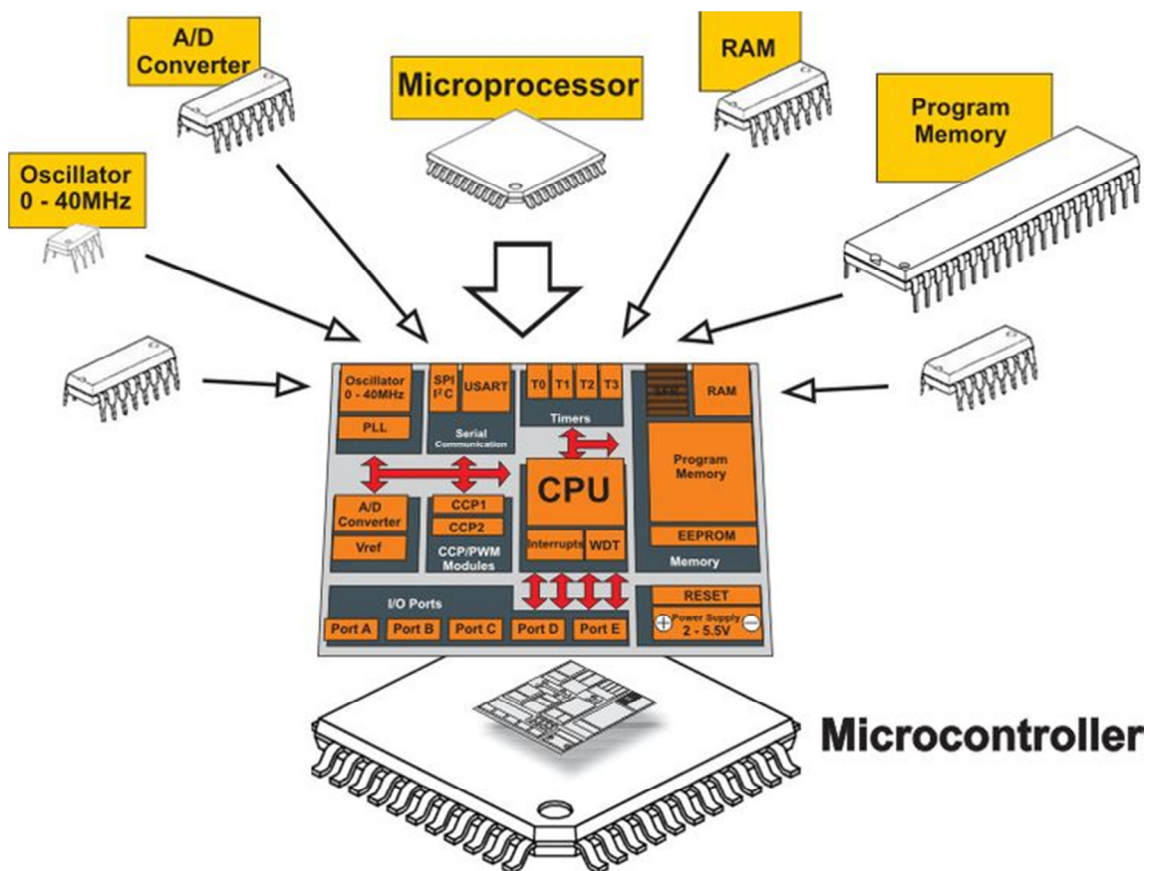


Introdução ao MICROCONTROLADOR

1. Histórico

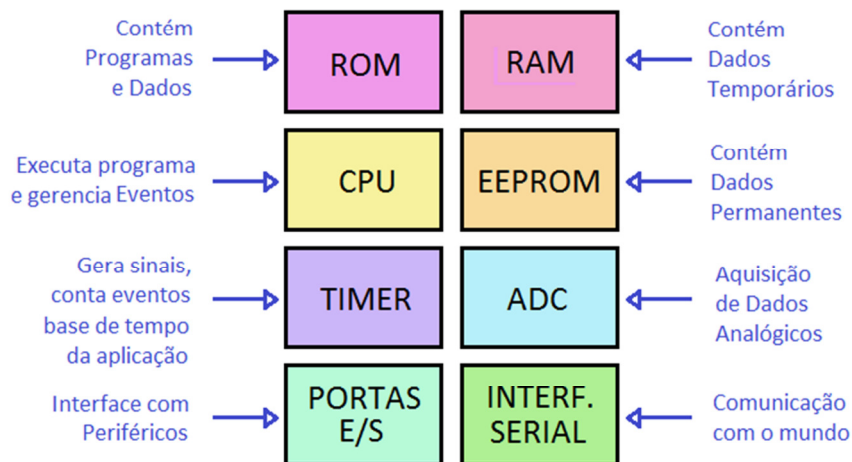
Nos anos da década 1970, as funções de controle de sistemas eletrônicos eram implementadas com componentes lógicos discretos (circuitos integrados de baixa escala de integração) e geralmente os dispositivos resultantes (*hardware*) eram caixas grandes e pesadas. Posteriormente (década de 1990), foram utilizados microprocessadores e o controlador inteiro já cabia em uma pequena placa de circuito impresso. À medida que o processo de miniaturização continuava, todos os componentes necessários em um controlador eletrônico foram construídos diretamente em um chip. Ao incluir apenas os recursos específicos da tarefa, o custo tornou-se relativamente baixo. Estava criado o microcontrolador (MCU - *MicroController Unit*), dispositivo que, em geral, possui instruções de manipulação de bits, acesso fácil e direto a funções de E/S e processamento de interrupção rápido e eficiente. Portanto, um microcontrolador é um dispositivo de larga escala de integração que inclui, em um chip, todas ou a maioria das partes necessárias para executar funções de controle. Os microcontroladores vêm em muitas variedades. Dependendo da energia e dos recursos necessários, os clientes podem escolher microcontroladores de 4, 8, 16, 32 ou 64 bits.

