
Programação de Sistemas

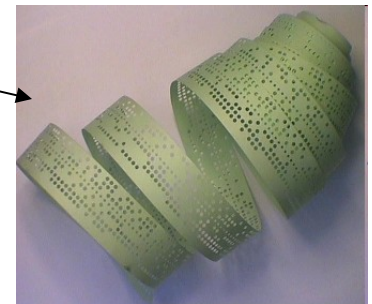
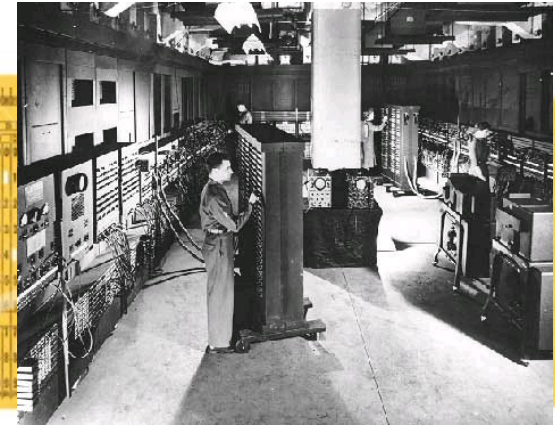
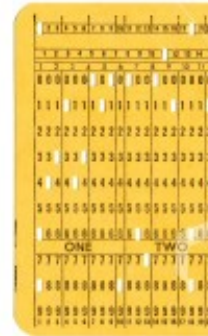
História dos Sistemas Operativos

Introdução

- Evolução dos SO catalogada pelos métodos de processamento:
 1. Série
 2. Por lotes (“batch”)
 3. Multiprocessamento
- Os SO são influenciados pelos tipos de sistemas
 - Multiprocessador
 - Distribuído
 - Pessoais (“desktop”)
 - Embebidos (“embedded”)

Processamento série (1)

- [Anos 40,50] computadores gigantesco, (1945: ENIAC-Electronic Numerical Integrator And Computer, com 19K válvulas e 1K5 KW de consumo, ocupava 167m2).
 - Dedicado a cálculo numérico, por segundo efectuava 5000 adições ou 357 multiplicações ou 38 divisões.
 - Programas e dados inseridos pelos operadores directamente no *hardware*, através de cabos inseridos em painéis.
 - Resultados afixados em lâmpadas.
- Entrada de programas e dados facilitada por cartões perfurados (“punched cards”), ou fita perfurada. Saídas passaram a ser impressas em papel.



Processamento série (2)

- Todas as operações tinham de ser definidas pelos programas.
- Problemas:
 - Produtividade baixa
 - Apenas operadores especializados podiam operar o computador

Programação equivalente a projecto da UC de Microprocessadores (sem assembly)

Processamento série (2)

Nota 1: capacidade de processamento inferior a um vulgar PDA actual.

Nota 2: insectos (“bug”) atraídos pela luz das válvulas provocavam curto-circuitos interrompendo o programa

Nota 3: dimensão e custo começam a reduzir nos anos 50 com introdução de transistores

Processamento em lotes (1)

- [Anos 50,60] Para libertar as operações repetitivas de entrada e saída, foi desenvolvido um programa utilitário – **monitor de controlo**.
 1. O utilizador entrega um trabalho (“job”) constituído por uma sequência de módulos. Os trabalhos são alinhados, pelos operadores, em lotes.
 2. O monitor de controlo lê os comandos do trabalho, fornecendo utilitários auxiliares (compilador FORTRAN, rotinas E/S,...)
 3. Os comandos de cada lote são executados sucessivamente até ao fim.

Para combater problemas de segurança, o lote pode ser interrompido quando o trabalho gerar excepções (operações ilegais, como a leitura do lote seguinte ou divisão por zero)

Processamento em lotes (2)

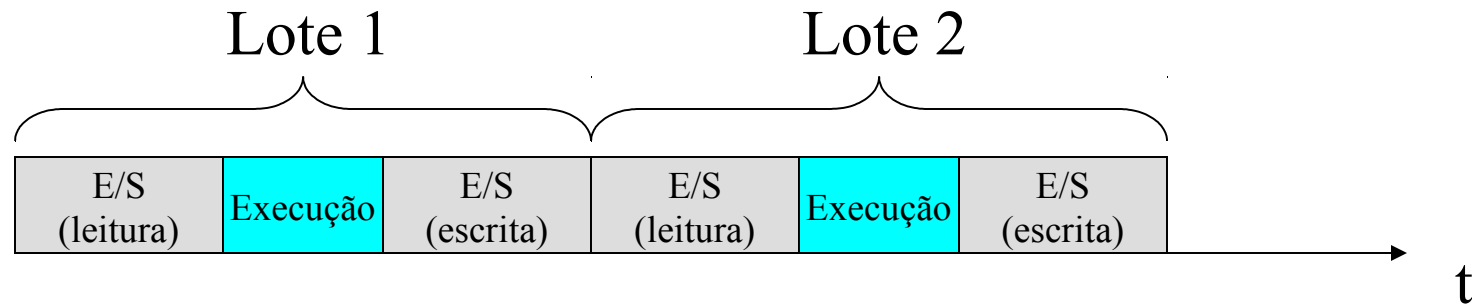
- O monitor de controlo é apenas um interpretador de comandos, um dos constituídos dos modernos sistemas operativos.

A.Formato típico de um lote

\$JOB user_spec ; identifica utilizador para contabilidade
purposes \$FORTRAN ; carrega compilador FORTRAN
; cartões do programa de utilizador
\$LOAD ; carrega o programa compilado
\$RUN ; corre programa
; cartões de dados
\$EOJ ; fim do trabalho

Processamento em lotes (3)

