

Sistemas de Informação
Disciplina: Arquitetura e Organização de Computadores - 1º Período
Professor: José Maurício S. Pinheiro

AULA 4: Unidade Central de Processamento

A Unidade Central de Processamento (UCP) faz referência ao processador do computador e é responsável pelo processamento e execução de programas armazenados na memória principal, buscando suas instruções, examinando-as e, então, executando uma após a outra.

1. Unidades da UCP

A UCP (Unidade Central de Processamento), ou CPU, pode ser dividida em duas categorias funcionais, as quais podem ser chamadas de Unidade Funcional de Processamento e Unidade Funcional de Controle. A Unidade Funcional de Processamento é composta por: REG's (registradores), ACC (acumulador), ULA (unidade lógica aritmética). A Unidade Funcional de Controle é composta pelos seguintes elementos: RDM, REM, CI, RI, Decodificador de Instruções, UC, Clock. A Figura 1 apresenta um diagrama funcional da UCP com os seus elementos essenciais para funcionamento.

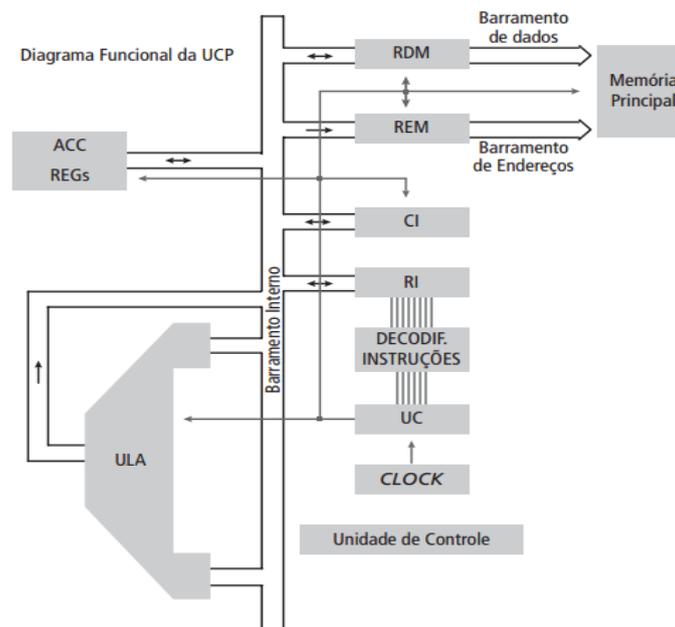


Figura 1 – Diagrama funcional da UCP

Os componentes do processador são interligados por meio de barramentos, que consistem num conjunto de vias paralelas que permitem a transmissão de dados, endereços e sinais de controle entre a UCP, memória e dispositivos de entrada e saída. Existem barramentos externos ao processador, cuja função é conectá-lo à memória e aos dispositivos de entrada/saída, além dos barramentos internos à UCP.

1.1. Unidade de Processamento

O processamento de dados é a ação de manipular um ou mais valores (dados) em certa sequência de ações, de modo a produzir um resultado útil. Algumas das tarefas mais comuns da função processamento são: operações aritméticas (somar, subtrair, multiplicar, dividir); operações lógicas (AND, OR, XOR, entre outras) e movimentação de dados entre a UCP e a memória e vice-versa, entre outras.

1.1.1. Unidade Lógica e Aritmética (ULA)

A ULA é uma pequena parte do circuito integrado da CPU, utilizada em pequenos sistemas, ou pode compreender um considerável conjunto de componentes lógicos de alta velocidade. Sua função é a execução das instruções dos programas que se encontram armazenadas na memória. Ao chegarem à UCP, essas instruções são interpretadas e traduzidas em operações matemáticas a serem executadas pela ULA.

A ULA pode ser entendida como um aglomerado de circuitos lógicos e componentes eletrônicos simples que, integrados, realizam as operações aritméticas e lógicas. São exemplos de operações executadas pela ULA: soma, multiplicação, operações lógicas (AND, OR, NOT, XOR, entre outras), incremento, decremento e operação de complemento.

1.1.2. Registradores

A UCP é fabricada com certa quantidade de registradores destinados ao armazenamento de dados que estão sendo utilizados durante o processamento e, portanto, servem de memória auxiliar básica da ULA. A quantidade e o emprego dos registradores variam bastante de modelo para modelo de processador. Devido à sua tecnologia de construção e por estarem localizados no interior da UCP, são muito caros e, por isso, disponíveis em quantidade limitada.

