

Eletrônica Digital

Barramento

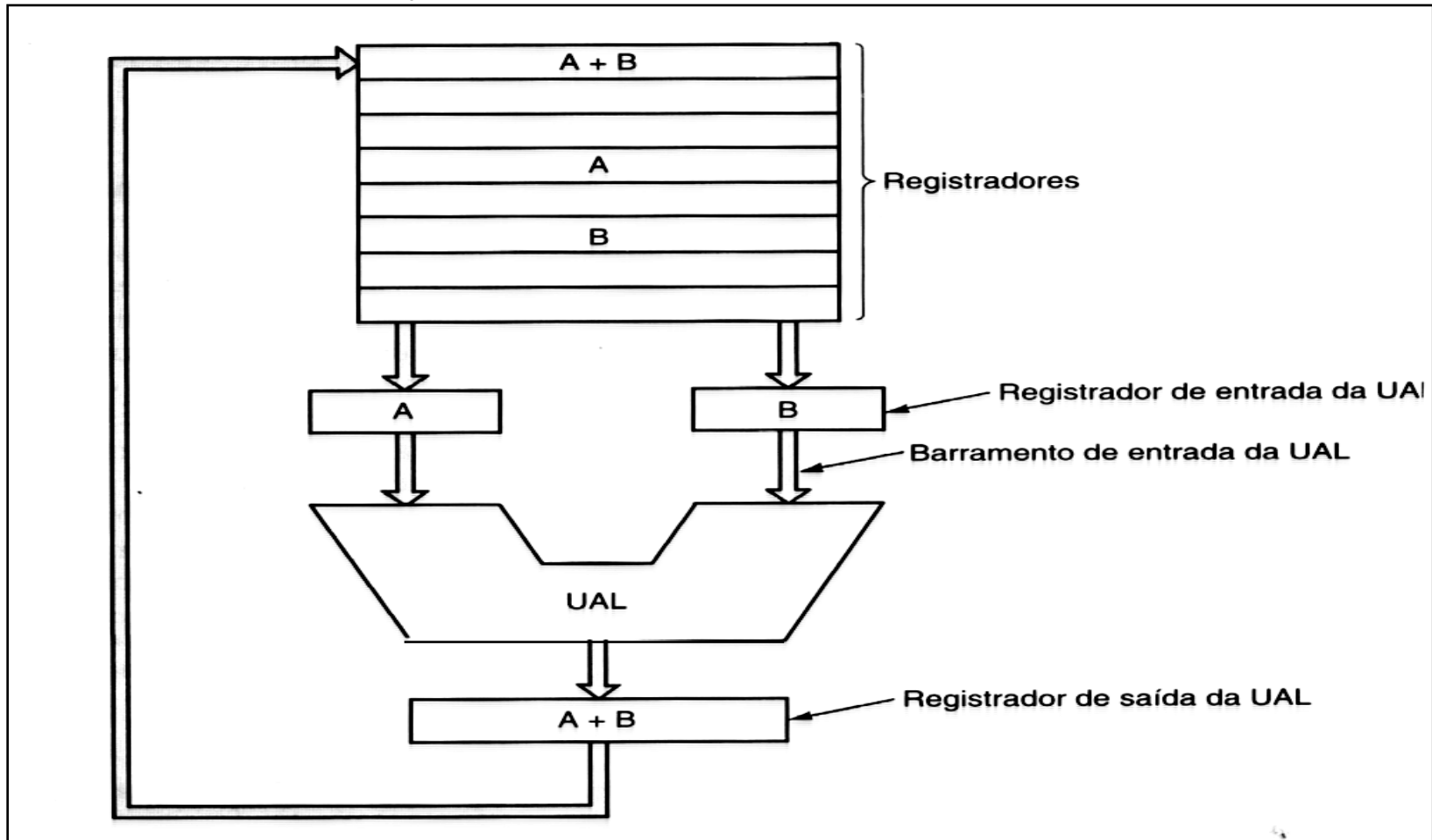
Prof. Rômulo Calado Pantaleão Camara

Carga Horária: 60h

Sumário

- ✓ Barramento de Computador
- ✓ o Largura de Barramento
- ✓ o Relógio do Barramento
- ✓ o Arbitragem de barramento
- ✓ Operações de barramento
- ✓ O barramento ISA
- ✓ O barramento PCI
- ✓ PCI Express
- ✓ Barramento serial universal (USB)

Caminho de dados de uma Máquina típica de Von Neumann

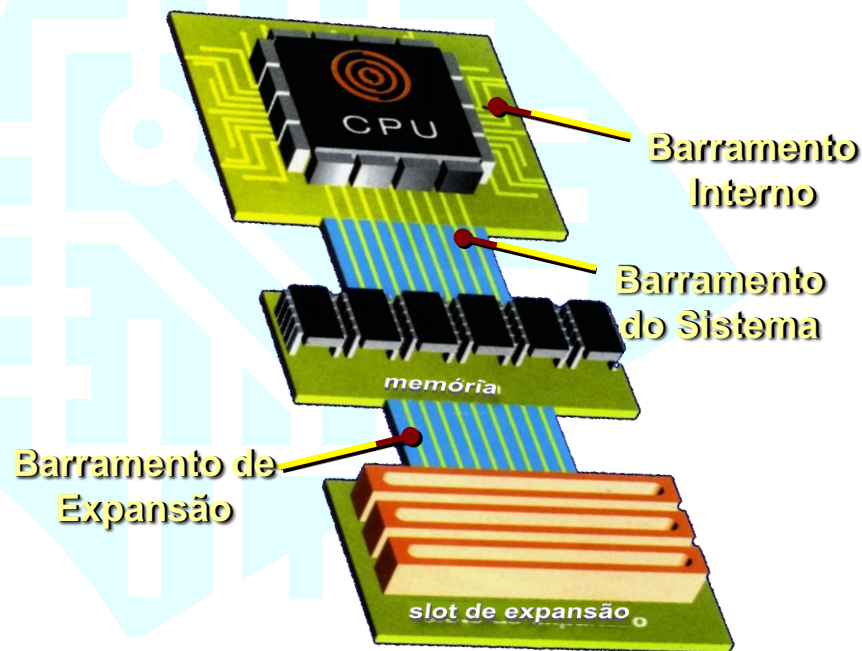


Caminho de dados

- ✓ Parte constituída dos registradores (em geral de 1 a 32), ULA e barramentos
- ✓ Os registradores alimentam as duas entradas (A e B) da ULA
- ✓ A saída da ULA é conectada a um dos registradores
- ✓ Existem 2 classes de instruções:
 - ✓ **instrução registrador-memória**: permite que uma palavra de memória seja armazenada no registrador, e vice-versa.
 - ✓ **instrução registrador-registrador**: instrução que opera sobre 2 registradores e coloca a saída em outro registrador (ciclo de caminho de dados).

Barramentos

- ✓ Conjunto de fios paralelos que permite a transmissão de dados, endereços, sinais de controle e instruções
- ✓ Caminho elétrico comum que liga diversos dispositivos.