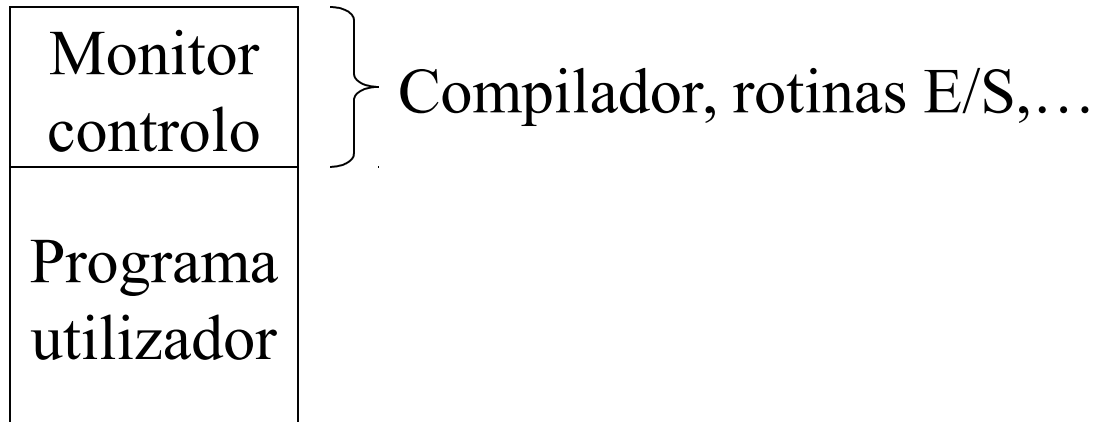
B. Ocupação do CPU



Exemplo: Fortran Monitor System (FMS) do IBM7094

Processamento em lotes (4)

C. Divisão da memória RAM



Nota: normalmente, o compilador é um programa muito maior que o espaço disponível. Para resolver o problema, usava-se a técnica de sobreposição (“overlay”) de partes.

Cada parte começa por ler os dados da parte anterior e processa-os de seguida. Depois salvaguarda os resultados num ficheiro e carrega para a memória RAM a parte seguinte.

Processamento em lotes (5)

D. Problemas

- Impossível interacção entre o programa e o utilizador (todas as entradas de dados têm de ser previamente incorporadas no trabalho)
- Os dispositivos de E/S são muito lentos (ex: velocidade típica de leitor de cartões é 20 cartões/seg)
- O trabalho pode errar (aceder à memória fora da sua área, ler as entradas do utilizado seguinte, gerar excepções por exemplo em divisões por zero,...).
- O trabalho pode nunca concluir (ex: ciclo infinito)

Processamento em lotes (6)

- Algumas soluções
 - Lentidão de dispositivos E/S resolvida por equipamentos de transferência de trabalhos para banda magnética (desenvolvidos pela IBM-International Business Machine).
 - Acesso a instruções críticas apenas pode ser executado pelo monitor de controlo, que possui modo de supervisão. Programas de utilizador correm em modo de utilizador.
 - Temporizador retorna controlo ao monitor para programas demasiado extensos.

Nota: Processamento de lotes no Linux executado através dos comandos `cron` (execução em intervalos regulares) e `at` (execução numa data posterior).

Processamento em lotes (7)

- Para efectuar E/S, o programa de utilizador chama rotinas do SO.

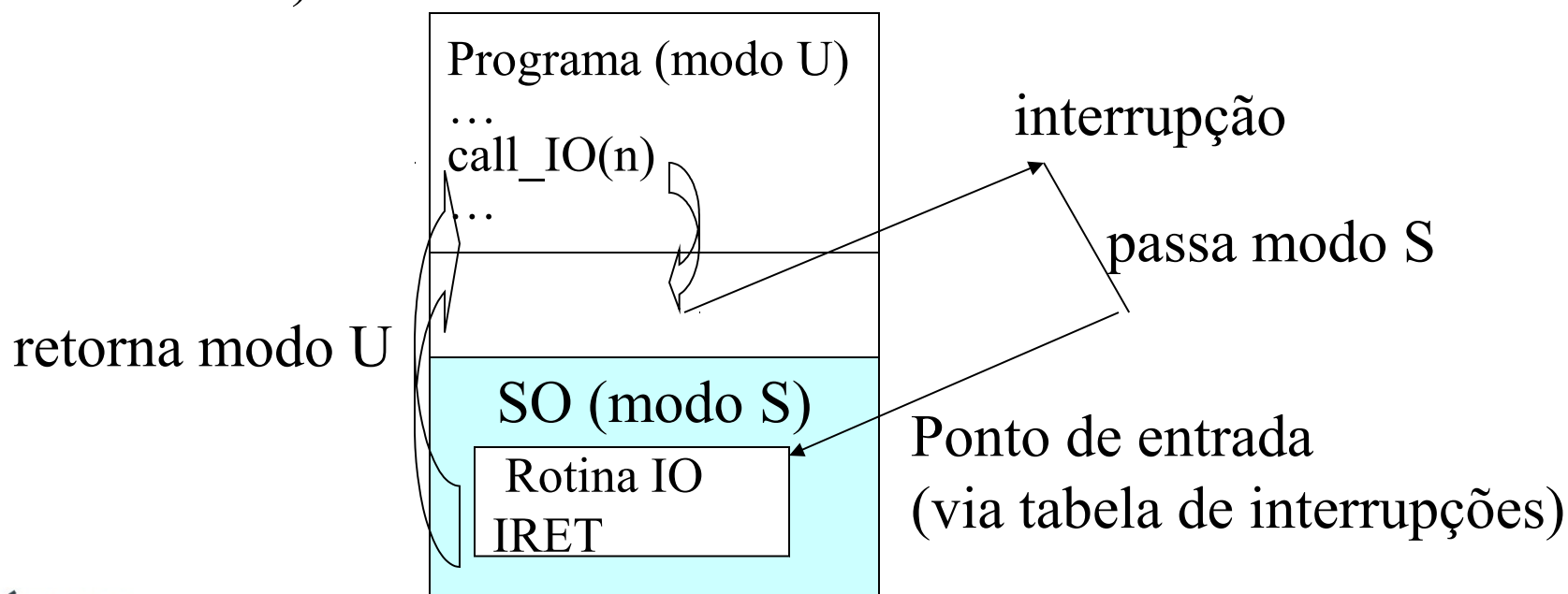
Decisão: Convém que o utilizador não conheça endereço da rotina, para que

- o sistema operativo possa evoluir,
- aumentar segurança do sistema.

Solução: criar dois modos de execução (Utilizador e Sistema), passando do modo de utilizador para sistema através de interrupções de software.

