



BOSCH

Invented for life

Aula 3.1 - Introdução à Sistemas Embarcados

inside.Docupedia Export

Author: Lundgren Daniel (CtP/ETS)
Date: 15-Dec-2021 12:59

Table of Contents

1	Conceitos de eletrônica	3
1.1	Níveis lógicos	3
1.2	Semicondutores	5
1.2.1	Ânodo e Cátodo:	5
1.2.2	Diodo	6
1.2.3	LED (Diodo emissor de luz)	7
2	Fontes de alimentação	8
3	Organização de computadores - Memórias	9
3.1	Memória RAM	9
3.2	Memória cache	10
3.3	Memória ROM	11
3.4	PROM (Programable ROM)	11
3.5	EPROM (Erasable Programable ROM)	11
3.6	EEPROM (Electrically Erasable Programable ROM)	12
3.7	Memória Flash	12
4	Sistemas Embarcados	13
4.1	Microprocessadores	13
4.1.1	Arquitetura de microprocessadores	14
4.2	Microcontroladores	15
4.2.1	Arquitetura de microcontroladores	16
4.2.2	Arquitetura - $\mu P \times \mu C$	16
5	Sistemas computacionais	17
5.1	RISC x CISC	17
5.2	Pipeline	19

1 Conceitos de eletrônica

A eletrônica é um ramo da engenharia que desenvolve soluções aplicando os princípios de eletricidade descobertos pela física. Também pode ser definida como a ciência que estuda formas de controlar a energia elétrica em circuitos elétricos.

Utilizamos circuitos elétricos formados por condutores elétricos e componentes eletrônicos para controlar sinais elétricos. A eletrônica divide-se em analógica e digital.

Todo circuito eletrônico é constituído de no mínimo três componentes:

- **Fonte de alimentação:** Fornece energia para o circuito trabalhar.
- **Dispositivo de saída:** Realiza trabalho útil. Pode ser um led, um alto-falante, etc.
- **Condutores:** Interligam os componentes do circuito. São fios e cabos, e algumas vezes a carcaça metálica do equipamento.

Contudo, somente circuitos muito simples funcionam sem um quarto componente:

- **Dispositivo de entrada:** Podem converter outra forma de energia em eletricidade, que será utilizada pelo circuito (p. ex. um microfone), ou oferecer ao usuário meios de controle sobre o comportamento do circuito (p. ex. um potenciômetro).



Exemplo de um circuito eletrônico

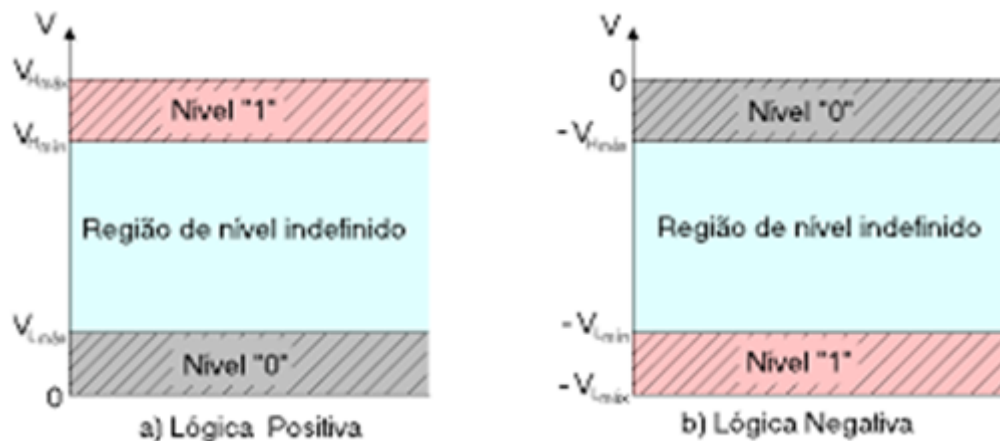


Esquema de um microcontrolador

1.1 Níveis lógicos

Nos circuitos digitais sempre existirá somente duas possibilidades de sinal: **HIGH** ou **LOW**, ou seja, nível lógico alto de tensão ou nível lógico baixo de tensão. Há duas formas de representar esses níveis lógicos por meio de circuitos digitais:

- **Lógica Positiva:** O nível lógico 0 (ou baixo / low) é representado eletricamente por uma tensão de zero volts, e o nível lógico 1 (ou alto / high) é representado por uma tensão elétrica mais alta, como por exemplo 5 volts.
- **Lógica Negativa:** Os níveis lógicos são inversos em relação à Lógica Positiva. Esse tipo de lógica é muito pouco empregada, por isso vamos utilizar em nosso curso sempre as noções de lógica positiva.



Dentro da lógica positiva temos duas famílias lógicas diferentes: TTL e CMOS.

- **Família TTL:** São constituídos por transistores bipolares, que por sua vez acarretam um consumo relativamente elevado de energia. Além disso, estes transistores são um fator limitante na velocidade de operação nas portas TTL, podendo causar impactos negativos caso uma alta velocidade de chaveamento seja requerida.
- **Família CMOS:** O consumo elétrico de dispositivos CMOS é muito mais baixo do que os dispositivos TTL, por serem baseados em tecnologia FET. São ideais para o uso em dispositivos nos quais o consumo elétrico seja um ponto crítico. Além disso possuem um baixo tempo de chaveamento. Porém, os circuitos CMOS possuem uma desvantagem que deve ser levada em consideração: eles são danificados com muita facilidade por eletricidade estática. Por isso, devem ser protegidos contra descargas que possam afetar os circuitos onde se encontram, e também ao serem manuseados, pois os circuitos integrados CMOS são muito sensíveis, e podem se danificar até mesmo com um simples contato com as mãos do técnico que os manipula. Usar uma pulseira antiestática é uma boa ideia nesse caso.



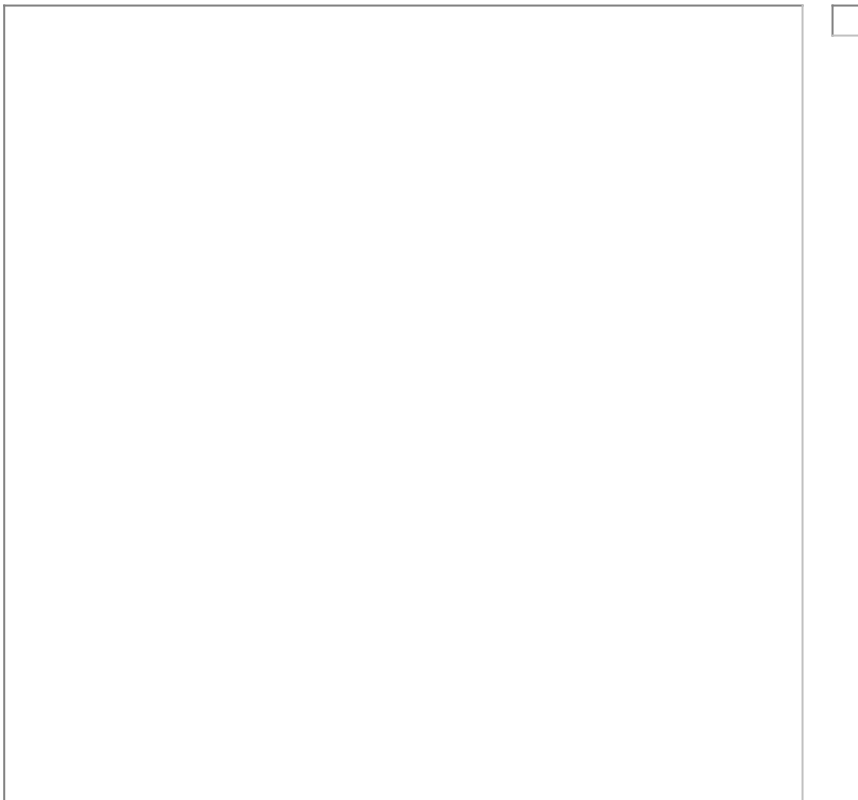
1.2 Semicondutores

Os materiais semicondutores foram a descoberta revolucionária e mais importante para o ramo da eletrônica e também para o avanço da humanidade. Graças a estes materiais hoje podemos usufruir de smartphones, computadores, sistemas digitais, entre outros.