Diferença entre Microprocessador e Microcontrolador:



2. Componentes de um Microcontrolador

Diagrama de Blocos Típico de um MCU



ROM (Read Only Memory) - Memória Somente Leitura

A ROM geralmente é usada para armazenar instruções do programa. A ROM é o meio mais barato de armazenar um programa em um microcontrolador, especialmente para fabricação em grandes volumes.

Flash

A Flash é uma memória eletricamente programável e apagável. Pode ser usada no lugar da ROM para armazenar instruções e dados permanentes (como tabelas) do programa. Um parâmetro importante da memória Flash é a sua capacidade, ou o número de vezes, que ela pode ser apagada ou reprogramada. Dependendo da tecnologia utilizada, essa quantidade pode ser de 100 a 300.000 ciclos de programação/apagamento.

RAM (Random Access Memory) - Memória de Acesso Aleatório

Durante a execução de um programa, os dados precisam ser salvos para uso posterior. Esses dados são geralmente armazenados na RAM (armazenamento temporário, enquanto a MCU estiver alimentada eletricamente).

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) - Memória Somente Leitura Programável Apagável Eletricamente

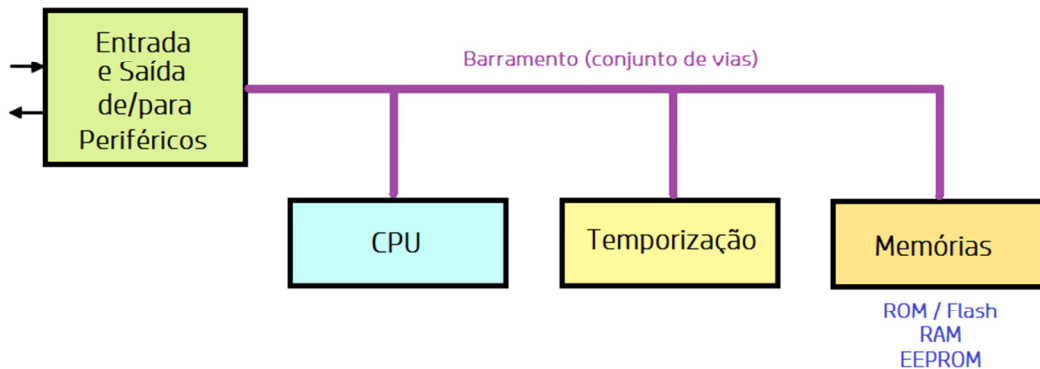
Há outra maneira de se armazenar dados em um microcontrolador: a EEPROM é usada para armazenar dados que devem ser salvos mesmo com o desligamento da MCU.

CPU (Central Processing Unit) - Unidade de Processamento Central

Esta unidade é o cérebro do sistema que processa todos os dados e suas movimentações ao longo do barramento. Por exemplo, para executar um programa, a CPU lê a primeira instrução da memória do programa (ROM ou Flash). Esta instrução é decodificada pela CPU e executada.

Após a conclusão da execução da instrução, a próxima instrução é buscada na memória (ROM ou Flash) e é executada. Este procedimento é repetido até o final do programa (ou um laço sem fim) ser encontrado.

Organização Típica de uma MCU



TIMERs - Temporizadores

O Timer (temporizador) ou sistema de temporização permite medir e cronometrar o tempo de eventos externos e internos. A potência dos temporizadores varia muito entre diferentes MCUs.

I/O Ports (INPUT/OUTPUT) - Portas de E/S (Entrada/Saída)

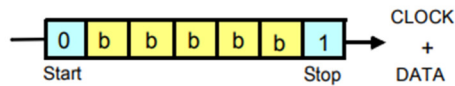
A maioria dos microcontroladores possui várias portas de E/S digitais usadas para acionar um LED ou obter uma entrada de um teclado. Geralmente, uma porta contém oito ou menos bits, os quais podem ser programáveis como bits de entrada ou de saída.

