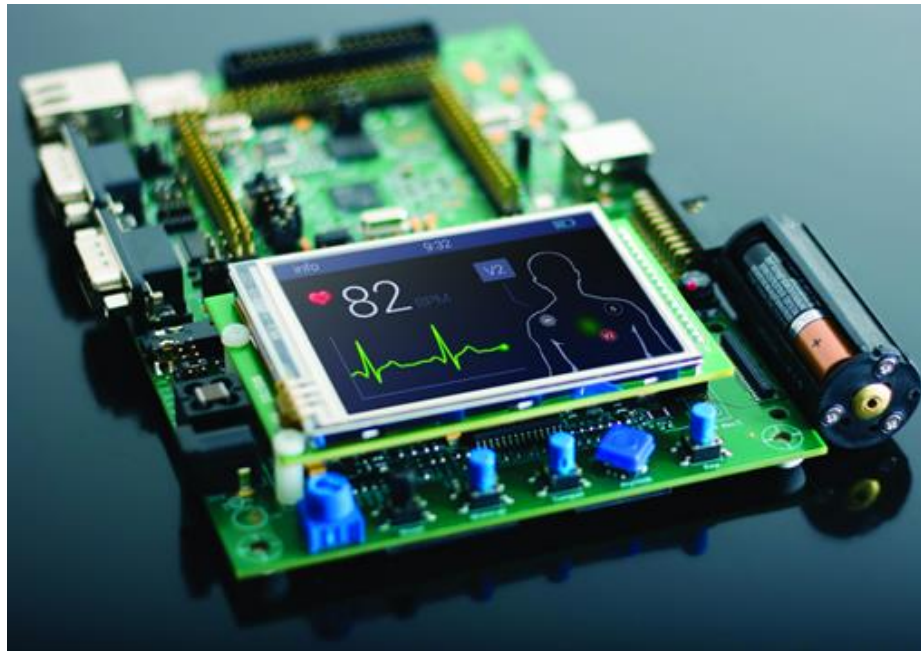
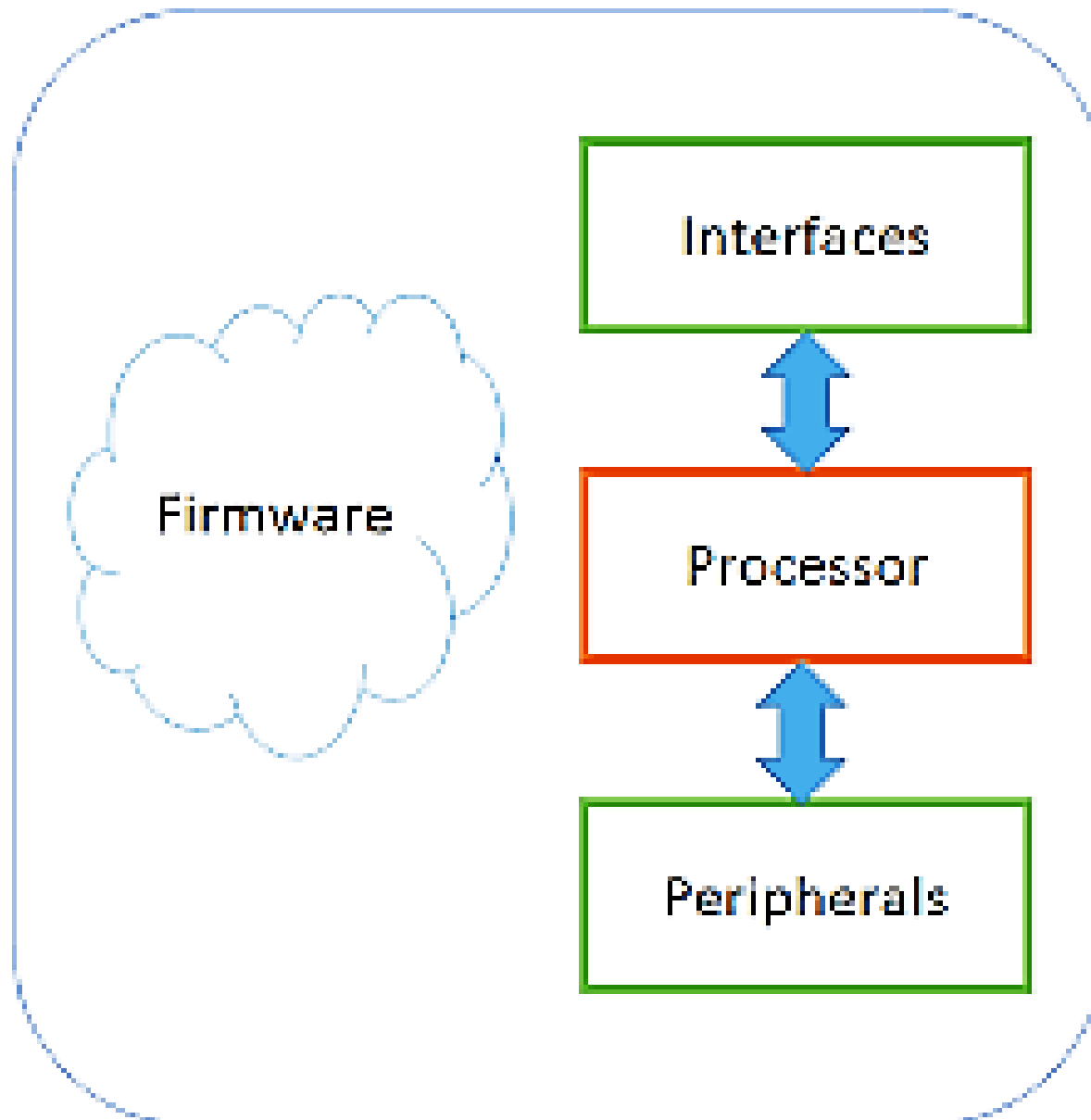


MICROCONTROLADORES E SISTEMAS EMBARCADOS



Sistema Computacional Embarcado

- Sistema computacional: – Processador + Memória + Periféricos
- Embarcado:
 - Faz parte de outro sistema;
 - Exemplos: aeronave, automóvel, eletrodoméstico, equipamento agrícola, equipamento médico, equipamento de telecomunicações, etc.
- Reage a eventos externos e internos



- Um sistema embarcado pode ser microprocessado ou microcontrolado, no qual o “computador” é completamente encapsulado ou dedicado ao dispositivo ou sistema que o mesmo controla.
- É desenvolvido para uma tarefa específica.
Por questões como segurança e usabilidade, pode possuir restrições para computação em tempo real.
- O software escrito para sistemas embarcados é muitas vezes chamado ***firmware***, e armazenado em uma memória ROM ou memória flash ao invés de um disco rígido.
- Por vezes o sistema também é executado com recursos computacionais limitados: sem teclado, sem tela e com pouca memória.

Em geral os sistemas embarcados possuem uma capacidade de processamento reduzida em comparação com computadores pessoais (notebooks e desktops).

Processamento de sinais: aplicações que envolvem um grande volume de informação a ser processado em curto espaço de tempo.

Os sinais a serem tratados são digitalizados através de ADs, processados, e novamente convertidos em sinais analógicos por DAs. Exemplos: compressores de vídeo, radares e sonares, etc.

Comunicações e redes: chaveamento e distribuição de informações. Sistemas de telefonia e telecomunicações, equipamentos de redes e internet.

Switch

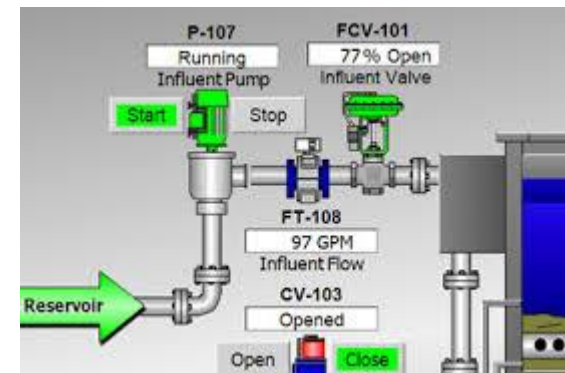


Firewall



Sistemas de controle: controles em malha fechada com realimentação em tempo real.

- Geralmente são as aplicações mais robustas, com placas dedicadas e múltiplos sensores de entrada e saída.
- Muitas vezes fornecem pouca interação com o usuário.
- Usados nos motores de automóveis, processos químicos, controle de vôo, usinas nucleares, etc.