Mas como este importante material está ligado a todo este avanço tecnológico?

Os semicondutores são sólidos capazes de mudar sua condição de isolante para condutores com grande facilidade. Isso se deve ao fato de que os semicondutores possuem uma banda proibida intermediária. Os principais elementos semicondutores são o silício e o germânio, que possuem quatro elétrons na camada de valência em condições químicas normais.

O silício e o germânio são utilizados para a fabricação de componentes eletrônicos como por exemplo, os transistores, diodos semicondutores, microprocessadores, chips, nano circuitos, LEDs, entre outros produtos tecnológicos presentes em praticamente todos os eletroeletrônicos que utilizamos hoje.

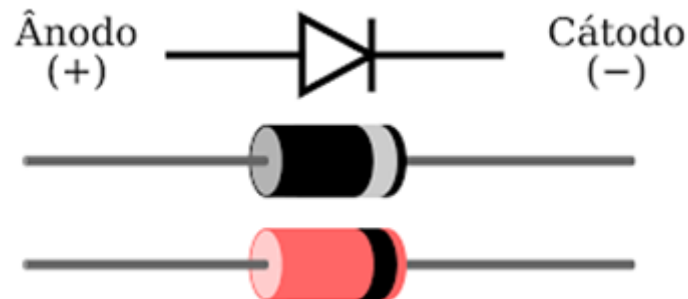


1.2.1 Ânodo e Cátodo:

O ânodo e o cátodo são definidos pelo fluxo de corrente. No sentido geral, corrente refere-se a qualquer movimento de carga elétrica.

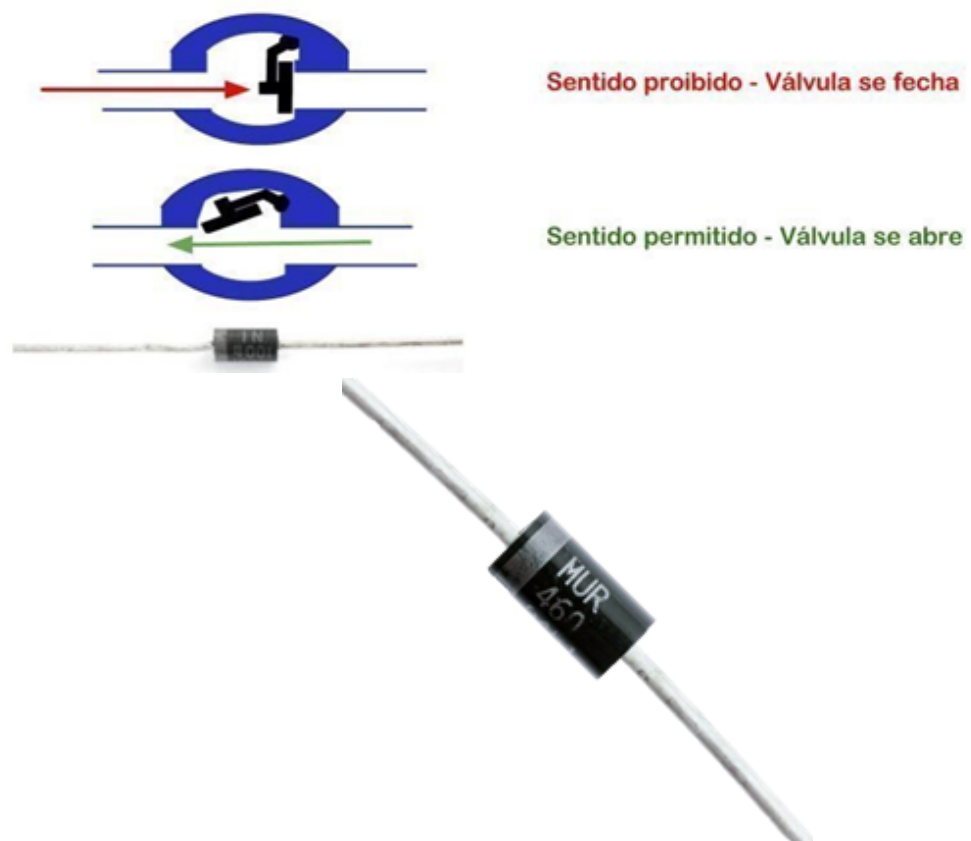
- **Ânodo**- é o eletrodo carregado positivamente, atrai elétrons ou ânions. O ânodo pode ser uma fonte de carga positiva ou um aceitador de elétrons.

- **Cátodo**- é o eletrodo carregado negativamente, atrai cátions ou carga positiva. O cátodo é a fonte de elétrons ou um doador de elétrons. Pode aceitar uma carga positiva.

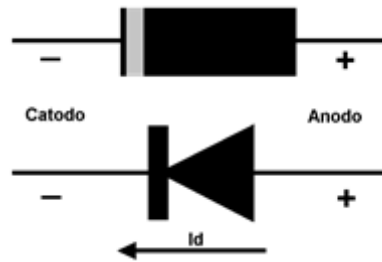


1.2.2 Diodo

Diodo é um componente eletrônico que permite a passagem de elétrons apenas em um sentido. Este componente pode ser comparado à uma válvula, que permite a passagem do fluído em apenas uma direção. Desta forma o diodo realiza a mesma ação com a corrente elétrica.

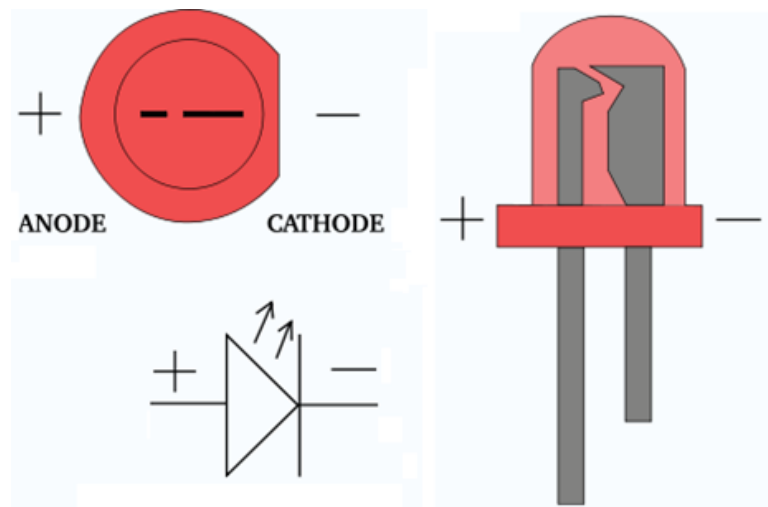


No esquemático com diodo é perceptível o sentido em que a corrente deverá passar, pois é indicado por uma seta. Corrente flui do ânodo para o cátodo.



