

Aula 6: Armazenamento e outros Tópicos de E/S

Professor(a): Virgínia Fernandes Mota
<http://www.dcc.ufmg.br/~virginiaferm>

OCS (TEORIA) - SETOR DE INFORMÁTICA



- Computador:
 - Processador
 - Memória (principal e **secundária**)
 - Equipamentos (dispositivos, elementos, unidades, ...) de **Entrada/Saída (E/S ou I/O)**
- Dispositivos de E/S: Periféricos do Computador → Servem para a comunicação do computador com o meio externo.

- **Entrada:** entrada (inserção) de dados por meio de algum código (ex: programa). Ex: teclado, mouses, scanners, leitoras óticas, leitoras de cartões magnéticos, câmeras de vídeo, microfones, sensores, transdutores, etc
- **Saída:** retorno de dados, como resultado de alguma operação de algum programa. Impressoras, monitores de vídeo, plotters, atuadores, chaves, etc

Diferentes tipos de dispositivos

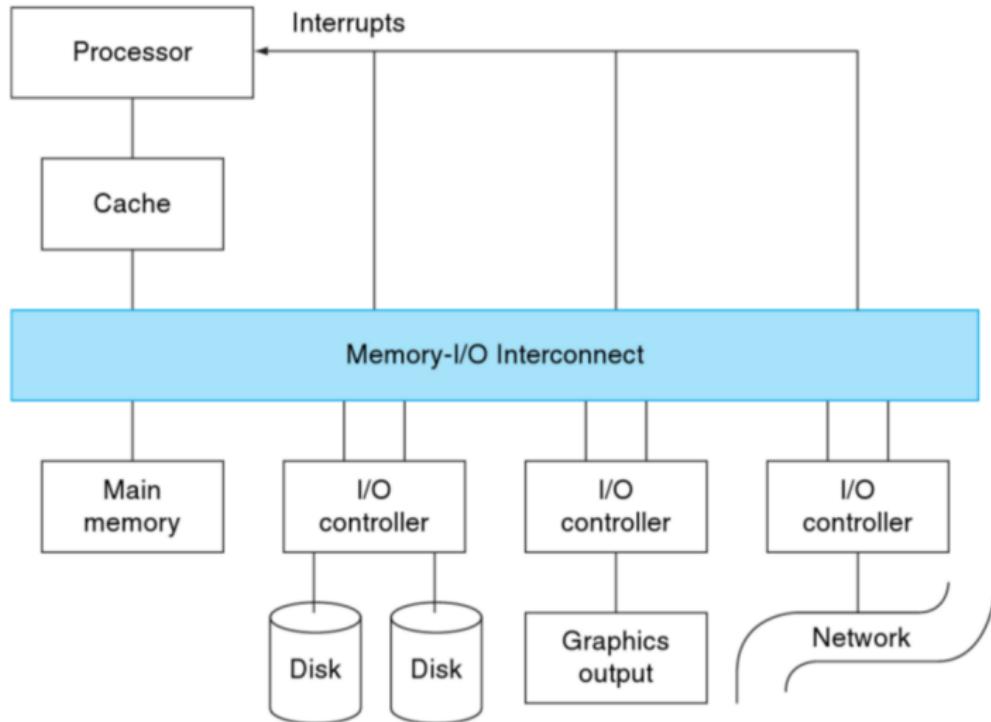
- Diferentes funções
 - Comunicação do usuário com o computador.
 - Comunicação com o meio (dispositivos externos a serem monitorados ou controlados).
 - Armazenamento (gravação) de dados.
- Taxa de transferência de dados varia muito para cada dispositivo I/O.
 - Muito lento: teclado, mouse...
 - Muito rápido: gráficos no monitor, discos, interfaces de redes...

Diferentes tipos de dispositivos

Device	Behavior	Partner	Data rate (Mbit/sec)
Keyboard	Input	Human	0.0001
Mouse	Input	Human	0.0038
Voice input	Input	Human	0.2640
Sound input	Input	Machine	3.0000
Scanner	Input	Human	3.2000
Voice output	Output	Human	0.2640
Sound output	Output	Human	8.0000
Laser printer	Output	Human	3.2000
Graphics display	Output	Human	800.0000–8000.0000
Cable modem	Input or output	Machine	0.1280–6.0000
Network/LAN	Input or output	Machine	100.0000–10000.0000
Network/wireless LAN	Input or output	Machine	11.0000–54.0000
Optical disk	Storage	Machine	80.0000–220.0000
Magnetic tape	Storage	Machine	5.0000–120.0000
Flash memory	Storage	Machine	32.0000–200.0000
Magnetic disk	Storage	Machine	800.0000–3000.0000