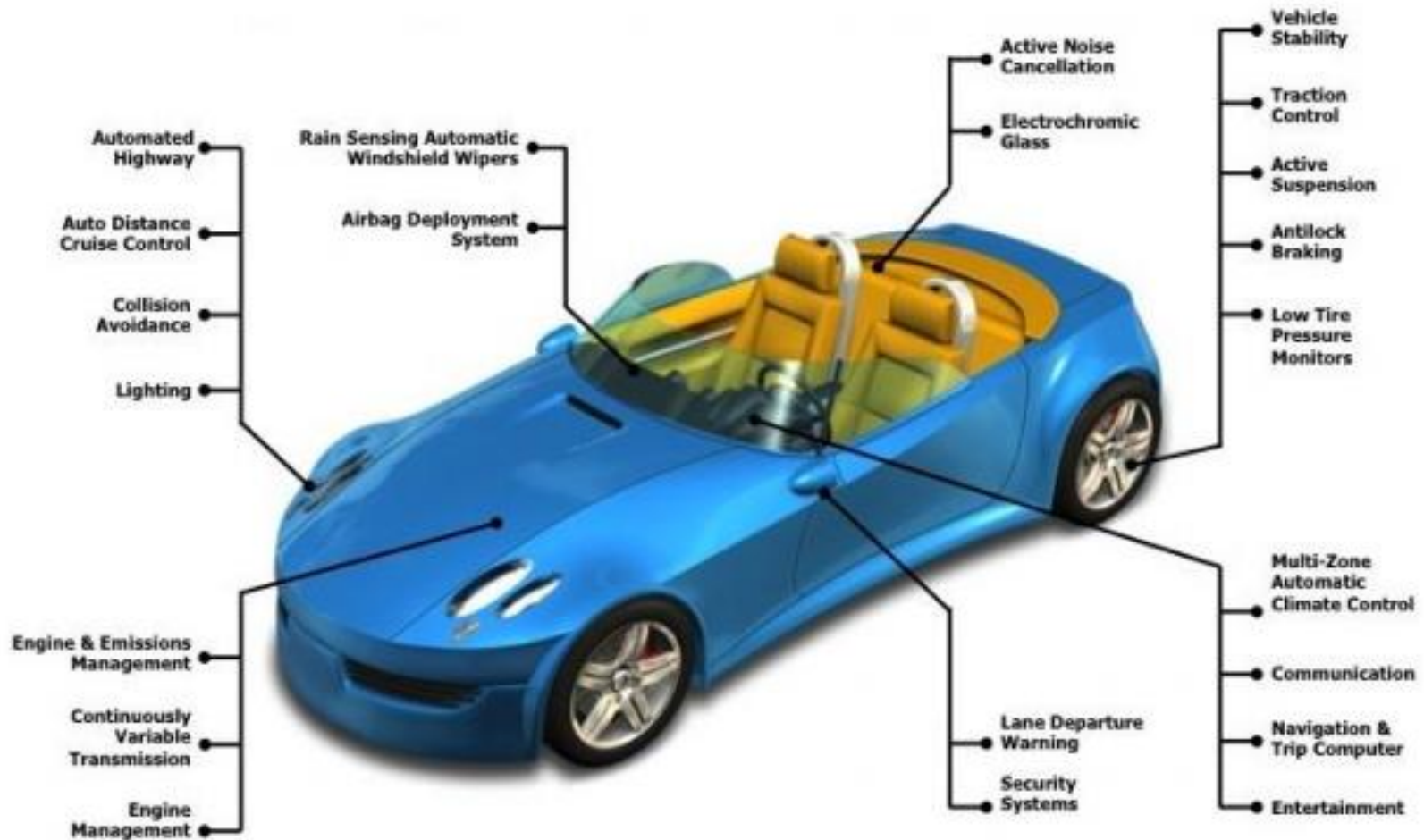
Aplicações

Propósito geral: são as aplicações mais parecidas com os computadores de mesa, mas em *embalagens embarcadas*.

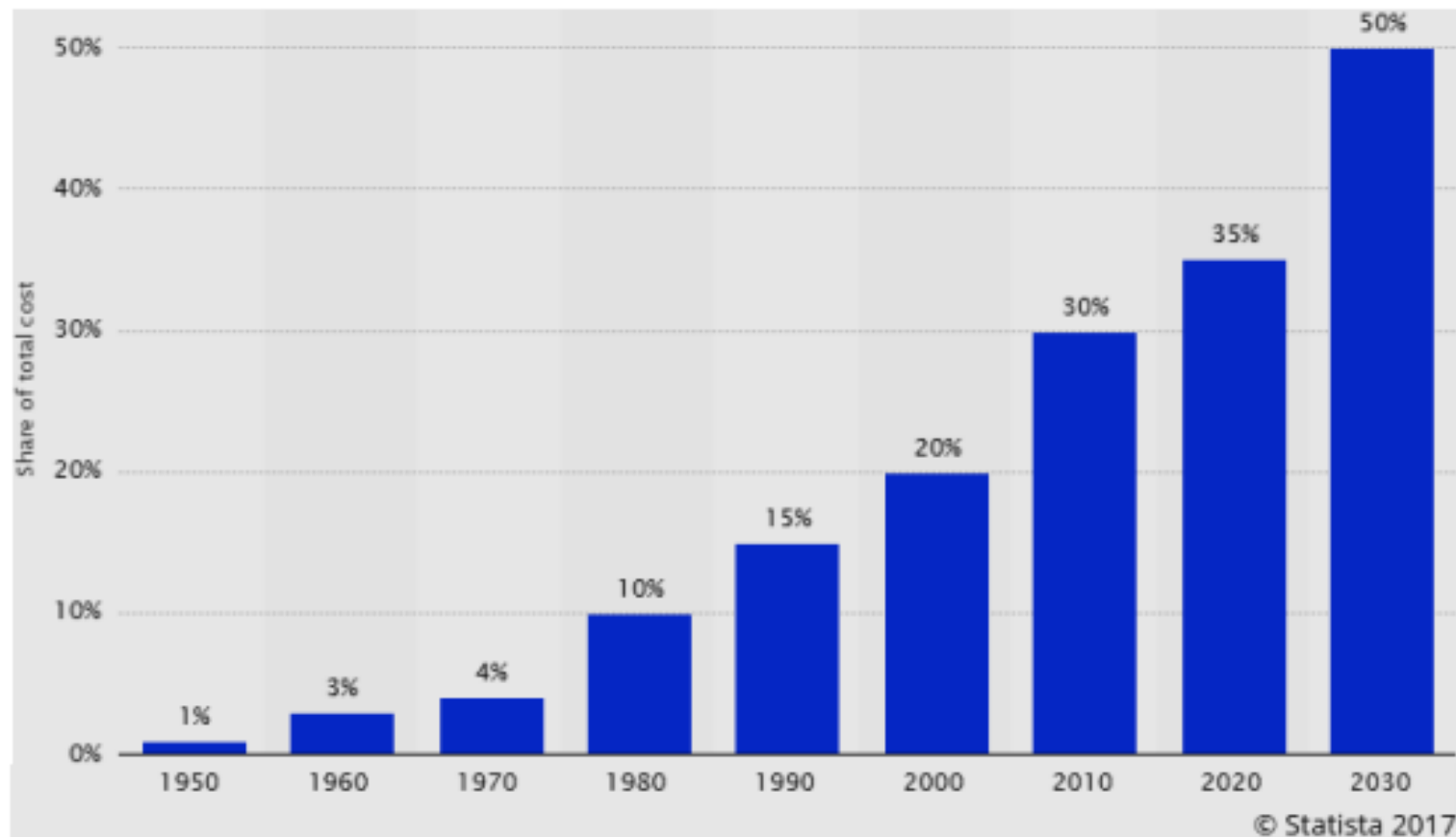
Nelas costumam haver grande interação entre os usuários e o sistema, geralmente através de terminais de vídeo ou monitores. Como exemplo tem-se os vídeo games, caixas de bancos, centrais multimídia automotivas e etc.