Processamento em lotes (8)

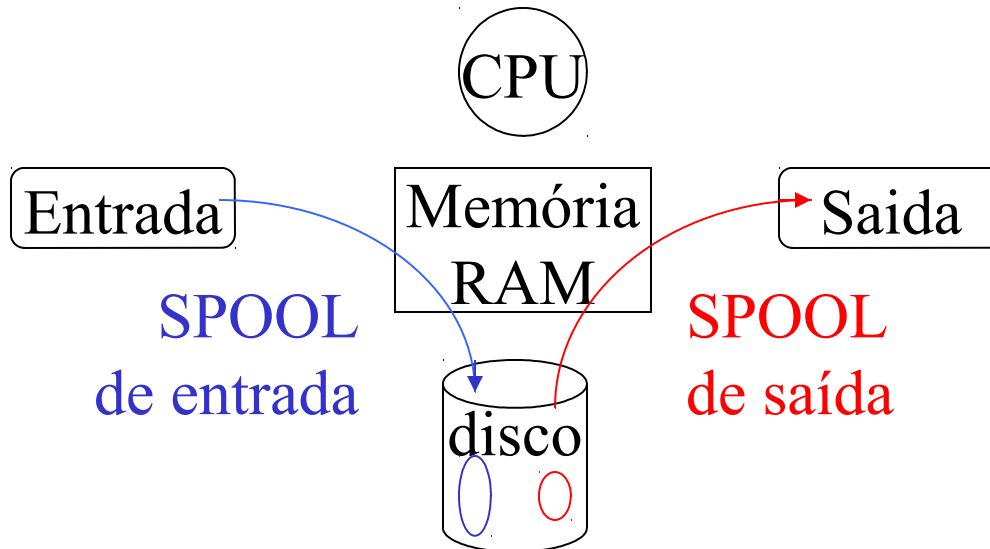
- Processadores Intel suportam 4 modos, designados por aneis (“rings”), mas apenas são usados os aneis 0 e 3.
- Algumas instruções não podem ser executadas em modo utilizador (ex: alterar páginas de memória, alterar bit de modo [^])



Processamento em lotes (9)

E. Ligação permanente de dispositivos lentos

- Os dispositivos lentos (ex: entrada-leitor de cartões, saída-impressoras) degradam significativamente o desempenho do processamento em lotes.
- O uso de discos, mais rápidos, pelo SPOOL-”Simultaneous Peripheral Operation Online”, melhora o desempenho.



Processamento em lotes (10)

- SPOOL de entrada:
 - Armazena num disco os trabalhos submetidos.
 - Quando o programa utilizador chama o SO para uma operação de READ do cartão de dados, o SO encaminha o pedido para os ficheiros em disco, nos quais foram previamente carregados os dados do cartão pedido.
- SPOOL de saída:
 - Transfere dados de disco para a impressora.
 - Quando o programa utilizador chama o SO para uma operação PRINT, acede antes uma fila em disco. Os valores do programa ficam armazenados temporariamente até o SPOOL de saída desencadear a sua impressão.
 - O acesso à impressora fica sob a inteira responsabilidade do SO, o que lhe permite escolher a ordem mais conveniente para a impressão (eg, imprimir em primeiro lugar os trabalhos mais curtos).
- O programa de utilizador não se apercebe que o periférico ao qual acede é afinal 'virtual', suportado pelo disco.

Processamento em lotes (10)

- Actualmente processamento em lotes:
 - Banca
 - Programas armazenados em disco
 - HPC (Clusters)
 - Trabalhos são submetidos
 - Ordenados
 - Executados sem interação com o utilizador
- Suportados por sistemas c/ multiprocessamento :)

Multiprocessamento (1)

- [60-70] Aumento das capacidades de hardware (CPU mais rápidos, maior memória de RAM e disco,...), redução de custo dos equipamentos. Família IBM 360, o primeiro computador com ICs (modelo 67: 9 discos amovíveis de 30MB cada, 256KB RAM, sistema operativo OS/360, até 3 utilizadores interactivos a programar Basic/PLI/Fortran).

Nota: para estimar a gigantesca evolução informática, compare com as capacidades do seu portátil (qualquer que ele seja)...



Multiprocessamento (2)

- O OS/360 continha milhões de LOC (linhas de código) em Assembly, programados por milhares de pessoas.
- Um SO de multiprocessamento é caracterizado por
 - Vários trabalhos (**Nota**: a partir de agora referidos por **processos**) são carregados para a memória RAM.
 - Cada processo 'vê' o CPU como se fosse só dele.
 - O SO encarrega-se de atribuir segmentos de tempo do CPU a cada processo.

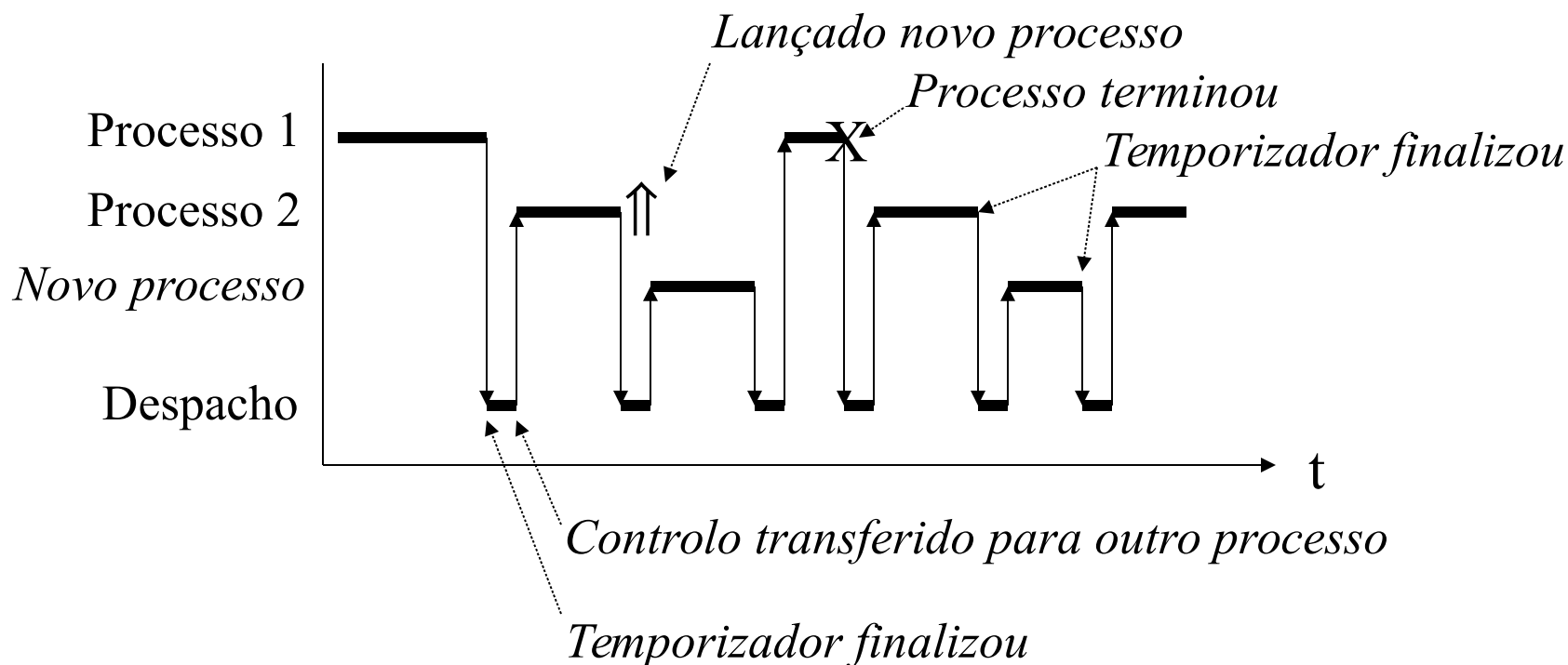
Multiprocessamento (3)