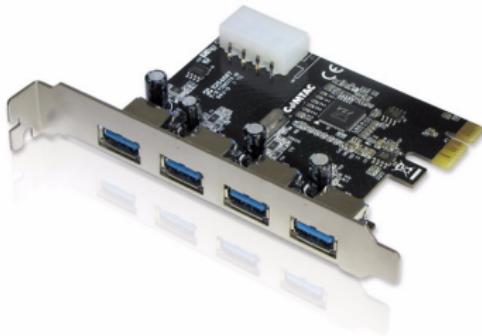
Input - read once; output - write only; storage - read and write.

Diferentes tipos de dispositivos



Entrada/Saída - Input/Output

- Cada módulo de E/S se conecta ao barramento ou comutador central e controla um ou mais periféricos.
- Um módulo de E/S contém uma lógica para realizar uma função de comunicação entre o periférico e o barramento.



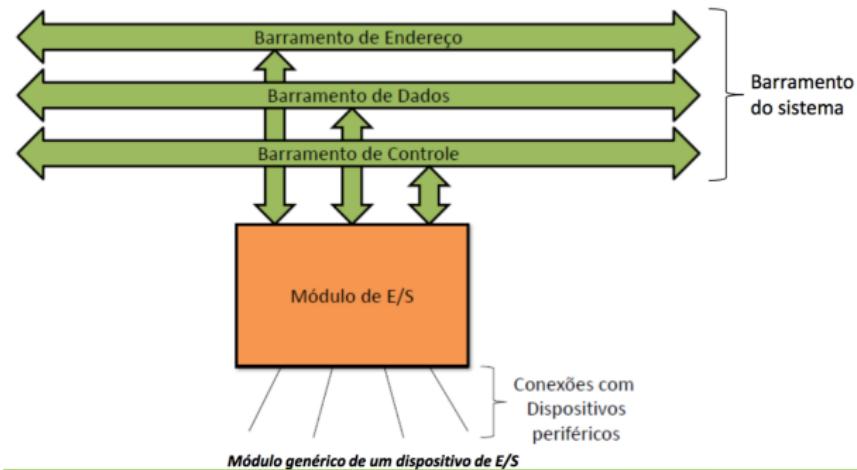
Placa PCI USB 3.0

- Além dos barramentos de sistema (CPU-Memória), temos os barramentos de E/S.
- Barramentos de E/S:
 - São mais longos
 - Podem ter muitos dispositivos conectados a ele.
 - Muitas vezes necessitam atender uma ampla faixa de banda passante.
 - Não necessariamente tem uma interface direta com a memória.
- Pode haver mais de um barramento
 - Um de alta velocidade, um de baixa velocidade.
 - Diferentes padrões de E/S

Muitas diferenças → Um módulo de E/S é necessário!!!

Funções Principais do Módulo de E/S

- Interface com o processador e a memória por meio do barramento do sistema ou comutador central.
- Interface com um ou mais dispositivos periféricos por conexões de dados adequadas.



- Legíveis ao ser humano: adequados para a comunicação com usuários
 - Monitor, impressora, teclado
- Legíveis à máquina: adequados para a comunicação com equipamentos
 - Disco magnético e fita
 - Sensores e atuadores
- Comunicação: adequados para a comunicação com dispositivos remotos
 - Modem
 - Placa de interface de rede

Dispositivos Externos

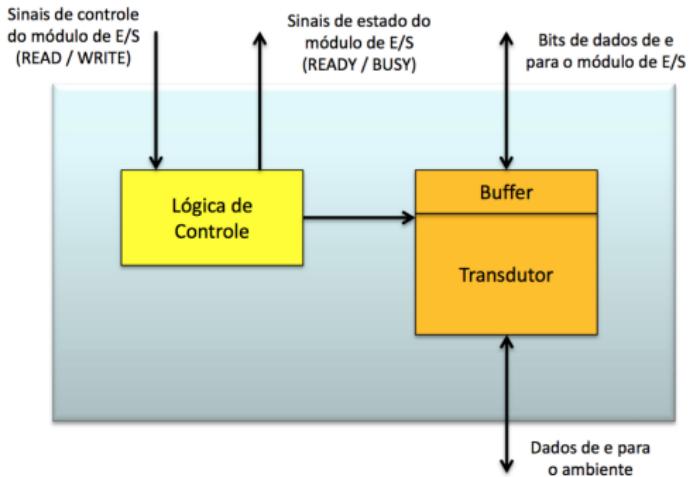


Diagrama em blocos de um dispositivo externo

Funções de um Módulo de E/S

- Controle e Temporização: Coordenar o fluxo de tráfego entre os recursos internos e os dispositivos externos.
- Comunicação com o processador: Comunicação entre o processador e o dispositivo externo.
- Comunicação com dispositivos: Comunicação envolve comandos, informação de estado e dados.
- Área de armazenamento temporário de dados (*buffering*): Necessária devido à diferença de taxas de transferência.
- Detecção de erros: Relatar erros ao processador (defeitos mecânicos e elétricos, erros de transferência de bits, etc.

