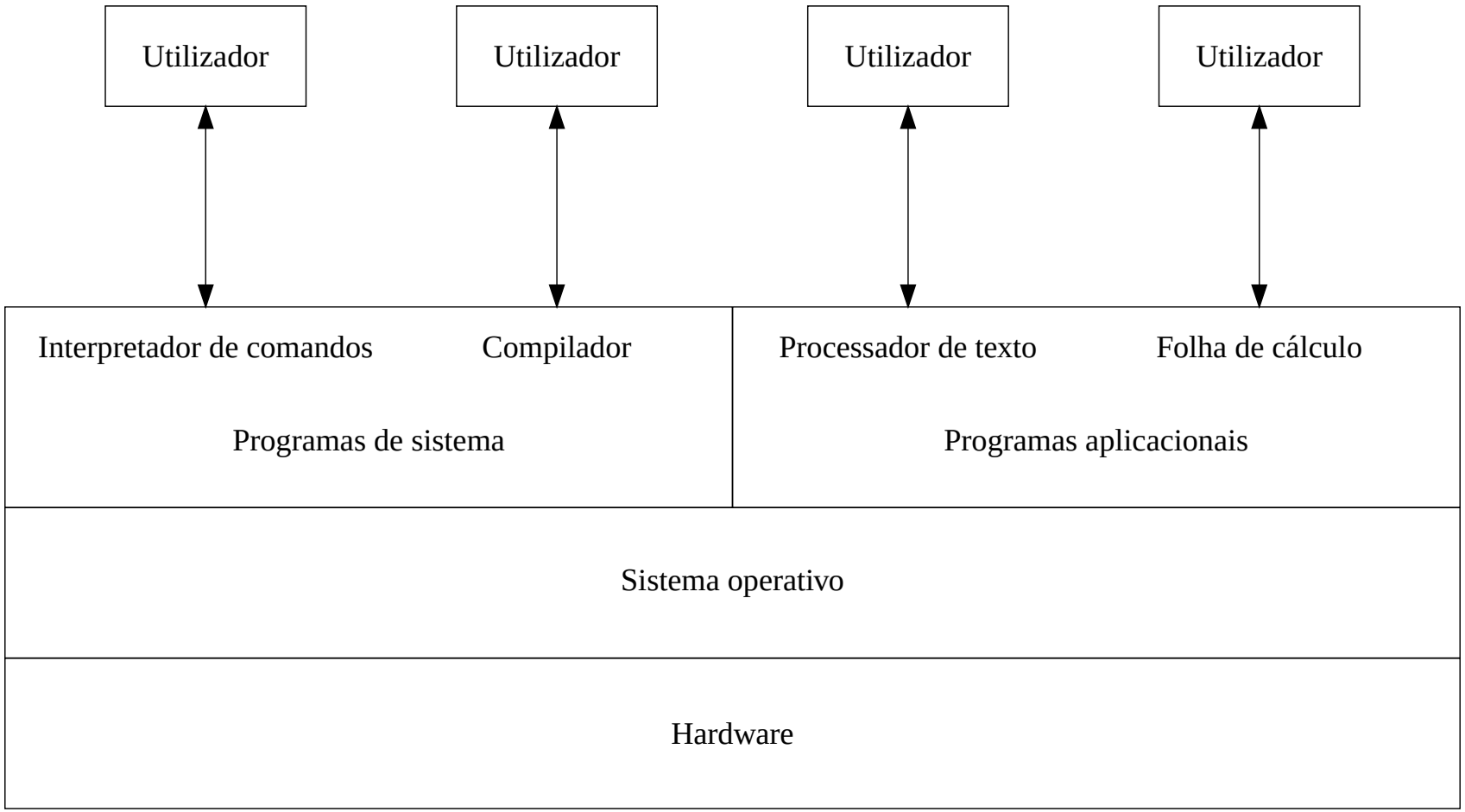
- Intermediário entre utilizadores e hardware
  - Interpretador de comandos (*shell*)
  - Sistemas de janelas
- Intermediário entre programas e hardware
  - Os principais clientes de um SO são os programas
  - Apesar de útil, interface gráfica nem sempre é necessária
  - Servidores podem nem ter interacção com utilizadores