SERIAL INTERFACE - Interface Serial

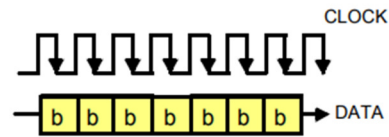
A interface serial é usada para trocar dados com o mundo externo. Muitos microcontroladores possuem periféricos de comunicação assíncronos e síncronos embutidos. Geralmente, uma interface assíncrona é chamada de interface de comunicação serial (SCI ou UART) enquanto a interface síncrona é chamada de interface periférica serial (SPI). Uma aplicação típica de SCI é conectar um PC para fins de depuração, enquanto uma aplicação típica SPI é conectar uma EEPROM externa. Um barramento síncrono inclui um sinal (via) separado para o relógio (sinal de cadência), o que simplifica o transmissor e o receptor, mas é mais suscetível ao ruído quando usado em comunicações de longas distâncias. Com um barramento assíncrono, os relógios do transmissor e do receptor são independentes e uma resincronização é realizada para cada byte a partir do próprio bit inicial.

Tipos de Comunicação Serial

Assíncrono



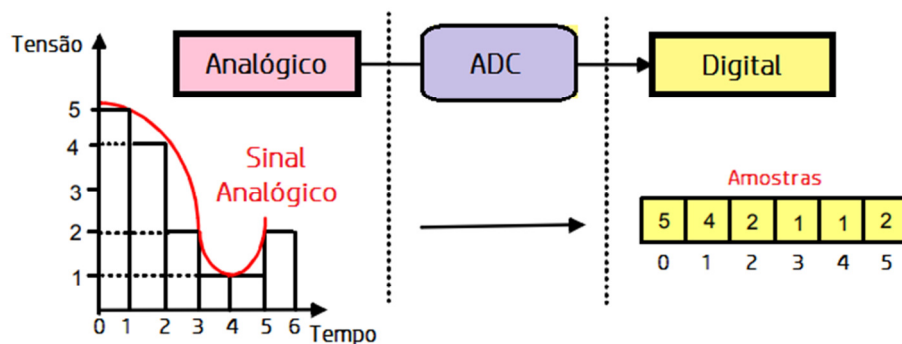
Síncrono



ADC (Analog/Digital Converter) - Conversor Analógico/Digital

Converte um sinal analógico externo (geralmente relativo à uma tensão) em uma representação digital. Microcontroladores que possuem esse recurso podem ser usados para instrumentação, registro de dados ambientais ou qualquer aplicativo que viva em um mundo analógico.

Conversão A/D



3. Aplicações Típicas de MCUs

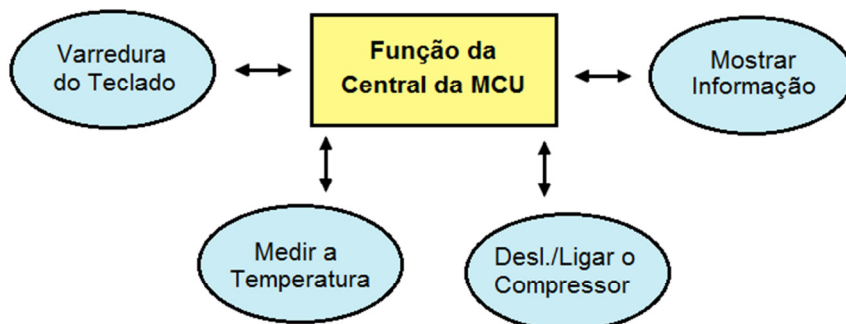
Os microcontroladores são frequentemente encontrados em eletrodomésticos (forno de micro-ondas, geladeiras, televisões, tocadores de DVD, aparelhos de som), computadores e equipamentos de informática (impressoras a laser, modems, unidades de disco), carros (controle de injeção de combustível, diagnóstico, controle climático), controle ambiental (estufa, fábrica, casa), instrumentação, aeroespacial e milhares de outros usos. Em muitos casos, mais de um microcontrolador pode ser encontrado no mesmo equipamento.

Aplicações Típicas de MCUs



Enquanto os microprocessadores visam o desempenho máximo de processamento, o objetivo dos microcontroladores é implementar um conjunto de funções de controle da maneira mais econômica possível. Embora o controle de um forno de micro-ondas com um Pentium (TM) possa parecer uma ideia atraente, ele pode ser facilmente realizado com um microcontrolador ST6 ou PIC. Em uma aplicação típica, a MCU precisa gerenciar várias tarefas de acordo com sua prioridade ou com a ocorrência de eventos externos (novo comando enviado pelo teclado, aumento da temperatura externa, ...).