Controle e Temporização - Exemplo

- O processador interroga o módulo de E/S para verificar o estado do dispositivo.
- O módulo retorna o estado do dispositivo.
- Se o dispositivo estiver em operação e pronto para transmitir dados, o processador requisitará a transferência enviando um comando para o módulo de E/S.
- O módulo de E/S obtém uma unidade de dados do dispositivo.
- Os dados são transferidos do módulo de E/S para o processador.

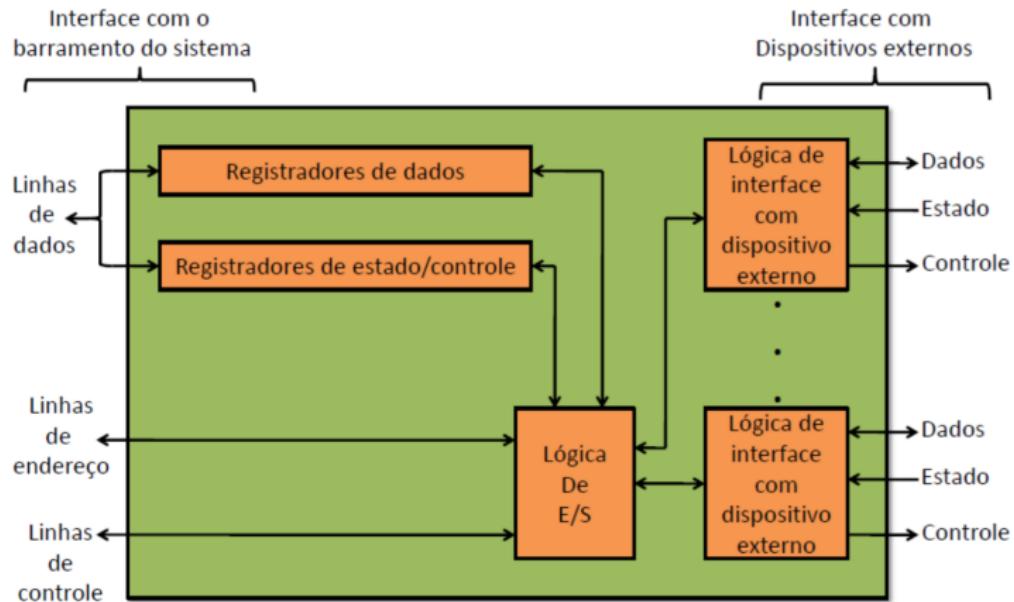
Comunicação com o processador

- Decodificação de comandos: Conversão entre sinais transmitidos através do barramento de controle e comandos usados pelos dispositivos.
- Dados: São transferidos entre o processador e o módulo de E/S através do barramento de dados.
- Informação de estado: Lentidão dos periféricos faz com que seja importante conhecer o estado do módulo de E/S.
- Reconhecimento de endereço: O módulo de E/S deve reconhecer um endereço distinto para cada periférico controlado.

- A transferência de dados da memória principal para o módulo de E/S é feita rapidamente.
 - Esses dados são temporariamente armazenados no módulo de E/S e então enviados para o dispositivo numa taxa adequada.
- No caminho oposto, os dados são armazenados temporariamente no módulo de E/S para não reter a memória numa transferência de dados com baixa velocidade.
- O módulo de E/S deve ser capaz de realizar operações tanto à velocidade da memória quanto à do dispositivo externo.

- Relatar erros ao processador.
- Mau funcionamento elétrico ou mecânico:
 - Falha de alimentação de papel.
 - Papel emperrado.
 - Trilha de disco defeituosa.
 - entre outros.
- Alterações no padrão de bits transmitidos por um dispositivo para o módulo de E/S.
 - Bit de paridade.

