

Arquitetura e Componentes do Processador

Objetivo da Aula

Conhecer os componentes do processador e sua participação no ciclo de instrução.

Apresentação

Olá!

Agora é hora de estudarmos o processador, também conhecido como CPU (*Central Processing Unit*).

Vamos ver quais são seus componentes, como eles trabalham e como se comunicam entre si.

O processador executa continuamente as sequências de instruções que compõem os programas, repetindo o *ciclo de instrução*. Veremos o que é esse ciclo e como cada componente do processador participa dele.

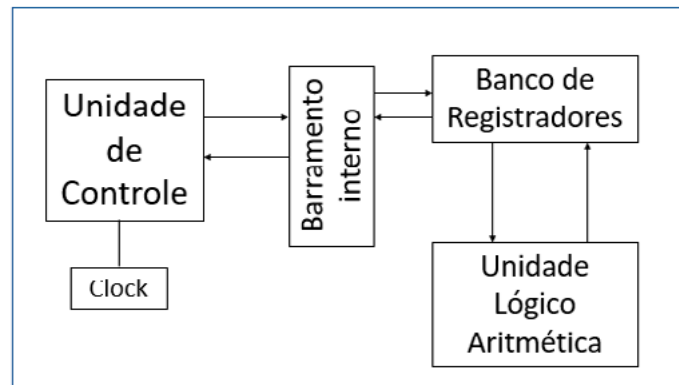
Mãos à obra!

1. Arquitetura e Componentes do Processador

Nas aulas anteriores estudamos o subsistema de armazenamento e sua organização hierárquica. Mas o sistema de memória trabalha em parceria com o processador, armazenando dados, informações e programas que o processador executa.

Vamos, a partir de agora, estudar o processador, seus componentes e seu funcionamento.

O processador, ou CPU, é organizado em três componentes principais: a Unidade de Controle (UC), a Unidade Lógica Aritmética (ALU) e o Banco de Registradores.

Figura 1: Estrutura de um Processador

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 1 vemos a estrutura de um processador. Os componentes que ali aparecem são:

- **Unidade de controle;**
- **Clock;**
- **Banco de registradores;**
- **Unidade Lógico Aritmética;**
- **Barramento interno.**

O processador trabalha executando programas ininterruptamente, desde o momento em que ligamos o computador até o momento em que o desligamos. E os programas são compostos por sequências de instruções, que dizem o que fazer passo a passo para concluirmos uma tarefa.

Assim, podemos dizer que o processador repete continuamente o *ciclo de instrução*, que é composto de 5 passos:

1) Buscar instrução – neste passo, o processador vai à memória buscar a instrução que está no endereço apontado por um dos registradores;

2) Decodificar a instrução – significa interpretar o código de operação (opcode), que consta em parte dos bits da instrução, e verificar qual instrução lógica ou aritmética deverá ser executada;

3) Buscar os operandos – toda instrução trabalha com um ou mais operandos, que são os dados que serão manipulados por ela. Por exemplo, se for uma soma, os operandos serão os números a serem somados.

4) Executar a instrução – neste passo, a operação verificada no passo 2 é efetivamente executada com os operandos buscados no passo 3;

5) Escrever resultado – aqui o resultado obtido no passo 4 é colocado em um dos registradores.

Como se trata de um ciclo, podemos concluir que, ao chegar no último passo, o processador volta ao primeiro passo, buscando a próxima instrução a ser executada.

Vamos agora ver as funções dos componentes do processador, analisando sua participação no ciclo de instrução.

1.1. Barramento Interno

Um barramento tem a função de transmitir bits entre um componente e outro. Temos barramentos também na placa mãe, que conectam os diversos componentes do computador. No caso do barramento interno, ele é o responsável pela transmissão dos bits entre a Unidade de Controle, o Banco de Registradores e a Unidade Lógica Aritmética.

A principal característica de um barramento é sua *taxa de transmissão*. Ela representa a quantidade de bits que esse barramento consegue transportar por segundo e sua medida é o *bps* (bits por segundo).

Essa taxa de transmissão depende de dois fatores: a largura e a frequência do barramento e a taxa de transmissão é o resultado do produto entre esses fatores.

Como exemplo, suponha um barramento hipotético com largura de 4 bits e uma frequência de 10 Hz ($4 \times 10 = 40$ bps). Um outro exemplo não hipotético e com uma frequência alta é um processador Pentium com o barramento de 64 bits trabalhando a 66 MHz. O cálculo será:

1º – Transformar os bits em bytes: 64 bits = 8 bytes (1 byte é igual a 8 bits. $8 \times 8 = 64$ bits ou $64 \text{ bits} / 8 \text{ bits} = 8 \text{ bytes}$).