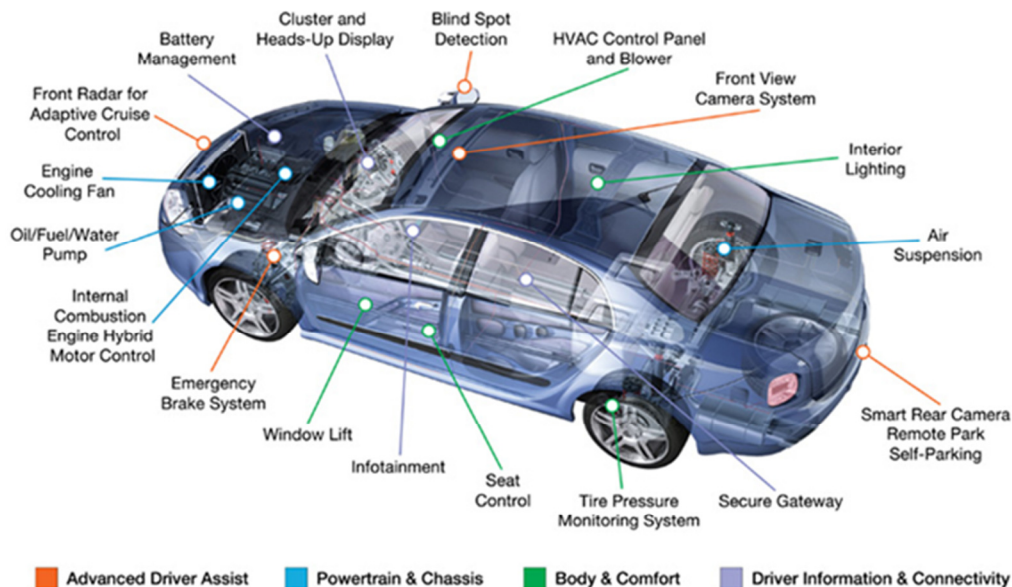
Gerenciamento de Tarefas pela MCU



A capacidade de gerenciar tarefas de controle por hardware ou software é o principal indicador de desempenho para MCUs.

Exemplo: O Mercado Automotivo

O mercado automotivo é a força motriz mais importante no mercado de microcontroladores, especialmente em seu mercado de ponta. Várias famílias de microcontroladores foram desenvolvidas especificamente para aplicações automotivas e foram posteriormente modificadas para atender a outras aplicações embarcadas.



Principais aplicações em Automóveis: injeção de combustível, computador de viagem, acesso sem uso de chave, segurança (airbag e ABS), faróis e lanternas, ajuste de banco e cintos de segurança, entretenimento (música, vídeo, rádio, internet, celular), acionamentos (portamalas, janelas etc.).

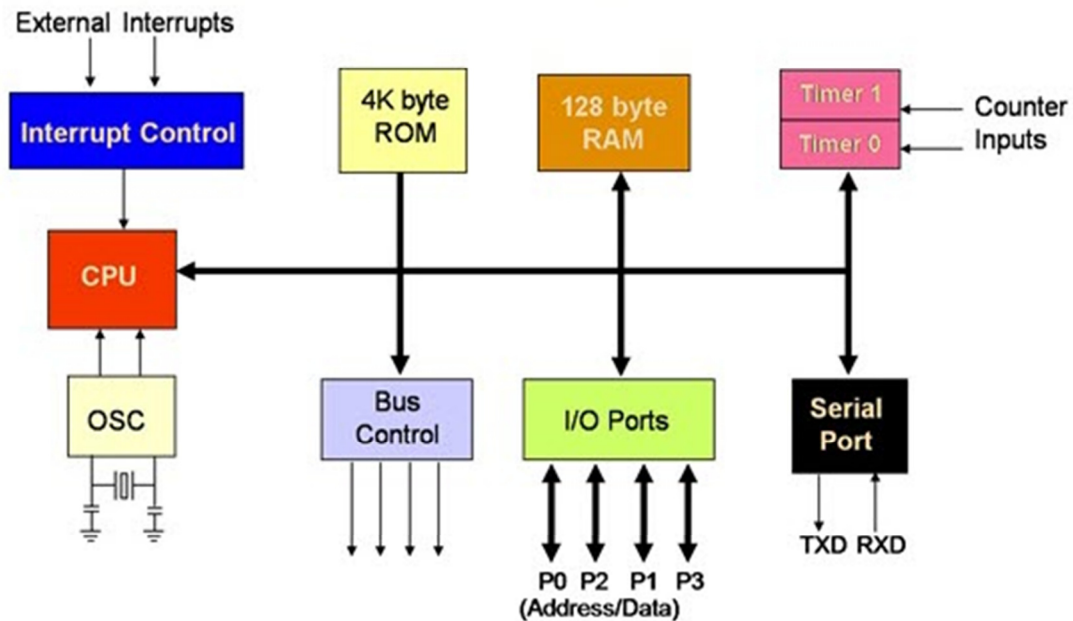
O mercado automotivo é exigente em termos de desempenho do dispositivo e confiabilidade dos componentes. A eletrônica deve operar em temperaturas extremas e ser capaz de suportar vibrações, choques e EMI (*ElectroMagnetic Interference*). A eletrônica deve ser confiável, porque uma falha que cause um acidente pode resultar em processos multimilionários. Os padrões de confiabilidade são altos - mas, como esses eletrônicos também competem no mercado consumidor - eles acabando tendo preços baixos.

Exemplo: Aplicações Domésticas

Atuais: TVs, DVDs, telefone sem fio, máquina de lavar louças/roupas, aparelhos de A/C, segurança etc.

Amanhã: gerenciamento de produção e consumo de energia, automação da casa, sistema de controle de temperatura (aquecimento e refrigeração) etc.