Os sistemas mais antigos possuíam um registrador especial chamado acumulador ou ACC (*accumulator*), o qual, além de armazenar dados, servia de elemento de ligação entre a ULA e os demais dispositivos da UCP. Nos computadores mais simples é encontrado apenas um acumulador. Em arquiteturas mais complexas, vários registradores podem desempenhar as funções de um acumulador, além de haver diversos registradores de dados de uso geral.

Outro fator importante é o tamanho da palavra, a qual está vinculada ao projeto de fabricação da UCP, correspondendo ao tamanho dos elementos ligados à área de processamento, a ULA e os registradores de dados. A capacidade de processamento de uma UCP, ou seja, sua velocidade, é influenciada pelo tamanho da palavra. Atualmente há computadores referenciados como tendo uma arquitetura de 32 bits ou uma arquitetura de 64 bits, o que corresponde ao tamanho de sua palavra.

1.2. Unidade de Controle

A Unidade de Controle é responsável pela realização das seguintes atividades:

- Busca da instrução que será executada, armazenando-a em um registrador da UCP;
- Interpretação das instruções a fim de saber quais operações deverão ser executadas pela ULA (soma, subtração, comparação) e como realizá-las;
- Geração de sinais de controle apropriados para a ativação das atividades necessárias à execução propriamente dita da instrução identificada. Esses sinais de controle são enviados aos diversos componentes do sistema, sejam eles internos à UCP (ULA) ou externos (memória e dispositivos de entrada e saída).

1.2.1. Registrador de Dados de Memória (RDM) e Registrador de Endereços de Memória (REM)

O RDM ou MBR (*Memory Buffer Register*), é um registrador que armazena temporariamente dados (conteúdo de uma ou mais células) sendo transferidos da memória principal para a UCP (em uma operação de leitura) ou da UCP para a memória principal (em uma operação de escrita). Em seguida, o dado é reencaminhado para outro elemento da UCP para processamento ou para uma célula da memória principal, se for um resultado de um processamento. A quantidade de bits que pode ser armazenada no RDM é a mesma quantidade suportada pelo barramento de dados.

O REM, ou MAR (*Memory Address Register*), é um registrador que armazena temporariamente o endereço de acesso a uma posição de memória, necessário ao se iniciar uma operação de leitura ou de escrita. Em seguida, o endereço é encaminhado à controladora da memória, principal com a identificação e localização da célula desejada. Permite armazenar a mesma quantidade de bits do barramento de endereço.

1.2.2. Contador de Instruções (CI)

Também é chamado de *Program Counter* (PC) ou contador de programa. É o CI cujo valor aponta para a próxima instrução a ser buscada da memória para ser executada no processador. Tão logo a instrução que vai ser executada seja buscada da memória principal para a CPU, o sistema automaticamente faz a modificação do conteúdo do CI de modo que ele passe a armazenar o endereço da próxima instrução na sequência. Assim, o CI é um registrador importante para o processo de controle e de sequenciamento da execução dos programas.

1.2.3. Registrador de Instruções (RI)

Tem a função de armazenar a instrução a ser executada pela UCP. Ao se iniciar um ciclo de instrução a UC emite sinais de controle em sequência no

tempo, de modo que se processe a realização de um ciclo de leitura para buscar a instrução na memória. Ao final do ciclo de leitura a instrução desejada será armazenada no RI, via barramento de dados e RDM. A Figura 2 mostra o RI ligado diretamente ao decodificador de instruções, o qual irá interpretar a instrução e avisar à Unidade de Controle (UC).

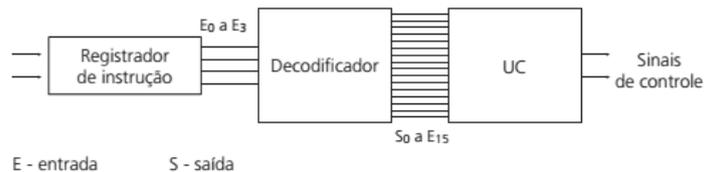


Figura 2 - Diagrama em bloco do decodificador de instruções

1.2.4. Decodificador de instruções

Cada instrução é uma ordem para que a UCP realize uma determinada operação. Como são muitas instruções, é necessário que cada uma possua uma identificação própria e única, e é função do decodificador de instrução identificar que operação será realizada, correlacionada à instrução cujo código de operação foi decodificado. Assim, o RI irá passar ao decodificador uma sequência de bits representando uma instrução a ser executada.