Módulo de E/S: estrutura interna

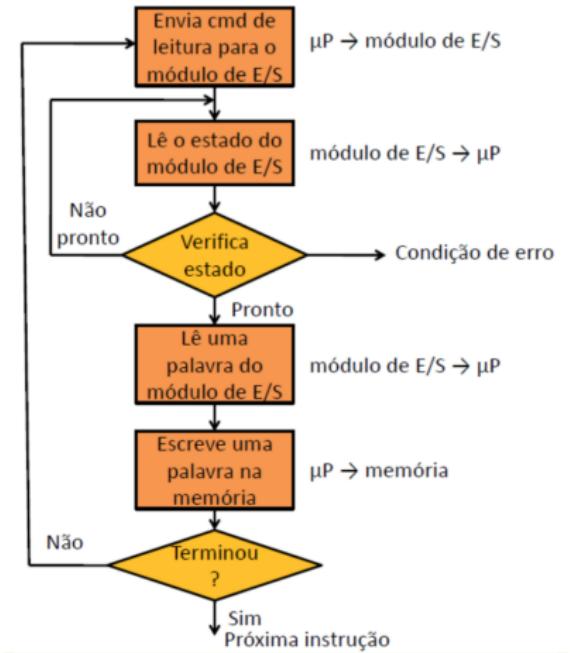


Técnicas usadas para E/S

	Sem interrupções	Com interrupções
Transferência entre memória e E/S por meio do processador	E/S programada	E/S controlada por interrupção
Transferência direta entre memória e E/S	---	Acesso direto à memória (DMA)

- Em um programa, a execução de uma instrução relacionada a E/S faz com que um comando seja enviado para o módulo de E/S.
- O módulo de E/S executa a operação requisitada e sinaliza o seu término carregando um valor no registrador de estado.
- Nenhuma ação é executada pelo módulo para alertar o processador sobre o término da operação.
- É responsabilidade do processador verificar periodicamente o estado do módulo, para ver se a operação foi completada.

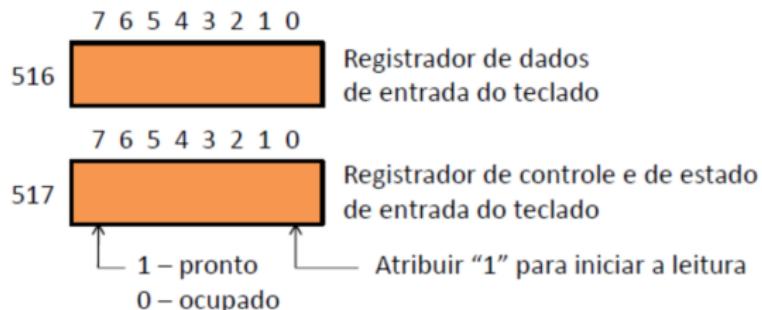
E/S programada: Leitura de um bloco de dados



Endereçamento de dispositivos de E/S

- E/S mapeada na memória
 - Há um único espaço de endereçamento para posições de memória e dispositivos de E/S.
 - Exemplo: Endereçamento de Byte
 - Endereços 0-511: memória principal
 - Endereços 512-1023: dispositivos de E/S
- E/S independente
 - Espaço de endereçamento de E/S é independente do espaço de endereçamento da memória.

E/S mapeada na memória



ENDEREÇO	INSTRUÇÃO	OPERANDO	COMENTÁRIO
200	Carregar acumulador	“1”	
201	Armazenar acumulador	517	Iniciar leitura do teclado
202	Carregar acumulador	517	Obter byte de estado
203	Desviar se sinal = 0	202	Repetir até que esteja pronto
204	Carregar o acumulador	516	Carregar byte de dados

E/S independente

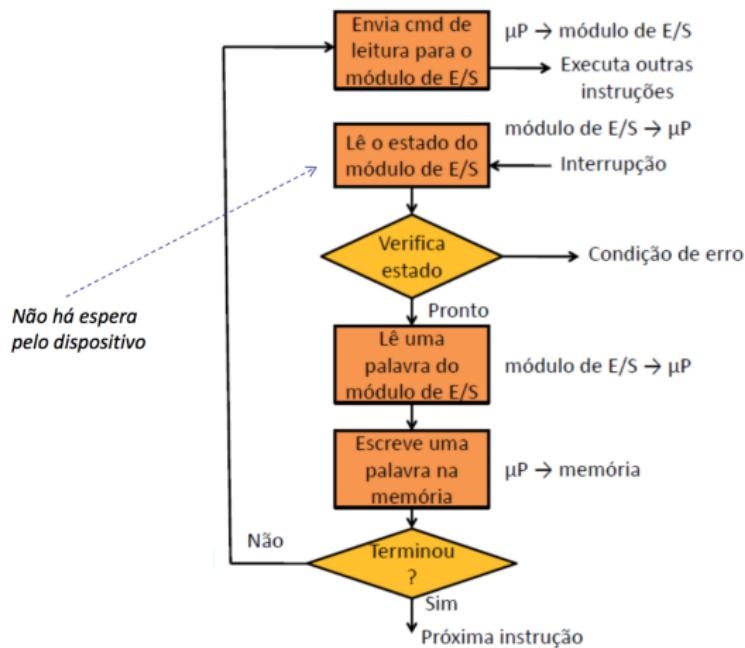
- Acesso aos dispositivos de E/S é feito através de instruções especiais (comandos).