4. Características Adicionais dos Microcontroladores



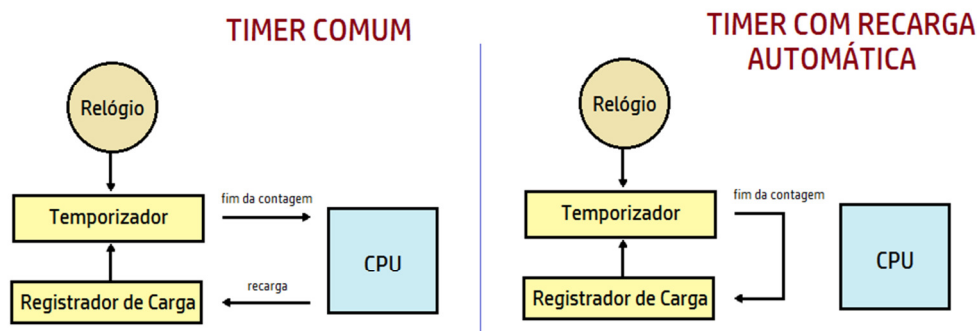
4.1 TIMERS

Watchdog (temporizador de guarda)

Esse temporizador fornece um meio de recuperação normal de um problema (travamento) no sistema, tal como: um programa que entra em um laço sem fim ou um problema de *hardware* que impede o funcionamento correto do programa. Se o programa deixar de zerar o *watchdog* num intervalo predeterminado, uma operação de *reset* da MCU será iniciada. O *bug* (erro) ainda pode existir, mas pelo menos o sistema tem uma maneira de se recuperar. Isso é especialmente útil para sistemas autônomos.

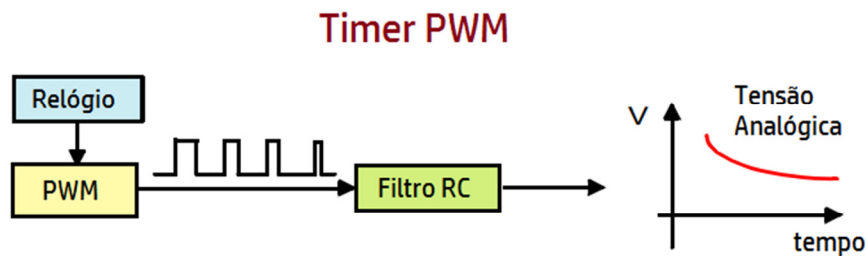
Auto Reload Timer (temporizador de recarga automática)

Comparado a um cronômetro padrão, este recarrega automaticamente seu valor de contagem quando a contagem termina, poupando assim um desperdício de recursos da CPU.



Pulse Width Modulator - PWM (modulador de largura de pulso)

Geralmente usado como uma técnica de conversão digital para analógico. Um trem de pulsos é gerado e regulado com um filtro passa baixa para gerar uma tensão proporcional ao ciclo de trabalho.



Acumulador de Pulso

Um acumulador de pulso é um contador de eventos. Cada pulso incrementa o registro do acumulador de pulso contabilizando o número de vezes que esse evento ocorreu.

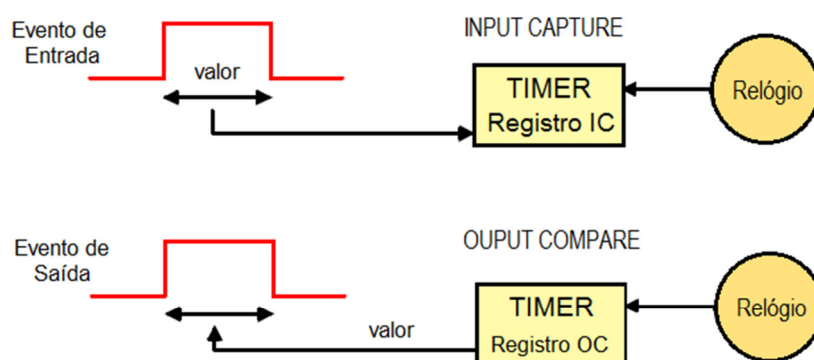
Captura de Entrada

A Captura de entrada pode medir frequências ou intervalos de tempo de sinais externos, copiando o valor de um *Timer* de execução livre para o registro de captura de entrada quando ocorre um evento externo.

Comparação de Saída

A comparação de saída pode cronometrar um evento externo enviando um valor armazenado no registro de comparação de saída.

Captura de Entrada e Comparação de Saída



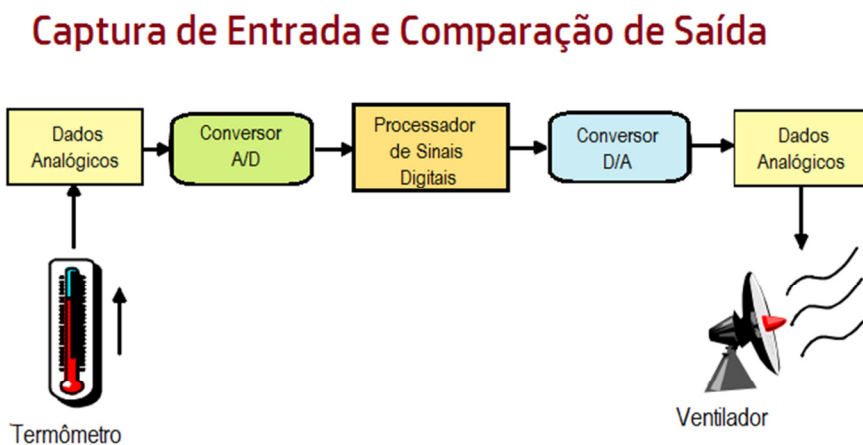
4.2 DSPs - DIGITAL SIGNAL PROCESSORS

Os microcontroladores reagem e controlam os eventos, enquanto os DSPs executam algoritmos matemáticos repetitivos e intensivos. Atualmente, muitas aplicações embarcadas requerem ambos os tipos de processadores, e os fabricantes de semicondutores responderam introduzindo microcontroladores com capacidade DSP no chip e DSPs com microcontroladores

no chip. A coisa mais básica que um DSP faz é uma operação MACC - *Multiply and ACCumulate* (Multiplica e Acumula). O número de bits de dados que um DSP pode multiplicar e acumular determinará a faixa dinâmica (e, portanto, a aplicação).

