

CURSO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE

Disciplina: Arquitetura e Organização de Computadores

DISPOSITIVOS DE ENTRADA E SAÍDA

Prof. Alexandre Tannus

- ▶ Descrever as características e funções dos dispositivos de entrada e saída (E/S)
- ▶ Diferenciar as técnicas de operação de dispositivos de E/S

- ▶ O tema da aula é exposto pelo professor em sala de aula. Os alunos interagem durante a apresentação para resolução de dúvidas e exposição de questionamentos relevantes ao tema, os quais podem ser sanados diretamente pelo professor ou serem colocados em discussão pela turma.
- ▶ Ao final da exposição do conteúdo são resolvidos exercícios de fixação, para melhor compreensão do tema. As questões podem ser retiradas de concursos públicos, ENADE, POSCOMP ou de autoria do próprio professor.

Introdução

Dispositivos de E/S

Módulos de E/S

Endereçamento

Técnicas

Referências

Introdução

Dispositivos de E/S

Módulos de E/S

Endereçamento

Técnicas

Referências

- Interface do sistema computacional com o mundo exterior



Introdução

Dispositivos de E/S

Módulos de E/S

Endereçamento

Técnicas

Referências

- ▶ Meio de troca de dados entre o ambiente externo e o computador
- ▶ Também conhecidos como **periféricos**
- ▶ Três categorias
 - ▶ Legíveis ao ser humano
 - ▶ Legíveis à máquina
 - ▶ Comunicação

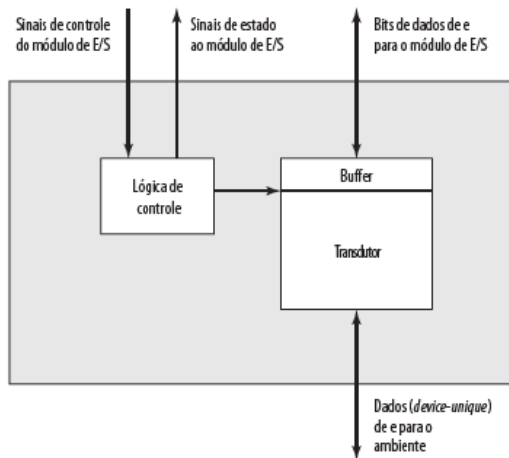
- ▶ Dispositivos de bloco
 - ▶ Acesso direto
 - ▶ Sequencial
- ▶ Dispositivos de caractere

Dispositivo	Entrada/Saída	Taxa de Dados	Tipo
Teclado	Entrada	100 bps	Caractere
Mouse	Entrada	3800 bps	Caractere
Entrada/Saída de voz	Entrada/Saída	264 kbps	Rajada de blocos
Entrada de som	Entrada	3Mbps	Rajada de blocos
Scanner	Entrada	3,2 Mbps	Rajada de blocos
Impressora a laser	Saída	3,2 Mbps	Rajada de blocos
Saída de som	Saída	8Mbps	Rajada de blocos

Dispositivo	Entrada/Saída	Taxa de Dados	Tipo
USB	Entrada ou Saída	1,6 - 480 Mbps	Rajada de blocos
Rede/LAN sem fio	Entrada ou Saída	11 - 100 Mbps	Rajada de blocos
Rede/LAN	Entrada ou Saída	10 - 1000 Mbps	Rajada de blocos
Monitor gráfico	Saída	800 - 8000 Mbps	Rajada de blocos
Disco ótico	Armazenamento	4 - 400 Mbps	Rajada de blocos
Fita magnética	Armazenamento	29 - 90 Mbps	Rajada de blocos
Disco Magnético	Armazenamento	240 - 3000 Mbps	Rajada de blocos

- ▶ Sinais de controle
 - ▶ Função que o dispositivo realizará
- ▶ Sinais de estado
 - ▶ Estado do dispositivo
- ▶ Lógica de controle
 - ▶ Controla a operação do dispositivo
- ▶ Transdutor
 - ▶ Conversão de dados
 - ▶ Geralmente utiliza *buffers*

Diagrama em blocos de um dispositivo externo (Unit)



- ▶ Teclado
- ▶ Monitor
- ▶ *Mouse*
- ▶ Impressora
- ▶ *Scanner*



Introdução

Dispositivos de E/S

Módulos de E/S

Endereçamento

Técnicas

Referências

- ▶ Permite que a CPU visualize, de maneira mais simples, os dispositivos
- ▶ Controle do dispositivo
- ▶ Dois tipos
 - ▶ Canal de E/S
 - ▶ Controlador de E/S