Barramentos

- ✓ Como um dado é composto por bits (geralmente um ou mais bytes) o barramento deverá ter tantas linhas condutoras quanto forem os bits a serem transportados de cada vez.
- ✓ Em alguns computadores (usando uma abordagem que visa a redução de custos), os dados podem ser transportados usando mais de um ciclo do barramento

Tipos de Barramentos

- ✓ Podem ser do tipo:
 - **internos ao processador:** transferência de dados entre UAL e registradores;
 - **externos ao processador:** transferência de dados entre CPU, memória e dispositivos de E/S. Os barramentos externos podem ser expandidos para facilitar a conexão de dispositivos especiais;
- ✓ Computadores modernos têm 2 tipos de barramentos:
 - **proprietário:** liga processador à memória;
 - **de E/S:** liga processador a dispositivos de E/S;

Barramentos

✓ Barramentos - Tipos

- Barramento de dados - bidirecional
- Barramento de endereços - unidirecional
- Barramento de controle - bidirecional

Barramentos

✓ Barramento de Dados (Data Bus)

- São linhas usadas para transferência de dados e instruções entre processador, memória e dispositivos de E/S
- Possuem diferentes tamanhos, dependendo do processador. Exemplo: 8, 16, 32, 64 e 128.

Barramentos

✓ Barramento de Endereços (Address Bus)

- Usado para selecionar a origem ou destino de sinais transmitidos em um dos outros barramentos ou em uma de suas linhas. Conduz endereços.
 - Uma função típica: selecionar um registrador em um dos dispositivos do sistema que é usado como a fonte ou o destino do dado.
 - O processador usa n linhas de endereço do barramento para endereçar 2^n posições diferentes de memória
- ✓ Exemplo: Barramento de Endereços com 16 linhas, pode endereçar 2^{16} (64 K) dispositivos (1K= 1024).

Barramentos

✓ Barramento de Controle (Control Bus)

- Sincroniza as atividades do sistema.
- Conduz o status e a informação de controle de/para o microprocessador.
- Para um Barramento de Controle ser formado, várias linhas de controle são necessárias (no mínimo 10, geralmente são mais).

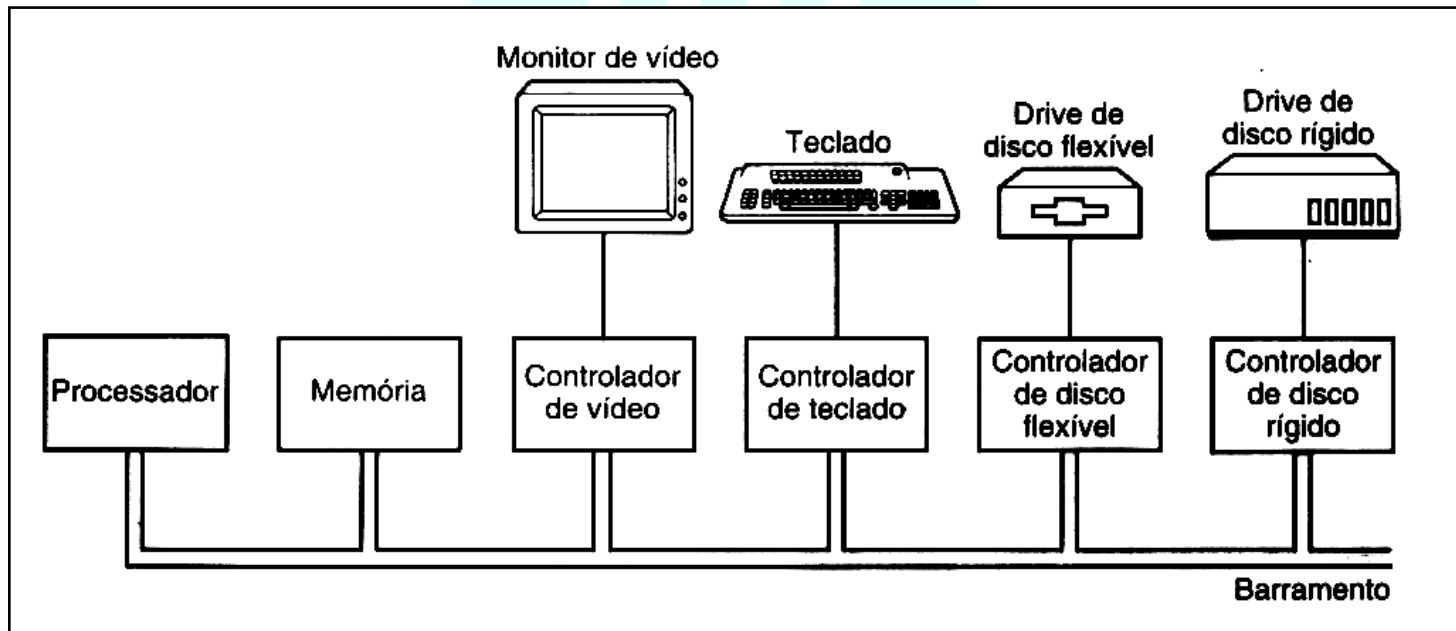
Barramentos

✓ Barramentos multiplexados

- Usam multiplexador para transmitir dados e também endereços.
- Vantagem: barramento com menor número de fios.
- Desvantagem: mais lentos.

Barramentos

- ✓ Cada dispositivo de E/S é composto de duas partes:
- ✓ Controladora - contém a maioria dos circuitos eletrônicos do dispositivo.
- ✓ O dispositivo propriamente dito (ex.: drive de disco).



Controladora

- ✓ Em geral está em uma placa ligada a um slot livre, exceto no caso daquelas que não são opcionais (ex.: teclado), que muitas vezes está na placa mãe.
- ✓ Função: controlar seu dispositivo de E/S e tratar o acesso do dispositivo ao barramento.
- ✓ Uma controladora que lê ou escreve dados da/na memória sem que seja necessária a intervenção do processador executa Acesso Direto à Memória (Direct Memory Access - DMA)

Controladora

- ✓ Quando termina a transferência dos dados, a controladora força uma **interrupção**, fazendo com que o processador suspenda a execução do programa corrente, para começar a rodar um procedimento especial - **rotina de tratamento da interrupção**.
- ✓ Quando a rotina de tratamento da interrupção terminar sua execução, o processador retorna a execução do programa interrompido quando da ocorrência da interrupção.

Controladora

- ✓ O barramento não é usado apenas pelas controladoras de E/S, mas também pelo processador na busca de instruções e dados da memória.
- ✓ O que vai acontecer se o processador e uma controladora de E/S decidirem usar o barramento ao mesmo tempo?

Árbitro de Barramento

Árbitro de barramento

- ✓ É um chip que decide de quem é a vez.
- ✓ Em geral, os dispositivos de E/S têm preferência, preterindo o processador, pois os discos e demais dispositivos cuja operação dependa de movimento de suas partes não podem ter seu trabalho interrompido.
- ✓ Quando uma operação de E/S estiver em andamento, será garantido acesso prioritário ao barramento ao dispositivo que estiver realizando a tarefa.
Denominação: roubo de ciclo (tem influência direta no desempenho do computador).

Árbitro de barramento

- ✓ Essa metodologia funcionou muito bem nos primeiros PCs, dado que a velocidade de operação de todos os seus componentes era, em linhas gerais, da mesma ordem de magnitude da banda passante do barramento.

Tipos de Arbitragem de Barramento

✓ Arbitragem centralizada

- Precisa de um árbitro para controlar o acesso ao barramento que determina quem será o próximo mestre do barramento.