4.3 Sinais Analógicos e Digitais

Vivemos em um mundo analógico onde as informações que vemos, ouvimos, processamos e trocamos entre nós e com os sistemas eletrônicos, são sempre grandezas analógicas: pressão, temperatura, tensão, corrente etc. Elas podem ser digitalizadas para armazenamento e transmissão mais eficientes, mas a interface (entrada e saída) é quase sempre analógica. Assim, a essência da eletrônica analógica consiste em detectar informações continuamente variáveis, convertendo-as em digitais e remodelando os dados digitais em um sinal analógico na outra extremidade. Dispositivos digitais analógicos mistos estão sendo usados cada vez mais para integrar as funções complexas das telecomunicações de alta velocidade ou o processamento de dados em tempo real exigido pelos sistemas de controle industrial e sistemas automotivos.



Conversão Analógica para Digital (A/D)

Converte um sinal analógico externo (geralmente em relação à tensão) numa representação digital. Microcontroladores que possuem esse recurso podem ser usados para instrumentação, registro de dados ambientais ou qualquer aplicativo que viva em um mundo analógico. Vários tipos de conversores A/D podem ser encontrados nos microcontroladores atuais.

Comparador

Às vezes, um ou mais comparadores padrão podem ser colocados em um chip de microcontrolador. Esses comparadores funcionam da mesma forma que os comparadores padrão, mas os sinais de entrada e saída estão disponíveis no barramento do microcontrolador.

Conversão Digital para Analógico (D/A)

Esse recurso pega um número digital e o converte em uma saída analógica. O número 50 seria alterado para a saída analógica de $(50/256 * 5 \text{ Volts}) = 0,977 \text{ V}$ em um sistema de 8 bits com tensão DC máxima de 5 Volts.

4.4 Comunicação Serial

CAN & J1850

CAN (*Controller Area Network*) é um esquema de cabeamento multiplexado desenvolvido em conjunto pela BOSCH e pela Intel para cabeamento em automóveis. O J1850 é o padrão de fiação automotiva multiplexada SAE (*Society of Automotive Engineers*) atualmente em uso na América do Norte. A especificação CAN está sendo usada também no controle industrial na América do Norte e na Europa. Com microcontroladores de baixo custo que suportam CAN, faz do CAN um padrão mais popular.

Barramento I2C

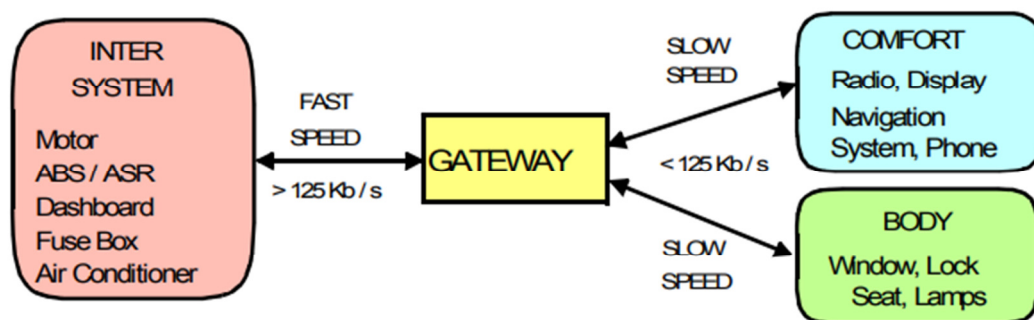
Barramento de circuito integrado é uma interface serial simples de 2 fios desenvolvida pela Philips. Foi desenvolvido para aplicações de 8 bits e é amplamente utilizado em eletrônicos de consumo, automotivo e aplicações industriais. Além dos microcontroladores, também existem vários periféricos que suportam o barramento I2C. O barramento I2C é uma interface de rede de duas linhas, multimestre e multiescravo com detecção de colisão. Podem existir até 128 dispositivos na rede e podem ser espalhados por 10 metros. Cada nó (microcontrolador ou periférico) pode iniciar uma mensagem e depois transmitir ou receber dados. As duas linhas da rede consistem na linha de dados serial (DAS) e na linha de relógio serial (SCK). Cada nó na rede possui um endereço exclusivo que acompanha qualquer mensagem passada entre os nós. Como são necessários apenas 2 fios, é fácil interconectar vários dispositivos.

UART

Uma UART (Transmissor/Receptor Assíncrono Universal) é um adaptador de porta serial para comunicações seriais assíncronas.