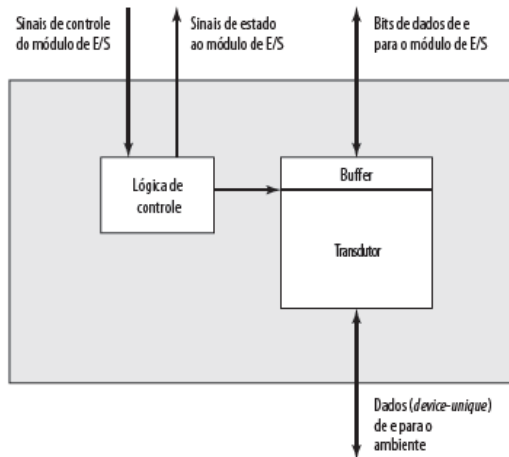
- ▶ Controle e temporização
- ▶ Comunicação com o processador.
- ▶ Comunicação com o dispositivo.
- ▶ Armazenamento temporário (*buffering*) de dados.
- ▶ Detecção de erro

- ▶ Coordenação do tráfego entre recursos internos e dispositivos externos
- ▶ Necessário devido ao compartilhamento de recursos entre diversas atividades

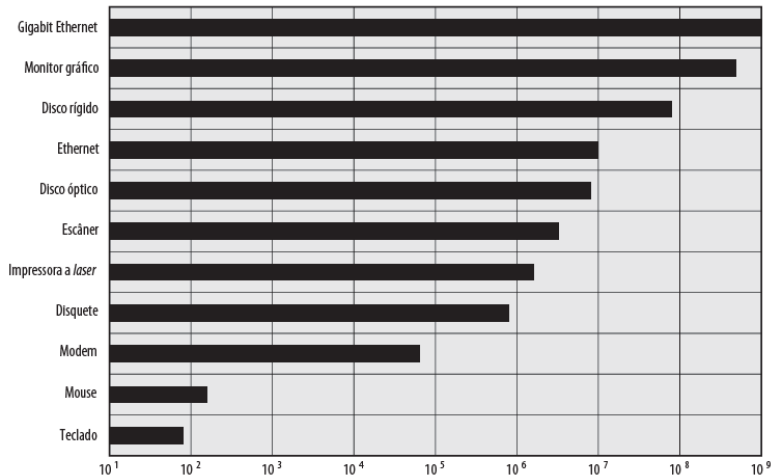
- ▶ Processador verifica estado do dispositivo de E/S
- ▶ Módulo retorna o estado
- ▶ Se o dispositivo estiver pronto para transmitir, o processador envia um comando ao módulo de E/S solicitando a transferência
- ▶ Módulo obtém os dados do dispositivo externo
- ▶ Os dados são transferidos do módulo ao processador

- ▶ Decodificação de comando
- ▶ Dados
- ▶ Informação de estado
- ▶ Reconhecimento de endereço

- Comandos
- Informação de estado
- Dados



- ▶ Problema de compatibilidade de taxa de transferência (E/S vs memória/processador)
- ▶ Módulo armazena dados para diminuir quantidade de operações de transferências lentas
- ▶ Módulo deve ser capaz de operar nas velocidades do dispositivo e da memória



- ▶ Falhas mecânicas e/ou elétricas
- ▶ Alterações em padrões de bits
- ▶ Erros de transmissão

A principal função do transdutor em um Módulo de Entrada/Saída do computador é

- a determinar a função a ser executada pelo dispositivo.
- b indicar o estado do dispositivo.
- c armazenar os dados em uma área temporária para serem transferidos.
- d controlar a operação de um dispositivo.
- e converter os dados codificados como sinais elétricos para alguma outra forma de energia ou vice-versa.

NÃO se trata de uma função de um Módulo de Entrada/ Saída, que faz a interface entre o periférico que ele controla e o barramento do sistema:

- a Controle e Temporização.
- b Comunicação com o processador.
- c Processar cálculos.
- d Comunicação com dispositivos.
- e Armazenamento temporário de dados.

Qual função dos módulos de E/S está relacionada ao compartilhamento de recursos, tais como o barramento e a memória principal, pelas várias atividades que são realizadas por um sistema?