- Existem duas formas de multiprocessamento, de acordo com a duração da atribuição do CPU
 - Cooperativo: o processo só liberta o CPU quando não precisar mais dele.
Exemplo: Windows 3.x
 - **Antecipação** (“preemptive”): o sistema operativo atribui fatias de tempo (“time slice”) a cada processo. A entrega do CPU a um processo é acompanhada por um temporizador: quando este termina gera uma interrupção ao sistema operativo, para este transferir o CPU a outro processo à espera.
Exemplos: Unix, Windows 95 e NT

Central em PSis

Multiprocessamento (4)

A. Ocupação do CPU



Multiprocessamento (5)

B. Entrelaçamento

Porque o SO pode transferir em qualquer altura o CPU de um processo para outro, as instruções de cada processo (embora obrigatoriamente ordenadas entre si) podem ter instruções de outros processos executados em permeio.

[Def] Entrelaçamento (“interleaving”): disseminar instruções de um processo seguido de instruções de outro processo.

[Def] Traço (“trace”): uma das possíveis ordens de execução de instruções de vários processos.

- Ex: sejam dois processos P1:abc e P2:def. Os traços possíveis são: abcdef, abdcef, abdecf, abdefc, adbcef,, defabc

Multiprocessamento (6)

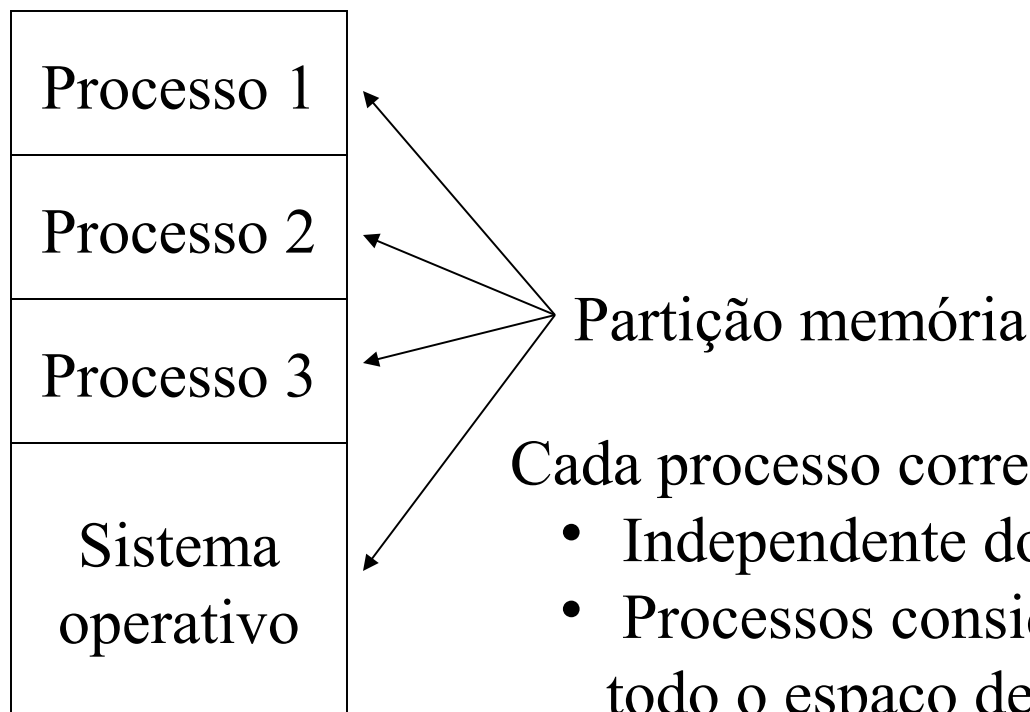
[Def] Computação concorrente: execução de vários processos que interagem entre si.

[Def] Sistema determinista: para as mesmas entradas, os resultados produzidos em todos as entrelaçamentos são iguais.

Se os resultados não forem todos iguais, o sistema diz-se não determinista ou sujeito a condições de corrida (“race conditions”).

Multiprocessamento (7)

C. Distribuição de memória



Cada processo corre em memória virtual.

- Independente do endereço físico.
- Processos consideram que têm para si todo o espaço de memória.

Multiprocessamento (8)

D. Funções do SO

- Gestão de processos: criação, destruição e comunicação entre processos.
- Gestão de memória: atribuir fracção de RAM a cada processo, garantindo reserva de acesso.
- Escalonamento: decidir que processo entra em funcionamento.

