Sistemas Operacionais I

Profa. Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco
kalinka@icmc.usp.br

Universidade de São Paulo

Novembro de 2020

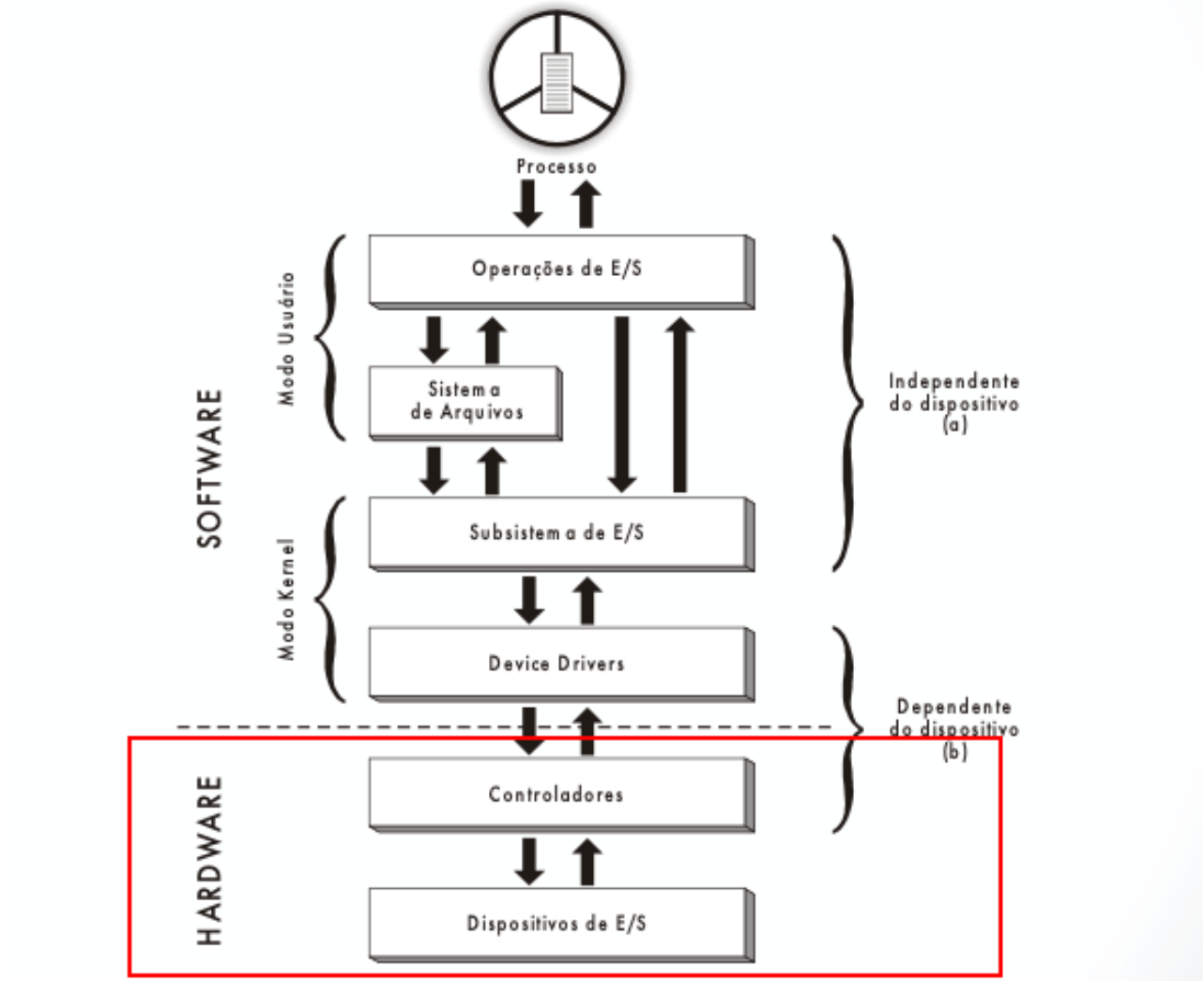
Dispositivos de Entrada/Saída

- 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/Saída

- Função 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/Saída



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware e Software

- 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.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware e Software

- Módulos de E/S: Controladores de Dispositivos
- 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.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- O S.O. sempre trata com o controlador, não com os dispositivos.
- A Comunicação entre CPU e controladores é feita por meio 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).

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- 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 512 à 32.768 bytes.
  - A principal característica dos dispositivos desta categoria, é a possibilidade de ler e escrever cada bloco de maneira independente e permitir operações de busca.
  - Exemplos: Discos rígidos.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Dispositivos de Caracter:
  - Aceitam uma sequência de caracteres sem se importar com a estrutura do bloco;
  - Informação não é endereçável e não possuem qualquer operação de busca ("*seek operation*").
  - Exemplos: impressoras, interfaces de redes, placas de som e etc., fazem parte desta categoria.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Este esquema de classificação não é perfeito, porém é genérico o suficiente (por ex., o *timer* não se encaixa). *Clocks*: provocam interrupções em intervalos definidos.
- O sistema de arquivos, por exemplo, trata com dispositivos de bloco abstratos.
- Entretanto, a classificação auxilia na obtenção de **independência de dispositivo**.
  - Parte dependente está a cargo dos *drivers* – software que controla o acionamento dos dispositivos.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Os dispositivos de E/S podem apresentar uma grande variedade de velocidade.

Device	Data rate
Keyboard	10 bytes/sec
Mouse	100 bytes/sec
56K modem	7 KB/sec
Scanner	400 KB/sec
Digital camcorder	3.5 MB/sec
802.11g Wireless	6.75 MB/sec
52x CD-ROM	7.8 MB/sec
Fast Ethernet	12.5 MB/sec
Compact flash card	40 MB/sec
FireWire (IEEE 1394)	50 MB/sec
USB 2.0	60 MB/sec
SONET OC-12 network	78 MB/sec
SCSI Ultra 2 disk	80 MB/sec
Gigabit Ethernet	125 MB/sec
SATA disk drive	300 MB/sec
Ultrium tape	320 MB/sec
PCI bus	528 MB/sec

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Dispositivos de E/S possuem basicamente dois componentes:
  - Mecânico - o dispositivo propriamente dito;
  - Eletrônico - controladores ou adaptadores (placas).
- O dispositivo (periférico) e a controladora se comunicam por meio de uma **interface**:
  - Serial ou paralela;
  - Barramentos: IDE, ISA, SCSI, AGP, USB, PCI, etc.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Cada controladora possui um conjunto de registradores de controle, que são utilizados na comunicação com a CPU;
- Além dos registradores, alguns dispositivos possuem um *buffer* de dados:
  - Ex.: placa de vídeo; algumas impressoras.
- SO gerencia, utilizando os *drivers*, os dispositivos de E/S escrevendo/lendo nos/dos registradores/*buffers*;
  - Comunicação em baixo nível – instruções em *Assembler*;
  - Enviar comandos para os dispositivos;
  - Saber o estado dos dispositivos.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Como a CPU se comunica com esses registradores de controle?
  - Porta: cada registrador de controle possui um número de porta (ou porto) de E/S de 8 ou 16 bits.
    - Instrução em Assembler;
    - Mainframes IBM;
    - SOs atuais fazem uso dessa estratégia para a maioria dos dispositivos.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

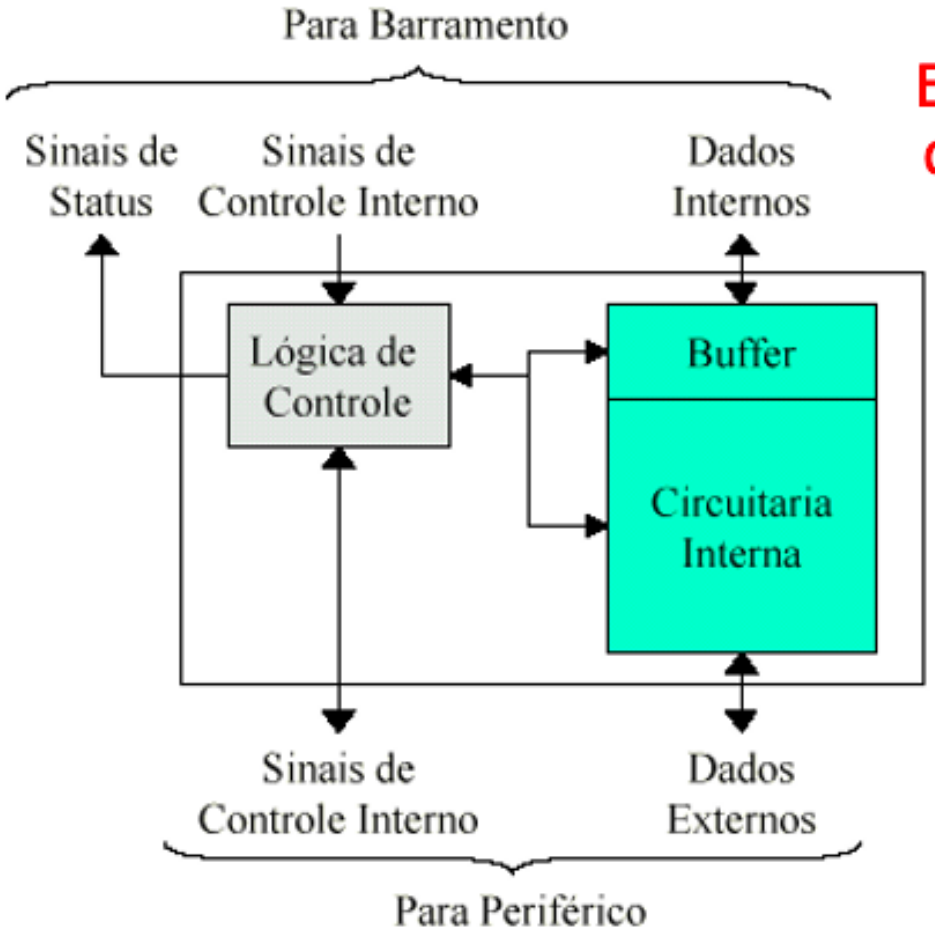
- *Memory-mapped*: mapear os registradores de controle em espaços de memória;
  - Cada registrador possui um único endereço de memória;
  - Em geral, os endereços estão no topo da memória protegidos em endereços não utilizados por processos;
  - Uso de linguagem de alto nível, já que registradores são apenas variáveis na memória;
  - SOs utilizam essa estratégia para os dispositivos de vídeo.
- Estratégia híbrida:
  - Registradores - Porta;
  - Buffers - Memória. - Exemplo: Pentium - endereços de 640k a 1M para os buffers e as portas de E/S de 0 a 64k para registradores.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Como funciona a comunicação da CPU com os dispositivos?
  - Quando a CPU deseja ler uma palavra, ela coloca o endereço que ela está desejando no barramento de endereço e manda um comando *READ* no barramento de controle;
  - Essa comunicação pode ser controlada pela própria CPU ou pela DMA.