ENDEREÇO	INSTRUÇÃO	OPERANDO	COMENTÁRIO
200	Iniciar E/S	5	Iniciar leitura do teclado
201	Testar E/S	5	Testar se a operação foi completada
202	Desviar se não pronto	201	Repetir até que seja completada
203	Leitura	5	Carregar byte de dados

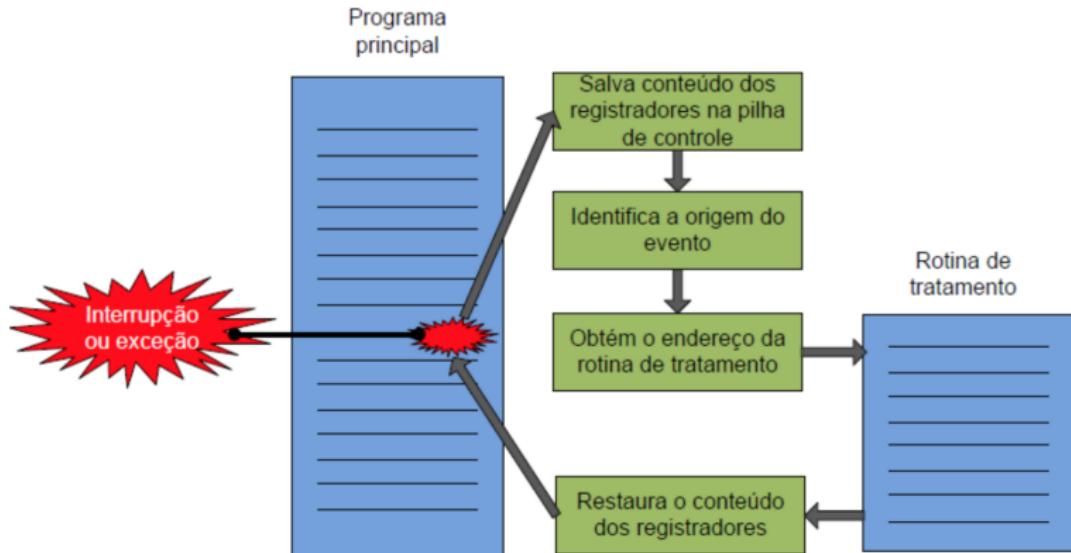
E/S controlada por interrupção

- Processador envia um comando de E/S para o módulo e continua a executar outras instruções.
- O módulo de E/S interrompe o processador quando o mesmo estiver pronto para trocar dados.
- Processador efetua a transferência de dados e depois retorna ao seu processamento original.
- É mais eficiente que a E/S programada, pois elimina ciclos de espera desnecessários.

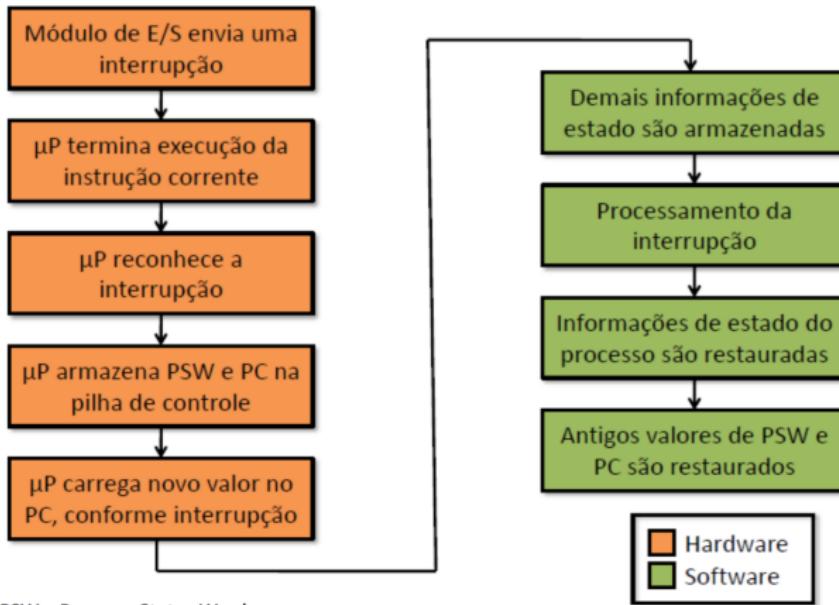
E/S controlada por interrupção: Leitura de um bloco de dados



