

Sistemas Operacionais

Prof. Jó Ueyama

Apresentação baseada nos slides da Profa. Dra. Kalinka Castelo Branco, do Prof. Dr. Antônio Carlos Sementille e da Profa. Dra. Luciana A. F. Martimiano e nas transparências fornecidas no site de compra do livro “Sistemas Operacionais Modernos”



Dispositivos de Entrada e Saída

- * SO pode atuar de duas maneiras diferentes:
 - Como máquina estendida (*top-down*) – tornar uma tarefa de baixo nível mais fácil de ser realizada pelo usuário;
 - Como gerenciador de recursos (*bottom-up*) – gerenciar os dispositivos que compõem o computador;



Dispositivos de Entrada e Saída

* Funções específicas:

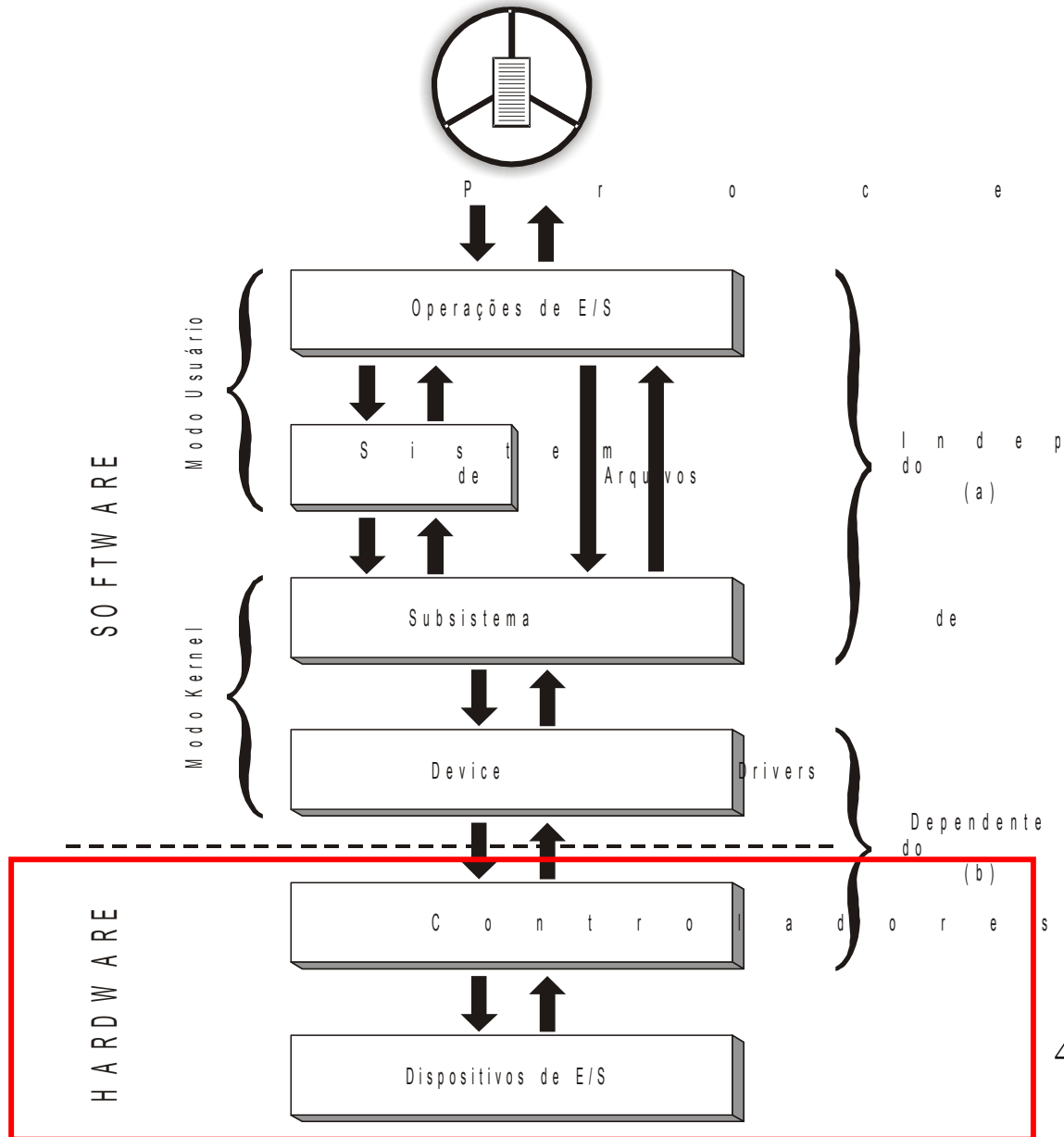
- Enviar sinais para os dispositivos;
- Atender interrupções;
- Gerenciar comandos aceitos e funcionalidades (serviços prestados);
- Tratar possíveis erros;
- Prover interface entre os dispositivos e o sistema;

* Princípios:

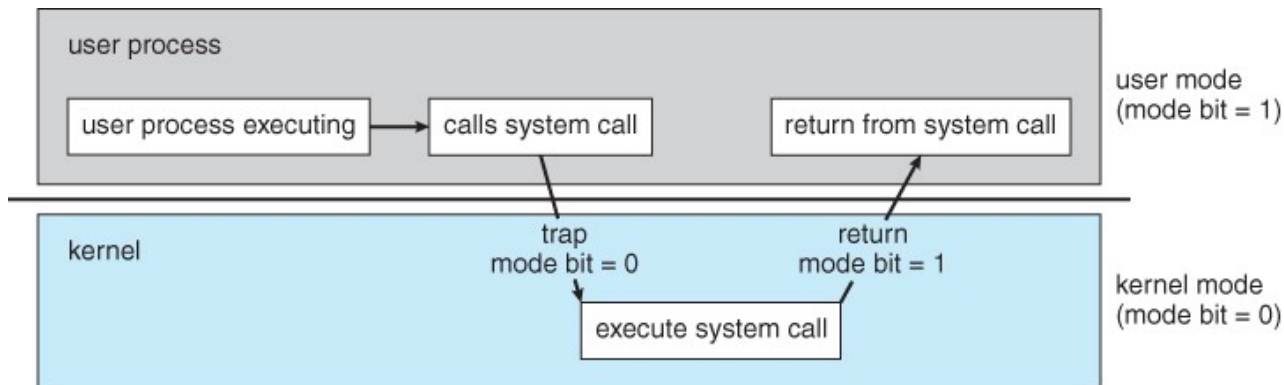
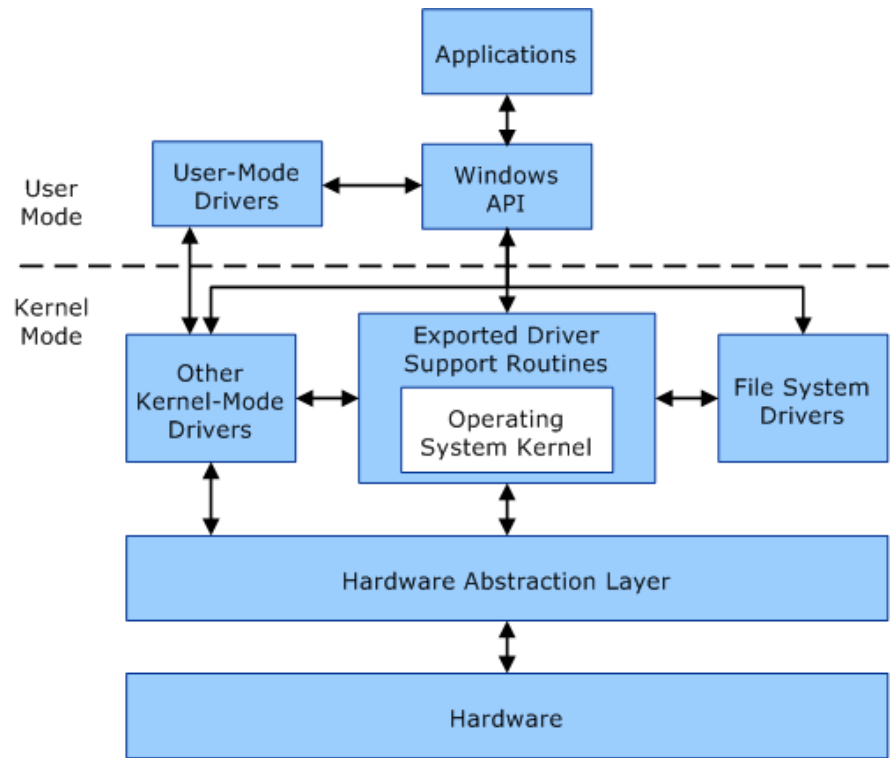
- Hardware;
- Software;