✓ Arbitragem descentralizada

- Não usa árbitro para controlar o acesso ao barramento.
- Quando um dispositivo precisar usar o barramento, o dispositivo deve ativar a linha de requisição.
- Todos os dispositivos monitoram todas as linhas de requisição.

Protocolo de barramento

- ✓ É um conjunto de regras que especificam o funcionamento do barramento.
- ✓ Define as regras e especificações, elétricas e mecânicas, de compatibilização de um conjunto de dispositivos de E/S, em geral fornecidos por terceiros, com o barramento.
- ✓ Os dispositivos ligados ao barramento podem funcionar como:
 - mestres: dispositivos ativos, ou seja, que comandam o barramento
 - escravos: dispositivos passivos, ou seja, não controlam o barramento.

Protocolo de barramento

Mestre	Escravo	Exemplo
Processador	Memória	Busca de instruções e de dados
Processador	Dispositivos de E/S	Início de transferência de dados
E/S	Memória	DMA (acesso direto à memória)

Temporização do barramento

✓ Barramentos Síncronos

- Têm uma de suas linhas alimentada por um oscilador a cristal (clock). Todas as atividades do barramento gastam um número inteiro de ciclos desse sinal - ciclos do barramento.

✓ Barramentos Assíncronos

- Não usam clock para sincronização de operações.

Importante: O maior problema com o barramento síncrono é que os dispositivos mais rápidos têm que esperar alguns clocks inteiros para finalização de operações com dispositivos mais lentos.

Barramento Síncrono

✓ Vantagens

- nenhuma ou pouca lógica é necessária durante a transação
- barramento rápido e de baixo custo

✓ Desvantagens

- todos os dispositivos devem operar na mesma velocidade
- risco de clock skew
- têm comprimento físico limitado

- ## ✓ Transação consiste basicamente de duas partes:
- envio do endereço e leitura dos dados

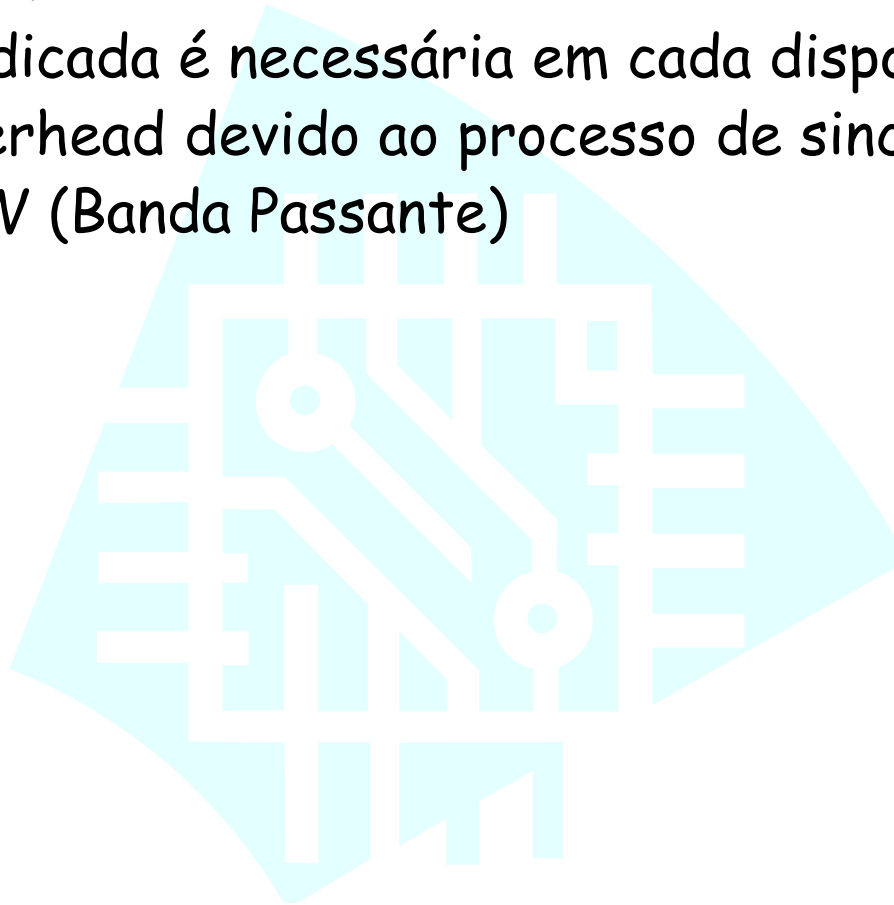
Barramento Assíncrono

- ✓ A comunicação se dá através de um protocolo conhecido como aperto de mão (handshaking), que é self-timed.
- ✓ Vantagens
 - mais adaptável a mudanças tecnológicas
 - adaptável a uma grande variedade de dispositivos (velocidade)
 - permite maior comprimento físico
 - usado tipicamente em transações de entrada/saída

Barramento Assíncrono

✓ Desvantagens

- lógica dedicada é necessária em cada dispositivo
- maior overhead devido ao processo de sincronização
- menor BW (Banda Passante)



Transações - Barramento Assíncrono

- 0 - colocação do endereço nas linhas de dados e ativação do sinal de leitura requerida pelo dispositivo de entrada/saída
- 1 - leitura do endereço e ativação do sinal de reconhecimento pela memória
- 2 - detecção do sinal de reconhecimento e liberação das linhas de dados e leitura requerida pelo dispositivo
- 3 - reconhecimento da liberação das linhas e desativação do sinal de reconhecimento pela memória
- 4 - quando pronta, a memória coloca os dados nas linhas de dados e ativa o sinal de dados prontos

Transações - Barramento Assíncrono

- 5 - o dispositivo reconhece o sinal de dados prontos, lê os dados e ativa o sinal de reconhecimento
- 6 - a memória detecta o sinal de reconhecimento, e então libera as linhas de dados e dados prontos
- 7 - o dispositivo detecta a liberação da linha dados prontos e desativa o sinal de reconhecimento

Exercícios

Exercício 1: Considere um barramento síncrono com as seguintes características:

- largura do barramento = 4 bytes
- envio do endereço para a memória: 5 ns
- leitura da memória: 20 ns
- envio do dado para o dispositivo: 5 ns

E responda as questões abaixo:

- Qual o tempo total para a leitura de uma palavra?
- Qual a banda passante máxima?

Exercícios

Resposta:

- largura do barramento = 4 bytes
 - envio do endereço para a memória: 5 ns
 - leitura da memória: 20 ns
 - envio do dado para o dispositivo: 5 ns
- Tempo total para a leitura de uma palavra:
 $5 \text{ ns} + 20 \text{ ns} + 5 \text{ ns} = 30 \text{ ns}$
- Banda passante máxima:
 $4 \text{ bytes} / 30 \text{ ns} = 133 \text{ MB/s}$

Exercícios

Exercício 2: Considere um barramento assíncrono com as seguintes características:

- largura do barramento = 4 bytes
- cada passo: 4 ns
- passo da memória: 20 ns

Responda as questões abaixo:

- Qual o tempo total para a leitura de uma palavra?
- Qual a banda passante máxima?

