

Sistemas Operacionais

Gerência de Entrada e Saída (E/S)

Lesandro Ponciano

Objetivos da Aula

- Examinar a estrutura do subsistema de E/S
- Discutir princípios e complexidade do hardware
- Explicar aspectos de desempenho do hardware e software relacionados a E/S

Entrada e Saída (E/S)

- Existem duas tarefas principais nos computadores
 - Processamento
 - Entrada e Saída (E/S)
- O papel do SO em relação a E/S é gerenciar e controlar operações dos dispositivos de E/S
- Aspectos de E/S já foram discutidos de forma tangencial nos diversos tópicos tratados na disciplina
 - Aqui apresenta-se um quadro completo desses aspectos

Subsistema de E/S do Kernel

- Dispositivos de E/S (tela, mouse, teclado, disco, etc) variam em termos de função e de velocidade
- Tal variação implica na necessidade do uso de diferentes métodos para controlá-los
 - O conjunto de métodos implementados pelo sistema operacional formam o **subsistema de E/S do kernel**

Questões de Mercado

- O subsistema de E/S precisa lidar com diversas questões de mercado
 - Uma **questão favorável**: tende-se a uma convergência de interface padrão de software e hardware
 - Uma **questão desfavorável**: surgem cada vez mais dispositivos e sendo eles cada vez mais diversos entre si