Um decodificador possui 2^n saídas, sendo n a quantidade de algarismos binários do valor de entrada. A Figura 2 mostra um diagrama em blocos do processo de decodificação na UCP, no qual o RI passa um código de instrução ao decodificador de tamanho de 4 bits, que é decodificado (interpretado) e encaminhado à UC para que ela emita os sinais de controle para os demais elementos da UCP.

O componente decodificador foi incorporado à UCP com o advento das máquinas CISC (*Complex Instruction Set Computer*) e trata-se de uma categoria de arquitetura de processadores que favorece um conjunto simples e pequeno de instruções de máquinas. Uma instrução de máquina é uma operação básica que o hardware realiza diretamente.

1.2.5. Relógio (clock)

Trata-se de um dispositivo gerador de pulsos, cuja duração é chamada de ciclo, e a quantidade de vezes que esse pulso básico se repete em um segundo define a unidade de medida do relógio, denominada frequência, a qual também é usada para definir a velocidade na CPU. A unidade de medida utilizada para a frequência do relógio da UCP é o hertz (Hz), que significa um ciclo por segundo.

A cada pulso é realizada uma operação elementar, durante o ciclo de uma instrução (busca de dados, envio da instrução para o RI, sinal de controle etc.). Como os computadores atuais apresentam frequências bastante elevadas, utiliza-se a medida de milhões de ciclos por segundo (mega-hertz – MHz) ou bilhões de ciclos por segundo (giga-hertz – GHz).

1.2.6. Barramentos

Os componentes de um computador se comunicam através de barramentos, os quais se caracterizam como um conjunto de vias que interligam os diversos componentes do computador e de circuitos eletrônicos que controlam o fluxo dos bits. O barramento conduz de modo sincronizado o fluxo de informações (dados e instruções, endereços e controles) de um componente para outro ao longo da placa-mãe.

O barramento organiza o tráfego de informações observando as necessidades de recursos e as limitações de tempo de cada componente, de forma que não ocorram colisões, ou mesmo, algum componente deixe de ser atendido. O barramento de um sistema computacional, denominado barramento do sistema, é o caminho por onde trafegam todas as informações dentro do computador. Esse barramento é formado basicamente por três vias específicas: barramento de dados, barramento de endereços e barramento de controle, conforme mostra a Figura 3.

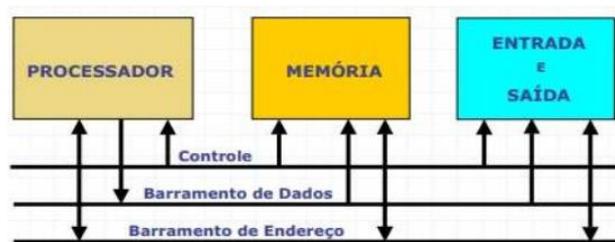


Figura 3 - Barramento do sistema

- **Barramento de dados** - interliga o RDM (localizado na UCP) à memória principal, para transferência de instruções ou dados a serem executados. É bidirecional, os sinais percorrem o barramento vindo da UCP para a memória principal, na operação de escrita, ou percorrem o caminho inverso, na operação de leitura. Possui influência direta no desempenho do sistema, pois, quanto maior a sua largura, maior o número de bits (dados) transferidos por vez e conseqüentemente mais rapidamente esses dados chegarão ao seu destino (UCP ou memória).

Os primeiros computadores pessoais (PC-XT) possuíam barramento de dados de oito vias, capaz de transferir oito bits por vez. Atualmente, conforme a arquitetura do processador, podem existir barramento de dados de 32, 64 ou 128 bits.

- **Barramento de endereços** - interliga o REM (localizado na UCP) à memória principal, para transferência dos bits que representam um determinado endereço de memória onde se localiza uma instrução ou dado a ser executado. É unidirecional, visto que somente a UCP aciona a memória principal para a realização de operações de leitura ou escrita. Possui tantas vias de transmissão quantos são os bits que representam o valor de um endereço.

Nos antigos PC-XT, este barramento possuía 20 linhas e com isso era possível utilizar endereços de no máximo 20 bits. Logo, o maior endereço possível, seria: $2^{20} = 1.048.576$ Bytes (1MB). Dessa forma, a capacidade de armazenamento da memória RAM poderia ser de, no máximo, 1MB. É possível afirmar que o tamanho do barramento de endereços determina a quantidade máxima de armazenamento de dados que a memória principal pode dispor. Atualmente, os barramentos dispõem de significativa capacidade de armazenamento (32,64,128) bits, possibilitando grandes espaços para armazenamento na memória.