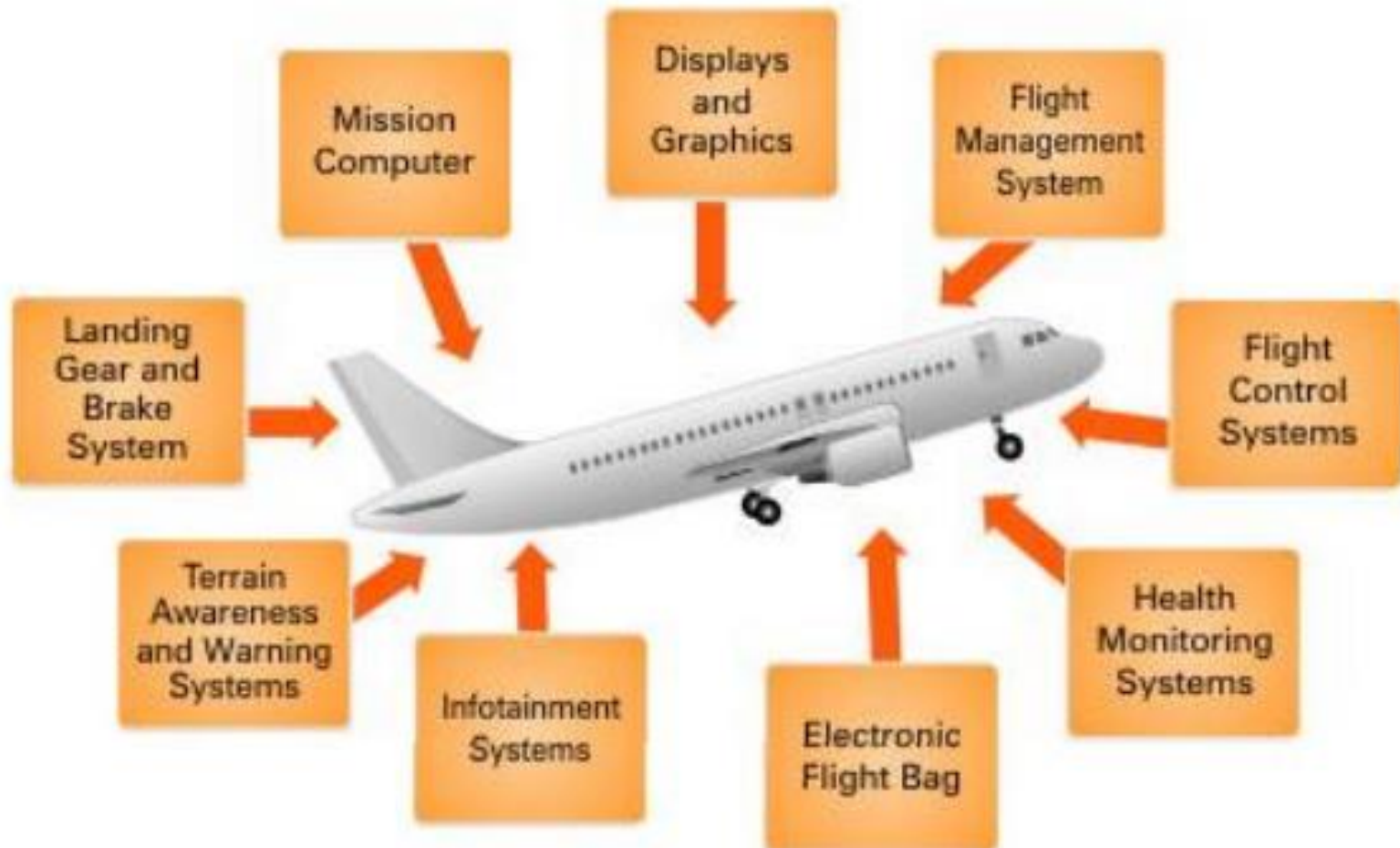
Sistemas Automotivos (Drive-by-Wire)



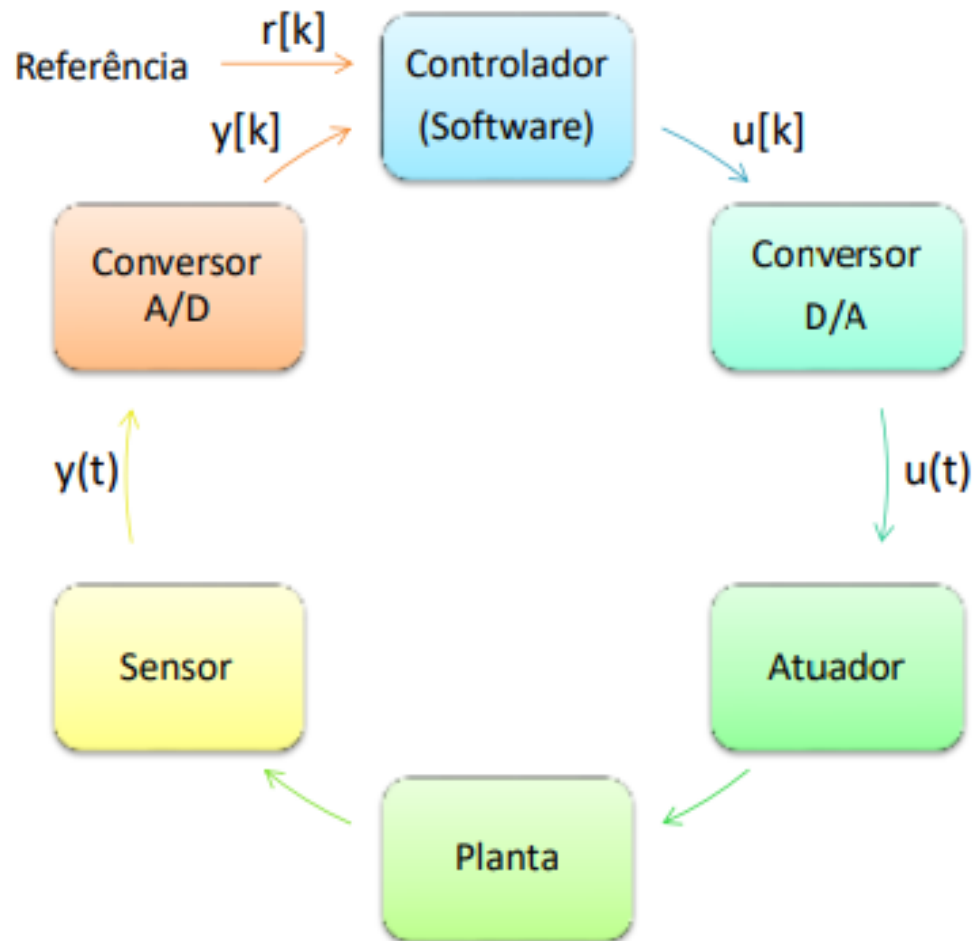
Eletrônica Automotiva Embarcada



Sistemas Aviônicos (Fly-by-Wire)