Dispositivos de Entrada e Saída



Modo Kernel e de Usuário



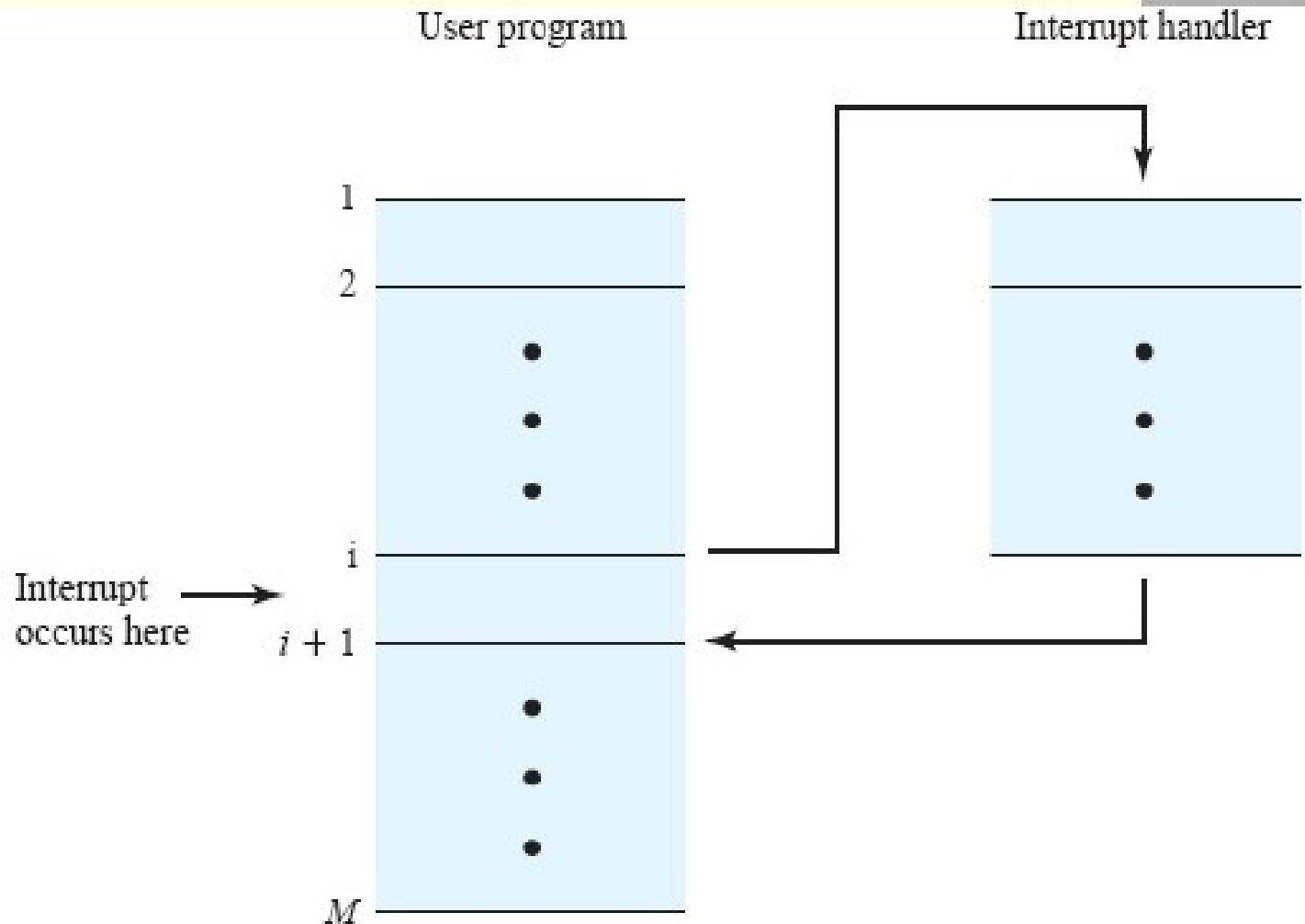
Gerência de E/S

GERENCIAMENTO DE ENTRADA E SAÍDA

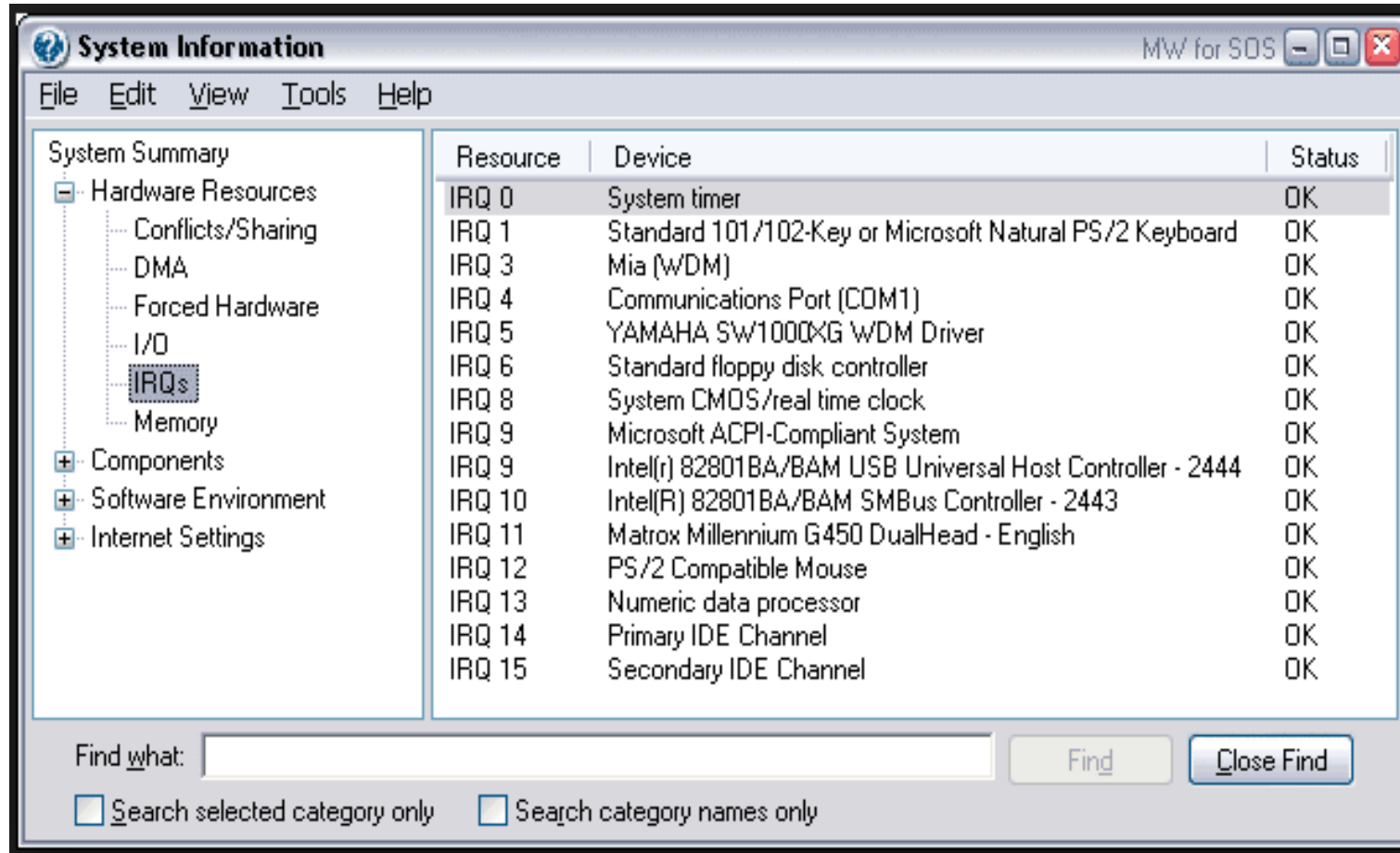
- Uma das funções principais de um Sistema Operacional é controlar todos os dispositivos de entrada/saída do computador. Ele deve:
 - enviar comandos aos dispositivos;
 - atender interrupções;
 - fornecer uma interface entre os dispositivos e o resto do sistema que seja simples e fácil de usar.

Geralmente, o código para tratamento da entrada e saída representa uma fração significativa do sistema operacional total

Como as interrupções são tratadas?



Interrupções - Exemplos



The screenshot shows the 'System Information' window in Windows. The 'Hardware Resources' section is expanded to show 'IRQs'. The main pane displays a table of IRQs and their associated devices and status.

Resource	Device	Status
IRQ 0	System timer	OK
IRQ 1	Standard 101/102-Key or Microsoft Natural PS/2 Keyboard	OK
IRQ 3	Mia (WDM)	OK
IRQ 4	Communications Port (COM1)	OK
IRQ 5	YAMAHA SW1000XG WDM Driver	OK
IRQ 6	Standard floppy disk controller	OK
IRQ 8	System CMOS/real time clock	OK
IRQ 9	Microsoft ACPI-Compliant System	OK
IRQ 9	Intel(r) 82801BA/BAM USB Universal Host Controller - 2444	OK
IRQ 10	Intel(R) 82801BA/BAM SMBus Controller - 2443	OK
IRQ 11	Matrox Millennium G450 DualHead - English	OK
IRQ 12	PS/2 Compatible Mouse	OK
IRQ 13	Numeric data processor	OK
IRQ 14	Primary IDE Channel	OK
IRQ 15	Secondary IDE Channel	OK

Traps – Interrupção de SW

```
public class MainClass {
    public static void main(String args[]) {

        int urAns, urDiv;

        try {

            urDiv = 0;
            urAns = 25 / urDiv;

            System.out.println("Do you really think this will print out? No! It won't")
        }

        catch (ArithmeticException e) {

            System.out.println("Division by zero not Possible!");

        }

        System.out.println("This will print out after Exception Handling");
    }
}
```

Gerência de E/S

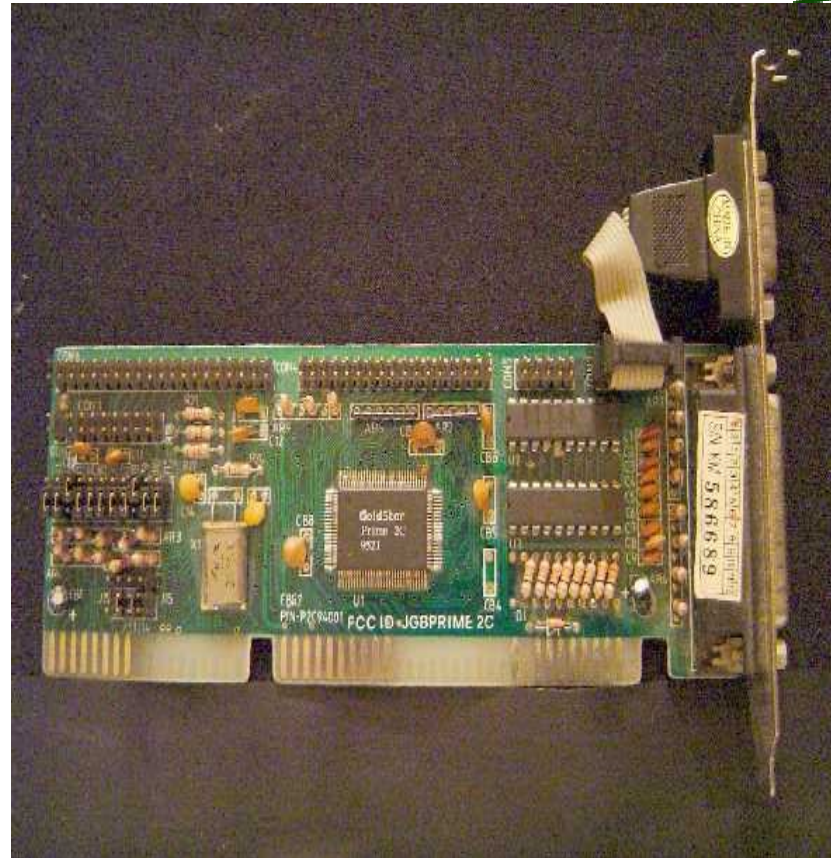
Módulos de E/S: Controladores de Dispositivos