Estrutura de um sistema computacional

Um sistema computacional pode ser dividido em:

- Hardware: CPU, memória, dispositivos I/O
- Sistema Operativo: controla e gere o uso do hardware pelas aplicações e utilizadores
- Programas de sistema: interpretadores de comandos, gestores de janelas, compiladores, bibliotecas genéricas
- Programas aplicacionais: resolvem problemas aos utilizadores, como processadores de texto, folhas de cálculo, jogos, . . .
- Utilizadores: pessoas ou computadores que funcionam como clientes dos programas

Estrutura de um sistema computacional



Sistema operativo fornece abstracção sobre hardware

- Esconde detalhes, complexidade, diferenças
  - e.g. que placa gráfica, que disco
  - e.g. Linux existe em imensas arquitecturas de hardware
- Oferece API uniforme e conveniente
  - gestão de processos: fork(), exec(), ...
  - gestão de memória: sbrk(), ...
  - sistemas de ficheiros; open(), read(), write(), ...
  - ...

Um objectivo de um SO é oferecer conveniência

Sistema operativo é um gestor de recursos

- Isolamento entre processos
  - Cada processo executa numa máquina protegida
  - Um processo não deverá poder corromper memória dos outros
  - Se um processo entrar em ciclo infinito o computador não deverá bloquear
- Controlo no acesso a recursos
  - Se vários programas tentarem imprimir ao mesmo tempo . . .
  - Multiplexação no tempo: cada processo usa o recurso à vez
  - Recursos como memória e disco podem ser partilhados; exige técnicas de alocação de espaço

Outro objectivo de um SO é a eficiência na gestão que faz

Sistema operativo define a “personalidade” de um computador

- O SO define a “personalidade” de um computador
- O mesmo computador (hardware) comporta-se de modo diferente ao arrancar diferentes SO:
  - MS-DOS
  - Windows 95
  - Windows XP
  - Linux
  - Mac OS
- Só algumas combinações de hardware e SO são possíveis; ponto forte do Linux

E afinal o que faz parte do Sistema Operativo?

- Não existe definição universal
- Há quem tente dizer que “é tudo o que vem com o computador”; e.g. a Microsoft até disse que o browser fazia parte do sistema operativo
- Uma visão oposta é dizer que é apenas o kernel: o programa que corre em modo supervisor, com funções de controlo e gestão fundamentais (memória, processos, dispositivos de I/O)
- Um meio termo será dizer que é o kernel juntamente com os programas de sistema genéricos.

Evolução dos sistemas de computação

1ª geração (1945/1955) - Válvulas, placas programáveis
2ª geração (1955/1965) - Transistores, sistemas *batch*
3ª geração (1965/1980) - Circuitos integrados, time-sharing
4ª geração (1980/) - PCs, workstations, servidores
?? - PDAs, smartphones, web, p2p, grid

No ínicio: o utilizador soberano

- Acesso livro ao computador
  - utilizador podia fazer tudo
  - utilizador tinha de fazer tudo
- Eficiência no uso do computador era baixa
  - elevado tempo de preparação
  - tempo despendido com debugging

Problemático devido ao custo muito elevado do computador

Introdução de um operador

- Introduziu-se um operador especializado
  - utilizador entrega fita perfurada ou cartões
  - operador carrega o programa, executa-o e devolve resultados
- Ganhou-se eficiência, perdeu-se em conveniência
  - operador é especialista em operação, não em programação
  - pode haver escalonamento (alteração da ordem de execução)
  - utilizador deixou de interagir com o seu programa

Introdução de programa de controlo

- Tarefas do operador podem ser automatizadas
- Programa toma o controlo:
  - controla a operação do computador
  - encadeia tarefas
  - operador passa a apenas carregar e descarregar
- Utilizadores incentivados a utilizar rotinas de I/O do sistema

Embrião de sistema operativo

Riscos de conflitos e erros

- Risco de o programa de controlo . . . perder o controlo . . .
- Erros nos programas dos utilizadores podem:
  - levar a ciclos infinitos
  - levar à destruição do programa de controlo
  - levar a erros no acesso a periféricos

Será que o programa de controlo pode proteger-se?