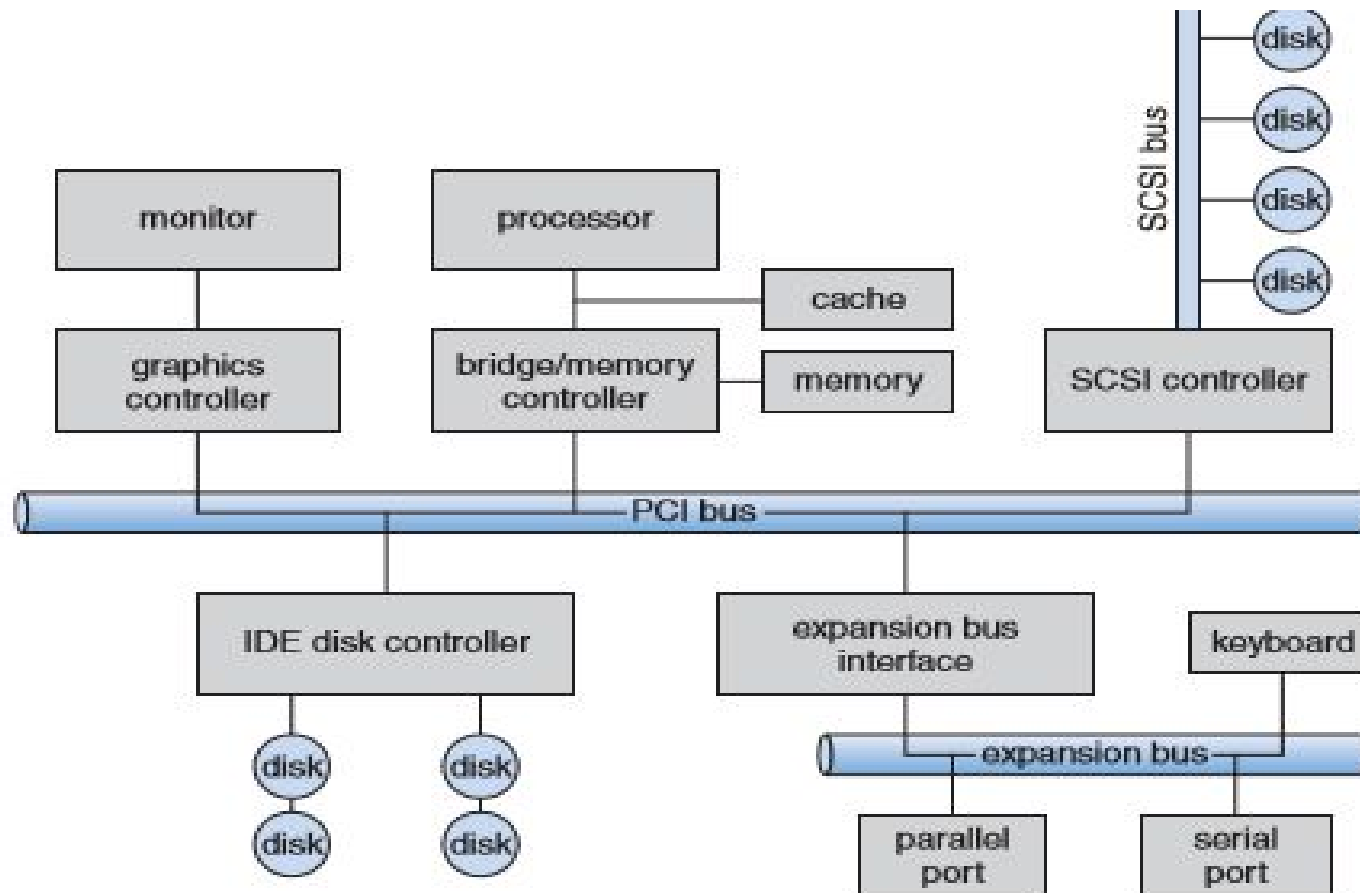
Subsistema de E/S

- O subsistema de E/S é responsável por realizar as funções comuns a todos os tipos de dispositivo
 - ficando o tratamento de aspectos específicos de cada dispositivo como responsabilidade dos *device drivers*
- Entre as funções do subsistema de E/S do kernel, pode-se destacar
 - Criar uma unidade lógica de transferência independente do dispositivo
 - Tratamento de erros nas operações de E/S
 - Mecanismo de proteção de acesso aos dispositivos
 - *Bufferização*
 - Interface padronizada com os *device drivers*

Hardware de E/S

- Tipos de dispositivos
 - armazenamento (ex. discos, fitas),
 - transmissão (ex. placas de rede, modems)
 - interface humana (e.g. monitor, teclado, mouse)
- O dispositivo se comunica com o computador por um ponto de conexão, ou *porta*
 - e.g. uma porta serial
- Quando os dispositivos usam conjunto de fios comuns, a conexão é chamada *bus*
 - Um *bus* é um conjunto de fios e um protocolo que especifica o conjunto de mensagens que podem ser trafegadas nos fios

Uma Estrutura Típica de *Bus*



Buses e Controladores

- Um computador possui diversos *buses*
 - **Bus PCI**: conecta o subsistema processador-memória aos dispositivos
 - **Bus de expansão**: conecta dispositivos relativamente lentos
 - **Bus SCSI**: conecta discos SCSI
- Também há diversos controladores de dispositivos
 - Um controlador é um conjunto de componentes eletrônicos que pode operar uma porta, um *bus* ou um dispositivo

Registradores das Portas

- Uma porta geralmente é composta de 4 registradores
 - 1) **Entrada** de dados: lido pelo *host* para obtenção de informações
 - 2) **Saída** de dados: escrito pelo *host* para envio de informações
 - 3) **Status**: indica confirmações e/ou erros nas operações
 - 4) **Controle**: usado para iniciar comandos ou alterar modalidades