Princípios do Hardware de E/S

As Unidades de E/S são geralmente compostas de dois componentes principais:

- ▮ **Controlador de dispositivo:** parte programável (Nos PCs é normalmente uma placa de circuito impresso);
 - ▮ **Componente Mecânico**
-
- ▮ **Muitos controladores podem controlar vários dispositivos idênticos**
 - ▮ **Órgãos de padronização: IEEE, ISO, ANSI, etc.**

Gerência de E/S



Gerência de E/S

- | O S.O. sempre trata com o controlador, não com os dispositivos.**
- | A Comunicação entre UCP e controladores é feita através de barramentos comuns (interface de alto nível)**
- | Interface entre controlador e dispositivo: baixo nível**
- | Mainframes: múltiplos barramentos e processadores especializados em E/S (canais de E/S).**

Gerência de E/S



- | Controlador de disco:** converte o fluxo serial de bits em um bloco de bytes, executando qualquer correção necessária.
- | Cada controlador possui registradores para a comunicação com a UCP.**
- | Em alguns computadores:** estes registradores podem fazer parte do espaço de endereçamento da memória principal.

Gerência de E/S

I O S.O.: executa E/S escrevendo comandos (e seus parâmetros, se existirem) nos registradores dos controladores.

I Quando um comando é aceito, a UCP pode deixar que o controlador trabalhe sozinho, indo executar outra tarefa.

I Quando o dispositivo termina, avisa a UCP através de uma interrupção.

Gerência de E/S



Operação dos Módulos de E/S

Os módulos de E/S podem operar de 3 maneiras básicas:

- E/S programada
- E/S via Interrupções
- E/S via Acesso Direto à Memória

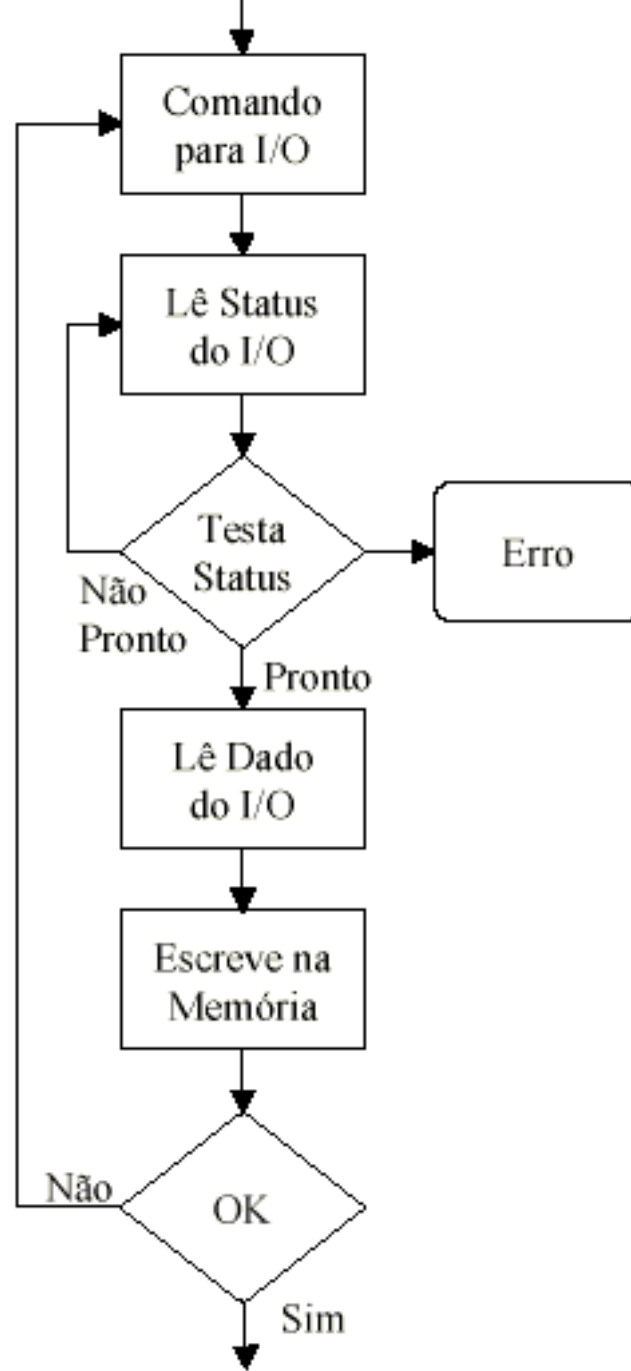
O que distingue as três formas: a participação da UCP e a utilização das interrupções

Gerência de E/S

I E/S Programada

- Na E/S programada: os dados são trocados entre a UCP e o Módulo de E/S
- A UCP executa um programa que:
 - verifica o estado do módulo de E/S, preparando-o para a operação;
 - se necessário, enviando o comando que deve ser executado; e
 - **aguardando** o resultado do comando, para então, efetuar a transferência entre o módulo de E/S e algum registrador da UCP.

I E/S Programada



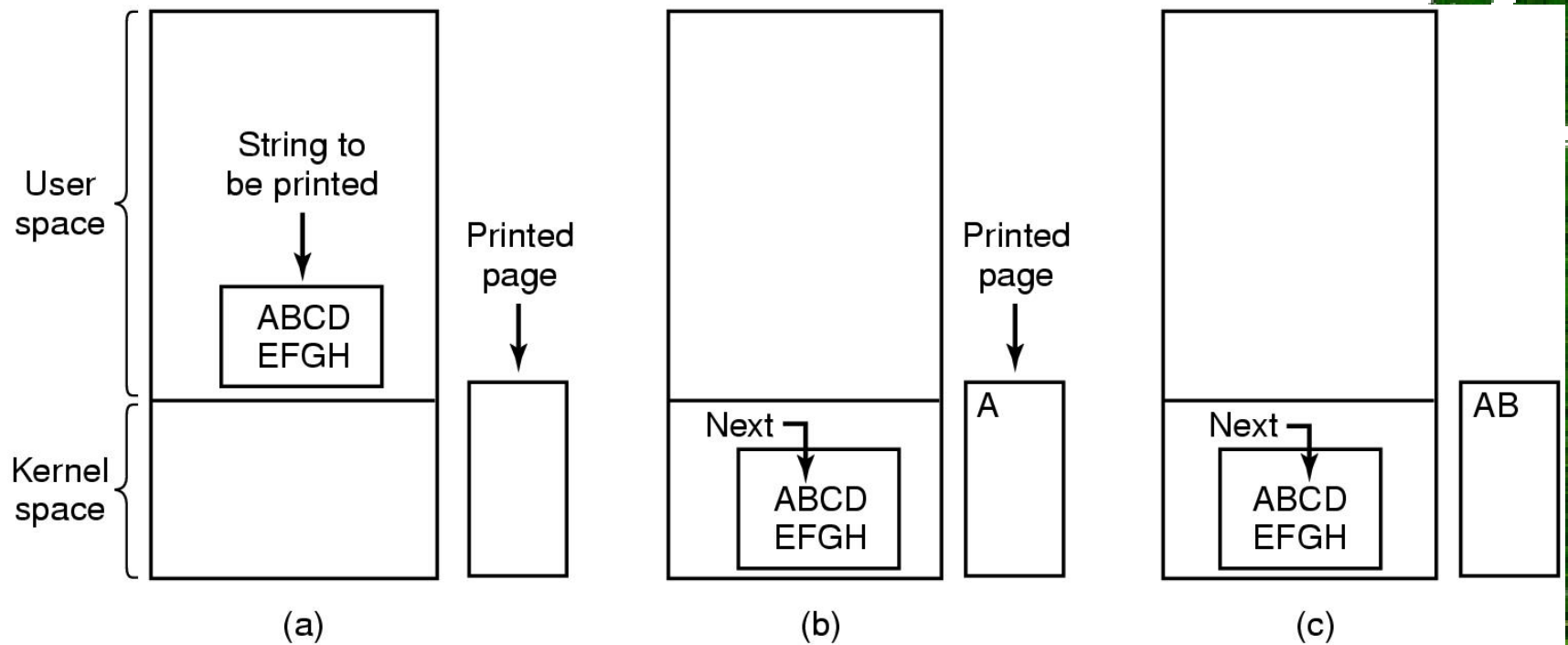
Próxima Instrução



Dispositivos de E/S

E/S programada

- * E/S programada: passos para impressão de uma cadeia de caracteres (laço até que toda a cadeia tenha sido impressa);



Dispositivos de E/S

E/S programada

- ★ E/S programada:
 - Desvantagem:
 - ★ CPU é ocupada o tempo todo até que a E/S seja feita;
 - ★ CPU continuamente verifica se o dispositivo está pronto para aceitar outro caracter → espera ocupada;



Gerência de E/S



! E/S via Interrupção

! Na E/S via interrupção: o mecanismo de interrupções é utilizado para superar o problema da espera da UCP por operações nos periféricos

! A interrupção permite que uma unidade ganhe a atenção imediata de outra, de forma que a primeira possa finalizar sua tarefa

! A UCP:

! envia um comando para o módulo de E/S e passa a executar outra tarefa;

! quando a operação for concluída, o módulo de E/S interrompe a UCP; e

! a UCP executa a troca de dados, liberando o módulo de E/S e retomando o processamento anterior.