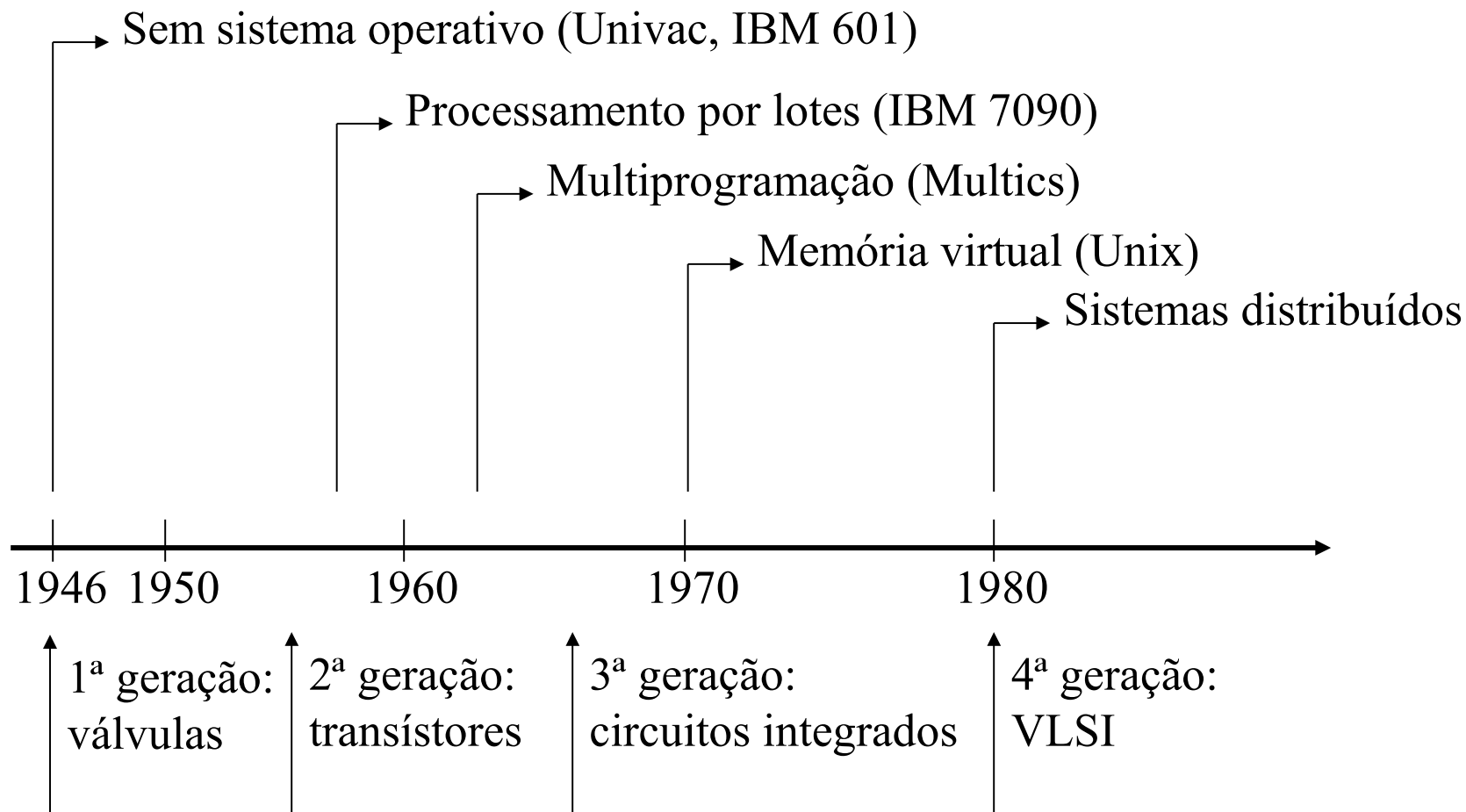
E. Interactividade

- Utilizadores inserem ordens e recebem resultados.
- Organização de dados em ficheiros e protecção de acessos tornam-se componente importante de um SO.

Multiprocessamento (8)

- Problemas
 - Proteção de memória
 - Escalonamento de processos
 - Sincronização aos recursos
- Vantagens
 - Múltiplos utilizadores
 - Optimização dos recursos
 - Múltiplos procesadores

Calendário



Escalonamento

- Os sistemas operativos são divididos em duas classes, conforme temporização adoptada para execução dos programas:
 - **Tempo virtual:** tempo de execução dos programas não é relacionado com o tempo cronológico.
 - Maioria dos sistemas operativos (Linux, Windows, ...) adopta esta abordagem.
 - Abordagem seguida em Programação de Sistemas.
 - **Tempo real:** computador tem de responder aos estímulos num período de tempo determinado.
 - Sistemas operativos de tempo real usados em controlo industrial e equipamentos móveis (aviões, carros,...) em sistemas embutidos.

Nota: tópico central na disciplina
Sistemas Computacionais Embebidos

Arquitecturas

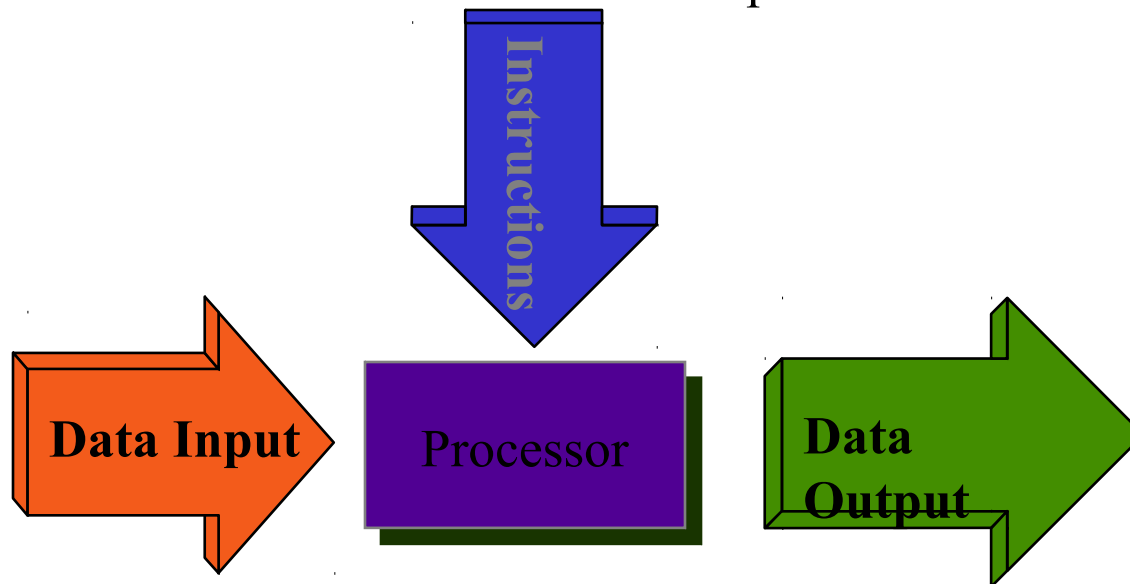
- Vários esquemas de classificação das arquiteturas de computadores foram propostos
 1. Capacidade
 2. Taxonomia de Flynn (número de controlos e fluxos de dados).