Sistema de Controle Digital

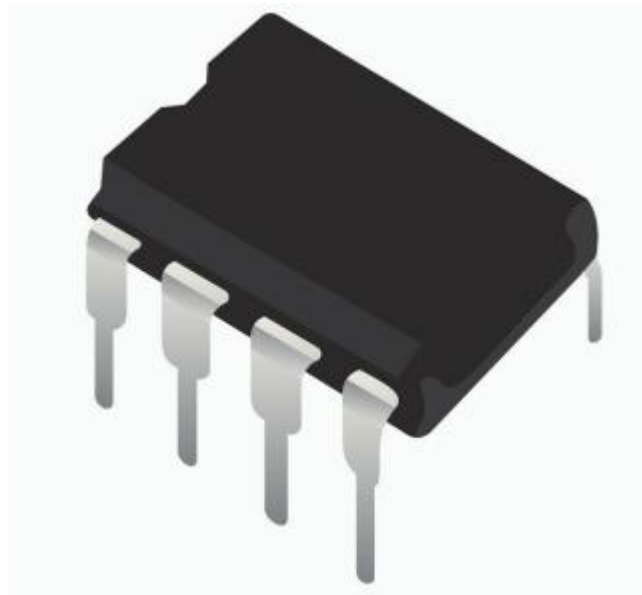




MICROCONTROLADORES

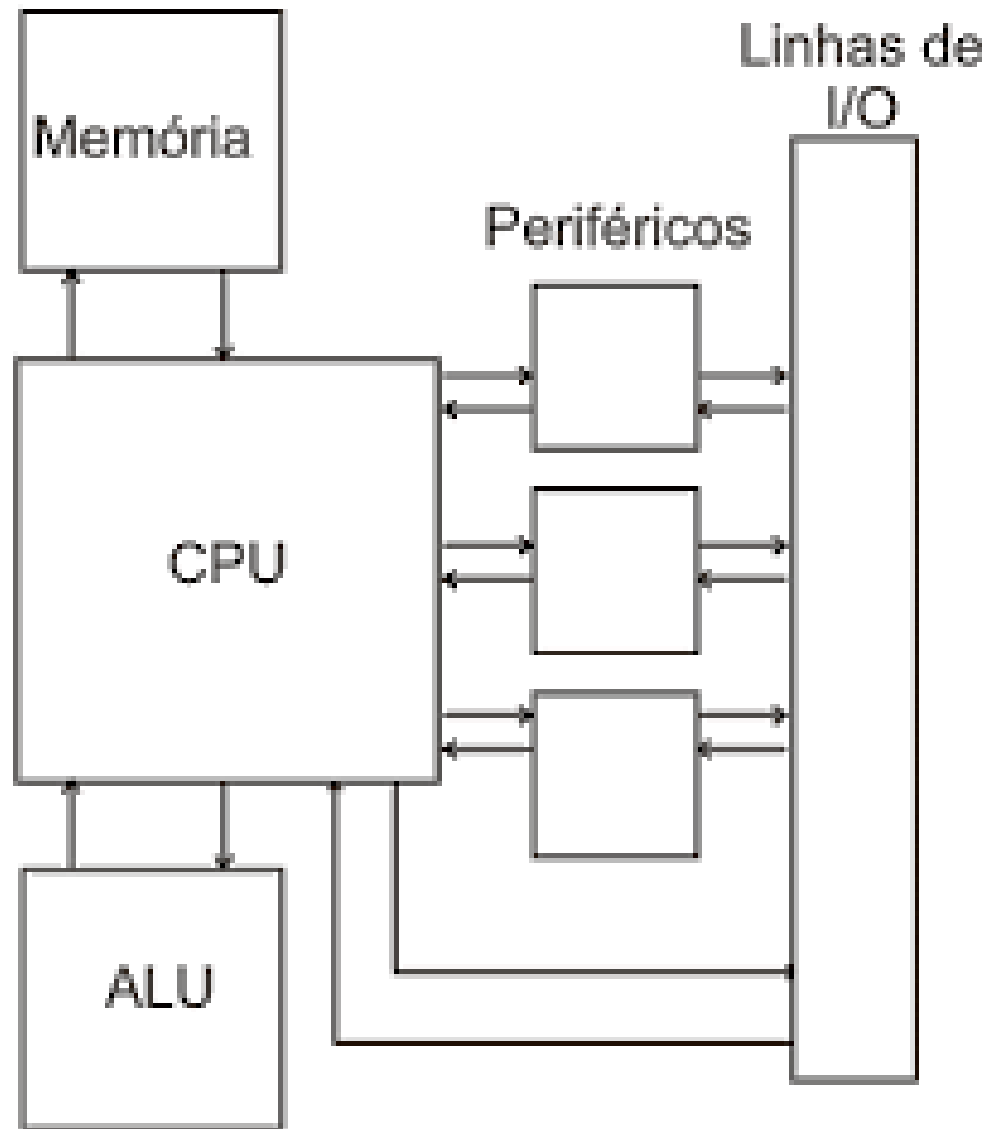


- Um microcontrolador pode ser visto como um computador em um único chip.



- Esse chip contém um processador (Unidade Lógica e Aritmética – ULA), memória, periféricos de entrada e de saída, temporizadores, dispositivos de comunicação serial, dentre outros.

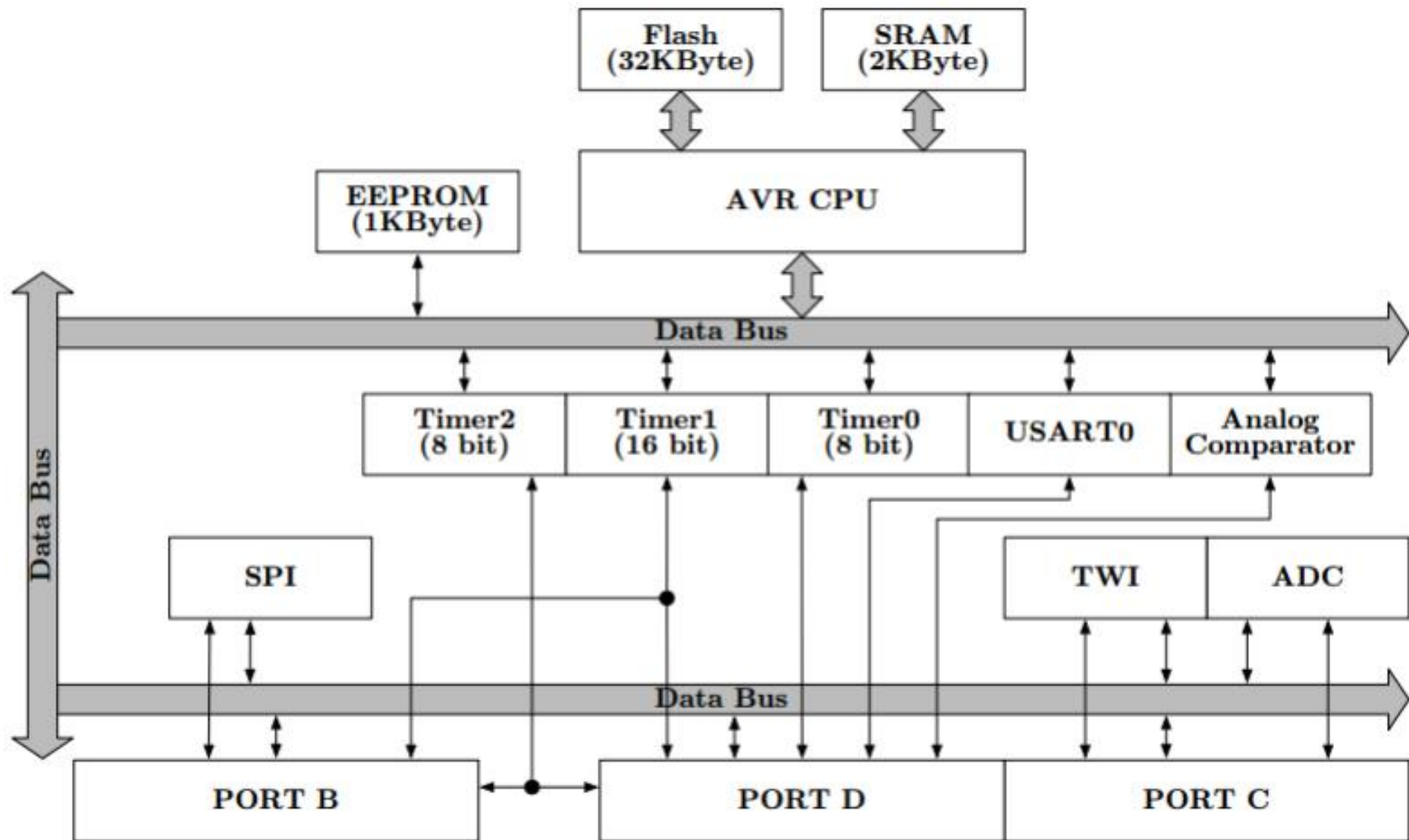
Microcontrolador



Cada componente tem uma função específica:

- a) CPU (Unidade de Processamento Central) tem a finalidade de interpretar as instruções de programa.
- b) Na memória somente de leitura na qual são gravadas as instruções do programa.
- c) A memória RAM (Memória de Acesso Aleatório) é utilizada para memorizar as variáveis utilizadas pelo programa.
- d) O conjunto de LINHAS de I/O é utilizado para controlar dispositivos externos ou receber impulsos de sensores, interruptores, etc.

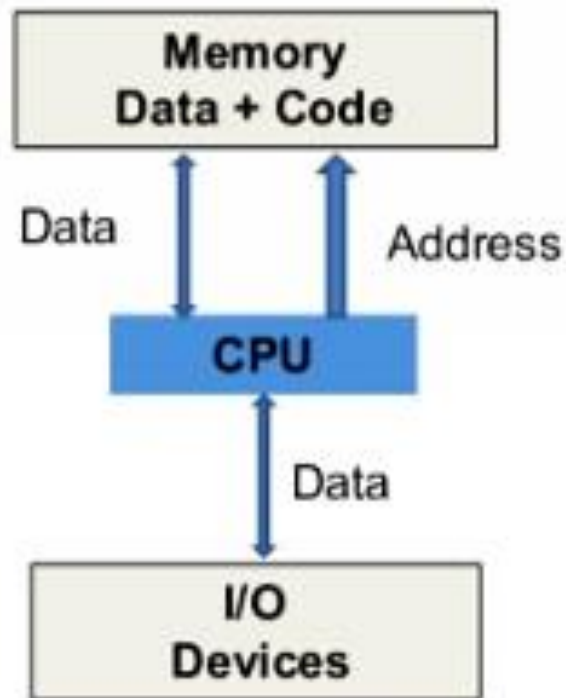
e) O conjunto de dispositivos auxiliares dão suporte ao funcionamento do componente, ou seja, gerador de clock, contadores, UASART para comunicação, etc.