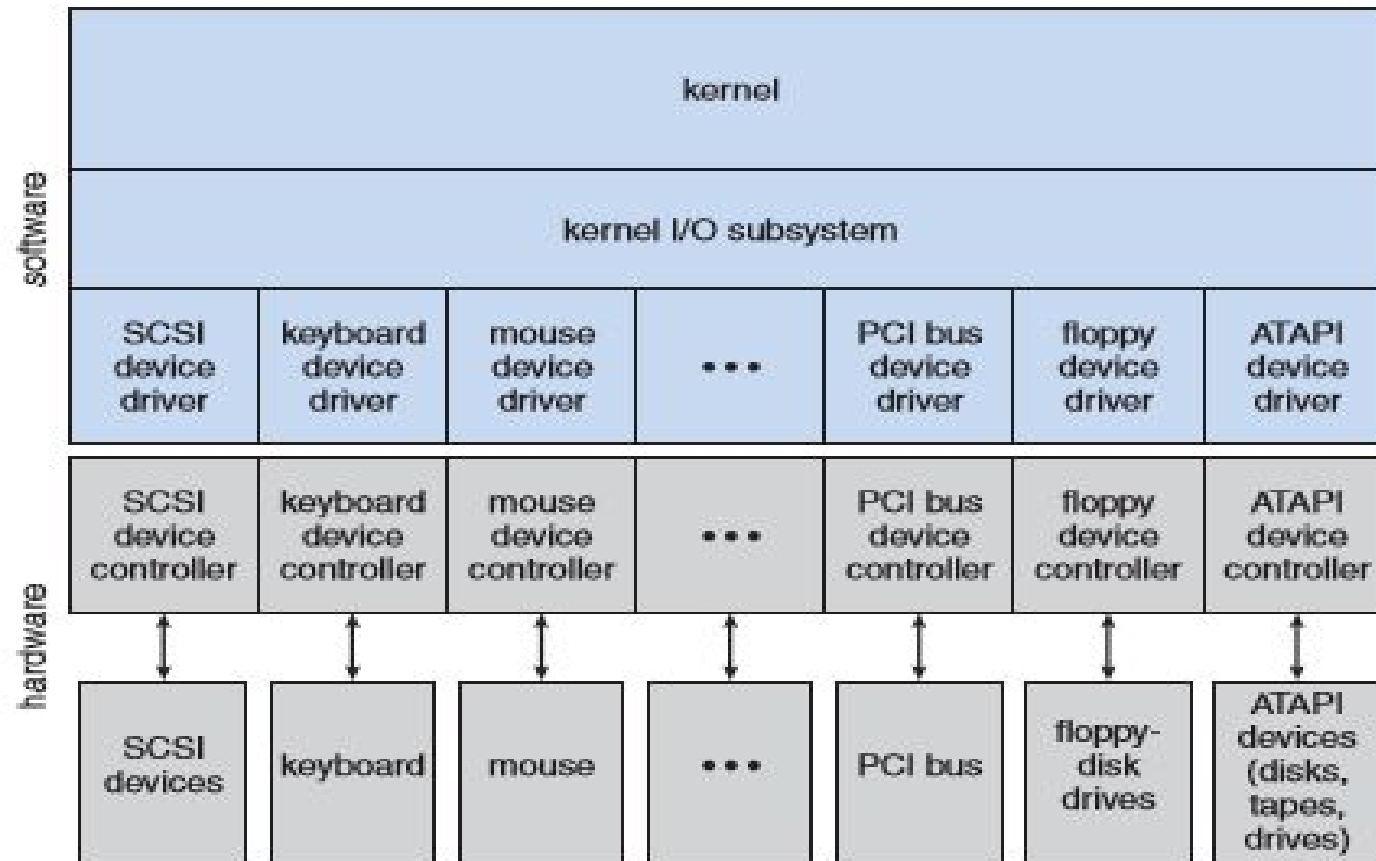
Tratamento de Requisições de E/S

- Formas de tratar requisições de dispositivos
 - **Polling** (ou sondagem) consiste na verificação contínua do dispositivo por meio de três instruções
 - Ler um registrador de dispositivo
 - Executar uma operação lógica para extrair o bit de estado
 - Ramificar uma dada ação, caso necessário
 - **Interrupções** consistem no controlador de dispositivos colocar uma informação na linha de interrupções do processador
- Quando o tratamento da requisição envolve a manipulação de muitos dados
 - Usa-se o controlador de acesso direto à memória (DMA)
 - O uso de DMA evita que se transfira poucos bytes de cada vez