2º – Calcular a taxa:

$$\text{Taxa} = 8 \times 66 \text{ MHz}$$

$$\text{Taxa} = 528 \text{ MB/s}$$

1.2. Clock

O clock é um circuito ligado à Unidade de Controle e tem como função emitir pulsos que determinam o ritmo em que as coisas acontecem no processador.

Para termos uma ideia da velocidade dos processadores, um processador com clock de 2 GHz (dois giga-hertz) emite dois bilhões de ciclos por segundo. Consegue imaginar essa frequência.

É importante considerar que o aumento da frequência do clock provoca o aumento da produção de calor. Assim, é necessário um sistema de dissipação desse calor para evitar o superaquecimento do processador.

Por isso, embora muitas pessoas utilizem o recurso do *overclocking*, isso não é recomendado pelos fabricantes, pois reduz o tempo de vida útil do processador.

1.3. Unidade de Controle

Como o nome já diz, a unidade de controle comanda todas as operações realizadas pelo processador. Dela partem as “ordens” que ativam os diversos componentes, sendo ela a responsável por ativar os passos do ciclo de instrução que vimos anteriormente.

1.4. Unidade Lógico Aritmética (ULA)

Essa unidade contém os circuitos que executam o passo quatro do ciclo de instrução. São circuitos formados pelas portas lógicas que estudamos e, como exemplo, podemos citar o somador. Após a decodificação da instrução e busca dos operandos, a Unidade de Controle ativa o respectivo circuito da Unidade Lógico Aritmética para que ele execute a operação identificada.

1.5. Banco de Registradores

O Banco de Registradores, como já vimos quando estudamos o subsistema de memórias, é um meio de armazenamento interno, situado no núcleo do processador. A importância do Banco de Registradores está no fato de que as informações que estão sendo usadas pelo processador em um determinado momento devem estar armazenadas nele.

Os registradores são de dois tipos: registradores de propósito geral e registradores de propósito específico.

Os primeiros armazenam dados em geral utilizados pelas instruções a cada ciclo.

Já os registradores de propósito específico têm funções bem definidas.

Vamos ver agora alguns dos registradores de propósito específico.

- PC (**Program counter**) ou CI (Contador de instruções) – este registrador guarda o endereço da próxima instrução a ser buscada e executada. No primeiro passo do ciclo de instrução, o processador usa esse endereço para buscar a próxima instrução e, assim que isso é feito, o endereço do PC é atualizado para estar sempre apontando para onde está a instrução seguinte;
- IR (**Instruction Register**) ou RI (Registrador de Instruções) – este registrador tem a função de armazenar a instrução que está sendo executada no momento. Isso é importante porque na instrução estão as informações que o processador precisa. Por exemplo, o **opcode** (código de operação) é usado no segundo passo (a decodificação). Além disso, a instrução contém as informações de onde serão buscados os operandos;
- REM (Registrador de Endereço de Memória) – neste registrador fica o endereço indicando a posição da memória onde será realizada uma operação;
- RDM (Registrador de Dados de Memória) – neste registrador fica guardado o dado tanto de uma operação de leitura quanto de escrita na memória.

Com a evolução dos processadores esses componentes foram sendo aperfeiçoados, mas todos eles estão presentes desde os primeiros projetos de processadores.

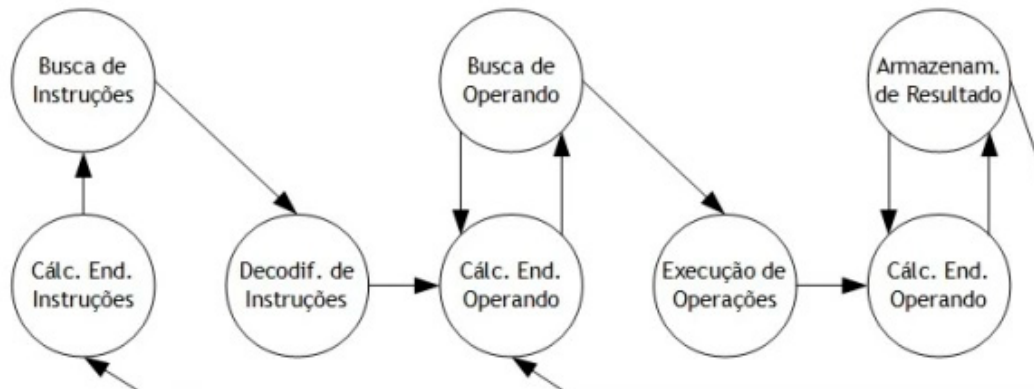
Agora veremos como os dados que o processador precisa para executar as instruções, os operandos, podem ser endereçados. Em outras palavras, veremos como o processador sabe quais os operandos que manipulará em cada instrução.