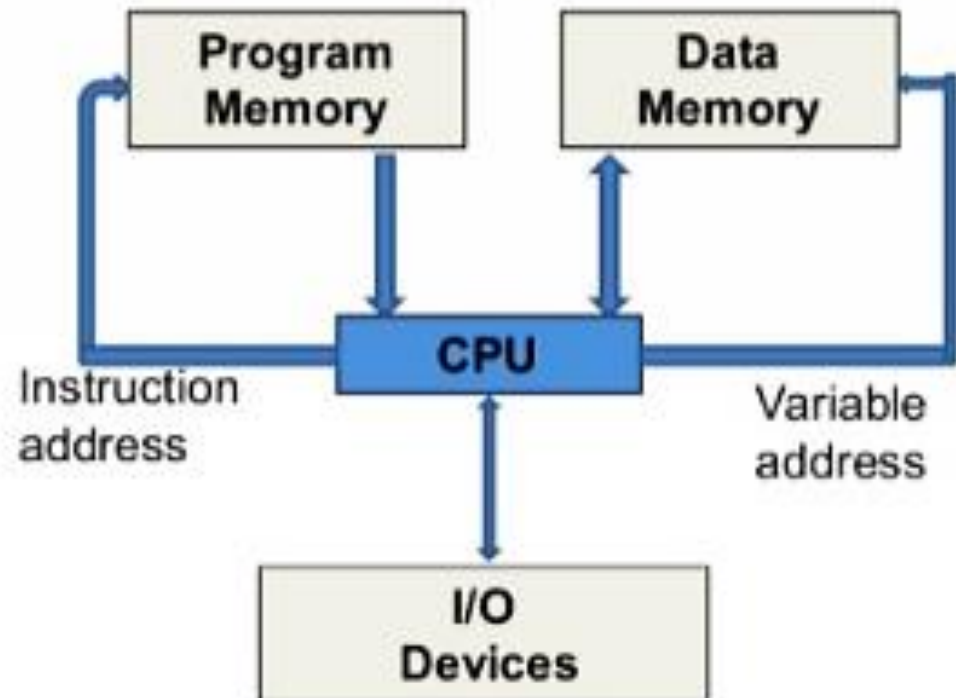
Arquiteturas Harvard e Von Neuman

Quando um sistema de processamento de dados (processadores e microcontroladores) possui uma única área de memória na qual ficam armazenados os dados (variáveis) e o programa a ser executado (software), dizemos que esse sistema segue a arquitetura de Von Neuman.

No caso em que os dados (variáveis) ficam armazenados em uma área de memória e o programa a ser executado (software) fica armazenado em outra área de memória, dizemos que esse sistema segue a arquitetura Harvard.