Flynn, M., Some Computer Organizations and Their Effectiveness, IEEE Trans. Computers, Vol. C-21, pp. 948, 1972

Classificação de Flynn (1)

A. SISD

- Um único elemento de controlo.
- Um único fluxo de dados a ser processado.



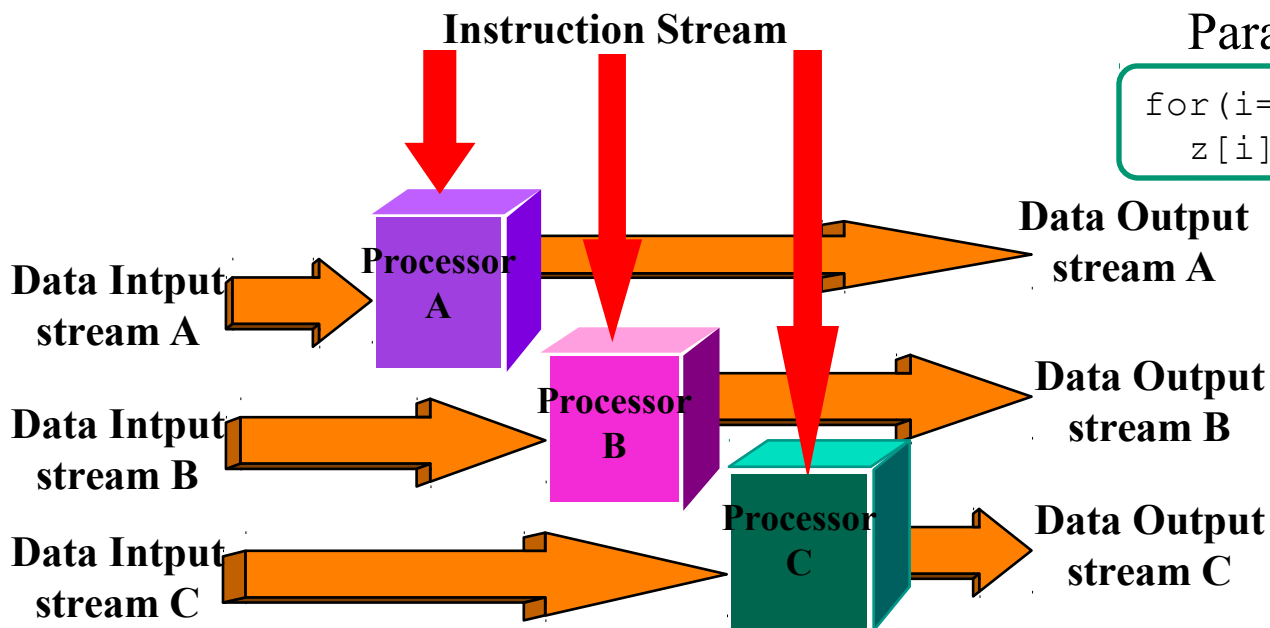
Exemplos: estações de trabalho, portáteis

Nota: desempenho do sistema limitado pela transferência interna de informação

Classificação de Flynn (3)

C. SIMD

- Único elemento de controlo.
- Vários fluxos de dados processados em paralelo.



Paralelismo dados

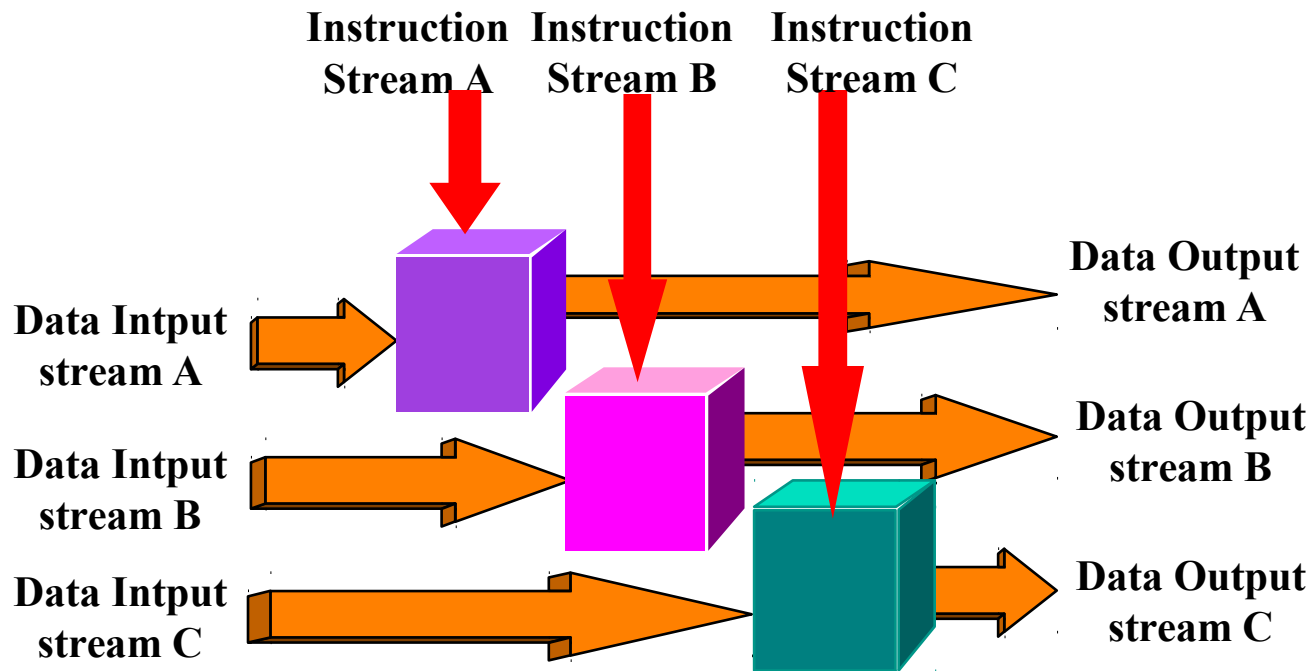
```
for (i=0; i<N; i++)  
    z[i]=foo(x[i], y[i]);
```

Exemplos: supercomputadores Cray, GPUs

Classificação de Flynn (4)

D. MIMD

- Vários elementos de controlo.
- Vários fluxos de dados processados em paralelo.