Gerência de E/S



E/S via Interrupção

I Usualmente: são assinalados números para as interrupções, onde o menor número tem prioridade sobre o maior



Gerência de E/S

E/S via Interrupção

Exemplo de mapeamento das interrupções em um sistema IBM compatível

Int	Dispositivo	Int	Dispositivo
0	Cronômetro do sistema	9	Porta de comunicação COM3
1	Teclado	10	Porta de comunicação COM2
2	Controlador de interrupção	11	Ponte PCI (*)
4	Porta de comunicação COM1	12	Mouse porta PS/2 (*)
5	Placa de som (*)	13	Coprocessador numérico
6	Controlador de disco flexível	14	Controlador IDE/ESDI
7	Porta de Impressora LPT1	15	Controlador IDE/ESDI
8	CMOS/Relógio do sistema		(*) Opções não padronizadas

Mapa de Interrupções num IBM-PC compatível

Dispositivos de E/S

E/S por interrupção

- ★ E/S orientada à interrupção:
 - No caso da impressão, a impressora não armazena os caracteres;
 - Quando a impressora está pronta para receber outros caracteres, gera uma interrupção;
 - Processo é bloqueado;



Gerência de E/S

I E/S via Acesso Direto à Memória

I Inconvenientes das técnicas anteriores:

- I limitam a capacidade de transferência da UCP, entre o módulo de E/S e a Memória Principal
- I uso de mais de uma instrução
- I **UCP fica ocupada no gerenciamento**
- I se a quantidade de dados for grande, o desempenho do sistema será comprometido

I A solução deste problemas: permitir o acesso direto à memória

- I o método propõe o uso de uma única interrupção, para efetuar a transferência de um bloco de dados entre o periférico e a memória principal
- I **UCP tem envolvimento mínimo no gerenciamento**

Gerência de E/S



I E/S via Acesso Direto à Memória

I Necessidade de um módulo adicional: o **Controlador de DMA**

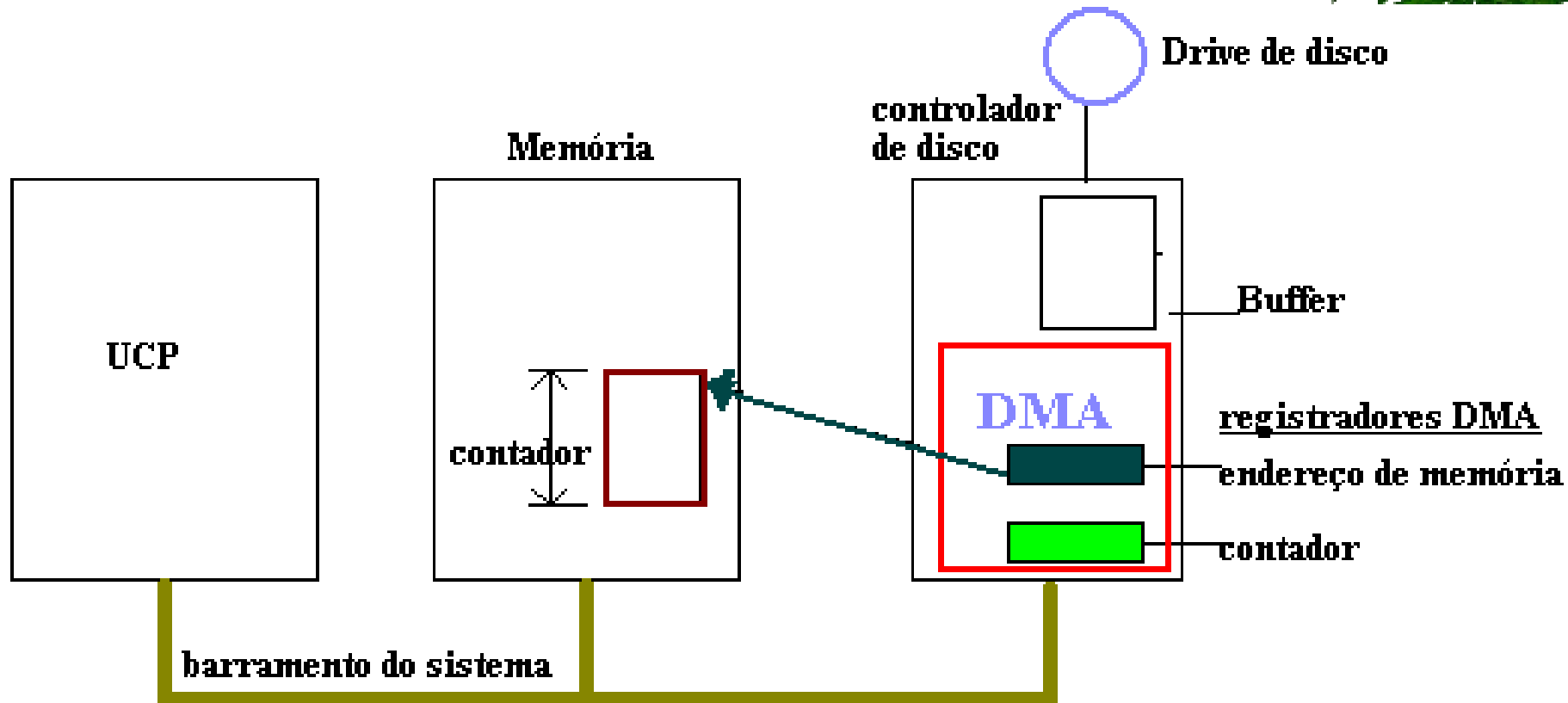
I **Operação do Controlador de DMA:**

- I **UCP envia comando (leitura ou escrita) para o controlador de DMA**
- I **UCP continua seu trabalho**
- I **O controlador de DMA, para acessar a memória, “rouba” ciclos da UCP, atrasando-a apenas**
- I **Ao final da operação, o controlador de DMA aciona a interrupção para sinalizar o término da operação**
- I **A UCP pode executar a rotina de tratamento da interrupção, processando os dados lidos ou produzindo novos dados para serem escritos**

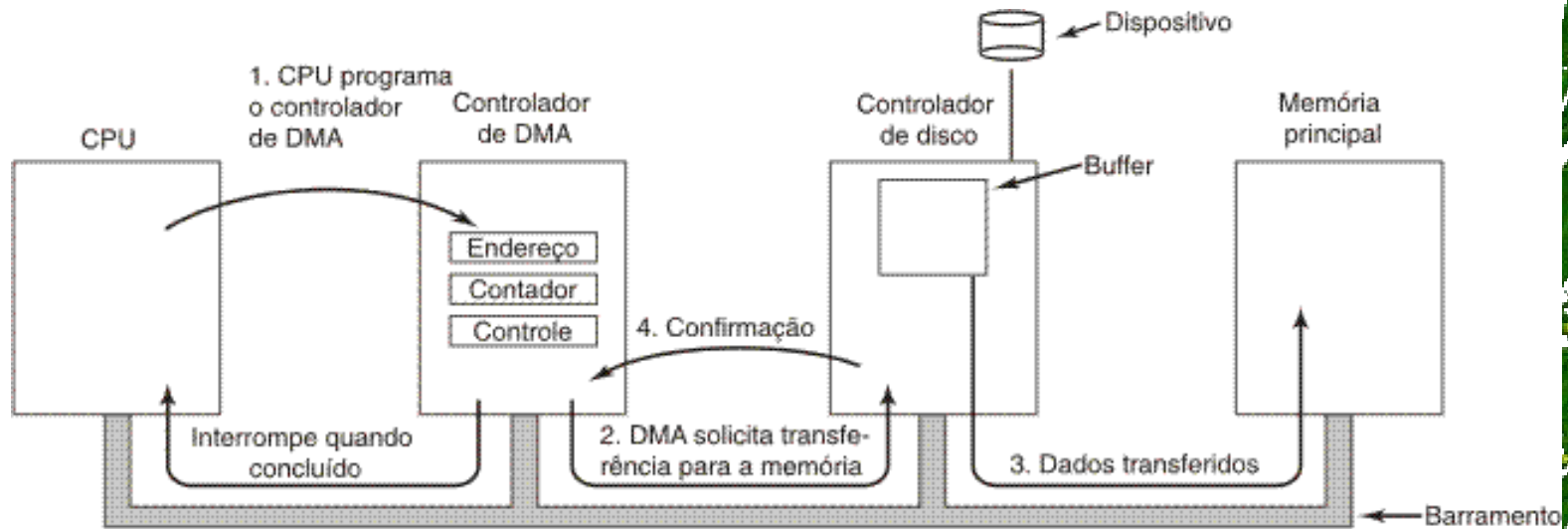


Gerência de E/S

E/S via Acesso Direto à Memória (DMA)



Acesso Direto à Memória (DMA)



Operação de uma transferência com DMA

Dispositivos de E/S

Princípios de Software

- * E/S com uso da DMA:
 - DMA executa E/S programada → controladora de DMA faz todo o trabalho ao invés da CPU;
 - * Redução do número de interrupções;
 - Desvantagem:
 - * DMA é mais lenta que a CPU;