1.2.3 LED (Diodo emissor de luz)

Trata-se de um componente eletrônico capaz de emitir luz visível transformando energia elétrica em energia luminosa. Esse processo é chamado de eletroluminescência. LEDs são diodos que quando percorridos por uma corrente elétrica são capazes de emitir luz. Estes componentes devem ser ligados em série com um resistor para limitar sua corrente.

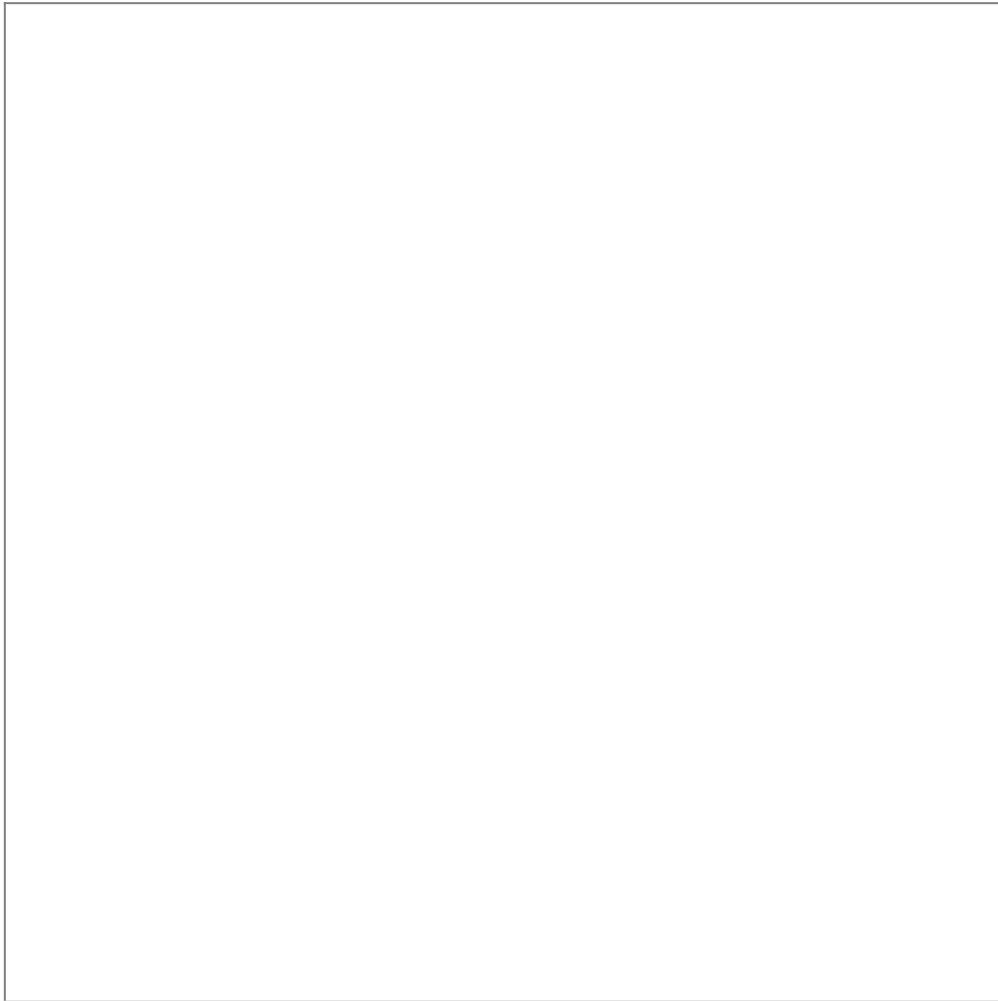


2 Fontes de alimentação

São dispositivos eletrônicos conversores de energia elétrica. Existem diversos tipos de fontes, sendo alguns exemplos: conversores CC \rightarrow CA, CC \rightarrow CC ou CA \rightarrow CC. Utilizaremos uma fonte de alimentação para energizar nosso microcontrolador.

Dentre as fontes, existem dois tipos principais:

Fontes lineares: Esta fonte é ligada na tomada (110 V ou 220 V), e então a tensão da rede elétrica é abaixada por meio de um transformador. Este transformador é específico para receber a tensão alternada em 60Hz. Por este motivo é grande e pesado. Neste transformador a tensão é reduzida, no secundário, para uma tensão próxima a tensão em corrente contínua, que se deseja para a saída. A tensão do secundário é então retificada e filtrada.

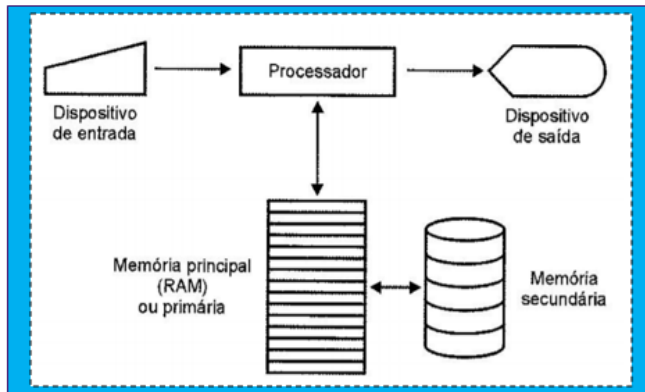


Fontes chaveadas: A fonte chaveada substituiu a fonte linear trazendo vantagens como o **baixo volume e peso**, além do **rendimento bem maior que chega a 89%**, enquanto a fonte linear não passa de 50%. Por outro lado as vantagens da fonte chaveada são ofuscadas pela complexidade de se projetá-la. Enquanto o projeto e a fabricação de uma fonte linear podem ser feitos por pessoas com conhecimento básico de eletrônica, uma fonte chaveada requer alta especialização.



3 Organização de computadores - Memórias

É um dos componentes de um sistema de computação, onde sua função é armazenar dados que são manipulados pelo sistema. Dessa maneira eles podem ser lidos/escritos quando necessário.



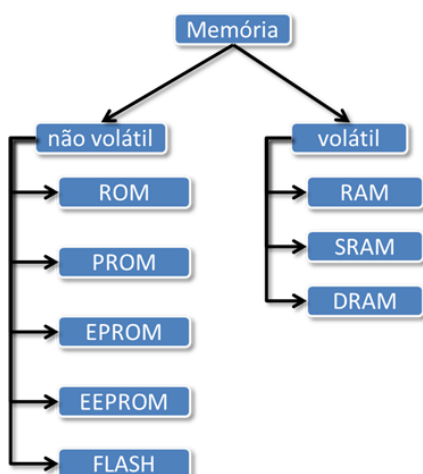
Memória é o dispositivo que armazena dados com os quais o processador trabalha.

