



ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES

Aline Zanin

Estrutura e funcionamento da CPU

Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Descrever a estrutura de uma CPU.
- Definir a organização do processador.
- Identificar as características e os recursos da CPU.

Introdução

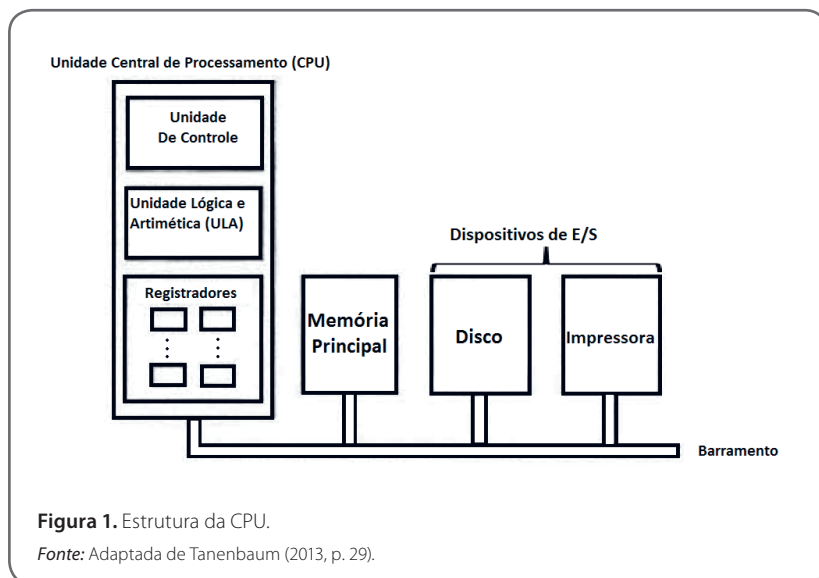
A CPU (*central processing unit*) é a unidade central de processamento do computador, também conhecida como processador. Como o próprio nome diz, a CPU é responsável por todos os processamentos que o computador faz. Nenhum computador opera sem CPU; ela é o cérebro do computador. Em síntese, a função principal da CPU pode ser descrita como executar programadas armazenados na memória, buscando e executando instruções.

A CPU é composta por partes distintas, sendo elas: unidade de controle, unidade lógica e aritmética, registradores e barramento. Cada uma dessas partes tem uma função específica. Além disso, a CPU também contém acoplada a ela uma memória de alta velocidade, utilizada para armazenar resultados e para fornecer certo controle de informações. Neste capítulo, você vai estudar sobre o funcionamento de uma CPU, verificando sua estrutura, sua organização, suas características e seus recursos.

Estrutura da CPU

O processador do computador é uma parte extremamente importante. Ele é dividido em diversas partes que, juntas, possibilitam seu funcionamento. Essas partes são: unidade de controle, unidade lógica e aritmética, registradores e

barramento. Imagine essas quatro partes do processador como colaboradores de uma empresa que trabalham em conjunto, cada um com uma função específica, para que a empresa possa operar e atender aos seus objetivos, conforme Tanenbaum (2013). A Figura 1 ilustra uma CPU com seus componentes, os quais serão descritos nas próximas seções.



Unidade lógica e aritmética (ULA)

A ULA é composta por dispositivos lógicos digitais simples, que trabalham com dígitos binários. A ULA, em sua função principal de executar cálculos lógicos e matemáticos, recebe dados vindos dos registradores, manipula e retorna resultados, também via registradores. Ela é um dispositivo que realiza operações lógicas e aritméticas sobre números representados em circuitos lógicos.

Os exemplos típicos de funções aritméticas são adição e subtração, e os exemplos típicos de operações lógicas são as operações *AND* (E), *OR* (OU), *NOT* (NÃO) e de deslocamento (*shift*). Tipicamente, uma ULA recebe dois operandos como entrada, e uma entrada auxiliar de controle permite especificar

qual operação deverá ser realizada. Por esse motivo, a construção de uma ULA se baseia em dois fundamentos principais: o controle de fluxo de dados e a construção de circuitos que implementam operações, conforme Nóbrega Filho ([2019]).