Exercícios

Resposta:

- largura do barramento = 4 bytes
 - cada passo: 4 ns
 - passo da memória: 20 ns
- Tempo total para a leitura de uma palavra:
- Passo 1: 4 ns
 - Passos 2,3,4: máximo ($3 \times 4 \text{ ns}$, 20 ns) = 20 ns
 - Passos 5,6,7: $3 \times 4 \text{ ns} = 12 \text{ ns}$
 - $4 \text{ ns} + 20 \text{ ns} + 12 \text{ ns} = 36 \text{ ns}$
- Banda passante máxima:
- $4 \text{ bytes} / 36 \text{ ns} = 111 \text{ MB/s}$

Barramento Síncrono x Assíncrono

- ✓ Os barramentos síncronos não podem tirar vantagem dos ganhos em desempenho das novas tecnologias surgidas após a sua definição.
- ✓ A cada mudança de tecnologia, para se aumentar o desempenho do sistema, é necessário trocar todos os dispositivos da tecnologia anterior. Isto não acontece com os barramentos assíncronos, pois cada operação pode definir a sua própria temporização.
- ✓ Podem conviver num mesmo barramento assíncrono dispositivos de tecnologias diferentes. Esta flexibilidade tem, como custo, uma maior complexidade do barramento.

Barramento Síncrono x Assíncrono

- ✓ A medida que os avanços tecnológicos aproximam-se dos limites físicos de velocidade dos dispositivos, a vantagem da flexibilidade dos barramentos assíncronos perde um pouco a sua importância.
- ✓ Pois numa mesma tecnologia, o desempenho dos barramentos síncronos é um pouco maior que o desempenho dos barramentos assíncronos.

Barramento Síncrono x Assíncrono

- ✓ O barramento assíncrono tem vantagens em relação ao síncrono, porém os síncronos são mais usados pois:
 - são mais fáceis de construir, o processador simplesmente ativa seus sinais e a memória simplesmente reage a eles. Não há realimentação (causa e efeito);
 - há uma boa soma de dinheiro investida na tecnologia de barramentos síncronos.

Barramentos - Protocolos - Padronização

- ✓ **UNIBUS** - definido pela DEC, praticamente fora de uso.
- ✓ **MCA** (*Micro Channel Architecture*) - definido pela IBM, sistemas PS-2.
- ✓ **ISA** (*Industry Standard Architecture/Adapter*) - definido pela IBM para o PC-AT e adotado por toda a indústria.
- ✓ **EISA** (*Extended ISA*) - praticamente abandonado.
- ✓ **VLB** (*Video Eletronic Standard Association*) - conectado diretamente no barramento local. Essa característica faz com que fique "preso" às características do processador.

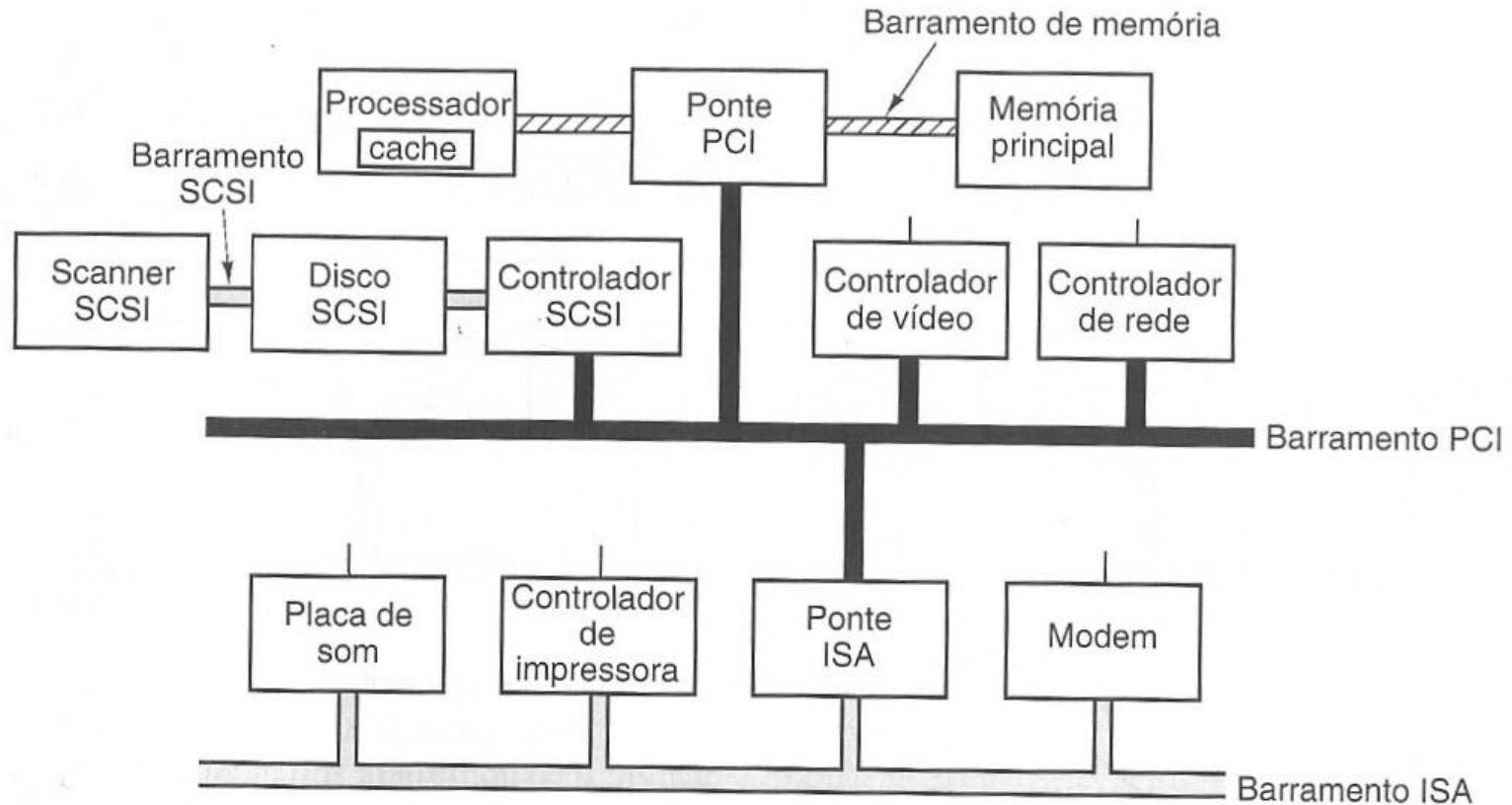
Barramentos - Protocolos - Padronização

- ✓ **PCI** (*Peripheral Component Interconnect*) - desenvolvido pela Intel, quase um padrão para o mercado, com barramento de E/S de **alta velocidade**.
- ✓ Nas placas-mãe 486 este barramento trabalha na mesma frequência do processador. No caso de Pentium e superiores trabalha na metade de frequência.