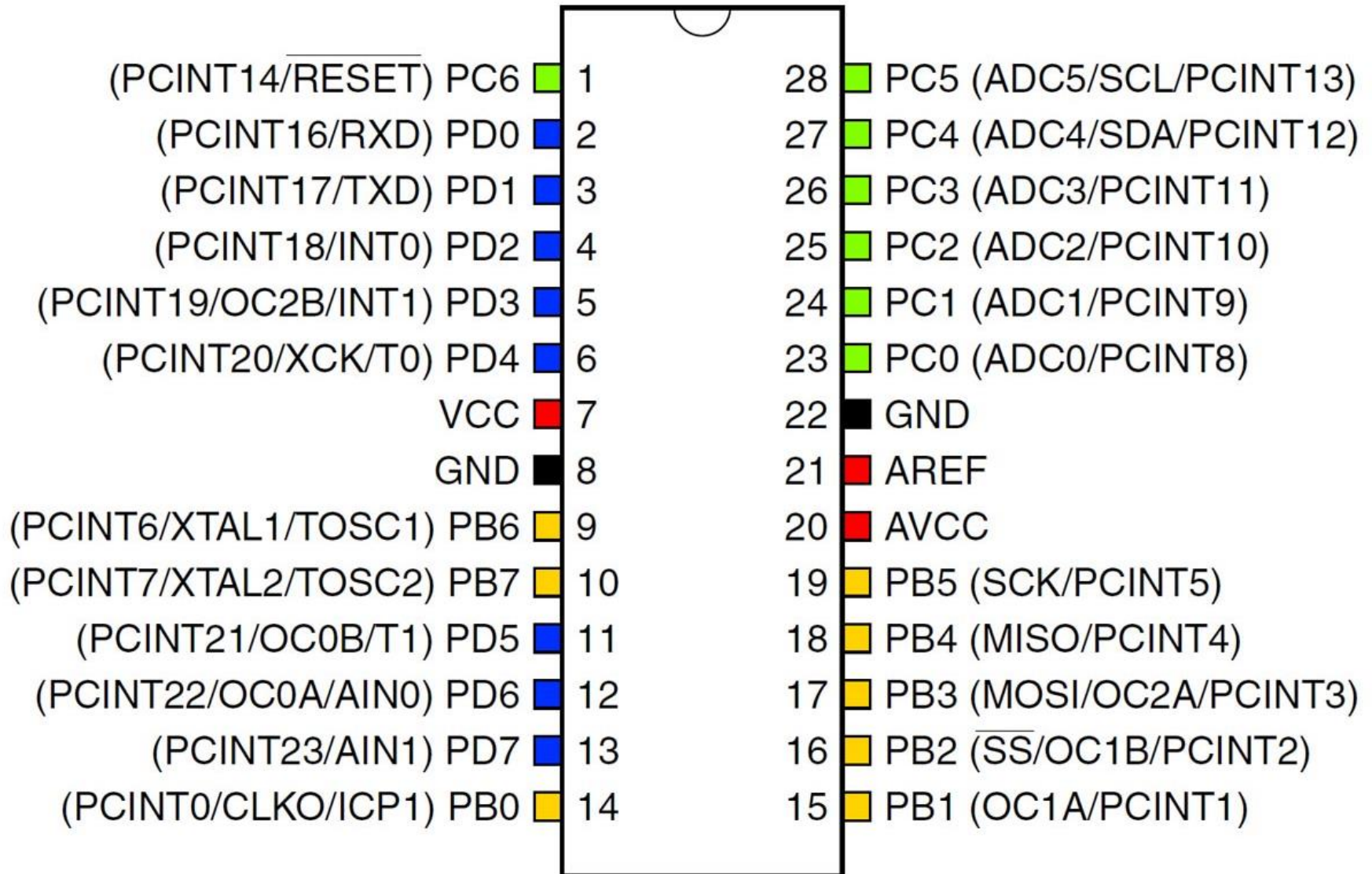
Von Neumann Machine



Harvard Machine

Hardware do microcontrolador

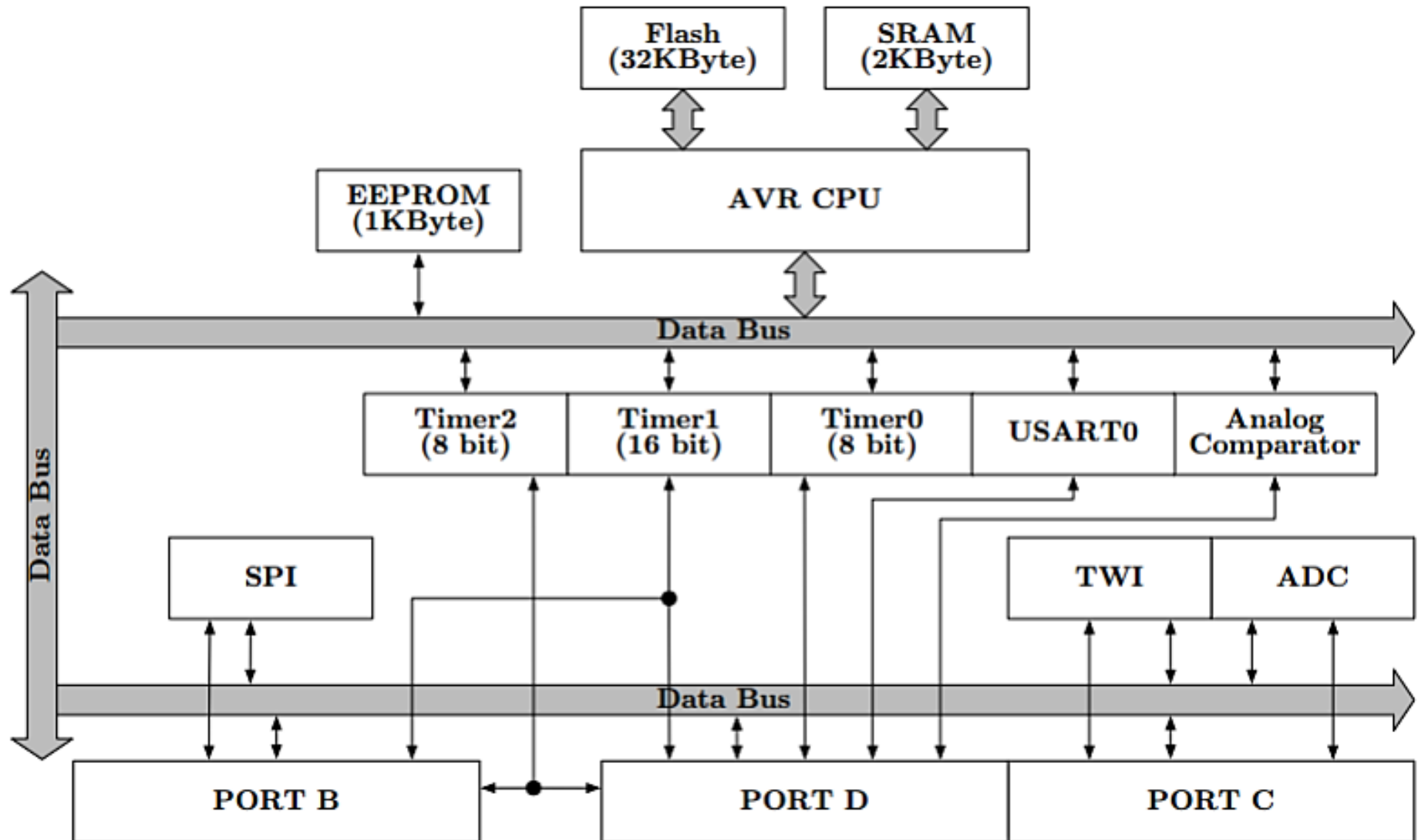
ATMEGA 328p



ATMEGA 328p

- Microcontrolador de 8 bits baseado em um processador AVR RISC
- Arquitetura Harvard (memórias de programa e dados independentes).
- 32kB de memória flash para armazenamento de programas.
- 2kB de memória RAM estática para armazenamento de dados.
- 1kB EEPROM para armazenamento não-volátil.
- 23 linhas de entrada/saída de propósito geral (GPIO).
- 32 registradores de propósito geral.
- 3 temporizadores/contadores.
- USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter).
- Porta serial I2C (Inter-Integrated Circuit), também chamada de TWI (Two Wire Interface).
- Porta serial SPI (Serial Peripheral Interface).
- 6 canais de 10 bits para conversão A/D.

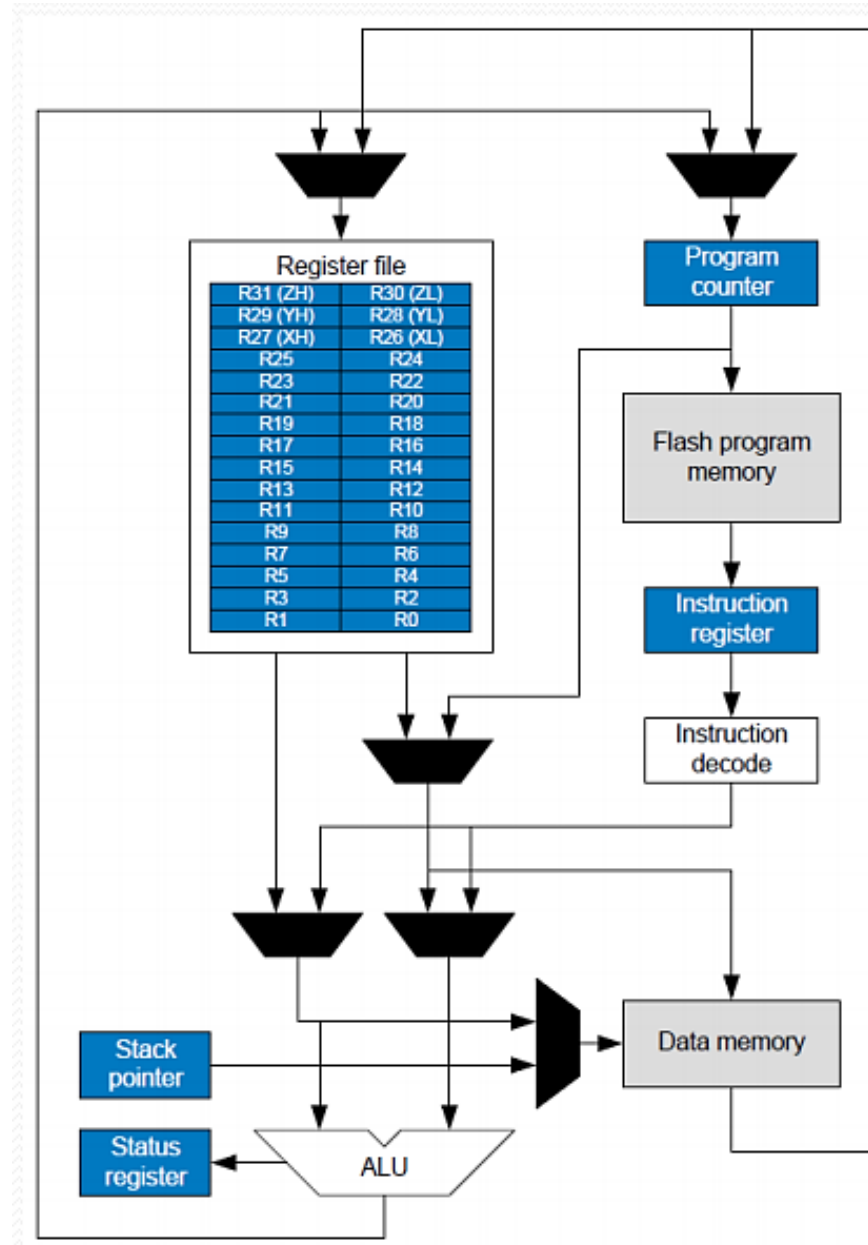
ATmega328P: Arquitetura

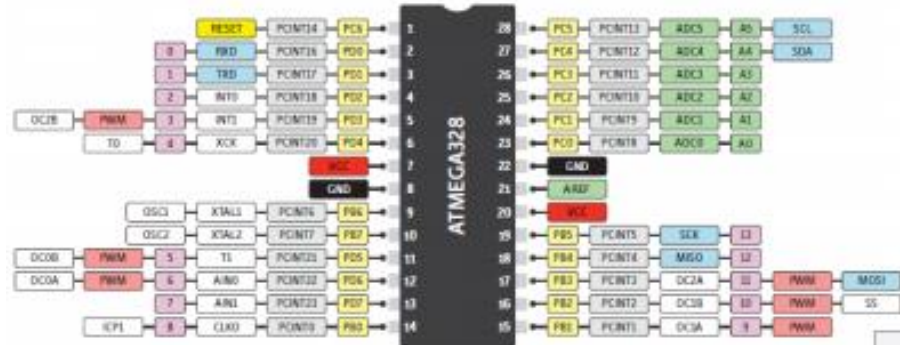


PERIFÉRICOS

- Cada periférico é controlado e configurado através de um conjunto de registradores específicos.
- Cada registrador é mapeado em uma posição da memória de dados, ou seja, sua manipulação se dá através de operações de escrita e leitura em memória.
- Cada linha das portas B, C e D (GPIOs) pode ser configurados como entrada ou saída de maneira independente.
- A memória flash de programa pode ser programada através da conexão serial SPI ou por meio de um boot loader (Arduino).