Os principais modos de endereçamento são os seguintes:

- Endereçamento direto – neste caso o endereço do operando é determinado pela própria instrução;
- Endereçamento indireto – neste caso o endereço é determinado por um registrador;
- Imediato – o operando vem na própria instrução. É o caso das constantes.

Agora que já conhecemos o ciclo de instrução e a participação de cada componente do processador nesse processo, vamos observar a Figura 2.

Figura 2: O ciclo de instrução



Fonte: <https://cadernogeek.wordpress.com/2011/05/07/aoc-pipeline-i/>.

Pela Figura 2 podemos fazer algumas observações que nos ajudarão a entender melhor o ciclo de instrução.

Em primeiro lugar, repare que ao final do ciclo, depois que o resultado é armazenado, o endereço da próxima instrução é calculado e o PC é atualizado. Muitas vezes esse cálculo significa apenas incrementar o endereço atual com o tamanho da palavra de memória (quantidade de células que compõem uma instrução). Outras vezes esse cálculo envolve somar um número indicando que o programa dará um *salto* para uma instrução que não está em um endereço imediatamente seguinte. É o caso do que chamamos *instruções de desvio*, que não abordaremos nesta aula.

Outro fator importante a ser observado é que o endereço dos operandos também pode ser calculado e isso depende do modo de endereçamento usado na instrução e este modo é definido por um ou mais bits codificados dentro de tal instrução.

Para finalizar essa aula, vamos abordar dois aspectos relativos ao processador fundamentais para o funcionamento eficiente do computador.

O primeiro diz respeito à melhoria da performance. Há basicamente duas formas de tornarmos o processador mais eficiente: aumentar o clock ou aproveitar melhor os recursos que ele já tem.

No primeiro caso, o aumento do clock provoca o aumento do consumo de energia e geração de calor. Isso deve ser resolvido através de um sistema eficiente de dissipação de calor. Para isso, são utilizados recursos como *coolers*, que funcionam como ventoinhas jogando o calor para fora do computador ou a pasta térmica.

No segundo caso, vamos estudar na aula que vem uma série de técnicas e tecnologias que vêm sendo adicionadas aos processadores e que melhoraram sensivelmente sua performance.

Arquiteturas superescalares, *pipelining*, predição de desvios, coprocessadores de ponto flutuante, entre outras, serão estudadas quando abordarmos a evolução dos processadores.

Essas tecnologias, de maneiras diferentes, conseguiram melhorar a performance dos processadores sem mexer diretamente com a questão do clock.

Considerações Finais

Vimos nesta aula que o processador possui basicamente três componentes principais – a Unidade de Controle, o Banco de Registradores e a Unidade Lógico Aritmética – interconectados pelo barramento interno e que trabalham no ritmo ditado pelo clock.

Importante também lembrar que o processador trabalha executando continuamente o ciclo de instrução, que é uma sequência de cinco passos.

Quanto aos registradores, vimos que alguns deles têm um propósito ou função específica e outros, de propósito geral, são utilizados para guardar os dados das instruções que estão sendo executadas.

É importante que você se certifique de que compreendeu o ciclo de instrução e a participação de cada componente do processador nele.

Materiais Complementares

**Vídeo**

Esta é a cena de um filme clássico de 1959 (Ben Hur). Nela fica ilustrado o papel do clock do processador no personagem que toca o tambor. Quanto mais rápido ele toca, mais rápido os remadores têm que trabalhar: <https://www.youtube.com/watch?v=gE5viQ1-7cY>.

**Vídeo**

Aqui você pode saber um pouco mais sobre o **overclocking** e a conveniência de sua utilização: https://www.youtube.com/watch?v=_JEWsRu6ins.

Referências

STALLINGS, William. *Arquitetura e Organização de Computadores: projeto para o desempenho*. 8ª edição. Editora Pearson. Livro. (642 p.). ISBN 9788576055648.

TANENBAUM, Andrew S. *Sistemas Operacionais Modernos*. 3ª edição. Editora Pearson. Livro. (674 p.). ISBN 9788576052371.

TANENBAUM, Andrew S. *Organização estruturada de computadores*. 6ª edição. Editora Pearson. Livro. (628 p.). ISBN 9788581435398.