Barramentos - Protocolos - Padronização

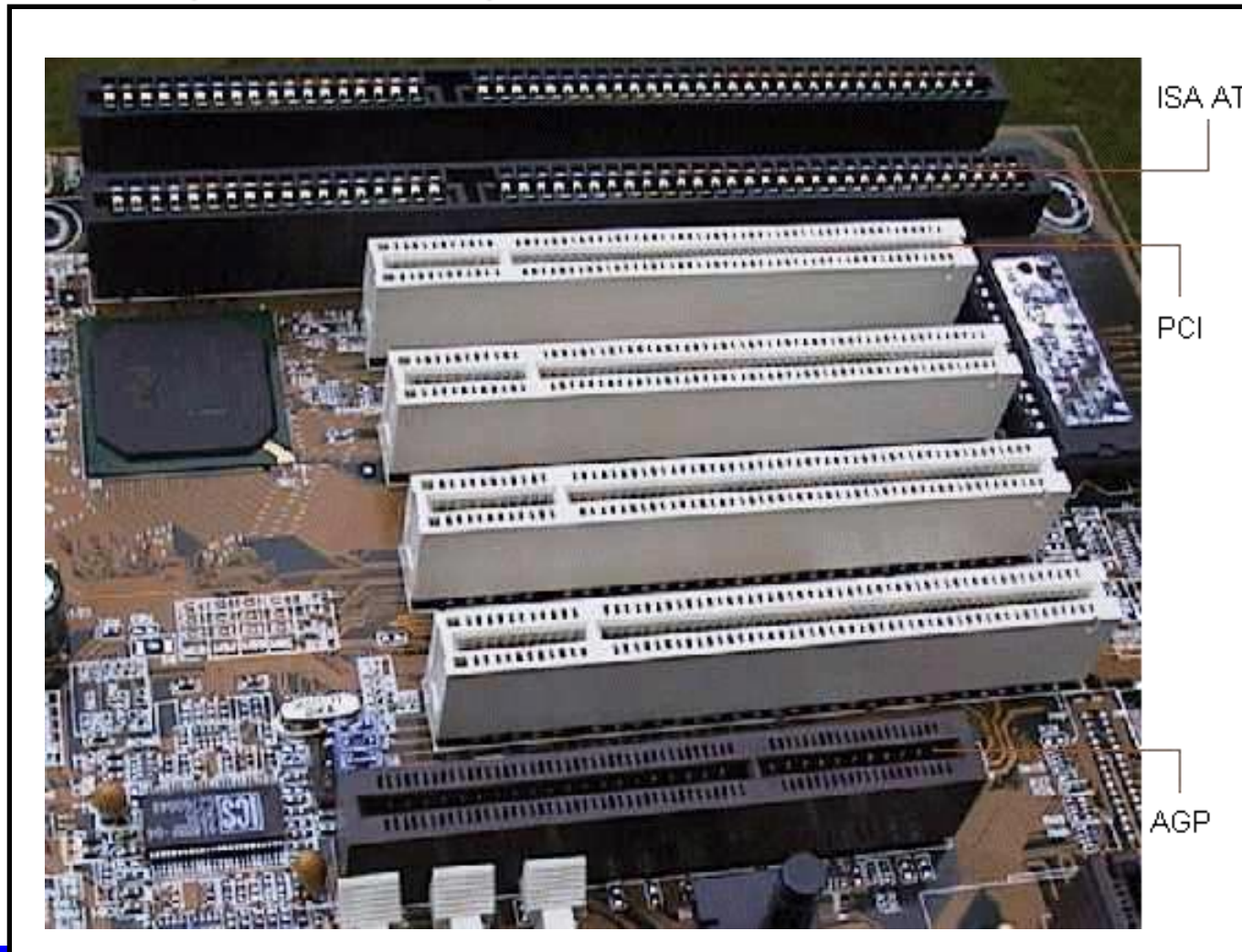
- ✓ **AGP** (*Accelerated Graphics Port*) - visa acelerar as transferências de dados do vídeo para a memória, especialmente dados para 3D.
- ✓ Este barramento se comunica diretamente com a memória principal, através do barramento local, o que faz com que a sua taxa de transferência aumente (a frequência de operação aumenta podendo atingir a 133MHz).
- ✓ **AGP** - Modos de operação:
 - Modo x1: 264MB/s.
 - Modo x2: 528MB/s.
 - Modo x3: 1GB/s.

Computador com um barramento PCI e um barramento ISA.



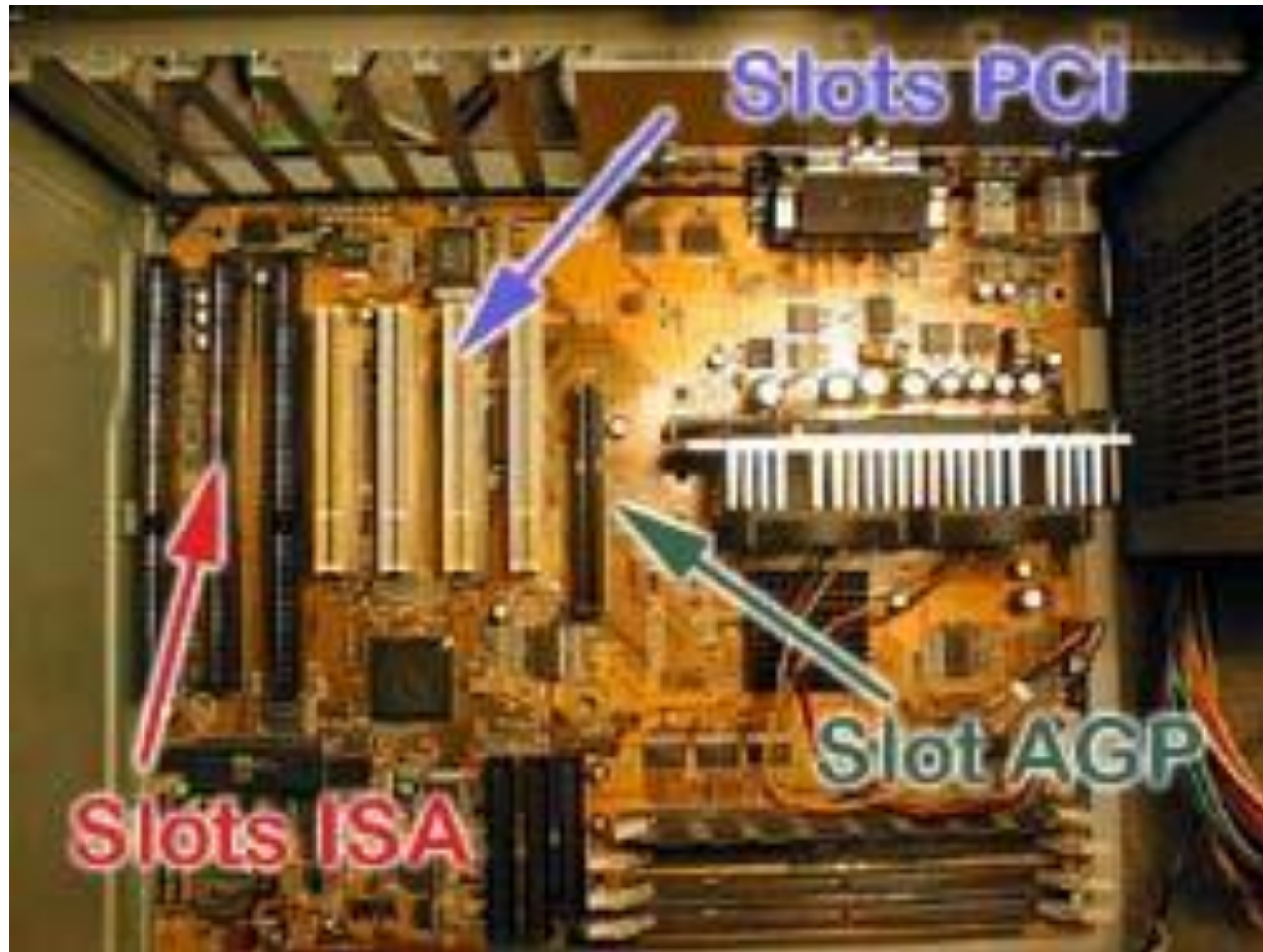
Exemplo de Barramento

Esquema de *slots* para três normas de barramentos.



