



# Lógica digital e organização de computadores

Entrada e Saída



Tecnologia em Análise e  
Desenvolvimento de Sistemas

Campus de Alegre



## 0 Subsistema de E/S

- Função Primordial: Receber ou enviar informações ao meio exterior.
- Componentes Chave:
- Dispositivos/Periféricos: O hardware físico (Teclado, Monitor, Impressora, etc.).
- Interfaces de E/S (Módulos): Controlam os periféricos e gerenciam a comunicação com o barramento do sistema.
- Conexão: Toda a comunicação é feita através do Barramento do Sistema (Dados, Endereços e Controle).

## As Interfaces de E/S

- Definição: Um módulo (hardware) que atua como intermediário entre o periférico de E/S e a UCP/MP.
- Funções Essenciais:
  - Controle: Sincronizar o periférico (lento) com o barramento (rápido).
  - Conversão de Dados: Traduzir dados do formato do periférico (serial, por exemplo) para o formato do barramento (paralelo) e vice-versa.
  - Bufferização: Armazenamento temporário de dados para compensar a diferença de velocidade.
  - Detecção de Erros: Verificar a integridade dos dados transferidos.

## 0 Desafio da Velocidade

- Problema: Periféricos operam em velocidades vastamente diferentes.
- Lentos: Teclado, Mouse (baixa taxa de transferência).
- Rápidos: Disco Rígido, Placas de Rede (alta taxa de transferência).
- Função da Interface: Evitar que a UCP (velocidade de GHz) espere por dispositivos lentos (velocidade de Hz ou KHz).

## Tipos de Transmissão

- A comunicação entre a Interface de E/S e o Periférico (ou entre sistemas) pode ser:
- Transmissão Serial: Os bits de dados são enviados um de cada vez, sequencialmente, por um único fio.
- Exemplo: USB, RS-232, Modem.
- Transmissão Paralela: Vários bits de dados são enviados simultaneamente (em paralelo), usando múltiplos fios.
- Exemplo: Portas de Impressora antigas, Barramentos internos.

## Transmissão Serial Assíncrona

- Assíncrona: A transmissão não é sincronizada por um sinal de relógio comum (clock).
- Controle: O início e o fim de cada caractere (byte) são indicados por bits especiais:
- START Bit: Indica o início da transmissão do caractere.
- STOP Bit: Indica o fim da transmissão.
- Vantagem: Simples e não exige sincronização complexa.

## Transmissão Serial Síncrona

- Síncrona: A transmissão é controlada por um sinal de relógio (clock) comum.
- Dados: Os caracteres são enviados em um fluxo contínuo, sem bits de START/STOP entre eles.
- Vantagem: Mais rápida e eficiente, pois elimina a sobrecarga dos bits de controle de cada caractere.
- Uso: Comunicação em redes de alta velocidade e comunicação entre módulos de UCP/MP.

## Transmissão Paralela

- Organização: Utiliza múltiplos canais (fios) para transferir um word (conjunto de bits, ex: 8, 16, 32) por vez.
- Vantagem: Alta taxa de transferência (*throughput*) ( $T=L \times V$ , onde L é a largura do barramento).
- Uso: Em distâncias curtas (dentro do gabinete, de interface para barramento) devido à dificuldade de sincronização em longas distâncias.

## Principais Dispositivos E/S



## Teclado

- Função: Dispositivo de entrada que converte a pressão mecânica de uma tecla em um código digital (binário).
- Processo: Quando uma tecla é pressionada, o teclado envia um sinal à interface, que gera um código binário (scan code).
- Software: O sistema operacional (SO) recebe o scan code e o traduz para o caractere correspondente.
- Características: Dispositivo de baixa velocidade.

## Monitor de Vídeo

- Função: Dispositivo de saída que exibe dados de forma visual.
- Tecnologia CRT (Antiga - VRC): Usava um canhão de elétrons que varria a tela (linhas horizontais) para formar a imagem.
- Modalidades:
  - **Textual:** Exibe caracteres por símbolo.
  - **Gráfica (Bit a Bit):** Controla a cor e intensidade de cada pixel (ponto) individualmente.
- Memória de Vídeo (VRAM): Memória dedicada na placa de vídeo para armazenar os dados da imagem (frame buffer).

# Impressoras

- Função: Dispositivo de saída para produzir cópias físicas de dados.
- Tipos Comuns:
  - **Matricial:** Utiliza agulhas que batem contra uma fita de tinta e papel (imprimindo por pontos). Lenta e ruidosa.
  - **Jato de Tinta (Inkjet):** Pulveriza minúsculas gotas de tinta no papel. Popular e com boa qualidade de cor.
  - **Laser:** Utiliza laser, tambor fotossensível e toner (pó de tinta) para fixar a imagem. Rápida e ideal para grandes volumes.

## Mouse

- Função: Dispositivo de entrada para interação gráfica.
- Operação: Converte o movimento físico (tracking) em coordenadas X e Y na tela.
- Interface: Comunica-se via Interface de E/S, enviando a distância percorrida e o estado dos botões para o S0.