Princípios de Hardware



Estrutura genérica de um controlador (módulo de E/S)

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- 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 CPU.
- Em alguns computadores: estes registradores podem fazer parte do espaço de endereçamento da memória principal.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- O S.O.: executa E/S escrevendo comandos (e seus parâmetros, se existirem) nos registradores dos controladores.
- Quando um comando é aceito, a CPU pode deixar que o controlador trabalhe sozinho, indo executar outra tarefa.
- Quando o dispositivo termina, avisa a CPU por meio de uma interrupção.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Os módulos de E/S podem operar de 3 maneiras básicas:
  - E/S programada - Mais usada em sistemas embarcados
  - E/S orientada à Interrupções
  - E/S com uso da DMA (Acesso Direto à Memória)
- O que distingue as três formas: a participação da CPU e a utilização das interrupções.

Dispositivos de Entrada/Saída

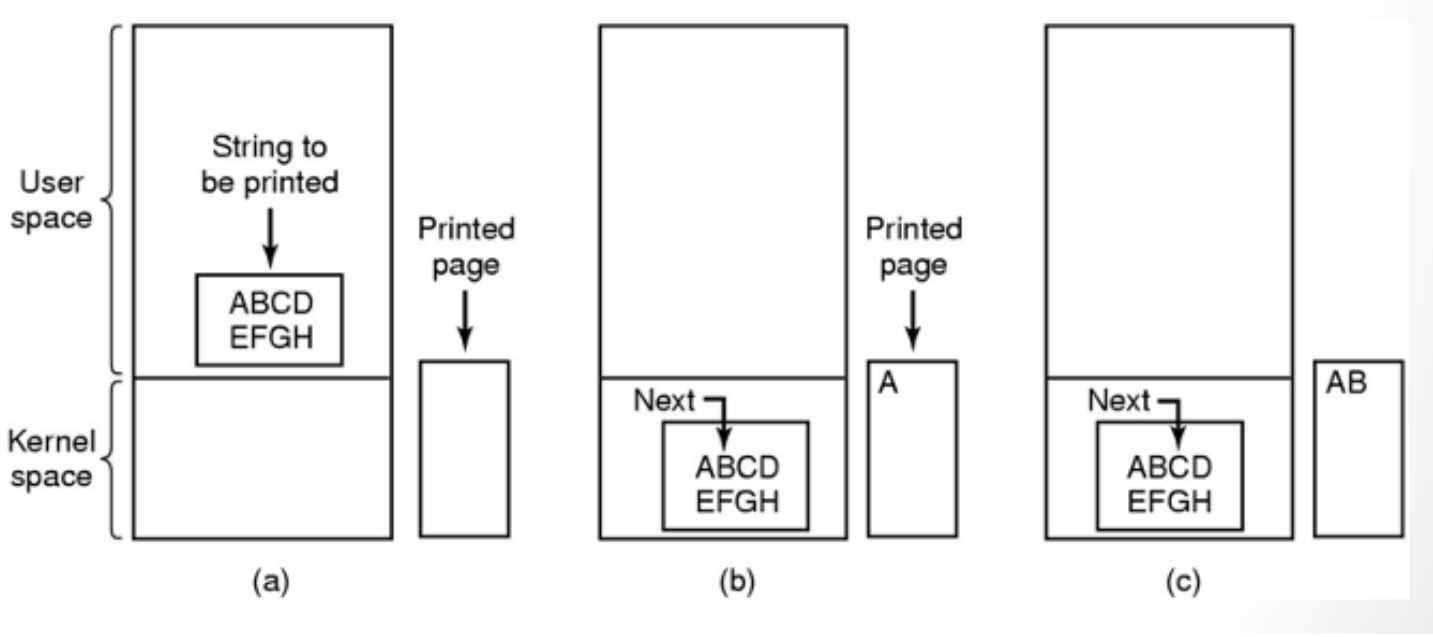
Princípios de Hardware - E/S Programada

- Na E/S programada: os dados são trocados entre a CPU e o Módulo de E/S.
- A CPU 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 CPU.

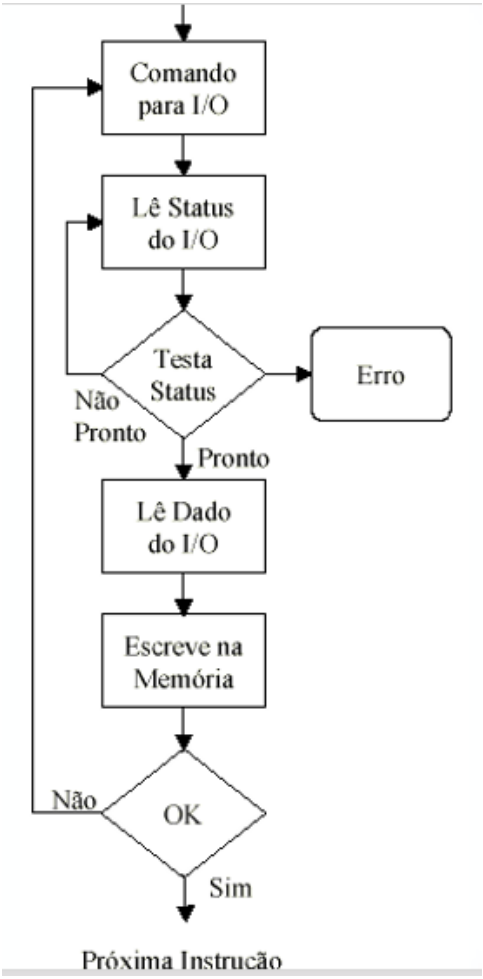
Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S Programada

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



Princípios de Hardware - E/S Programada



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S Programada

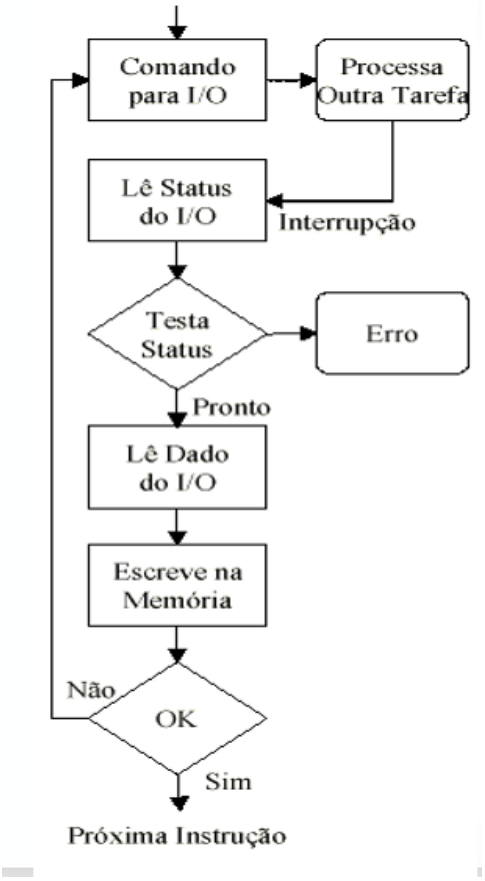
- E/S programada:
  - Desvantagem:
    - CPU é ocupada o tempo todo até que a E/S seja feita;
    - CPU continuamente verifica se o dispositivo está pronto para aceitar outro caractere - espera ocupada.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware -E/S via Interrupção

- Na E/S via interrupção: o mecanismo de interrupções é utilizado para superar o problema da espera da CPU 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 CPU:
  - 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 CPU; e
  - a CPU executa a troca de dados, liberando o módulo de E/S e retomando o processamento anterior.

Princípios de Hardware - E/S via interrupção



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S orientada à 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.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S orientada à Interrupção

- E/S orientada à interrupção:
  - O maior problema no uso de interrupções: geralmente se dispõe de poucas linhas de interrupção ligadas diretamente ao processador
  - Usualmente: são assinalados números para as interrupções, onde o menor número tem prioridade sobre o maior.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - 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 Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

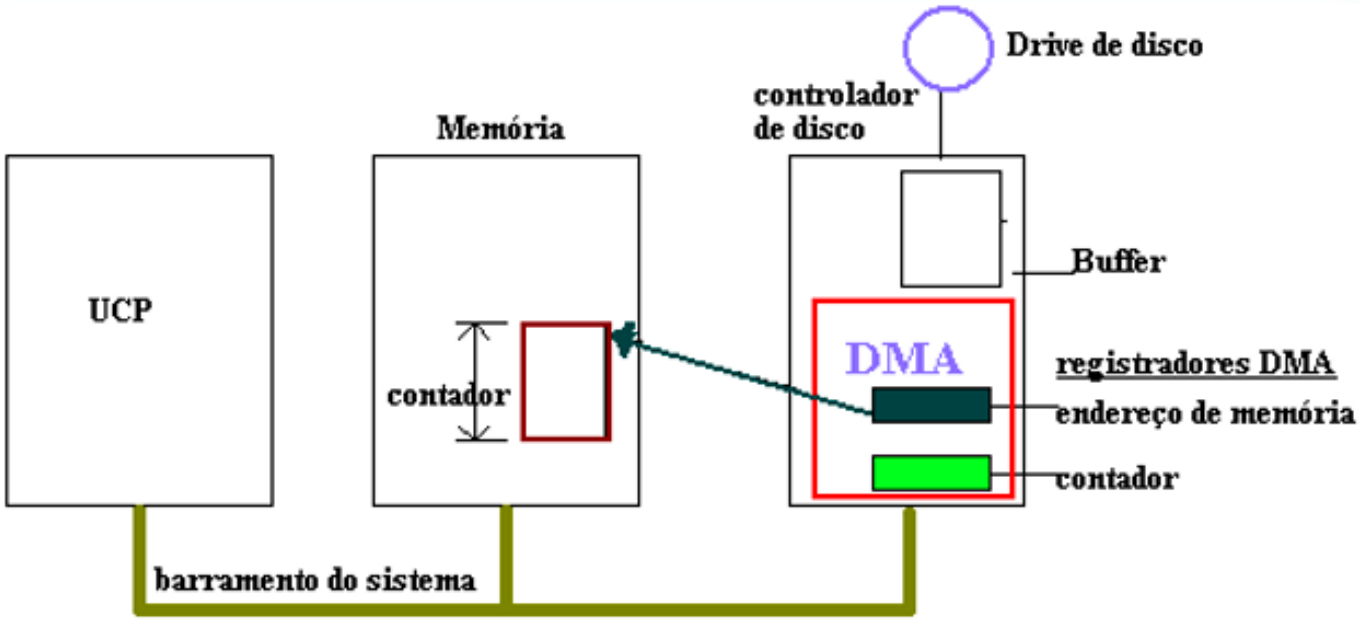
- Inconvenientes das técnicas anteriores:
  - limitam a capacidade de transferência da CPU, entre o módulo de E/S e a Memória Principal.
  - uso de mais de uma instrução.
  - CPU fica ocupada no gerenciamento
  - se a quantidade de dados for grande, o desempenho do sistema será comprometido
- A solução deste problemas: permitir o acesso direto à memória
  - método propõe o uso de uma única interrupção, para efetuar a transferência de um bloco de dados entre o periférico e a memória principal.
  - CPU tem envolvimento mínimo no gerenciamento.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