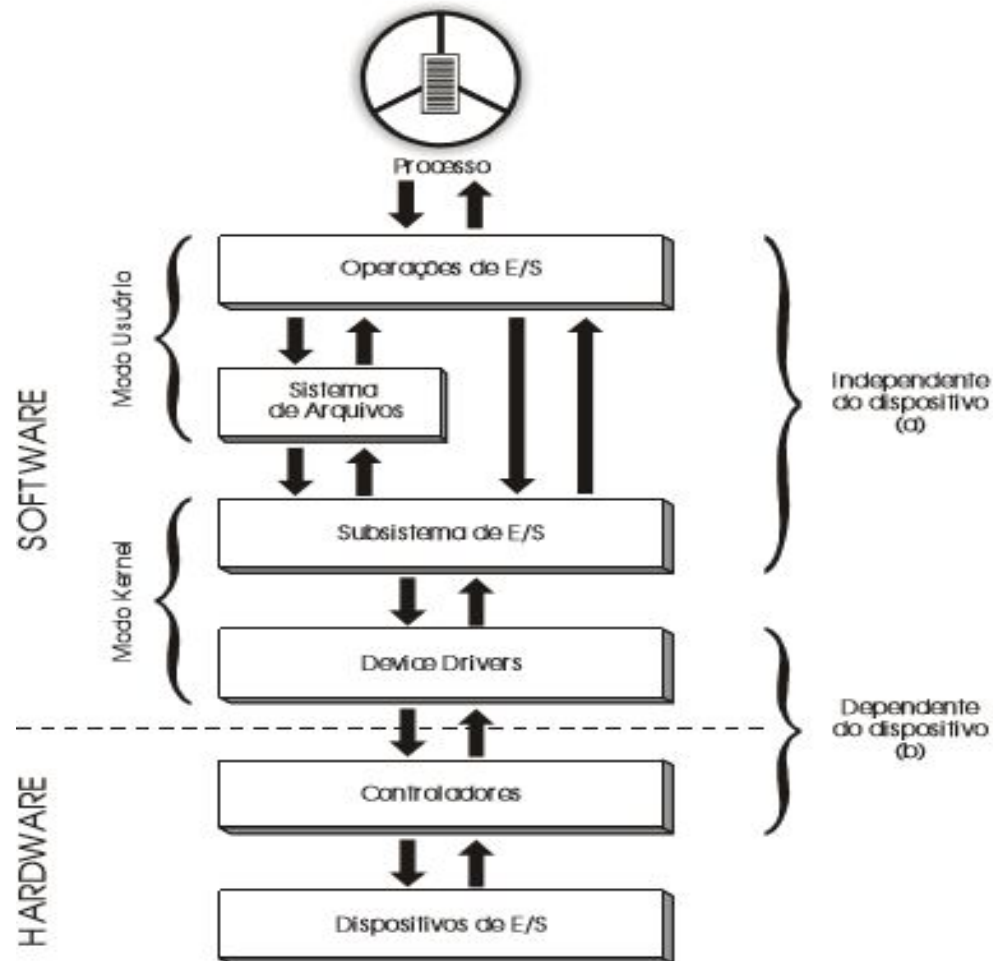
Interface de E/S da Aplicação

- O SO deve oferecer uma interface de **chamada de sistemas** que permita operar os dispositivos de E/S
- Busca-se técnicas de estruturação e interfaces do SO que permitam que dispositivos de E/S sejam tratados de **forma padrão e uniforme**
- As partes do *kernel* relacionadas a E/S são estruturadas em camadas de software

Estrutura de E/S do Kernel



Estrutura de E/S do Kernel



Interface de Chamadas de Sistemas

- Pode-se destacar quatro aspectos considerados na definição da interface de chamadas de sistemas relacionados a E/S
 - 1) Dispositivos de blocos e de caracteres
 - 2) Dispositivos de rede
 - 3) Relógios e *timers*
 - 4) E/S com e sem bloqueio