Dispositivos de E/S

Princípios de Hardware

- * Sem DMA: Leitura de um bloco de dados em um disco:
 - Controladora do dispositivo lê bloco (bit a bit) a partir do endereço fornecido pela CPU;
 - Dados são armazenados no *buffer* da controladora do dispositivo;
 - Controladora do dispositivo checa consistência dos dados;
 - Controladora do dispositivo gera interrupção;
 - SO lê (em um *loop*) os dados do *buffer* da controladora do dispositivo e armazena no endereço de memória fornecido pela CPU;

Dispositivos de E/S

Princípios de Hardware

- * Com DMA: Leitura de um bloco de dados em um disco: CPU controla
 - 1. Além do endereço a ser lido, a CPU fornece à controladora de DMA duas outras informações: endereço na RAM para onde transferir os dados e o número de bytes a ser transferido;
 - 2. Controladora de DMA envia dados para a controladora do dispositivo;
 - Controladora do dispositivo lê o bloco de dados e o armazena em seu *buffer*, verificando consistência;
 - 3. Controladora do dispositivo copia os dados para RAM no endereço especificado na DMA (modo direto);

Dispositivos de E/S

Princípios de Hardware

- 4. Após confirmação de leitura, a controladora de DMA **incrementa o endereço de memória** na DMA e **decrementa o contador** da DMA com o número de bytes transferidos; **por que?**
- Repete os passos de 2 a 4 até o contador da DMA chegar em 0. Assim que o contador chegar em zero (0), a controladora de DMA gera uma interrupção avisando a CPU;
- Quando o SO inicia o atendimento à interrupção, o bloco de dados já está na RAM;

Dispositivos de E/S

Princípios de Hardware

- * A DMA pode tratar múltiplas transferências simultaneamente:
 - Possuir vários conjuntos de registradores;
 - Decidir quais requisições devem ser atendidas
→ escalonamento (*Round-Robin* ou prioridades, por exemplo);



Gerência de E/S

I E/S via Acesso Direto à Memória

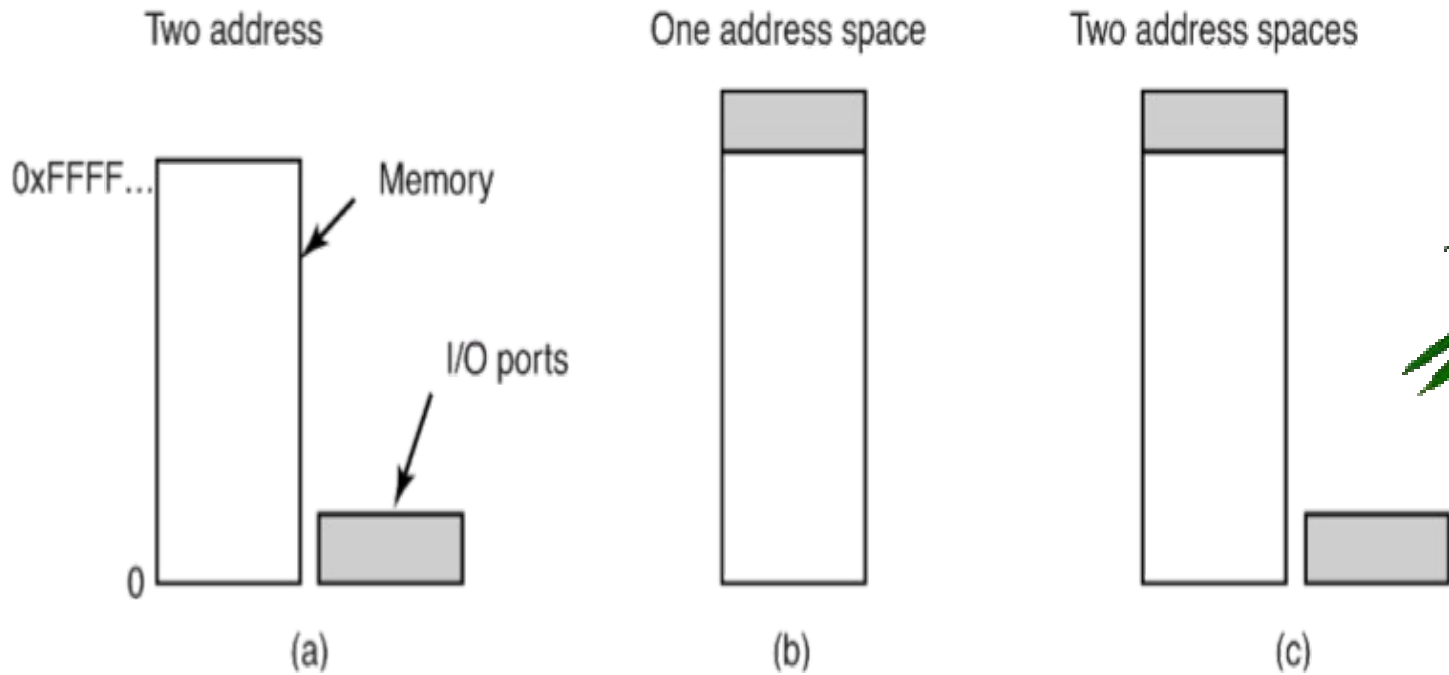
I O controlador de DMA pode suportar, tipicamente, o trabalho com vários periféricos diferentes, cada um utilizando um canal de DMA (*DMA channel*)

I Outra vantagem do DMA: pode ser implementada em hardware de diversas formas diferentes, conforme a quantidade de dispositivos e o desempenho pretendido

Gerência de E/S (Enderçamento)

- ! Cada controlador tem alguns registradores para comunicar com a CPU
- ! Além disso, há buffer de dados para que o SO se comunique com os dispositivos
- ! Existem 2 formas de gerência de E/S nos atuais SOs:
 - **Mapeado em Memória:** mapeia todos os registradores de controle de E/S no espaço de endereçamento da RAM (i.e., registradores são tratados como posições de memórias); x86 usa esta abordagem
 - **Mapeado em E/S ou E/S isolada:** Para cada registrador de controle é designado uma *porta de E/S* (e.g., COM1). O conjunto destas portas de E/S formam um espaço de endereçamento de E/S protegido. Apenas o SO tem acesso a elas

Gerência de E/S



Gerência de E/S

I Nos PCs: é utilizado um espaço de endereçamento especial para a E/S, com cada controlador alocado em certa posição da mesma.

Controlador es de E/S	Endereços de E/S
Timer (relógio do sistema)	040-043H
Teclado	060-063H
...	...

Gerência de E/S

4.1.2 Tipos de E/S

Os dispositivos de E/S podem ser classificados de forma ampla, sendo que as mais utilizadas são quanto ao:

- ▀ tipo de conexão
- ▀ tipo de transferência de dados
- ▀ tipo de compartilhamento de conexões

Quanto ao tipo de conexão:

- ▀ Leva em consideração a natureza da conexão entre o módulo de E/S e o periférico
- ▀ Do ponto de vista dos dados, as conexões são projetadas para operação:
 - ▀ Serial
 - ▀ Paralela

Gerência de E/S

Conexão serial:

- Uma única linha de sinal é utilizada para o estabelecimento de toda a conexão, protocolo e transferência de dados, entre o módulo de E/S e o periférico
- Características principais:
 - mais barata que a paralela
 - mais lenta que a paralela
 - relativamente confiáveis
 - usada em dispositivos mais baratos e lentos, como impressoras e terminais

Gerência de E/S

Conexão paralela:

- ▀ Várias linhas de sinais são usadas, de forma que vários bits de dados possam ser transferidos em paralelo
- ▀ É comum que existam linhas independentes para tráfego de sinais de controle
- ▀ Características principais:
 - ▀ mais complexa que a serial
 - ▀ mais cara
 - ▀ mais rápida
 - ▀ altamente confiável
 - ▀ usada em dispositivos mais velozes, como unidades de disco, fita ou impressoras rápidas

Gerência de E/S

Classificação quanto ao tipo de transferência de E/S

■ Podem ser divididos em 2 categorias:

■ **Dispositivos de Bloco** – armazenam informações em blocos de tamanhos fixos, cada um com seus próprios endereços. Os tamanhos dos blocos geralmente variam de 128 à 1024 bytes. A principal característica dos dispositivos desta categoria, é a possibilidade de ler e escrever cada bloco de maneira independente. Como exemplo, temos os discos flexíveis e discos rígidos. **Por que blocos?**

Gerência de E/S

I Dispositivos de Caracter – são capazes de acessar um fluxo de caracteres, sem considerar qualquer estrutura de bloco. **Não são endereçáveis** e não possuem qualquer operação de acesso aleatório (“seek operation”). Os terminais, impressoras, interfaces de redes e etc., fazem parte desta categoria.



Gerência de E/S



Classificação quanto ao compartilhamento de conexões

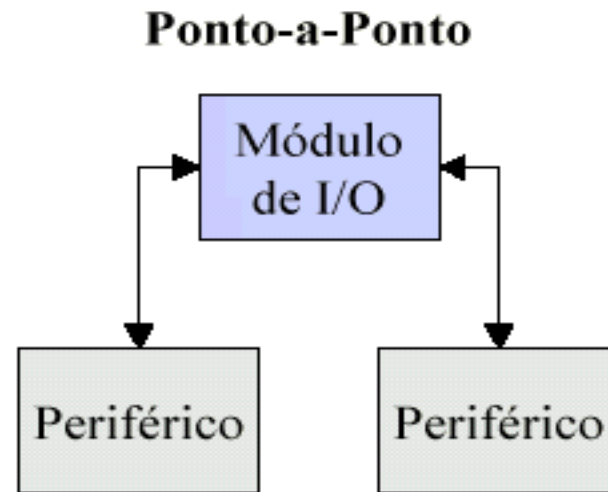
Podem ser divididos em 2 categorias:

! **Ponto-a-Ponto** – é a conexão mais simples, onde existe um conjunto de linhas **dedicadas** para a ligação entre o módulo de E/S e cada periférico.