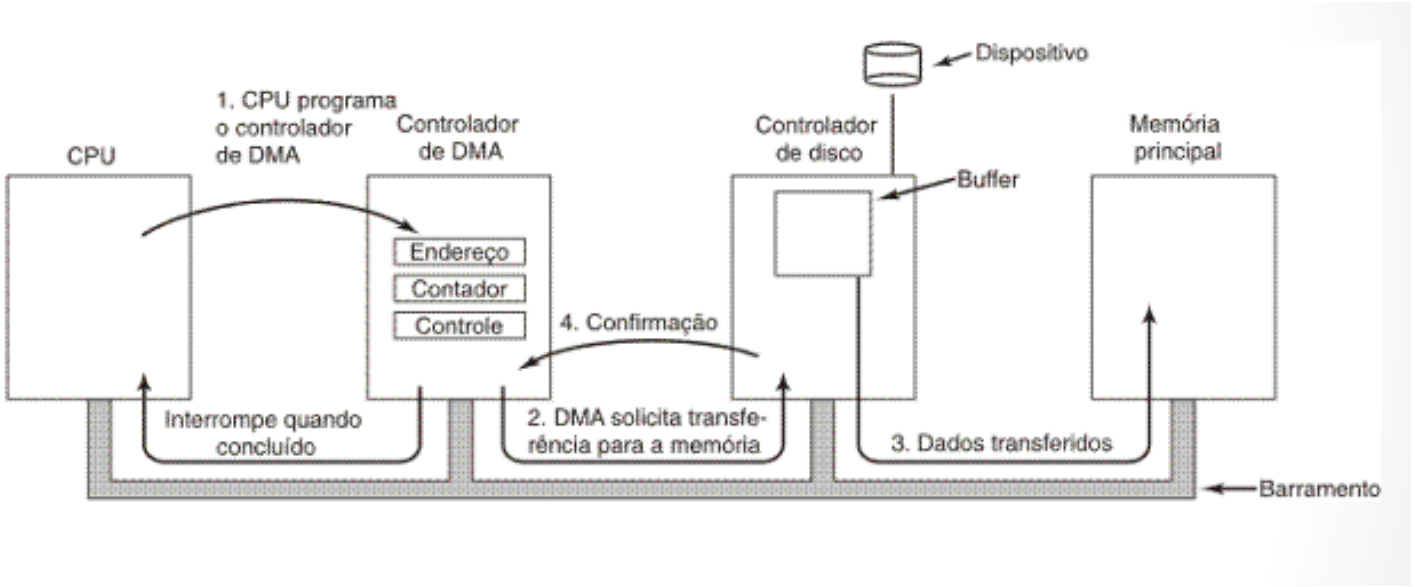
- Necessidade de um módulo adicional: o Controlador de DMA.
- Operação do Controlador de DMA:
  - CPU envia comando (leitura ou escrita) para o controlador de DMA
  - CPU continua seu trabalho
  - O controlador de DMA, para acessar memória, "rouba" ciclos da CPU, atrasando-a apenas
  - Ao final da operação, o controlador de DMA aciona a interrupção para sinalizar o término da operação.
  - A CPU pode executar a rotina de tratamento da interrupção, processando os dados lidos ou produzindo novos dados para serem escritos.

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória



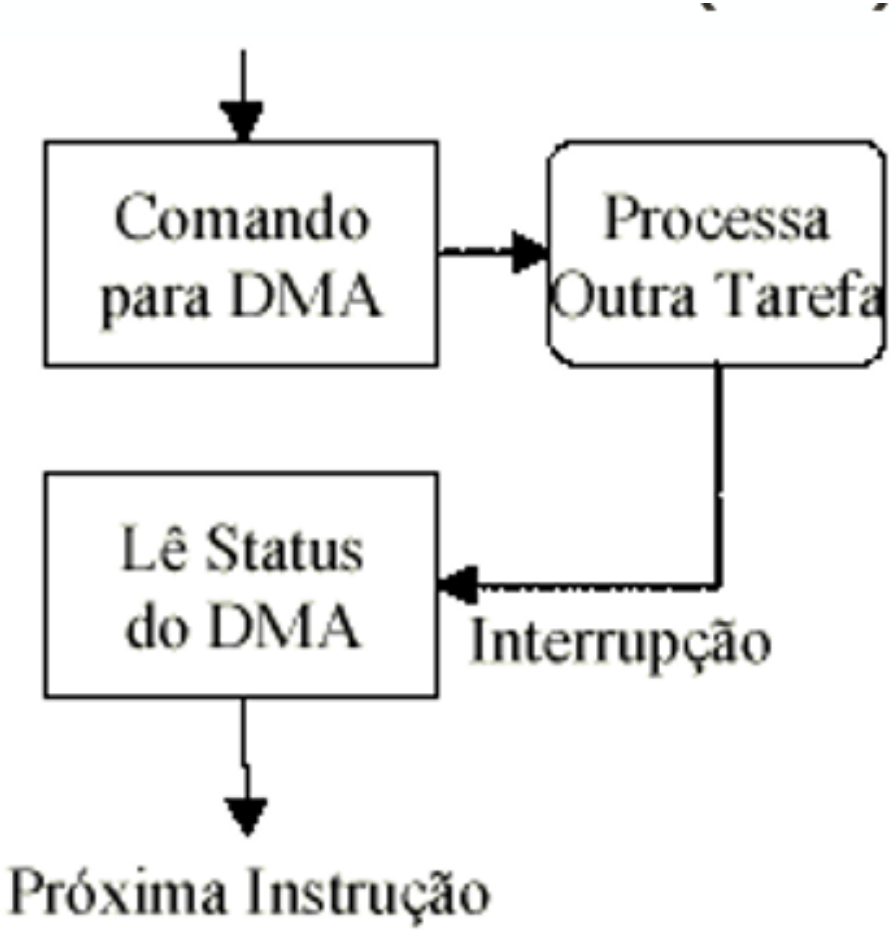
Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória



Operação de uma transferência com DMA

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

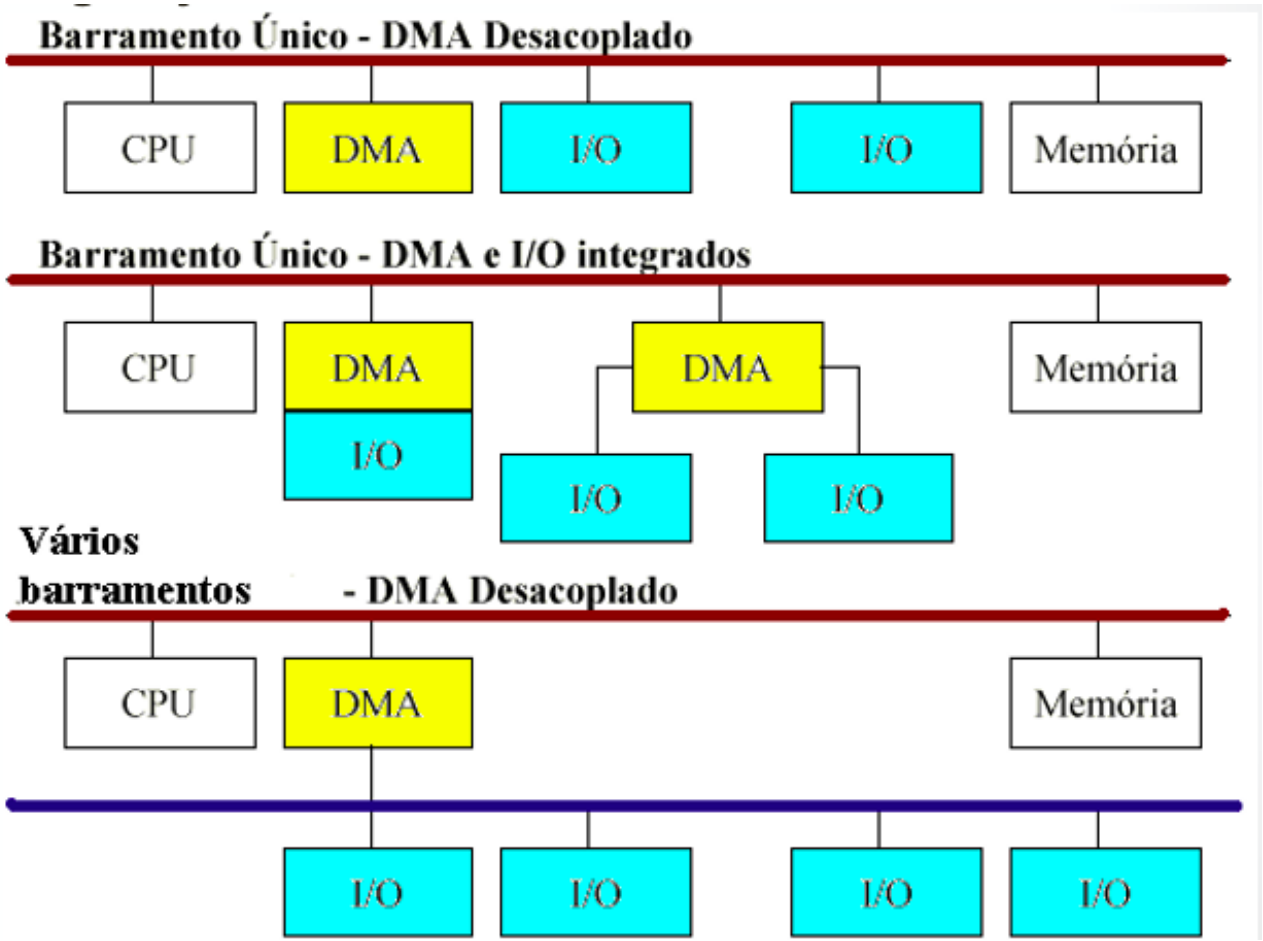


Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- O controlador de DMA pode suportar, tipicamente, o trabalho com vários periféricos diferentes, cada um utilizando um canal de DMA (*DMA channel*).
- Outra vantagem do DMA: pode ser implementada em hardware de diversas formas diferentes, conforme a quantidade de dispositivos e o desempenho pretendido.