Exemplo de Barramento

Esquema de *slots* para três normas de barramentos.



Barramentos - Protocolos - Características

Tipo	Barramento de Dados	Barramento de Endereços	Freq. de Operação
ISA	8 e 16 bits	24 bits	8 MHz
EISA	32 bits	32 bits	8 MHz
VLB	igual ao do processador	32 bits	igual a do barramento local
PCI	32 e 64 bits	32 bits	de 33 e 66 MHz
AGP	32 bits	32 bits	66 MHz

Barramentos - Protocolos - Características

- ✓ **USB** (Universal Serial Bus) - Permite a conexão de muitos periféricos simultaneamente ao barramento e este, por uma única tomada, se conecta a placa mãe.
- ✓ Este barramento é *plug-and-play* e pretende ser norma para os dispositivos que necessitem de **baixa velocidade** (Ex.: teclado, *mouse*, *modem*, *scanner*, impressoras).
- ✓ USB utiliza basicamente duas taxas de transferência:
 - 12 Mbps - para periféricos que exigem mais velocidade como câmeras digitais, modems, impressoras, scanners...
 - 1,5 Mbps - para periféricos mais lentos como teclados, *mouse*...

Barramentos - Protocolos - Características

- ✓ **IrDA** (*Infrared Developers Association*) - barramento sem fios em que a comunicação é feita através de luz infravermelho.
- ✓ Pode ser utilizado para conectar vários tipos de periféricos sem fio ao PC (teclado, mouse e impressora).
- ✓ Este barramento é muito comum nos notebooks, podendo transferir arquivos de um *notebook* para outro sem necessidade de cabos.
- ✓ Existem dois padrões IrDa:
 - IrDa 1.0: Comunicação a até 115.200 bps;
 - IrDa 1.1: Comunicação a até 4.194.304 bps;

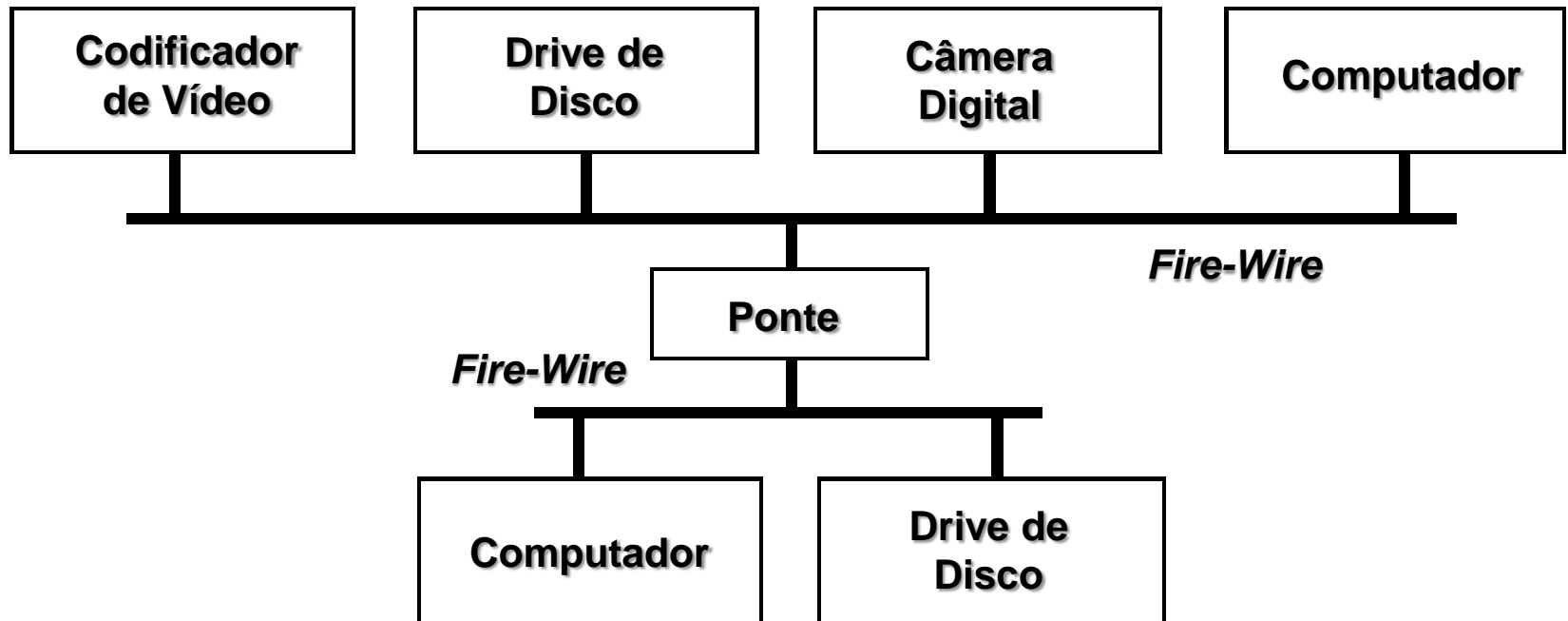
Barramentos - Protocolos - Características

- ✓ **Fire-Wire (nome oficial - IEEE 1394)** - barramento serial de altíssimo desempenho que proporciona a conexão de diversos equipamentos, utilizando uma topologia flexível e proporcionando uma boa relação custo-benefício.
- ✓ Criado pela Apple no início da década de 90, foi adaptado, em 1995. Capacidade de comunicação pode atingir até 30 vezes a velocidade do USB.
- ✓ Idéia é parecida com a do USB: possui uma interface simples capaz de receber até 63 dispositivos (drives de discos, câmeras digitais, televisão digital, computadores, etc).
- ✓ Não é um barramento exclusivo para computadores - as aplicações de vídeo foram as primeiras a serem beneficiadas.

Barramentos - Protocolos - Características

- ✓ Produtos *Fire-Wire* atuais - taxa de operação:
 - 50 Mb/s (contra 1,5 MB/s do USB, ou seja, quase 40 vezes).
 - Deverá atingir brevemente, com o auxílio de fibras especiais ou comunicação sem fio ("wireless"), velocidades de 800 a 3.200 Mb/s.