Principais características para definição das funções de cada tipo de memória:

- Tempo de acesso
- Capacidade
- Volatilidade
- Tecnologia de fabricação
- Custo

Operações realizadas em uma memória:

- Armazenar – Guardar o elemento na Memória;
- Operação de escrita ou gravação (Write);
- Recuperar – Buscar o elemento guardado na Memória;
- Operação de leitura (Read);



3.1 Memória RAM

A memória RAM é um tipo de tecnologia que permite o acesso aos arquivos armazenados no computador. Diferentemente do HD, a RAM **não armazena conteúdos permanentemente**. É

responsável pela **leitura e execução** dos conteúdos, podendo ser de forma **não-sequencial**, por isso, a nomenclatura em inglês de *Random Access Memory* (Memória de Acesso Aleatório).

Ela funciona como um armazenamento de dados que permite com que arquivos sejam escritos e lidos em curto prazo.

Quanto maior a memória RAM, maior sua capacidade de trabalho. A capacidade da memória RAM, mede-se pelo fluxo de bits suportados nas operações.



RAM Dinâmica (DRAM):

- Células armazenam dados com a carga de capacitores.
- É necessário um circuito de regeneração (Refresh).
- Usada na Memória Principal.
- Possui alta capacidade de armazenamento.

RAM Estática (SRAM)

- Valores são armazenados usando configurações de Flip-Flops com portas lógicas.
- Não é necessário o circuito de regeneração.
- Usada na Memória Cache.
- Consome mais energia e é mais rápido.

3.2 Memória cache

A memória cache é um tipo de memória que trabalha em conjunto com o processador. Ela é utilizada para salvar valores por curtos períodos de tempo, e pode ser escrita ou lida de maneira muito rápida por possuir um sistema mais complexo e caro, e também por estar fisicamente mais próxima do processador. A memória cache possui 3 níveis (L1, L2 e L3).

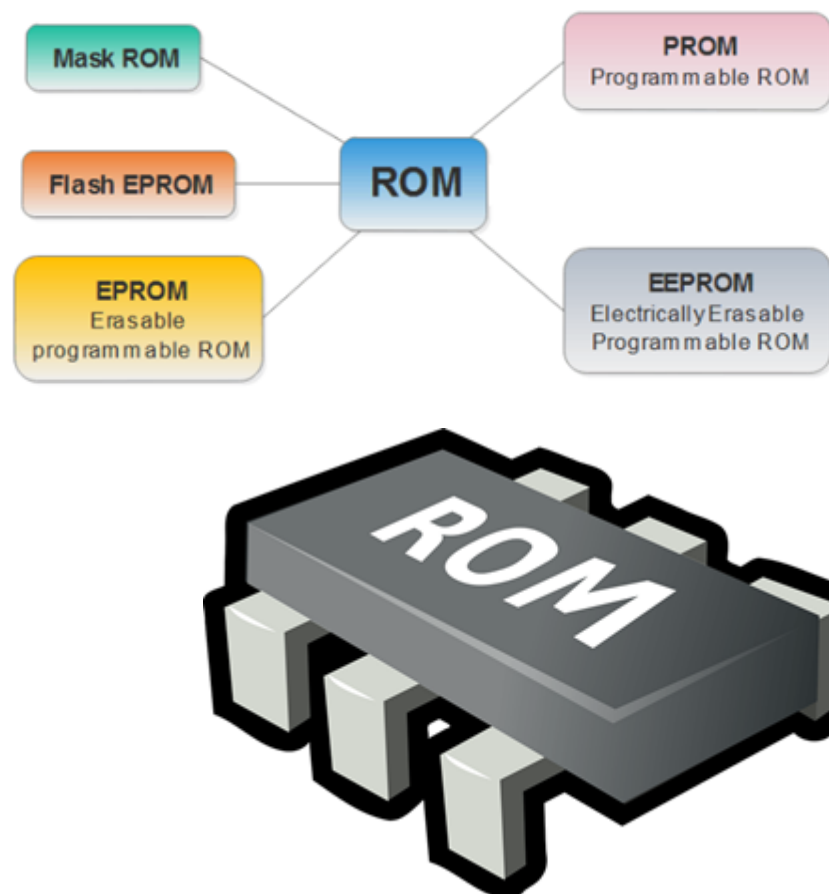
A memória RAM é muito mais lenta que o processador, ou seja, ele processa dados mais rápido do que a memória RAM pode enviar. Isso resulta em longos períodos de ociosidade e desperdício da capacidade do processador. Para resolver este problema é que foi criada a memória cache, assim a CPU consegue trabalhar em sua força máxima. Ela é muito mais rápida que a memória RAM e tem a função de fornecer as informações mais cruciais para o processador. Isso evita que a unidade de busca do processador tenha que “visitar” várias vezes a memória RAM para buscar informações, que seria uma grande perda de tempo.

A memória cache é dividida em alguns níveis, conhecidos como L1, L2 e L3 (L significa Level, em inglês). Eles dizem respeito à proximidade da memória cache das unidades de execução do processador. Quanto mais próxima ela estiver da unidade de execução do processador, menor será o seu número.

Assim, o cache L1 é o mais próximo possível. O L2 é um pouco mais distante e o L3 é ainda mais distante. Sempre que a unidade de busca do processador precisa de um novo dado ou instrução, ela procura inicialmente no cache L1. Se não encontrar, parte para o L2 e depois para o L3. Se a informação não estiver em nenhum dos níveis de memória cache, ela terá de ir até a memória RAM

3.3 Memória ROM

ROM é uma memória cujo conteúdo é fixo e não pode ser alterado. Há vários tipos de ROMs: todos são não-voláteis e não requerem energia para manter seu conteúdo. Um importante uso de ROM é com processadores arquitetura CISC, para armazenar o micro-programa. Uma memória ROM pode ser fabricada com portas NOR ou NAND.



3.4 PROM (Programmable ROM)

Como a ROM, também pode ser escrita uma só vez. A escrita é por meio elétrico e pode ser feita depois de fabricada a pastilha. PROM oferece mais flexibilidade, mas ROM ainda é preferível para grandes quantidades.

3.5 EPROM (Erasable Programmable ROM)

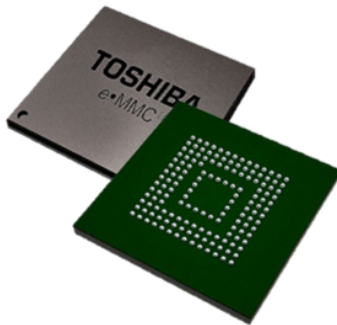
Leitura e escrita é como numa PROM. Porém, antes de uma operação de escrita, toda a memória é apagada por meio de radiação ultravioleta. Esse processo pode ser repetido para gravar um novo conteúdo. Custa mais caro do que as anteriores.

3.6 EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)

Não é necessário apagar todo o conteúdo para atualização, apenas bytes selecionados são alterados. A escrita de uma EEPROM é demorada, centenas de microssegundos por byte. EEPROM é mais cara e menos densa.