CPU – AVR

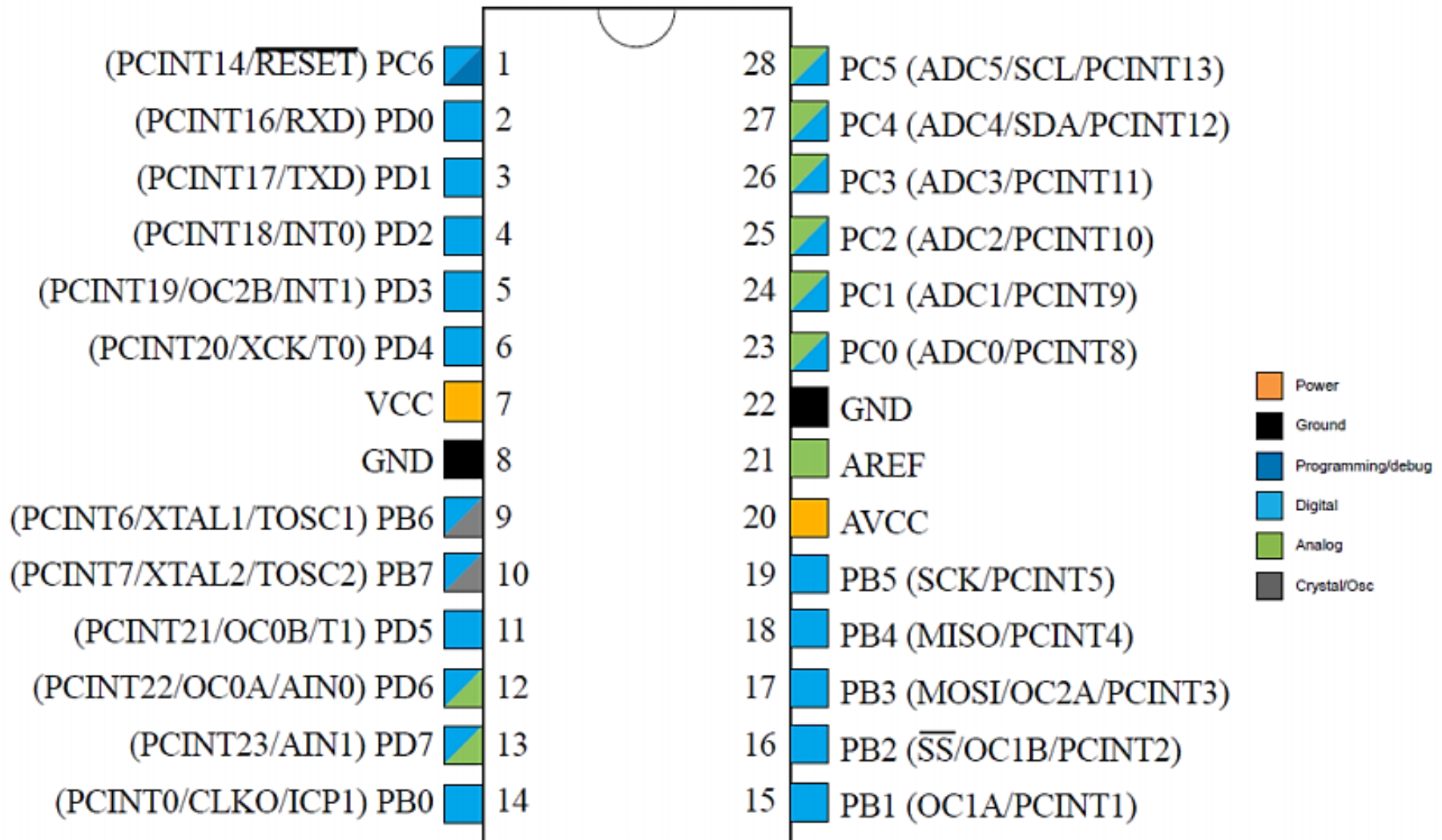




GPIO

- As portas de entrada e saída de propósito geral (GeneralPurpose Input/Output - GPIO) são provavelmente os componentes dos microcontroladores mais empregados em sistemas embarcados.
- GPIOs são linhas digitais conectadas aos pinos externos do microcontrolador usadas no controle e acionamento de dispositivos (LEDs, botões, motores, etc).
- Cada GPIO pode ser configurada independentemente como um pino de entrada ou de saída.
- Via software, pode-se escrever um nível 0 ou um nível 1 em uma GPIO de saída ou pode-se ler valores digitais em uma GPIO de entrada.

Exercício: Identifique os pinos correspondentes à GPIO.



- **Temporizador:** circuito capaz de medir intervalos de tempo.
- Pode gerar eventos temporais – por exemplo, para manter o sinal verde em um semáforo por 10 s.
- Pode medir o tempo decorrido entre a ocorrência de eventos – por exemplo, para computar a velocidade de um carro.

Como medir o tempo?

- Contando os pulsos que aparecem em um sinal de relógio de entrada que possui um período/frequência conhecido.
- Exemplo: Se a frequência do relógio é igual a 1 MHz (período 1 μ s) e são contabilizados 2000 pulsos, o tempo decorrido é igual a 2 ms.

Exemplo:

➤ **Faixa:** máximo intervalo de tempo que o temporizador consegue medir.

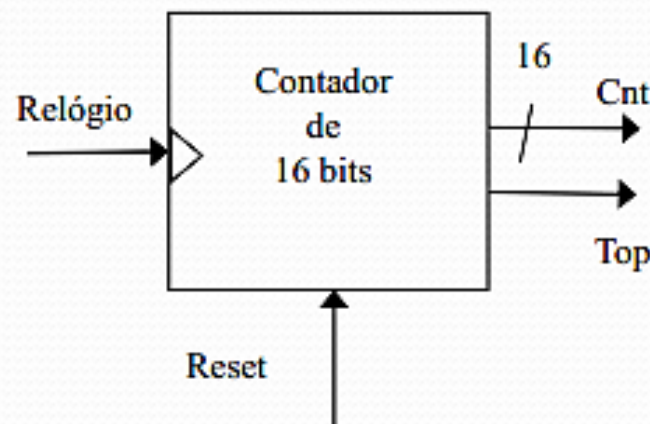
Exemplo: $65535 \cdot 1 \times 10^{-6} = 65,535 \text{ ms}$

➤ **Resolução:** mínimo intervalo de tempo que o temporizador consegue medir (período do relógio).

Exemplo: $1 \mu\text{s}$

➤ O sinal top indica que a contagem máxima foi alcançada

Temporizador Básico

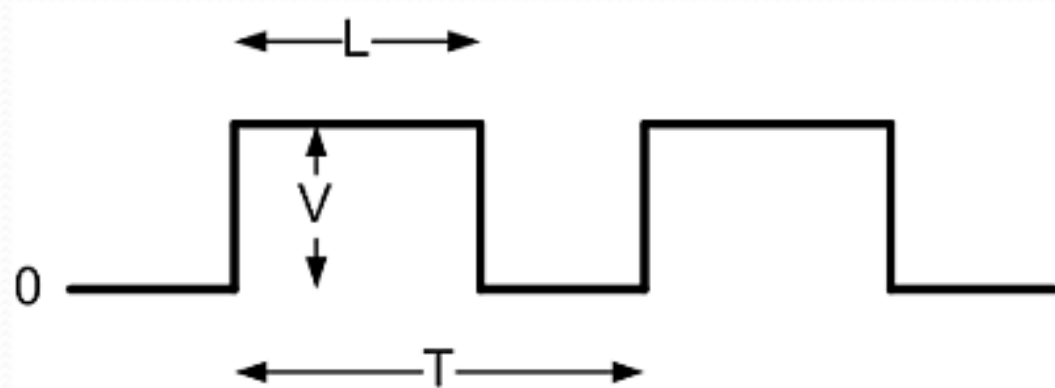


Modulação por largura de pulso (PWM)

Modular: inserir informações em um sinal mediante a modificação de suas características. Exemplos: AM e FM.

- Modulação por largura de pulso ou Pulse Width Modulation (PWM) ajusta o tempo que um sinal periódico com dois níveis (digital), alto e baixo, permanece em nível alto de acordo com a informação a ser inserida.
- Tempo de nível alto: largura do pulso.
- Duty cycle: razão entre a largura do pulso (tempo em nível alto) e período da onda.