USART

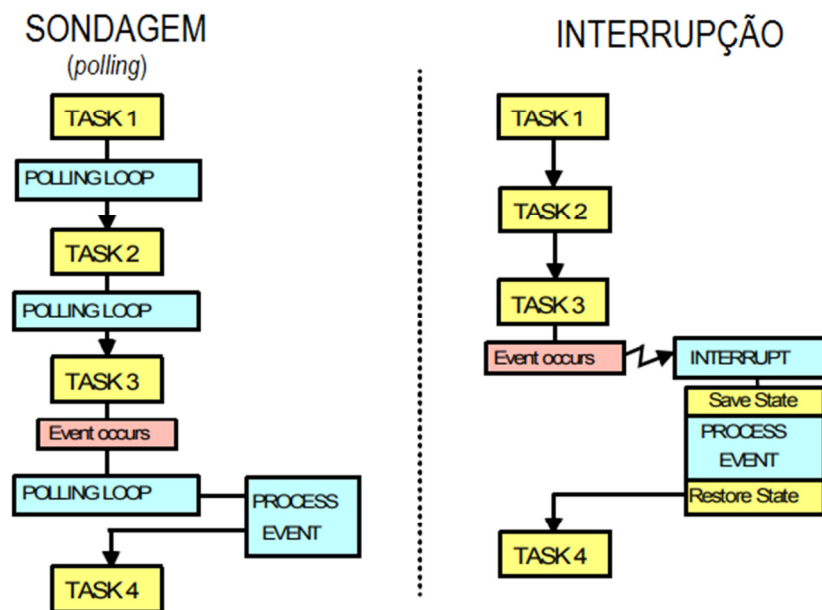
Um USART (Transmissor/Receptor Síncrono/Assíncrono Universal) é um adaptador de porta serial para comunicações seriais assíncronas ou síncronas. As comunicações usando uma USART geralmente são muito mais rápidas (até 16 vezes) do que com uma UART.



4.5 Interrupções

Polling

A sondagem é o que você deve fazer se o seu microcontrolador não tiver interrupções ou se o que você deseja fazer não é muito crítico. É uma técnica de software em que o controlador pergunta continuamente a um periférico se ele precisa de atenção (algum serviço). O periférico define um sinalizador quando tiver dados prontos para serem transferidos para o controlador, os quais serão observados na próxima sondagem. Vários periféricos podem ser sondados em sucessão, com o controlador saltando para diferentes rotinas de *software*, dependendo de quais sinalizadores foram ligados.



Interrupções

Ao invés do microcontrolador sondar continuamente a ocorrência de um dado evento, ou seja, perguntar aos periféricos (*Timers*/*UARTs*/*ADCs*/componentes externos) se eles têm algum dado disponível (e verificar na maior parte das vezes que não), um método mais eficiente é ter os periféricos informando ao controlador quando eles têm dados prontos. O controlador pode estar executando sua função normal, respondendo apenas aos periféricos quando houver dados para ler. Ao receber uma interrupção, o controlador suspende sua operação atual, identifica o periférico de interrupção e passa para a rotina de serviço de interrupção apropriada. A vantagem das interrupções, em comparação com a sondagem, é a velocidade de resposta a eventos externos e a reduzida sobrecarga de *software* (de perguntar continuamente aos periféricos se eles têm algum dado pronto).

A maioria dos microcontroladores possui pelo menos uma interrupção externa a qual pode ser disparada por borda (subida ou descida) ou por nível. Ambos os sistemas têm vantagens. A borda não é sensível ao tempo, mas é suscetível a falhas. O disparo por nível de tensão deve ser mantido alto (ou baixo) por um intervalo de tempo específico (não suscetível a falhas, *glitches*).

5. Alimentação das MCUs

Como as aplicações automotivas têm sido a força motriz por trás do desenvolvimento da maioria dos microcontroladores, e era fácil obter 5 V em um carro, a maioria dos microcontroladores suportava apenas operações de 4,5 - 5,5 V. No passado recente, como os bens de consumo estavam começando a impulsionar os principais segmentos do mercado de microcontroladores e se tornaram portáteis e leves, a necessidade de microcontroladores de 3 V (e inferiores) tornou-se urgente. A tensão de 3 V significa uma solução com duas baterias, tensão mais baixa e maior duração da bateria. Atualmente, a maioria dos componentes de baixa tensão no mercado são simplesmente componentes de 5 V que foram modificados para operar a 3 V (geralmente com perda de desempenho). Alguns micros que estão sendo lançados agora são projetados desde o início para operar adequadamente em tensões de 3,0 V (e inferiores), que oferecem um nível de desempenho comparável a dispositivos de 5 V.