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória
Configurações de DMA



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- 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 Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- DMA (*Direct Access Memory*) - acesso direto à memória:
  - DMA executa E/S programada - controladora de DMA faz todo o trabalho ao invés da CPU;
    - Presente principalmente em dispositivos baseados em bloco - discos. Controladora integrada à controladora dos discos;
    - Pode estar na placa-mãe e servir vários dispositivos - controladora de DMA independente do dispositivo;
    - DMA tem acesso ao barramento do sistema independentemente da CPU.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- DMA contém vários registradores que podem ser lidos e escritos pela CPU:
  - Registrador de endereço de memória;
  - Registrador contador de bytes;
  - Registrador (es) de controle;
    - Porta de E/S em uso;
    - Tipo da transferência (leitura ou escrita);
    - Unidade de transferência (byte ou palavra);
    - Número de bytes a ser transferido.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- 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 Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

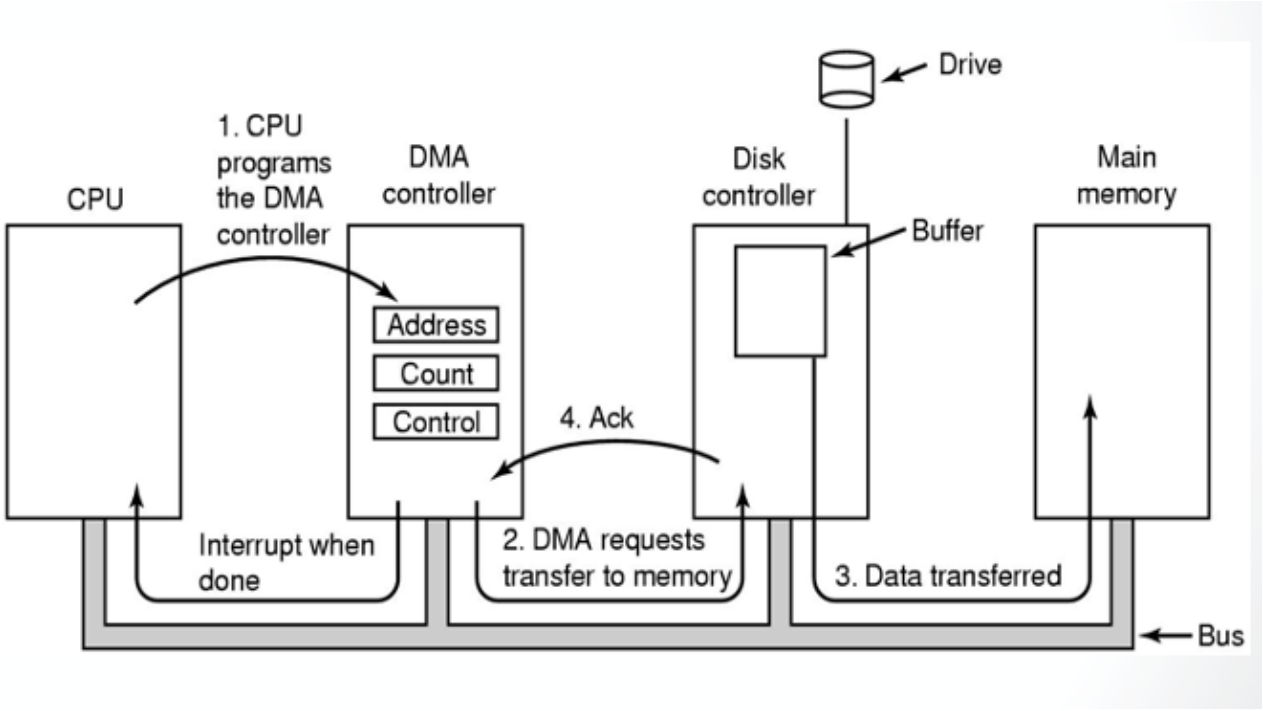
- Com DMA: Leitura de um bloco de dados em um disco: CPU controla:
  - 1. Além do endereço a ser lido, a CPU fornece à controladora de DMA duas outras informações: endereço na RAM para onde transferir os dados e o número de bytes a ser transferido;
  - 2. Controladora de DMA envia dados para a controladora 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 Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- Com DMA: Leitura de um bloco de dados em um disco: CPU controla:
  - 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;
  - 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.

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- 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).

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - E/S via Acesso direto à Memória

- Por que a DMA precisa de um *buffer* interno? Por que não escreve diretamente na RAM?
  - Permite realizar consistência dos dados antes de iniciar alguma transferência;
  - Dados (bits) são transferidos do disco a uma taxa constante, independentemente da controladora estar pronta ou não;
  - Acesso à memória depende de acesso ao barramento, que pode estar ocupado com outra tarefa;
  - Com o *buffer*, o barramento é usado apenas quando a DMA opera.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Interrupções de E/S (*interrupt-driven I/O*):
  - Sinais de interrupção são enviados (através dos barramentos) pelos dispositivos ao processador;
  - Após uma interrupção, o controlador de interrupções decide o que fazer;
    - Envia para CPU;
    - Ignora no momento - dispositivos geram sinais de interrupção até serem atendidos.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Controlador de Interrupções:
  - Está presente na placa-mãe.
- Possui vários manipuladores de interrupção;
  - Diferentes tipos de interrupções - IRQs (*Interrupt ReQuest*).
- Manipuladores de interrupção:
  - Gerenciam interrupções realizadas pelos dispositivos de E/S;
  - Bloqueiam *driver* até dispositivo terminar a tarefa.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - Tratando Interrupções

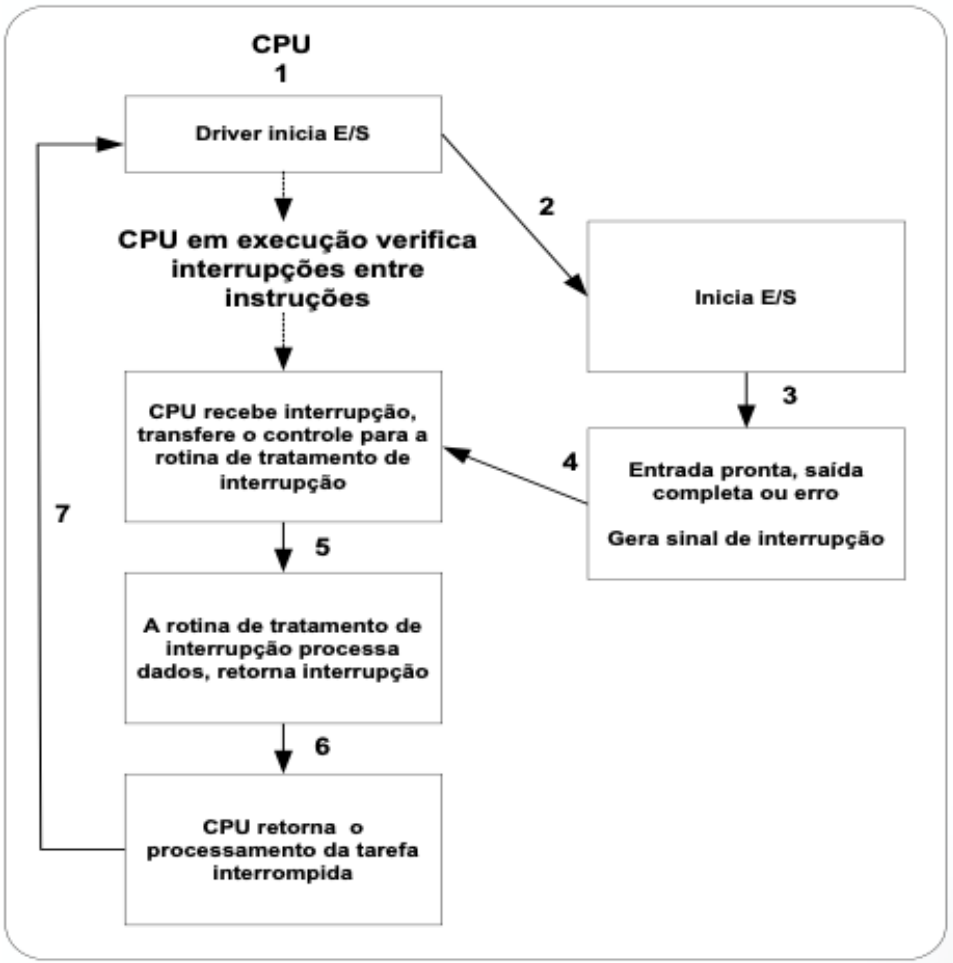
- Sinal (linha) de interrupção é amostrado dentro de cada ciclo de instrução do processador;
- Se sinal ativo - salva contexto e atende a interrupção.

Dispositivos de Entrada/Saída

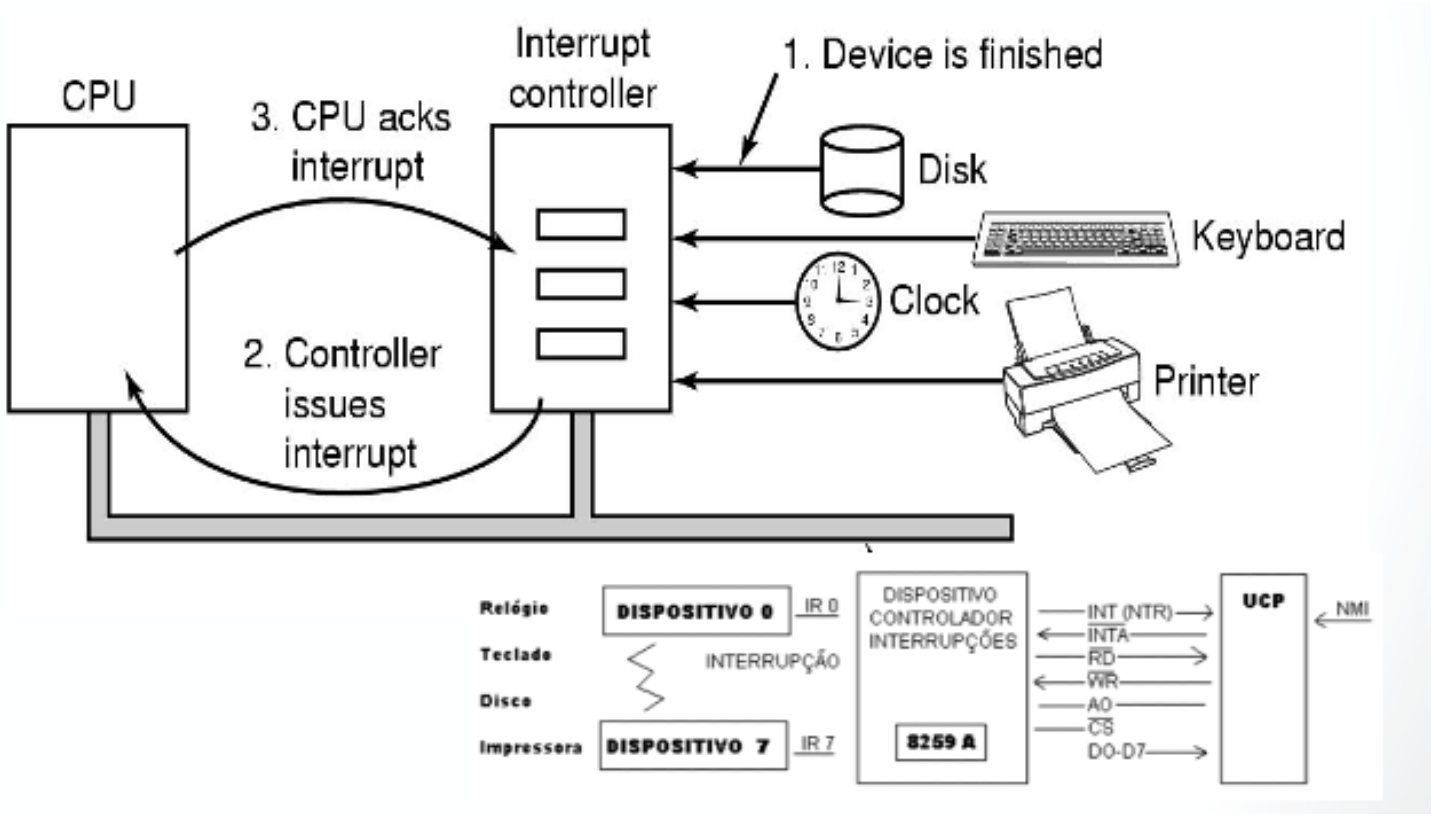
Princípios de Hardware - Tratando Interrupções Ciclo de instrução com interrupção: CPU

- 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.