Processamento da interrupção



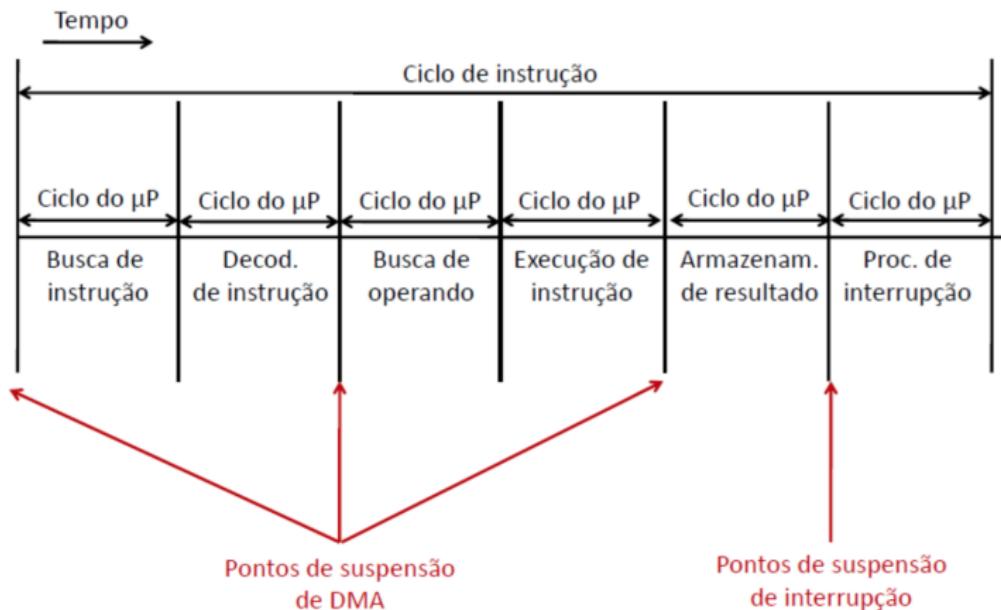
Processamento da interrupção



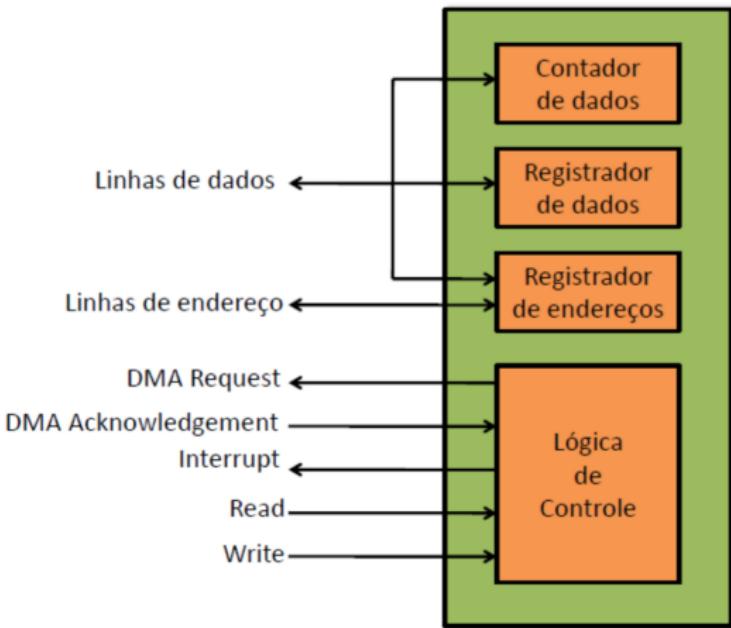
• DSIM - Desenvolvimento Sistêmico Móvel

- Envolve um módulo adicional no barramento do sistema.
- Esse módulo, denominado **controlador de DMA**, imita o processador nas funções de E/S de dados.
- O controlador de DMA pode operar das seguintes maneiras:
 - Usando o barramento apenas quando o processador não o utiliza.
 - Forçando o processador a suspender temporariamente sua operação - técnica conhecida como roubo de ciclo.