Hardware em auxílio do programa de controlo

Problemas anteriores motivam evolução do hardware:

- Interrupções:
  - permitem interromper os programas, mesmo que estejam num ciclo infinito
  - podem ser originadas por tempo, ou por um evento do sistema (e.g. fim de transferencia do disco).
- Modos de execução protegida:
  - intruções privilegiadas só executam em modo protegido
  - só o programa de controlo corre em modo protegido
- Protecção de memória:
  - evita que os programas do utilizador, por erro ou malícia, escrevam onde não devam
  - o programa de controlo já não pode ser destruído

Um SO moderno só é possível com hardware adequado

Aparecimento de Sistemas de batch

Processador auxiliar faz I/O de periféricos lentos:

- Uma máquina recebe cartões, que copia para banda magnética
- A banda é colocada na máquina principal, que executa os programas
- A banda com resultados é colocada noutra máquina, que os envia para a impressora

Multiprogramação

- Permite ter várias tarefas carregadas em memória central
- O tempo de CPU é repartido entre elas
- Motiva gestão da memória
- Exige ajuda do hardware para evitar acessos indevidos

Time-sharing

- Vários terminais são ligados ao computador central
- Permitem que os utilizadores voltem a interagir directamente com os seus programas
- Sistema operativo reparte o tempo de CPU pelos programas prontos a executar

Com time-sharing obtemos conveniência

Computador Pessoal

- Com os computadores pessoais volta tudo ao início:
  - utilizador soberano
  - monoprogramação, baixa eficiência
- No entanto:
  - grande conveniência para utilizadores
  - como são baratos a eficiência no uso do hardware já não é prioridade

Sistemas distribuídos

- Nos anos 80 aparecem as redes locais
- Permite partilha:
  - recursos caros
  - inconvenientes de replicar
- Permite padrões de cooperação
- Complica imenso a escrita de software:
  - que protocolos de comunicação
  - que modelos? cliente-servidor?
  - possibilidade de falhas independentes
- E por fim veio a Web . . .

Mainframes e virtualização

- SOs para mainframes desenvolvidos nos anos 60
- IBM MVS, IBM VM/CMS
- Muitos deles ainda em operação
- A ideia de usar uma máquina poderosa par correr várias instâncias isoladas de um SO é apelativa
- Pode ser útil mesmo em máquinas pequenas, melhorando a flexibilidade e segurança

A virtualização está na moda (e.g. VMware)