# Métodos de Controle de E/S

## Métodos de Controle de E/S

- Como a UCP gerencia a comunicação com os periféricos?
- E/S por Programa (Programmed I/O): A UCP monitora o estado do dispositivo.
- E/S com Emprego de Interrupção (Interrupt-Driven I/O): O dispositivo notifica a UCP quando pronto.
- Acesso Direto à Memória (DMA): O dispositivo transfere dados diretamente para a MP, ignorando a UCP.

## E/S por Programa

- Mecanismo: A UCP executa instruções para testar repetidamente o estado do dispositivo (polling ou sondagem).
- Processo: A UCP fica em um loop de espera, verificando se o dispositivo está pronto para receber/enviar o próximo dado.
- Vantagem: Simples de implementar.
- Desvantagem: Baixa Eficiência - A UCP gasta tempo valioso esperando e se torna a "ponte" de cada byte.

## E/S com Emprego de Interrupção

- Mecanismo: O dispositivo envia um sinal de interrupção (INT) para a UCP quando a operação de E/S é concluída.
- Processo: A UCP inicia a transferência e, em seguida, executa outras tarefas. Quando a interrupção chega, ela suspende a tarefa atual para atender o E/S.
- Vantagem: Maior Eficiência - A UCP não precisa esperar (polling) e pode realizar outras tarefas.
- Desvantagem: A transferência de dados ainda é gerenciada pela UCP (um byte/palavra por interrupção).

## Acesso Direto à Memória (DMA)

- Mecanismo: Utiliza um módulo especial, o Controlador DMA, que atua como um "mini-processador" de E/S.
- Processo: A UCP delega a tarefa de transferência ao DMA. O DMA acessa o barramento e a MP diretamente (sem passar pela UCP).
- Vantagem: Máxima Eficiência - A UCP é liberada completamente do gerenciamento da transferência de grandes blocos de dados.
- Uso: Dispositivos de alta velocidade (Discos Rígidos, Placas de Rede).

## 0 Controlador DMA

- Função: Recebe da UCP o endereço inicial na MP, o número de bytes a transferir e a direção (leitura/escrita).
- Operação: Assume o controle do Barramento, liberando a UCP, e transfere o bloco completo.
- Sinalização: Notifica a UCP (via interrupção) somente quando o bloco inteiro é transferido.

## Comunicação por Portas

- Portas de E/S: O sistema define endereços de memória ou registradores especiais (ports) para comunicação com as interfaces de E/S.
- Escrita na Porta: A UCP envia comandos ou dados de controle para a Interface (ex: "Começar a ler").
- Leitura da Porta: A UCP lê o status ou dados da Interface (ex: "Dispositivo está pronto?").
- Mapeamento: Pode ser feito através de endereços de Memória Mapeada ou endereços de E/S Separada.

## E/S Separada (Isolated I/O)

- Conceito: As portas de E/S possuem um espaço de endereçamento dedicado, diferente do espaço da MP.
- Instruções: Requer instruções especiais (ex: IN/OUT) para acessar as portas de E/S.
- Vantagem: O espaço da MP não é afetado.
- Desvantagem: A UCP precisa de hardware e lógica de instrução adicionais.

## Exemplo de Tempo de E/S

- Cálculo: Se uma UCP executa 1 bilhão de instruções por segundo (1 GHz) e a Interface E/S leva 10 microsegundos para enviar um byte...
- E/S por Programa: A UCP espera 10.000 ciclos de UCP para cada byte transferido.
- E/S por Interrupção: A UCP pode usar esses 10.000 ciclos para executar outras instruções, parando apenas por um curto período.
- DMA: A UCP perde apenas o tempo de inicialização da transferência, maximizando sua produtividade.

## Desempenho e Interrupção

- Sobrecarga (Overhead): O tempo gasto para salvar o estado da UCP, atender à interrupção e retornar à tarefa original.
- Eficácia: O uso de interrupção é eficiente apenas se o tempo de transferência ( $T$ ) for maior que a sobrecarga ( $T_{\text{overhead}}$ ) de atendimento.
- Trade-off: Se a interrupção for muito frequente, o custo da sobrecarga pode anular a economia de tempo.

## A Linha de Prioridade (Encadeamento)

- Interrupções: Podem ser mascaráveis (podem ser ignoradas pela UCP) ou não-mascaráveis (devem ser atendidas).
- Prioridade: O sistema atribui um nível de prioridade a cada interrupção para determinar a ordem de atendimento (ex: falha de energia é não-mascarável e de alta prioridade).
- Controlador: O Controlador de Interrupção Programável (PIC) gerencia as interrupções de múltiplos dispositivos e as envia à UCP em ordem de prioridade.

## Coerência do Barramento (E/S)

- Problema: Em sistemas com Cache e DMA, o mesmo dado pode existir na Cache, na MP e no buffer do DMA.
- Coerência: Garantir que todos os componentes acessem a versão mais atualizada do dado.
- Solução: O hardware do barramento deve invalidar linhas de cache (ou forçar a escrita imediata/Write-Through) quando o DMA escreve diretamente na MP.