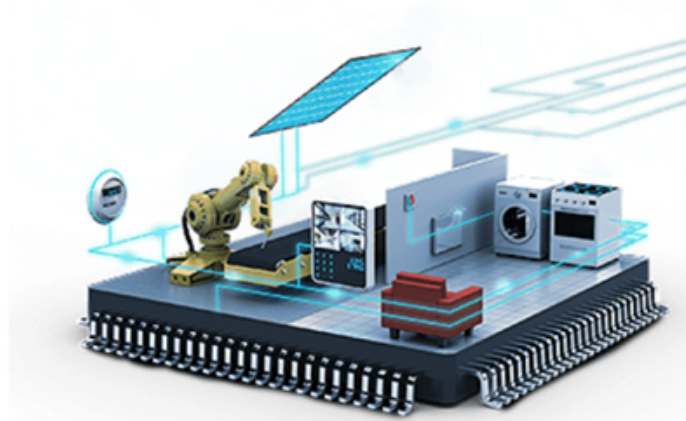
3.7 Memória Flash

Uma memória flash é um tipo de dispositivo de armazenamento **não volátil** que pode ser eletricamente apagado e reprogramado. A **Toshiba** desenvolveu a Memória Flash a partir da Memória EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory), em meados da década de 1980, cujos chips são semelhantes ao da Memória RAM, permitindo que múltiplos endereços sejam apagados ou escritos numa só operação. Trata-se de um chip regravável que, ao contrário de uma memória RAM convencional, preserva o seu conteúdo sem a necessidade de fonte de alimentação. Esta memória é comumente usada em cartões de memória, flash drives USB (pen drives), SSD, armazenamento interno de câmeras digitais e celulares.



4 Sistemas Embarcados

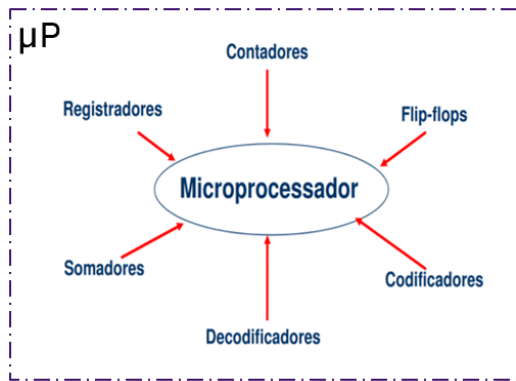
São considerados sistemas computacionais dedicados ou embutidos e possuem uma determinada função, diferentemente de computadores pessoais. Muitos usuários não os veem, porém fazem parte de uma infinidade de equipamentos no nosso dia-a-dia. Estes sistemas interagem com o meio externo por meio de sensores ou atuadores, e também interfaces com o usuário.



4.1 Microprocessadores

O microprocessador é um dispositivo lógico programável em um único chip de silício, concebido sob a tecnologia VLSI (circuito integrado em alta escala). Ele age sob o controle de um programa armazenado em memória, executando operações aritméticas, lógicas booleanas, tomada de decisão, além de entrada e saída, permitindo a comunicação com outros dispositivos periféricos.

Precisa de periféricos externos como: memória (RAM,ROM) e portas de entrada e saídas, para a formação de um Sistema mínimo.



Aplicações: Pode-se citar, apenas a título de exemplo: o relógio digital/despertador, calculadoras, alarmes anti-furto de residências e automóveis, o controle de injeção de combustível em automóveis, os eletrodomésticos como micro-ondas e máquinas de lavar-louças, videocassetes.

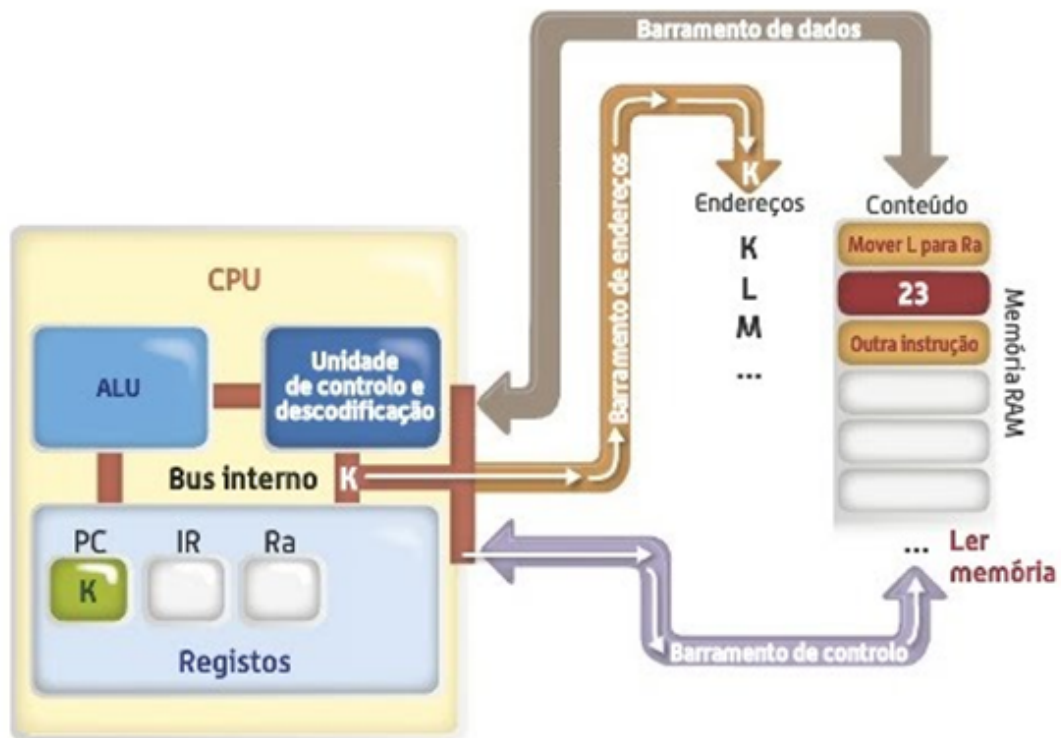
O microprocessador, também conhecido como Unidade Central de Processamento (CPU), é o cérebro de todos os computadores e muitos dispositivos domésticos e eletrônicos. Vários microprocessadores, trabalhando juntos, são os "corações" de datacenters, supercomputadores, produtos de comunicação e outros dispositivos digitais

Atualmente, os microprocessadores modernos podem executar operações extremamente sofisticadas em áreas meteorologia, aviação, física e engenharia nuclear e ocupam muito menos espaço, além de oferecer desempenho superior.



4.1.1 Arquitetura de microprocessadores

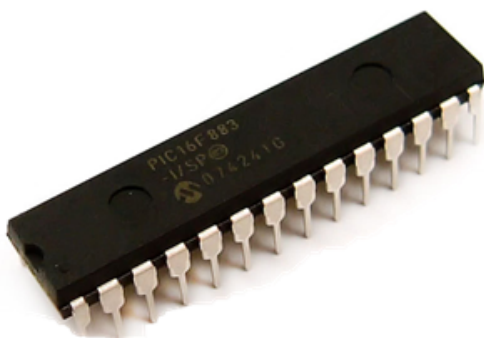
- Unidade de controle (UC): responsável pela decodificação e execução das instruções, fornecendo os sinais de temporização adequados para as diversas partes do processador
- Unidade Lógica Aritmética (ULA): responsável pela realização das operações lógicas.
- Registradores: armazenam a Informação Binária (dados, endereços e instruções).