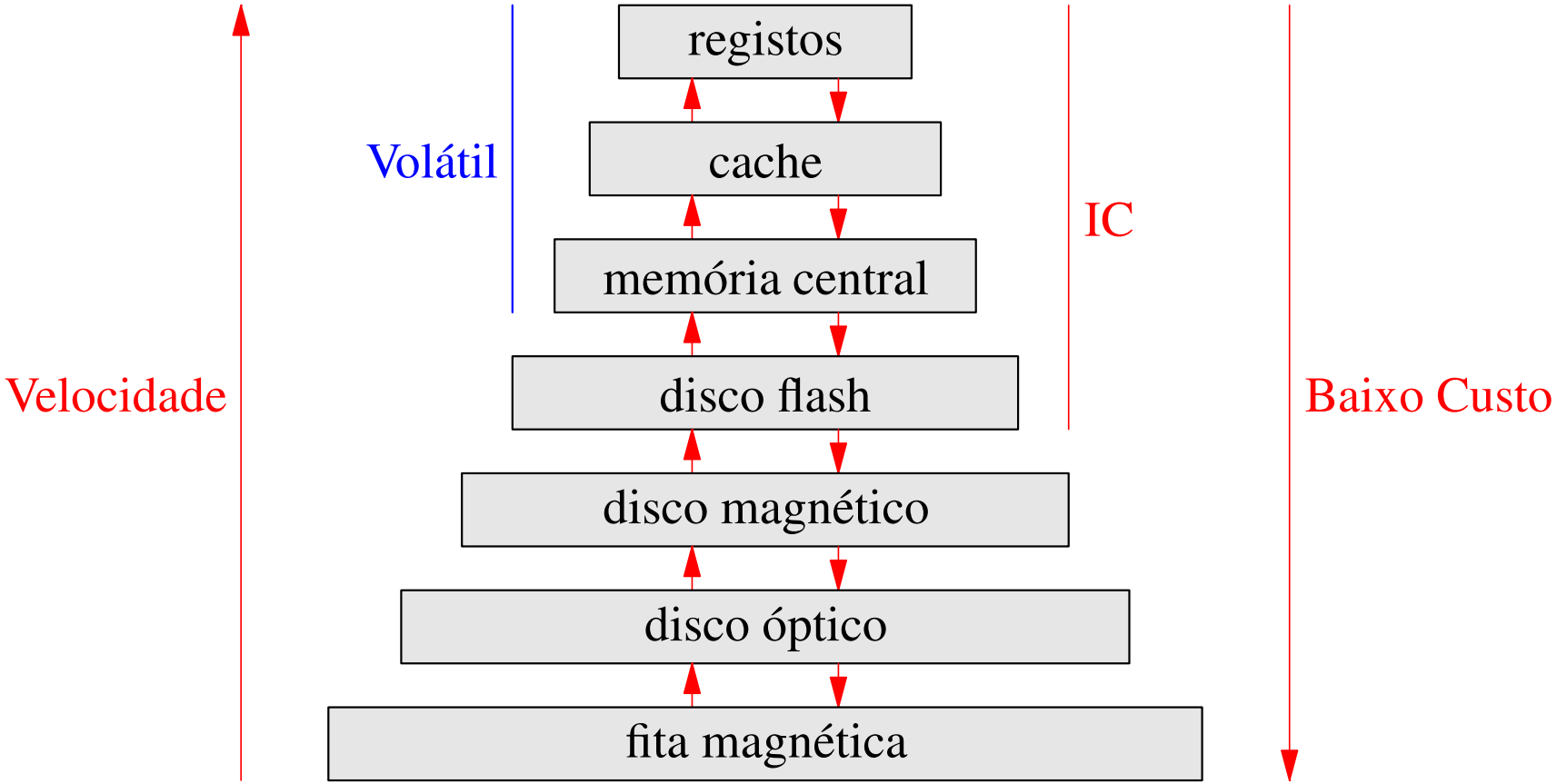
Sistemas operativos para fins específicos

- SO de tempo real:
  - para controlo de sistemas industriais, sistemas de vôo, automóveis, robôs, . . .
  - Permitem dar garantias de tempo de resposta que um SO normal não consegue
- SO para computadores com recursos limitados:
  - aparecimento de PDAs, telemóveis, sensores
  - hardware oferece menos suporte
  - outras preocupações; e.g consumo de energia

Arranque do computador

- O programa de bootstrap reside em ROM ou EPROM; é um exemplo de firmware
- é carregado no (re)arranque do computador
- Inicializa o hardware do sistema: controladores de dispositivos, memória, CPU
- carrega o kernel do sistema operativo e executa-o

Hierarquia de armazenamento



Interrupções

- Sinalização ao CPU de um evento externo ocorrido
- CPU pára o que estava a fazer e executa uma rotina de tratamento: o interrupt handler
- Do ponto de vista do programa a correr, a interrupção é assíncrona, acontece num momento não controlável
- Interrupções podem ser originadas por diferentes dispositivos
- É guardado em memória um interrupt vector, indexado pelo número do dispositivo, com os endereços dos handlers
- A rotina de tratamento deve ser curta; depois de terminada o processador recomeça onde estava
- A rotina deverá guardar e restaurar os registos do processador que necessitar de modificar

Polling

- Polling consiste em testar repetidamente se um evento aconteceu; e.g. a transferência do disco já terminou?

```
terminou = false;
while(!terminou)
  terminou = testa();
```

- Requer uso continuado de tempo de CPU
- Polling é de evitar em geral
- Particularmente grave se o evento demora a acontecer