Técnica de roubo de ciclo



Estrutura interna de um módulo DMA

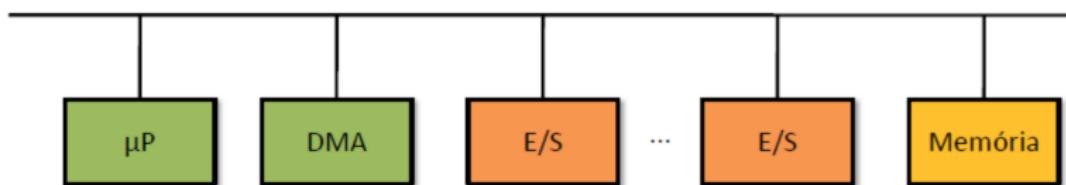


Configurações de DMA

- Barramento único, DMA separado
- Barramento único, DMA-E/S integrados
- Barramento específico de E/S

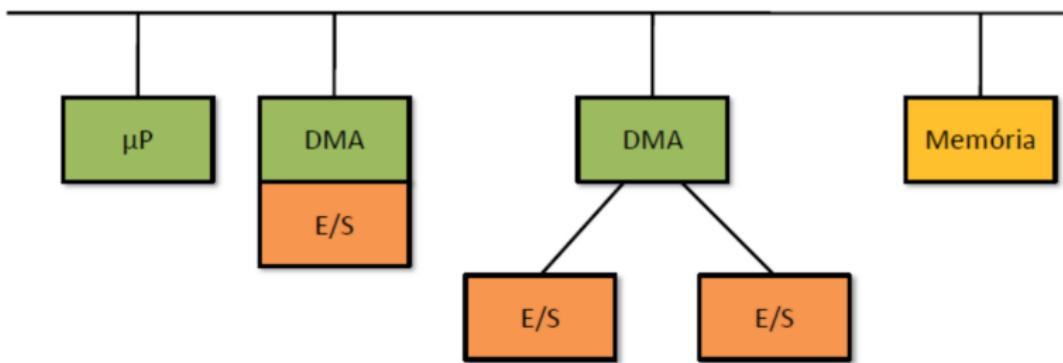
Configurações de DMA: Barramento único, DMA separado

- Barata :)
- Ineficiente - a transferência de cada palavra consome vários ciclos de barramento :(



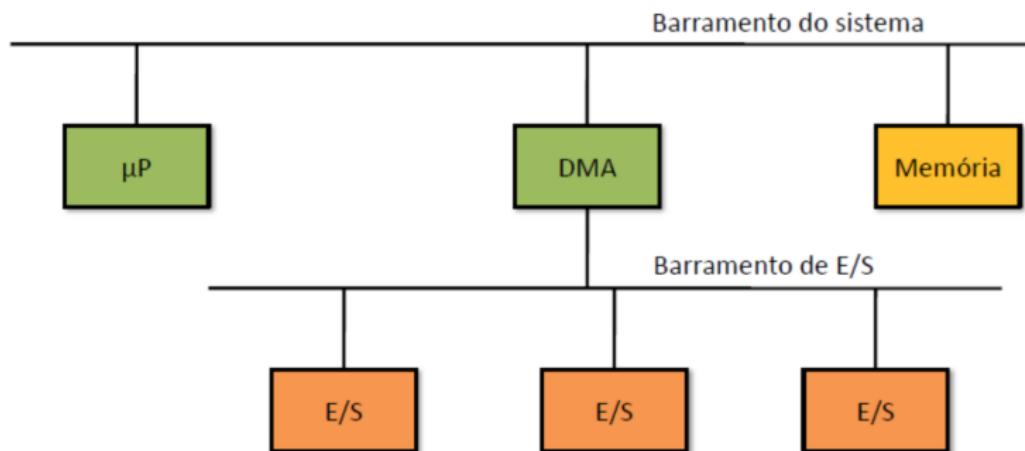
Configurações de DMA: Barramento único, DMA-E/S integrados

- Custosa :(
- Eficiente :)



Configurações de DMA: Barramento específico de E/S

- Custosa :(
- Eficiente :)