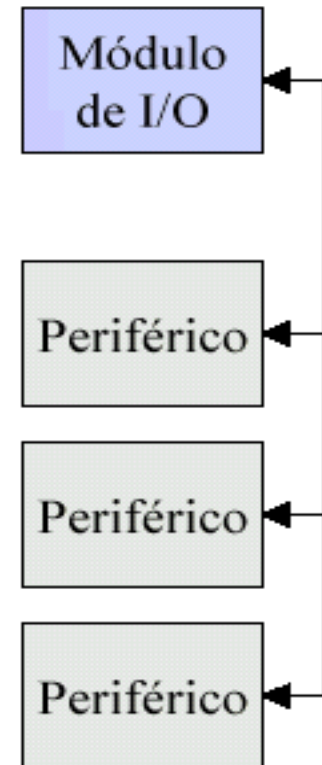
! **Multiponto** - neste tipo de conexão, um módulo de E/S **compartilha** um conjunto de linhas de sinais entre diversos periféricos. **Qual o problema neste tipo de conexão?**

Gerência de E/S

Classificação quanto ao compartilhamento de conexões



Multiponto



Gerência de E/S



Conexões Ponto-a-Ponto:

- oferecem maior confiabilidade
 - permite a operação simultânea de diversos dispositivos
 - é usada em dispositivos mais simples, tais como modems, teclado e impressora
-
- Tem-se os seguintes exemplos de conexões ponto-a-ponto padronizadas, usados em comunicação de curta distância, usualmente na interface padrão **RS - 232C**:
 - **Protocolo RTS/CTS** (*Request to Send/Clear to Send*)
 - **Protocolo Xon/Xoff** (*Transmission On/Transmission Off*)



Dispositivos de E/S

Tratando Interrupções

- * Sinal (linha) de interrupção é exibido dentro de cada ciclo de instrução do processador;
- * Se sinal ativo → salva contexto e atende a interrupção;



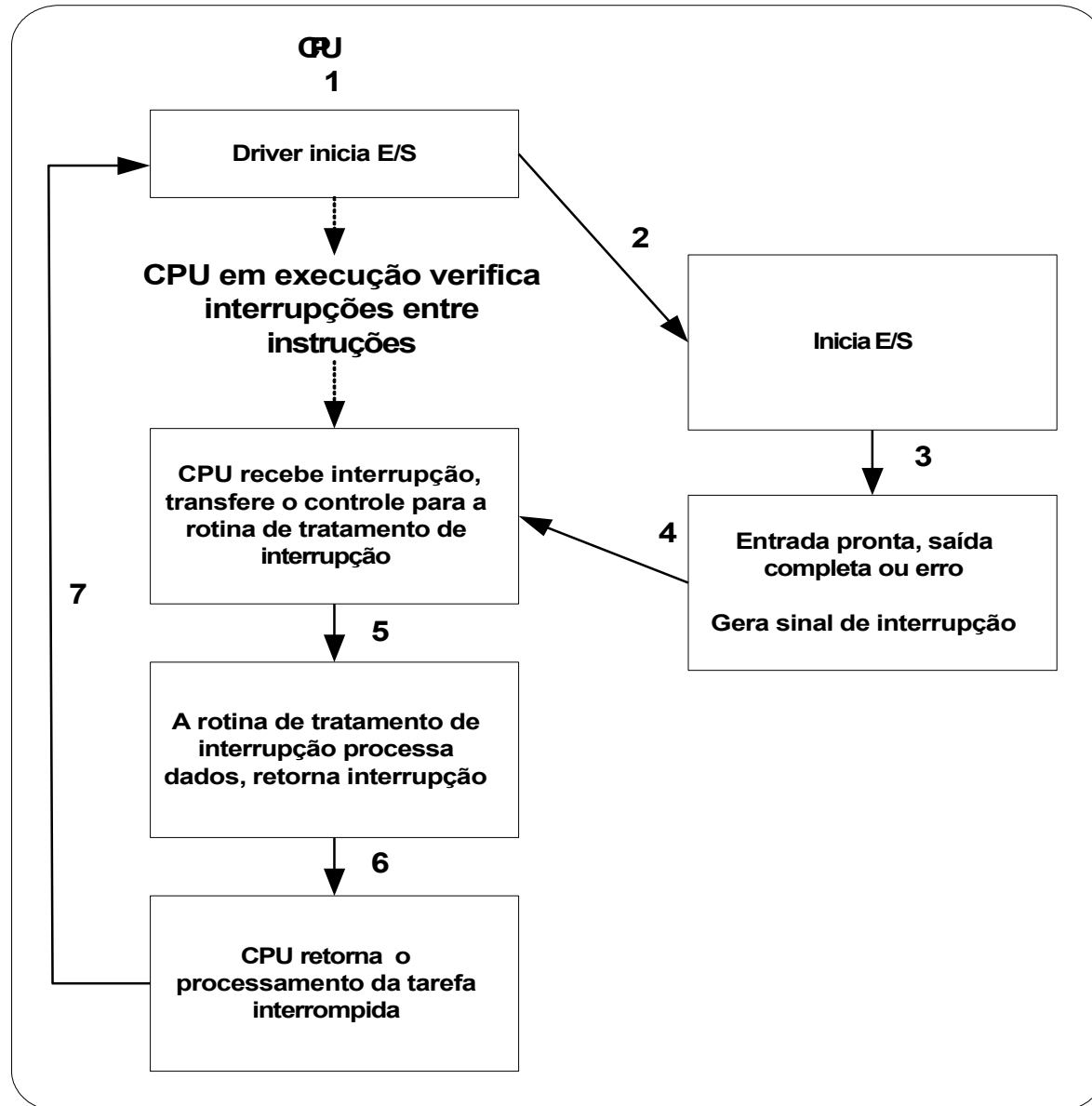
Dispositivos de E/S

Tratando Interrupções

- * Ciclo de instrução com interrupção: CPU
 - Busca; Decodificação e Execução
 - * Verifica se existe interrupção
 - * Se não → busca próxima instrução,...
 - * Se existe interrupção pendente:
 - Suspende a execução do programa;
 - Salva contexto;
 - Atualiza PC (*Program Counter*) → apontar para ISR (rotina de atendimento de interrupção);
 - Executa interrupção;
 - Recarrega contexto e continua processo interrompido;

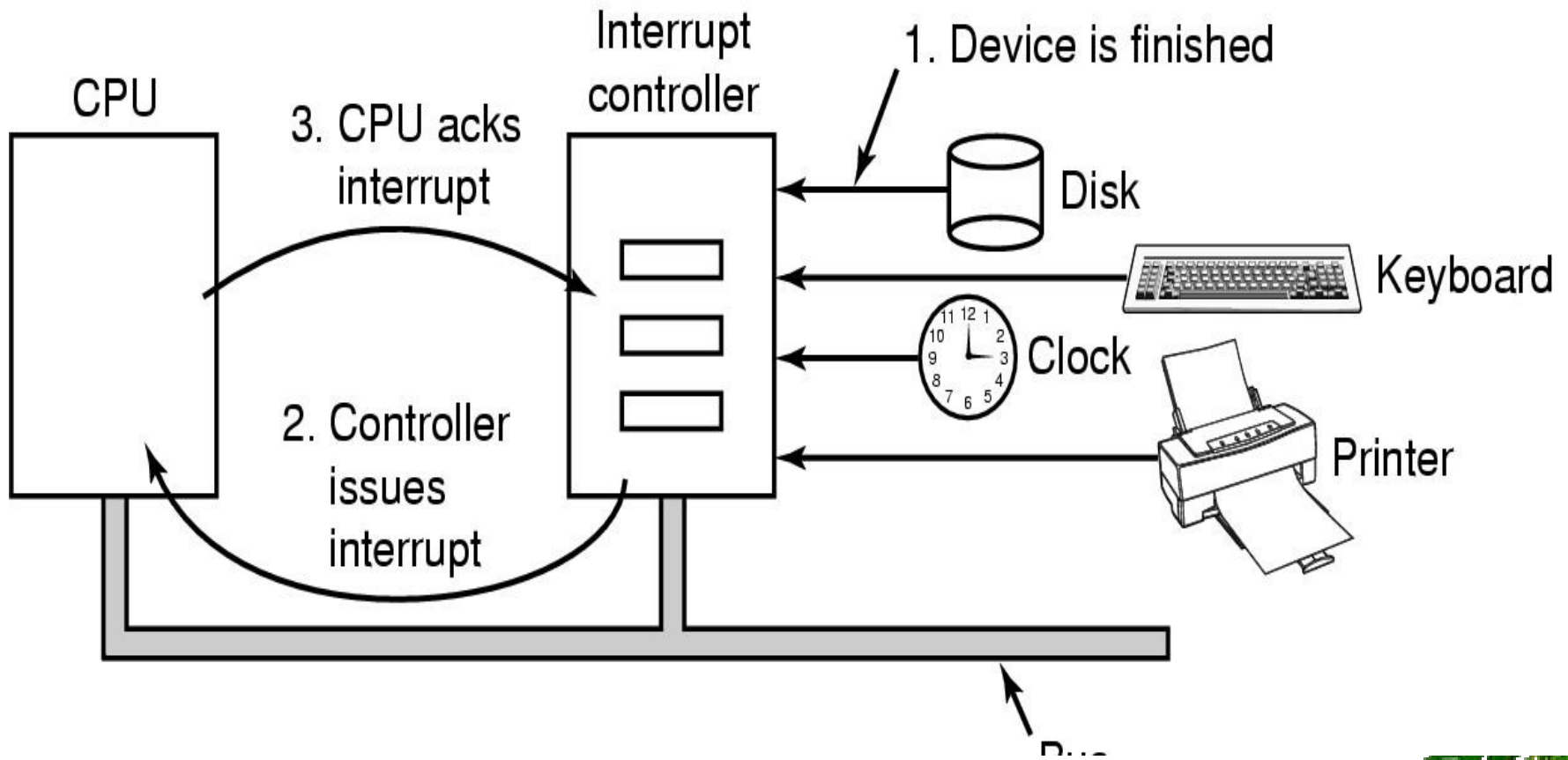


Dispositivos de E/S Tratando Interrupções



Dispositivos de E/S interrupção

* Como uma interrupção ocorre:



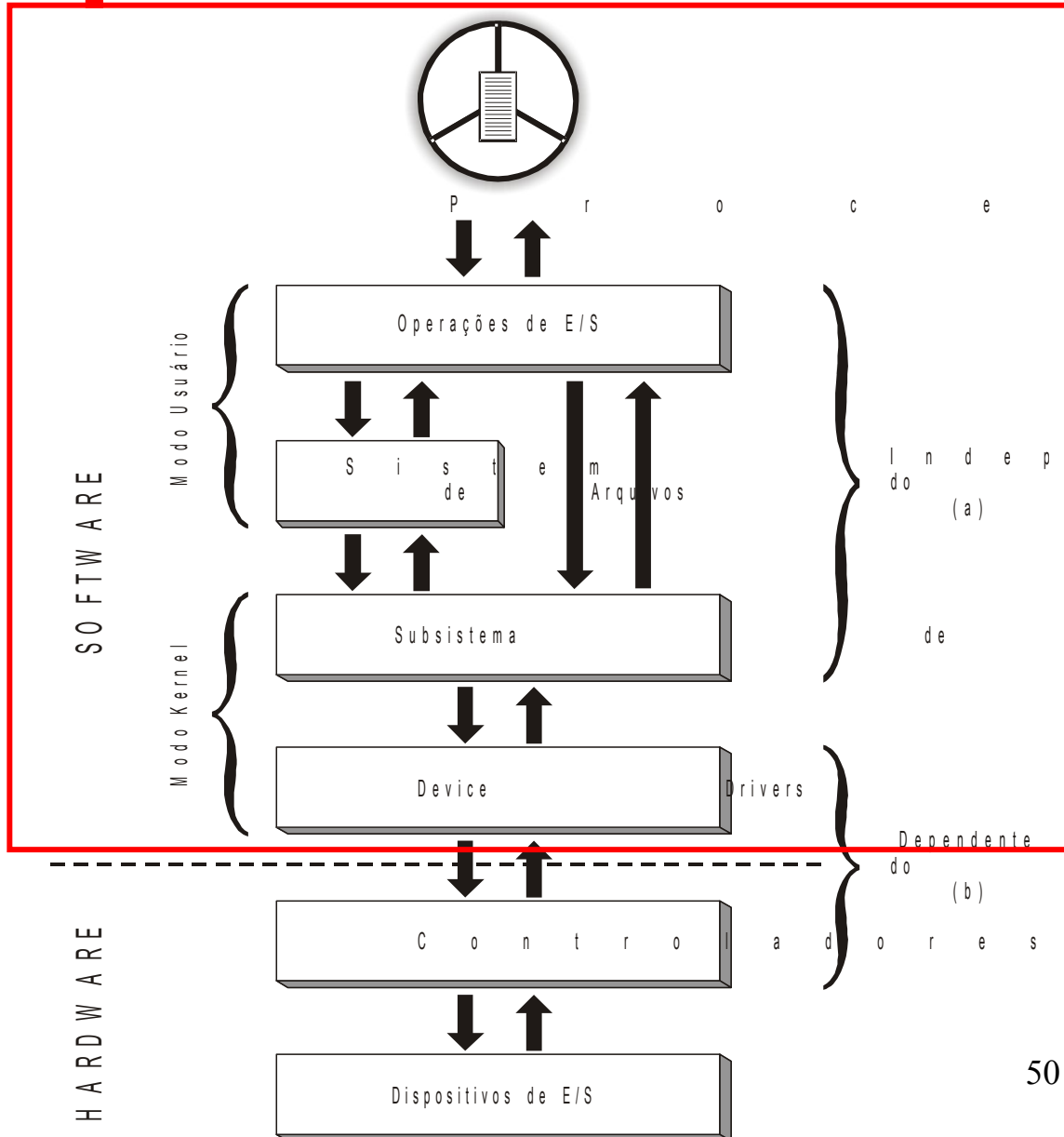
Dispositivos de E/S

Princípios de Software

- * Organizar o software como uma série de camadas facilita a independência dos dispositivos:
 - Camadas mais baixas apresentam detalhes de hardware:
 - * Drivers e manipuladores de interrupção;
 - Camadas mais altas apresentam interface para o usuário:
 - * Aplicações de Usuário;
 - * Chamadas de Sistemas;
 - * Software Independente de E/S ou Subsistema de Kernel de E/S;



Dispositivos de Entrada e Saída



Dispositivos de E/S

Princípios de Software - Camadas

- * **Software de E/S no nível Usuário:**
 - Bibliotecas de E/S são utilizadas pelos programas dos usuários
 - * Chamadas ao sistema (*system calls*);



Dispositivos de E/S

Princípios de Software - Camadas

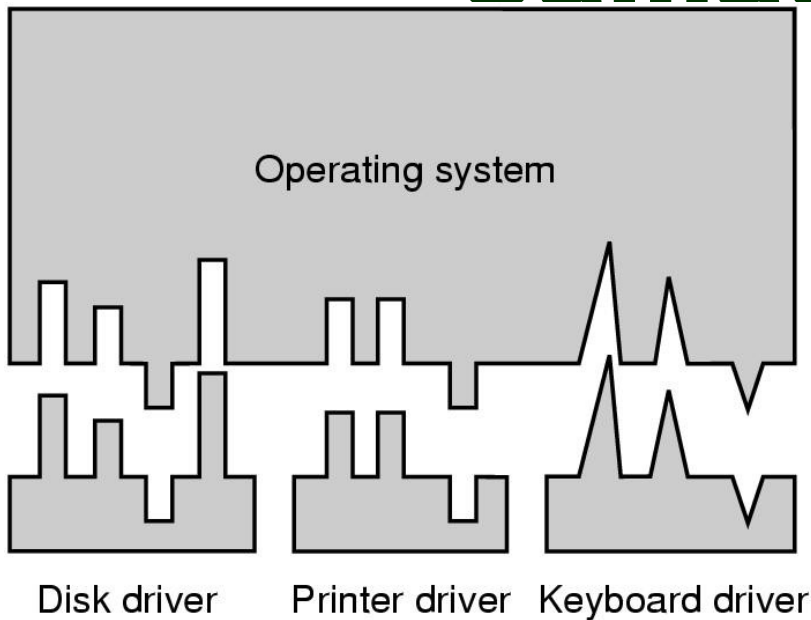
* Software Independente de E/S:

- Realizar as funções comuns a qualquer dispositivos;
- Prover uma interface uniforme para o usuário;
- Fazer o escalonamento de E/S;
- Atribuir um nome lógico a partir do qual o dispositivo é identificado;
 - * Ex.: UNIX → (/dev)
- Prover *buffering*: ajuste entre a velocidade e a quantidade de dados transferidos;
- *Cache* de dados: armazenar na memória um conjunto de dados freqüentemente acessados;

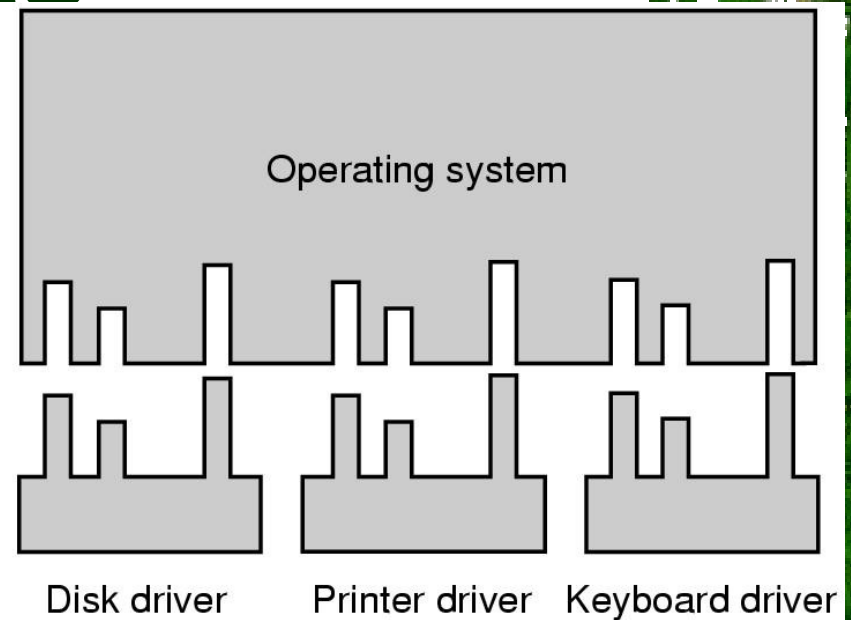


Dispositivos de E/S

Princípios de Software - Camadas



(a)



(b)

(a) Sem padrão de interface

(b) Com padrão de interface (uniforme)

Dispositivos de E/S

Princípios de Software - Camadas

- * **Software Independente de E/S:**
 - Reportar erros e proteger os dispositivos contra acessos indevidos :
 - * Programação: Ex.: tentar efetuar leitura de um dispositivo de saída (impressora, vídeo);
 - * E/S: Ex.: tentar imprimir em uma impressora desligada ou sem papel;
 - * Memória: escrita em endereços inválidos;
 - Gerenciar alocação, uso e liberação dos dispositivos → acessos concorrentes;



Dispositivos de E/S

Princípios de Software

* Software Independente de E/S:

– Transferência de dados:

- * Síncrona (bloqueante): requer bloqueio até que os dados estejam prontos para transferência;
- * Assíncrona (não-bloqueante): transferências acionadas por interrupções; mais comuns;

– Tipos de dispositivos:

- * Compartilháveis: podem ser utilizados por vários usuários ao mesmo tempo; Exemplo: disco rígido;
- * Dedicados: podem ser utilizados por apenas um usuário de cada vez; Exemplo: impressora, unidade de fita;



Dispositivos de E/S

Princípios de Software - Camadas

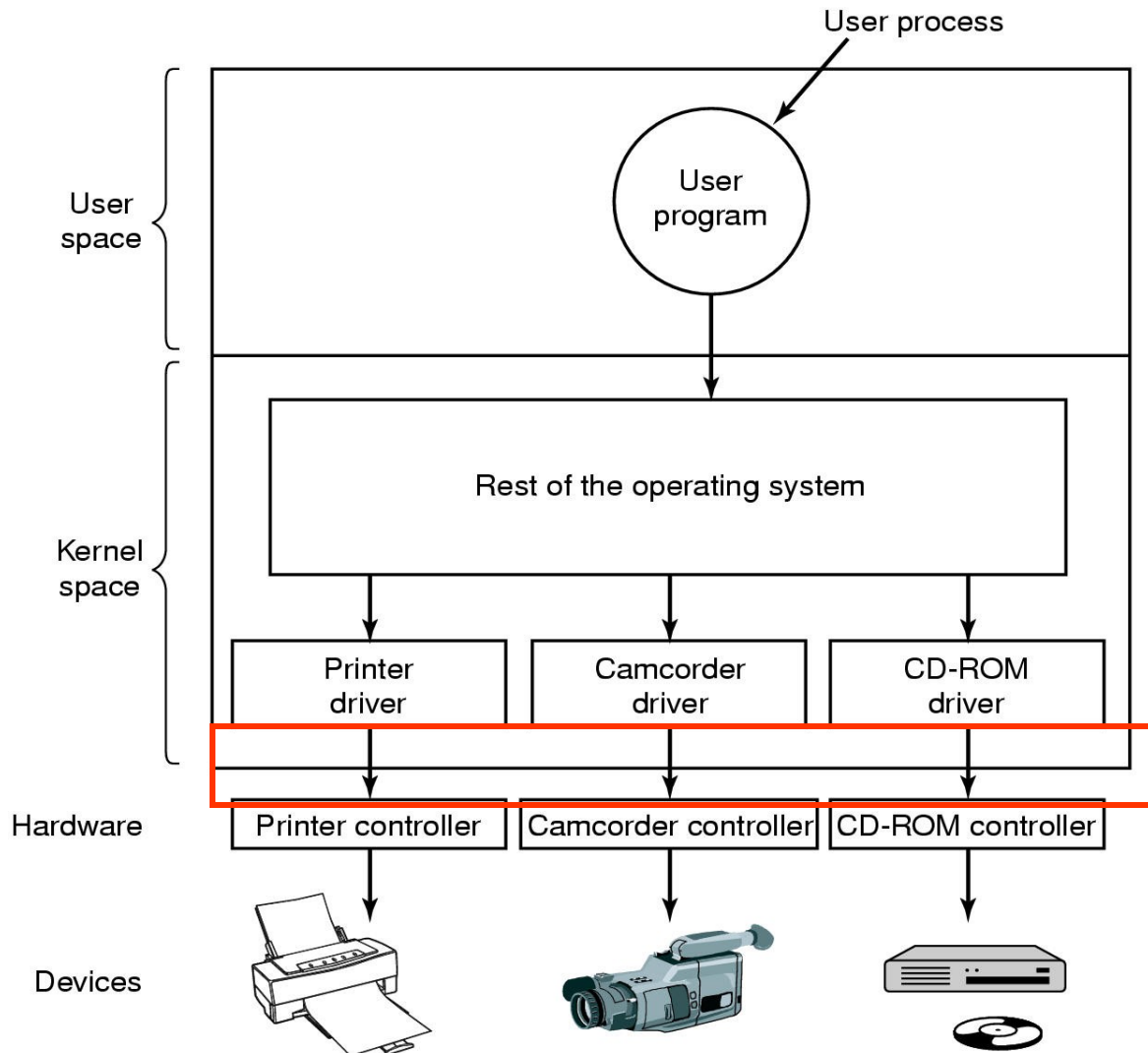
* *Drivers*:

- São gerenciados pelo *kernel* do SO;
- Contêm todo o código dependente do dispositivo;
- Controlam o funcionamento dos dispositivos por meio de seqüência de comandos escritos/lidos nos/dos registradores da controladora;
- Dispositivos diferentes possuem *drivers* diferentes;
 - * Classes de dispositivos podem ter o mesmo *driver*;
- São dinamicamente carregados;
- *Drivers* defeituosos podem causar problemas no *kernel* do SO;



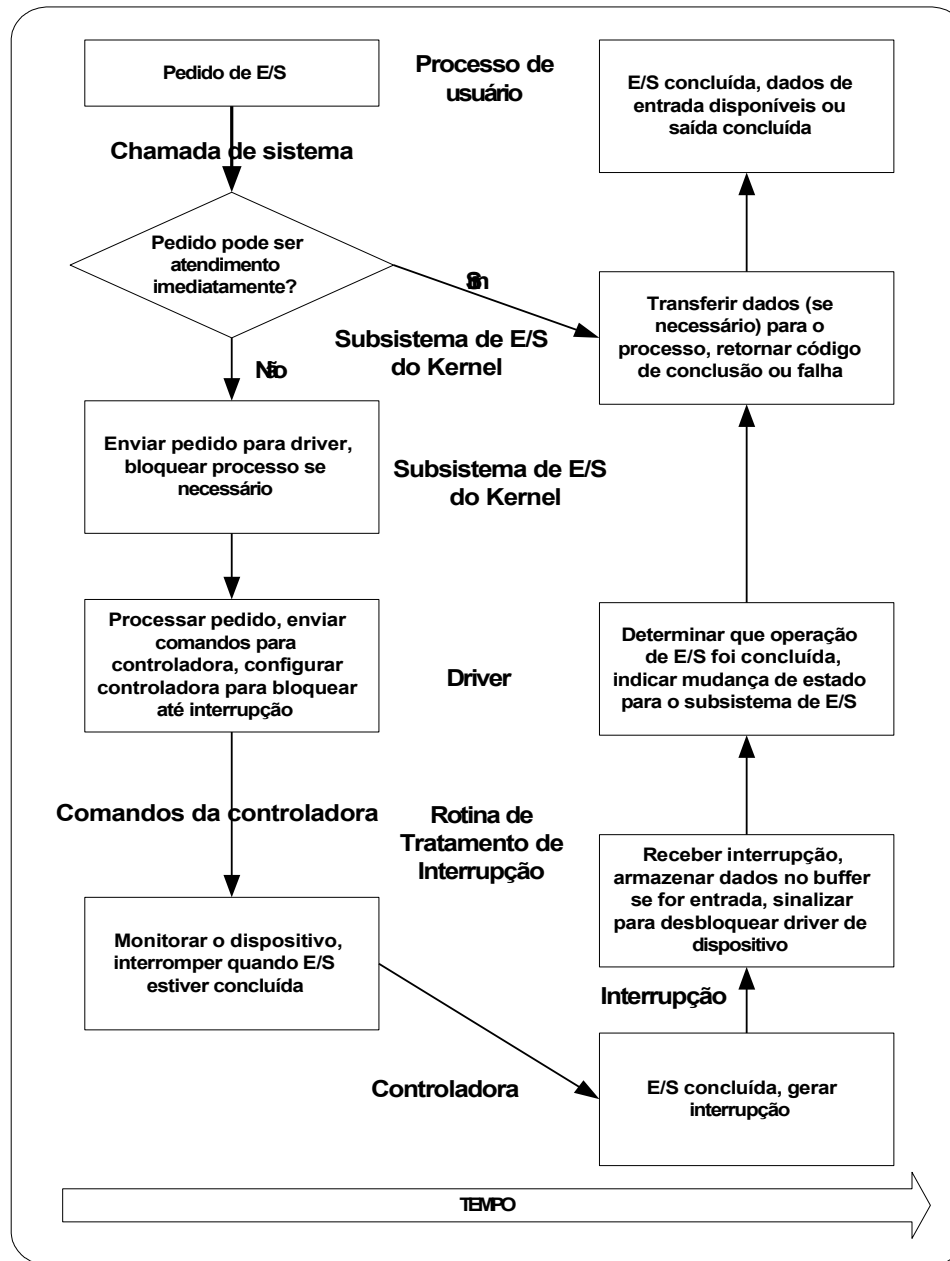
Dispositivos de E/S

Princípios de Software - Camadas



Comunicação feita por barramento;

Dispositivos de E/S - Ciclo de E/S



Dispositivos de E/S - Ciclo de E/S

Seqüência da Figura anterior

- * Um processo emite uma chamada de sistema bloqueante (por exemplo: `read`) para um arquivo que já esteve aberto (`open`);
- * O código da chamada de sistema verifica os parâmetros. Se os parâmetros estiverem corretos e o arquivo já estiver no *buffer* (*cache*), os dados retornam ao processo e a E/S é concluída;
- * Se os parâmetros estiverem corretos, mas o arquivo não estiver no *buffer*, a E/S precisa ser realizada;
 - E/S é escalonada;
 - Subsistema envia pedido para o *driver*;



Dispositivos de E/S - Ciclo de E/S

Seqüência da Figura anterior

- * *Driver* aloca espaço de *buffer*, escalona E/S e envia comando para a controladora do dispositivo escrevendo nos seus registradores de controle;
 - *Driver* pode usar a DMA;
- * A controladora do dispositivo opera o hardware, ou seja, o dispositivo propriamente dito;
- * Após a conclusão da E/S, uma interrupção é gerada;
- * A rotina de tratamento de interrupções apropriada recebe a interrupção via vetor de interrupção, armazena os dados, sinaliza o *driver* e retorna da interrupção;