Princípios de Hardware - Tratando Interrupções



Princípios de Hardware - Tratando Interrupções



Como uma interrupção ocorre.

Princípios de Hardware - Tratando Interrupções (exemplo)

IRQ	Uso padrão	Outras utilizações
00	Timer do sistema	Nenhum
01	Teclado	Nenhum
02	IRQs 8 a 15	Modem, placa de vídeo, porta serial (3, 4), IRQ 9
03	Porta serial 2	Modem, placa de som, placa de rede
04	Porta serial 1	Modem, placa de som, placa de rede
05	Placa de som (codec)	LPT2, COM 3 e 4, Modem, placa de rede, HDC
06	FDC	Placa aceleradora de fita
07	Porta paralela 1	COM 3 e 4, Modem, placa de som, placa de rede
08	Relógio de tempo real	Nenhum
09	Placa de som (midi)	Placa de rede, SCSI, PCI
10	Nenhum	Placa de rede, placa de som, SCSI, PCI, IDE 2
11	Placa de vídeo VGA	Placa de rede, placa de som, SCSI, PCI, IDE 3
12	Mouse P/S2	Placa de rede, placa de som, SCSI, PCI, IDE 3, VGA
13	FPU (*Float Point Unit*)	Nenhum
14	IDE primária	Adaptador SCSI
15	IDE secundária	Placa de Rede, adaptador SCSI

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Como é possível a um módulo de E/S controlar mais de um dispositivo de E/S: necessidade de associação de endereços a estes dispositivos
- Existem 2 formas de interpretação de endereços, pelo módulo de E/S, quando o barramento é compartilhado:
  - Mapeado em Memória: o módulo de E/S opera dentro do espaço de endereçamento de memória, usando um conjunto de endereços reservados (registradores são tratados como posições de memórias);
  - Mapeado em E/S ou E/S isolada: existe um espaço de endereçamento independente para os dispositivos de E/S. Uso de instruções especiais de E/S.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

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

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

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - Tipos de Entrada/Saída

- COs 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

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - Tipos de Entrada/Saída

- 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.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware - Tipos de Entrada/Saída

- 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.

Dispositivos de Entrada/Saída

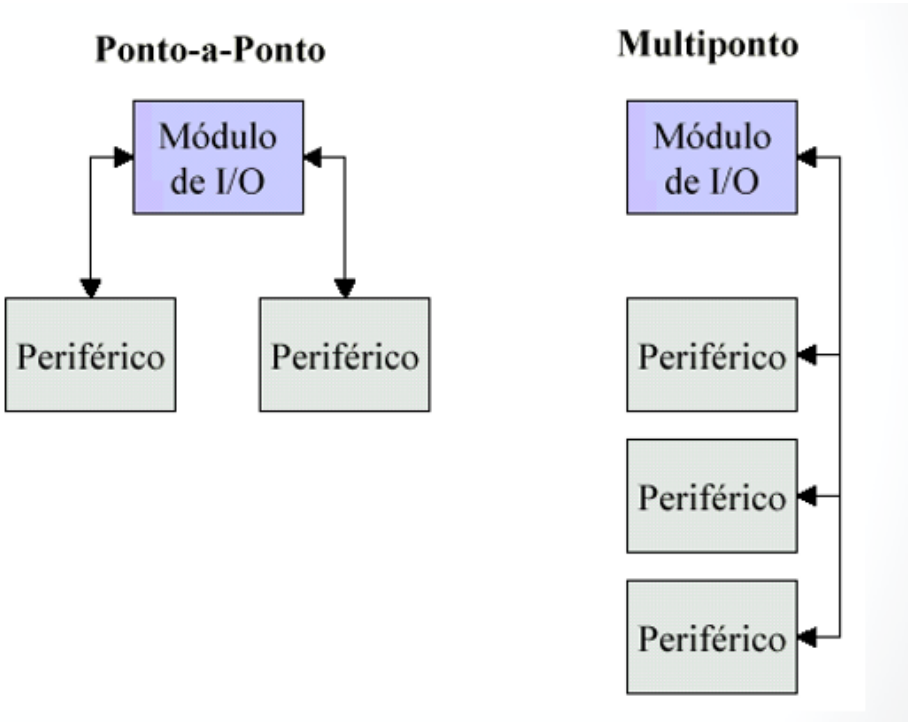
Princípios de Hardware

- 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.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Classificação quanto ao compartilhamento de conexões.

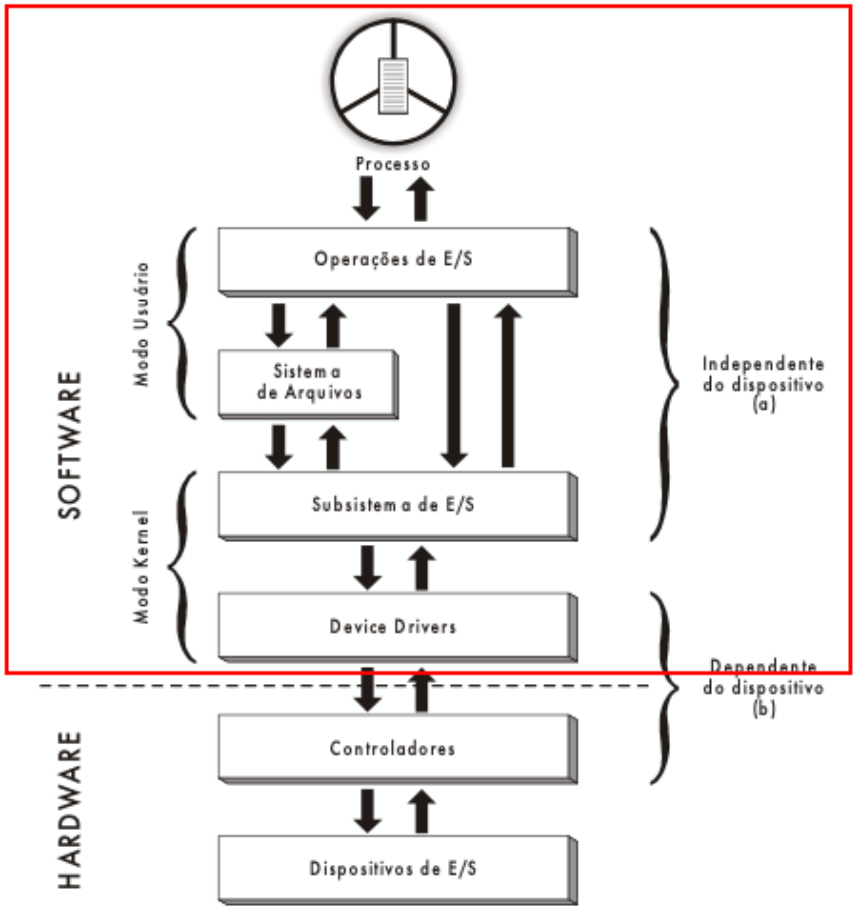


Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Hardware

- Conexões Ponto-a-Ponto:
  - oferecem maior confiabilidade.
  - permite a operação simultânea de diversos dispositivos.
  - é usada em dispositivos mais simples, tais como modens, 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*)

Princípios de Software



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Software

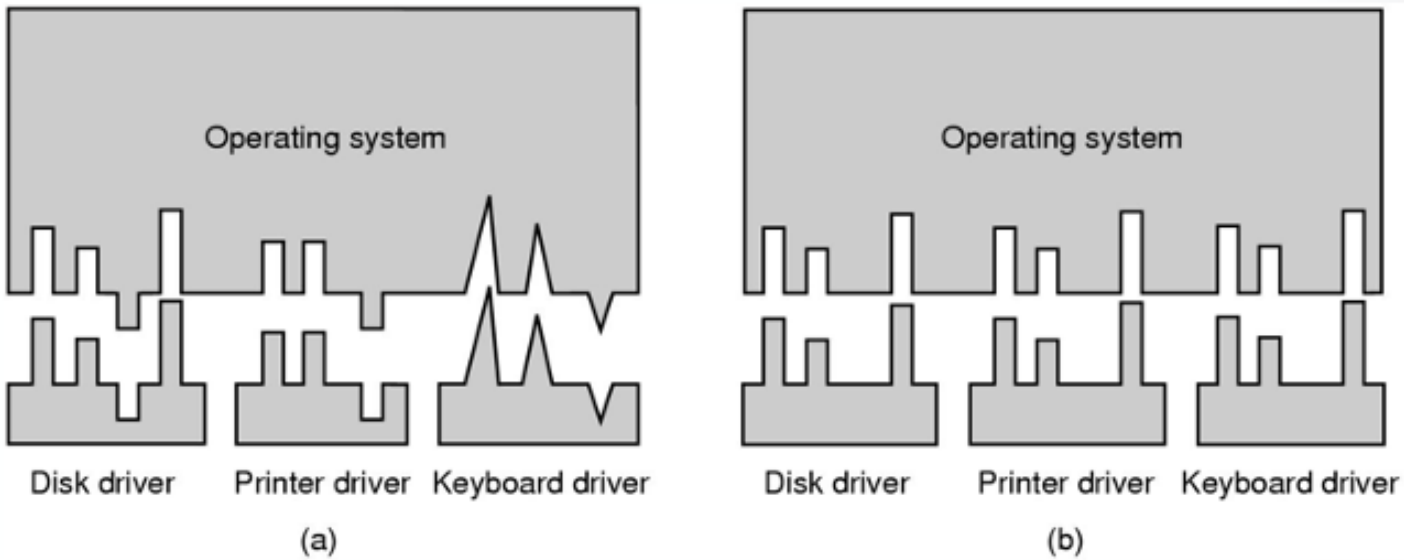
- Organizar o software como uma série de camadas facilita a independência dos dispositivos:
  - Camadas mais baixas apresentam detalhes de hardware:
    - *Drivers* e manipuladores de interrupção.
- Camadas mais altas apresentam interface para o usuário:
  - Aplicações de Usuário;
  - Chamadas de Sistemas;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

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Software

- 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 frequentemente acessados.