- **Barramento de controle** - interliga a Unidade de Controle (UC), aos demais componentes do sistema computacional (memória principal, componentes de entrada e de saída) para passagem de sinais de controle gerados pelo sistema. São exemplos de sinais de controle: leitura e escrita de dados na memória principal, leitura e escrita de componentes de entrada e saída, certificação de transferência de dados - o dispositivo acusa o término da transferência para a UCP, pedido de interrupção, relógio (clock) – por onde passam os pulsos de sincronização dos eventos durante o funcionamento do sistema. É bidirecional, porque a UCP, por exemplo, pode enviar sinais de controle para a memória principal, como um sinal indicador de que deseja uma operação de leitura ou de escrita, e a memória principal pode enviar sinais do tipo *wait* (espere), para a UCP aguardar o término de uma operação.

Os barramentos compartilham suas vias de comunicação entre diversos componentes neles conectados. Nesse caso, somente é permitida a passagem de um conjunto de bits de cada vez e, por esse motivo, o controle do barramento torna-se um processo essencial para o funcionamento adequado do sistema.

Há um único barramento de dados, endereços e controle interconectando todos os componentes do computador. Isso se justifica pela grande diferença de características dos diversos componentes existentes, principalmente periféricos (a velocidade de uma transferência de dados de um teclado é muitas vezes menor que a velocidade de transferência de dados de um disco magnético, por exemplo). Considerando esse fato, os projetistas de sistemas de computação criaram diversos tipos de barramento, apresentando taxas de transferência de bits diferentes e apropriadas às velocidades dos componentes interconectados (UCP, memória, disco rígido, teclado).

Nesse caso há uma hierarquia em que os barramentos são organizados e os modelos de organização de sistemas de computação adotados pelos fabricantes possuem diferentes tipos de barramentos:

- **Barramento local:** possui maior velocidade de transferência de dados, funcionando normalmente na mesma frequência do relógio do processador. Este barramento costuma interligar o processador aos dispositivos de maior velocidade como memória cache e memória principal;

- **Barramento do sistema:** barramento opcional, adotado por alguns fabricantes, fazendo com que o barramento local faça a ligação entre o processador e a memória cache e esta se interligue com os módulos de memória principal (RAM) através do chamado barramento do sistema, de modo a não permitir acesso direto do processador à memória principal. Um circuito chamado ponte (*chipset*) sincroniza o acesso entre as memórias. A Figura 4 apresenta um modelo de *chipset* Intel;
- **Barramento de expansão:** também chamado de barramento de entrada e de saída (E/S), é responsável por interligar os diversos dispositivos de E/S aos demais componentes do computador, tais como: monitor de vídeo, impressoras, CD/DVD etc. Também se utiliza uma ponte para se conectar ao barramento do sistema. As pontes sincronizam as diferentes velocidades dos barramentos.



Figura 4 - Modelo de chipset Intel

Não importa o tipo de barramento, um fator importante que influencia no desempenho do sistema computacional é a largura (tamanho) do barramento, que diz respeito à quantidade de informações (no formato de bits) que poderão ser transmitidas simultaneamente por ele. É a quantidade de vias que um barramento apresenta que vai caracterizar sua largura. Quando se fala em quantidade de bits que podem trafegar em um barramento, fala-se em taxa de transferência, que revela a medida dessa quantidade, a qual é especificada em bits por segundo (normalmente K bits, M bits etc.).

Considerando a acentuada diferença de velocidade apresentadas pelos diversos dispositivos de E/S atuais, a indústria de computadores tem desenvolvido alternativas visando maximizar o desempenho nas transferências de dados entre dispositivos (entre disco e memória principal, por exemplo). A alternativa encontrada foi separar o barramento de expansão (ou de E/S) em dois, sendo um de alta velocidade para dispositivos mais rápidos (redes, placas gráficas) e outro de menor velocidade para dispositivos mais lentos (teclado, modems, mouse). A Figura 5 apresenta este conceito.