- a Armazenamento temporário dos dados
- b Comunicação com dispositivos
- c Comunicação com o processador
- d Detecção de erros
- e Temporização

Introdução

Dispositivos de E/S

Módulos de E/S

Endereçamento

Técnicas

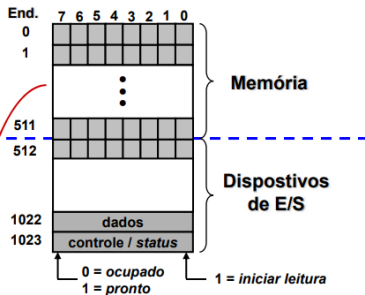
Referências

- ▶ Mapeado em memória
 - ▶ – Dispositivo de E/S que partilha o espaço de endereçamento da memória
- ▶ E/S isolada
 - ▶ – Espaço de endereçamento de E/S distinto do espaço de endereçamento de memória.

- ▶ Conjunto de endereços reservados da memória
- ▶ Utilização de funções comuns de leitura e escrita
- ▶ Linhas exclusivas para leitura e escrita

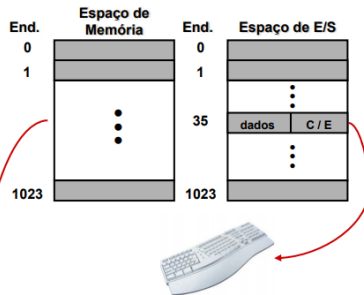
- ▶ Também chamada de mapeamento em E/S
- ▶ Espaço de endereçamento independente para dispositivos de E/S
- ▶ Portas de E/S acessíveis por operações especiais
- ▶ Uma linha de leitura/escrita e outra de entrada/saída

Endereçamento mapeado na memória



End.	Instrução	Operando
200	Carregar AC	"1"
	Armazenar AC	1023
202	Carregar AC	1023
	Desviar se sinal = 0	202
	Carregar AC	1022

Endereçamento independente



End.	Instrução	Operando
200	Iniciar E/S	35
201	Testar E/S	35
	Desviar se ocupado	201
	Leitura	35

Introdução

Dispositivos de E/S

Módulos de E/S

Endereçamento

Técnicas

Referências

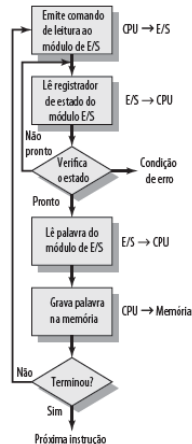
- ▶ Forma como o processador transfere informação entre a memória e os dispositivos periféricos
- ▶ Questões fundamentais
 - ▶ Latência
 - ▶ Taxa de transferência

- ▶ Programada
- ▶ Controlada por interrupção
- ▶ Acesso direto à memória (DMA - *Direct Memory Access*)

- ▶ Controle
 - ▶ Ativação do periférico e definição da atividade
 - ▶ Comandos específicos para cada tipo de periférico
- ▶ Teste
 - ▶ Verifica condições de estado do módulo e dos periféricos
 - ▶ Ligado/desligado
 - ▶ Condição atual (livre/ocupado)
 - ▶ Detecção de erros

- ▶ Leitura
 - ▶ Módulo obtém dados do periférico
 - ▶ Armazenamento em *buffer*
 - ▶ Possibilidade de solicitação do processador (via barramento de dados)
- ▶ Escrita
 - ▶ Módulo obtém dados no barramento e transmite ao periférico

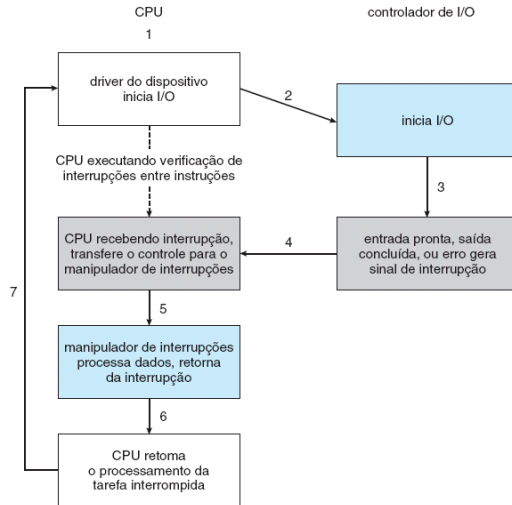
- ▶ Dados trocados entre processador e módulo de E/S
- ▶ Controle direto do processador sobre a operação de E/S
- ▶ Espera ocupada



1. O hospedeiro lê repetidamente o bit *busy* até que ele seja desligado.
2. O hospedeiro liga o bit *write* no registrador *command* e grava um byte no registrador *data-out*.
3. O hospedeiro liga o bit *command-ready*.