4.2 Microcontroladores

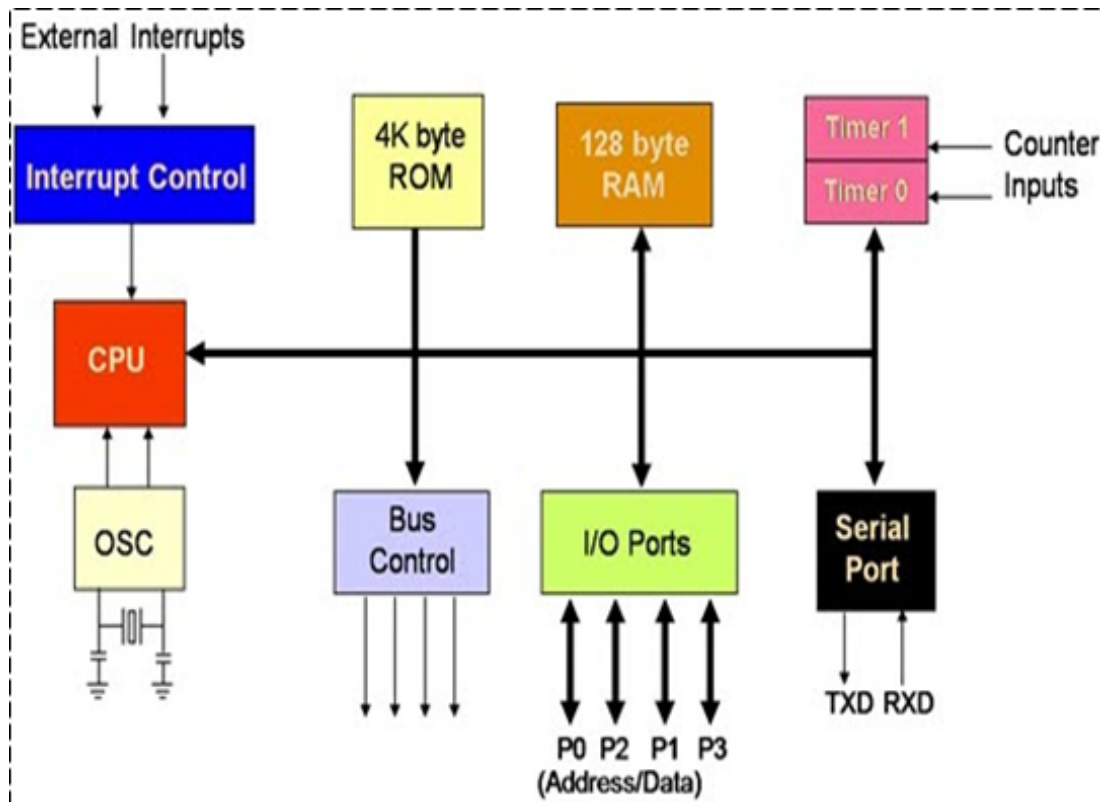
É um computador completo construído num único Circuito Integrado. Os micro-controladores são normalmente utilizados para aplicações específicas, tais como sistemas de segurança, controle de velocidade de veículos e monitoramento de parâmetros em processos industriais. Eles contêm, dentre outros componentes, portas de entrada e saída, portas seriais e paralelas, temporizadores, controles de interrupção, memórias RAM e ROM.

Um micro-controlador nada mais é do que um sistema micro-processado com todos os dispositivos de suporte integrados dentro de um único chip.

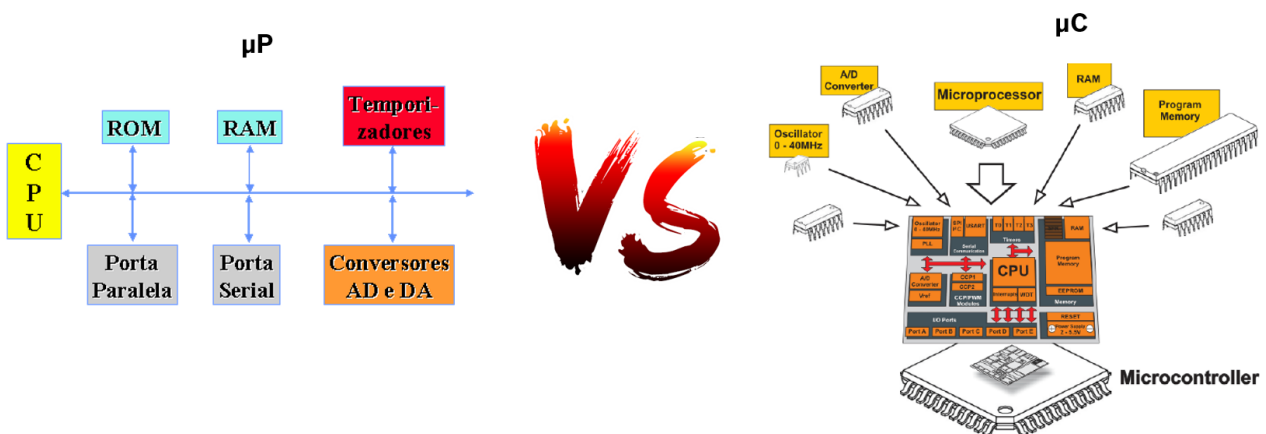


4.2.1 Arquitetura de microcontroladores

- Bus control: barramento de controle que a CPU utiliza para se comunicar com dispositivos contidos no computador, através de conexões físicas como cabos.
- IO ports: é o endereço de memória que o Software usa para se comunicar com o Hardware no seu computador.
- Serial Port: é uma interface de comunicação serial através da qual a informação é transferida para dentro ou para fora de um bit.
- Memória RAM e ROM
- CPU - Microprocessador



4.2.2 Arquitetura - μP x μC



5 Sistemas computacionais

5.1 RISC x CISC

Algumas definições importantes:

- **Set de instruções:** Conjunto de Instruções - Conjunto de Mnemônicos (siglas que fazem lembrar uma ação) que representam todas as instruções do processador. Cada processador possui o seu set de instruções particular. O microprocessador 8085 possui 74 instruções.
- **BIOS (Basic Input/Output System):** É o conjunto mínimo de instruções necessárias para a inicialização do computador. Também gerencia o fluxo de dados entre o sistema operacional do computador e os dispositivos periféricos conectados.