Link

No *link* ou código a seguir você encontra mais informações sobre a unidade lógica e aritmética

<https://goo.gl/Xfc9Kx>



Para garantir a eficiência da realização do processamento de operações lógicas e aritméticas, algumas técnicas podem ser utilizadas para o controle do fluxo de dados, sendo as principais: multiplexação e demultiplexação. A multiplexação acontece quando várias entradas compartilham uma mesma saída, e a demultiplexação acontece quando uma entrada tem uma saída própria, não compartilhada, conforme apontam Tavares e Couvre (2015).

Uma das formas de implementar multiplexadores e demultiplexadores é utilizando a lógica de três estados (*tristate*). Um componente *tristate* tem uma entrada adicional de controle; nessa entrada, não existe fluxo de dados, e ela pode ser utilizada para desabilitar um componente. Nesse caso, a saída do componente assume um estado de alta impedância (alta da capacidade de resposta de um circuito elétrico percorrido por uma corrente alternada) e passa a se comportar como se tivesse sido desconectada do circuito, conforme explicam Tavares e Couvre (2015).

Os circuitos que implementam operações são os circuitos combinatórios responsáveis pela execução de operações, sendo os principais: somador, subtrator, *and* e *or*. Os circuitos somador e subtrator são responsáveis por operações matemáticas por meio de números binários. Eles fazem não apenas soma e subtração, como sugere seu nome, mas também divisão e multiplicação. Os circuitos *and* e *or*, por sua vez, são responsáveis por operações lógicas.

Unidade de controle (UC)

A UC é responsável por acessar, decodificar e executar as instruções de um programa armazenado na memória. A UC recebe instruções pelo barramento de instruções; essas instruções vêm da memória, de acordo com o endereço enviado pela UC para a memória, por meio do barramento de endereço das instruções. Um barramento é um meio de transmissão de sinais, sendo os três barramentos padrões usados para conectar um microprocessador a outros dispositivos: barramento de dados (*data bus*), barramento de endereço (*address bus*) e barramento de controle (*control bus*), conforme aponta Brito (2014).

A UC funciona como um organizador de todo o sistema; ela sequencia as operações, gerenciando o fluxo de instruções de um programa e de dados dentro e fora da ULA. A UC está geralmente conectada à ULA, sendo que essa combinação (UC e ULA) é conhecida como unidade central de processamento (UCP, ou CPU). Portanto, um microprocessador é basicamente uma CPU em um *chip*, conforme sugere Nóbrega Filho ([2019]).

Uma das melhores analogias existentes entre a ULA e a UC é a analogia da calculadora. Enquanto a ULA é como uma calculadora simples, que executa um pequeno número de operações, a UC é como o operador da calculadora, que sabe onde buscar informações para alimentar a calculadora e também em que ordem essas informações devem ser repassadas, conforme Caetano (2012).

Ainda segundo Caetano (2012), algumas responsabilidades da UC são:

- controlar a execução de instruções, na ordem correta — a ULA apenas executa as instruções, mas quem busca e ordena é a UC;
- leitura da memória principal — a ULA não pode acessar diretamente a memória principal da máquina, sendo assim, a UC busca as instruções na memória e também verifica se a instrução exige dados que ainda estão na memória; se a resposta for positiva, então a UC deve recuperar os dados, colocá-los em registradores especiais e solicitar que a ULA execute a operação sobre esses valores;
- escrita na memória principal — a ULA não pode escrever na memória principal, então, novamente, ela recorre à ajuda da UC; a ULA efetua as operações e, quando for necessário armazenar, ela envia para a UC armazenar;
- controlar os ciclos de interrupção — em alguns momentos, a CPU pode precisar interromper uma instrução em andamento e ir trabalhar em outra instrução; esse controle de interrupção é realizado pela UC, sendo que a CPU identifica que deve parar por meio de sinais de interrupção.

Registradores

Os registradores são estruturas utilizadas para armazenar dados de diversos tipos, por exemplo: endereço, contadores de programa e dados necessários para a execução de um programa. Todos os dados armazenados nos registradores são armazenados em formato binário. Os registradores estão localizados dentro do processador, e, por isso, o acesso a eles é bastante rápido. A capacidade de armazenamento dos registradores é bastante reduzida quando comparados aos outros tipos de memória — tamanhos comuns de registradores são 16, 32 e 64 *bits*, conforme Null e Lobur (2009).