4. Quando o controlador nota que o bit *command-ready* está ligado, ele liga o bit *busy*.
5. O controlador lê o registrador *command* e vê o comando *write*. Ele lê o registrador *data-out* para obter o byte e executa o I/O para o dispositivo.
6. O controlador desliga o bit *command-ready*, desliga o bit *error* no registrador de status para indicar que o I/O do dispositivo foi bem-sucedido, e desliga o bit *busy* para indicar que terminou.

- ▶ Controlador notifica a CPU no momento em que estiver apto para o serviço
- ▶ Elimina a necessidade de *polling*
- ▶ Linha de solicitação de interrupção
 - ▶ CPU examina após a execução de cada instrução
- ▶ Manipulação de eventos assíncronos



- ▶ Não mascarável
 - ▶ Reservada para eventos específicos
 - ▶ Obrigatória a execução
- ▶ Mascarável
 - ▶ CPU decide sobre ativação ou inibição
 - ▶ Utilizada pelos controladores para solicitar serviço

- ▶ Retardo durante processamento crítico
- ▶ Conhecimento do dispositivo que solicitou a interrupção (evitar verificação de todos os periféricos)
- ▶ Definição de prioridades

- ▶ Múltiplas linhas de interrupção
 - ▶ Impraticável
- ▶ Verificação por software
 - ▶ Rotina de tratamento de interrupção
 - ▶ Processador verifica cada módulo até encontrar aquele que solicitou a interrupção
 - ▶ Lento

- ▶ *Daisy chain*
 - ▶ Verificação via *hardware*
 - ▶ Linha de requisição comum estruturada em cadeia circular
 - ▶ Utilização de vetor de interrupções (ponteiro para rotina de serviço)
- ▶ Arbitração de barramento
 - ▶ Módulo precisa obter controle do barramento
 - ▶ Apenas um módulo pode ativar a linha de interrupção
 - ▶ Utiliza vetor de interrupção

- ▶ DMA (*Direct Memory Access*)
- ▶ Transferência direta dos dados entre o módulo de E/S e a memória
 - ▶ Eficiente para periféricos com grande volume de transferência de dados (dispositivos de armazenamento)
- ▶ Utiliza *hardware* específico - controlador de DMA

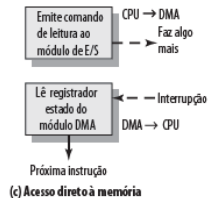
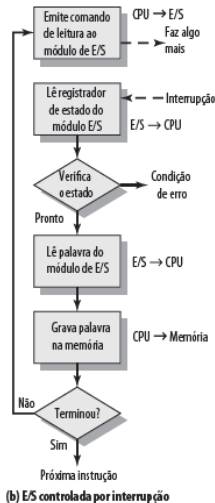
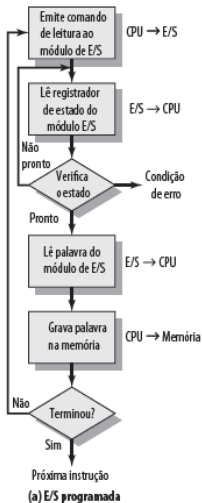
1. Driver do dispositivo é solicitado a transferir dados para o *buffer* no endereço X
2. Driver do dispositivo solicita ao controlador do disco para transferir C bytes do disco para o buffer no endereço X
3. Controlador do disco inicia transferência DMA

4. Controlador do disco envia cada byte ao controlador de DMA
5. Controlador de DMA transfere bytes para buffer X, aumentando o endereço e diminuindo C até $C = 0$
6. Quando $C = 0$, o DMA interrompe a CPU para sinalizar a conclusão da transferência

- ▶ Em bloco (contínuo)
 - ▶ Toda a transferência é realizada de uma só vez
 - ▶ Adequado apenas quando todos os dados já estão disponíveis
- ▶ A pedido (em rajada)
 - ▶ Limite de dados
 - ▶ Adequado para periféricos que produzem e transferem dados ao mesmo tempo (ex: placas de vídeo)