Polling provoca desperdício; as interrupções permitem evitar o polling

Input/Output

- Um device controller:
  - está associado a um ou mais dispositivos de I/O
  - contém registos e um buffer local
- Um device driver:
  - existe no SO, associado a cada device controller
  - apresenta uma interface uniforme para aceder aos dispositivos
  - envia ordens ao controller; quando a operação termina, recebe interrupção
- O sistema de DMA – direct memory access:
  - permite a transferência de grandes quantidades de dados de um modo eficiente
  - os dados são transferidos directamente do buffer do controller para a memória central
  - não envolve intervenção do CPU
  - quando transferência termina, o CPU recebe interrupção

Multiprocessamento

- Utilização de vários CPUs numa máquina (partilhando memória)
- Vantagens:
  - aumenta o throughput: permite executar mais programas por unidade de tempo
  - economia: partilham recursos como periféricos, alimentação, disco
  - melhor fiabilidade: a falha de um CPU apenas diminui performance
- Variantes:
  - multiprocessamento assimétrico: um CPU distinguido, onde estão associados periféricos e SO
  - multiprocessamento simétrico: todos os CPU correm código do SO; exige maior sofisticação do SO
- Clusters agrupam máquinas individuais ligadas em rede

Multiprogramação e Time-sharing/multitasking

- Em ambos existem várias tarefas carregadas em memória central
- Quando uma tarefa não consegue prosseguir (e.g. requer I/O) o CPU é comutado para outra tarefa
- Melhoram a eficiência, aumentando a utilização do CPU
- Na multiprogramação uma tarefa pode prosseguir durante tempo considerável, até necessitar I/O
- Time-sharing/multitasking extensão da multiprogramação:
  - existe interacção com utilizadores: tempos de resposta baixos
  - a comutação entre tarefas ocorre a elevada frequência
  - os vários utilizadores têm a ilusão de ter a máquina só para si
  - com o multitasking temos conveniência