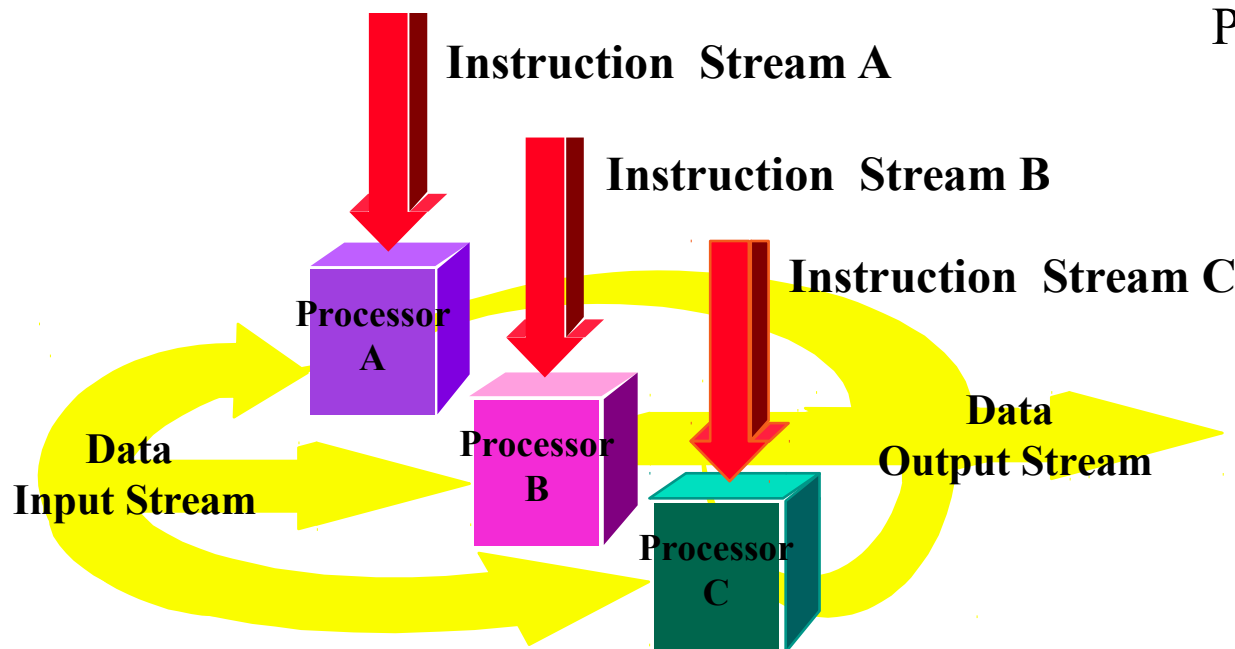
Classificação de Flynn (2)

B. MISD

- Vários elementos de controlo.
- Único fluxo de dados processado por instruções distintas.

Paralelismo funcional

```
z1=fooA(x,y);  
z2=fooB(x,y);  
z3=fooC(x,y);
```



Nota: não são conhecidas aplicações práticas

Classificação por capacidade (1)

- Os SO são grandemente influenciados pelos tipos de sistemas informáticos. No ano 2000+ são conhecidos 7 tipos, segundo ordem descendente de capacidades:

A. Supercomputadores

Dedicados a processamento numérico (ex: simulação).

- “Cluster” de computadores
- Cray —————→

Preço na ordem de vários M.

Unix é o SO mais usado.



Classificação por capacidade (2)

B. Grande porte (“mainframes”)

Suportam elevado número de terminais e armazenamento de informação, instalados dedicados (ex: instituições financeiras).

Preço na ordem de várias centenas de K.
SO mais usados da IBM.



C. Minicomputadores

Suportam vários utilizadores.

Actualmente preteridos a favor dos servidores de topo.

Classificação por capacidade (3)

D. Paralelos

Constituídos por vários processadores, cada um processando uma fracção de dados escalares (ex: simulação)

- Distribuem tarefas.
- Partilham memória e relógio.
- Comunicação normalmente efectuada por memória comum.

Vantagens: maior débito, maior fiabilidade, mais económico.

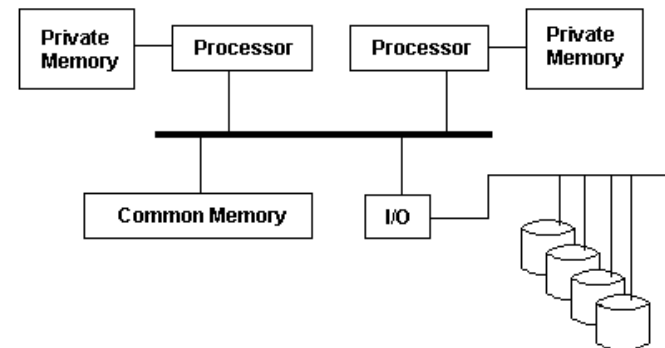
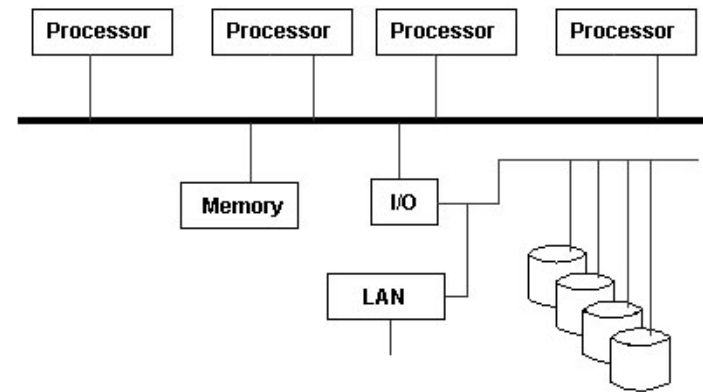
Existem várias arquitecturas de sistemas paralelos

Nota: tópico central nas disciplinas *Sistemas Operativos Distribuídos e Computação Paralela e Distribuída*

Classificação por capacidade (4)

Existem várias abordagens de computação paralela:

1. Symmetric multiprocessing (SMP): cada processador corre uma cópia idêntica do SO.
2. Asymmetric multiprocessing (AMP):
 - Nó mestre (“master”) corre SO e escala os processadores escravos.
 - Nós escravos (“slave”) correm as aplicações.