Mas por que as tensões estão caindo nos CIs? Existem algumas regras interessantes sobre transistores:

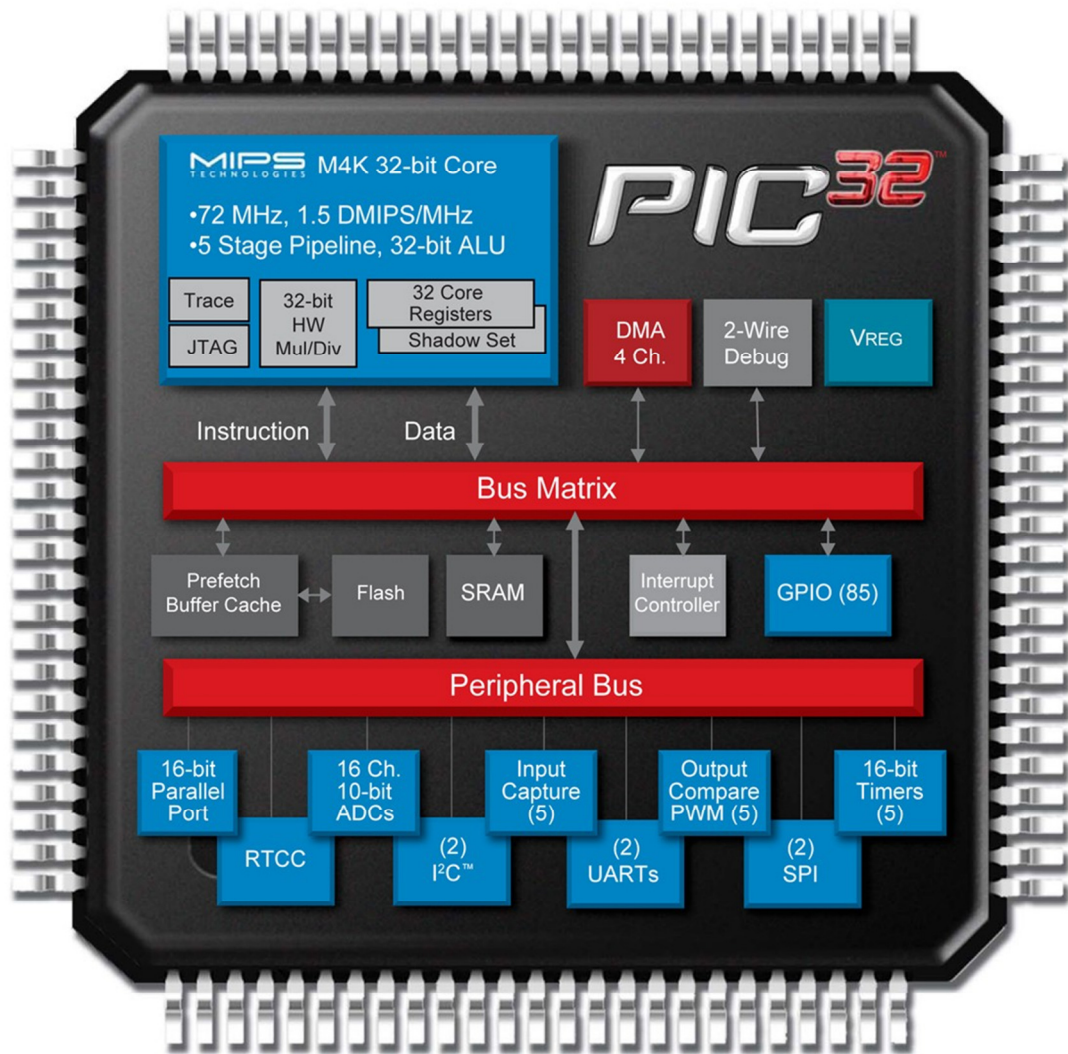
- 1) A quantidade de energia que eles dissipam é proporcional ao seu tamanho. Se você criar um transistor com metade do tamanho, ele dissipa metade da energia.
- 2) O atraso de propagação é proporcional ao tamanho. Se você criar um transistor com metade do tamanho, é será duas vezes mais rápido.
- 3) Seu custo é proporcional ao quadrado de seu tamanho. Se você torná-los metade do tamanho, eles custarão um quarto do seu valor atual.

Durante anos, as pessoas usavam 5 V para alimentar circuitos integrados. Como os transistores eram grandes, havia pouco perigo de danificar o transistor, colocando essa tensão nele. No entanto, agora que os transistores estão ficando tão pequenos, 5 V os destruiriam. A única maneira de contornar isso é começar a baixar a tensão. É também por isso que as pessoas agora estão usando a lógica de 3 V (na verdade, 3,3 V), e isso certamente levará a tensões mais baixas nos próximos anos.

6. Circuitos do Microcontrolador Microchip PIC32

Características:

Arquitetura de 32 bits para execução rápida de código, funcionalidade TCP-IP: servidor web, correio, NTP, ModBus, etc; configurações de rede via formulário seguro da web; recursos do circuito: carregador de inicialização USB Host para atualizações rápidas dos clientes; proteção de cópia de *hardware* exclusiva; EERAM para armazenamento crítico de dados: gravações ilimitadas e não voláteis da memória RAM (é um produto SRAM serial que oculta bits não voláteis. Em qualquer interrupção de energia, o conteúdo da matriz SRAM ativa é movido para os bits não voláteis da EERAM).



Fontes:

1. AN887 - APPLICATION NOTE: MICROCONTROLLERS MADE EASY,
https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application_note/67/ee/96/e6/92/66/4d/19/CD00003980.pdf/files/CD00003980.pdf/jcr:content/translations/en.CD00003980.pdf