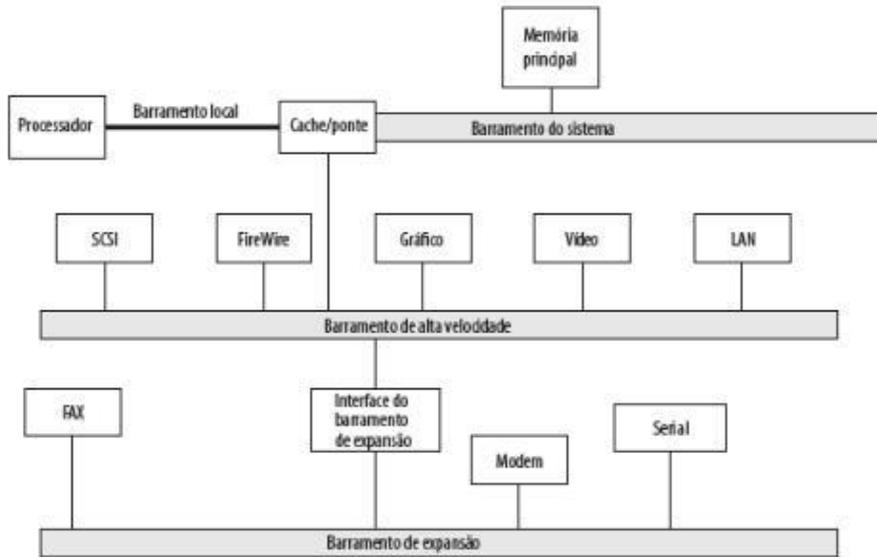


Figura 5 – Exemplo de barramentos de expansão

Cada um dos barramentos permite o seu compartilhamento com os demais componentes do sistema, especialmente o barramento de expansão, que é compartilhado com diversos dispositivos de entrada e saída. Para que isso ocorra, é indispensável um mecanismo de controle de acesso baseado em regras, que garanta que quando um dos dispositivos estiver utilizando o barramento, os demais componentes deverão aguardar a sua liberação. Esse mecanismo de controle de acesso é denominado protocolo. Isso faz com que um barramento não seja composto somente de parte físicas, mas também de lógica (o protocolo).

1.2.7. Padrões de Barramentos de Expansão

Cada barramento possui um protocolo padrão que é utilizado pela indústria de computadores para a fabricação de todos os dispositivos de entrada e saída a serem conectados nos diferentes tipos de barramento. Dessa forma, foram desenvolvidos os chamados slots. Um slot nada mais é do que um orifício ou um encaixe padronizado inserido na placa-mãe dos computadores de maneira que os diversos dispositivos possam ser encaixados, desde que atendam a um dos padrões disponíveis nela.

Muitos padrões de barramento de expansão foram desenvolvidos ao longo do tempo, alguns deles já não mais utilizados. Os mais populares são:

- **ISA (*Industry Standard Adapter*):** desenvolvido pela IBM. Apresenta uma taxa de transferência baixa, mas apesar disso, foi adotado por toda a indústria. Os sistemas atuais não mais o empregaram;

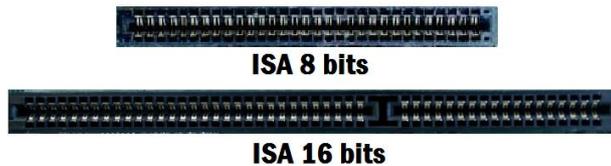


Figura 6 - Conectores ISA de 8 e 16 bits

- **PCI (*Peripheral Component Interconnect*):** criado pela Intel, é um padrão de barramento de alta velocidade. Permite transferência de dados em 32 ou 64 bits a velocidades de 33 MHz e de 66 MHz. Cada controlador permite cerca de quatro dispositivos (Figura 7);

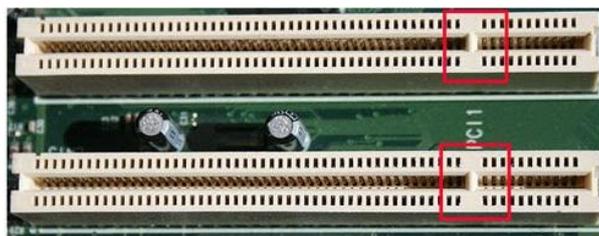


Figura 7 - Conectores PCI

- **USB (*Universal Serial Bus*):** tem a característica de permitir a conexão de diversos periféricos simultaneamente (até 127 dispositivos em um barramento – por meio de um centralizador) ao barramento; este, por uma única porta (conector), conecta-se à placa-mãe. Grande parte dos dispositivos USB é desenvolvida com a característica de serem conectados ao computador e utilizados logo em seguida, o que é chamado de *plug-and-play* (Figura 8);