Exemplo de arranjo de equipamentos com o Fire-Wire

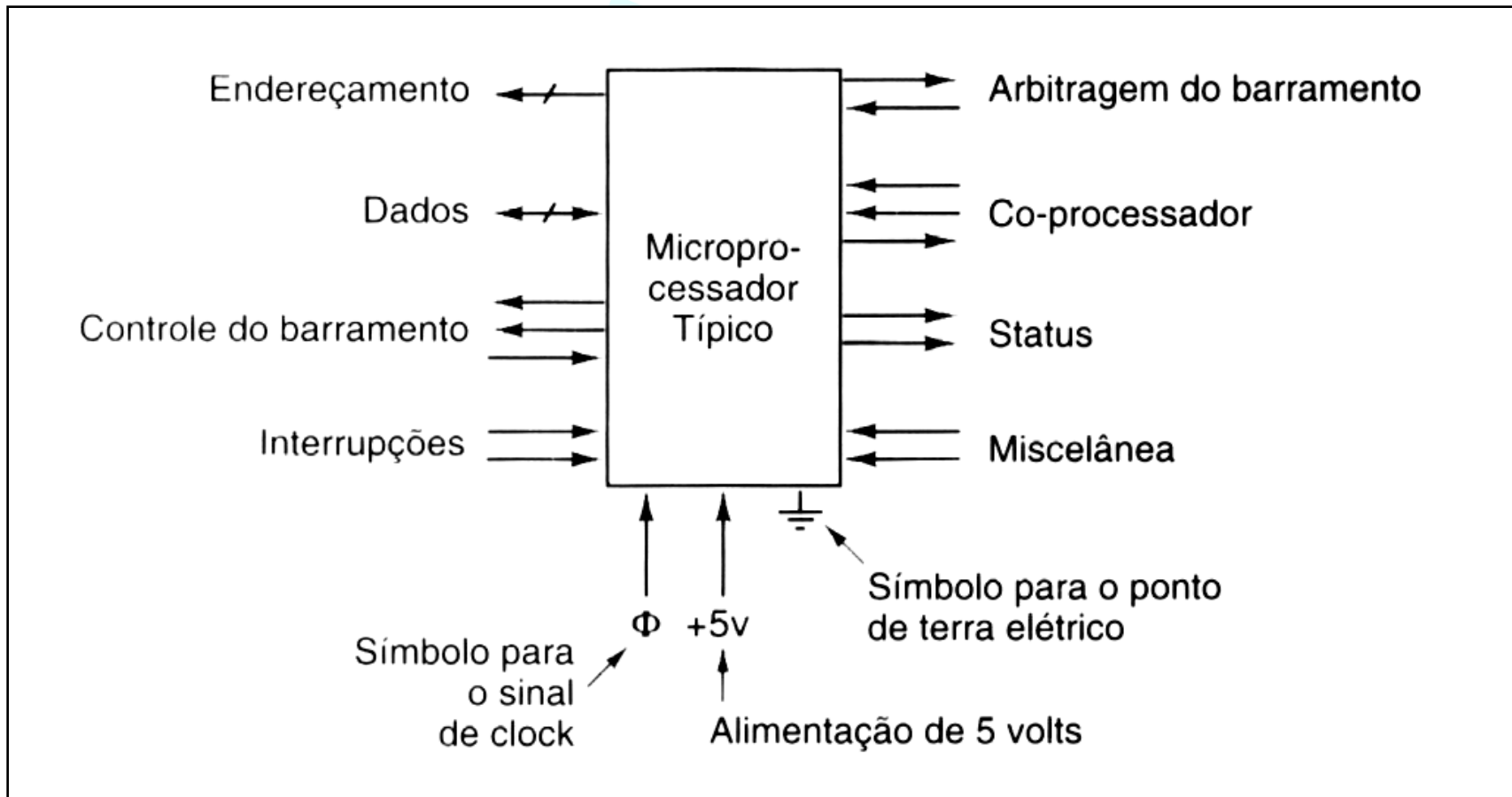


Barramentos

- ✓ Quando os barramentos são longos e com muitos dispositivos usam-se chips amplificadores digitais.
- ✓ O barramento tem linhas de endereços, dados e controle, porém não é necessário o mapeamento 1 para 1 com os pinos do processador. Para compatibilizar sinais e pinos dos processadores são usados chips conhecidos como **decodificador de barramento**.
- ✓ Ao se projetar um barramento faz-se necessário considerar os seguintes aspectos: largura, metodologia de temporização, arbitragem e operações possíveis.

Um projeto eficiente de barramentos é crucial para a velocidade do sistema.

Pinagem lógica de um processador genérico.



Pinagem lógica de um processador genérico.

Um chip processador

- ✓ m pinos de endereço - acessar 2^m posições de memória.
- ✓ n pinos de dados - ler ou escrever uma palavra de n bits em uma única operação envolvendo a memória.
- ✓ pinos de controle;
- ✓ se comunica com a memória e os dispositivos de E/S colocando e lendo sinais digitais no/do barramento.

Um chip processador

- ✓ Pinos de controle podem ser agrupados, a grosso modo, em:
- **controle de barramento:** gerados, em geral, pelo processador para controle do sistema, dizendo o que ele quer que seja feito;
 - **interrupções:** são, em geral, sinais de entrada no processador contendo sinais de dispositivos de E/S que querem "chamar a atenção" do processador;
 - **arbitragem de barramento:** sinais que regulam o tráfego do barramento. Evita que 2 dispositivos de E/S acessem ao barramento ao mesmo tempo;
 - **sinalização para co-processador:** usado quando existe co-processador de ponto flutuante;
 - ***status.***
 - **miscelânea.**

Exemplo: busca de uma instrução na memória:

✓ O processador:

1. Coloca endereço da memória nos *pinos de endereço*;
2. Envia sinal de leitura, *pino de controle*, para a memória.

✓ A memória:

1. Coloca dados (instrução) da palavra selecionada nos *pinos de dados*;
2. Envia sinal de sucesso de leitura, *pino de controle*, para o processador.

✓ O processador:

1. Lê instrução que está já está disponível nos *pinos de dados*;
2. Inicia execução da instrução.

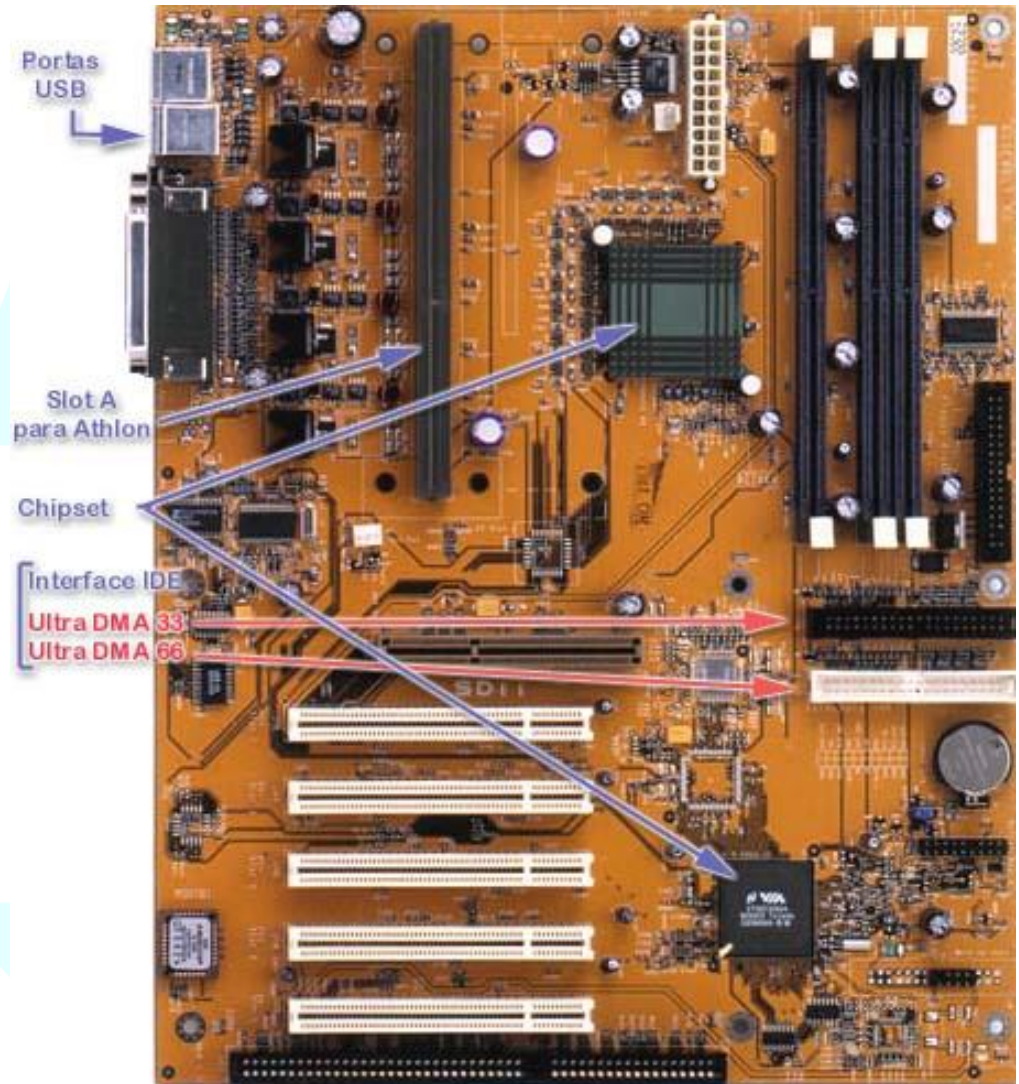
Placa mãe (motherboard)

- ✓ É possivelmente a parte mais importante do computador.
- ✓ Gerencia toda a transação de dados entre a CPU e os periféricos.
- ✓ Mantém a CPU, sua memória cache secundária, o chipset, BIOS, memória principal, chips I/O, portas de teclado, serial, paralela, discos e placas plug-in.

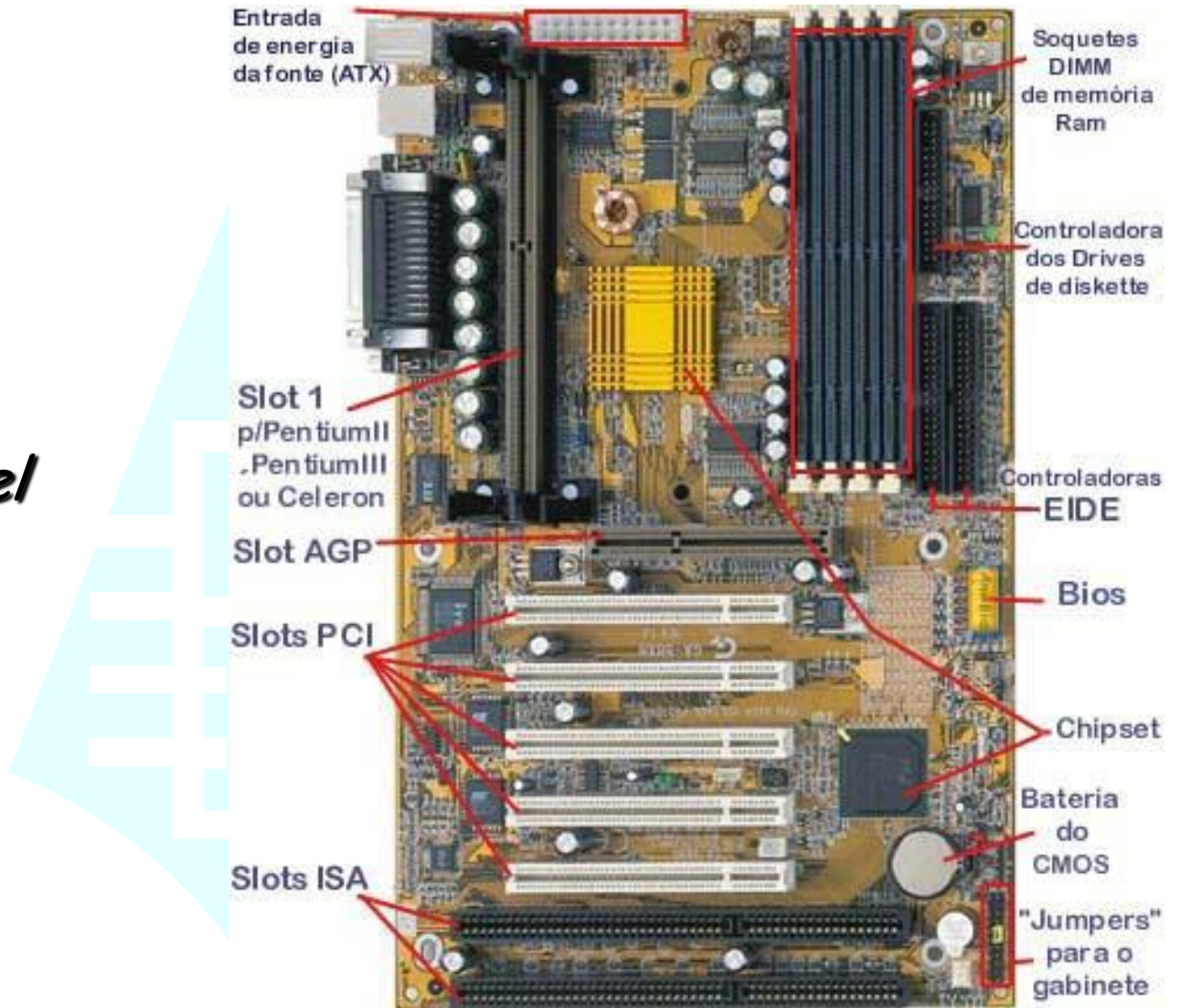
Placa mãe (motherboard)

- ✓ Os microcomputadores diferenciam-se principalmente pelo processador instalado na motherboard e pelos padrões dos barramentos de expansão.
- ✓ Em virtude do lançamento constante de um novo processador com novas tecnologias para acelerar o processamento (duplo cache interno, maior velocidade de clock, etc.), muitas motherboards permitem o upgrade (atualização do processador sem a troca de qualquer outro componente do microcomputador).
- ✓ A maioria tem jumpers de configuração onde é possível modificar a velocidade do clock, processador, etc.

Placa-mãe Athlon



Placa-mãe Intel



Exercícios

- ✓ Procure outros tipos de barramentos existentes e informe:
 - Exemplos;
 - Vantagens;
 - Desvantagens;
 - Exemplos de onde são utilizados;
- ✓ Alguns protocolos para uso de barramentos:
 - I2C;
 - USB 1.0, 2.0 e 3.0
 - Amba APB, AHB, AXI1-4, ASB, ATB, CHI e ACE;
 - CAN;
 - LIN;
 - PCIeExpress e outros;