Classificação por capacidade (5)

E. Distribuídos

Distribui computação por vários processadores, cada um podendo processar informação distinta.

- Cada processador tem a sua memória local.
- Comunicação efectuada por barramentos (“buses”) ou por rede.

Nota: arquitecturas distribuídas de cliente-servidor e P2P descritos no capítulo sobre comunicação entre processos.

Nota: tópico central nas disciplinas *Sistemas Operativos Distribuídos* e *Computação Paralela e Distribuída*

Classificação por capacidade (6)

F. Servidores (“servers”)

Sistemas informáticos que disponibilizam serviços a outros computadores-clientes, através de uma rede.

Preço na ordem de várias dezenas de K.

- Serviços típicos: WWW, resolução de nomes, Email,...
- Poucos utilizadores (normalmente apenas administradores) com interfaces pobres.
- Usualmente colocados em bastidores (“rack”) de 19".
- SO mais usados: Linux, Windows NT.
- Fiabilidade elevada.



Classificação por capacidade (7)

G. Pessoais

Sistemas informáticos de reduzida dimensão, normalmente com um único microprocessador, usados para

- apoio burótico (processamento texto, email,...) a um único utilizador.
- mobilidade de utilizador, com ligação à Internet sem fios a alta velocidade.
- controlo de máquinas simples (multibanco,...)

Preço na ordem de K.

Computadores pessoais catalogados pela dimensão.

Classificação por capacidade (8)

1. Estações de trabalho (“workstations”)

- Interfaces gráficas de elevada dimensão (17" ou 21").
- Grande capacidade de processamento em vírgula flutuante.
- Microprocessadores típicos de arquitectura RISC-”Reduced Instruction Set Computer”.
- SO mais usado são variantes do Unix (SunOS, Linux).

SPARC-1 da SUN



Classificação por capacidade (9)

2. Secretária (“desktop”)

- Computadores de grande consumo
 - Dedicados a actividades simples (apoio burótico, acesso ao WWW, jogos,...)
 - Capacidade de incluir opções de equipamento (discos, memória RAM, cartas dedicadas,...)
 - SO mais usado: Windows (Linux para mundo académico)
- Apple II, o primeiro computador de secretária de grande divulgação
 - Processador 6502 (8 bits)
 - RAM típica de 48 KB
 - Programa mais usado: Visicalc (folha de cálculo)
 - Hoje, os PCs possuem potência de minicomputadores
 - Processador 64 bits (Intel Core2, AMD64)
 - RAM típica de 2GB, discos típicos de 160GB
- Programação de Sistemas



Classificação por capacidade (10)

3. Portátil (“notebook” ou “laptop”)

- Computadores leves, tipicamente 3Kg, de reduzida dimensão
- Monitor LCD/plasma incorporados entre 10” e 15”.
- Inexistência de opções de equipamentos, por forma a reduzir a dimensão.
- Bateria permite utilizador trabalhar algumas horas sem estar ligado à corrente eléctrica.
- Ligação sem fios WiFi-“wireless fidelity” à Internet.
- SO mais usados: mesmo dos computadores de secretária (Windows XP/Vista/7, MacOS e Linux).



Classificação por capacidade (11)

4. Tablet

- Equipamento intermédio, entre portátil e computador de bolso, divulgado em 2001 pela Microsoft.
Vendas arrancaram apenas em 2010 com o iPad da Apple.
- Écran de 10”, sem teclado.
- Peso à volta de 1Kg.
- Utilizador interage por dedo ou com auxílio de estilete.



Classificação por capacidade (12)

5. Computador de bolso (PDA-Personal digital assistant)

- Agenda electrónica, com capacidades elementares de escritório.
- Interação por estilete e controlo remoto de equipamentos electrónicos.
- Ligação sem fios WiFi-"wireless fidelity" à Internet.
- SO mais usados pela seguinte ordem:
 - Symbian OS (para telemóveis Nokia),
 - Android (desenvolvido pela Google, baseado no Linux),
 - iOS (Apple , derivado do MacOS),
 - Blackberry OS (da RIM),
 - Windows Mobile (Microsoft)



Classificação por capacidade (13)

6. Embutidos (“embedded”): equipamentos encapsulados nos dispositivos controlados.
- Dimensões e custos reduzidos.
 - Interfaces simples (série ou USB, CAN-Controller Area Network)
 - Podem sofrer restrições de tempo-real.
 - Dedicado a tarefas específicas, tipicamente de controlo de equipamentos (leitores MP3, controladores de equipamentos fabris,...)

Nota: tópico central na disciplina
Sistemas Computacionais



Nota: por vezes designados sistemas embebidos

Sistemas Operativos vistos em PSis (1)

- Em PSis-Programação de Sistemas são estudados:
 - Aspectos teóricos de SOs de tempo virtual.
 - Processos e Fios de execução
 - Comunicação e Sincronização
 - Gestão de memória e E/S
 - Sistema de ficheiros
 - Descritas técnicas de implementação no sistema operativo LINUX
 - Sistema aberto, i.e. código acessível e gratuito.
 - Corre em PC e portáteis.
 - Amplamente divulgado no meio académico.
 - Amplamente usado em servidores.

Sistemas Operativos vistos em PSis (2)

- Previsões sobre computadores são, frequentemente, muito duvidosas \perp
 - “I think there is a world market for, maybe, five computers.”
Thomas Watson, chairman of IBM, 1943.
 - “There is no reason for any individual to have a computer in their home”.
Ken Olson, president and founder of Digital Equipment Corporation, 1977.
 - “640K [of memory] ought to be enough for anybody”
Bill Gates, 1981: **Nota**: alegação desmentida pelo próprio.
 - “The tablet PC... is virtually without limits -- and within five years I predict it will be the most popular form of PC sold in America.”
Bill Gates, Comdex 2001.
 - “On several recent occasions, I have been asked whether parallel computing will soon be relegated to the trash heap reserved for promising technologies that never quite make it.”
Ken Kennedy, CRPC Directory, 1994