Princípios de Software - Camadas

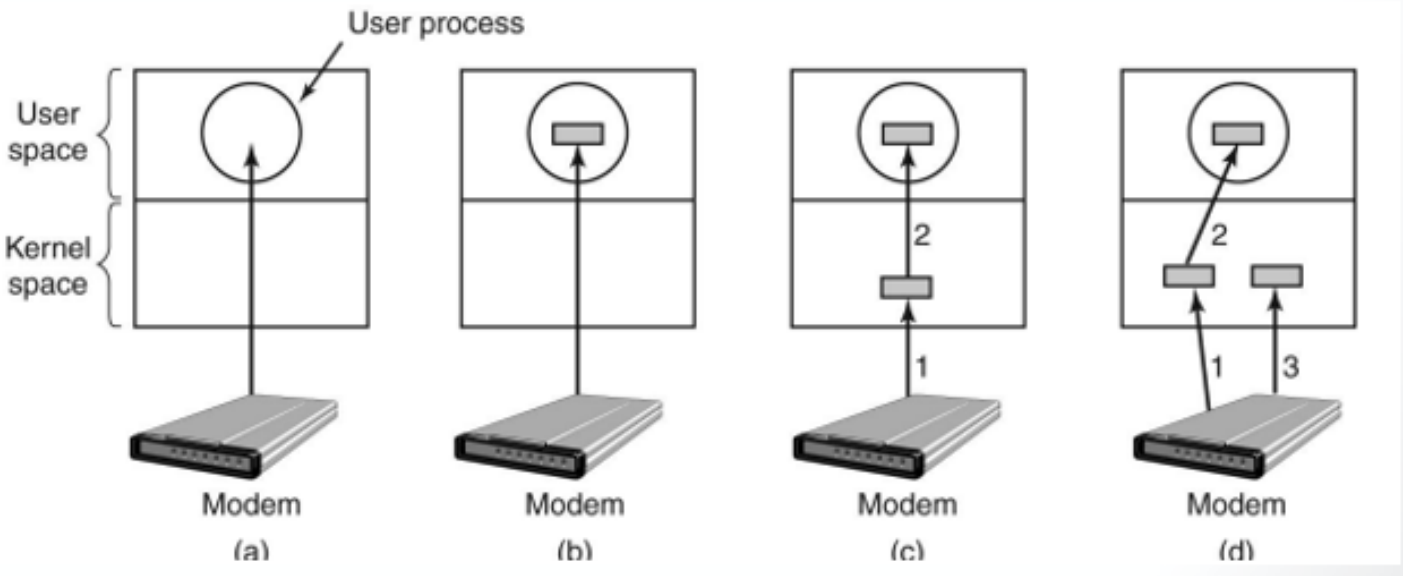


(a) Sem padrão de interface

(b) Com padrão de interface (uniforme)

Princípios de Software - Camadas

- Buffering
  - (a) Sem *buffering*
  - (b) Buffer no espaço do usuário
  - (c) Buffer no núcleo
  - (d) Buffer duplicado no núcleo



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Software - 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;
- Define um tamanho do bloco independente do dispositivo.

Dispositivos de Entrada/Saída

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 Entrada/Saída

Princípios de Software - Software Independente de E/S

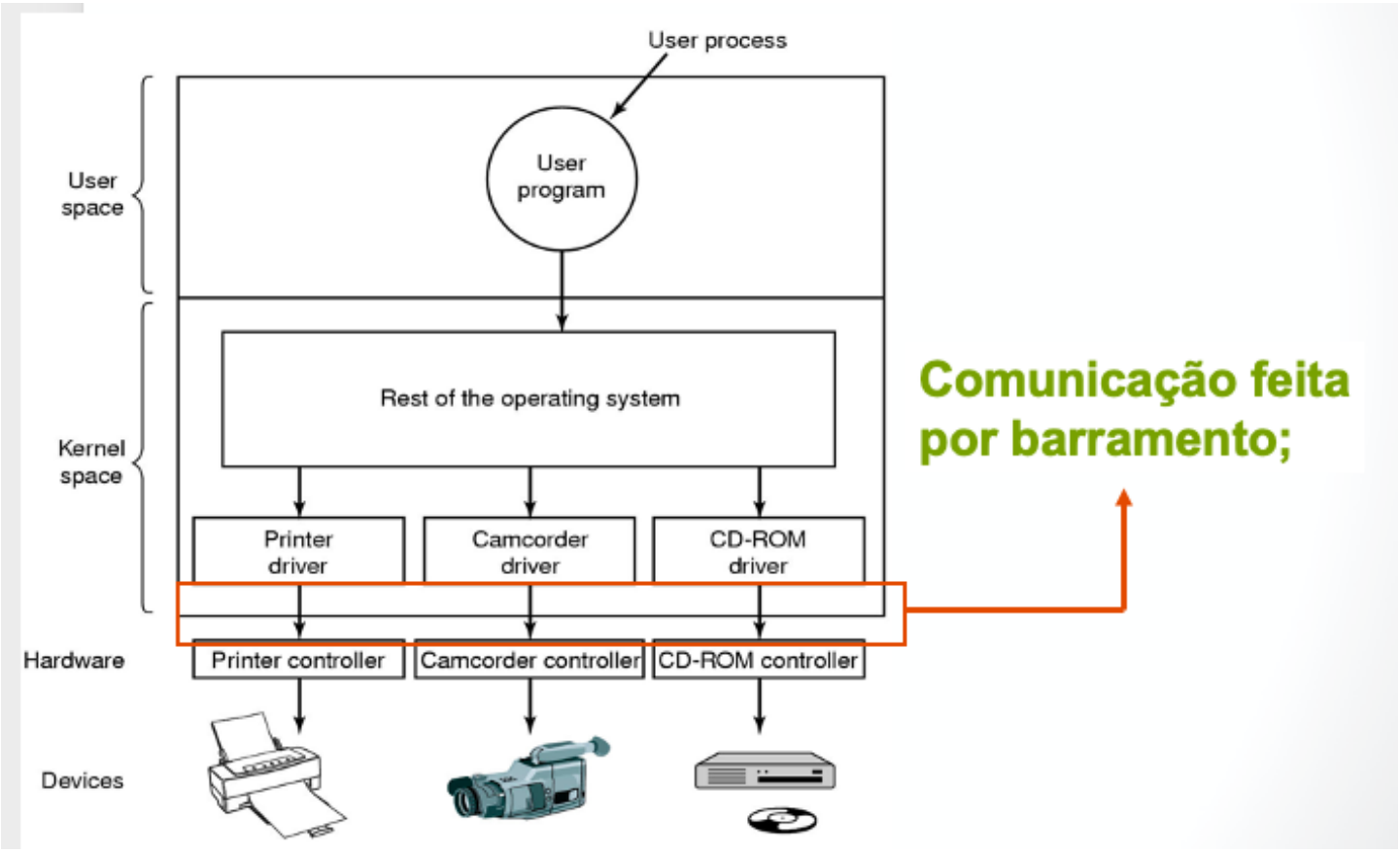
- Bibliotecas de E/S são utilizadas pelos programas dos usuários
  - Chamadas ao sistema (*system calls*).

Dispositivos de Entrada/Saída

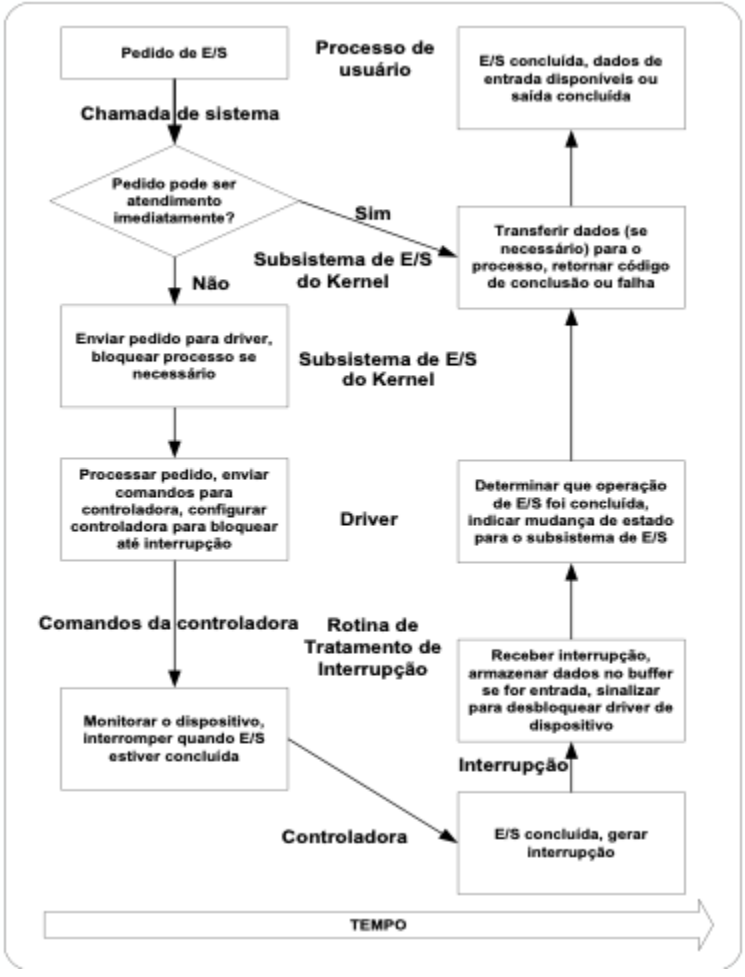
Princípios de Software - *Drivers*

- São gerenciados pelo *kernel* do SO;
- Contêm todo o código dependente do dispositivo;
- Controlam o funcionamento dos dispositivos por meio de sequência 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;

Princípios de Software - Camadas



Princípios de Software - Ciclos E/S



Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Software - Sequência 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 Entrada/Saída

Princípios de Software - Sequência da Figura Anterior

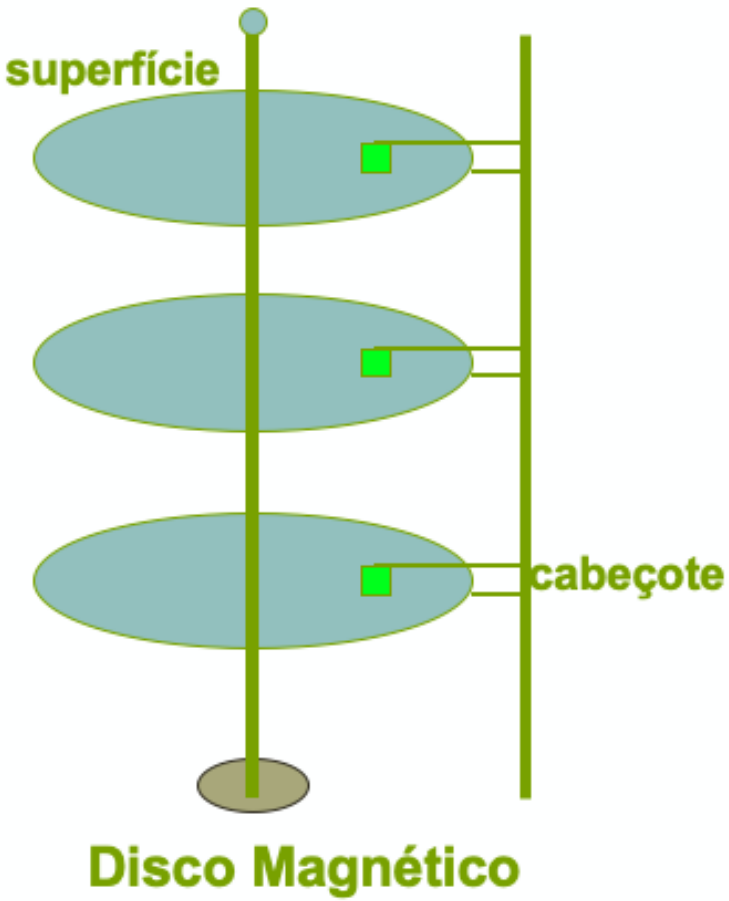
- *Driver* aloca espaço de *buffer*, escalona E/S e envia comando para a controladora do dispositivo escrevendo nos seus registradores de controle;
  - *Driver* pode usar a DMA.
- A controladora do dispositivo opera o hardware, ou seja, o dispositivo propriamente dito;
- Após a conclusão da E/S, uma 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.