As informações podem ser escritas nos registradores, lidas de registradores e transferidas entre registradores. Os registradores não são endereçados da mesma forma que a memória, isto é, palavra por palavra; eles são endereçados e manipulados diretamente pela UC, ainda conforme Null e Lobur (2009).

São exemplos de tipos de registradores especializados, ou seja, dedicados a uma função específica, conforme Null e Lobur (2009).

- registradores para armazenar informações;
- registradores para deslocar valores;
- registradores para comparar valores;
- registradores que contam.

Barramento

Os barramentos são tipos de estradas que permitem a comunicação interna dos componentes da CPU e a comunicação da CPU com os demais componentes do computador. Existem três tipos de barramentos — cada tipo de barramento exerce uma função distinta. Em resumo, os barramentos conectam o processador, a memória e os outros componentes que são conectados ao computador, por exemplo, um *pen drive*. Os tipos de barramentos são os seguintes, conforme apontam Null e Lobur (2009):

- Barramento de dados: contém a informação real que deve ser movida de uma posição para outra.
- Barramento de endereço: indica a posição de memória em que o dado deve ser lido ou escrito.
- Barramento de controle: transfere autorização para requisição de barramentos, interrupções e sinais de sincronização de relógios.

- Barramento de entrada e saída (E/S): admite diversos tipos de dispositivos com largura de banda variada. É utilizado, por exemplo, com periféricos no computador.
- Barramento processador-memória: são barramentos curtos e de alta velocidade, associados a um sistema de memória da máquina.

Além disso, o barramento pode ser ponto a ponto ou caminho comum. Um barramento ponto a ponto conecta dois componentes específicos, e um barramento caminho comum conecta diversos dispositivos — esse barramento também é chamado de multiponto.

Segundo Null e Lobur (2009), computadores pessoais têm terminologias próprias para barramento, sendo elas:

- Barramento do sistema: conecta o processador, a memória e todos os componentes internos.
- Barramento de expansão: conecta os dispositivos externos ao computador.
- Barramentos locais: conectam um dispositivo periférico direto ao processador.

Organização do processador

A organização interna de uma CPU é composta por registradores (normalmente de 1 a 32), pela ULA, pelos diversos barramentos que conectam as peças e pela UC. O fluxo de trabalho do processador é o mesmo para todas as instruções que for processar, ou seja:

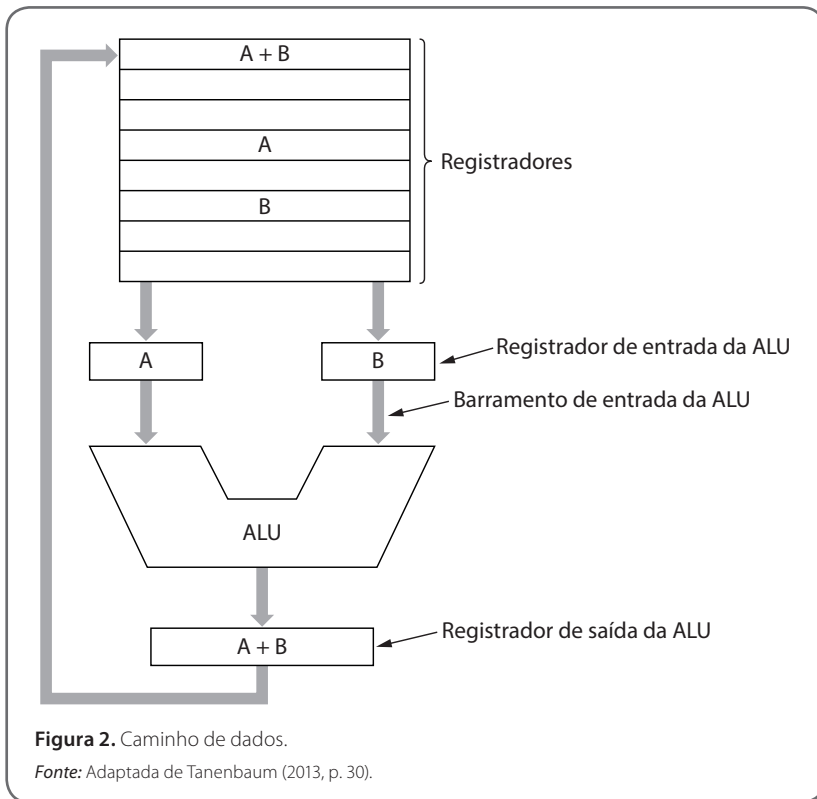
1. os registradores armazenam valores de entrada que serão enviados para a ULA;
2. a ULA recebe e processa esses valores e, então, produz um resultado que é armazenado no registrador de saída;
3. esse resultado pode ser armazenado (salvo) em memória ou não — depende de qual a finalidade desse cálculo.