Transferência de Dados

- Um **dispositivo de fluxo** de caracteres transfere byte
 - Exemplo de dispositivos de caracteres: mouse, terminal
 - É esperado a existência de chamadas como *get()* a *put()*, que permitem capturar e inserir caracteres, respectivamente
- Um **dispositivo de bloco** transfere blocos de byte
 - Exemplo de dispositivos de bloco: disco
 - É esperado a existência de chamadas como *read()*, *write()* e *seek()*

Dispositivos de Rede

- Para dispositivos de rede, uma interface comum é a de *socket* de rede
 - Que permite a realização e operação de conexões
- Para implementação de servidores, a interface de *sockets* também fornece uma chamada `select()`, que permite
 - Gerenciar um conjunto de *sockets*
 - Otimizar operações de rede

Relógios e *Timers*

- Interface de relógios e *timers* de hardware fornecem três funções básicas
 - Informam a hora corrente
 - Informam o tempo decorrido
 - Posicionam um *timer* para disparar a operação Z no momento T
- Essas funções são muito usadas pelo SO e por aplicativos de tempo crítico

E/S com e sem Bloqueio

- A interface também deve permitir a realização de E/S com bloqueio e E/S sem bloqueio
 - **E/S com bloqueio**: quando uma aplicação realiza uma chamada de sistemas de E/S com bloqueio ela fica bloqueada até a chamada ser concluída
 - **E/S sem bloqueio**: quando uma aplicação realiza uma chamada de sistemas de E/S sem bloqueio ela continua executando
- Tais modos de E/S são fundamentais, por exemplo, na implementação de árvores de processos

Supervisão pelo Subsistema de E/S

- O subsistema de E/S do *Kernel* supervisiona os seguintes procedimentos
 - Gerenciamento do espaço de nomes de arquivos e dispositivos
 - Controle de acesso a arquivos e dispositivos
 - Controle de operações que cada dispositivo é capaz de executar
 - Alocação do espaço do sistema de arquivos
 - Alocação de dispositivos
 - Armazenamento em *buffer*, *cache* e *spool*
 - Escalonamento de E/S
 - Monitorar status, manipular erros e recuperar de falhas dos dispositivos
 - Configuração e inicialização de *drivers* de dispositivos

Subsistema de E/S do *Kernel*

- Eficiência do computador
 - Escalonamento de E/S
 - Armazenamento em *buffer*
 - Armazenamento em cache
 - Armazenamento em *Spool* e reservas de dispositivos
- Manipulação de erros
- Proteção de E/S
- Estruturas de dados do *Kernel*

Escalonamento de E/S

- É preciso determinar qual solicitação terá acesso a um dispositivo em cada momento
- O escalonador de E/S visa determinar uma boa ordem para sua execução
 - Seguir a ordem em que as aplicações emitem as chamadas de sistemas raramente é a melhor forma de escalonamento
- O escalonador de E/S pode ser projetado para atender a diversos objetivos, tais como:
 - Melhorar o desempenho geral do sistema
 - Compartilhar o acesso a dispositivos de maneira justa
 - Reduzir o tempo médio de espera para acessar o dispositivo

Escalonamento de E/S

- Suponha que o braço do disco está próximo do começo do disco quando três aplicações (A, B e C) emitem chamadas com bloqueio para esse disco
 - A solicita um bloco perto do fim do disco
 - B solicita um bloco perto do começo
 - C solicita um bloco perto do meio
- Nesse caso, o escalonador de E/S pode reduzir a distância que o braço percorrerá atendendo as requisições na ordem B, C, A

Armazenamento em *Buffer*

- Um *buffer* é uma área de memória que armazena os dados que estão sendo transferidos
 - entre dois dispositivos
 - entre um dispositivo e uma aplicação
- Três razões para o uso de *buffer*
 - 1) Lidar com a discrepância de velocidade entre os dispositivos produtor e consumidor do conjunto de dados
 - Ex. Modem -> *buffer* -> HD
 - 2) Fornecer adaptações para dispositivos que tenham diferentes tamanhos e transferência de dados
 - Ex. Fragmentação e remontagem de pacotes de rede
 - 3) Dar suporte à semântica de cópia de E/S de aplicações
 - Ex. Versão dos dados existentes no *buffer*