Dispositivos de Entrada/Saída

Princípios de Software - Sequência da Figura Anterior

- *Driver* recebe o sinal, determina qual pedido de E/S foi concluído, determina o status e sinaliza que o pedido está concluído;
- *Kernel* transfere dados ou códigos de retorno para o espaço de endereçamento do processo que requisitou a E/S e move o processo da fila de bloqueados para a fila de prontos;
- Quando o escalonador escalona o processo para a CPU, ele retoma a execução na conclusão da chamada ao sistema.

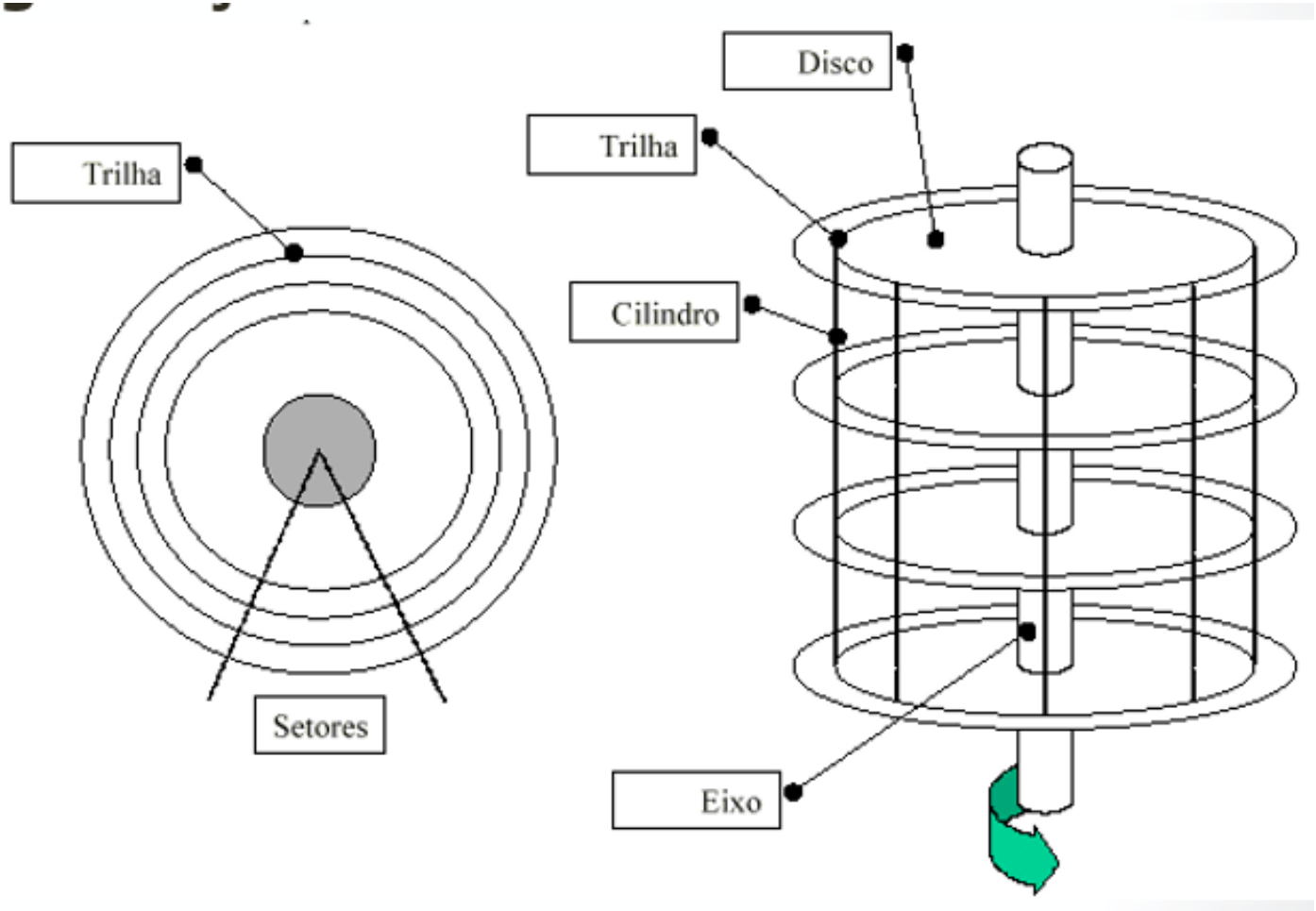
Princípios de Software - Discos



- Cada superfície é dividida em **trilhas**;
- Cada trilha é dividida em **setores** ou **blocos** (512 bytes a 32K);
- Um conjunto de trilhas (com a mesma distância do eixo central) formam um **cilindro**;
- Cabeças de leitura e gravação;
- Tamanho do disco:

nº cabeças (faces) x nºcilindros (trilhas) x nº setores x tamanho_setor.

Princípios de Software - Organização dos Discos



Dispositivos de Entrada/Saída

Discos Magnéticos

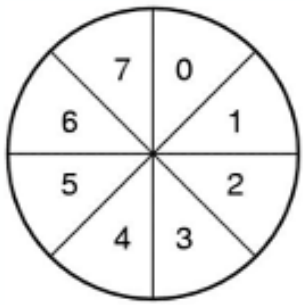
- Grande evolução com relação
  - Velocidade de acesso (*seek*): tempo de deslocamento do cabeçote até o cilindro correspondente à trilha a ser acessada;
  - Transferências: tempo para transferência (leitura/escrita) dos dados;
  - Capacidade;
  - Preço.

Dispositivos de Entrada/Saída

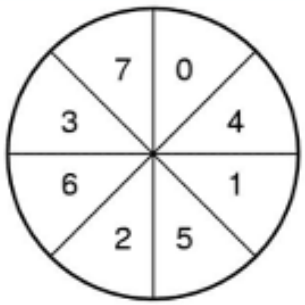
Discos Magnéticos

- Técnica para reduzir o tempo de acesso: entrelaçamento (*interleaving*):
  - Setores são numerados com um espaço entre eles;
  - Entre o **setor K** e o **setor K+1** existem **n** (fator de entrelaçamento) setores;
    - Número **n** depende da velocidade do processador, do barramento, da controladora e da velocidade de rotação do disco.

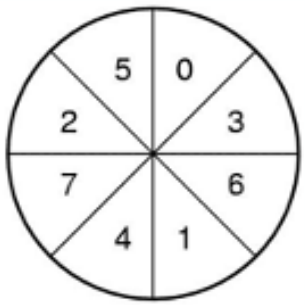
Princípios de Software - Torção Cilíndrica



(a)



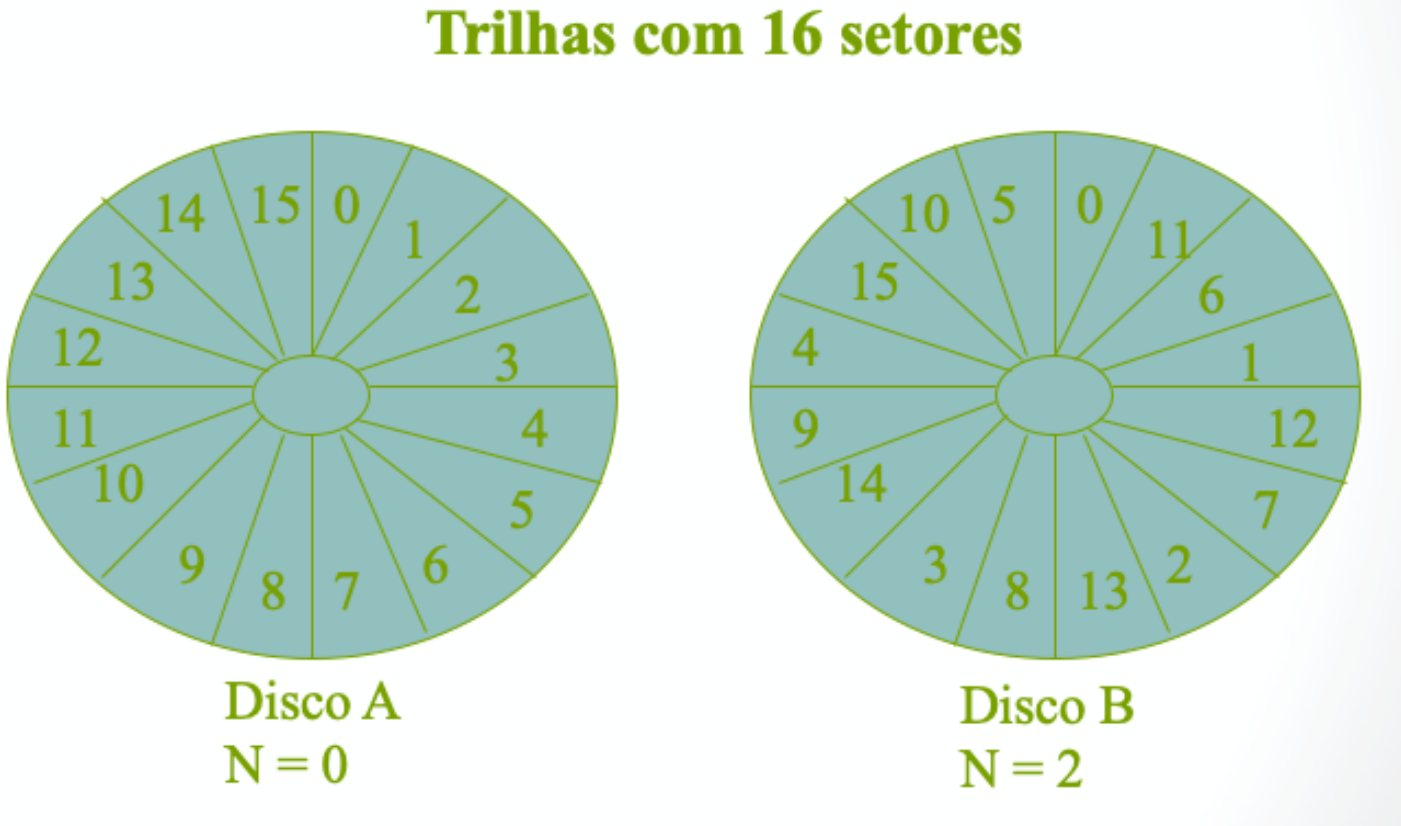
(b)