Esse fluxo todo é executado para efetuar o processamento de uma instrução.

As instruções podem ser divididas em duas categorias: registrador-memória ou registrador-registrador. As instruções da categoria registrador-memória têm como característica principal permitir que os registradores acessem a memória para armazenamento de dados. As instruções do tipo registrador-registrador

buscam os dois operandos nos registradores, levam esses operandos até a entrada da ULA, efetuam as operações e armazenam o resultado em um dos registradores.

Na Figura 2 podemos ver o fluxo de funcionamento de uma instrução do tipo registrador-registrador. Nela, podemos ver os registradores, que contêm os valores A e B; depois, vemos esses valores sendo levados para a ULA por meio do barramento de entrada da ULA; por fim, temos o registrador de saída, contendo $A + B$. Esse fluxo é chamado caminho de dados.



A CPU executa cada instrução em uma série de pequenas etapas, sendo elas:

1. Trazer a próxima instrução da memória até o registrador.
2. Alterar o contador de programa para iniciar a próxima instrução.
3. Determinar o tipo de instrução trazida.

4. Se a instrução usar uma palavra na memória, determinar onde essa palavra está.
5. Trazer a palavra para dentro de um registrador da CPU.
6. Executar a instrução.
7. Voltar à etapa 1.

A execução desse fluxo pode ser feita via *software* interpretador ou via *hardware*. Realizando esse ciclo de execução via *software*, a demanda por máquina é menor, podendo ser utilizada uma máquina mais simples para a execução desses passos. Segundo Cugnasca ([2014?]):

- as máquinas modernas executam os programas de nível de máquina convencional por meio de um interpretador em execução no *hardware* — um microprograma;
- os microprogramas é que determinam o conjunto de instruções de máquina convencional;
- essa técnica é conhecida por microprogramação, e as máquinas são chamadas máquinas microprogramadas.

Dentro da organização de processadores, busca-se sempre realizar a otimização para que a máquina faça o máximo de trabalho possível, em menor tempo e com menor custo. Visando a atender essa questão, com a evolução tecnológica, foram criadas diferentes máquinas, todas com capacidade de operar de forma paralela. Conforme Cugnasca ([2014?]) e Flynn (1972), os tipos de máquina existentes atualmente, denominados máquinas paralelas, são os seguintes:

1. SISD — *Single Instruction, Single Data*: fluxo único de instruções e de dados.
2. SIMD — *Single Instruction, Multiple Data*: fluxo único de instruções e múltiplo de dados.
3. MIMD — *Multiple Instruction, Multiple Data*: fluxo múltiplo de instruções e de dados.

Características e recursos da CPU

O processador é o componente mais importante do computador, sem dúvidas. Isso porque é ele que processa todas as informações. Contudo, ele não é o

único responsável pelo desempenho do computador. Inclusive, existem contextos em que o processador se torna menos importante do que, por exemplo, a quantidade de memória RAM ou o desempenho da placa de vídeo.

Ao pensar em um computador, é necessário entender que ele nada mais é do que um conjunto de componentes que, interligados, constroem todas as funções do computador. Podemos dizer que o computador é tão eficiente quanto o seu componente menos eficiente. Mas, dado que o processador é o centro do computador, conhecido como o cérebro do computador, vamos dar ênfase a ele.

Características básicas dos processadores modernos

Existem no mercado diversos tipos de processadores, e cada um deles possui uma característica peculiar. É de extrema importância que, ao adquirir um computador, sejam analisados os componentes que fazem parte dele, para extrair um melhor custo-benefício. Vejamos esses componentes em detalhes a seguir.