Conjunto de Instruções – CPU Hipotética 3			
Mnemônico	Operandos	Opcode	Significado
Instrução especial			
MV	Rx,reg	000	$Rx \leftarrow \text{Reg}$
Instruções de load e store			
LW	Reg,num	001	$\text{Reg} \leftarrow [Rx + \text{num}]$
SW	Reg,num	010	$[Rx + \text{num}] \leftarrow \text{Reg}$
Instruções Aritméticas e Lógicas			
ADD	Reg1,Reg2	011	$\text{Reg1} \leftarrow \text{Reg1} + \text{Reg2}$
SUB	Reg1,Reg2	100	$\text{Reg1} \leftarrow \text{Reg1} - \text{Reg2}$
AND	Reg1,Reg2	101	$\text{Reg1} \leftarrow \text{Reg1} \text{ e } \text{Reg2}$
Instruções de Controle de Fluxo de Execução			
JMP	num	110	$\text{PC} \leftarrow \text{num}$
JAL	num	111 0	$Rx \leftarrow \text{PC}, \text{PC} \leftarrow \text{num}$
RET	---	111 1	$\text{PC} \leftarrow Rx$

- RISC (Reduced Instruction Set Computer)
 - Quebra a instrução em várias menores e mais simples e todas assumem um tamanho padrão
 - Instruções simples executadas em um ciclo de clock
 - Consome menos energia por possuir menos transistores e hardware altamente otimizado
 - Volume de instruções além de mais limitado, é mais simples
- CISC (Complex Instruction Set Computing)
 - Antes de executar uma instrução, há necessidade de busca da instrução na memória e de decodificação
 - Utiliza-se microcódigos gravados no processador, para a execução das instruções
 - Instruções completas que exigem vários ciclos de relógio para serem executadas
 - Instruções com formatos variáveis
 - Conjunto maior de instruções que podem ser processados

O microcódigo fica em um nível ainda mais baixo que a linguagem de máquina. Ele especifica o que o processador faz quando executa uma instrução em linguagem de máquina.

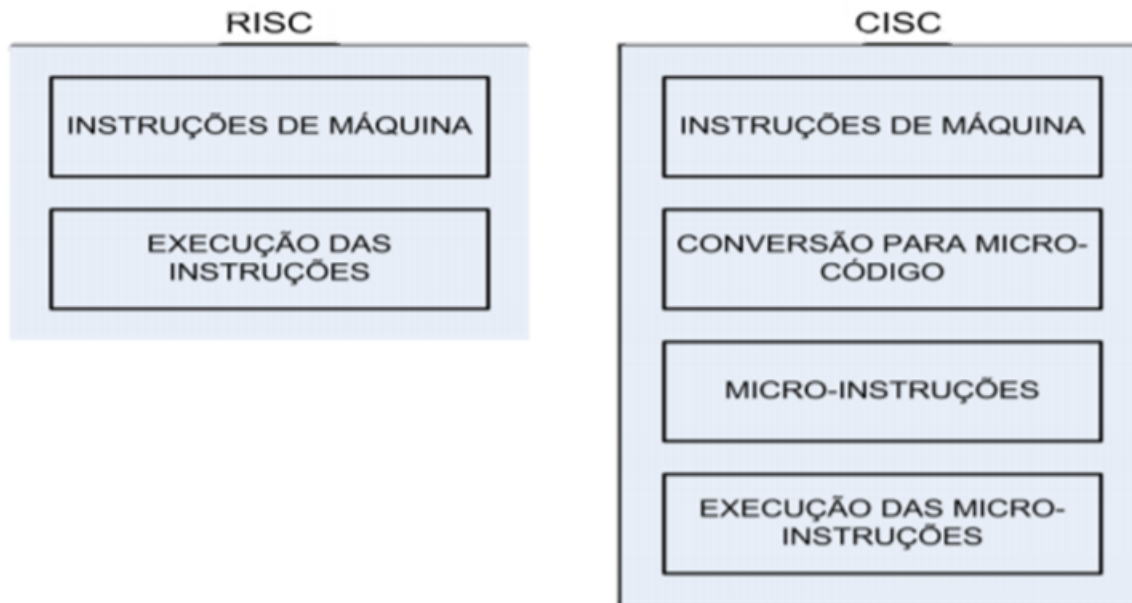
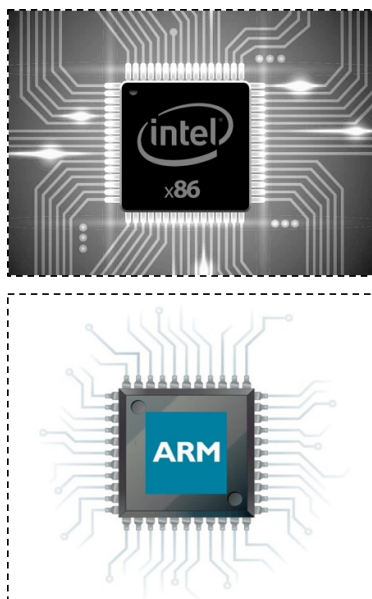


Tabela RISC vs CISC:



CISC	RISC
Conjunto com dezenas ou centenas de instruções	Conjunto com poucas dezenas de instruções
Instruções complexas, com vários ciclos de execução	Instruções simples, normalmente executadas em 1 ciclo (1 ciclo de busca e 1 de execução)
Muitas instruções com acesso à memória	Uso reduzido da memória
Número reduzido de registradores	Quantidade grande de registradores. Uso preferencial de registradores, ao invés de memória
Menor número de instruções em assembly por programa, porém mais lento na execução	Programa compilado tem maior número de instruções em assembly, mas a execução é mais rápida
Uso de micro-códigos gravados no processador. Necessidade de interpretação das instruções	Não usa micro-códigos gravados no processador. As instruções RISC já são semelhantes aos micro-códigos e são executadas diretamente no hardware
Instruções com diferentes tamanhos	Codificação das instruções em uma palavra de tamanho fixo
Arquitetura mais complexa	Arquitetura mais simples
Processo de fabricação mais caro que a dos processadores RISC	Processo de fabricação mais barato
Exemplos: 386 e 486	Exemplos: MIPS R10000 e HP PA-8000
Vários modos de endereçamento	Poucos modos de endereçamento
Nem todos os processadores usam pipeline. Por exemplo, o 8085.	Uso intenso de pipelines
Pelo menos um dos argumentos de cada instrução é buscado na memória.	As operações com a memória principal estão restritas a transferência através das instruções load e store.
Endereços de retorno de subrotinas e interrupções são guardados na pilha, uma região previamente definida na memória	Endereços de retorno de subrotinas são normalmente guardados em registradores
Devido ao número reduzido de registradores, as variáveis de um programa muitas vezes são associadas a posições de memória	Uso de registradores para a alocação das variáveis de um programa

Examinando de um ponto de vista um pouco mais prático, a vantagem de uma arquitetura CISC é que já temos muitas das instruções guardadas no próprio processador, o que facilita o trabalho dos programadores, que já dispõe de praticamente todas as instruções que serão usadas em seus programas.

No caso de um chip RISC, o programador já teria um pouco mais de trabalho, pois como disporia apenas de instruções simples, teria sempre que combinar várias instruções sempre que precisasse executar alguma tarefa mais complexa.