(c)

a) Sem entrelaçamento
b) Entrelaçamento simples
c) Entrelaçamento duplo

Princípios de Software - Torção Cilíndrica



Dispositivos de Entrada/Saída

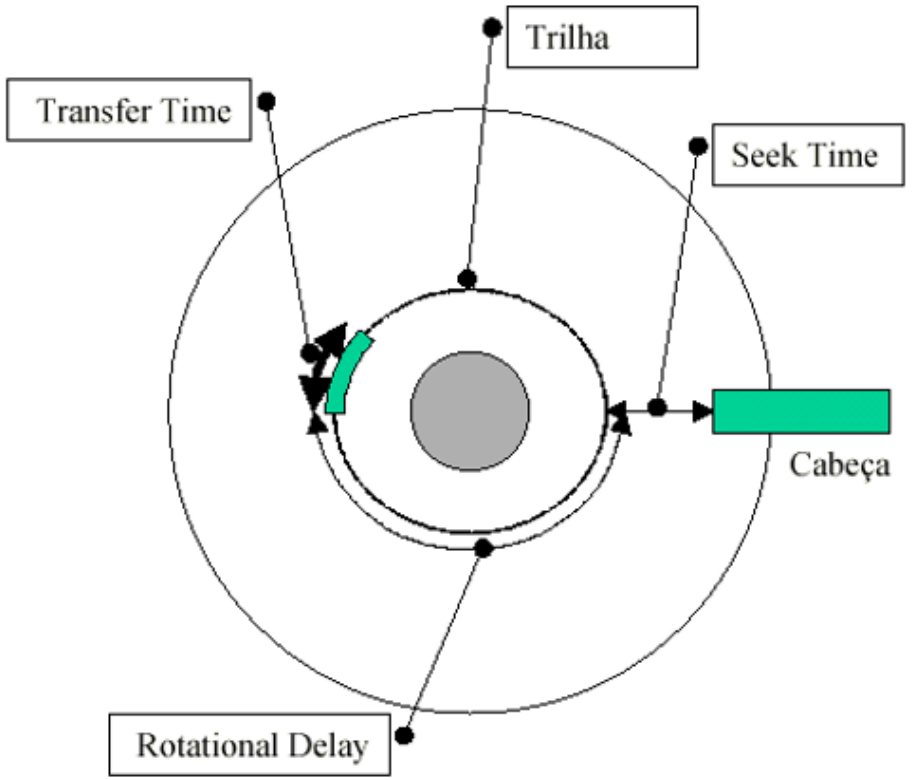
Drivers de Disco:

- Fatores que influenciam tempo para leitura/escrita no disco:
  - Velocidade de acesso (*seek*) - tempo para o movimento do braço até o cilindro;
  - *Delay* de rotação (latência) - tempo para posicionar o setor na cabeça do disco;
  - Tempo da transferência dos dados;
- Tempo de acesso:
  - $T_{seek} + T_{latência} + T_{transferência}$;

Tempo necessário para o cabeçote se posicionar no setor de escrita/leitura.

Princípios de Software

$$t_{access} = t_{seek} + t_{rotationaldelay} + t_{transfer}$$



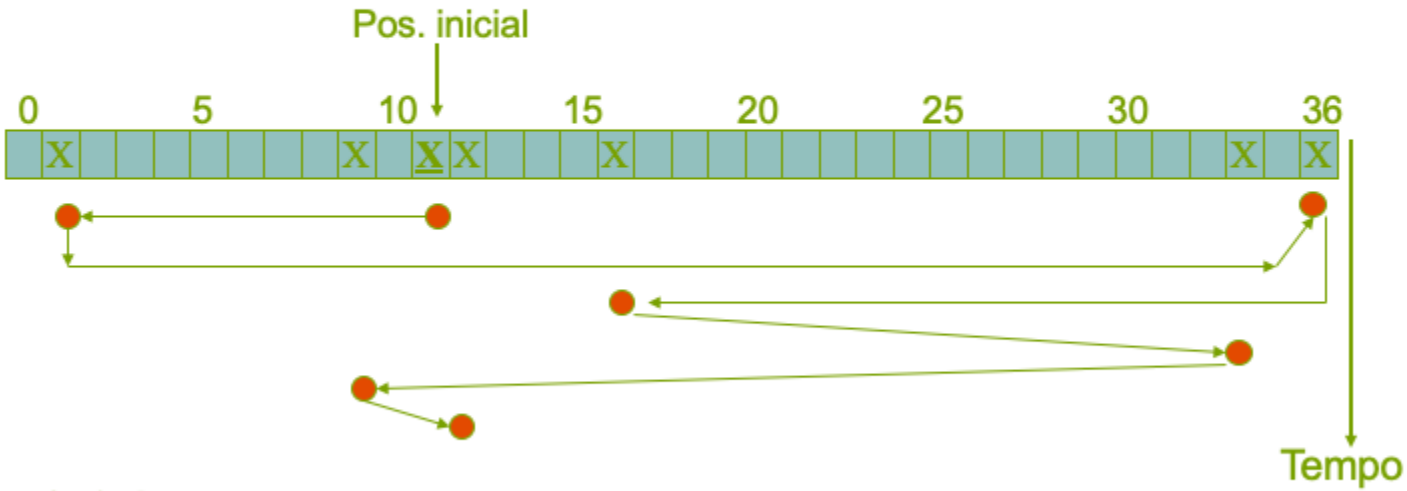
Dispositivos de Entrada/Saída

Discos Magnéticos

- Algoritmos de escalonamento no disco:
  - FCFS (FIFO) - *First-Come First-Served*;
  - SSF - *Shortest Seek First*;
  - *Elevator* (também conhecido como SCAN);
- Escolha do algoritmo depende do número e do tipo de pedidos;
- *Driver* mantém uma lista encadeada com as requisições para cada cilindro.

Princípios de Software

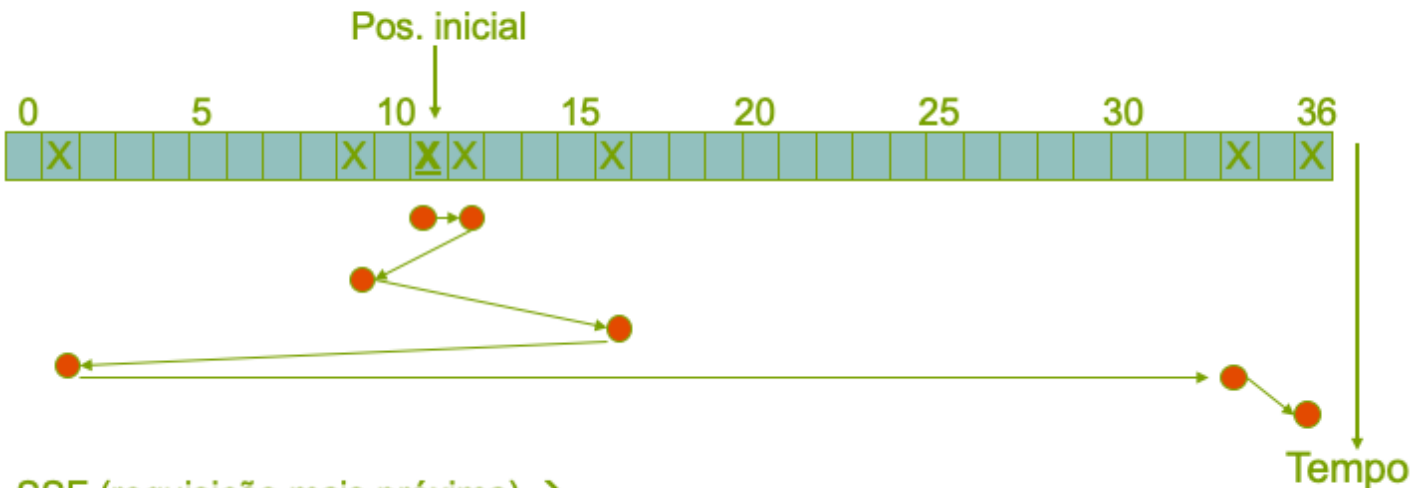
Disco com 37 cilindros;
Lendo bloco no cilindro 11;
Requisições: 1,36,16,34,9,12, nesta ordem



FCFS → atendimento: 1,36,16,34,9,12;
movimentos do braço (número de cilindros): 10,35,20,18,25,3 = 111;

Princípios de Software

Disco com 37 cilindros;
Lendo bloco no cilindro 11;
Requisições: 1,36,16,34,9,12, nesta ordem

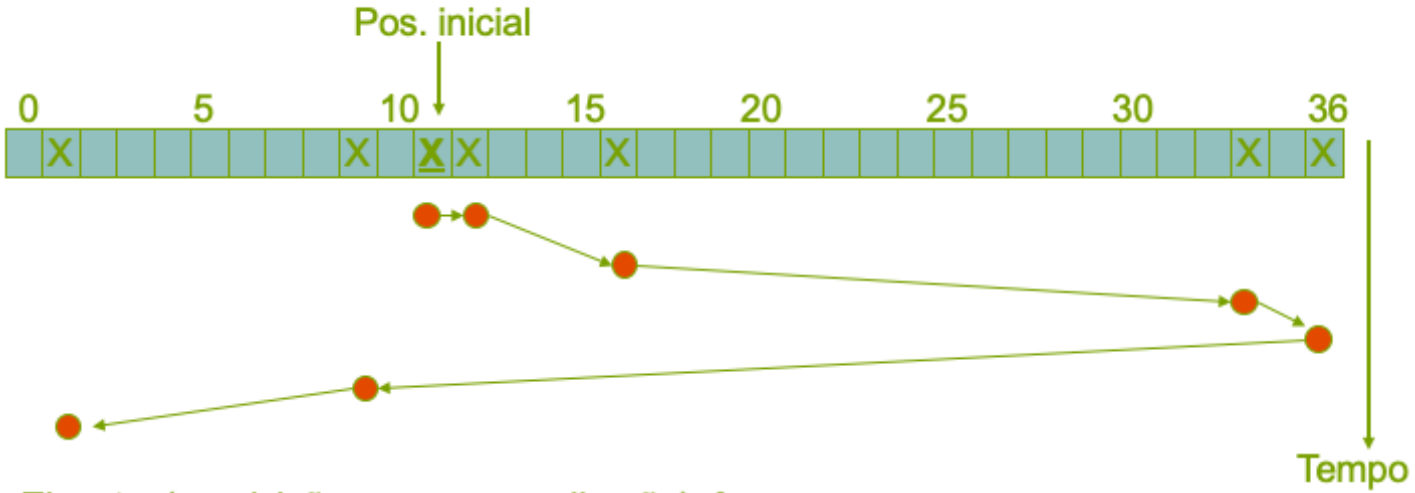


SSF (requisição mais próxima) →
atendimento: 12,9,16,1,34,36;
movimentos do braço (número de cilindros): 1,3,7,15,33,2 = 61;

Princípios de Software

Disco com 37 cilindros;
Lendo bloco no cilindro 11;
Requisições: 1,36,16,34,9,12, nesta ordem

Bit de direção corrente (*driver*):
Se *Up* → atende próxima requisição;
senão *Bit* = *Down;*
muda direção e atende requisição;



Elevator (requisições na mesma direção) →
atendimento: 12,16,34,36,9,1
movimentos do braço (número de cilindros): 1,4,18,2,27,8 = 60;

Continuemos com **DISPOSITIVOS DE ENTRADA E SAÍDA** ....