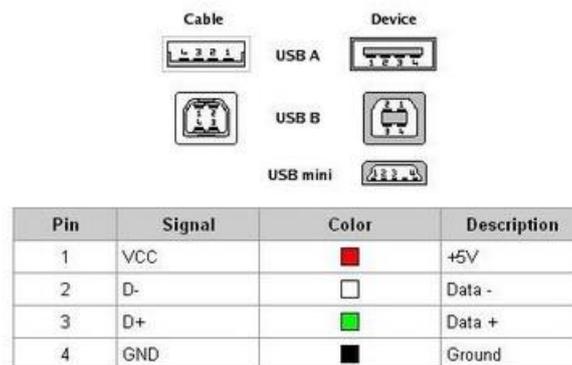


Figura 8 - Conectores USB

- **AGP (*Accelerated Graphics Port*):** barramento desenvolvido por vários fabricantes com o objetivo de acelerar as transferências de dados do vídeo para a memória principal, especialmente dados em 3D, muito utilizados em jogos e outros aplicativos gráficos (Figura 9);

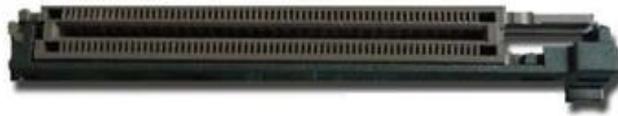


Figura 9 - Conector AGP

- PCI Express (Peripheral Component Interconnect Express):** barramento construído por um grupo de empresas denominado PCI-SIG (Peripheral Component Interconnect Special Interest Group), composto por empresas como a Intel, AMD, IBM, HP e Microsoft. Este barramento veio para atender às demandas por mais velocidade gerada por novos chips gráficos e tecnologias de rede apresentando altas taxas de transferência. Assim, o PCI e o AGP foram substituídos pelo PCI Express (Figura 10).

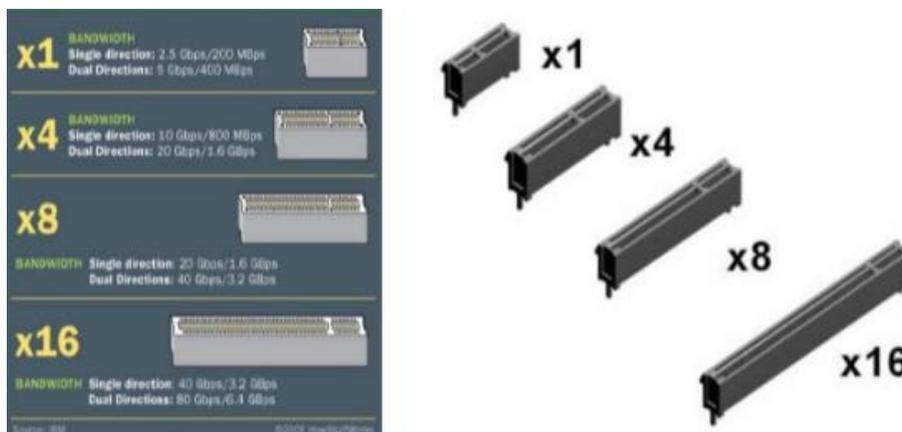


Figura 10 - Conectores PCI Express

Nesse barramento, a conexão entre dois dispositivos ocorre de modo ponto a ponto (exclusivo) – comunicação serial (Figura 11). Por esse motivo, o PCI Express não é considerado um barramento propriamente dito.

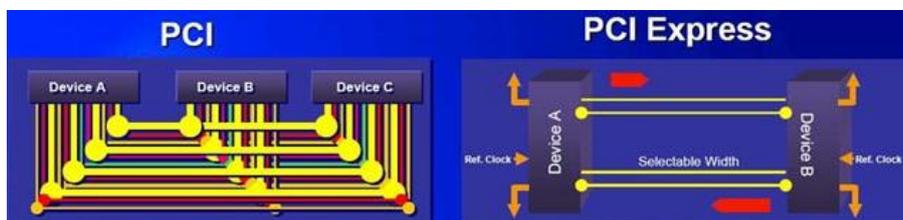


Figura 11 - Diferença entre barramentos PCI e PCI Express

A principal diferença entre os diversos tipos de barramentos está na quantidade de bits que podem ser transmitidos por vez e na frequência de operação utilizada. Os barramentos AGP e PCI Express são considerados os mais rápidos, seguidos pelo barramento PCI original, sendo esses os barramentos mais utilizados em computadores atualmente.