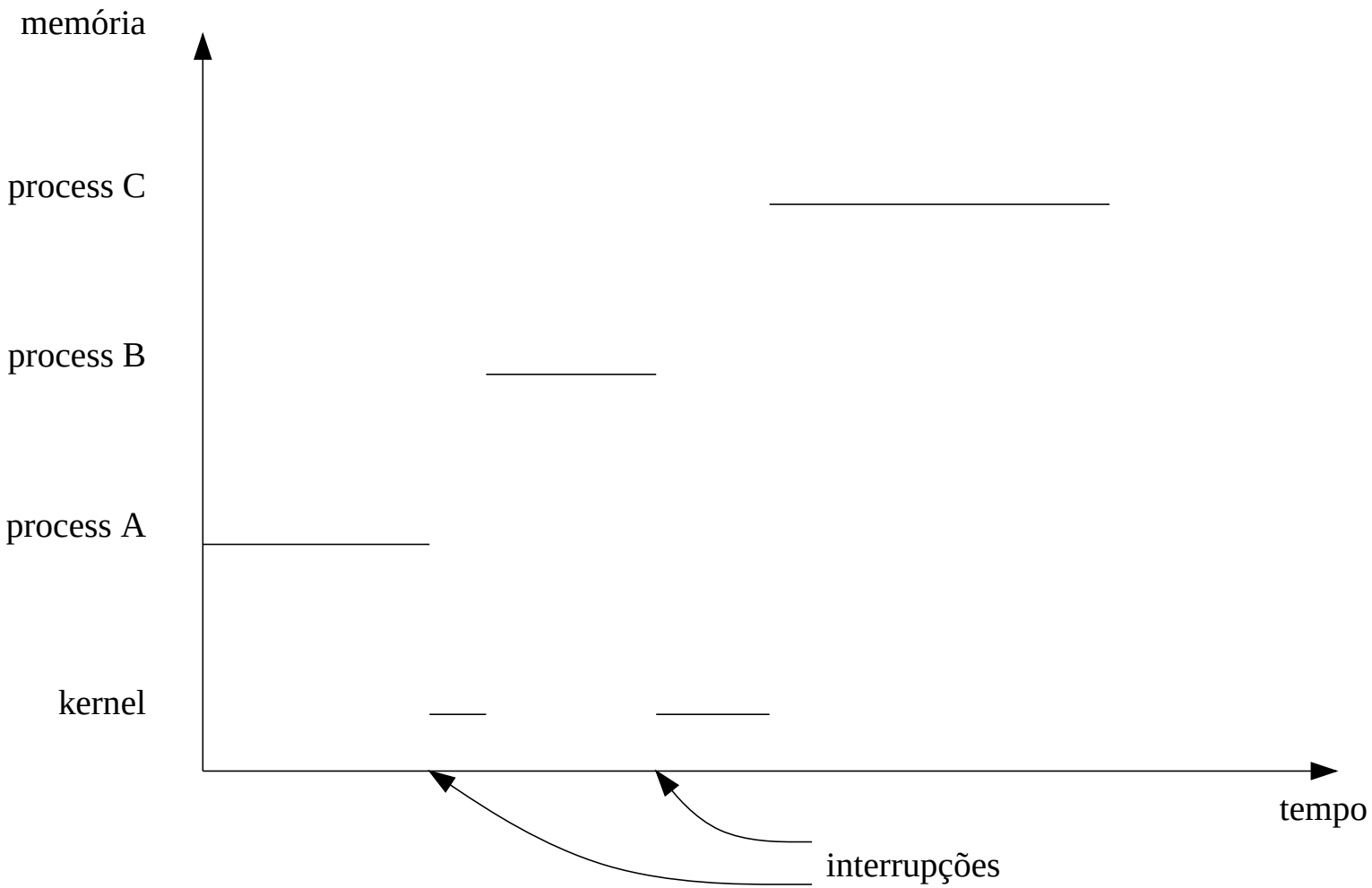
Escalonamento

- As tarefas às espera de virem para memória residem inicialmente em disco no job pool
- Em geral, apenas um subconjunto destas encontram-se em execução
- A escolha de quais vêm para memória é feita pelo escalonador de tarefas: job scheduler
- A atribuição do CPU em cada momento às tarefas em memória é feita pelo escalonador de CPU: CPU scheduler

Um Sistema operativo é interrupt-driven

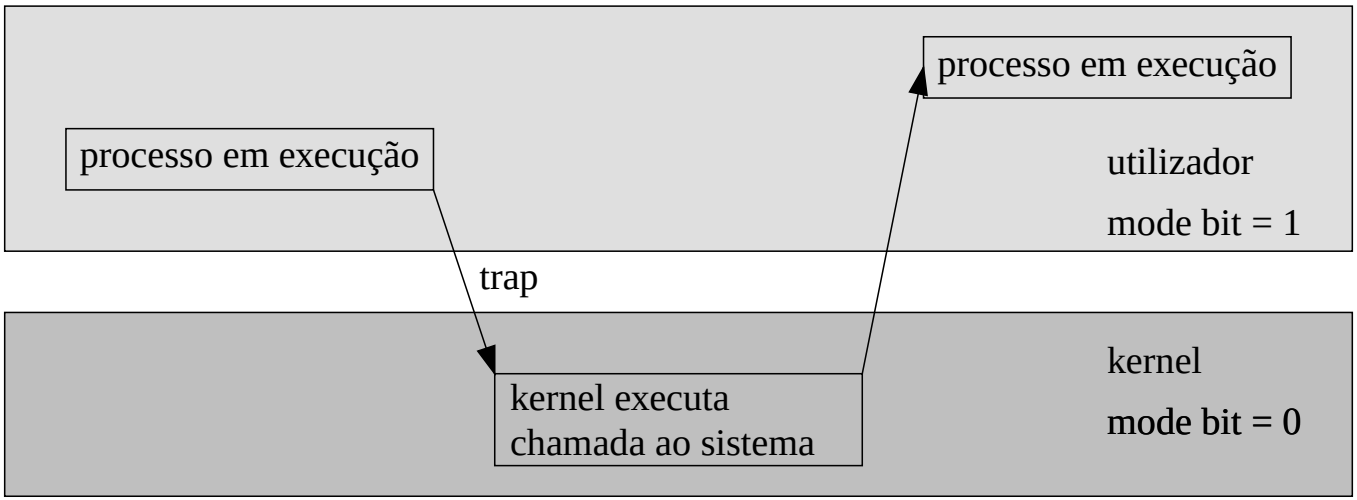
- O código do SO (kernel) corre tipicamente como resposta a um interrupt ou trap
- Uma trap é uma interrupção de software causada por:
  - erro numa instrução; e.g. divisão por zero, acesso inválido a memória
  - um pedido de código utilizador a um zerviço do sistema operativo
- Depois de correr algum código em resposta a uma interrupção:
  - quando o kernel cede o controlo do CPU não é necessariamente para voltar onde estava antes da interrupção
  - o normal é voltar ao modo utilizador a correr código de outro processo