- $duty\ cycle = \frac{L}{T}$



- Tensão média:

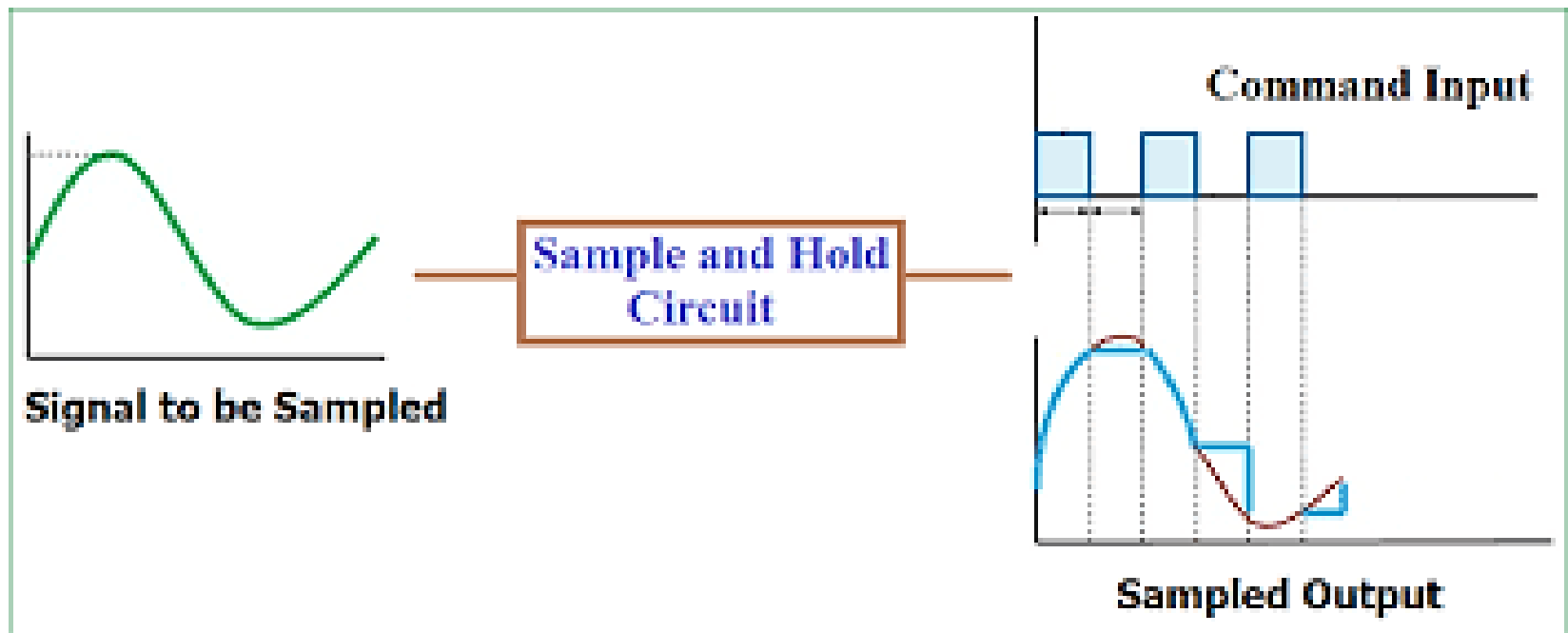
$$V_m = \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} V(t) dt = \frac{1}{T} LV = V \times duty\ cycle$$

Aplicações:

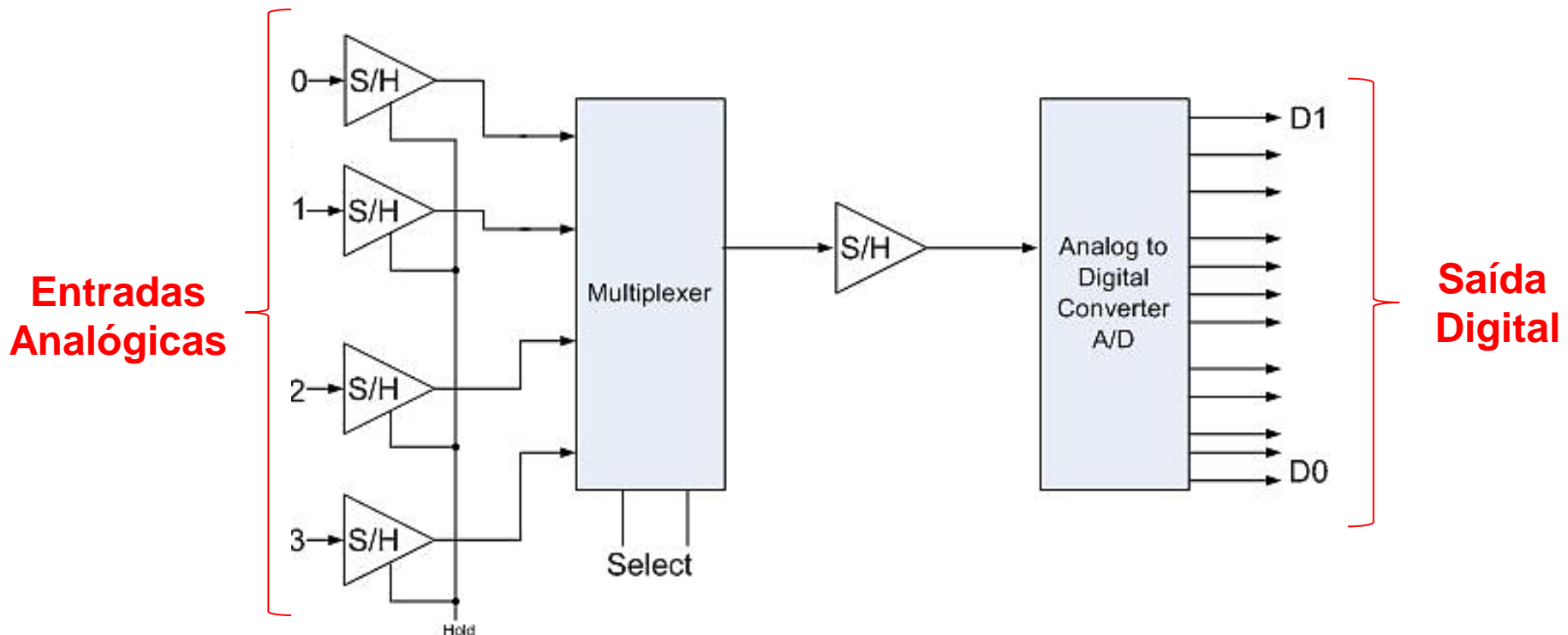
- Controle de velocidade de motores CC, como, por exemplo, ventoinhas de computadores.
- Controle de luminosidade de lâmpadas em dimmers.
- Posicionamento de servomotores em robótica e em dispositivos radio-controlados.

Conversor A/D

O conversor analógico-digital (A/D) efetua a conversão de um sinal analógico para a sua representação digital de 10 bits. A primeira etapa no processo de conversão é a amostragem e retenção.

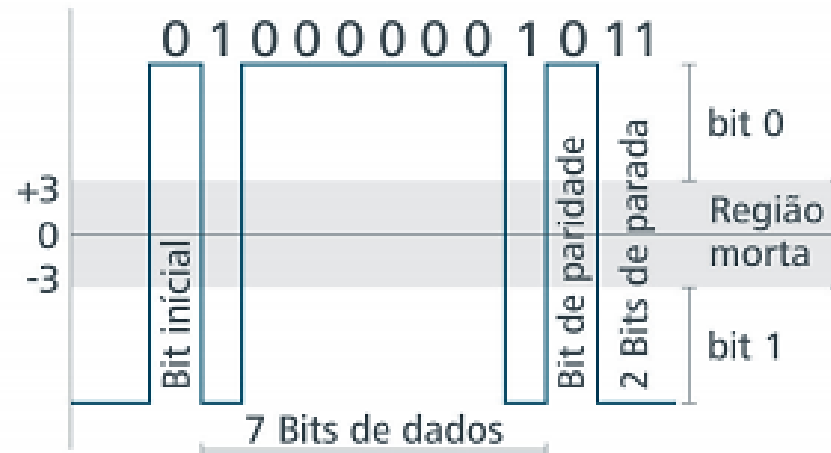


A saída do circuito de amostragem e retenção é ligado à entrada do conversor A/D de n bits.
Onde n é a resolução do conversor.



UART

- UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter): receptor/transmissor universal assíncrono.
- Recebe dados seriais e os armazena como dados paralelos (usualmente um byte); também recebe dados paralelos e os transmite de forma serial.
- Útil para comunicação entre dispositivos bastante afastados ou quando há poucos pinos de entrada/saída disponíveis.
- Baud rate = determina a velocidade com que dados são trocados entre duas UARTs; mede o número de mudanças de sinal por segundo que ocorrem na linha serial.



- 1- DCD Data Carrier Detect
- 2- RX Receive Data
- 3- TX Transmit Data
- 4- DTR Data Terminal Ready
- 5- GND Ground
- 6- DSR Data Set Ready
- 7- RTS Request To Send
- 8- CTS Clear To Send
- 9- RI Ring Indicator