- ▶ Palavra a palavra (simples)
 - ▶ Transfere palavras isoladas
 - ▶ Possibilidade de execução de instruções pela CPU entre as transferências de DMA

- ▶ Uso da CPU entre as transferências de DMA
- ▶ Impossibilidade do processador realizar acesso à memória
- ▶ Otimização
 - ▶ Controlador de DMA acessar o barramento apenas em ciclos em que o processador não acessa a memória
 - ▶ Impacto na velocidade de transferência



Característica	Processador livre	Processador ocupado
Sem envolvimento do processador	Acesso direto à memória (DMA)	
Processador controla E/S	E/S controlada por interrupção	E/S programada

Acerca de Módulo de Entrada e Saída Programada, marque a alternativa CORRETA:

- a Nela, a CPU tem controle indireto da operação de Entrada e Saída.
- b Nela, a CPU indica que as entradas e saídas programadas sejam cronometradas digitalmente para evitar atrasos no controle dos processos.
- c Nela, a CPU aguarda até que a operação de Entrada e Saída enviada seja finalizada.
- d Nela, a finalização é indicada pela mudança dos bytes de situação do módulo de Entrada e Saída, que é consultada pela CPU.

A adoção de um mecanismo de E/S orientada à interrupção tem como desvantagem a ocorrência de uma interrupção para cada caractere, o que desperdiça uma certa quantidade de tempo de CPU. Uma solução, em geral, mais eficiente para realizar E/S é usar

- a o sistema de *spooling*.
- b a E/S programada.
- c o acesso direto à memória.
- d a técnica de *polling*.

Em um computador, o módulo de E/S (Entrada/Saída) é responsável por coordenar o acesso aos recursos de processamento da CPU. Com relação a este assunto, afirma-se que

- I Na técnica de E/S programada o processador implementa um loop de interrogação, para verificar quando o dispositivo estará pronto para outra tarefa. Enquanto isso, o processador não pode realizar outras atividades.
- II Na técnica de E/S por interrupção é o dispositivo ou o periférico que sinaliza ao processador, por meio de interrupção, quando estiver pronto.
- III O método de E/S que utiliza mais recursos do processador nas interrogações do estado do dispositivo é a DMA (Acesso Direto a Memória).

Sobre dispositivos de entrada e saída, considere as afirmativas abaixo:

- I Barramentos não têm protocolos definidos para trocas de mensagens entre os envolvidos.
- II Interrupções são usadas pelos dispositivos para avisar sobre operações ao sistema operacional.
- III Todos os dispositivos de entrada e saída são considerados dispositivos de bloco.
- IV DMA (Direct Memory Access – Acesso Direto à Memória) permite que dispositivos acessem a memória do sistema independente da UCP.

Referente a E/S, assinale a alternativa INCORRETA:

- a A E/S mapeada em memória é um esquema de E/S em que partes do espaço de endereçamento são atribuídas a dispositivos de E/S e leituras e escritas para estes endereços são interpretadas como comandos aos dispositivos de E/S.
- b Dentre as técnicas possíveis para interação entre processador e E/S o acesso direto a memória é a menos eficiente pois o módulo DMA vai concorrer com o processador no acesso ao barramento do sistema.
- c Na E/S programada os dados são trocados entre o processador e o módulo de E/S e quando o processador fornece um comando ao módulo ele deve esperar até que a operação de E/S termine.
- d O processo de verificar periodicamente o status de um dispositivo de E/S para determinar a necessidade de atender ao dispositivo é denominado *polling*.

- ▶ Questão 1 - E
- ▶ Questão 2 - C
- ▶ Questão 3 - E
- ▶ Questão 4 - C
- ▶ Questão 5 - C
- ▶ Questão 6 - I e II estão corretas
- ▶ Questão 7 - II e IV estão corretas
- ▶ Questão 8 - B

Introdução

Dispositivos de E/S

Módulos de E/S

Endereçamento

Técnicas

Referências

- 
-
-  J. Delgado and C. Ribeiro, *Arquitetura de computadores*.
Rio de Janeiro: LTC, 2017.
 -  W. Stallings, *Arquitetura e Organização de Computadores*.
São Paulo: Pearson, 8 ed., 2010.