Um Sistema operativo é interrupt-driven



Modo utilizador e modo supervisor

- Um sistema operativo moderno necessita de pelo menos dois modos de execução:
  - modo utilizador: no qual corre o código das aplicações
  - modo kernel/supervisor/protegido: no qual corre o código do kernel
- O CPU toma conta do modo num mode bit
- Quando um processo pede um serviço ao SO por uma chamada ao sistema / system call, o CPU passa ao modo kernel



Instruções privilegiadas

- Algumas instruções só correm em modo kernel
- Se forem tentadas em modo utilizador resulta numa trap
- Exemplos de intruções privilegiadas:
  - mudar de modo de execução
  - controlo de I/O
  - gestão de timers
  - gestão de interrupções
  - acesso a registos de gestão de memória

Temporizador

- Uma aplicação não deverá poder correr para sempre; e.g. ciclo infinito
- E se a aplicação não ceder controlo ao kernel voluntariamente; e.g. via chamada ao sistema?
- O problema resolve-se usando um temporizador: timer
- Este pode ser programado para provocar uma interrupção passado um tempo especificado
- Antes de voltar ao modo utilizador, o kernel armadilha o timer . . .
- . . . o que faz com que eventualmente o kernel toma o controlo outra vez

Programas, processos e threads

- Um programa é uma entidade estática; um conjunto de instruções
- Um processo é uma entidade activa: um programa a correr
- Um processo necessita de recursos como: memória, tempo de CPU, ficheiros
- Os recursos podem ser atribuidos na criação ou alocados durante a execução
- Um processo singlethreaded é sequencial: contém um único program counter
- Um processo multithreaded contém várias threads concorrentes que partilham os recursos do processo, mas tendo cada uma o seu PC

Gestão de processos

Um sistema operativo é responsável por:

- Criar e apagar processos do sistema de utilizador
- Suspender e recomeçar processos
- Disponibilizar primitivas de sincronização de processos
- Disponibilizar primitivas de comunicação de processos

Gestão de memória

- O sistema operativo necessita de:
  - tomar conta que partes da memória estão em uso e por quem
  - decidir que partes de processos colocar em memória ou remover de memória
  - alocar ou desalocar memória para processos
- Um sistema operativo moderno:
  - distingue a memória de diferentes procesoss, confinando os acessos
  - disponibiliza segmentação, onde os procesos podem utilizar vários segmentos de memória para fins diferentes
  - disponibiliza memória virtual, onde cada processo tem a ilusão de um espaço de endereçamento lógico, que pode ser muito maior do que a memória física

Gestão de ficheiros

- SO oferece vista uniforme sobre armazenamento: o conceito de ficheiro abstrai sobre propriedades físicas
- Ficheiros são organizados em directórios
- Sistemas de controlo de acesso determinam quem pode aceder a que ficheiro
- SO oferece serviços para:
  - criar e apagar ficheiros e directórios
  - manipular ficheiros e directórios
  - armazenar ficheiros em memória não volátil

Gestão de armazenamento

- Discos são usados para armazenar ficheiros e no funcionamento da memória virtual
- Discos são lentos: muita influência sobre performance global do computador
- SO trata de:
  - gerir espaço livre e alocar espaço
  - escalonamento do disco
- SO trata ainda do armazenamento terciário:
  - incluí discos ópticos e fita magnética
  - mais lento
  - diferentes modos: WORM (write-once, read-many), RW

Sistema de I/O

- Esconde peculiaridades de dispositivos de hardware
- Trata da gestão de memória de I/O:
  - buffering: armazenamento temporário
  - caching: armazemento para reuso mais rápido
  - spooling: sobreposição de I/O de diferentes tarefas
- Oferece interface genérica com device-drivers
- Disponibiliza drivers para diferente hardware