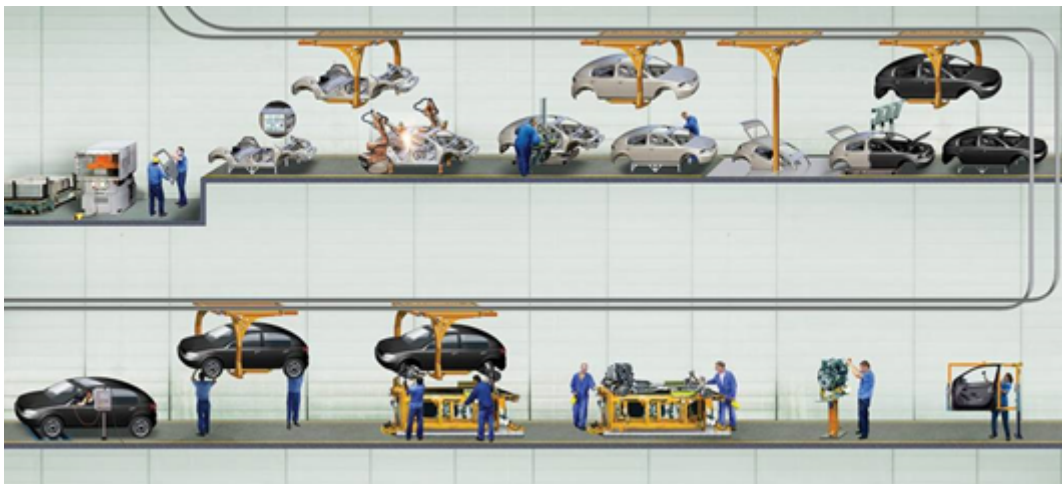
Exemplo: uma pessoa usando uma calculadora comum e outra uma calculadora científica.



5.2 Pipeline

Este processo é semelhante ao da fabricação de um automóvel, caso ainda existisse uma fábrica que funcionasse em montagem sequencial. Isto porque Henry Ford percebeu que o trabalho poderia ser aperfeiçoado e, no início do século XX, inventou um novo processo de fabricação em que os estágios são independentes, por isso, podem se sobrepor uns aos outros, no tempo, criando assim o que se chama linha de montagem. O processo é dividido em etapas independentes umas das outras e um novo produto inicia sua produção antes que o produto anterior tenha sido concluído;

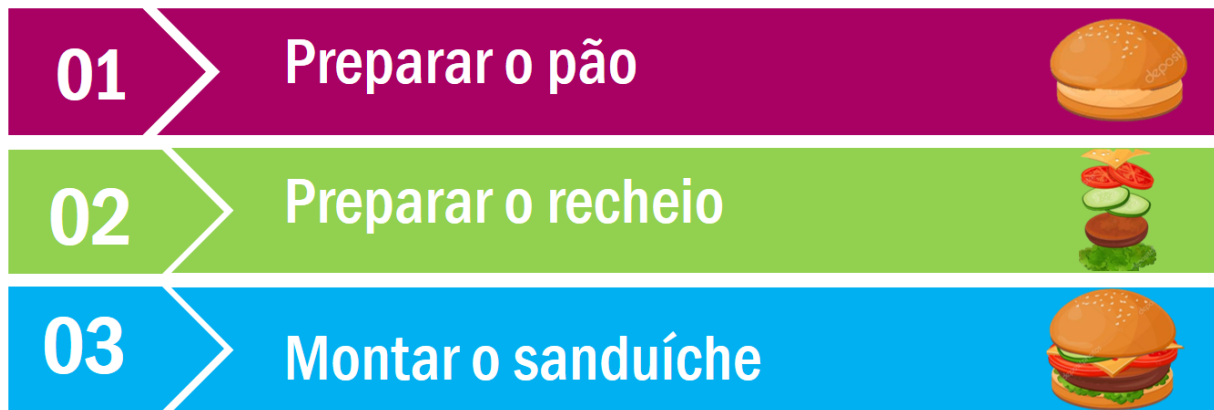
Paralelismo de instruções: é a execução de mais de uma instrução ao mesmo tempo pelo CPU afim de aumentar o número de instruções por ciclo do relógio.



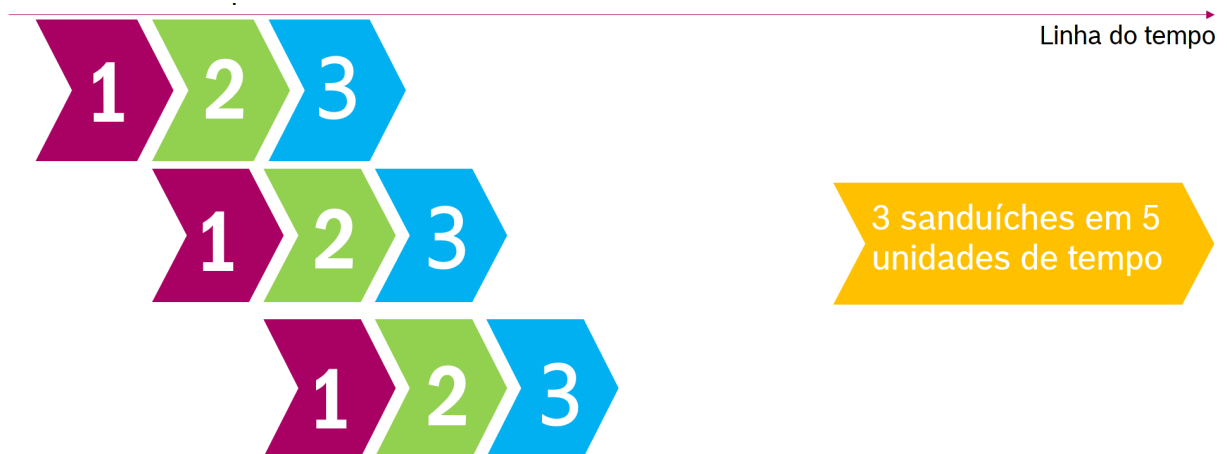
Assim, num dado momento, temos várias instruções sendo trabalhadas pela CPU, onde cada estágio está 'trabalhando' em uma instrução diferente. Em uma Pipeline de instruções, novas instruções são aceitas como entradas de um estágio enquanto que outras instruções aparecem como saídas do estágio.

Não existe uma maneira de instruções seriadas de um mesmo programa poderem ser executadas corretamente em mais de um processador. Para resolver isso que existe o Pipeline.

Exemplo sem a ideia de Pipeline, em que só começará o próximo sanduíche depois que a atividade 3 for concluída, cada atividade é realizada em 1 unidade de tempo, então para realizar 3 sanduíches usaremos 9 unidades de tempo :



Com a ideia Pipeline, em que há uma pessoa responsável por cada atividade, será possível executá-las em paralelo.



A operação de um pipeline RISC hipotético de cinco estágios, está ilustrado no diagrama de tempo abaixo. As instruções passam pelo pipeline da esquerda para a direita e são executadas em uma sequência de cinco estágios de um ciclo. O tempo é medido de cima para baixo do diagrama em termos de ciclos que vão sendo completados.

Esquema Simplificado da Arquitetura Pipelined de 5 Estágios

	<i>Instrução</i>	<i>Registro</i>	<i>Execução</i>	<i>Acesso de Dados</i>	<i>Escreve o Resultado</i>
<i>Ciclo 1</i>	<i>Instrução 1</i>				
<i>Ciclo 2</i>	<i>Instrução 2</i>	<i>Instrução 1</i>			
<i>Ciclo 3</i>	<i>Instrução 3</i>	<i>Instrução 2</i>	<i>Instrução 1</i>		
<i>Ciclo 4</i>	<i>Instrução 4</i>	<i>Instrução 3</i>	<i>Instrução 2</i>	<i>Instrução 1</i>	
<i>Ciclo 5</i>	<i>Instrução 5</i>	<i>Instrução 4</i>	<i>Instrução 3</i>	<i>Instrução 2</i>	<i>Instrução 1</i>

Fluxo da Instrução → → → → → → → → → → → → → → → → → →