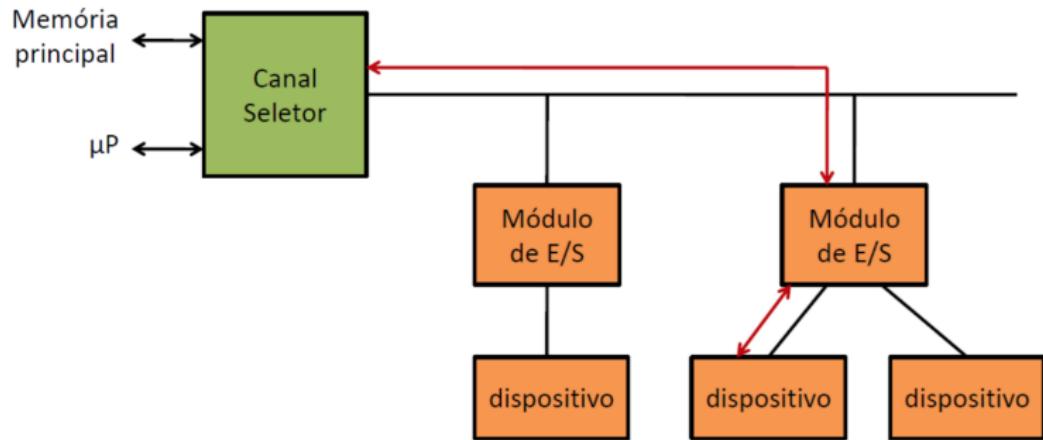


- Dispositivos de E/S se tornam mais sofisticados.
- Por exemplo, placas gráficas 3D.
- CPU instrui controlador de E/S a realizar transferência.
- Controlador de E/S realiza transferência inteira.
- Melhora velocidade.
 - Retira carga da CPU.
 - Processador dedicado é mais rápido.

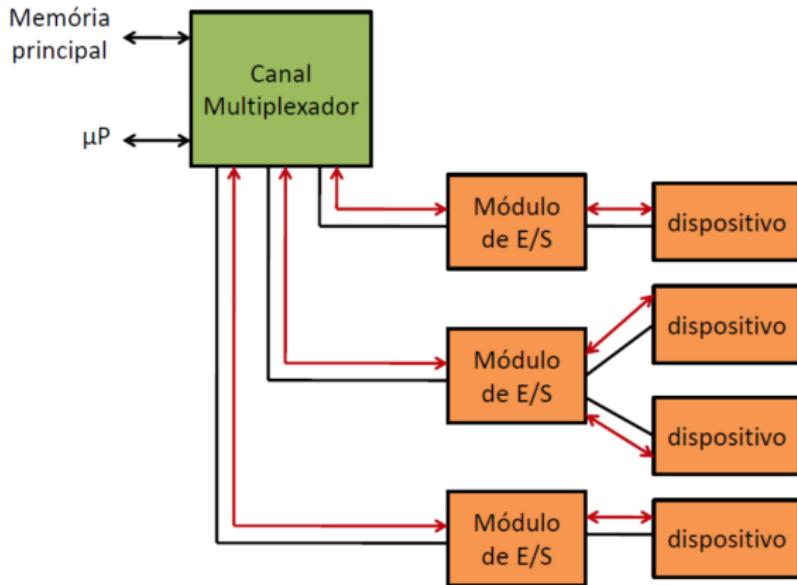
- 
1. Processador controla diretamente dispositivos.
 2. Módulos de E/S são adicionados.
 3. Interrupções são utilizadas.
 4. É introduzido o módulo de DMA
 5. O módulo de E/S evolui para um **canal**, e executa programas de E/S carregados da memória principal.
 6. O canal evolui para um *processador*, possuindo sua própria memória local.
-
- Enquanto se prossegue nesse caminho de evolução, cada vez mais a função de E/S é realizada sem envolvimento da CPU, melhorando o desempenho da mesma.

- **Seletores:** Dedicam-se à transferência de dados apenas com um único dispositivo por vez
- **Multiplexadores:** Transferem dados de/para vários dispositivos simultaneamente

Canal Seletor



Canal Multiplexador



Estudo de Caso: USB

- **Universal Serial Bus:** interface para transmissão de dados e distribuição de energia que foi introduzido para melhorar as interfaces serial (RS-232) e em paralelo.
- Capaz de conectar até 127 dispositivos de E/S: mouse, teclado, impressora, scanner, joystick, disco externo, DVD player, máquina digital , VoIP-phone etc.



Estudo de Caso: Firewire (IEEE 1394)

- Similar ao USB, contudo o desempenho do Firewire é superior, sendo cerca de 30 vezes mais rápido.
- Capaz de conectar até 63 dispositivos de E/S: discos externos, câmeras digitais, televisão digital etc.



Estudo de Caso: HDMI

- High-Definition Multimidia Interface: sistema digital de conexão capaz de transmitir áudio e vídeo através de um único cabo.
- Os resultados serão belíssimas imagens de alta qualidade e definição, em um padrão superior com relação ao sistema analógico de conexão.



Outro Estudo de Caso

- Pesquisar sobre Thunderbolt

Exercícios e Prova