Armazenamento em *Cache*

- Um cache é uma região da memória rápida que mantém cópias de dados
 - O acesso à cópia existente no cache é mais eficiente do que o acesso ao dado original
- *Cache versus Buffer*
 - *Buffer* pode manter a única cópia existente de um dado enquanto o cache mantém uma cópia, em memória mais rápida, de um dado que reside em outro local

Armazenamento em *Spool*

- Um *spool* é um tipo de *buffer* que mantém saída para um dispositivo que não pode aceitar fluxos de dados intercalados
- Exemplo: impressora
 - Só imprime um arquivo de cada vez, não pode lidar com outro arquivo enquanto imprime
 - Novas impressões que forem chegando são colocadas em um *spool*

Manipulação de Erros

- Os diversos dispositivos de E/S podem falhar e o SO deve garantir que tal falha não comprometa o desempenho do sistema
- Falhas podem ser temporárias ou permanentes
 - Falhas **temporárias** podem ocorrer em decorrência do estado de uso do dispositivo, por exemplo, está sobrecarregado
 - Falhas **permanentes** podem ocorrer quando um dispositivo apresenta um defeito
- SOs geralmente conseguem se recuperar de falhas temporárias, mas não das permanentes

Proteção de E/S

- Erros são intimamente relacionados à questão da proteção
- O principal foco é evitar que um processo do usuário possa, intencionalmente ou acidentalmente, paralisar a operação normal do sistema
- Exemplos de proteções
 - Para evitar que um usuário realize operações inválidas, todas as instruções de E/S são definidas como privilegiadas
 - Locações que se mapeiam para memória e portas de E/S são protegidas pela própria memória

Estruturas de Dados do *Kernel*

- O *kernel* tem que manter informações de estado sobre o uso de componentes de E/S
- Isso é realizado com o uso de diversas estruturas de dados
- Exemplo de estruturas de dados usadas pelo *kernel*
 - Tabela de arquivos abertos por um processo
 - Tabela de arquivos abertos em todo o sistema
 - Tabela de *inodes* ativos
 - Tabela de informações de rede

Questões de Desempenho

- E/S é um fator importante no desempenho do sistema
 - Ele impõe pesadas demandas sobre a CPU para
 - Execução de códigos de *drivers* de dispositivos
 - Escalonamento de processos aos dispositivos
 - As mudanças de contexto para realização de E/S sobrecarregam a CPU e os caches
 - A troca de dados entre os controladores dos dispositivos e a memória física sobrecarrega o *bus* da memória durante sua realização
 - E/S dirigido a interrupções causa uma grande quantidade de trocas de contexto entre processos na CPU
 - Tráfego de rede também causa uma alta taxa de troca de contexto

Melhoria de Desempenho

- Pode-se empregar vários princípios para melhorar a eficiência de E/S
 - Reduzir o número de trocas de contexto
 - Reduzir o número de vezes que os dados devem ser copiados na memória enquanto passam entre dispositivos e a aplicação
 - Reduzir a frequência de interrupções usando transferências grandes, controladores inteligentes e sondagens
 - Liberar a CPU da cópia simples de dados usando canais com DMA
 - Permitir que algumas primitivas de processamento possam ser realizadas nos controladores dos dispositivos (assim o *bus* e a CPU podem desempenhar outras tarefas simultaneamente)
 - Balancear o uso da CPU, memórias, *bus* e E/S, por que uma sobrecarga em um deles causará ociosidade nos outros

Referências

- SILBERSCHATZ, Abraham; GALVIN, Peter B.; GAGNE, Greg. Fundamentos de sistemas operacionais: princípios básicos. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2013. xvi, 432 p. ISBN 9788521622055
- TANENBAUM, Andrew S. Sistemas operacionais modernos. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. xvi, 653 p. ISBN 9788576052371

Sistemas Operacionais

Prof. Dr. Lesandro Ponciano

<https://orcid.org/0000-0002-5724-0094>