- **Frequência de operação:** diz respeito a quantos milhões de ciclos o processador pode executar por minuto; também conhecida como *clock*, é medida em megahertz (MHz). Embora seja um valor importante, nem sempre se pode entender que o computador com maior frequência de operação é mais eficiente, porque frequência de operação diz respeito a quantos ciclos o computador consegue executar, e não à capacidade de processamento de instruções por ciclo.
- **Coprocessador aritmético:** é um componente que auxilia o processador no cálculo de funções matemáticas mais complexas, como seno, cosseno e tangente. Além disso, o coprocessador auxilia no processamento de imagens, planilhas e jogos com gráficos tridimensionais.
- **Memória cache:** a memória cache surgiu porque os processadores evoluíram bastante, mas, devido à necessidade de acesso constante à memória, ainda existia deficiência de performance — as memórias não eram capazes de acompanhar o processador. Para solucionar esse problema, foi criada a memória cache, que é uma memória que fica junto ao processador e armazena os dados mais frequentemente usados pelo processador, evitando que se tenha que acessar frequentemente a memória RAM.
- **Computadores RISC e computadores CISC:** RISC é a sigla para *reduced instruction set computer*, ou computador com conjunto de instruções reduzido, e CISC vem de *complex instruction set computer*, ou computador com conjunto de instruções complexo. Um computador

RISC é criado para o processamento de instruções mais simples, com uma unidade de controle simples, barata e rápida. Os computadores CISC trabalham com arquiteturas complexas, que facilitam a criação de compiladores e programas; eles precisam acessar menos a memória para buscar instruções e são mais rápidos.

O Quadro 1 apresenta um comparativo entre computadores RISC e CISC quanto às suas características principais.

Características	RISC	CISC
Arquitetura	Registrador-registrador	Registrador-memória
Tipos de dados	Pouca variedade	Muita variedade
Formato das instruções	Instruções com poucos endereços	Instruções com muitos endereços
Modo de endereçamento	Pouca variedade	Muita variedade
Estágios de <i>pipeline</i>	Entre 4 e 10	Entre 20 e 30
Acesso aos dados	Via registradores	Via memória



Saiba mais

Processadores RISC geralmente resultam em projetos menores, mais baratos e que consomem menos energia. Isso os torna muito interessantes para dispositivos móveis e computadores portáteis mais simples. Já os processadores CISC trabalham com *clock* muito elevado e são mais caros e mais poderosos no que diz respeito ao desempenho. Entretanto, eles são maiores e consomem mais energia, o que os torna mais indicados para computadores de mesa e *notebooks* mais potentes, além de servidores e computadores profissionais, conforme Brito (2014).



Referências

BRITO, A. V. *Introdução a arquitetura de computadores*. 2014. Disponível em: <<http://producao.virtual.ufpb.br/books/edusantana/introducao-a-arquitetura-de-computadores-livro/livro/livro.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

CAETANO, D. *Arquitetura e organização de computadores*: unidade de processamento: unidade de controle. 2012. Disponível em: <<http://www.caetano.eng.br/aulas/2012b/aoc.php>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

CUGNASCA, P. S. *Introdução aos processadores*: organização de sistemas de computador. [2014?]. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pcs2529/index_arquivos/Cap%C3%ADulo%20%20-%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Sistemas%20de%20Computadores%20-%20PCS2529-2014>. Acesso em: 17 dez. 2018.

FLYNN, M. J. Some computer organizations and their *effectiveness*. *IEEE Transactions on Computers*, v. 21, n. 9, p. 948–960, Sept. 1972.

NÓBREGA FILHO, R. G. *Organização de um computador*. [2019]. Disponível em: <<http://www.di.ufpb.br/raimundo/ArqDI/Arq2.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

NULL, L.; LOBUR, J. *Princípios básicos de arquitetura e organização de computadores*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

TANENBAUM, A. S. *Organização estruturada de computadores*. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

TAVARES, T.; COUVRE, M. *Unidade lógica e aritmética*. 2015. Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~tavares/courses/2015s2/ea773-3.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

Leituras recomendadas

FONSECA, W. *O que é barramento?* 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/hardware/1736-o-que-e-barramento-.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

MURDOCCA, M. J.; HEURING, V. P. *Introdução à arquitetura de computadores*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

STALLINGS, W. *Arquitetura e organização de computadores*: projeto para o desempenho. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

Conteúdo:



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS