



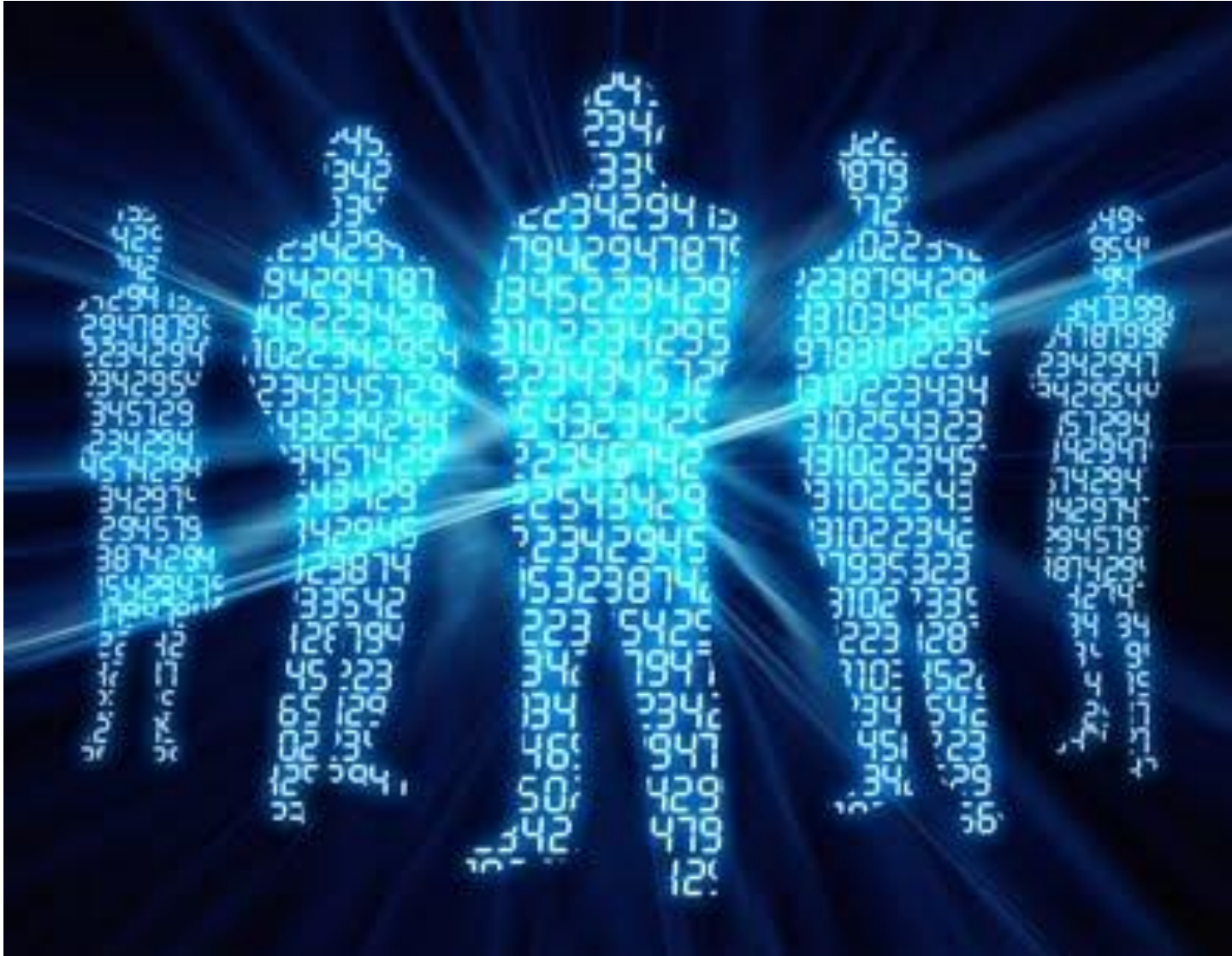
INTRODUÇÃO A SISTEMAS MICROCONTROLADOS E MICROPROCESSADOS

PROF. ME. HÉLIO ESPERIDIÃO



O que é um *dado*?

Dado pode ser definido como a matéria-prima originalmente obtida de uma ou mais fontes (etapa de coleta).

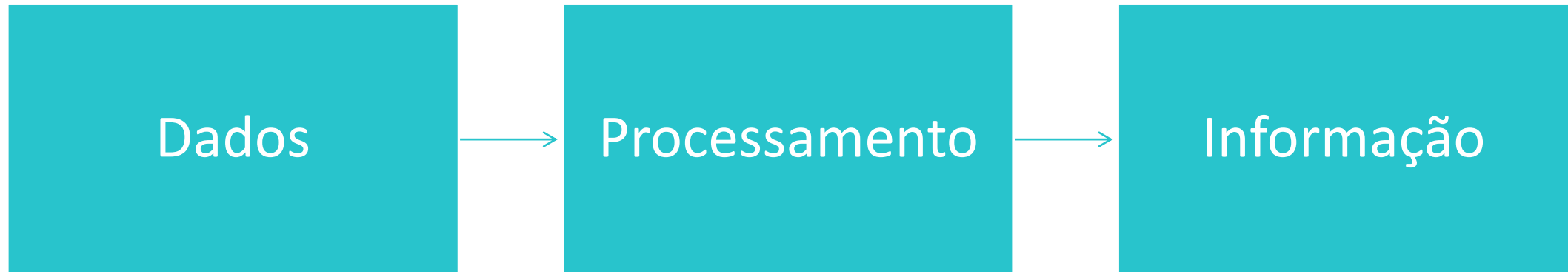


o que é a informação

A Informação é o resultado do processamento.

Isto é, o dado processado ou "acabado".

Obtendo a informação



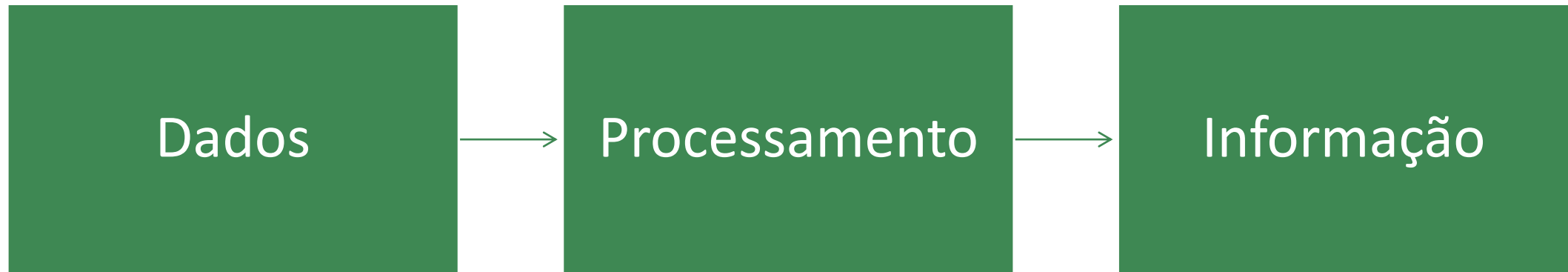
An abstract digital cityscape with glowing blue cubes and binary code (0s and 1s) floating in the air. The scene is set against a dark blue background with some red and green light streaks.

Princípio de Funcionamento

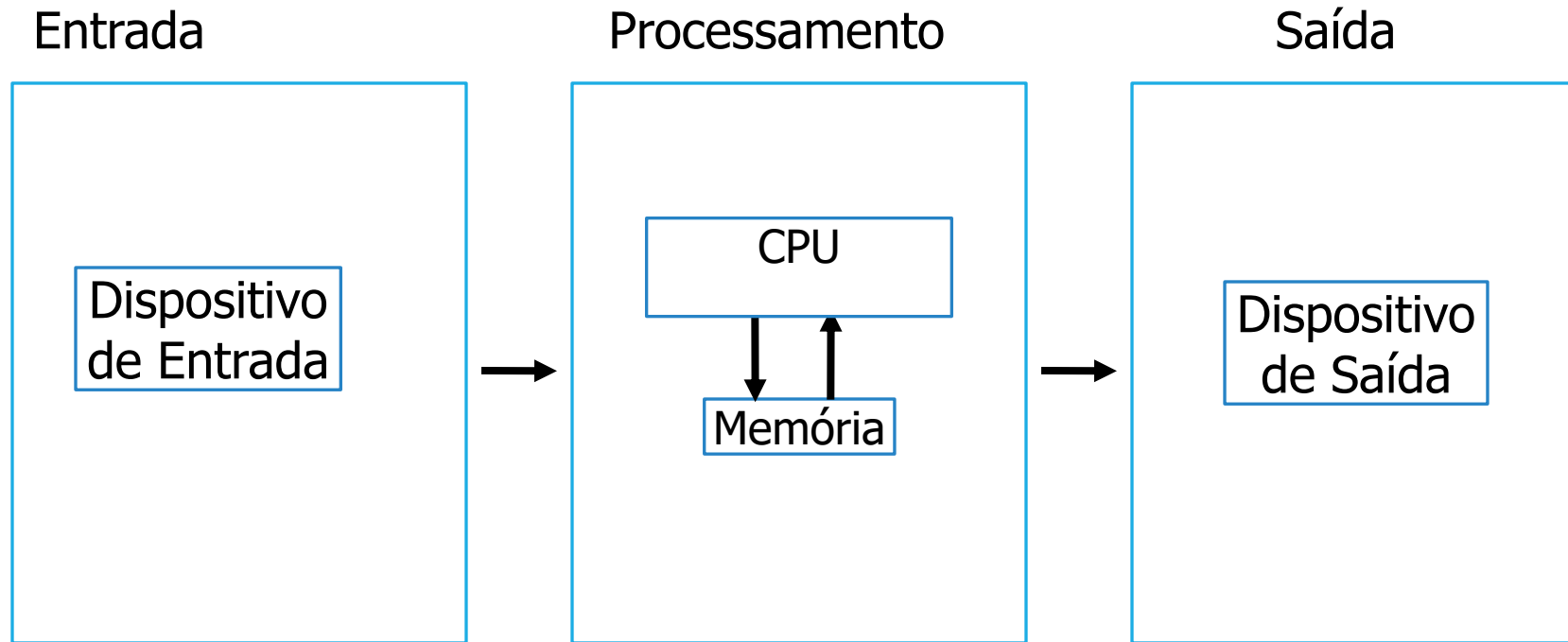
Basicamente sistemas microcontrolados/microprocessados são organizados em três grandes funções ou áreas:

- Entrada de dados.
- Processamento de dados.
- Saída de dados.

Obtendo a informação



Processamento de Dados: O esquema.

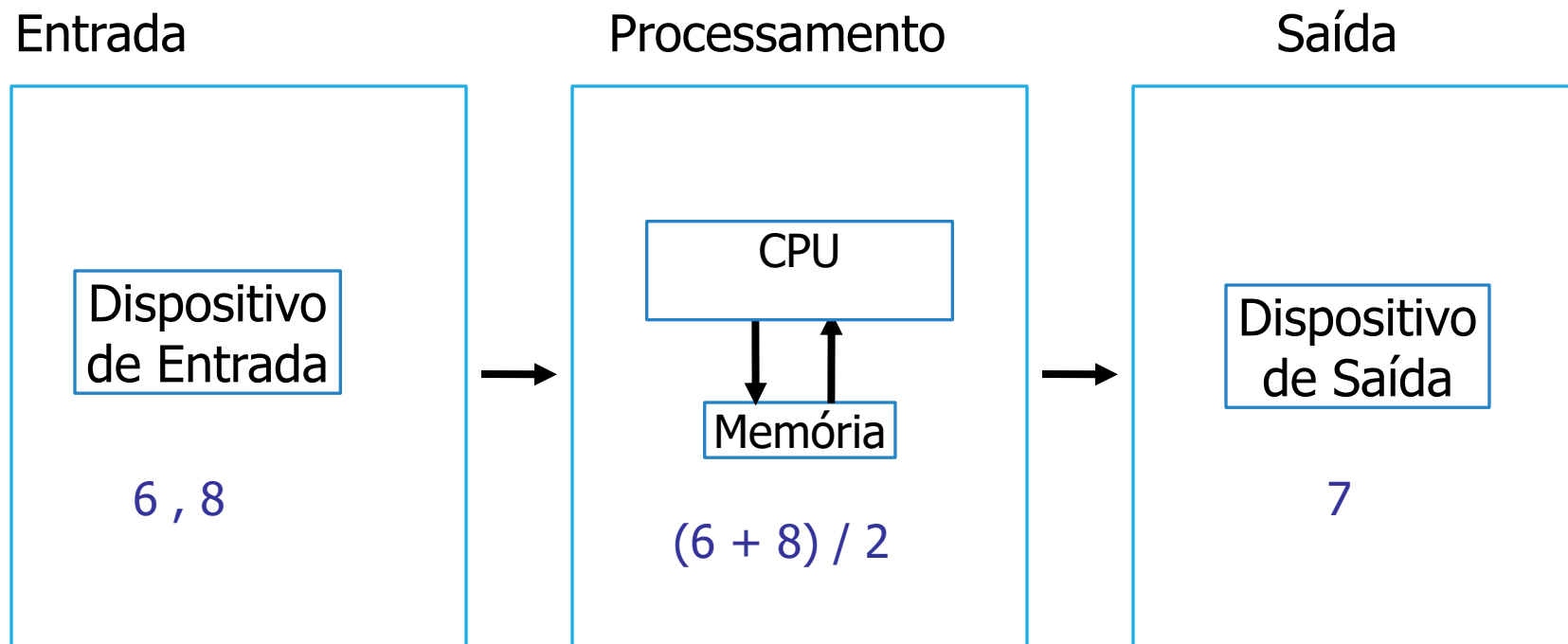


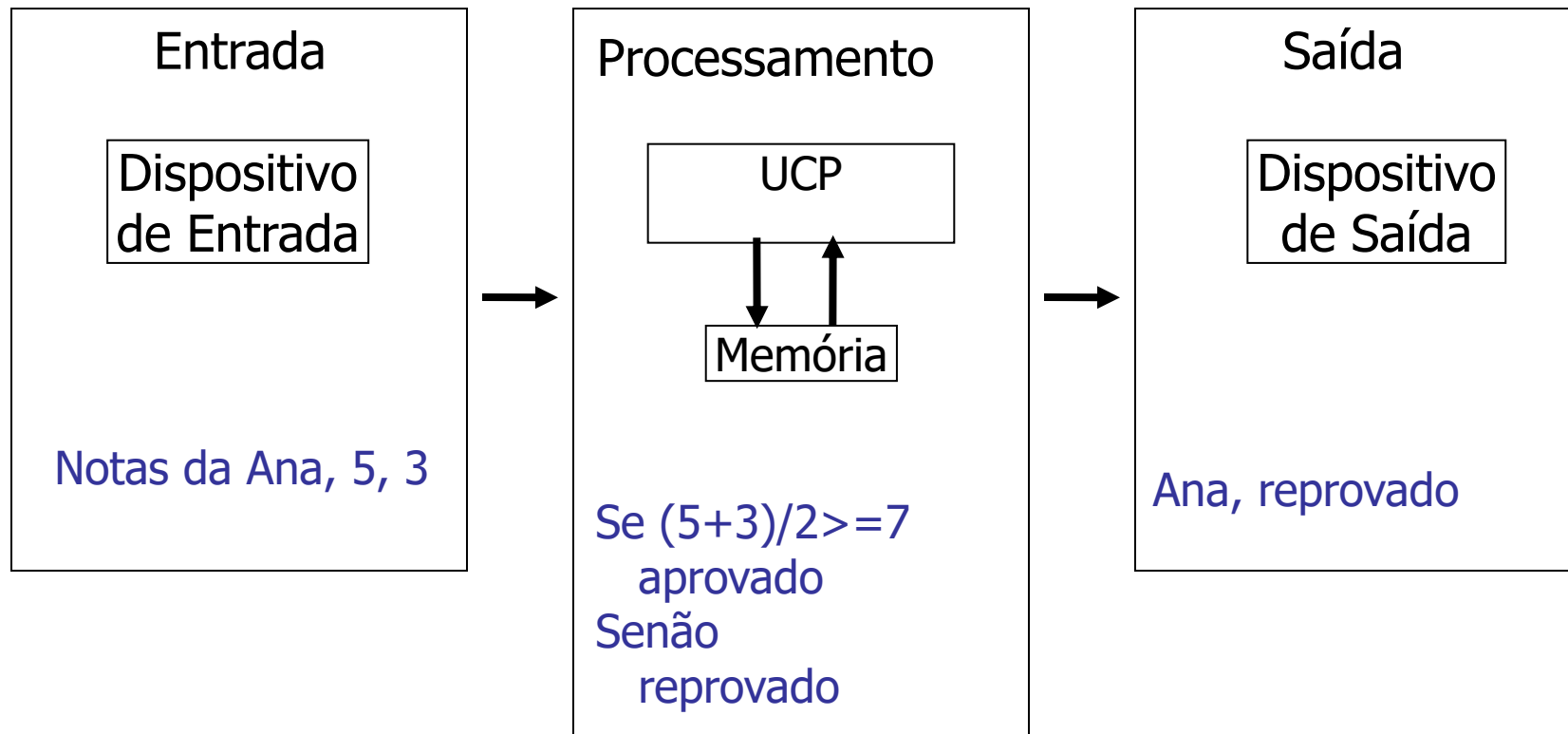
Complicado?



Processamento de Dados

Exemplo 1 – Exibir a média de dois números.





Microprocessador

É um circuito integrado que contém milhares, ou mesmo milhões, de transistores.

Os transistores trabalham juntos para armazenar e manipular dados de modo a que o microprocessador pode executar uma grande variedade de funções úteis.

As funções específicas que um microprocessador executa são ditadas por software

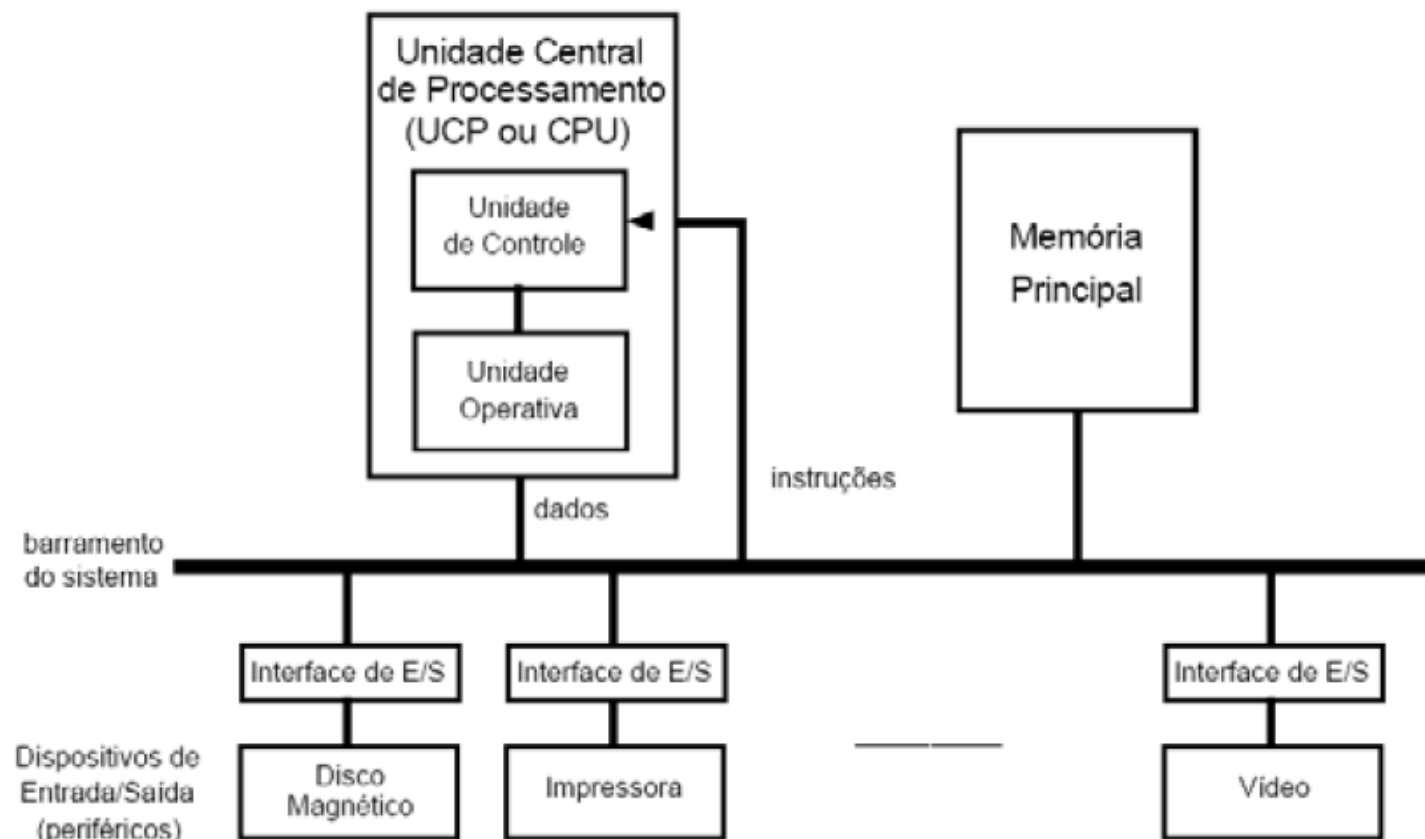
Sistemas microprocessados

Todos os blocos representam peças diferentes.

Cada bloco é construído em pastilhas de silício separadas, ou seja são peças separadas.

A comunicação entre as peças é dada por meio de barramentos.

Barramentos são trilhas em circuitos impressos.



Exemplo de microprocessador.

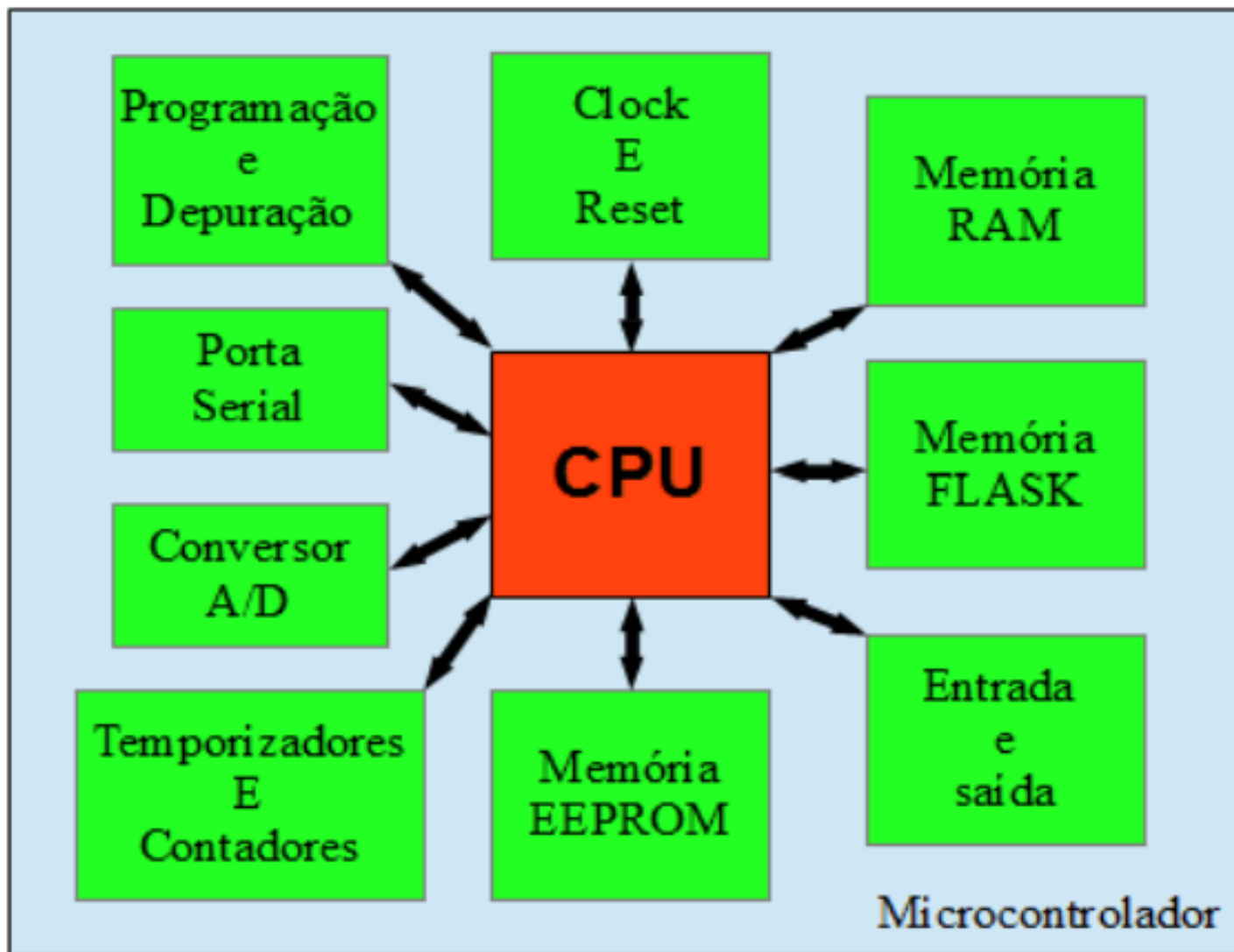




O que são microcontroladores?

Microcontroladores são circuitos integrados que contêm internamente todos os componentes necessários para seu funcionamento, dependendo exclusivamente da fonte de alimentação externa.

Pode-se descrever os microcontroladores como computadores encapsulados em um único chip.



Microcontrolador

O bloco azul inteiro é um microcontrolador

Todos os blocos estão unidos em uma única pastilha de silício.

Sistemas microcontrolados.

Um sistema microcontrolado é constituído por uma unidade central de processamento (CPU) e um conjunto de periféricos essenciais para seu funcionamento.

Entre esses periféricos, podemos destacar a memória de dados, a memória de programa e o circuito de clock.

O que diferencia os microcontroladores dos sistemas tradicionais é a integração desses periféricos diretamente no próprio componente.

A integração é uma das principais vantagens dos microcontroladores, uma vez que ter todos os periféricos no mesmo componente torna sua utilização mais fácil e econômica.

Sistemas microcontrolados requerem menos componentes, simplificando a construção das placas de circuito e reduzindo os custos associados aos componentes e à produção.

Sistemas microcontrolados.

Os microcontroladores são amplamente empregados devido à sua versatilidade, uma vez que seu comportamento depende principalmente do software que é gravado neles.

Dessa forma, um mesmo microcontrolador pode ser utilizado em uma variedade de aplicações, bastando apenas alterar o seu software.

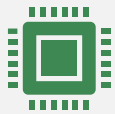
Outra vantagem significativa é a possibilidade de atualização de um produto por meio da atualização do software do microcontrolador, algo que não é viável com circuitos analógicos ou digitais tradicionais.

Microcontrolador

Estas pastilhas contêm todos os circuitos integrados periféricos necessários aos equipamentos normalmente utilizados na área de controle de processos.

Como o nome indica, são microprocessadores destinados a controlar.

Microcontrolador



Microcontrolador é um circuito integrado que contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída.



Os microcontroladores são concebidos para aplicações embarcadas, em contraste com os **microprocessadores** utilizados em computadores pessoais ou outras aplicações de uso geral.

Aplicações de microcontroladores

Os microcontroladores desempenham um papel fundamental em quase todos os dispositivos eletrônicos digitais ao nosso redor.

Eles estão presentes em uma variedade de dispositivos, como centrais de alarme, teclados de computadores, monitores, discos rígidos, relógios de pulso, máquinas de lavar, fornos de micro-ondas, telefones, rádios, televisores, automóveis, aviões, impressoras, marca-passos, calculadoras, entre outros.

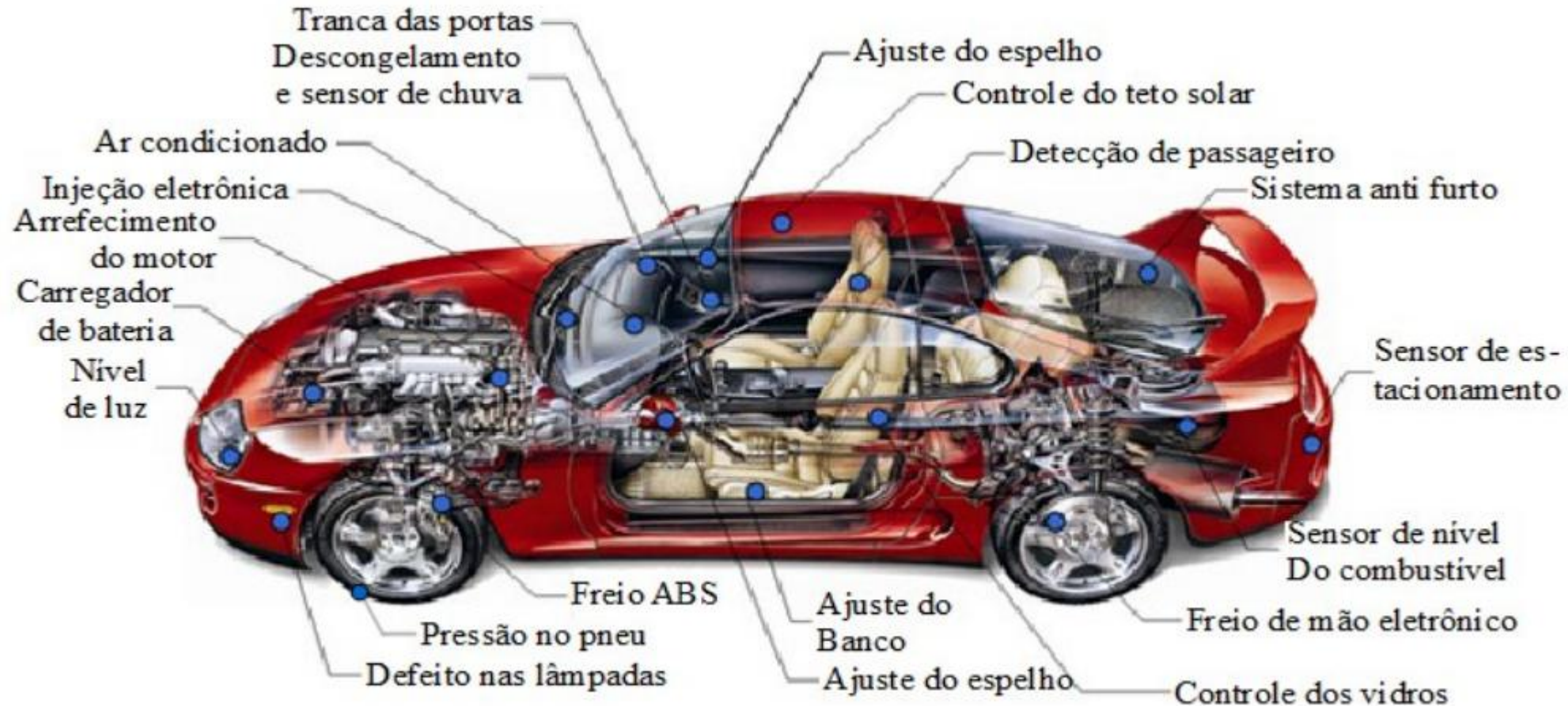
Microcontroladores na indústria.

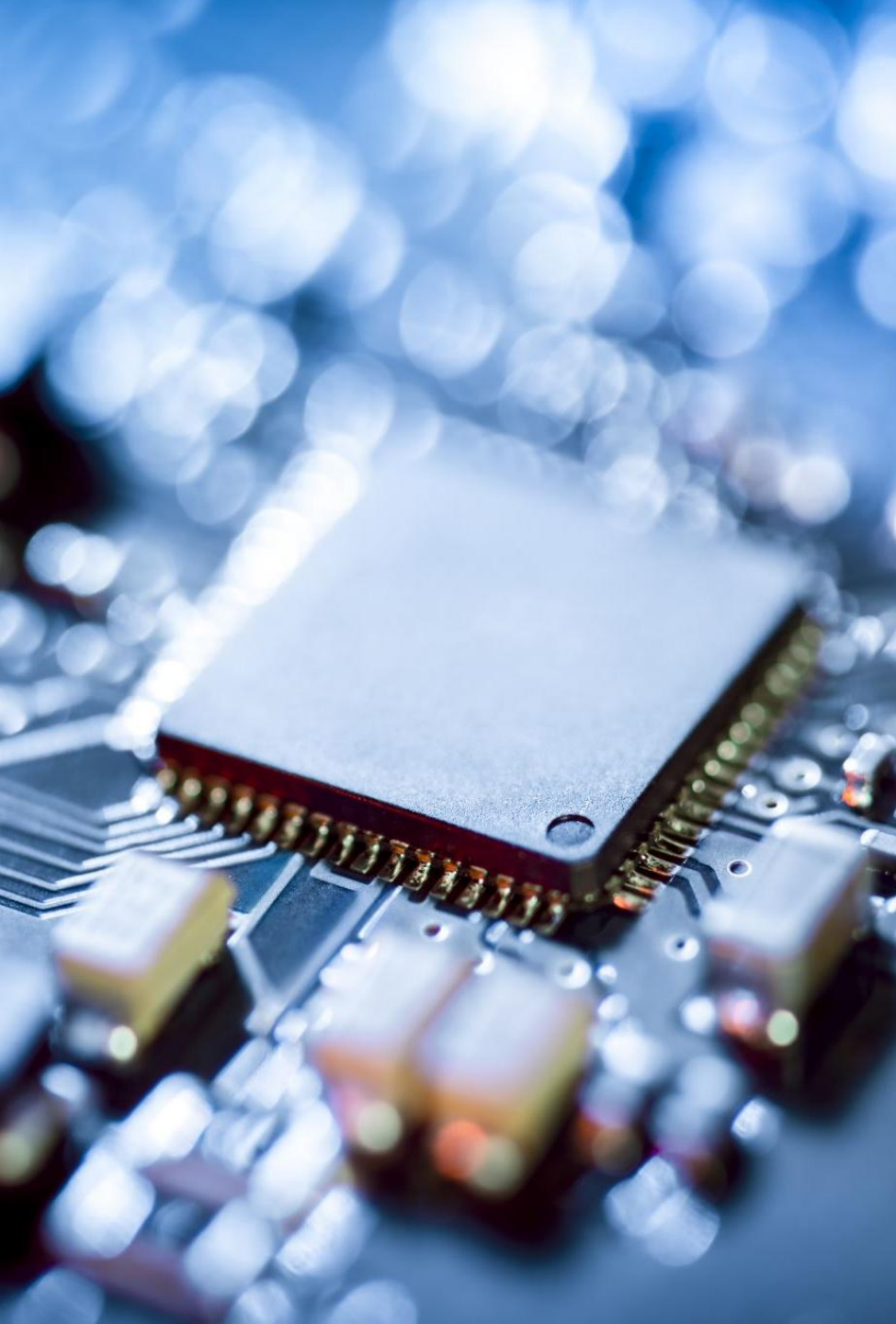
Na indústria, os microcontroladores são amplamente empregados:

- controladores de processos
- sensores inteligentes,
- inversores
- interfaces homem-máquina,
- controladores lógicos programáveis,
- balanças, indicadores digitais,
- diversas outras aplicações.

Aplicações do microcontrolador em um automóvel

Fonte: Prof: Ricardo Kerschbaumer – IF/Santa Catarina





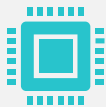
Quando usar um microcontrolador e quando usar um microprocessador?

A escolha entre microcontroladores e microprocessadores depende das necessidades específicas de uma aplicação ou projeto.

Microcontroladores



Integração de Funções: Os microcontroladores geralmente incorporam memória, periféricos e recursos de entrada/saída em um único chip. Eles são projetados para aplicações específicas, onde a integração dessas funções é crucial.

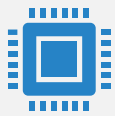


Controle Embarcado: São ideais para sistemas embarcados que exigem controle de dispositivos e execução de tarefas específicas em tempo real, como em automação industrial, eletrodomésticos, automóveis, etc.



Consumo de Energia: Tendem a consumir menos energia, tornando-os adequados para dispositivos alimentados por bateria.

Microprocessadores



Flexibilidade: Os microprocessadores oferecem maior flexibilidade, pois são projetados para lidar com uma variedade de tarefas gerais. Eles são mais adequados para aplicações que exigem processamento de propósito geral.



Computação de Propósito Geral: São usados em sistemas que requerem capacidades de processamento mais complexas, como computadores pessoais, servidores e sistemas embarcados que não possuem restrições estritas de consumo de energia.

Quando usar microcontroladores:



Controle de dispositivos em sistemas embarcados.



Aplicações específicas que exigem baixo consumo de energia.



Projetos com restrições de espaço onde a integração é crucial.



Tarefa específica com baixa necessidade de processamento.

Quando usar microprocessadores:

Tarefas que exigem processamento de propósito geral.

Alta capacidade de processamento.

Muitas tarefas realizadas “ao mesmo tempo”

Sistemas que precisam lidar com uma ampla variedade de aplicativos e tarefas.

Periféricos?

Dispositivo periférico, é um aparelho externo adicional utilizado para transmitir ou receber dados, éconectado à unidade central de processamento (CPU).

Esses periféricos podem ser classificados em três categorias distintas.

- um dispositivo de **entrada** envia dados ou instruções para o computador, como mouse, teclado, scanner
- um dispositivo de **saída** fornece dados de saída do computador, como monitor, projetor, impressora.
- um dispositivo de **entrada/saída** executa simultaneamente as funções de entrada e saída, como um dispositivo de armazenamento de dados do computador.

O que é um sistema computacional?

Todo Sistema Computacional, no qual o Computadores Digitais e os Microcontroladores estão incluídos, é um Sistema Lógico formado por duas partes fundamentais, denominadas de: “Hardware” e “Software”.

Sistema de Computação = hardware + software

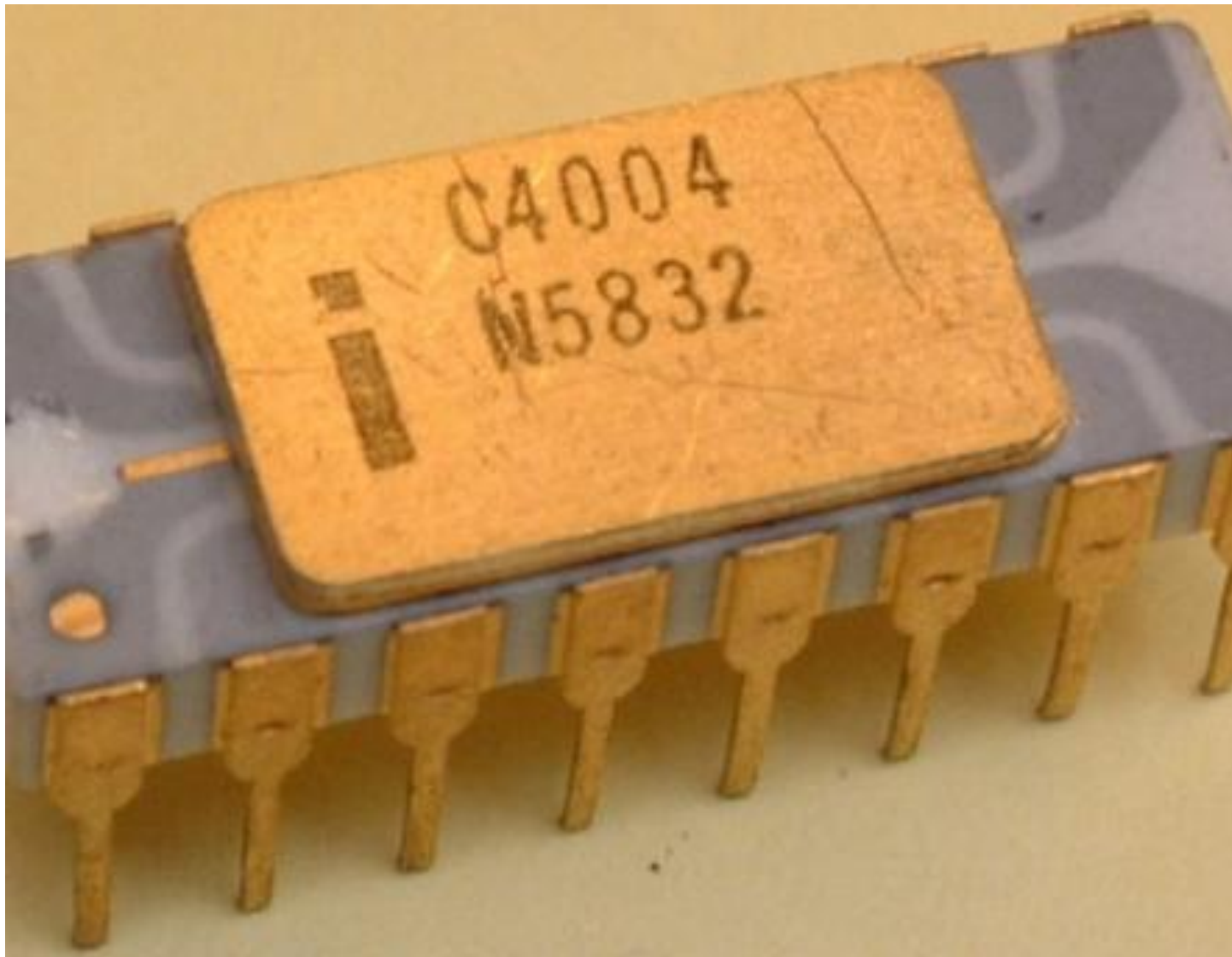
Hardware

Todo o conjunto de componentes físicos de um computador incluindo os periféricos ligados a ele. Por exemplo, o teclado, os monitores, as impressoras entre outros.

Software

São os programas, ou seja, um conjunto ordenado de instruções que são introduzidos no computador/microcontrolador produzir resultados.

Sistema de Computação = hardware + software

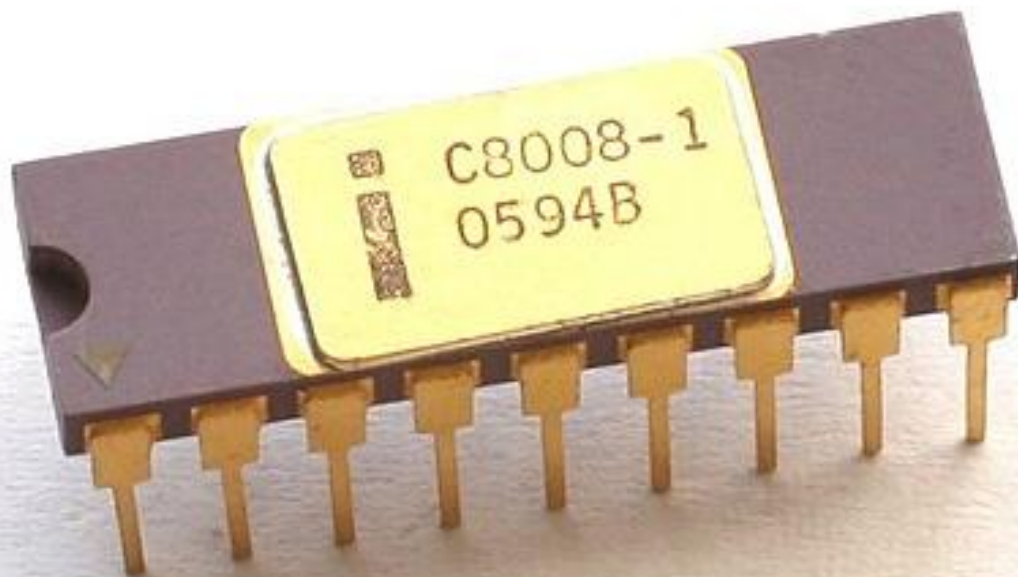


História

O primeiro microprocessador foi o 4-bit **Intel 4004** lançado em 1971.

2300 transistores

Clock : 750 KHz



Intel 8008

lançado em 1972

primeiro microprocessador de 8 bits produzido pela Intel

3,500 Transistores

Clock: 0.5 MHz

Litografia

É o nome dado ao processo de fabricação de chips de silício.

Quanto menor é a litografia, medida em nanômetros (nm), maior é a quantidade de transistores que podem ser colocados em um mesmo espaço físico.

20 μm – 1968

10 μm – 1971 | 6 μm – 1974 | 3 μm – 1977

1.5 μm – 1981 | 1 μm – 1984 | 800 nm – 1987

600 nm – 1990 | 350 nm – 1993 | 250 nm – 1996 | 180 nm – 1999

130 nm – 2001 | 90 nm – 2003 | 65 nm – 2005 | 45 nm – 2007 | 32 nm – 2009

22 nm – 2012 | 14 nm – 2014 | 10 nm – 2016 | 7 nm – 2018 | 5 nm – 2020

3 nm – 2022

Entendo as unidades de medida

1 μm - 1 milionésimo de metro ($1 \mu\text{m} = 0,000001 \text{ m}$) = 10^{-6} . = $1\text{m}/1.000.000$

1 nm – 1 m bilionésimo de metro ($1 \text{ nm} = 0,000000001 \text{ m}$) = 10^{-9} = $1\text{m}/1.000.000.000+$

Como são produzidos processadores: <https://www.youtube.com/watch?v=g8Qav3vIv9s>

This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

50,000,000,000



Year in which the microchip was first introduced

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Núcleos de Processamento

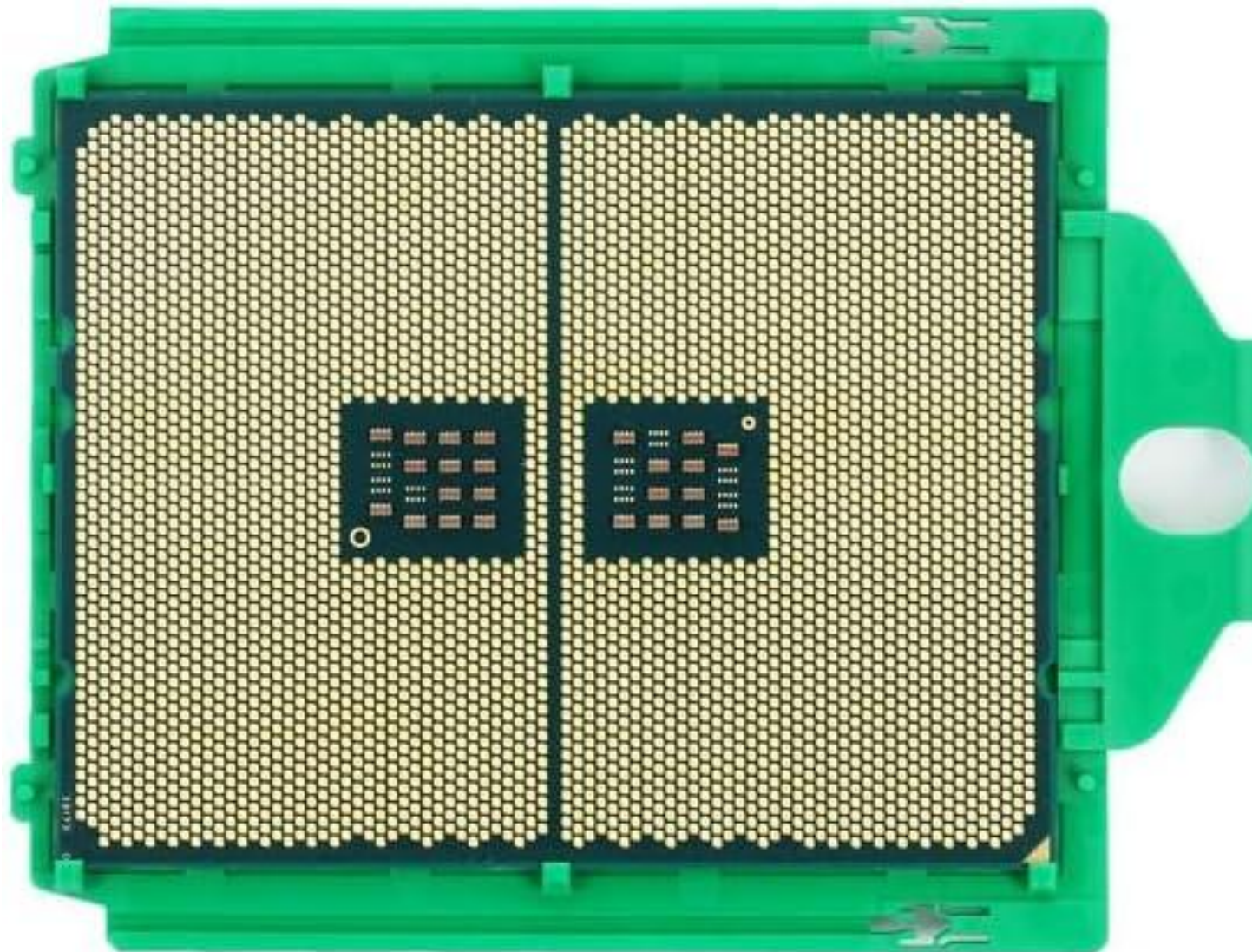
Um microprocessador **multicore** é aquele que possui mais de um núcleo de processamento em um único chip.

Cada núcleo é capaz de executar instruções de forma independente, o que significa que um processador com vários núcleos pode realizar múltiplas tarefas simultaneamente.

Multitarefa e Desempenho:

Ter vários núcleos permite que o processador lide com várias tarefas ao mesmo tempo, melhorando o desempenho geral do sistema.

Isso é especialmente útil em cenários onde há demandas intensivas de processamento, como em computação científica, edição de vídeo, jogos avançados, entre outros.

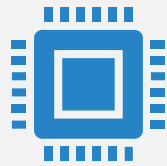


AMD EPYC ROME 48-CORE 7642 3.4GHZ

Evolução

Enquanto Intel **4004** continha 2.300 **transistores / 750Khz**, o AMD Epic Rome tem **50** bilhões deles.

Processador (CPU)



O Processador ou a CPU (Central Processing Unit - Unidade Central de Processamento) é um circuito integrado que realiza cálculos e instruções com números binários.

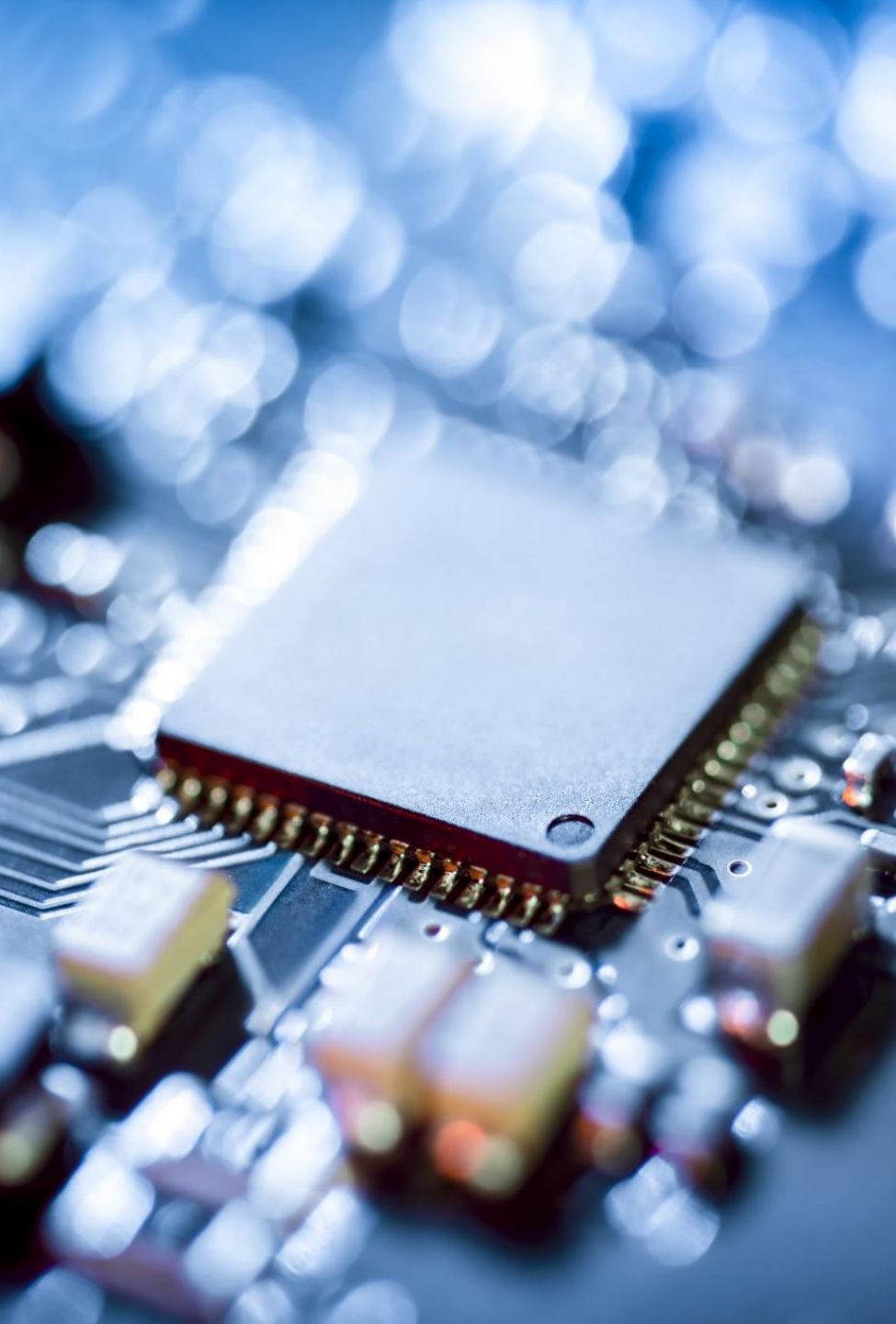


É o responsável por executar as instruções de um programa.

Processador (CPU)

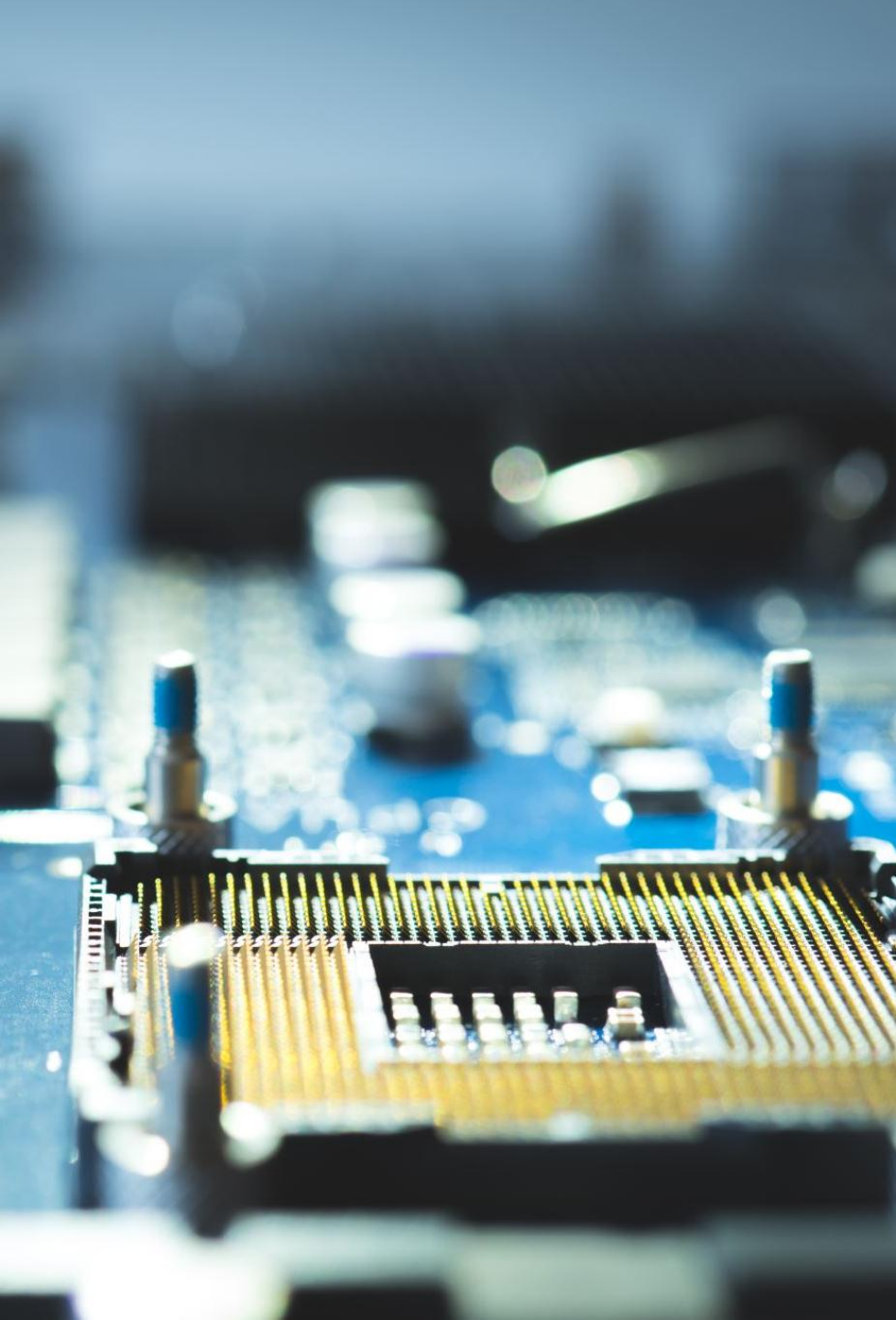
A primeira característica a considerar num Sistema processado é sua unidade central de processamento, que poderá fornecer uma série de indicações sobre o equipamento.

A UCP ou CPU (*Central Processing Unit*), também pode ser chamada de processador ou microprocessador, os quatro termos são equivalentes.



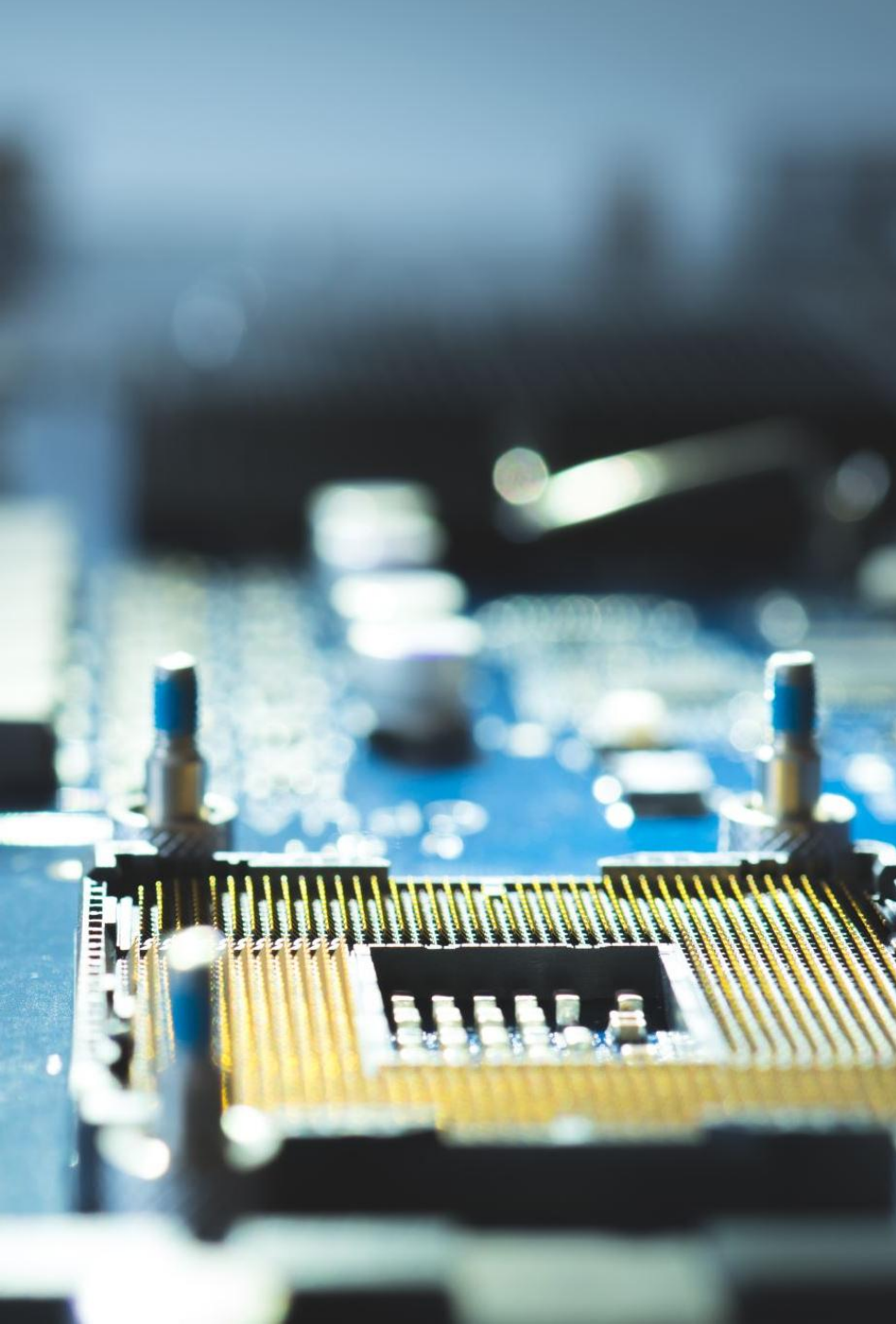
Processador (CPU)

Tudo o que acontece num Sistema processado provém da UCP, que gerência todos os recursos disponíveis no sistema

A close-up photograph of a computer circuit board, likely a motherboard. The focus is on a CPU socket with numerous gold-plated pins. The background is blurred, showing other components and the blue color of the PCB.

Processador (CPU)

- ü Basicamente, a UCP executa cálculos muito simples como somas e comparações entre números, mas com uma característica muito especial: uma velocidade extremamente elevada.



Processadores duo-core

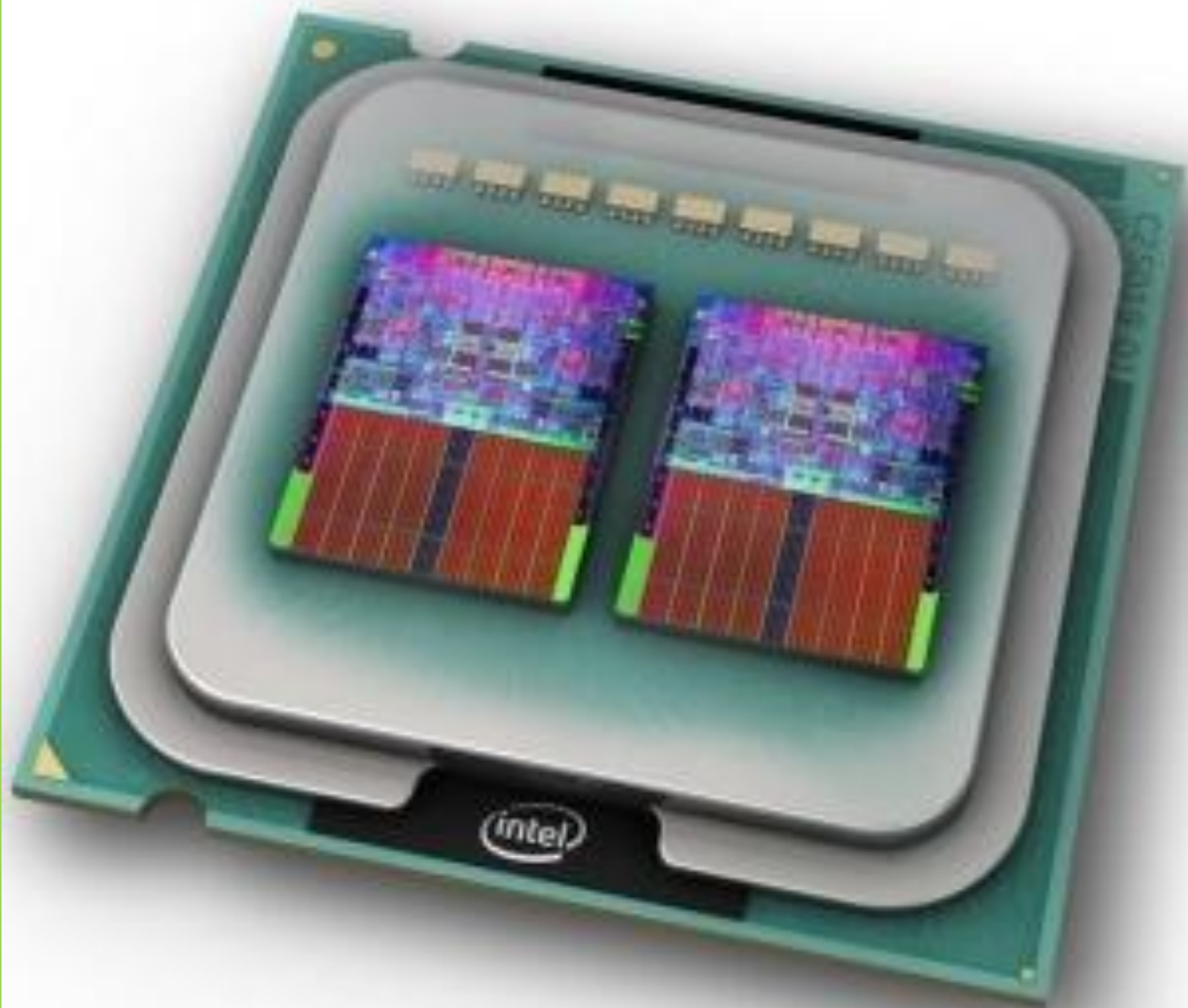
- ü Os processadores multi-core, seguindo a linha de exemplo acima, trabalham como se fosse uma pessoa com dois cérebros, onde cada um poderia trabalhar de forma independente do outro



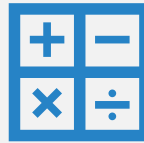
Processadores multi-core

- ü Dividindo a tarefa entre duas pessoas
- ü Uma delas poderia ler um determinado livro, e outro ler outro livro, que poderia ser a continuação do primeiro.
- ü Ao final da leitura dos dois livros, os cérebros uniriam toda a informação, formando um conhecimento único. Como a tarefa estaria dividida em duas partes, ela seria executada com o dobro de velocidade, tendo em vista que uma pessoa comum teria de ler os dois livros separadamente

Processador
es multi-
core



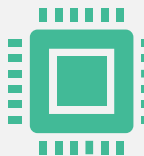
ULA



ULA é a sigla para Unidade Lógica Aritmética.



Trata-se do circuito que se encarrega de realizar as operações matemáticas requisitadas por um determinado programa.



Os processadores atuais possuem outra unidade para cálculos, conhecida como Unidade de Ponto Flutuante. Essa, por sua vez, serve para trabalhar com números enormes, de 64, 128 bits, por exemplo.

ULA

A ULA é o dispositivo da CPU que executa realmente as operações matemáticas com os dados.



é um aglomerado de circuitos lógicos e componentes eletrônicos simples que, integrados, realizam as operações



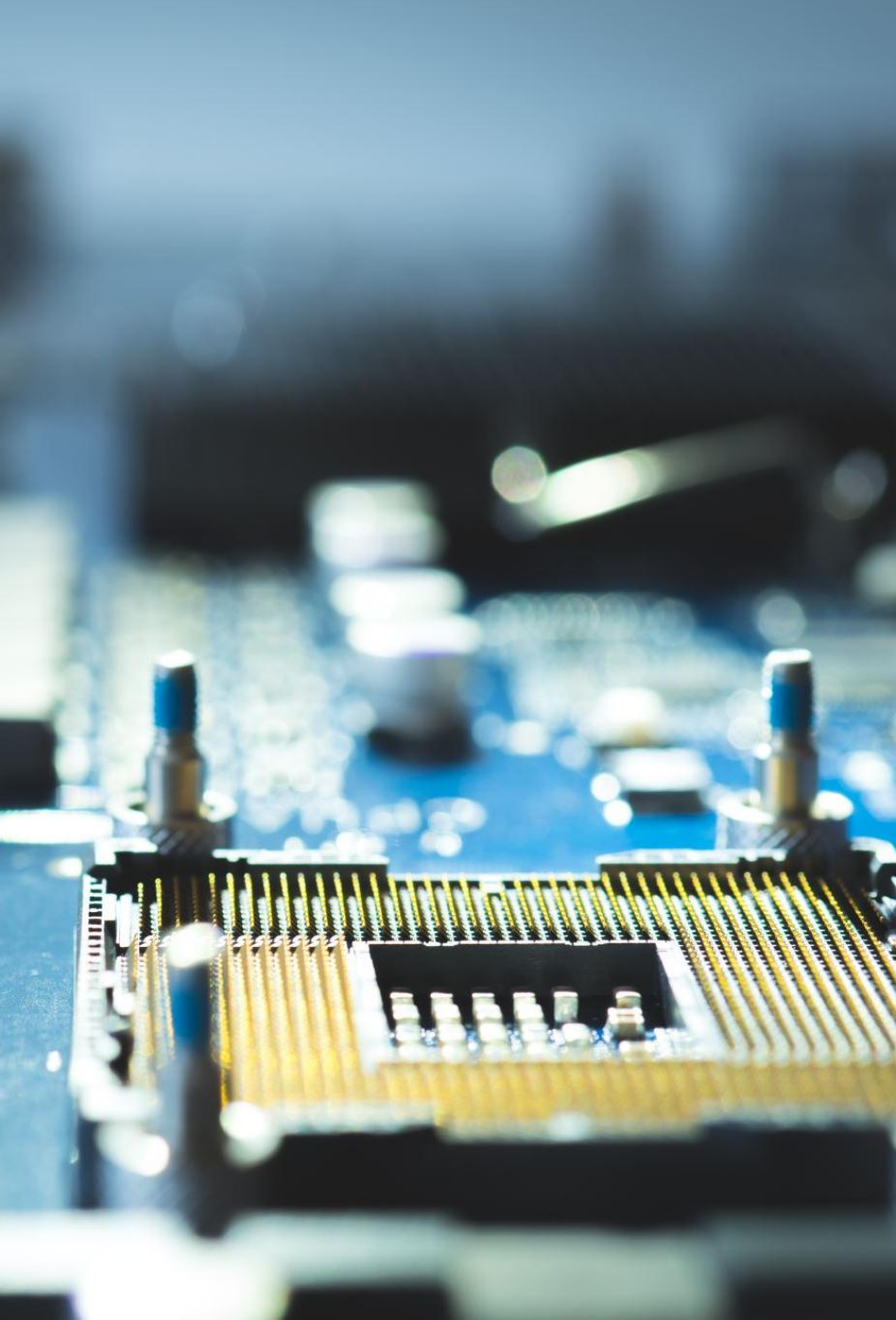
Ela pode ser uma parte pequena da pastilha do processador, usada em pequenos sistemas, ou pode compreender um considerável conjunto de componentes lógicos de alta velocidade.

Unidade de Controle

O termo “cérebro eletrônico” está longe de classificar e resumir o funcionamento de um processador.

No entanto, a Unidade de Controle é o que há de mais próximo a um cérebro dentro do processador.

Esse controlador define o regime de funcionamento e da ordem às diversas tarefas do processador.

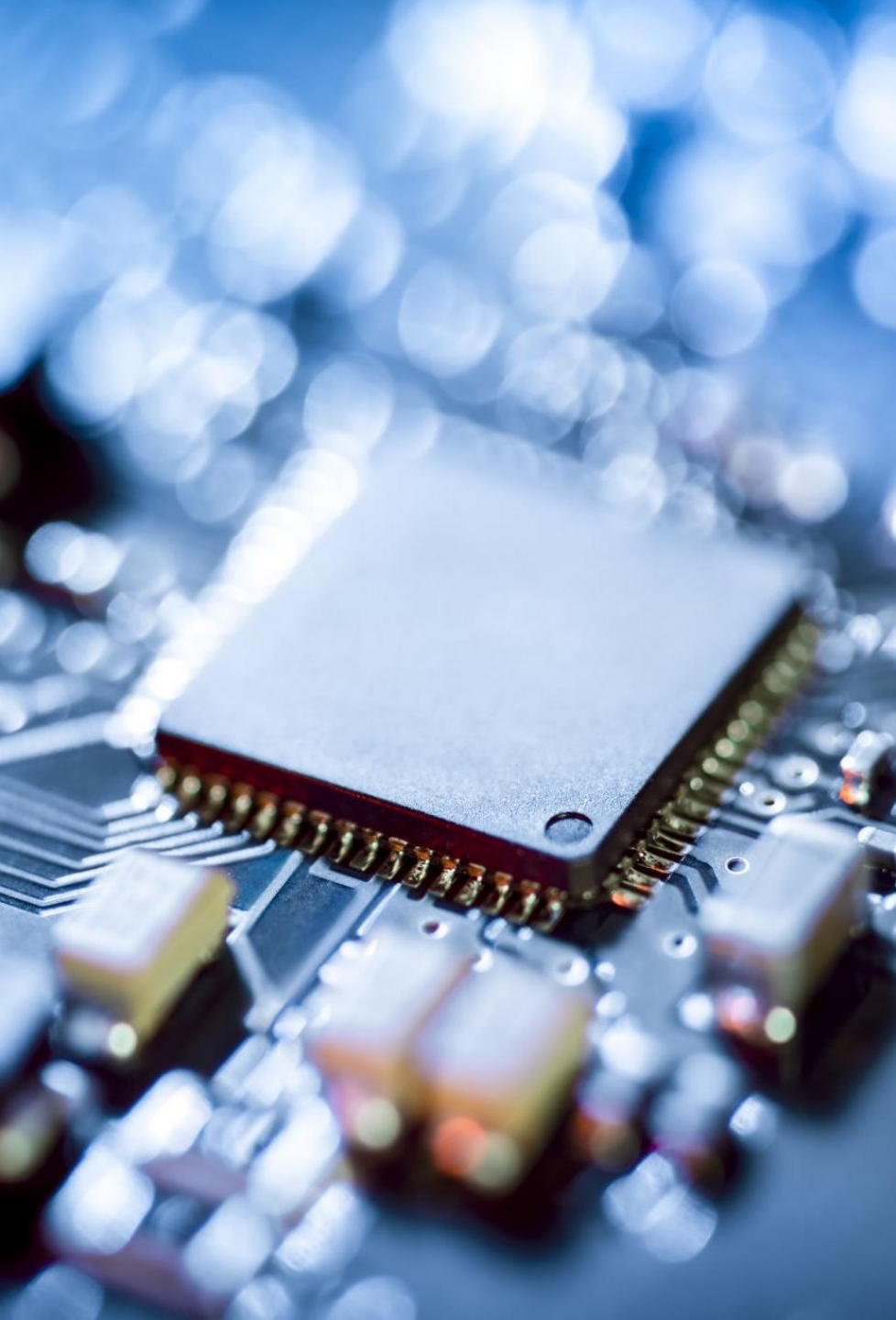
A close-up photograph of a RAM module, showing its gold-plated pins and integrated circuits, mounted on a blue printed circuit board (PCB). The background is blurred, showing other components on the board.

Memória RAM

ü Random Access Memory - Memória de Acesso Aleatório

É um conjunto de circuitos integrados que acumulam as informações que serão processadas pelo processador.

Ao carregar um programa, ele é lido no HD (ou outra mídia de armazenamento) e é transferido para a memória RAM, para só então ser executado pelo processador.



Memória RAM

- ü A memória RAM oferece tempos de acesso brutalmente mais baixos que o HD e trabalha com taxas de transferência muito mais altas, mas possui a desvantagem de perder os dados armazenados quando o micro é desligado, daí a necessidade de salvar os arquivos periodicamente.
- ü A memória ram é considerada a memória principal e também é chamada memória volátil.

Memórias ROM - Read Only Memory



A memória ROM (Read Only Memory) é um tipo de memória que permite apenas a leitura

Não possui a capacidade de escrita.

Seus conteúdos são predefinidos e fixos durante o processo de fabricação.

Diferentemente das memórias que exigem flip-flops ou dispositivos similares para alterações, na ROM, os conteúdos permanecem inalterados.

Essa memória atua essencialmente como um conversor de código e pode ser construída utilizando dispositivos mais simples e econômicos em comparação às portas convencionalmente empregadas.

PROM (Programmable Read-Only Memory)



Memória Somente de Leitura Programável, é um tipo de memória que permite a programação de seus dados após a fabricação.



Ao contrário da ROM (Read-Only Memory), em que os conteúdos são fixos durante a fabricação e não podem ser alterados, a PROM oferece a capacidade de ser programada pelo usuário após a compra.



A principal característica da PROM é que ela vem pré-fabricada com todos os bits definidos como "1". O usuário pode então programar seletivamente bits específicos, mudando-os para "0", de acordo com suas necessidades.



Uma vez programada, a informação torna-se fixa e não pode ser alterada novamente.

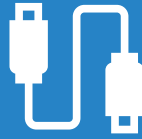
MOSFET - Metal-Oxide- Semiconductor Field-Effect Transistor

Transistor de Efeito de Campo Metal-Óxido-Semicondutor). É um tipo de transistor utilizado na eletrônica para amplificação de sinais, chaveamento e outras aplicações.

A estrutura básica de um MOSFET consiste em três camadas: metal (M), óxido (O), e semicondutor (S). Essas camadas formam um dispositivo semicondutor que é controlado pela aplicação de uma tensão de campo elétrico.

Existem dois tipos principais de MOSFETs: o tipo de canal N (N-MOS) e o tipo de canal P (P-MOS), dependendo do tipo de material semicondutor utilizado.

EPROM



São armazenados em dispositivos baseados em MOSFET's



EPROM é a abreviação de "Erasable Programmable Read-Only Memory" (Memória Programável Apagável e Somente de Leitura). Trata-se de um tipo de memória não volátil que permite a gravação e leitura de dados, mas que pode ser apagada e reprogramada várias vezes.



Em resumo, as EPROMs são um tipo de memória programável que pode ser apagada através da exposição à luz ultravioleta, oferecendo a capacidade de reprogramação, mas com algumas limitações em termos do número de ciclos de apagamento e reprogramação.

EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

EEPROM é a sigla para "Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory", que em português significa "Memória Programável Apagável Eletricamente e Somente de Leitura".

Trata-se de um tipo de memória não volátil que permite a gravação e leitura de dados, assim como as EPROMs (Erasable Programmable Read-Only Memory), mas com a capacidade de apagar e reprogramar os dados eletricamente, sem a necessidade de exposição à luz ultravioleta

memória flash

A memória flash é um tipo de memória não volátil que armazena dados eletricamente.

É caracterizada por ser regravável e reter os dados mesmo quando a energia é desligada.

A tecnologia de memória flash é amplamente utilizada em uma variedade de dispositivos eletrônicos devido às suas características de armazenamento eficiente, rápida leitura e gravação, e baixo consumo de energia.

Cache

01

A Memória Cache normalmente é formada por circuitos dentro do processador, para que sua velocidade seja ainda maior.

02

Entenda como o espaço onde as instruções podem ser armazenadas dentro do processador funciona:

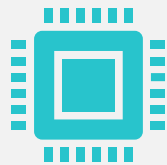
03

Dado o volume de trabalho que a CPU enfrenta, neste espaço são alocadas informações constantemente requisitadas.

Cache

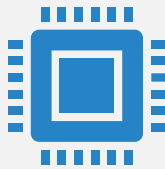


Cache é um tipo de memória que fica dentro do processador



Isso é feito como forma de ganhar tempo: armazenadas no processador, esses dados estão rapidamente acessíveis e não é necessário executar uma varredura em disco ou na RAM para buscar as informações.

Cache

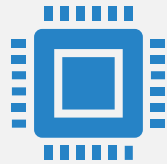


A memória cache é rápida e diminui o tempo de espera para acessar as informações na memória central(RAM), ela serve de intermediária entre o processador e a memória principal(RAM), por exemplo, se o processador precisa de um dado, este dado primeiro é procurado na memória cache se ele não for encontrado ali então ele é procurado na memória principal.



A memória cache é uma memória super rápida que armazena apenas as informações que são mais utilizadas durante o processamento.

Registradores



Os registradores são a memória do processador. Você já entendeu que este microchip altamente especializado recebe dados e os processa, num regime de entrada e saída de informação que faz com que o computador, o tablet, o videogame, o GPS, a TV, enfim, todo equipamento eletrônico funcione.



Para "saber" o que fazer com os dados, contudo, o processador precisa de instruções. É isso que está armazenado neste tipo de memória chamada de Registrador: diversas regras que orientam a ULA a calcular e dar sentido aos dados que recebe.

Registradores

- ü Para que um dado possa ser transferido para a ULA, é necessário que ele permaneça, mesmo que por um breve instante, armazenado em um registrador.
- ü Além disso, o resultado de uma operação aritmética ou lógica realizada na UAL deve ser armazenado temporariamente, de modo que possa ser utilizado mais adiante ou apenas para ser, em seguida, transferido para a memória principal.

MMU - Memory Management Unit

- ü é o responsável pela coordenação do funcionamento da memória.
- ü O processador só pode ser rápido se a memória RAM acompanhar. O MMU é o recurso que transforma as instruções lógicas (virtuais) em endereços físicos nos bancos de memória.
- ü O processador varre a memória atrás de dados e instruções e o MMU é o recurso que anota onde cada informação do sistema está hospedada na memória. É ele que diz onde o processador deve procurar.

Relógio



É o dispositivo gerador de pulsos cuja duração é chamada de ciclo.



A quantidade de vezes em que este pulso básico se repete em um segundo define a unidade de medida do relógio, denominada frequência, a qual também usamos para definir velocidade na UCP.

Relógio - Processador



A unidade de medida usual para a frequência dos relógios de UCP é o Hertz (Hz), que significa 1 ciclo por segundo.



Como se trata de frequências elevadas, abreviam-se os valores usando-se milhões de Hertz, ou de ciclos por segundo (Mega Hertz ou simplesmente, MHz).

Relógio - Processador

- ✓ O processador é o principal responsável pela velocidade do computador, este é ritmado por um relógio interno que quando submetido a uma corrente elétrica emite pulsos, a cada pulso do relógio o processador executa uma ação.

$$f = \frac{1}{T}$$



Relógio - Processador

- ü Assim, por exemplo, se um determinado processador funciona como seu relógio oscilando 25 milhões de vezes por segundo, sua frequência de operação é de 25 MHz.
- ü E como a duração de um ciclo, seu período, é o inverso da frequência, então cada ciclo, neste exemplo, será igual ao inverso de 25.000.000 ou $1/25.000.000=0,00000004$.

Conjunto de instruções

- ü Conjunto de instruções (tradução de instruction set) são as operações que um processador, microprocessador, microcontrolador, CPU disponibiliza para o programador.

Conjunto de instruções

- ü Cada componente possui o seu próprio conjunto de instruções, que é fornecido pelo fabricante, que também costuma fornecer ou disponibilizar um montador assembly, que transforma o conjunto de instruções em código de máquina para ser utilizado pelo componente.
- ü No caso dos processadores, quando o conjunto de instruções for reduzido leva-o a ter o nome de **RISC** e se forem complexas o nome de **CISC**.

10^n	Prefixo	Símbolo	Unidade	Equivalente decimal
10^3	quilo	k	Milhar	1 000
10^6	mega	M	Milhão	1 000 000
10^9	giga	G	Bilhão	1 000 000 000
10^{12}	tera	T	Trilhão	1 000 000 000 000
10^{15}	peta	P	Quadrilhão	1 000 000 000 000 000
10^{18}	Exa	E	Quintilhão	1 000 000 000 000 000 000

Unidades de medida

Revisão da numeração Computacional.

- ✓ O matemático inglês George Boole (1815-1864) publicou em 1854 os princípios da lógica booleana.
- ✓ Segundo Boole tudo poderia ser representado utilizando apenas os números 0 e 1.



George Boole



Bit



Simplificação de “dígito binário” (Binary digit em inglês)



É a menor unidade de informação que pode ser armazenada ou transmitida.



Um bit pode assumir somente 2 valores, por exemplo: 0 ou 1, verdadeiro ou falso.

Byte

- ✓ Um byte nada tem de especial, é apenas um número binário de oito algarismos

0 1 0 1 0 1 1 1

Bytes

- ✓ 1 Byte é representado por uma cadeia de 8 bits

1 byte = 8 bits

1024 bytes = 1 K byte

1.048.576 bytes = 1 Mega byte

Bit		2^0	0 ou 1
Byte		2^3	8 bits
Kilo	1 Kbyte	2^{10}	1024 Bytes
Mega	1 Mbyte	2^{20}	1 024 kB
Giga	1 Gbyte	2^{30}	1 024 MB
Tera	1 Tbyte	2^{40}	1 024 GB
peta	1 Pbyte	2^{50}	1 024 TB
Exa	1 Ebyte	2^{60}	1 024 PB
Zetta	1 Zbyte	2^{70}	1 024 EB
Yotta	1 Ybyte	2^{80}	1 024 ZB

Noção de tamanho

Linguagem de Máquina

É interpretável por um circuito microprogramável, como o microprocessador de um computador ou um microcontrolador.

A linguagem máquina trabalha com dois níveis de voltagem.

Tais níveis, por abstração, se simbolizam com o zero (0) e o um (1), por isso a linguagem de máquina só utiliza estes símbolos.

Linguagem Assembly

É uma linguagem de programação de baixo nível para computadores, microcontroladores e outros circuitos integrados programáveis.

Uma linguagem assembly é específica de cada arquitetura de computador, podendo ser usada somente por um microprocessador específico.

Isso contrasta com a maioria das linguagens de programação de alto nível que idealmente são portáteis, o que significa que um programa pode ser executado em uma variedade de computadores.

Linguagem de Alto Nível

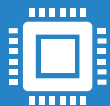
O programador de uma linguagem de alto nível não precisa conhecer características do processador, como instruções e registradores.

Essas características são abstraídas na linguagem de alto nível.

Para estas linguagens é necessário certo conhecimento de programação para realizar sequências de instruções lógicas.

As linguagens de alto nível foram criadas para que o usuário comum pudesse solucionar um problema de processamento de dados de uma maneira mais fácil e rápida.

Qual a diferença entre Microprocessador e Microcontrolador mesmo?



Ambos realizam algumas operações que são, buscar as instruções da memória e executar estas instruções (operações aritméticas ou lógicas) e o resultado dessas execuções são usados para servir a dispositivos de saída. As instruções eletrônicas representados por um grupo de bits são sempre obtido a partir de sua área de armazenamento, que chamamos de memória.



Então recapitulando, o microprocessador é um circuito integrado responsável pelo processamento de dados, como uma unidade lógica e aritmética, com diversos registradores especiais, mas precisa receber ordens externas e ter outros componentes externos para funcionar.



Já o microcontrolador é um microprocessador, memória RAM, memória ROM, temporizadores, contadores, porta serial, conversores e portas de I/O em um só circuito integrado, ou seja, um microcomputador-de-um-só-chip.