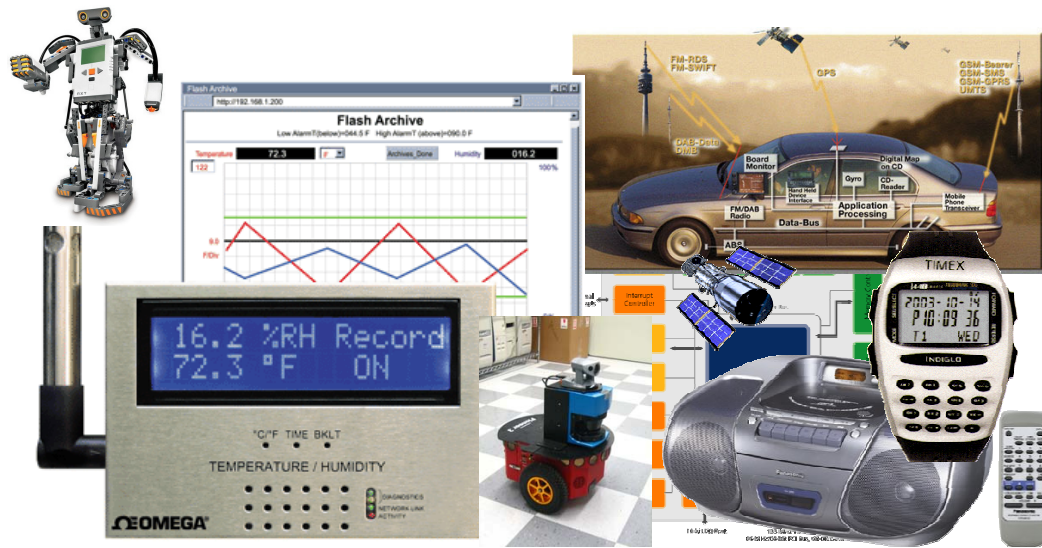


Sistemas Embarcados



1. Introdução

Segundo alguns dados estimados por pesquisas em alta tecnologia, mais de 90% dos microprocessadores fabricados mundialmente são destinados a máquinas que usualmente não são chamadas de computadores. Dentre alguns destes dispositivos estão aparelhos celulares, fornos microondas, automóveis, aparelhos de DVD e PALM's. O que diferencia este conjunto de dispositivos de um computador "convencional" (PC – Desktop, Notebook), conhecido por todos é o seu projeto baseado em um conjunto dedicado e especialista constituído por Hardware, Software e Periféricos – um Sistema Embarcado [1].

Um Sistema Embarcado, Embedded System, pela sua natureza especialista, pode ter inúmeras aplicações. Pode-se ter sistema embarcado para controle de freios de um veículo automóvel, em que esse sistema deve gerenciar certos periféricos de controle como um sensor. Em outra aplicação, um sistema embarcado através de suas funções de aquisição de dados, captura informações dos sensores de temperatura e umidade, e envia estes dados a um display ou para um computador via comunicação serial.

Os Sistemas Embarcados encontram-se cada vez mais presentes em nosso dia-a-dia, e com uma utilização e importância crescente, tornam-se necessários estudos nas áreas de projeto em hardware, software e interfaceamento com base em sistemas embarcados.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma introdução ao mundo dos sistemas embarcados, com uma base teórica necessária para o planejamento e construção de sistemas embarcados clássicos, que serão vistos na prática neste material.

Obs1: “Colocar capacidade computacional dentro de um circuito integrado, equipamento ou sistema”: São definições para um sistema embarcado [2]. É importante ressaltar que um sistema como este deve ser mais do que um simples computador, ou seja, é um sistema completo e independente, mas desenvolvido para realizar apenas uma determinada tarefa.

Exemplo1: O forno microondas é dotado de uma capacidade computacional maior do que tinha o computador de bordo do projeto Apollo 13 [2]. Ao pressionarmos a tecla PIPOCA, um sistema interno deve saber ajustar a potência correta, selecionar e medir o tempo em que o forno deve ficar acionado e emitir um sinal quando a tarefa for concluída.

Para operar esta simples operação, o “cérebro” do forno deve receber sinais de sensores (como o da porta, para saber se a mesma foi realmente fechada), fazer o acionamento do equipamento de potência, calcular o tempo da operação, acionar o motor que fará a rotação do prato, permitir que o usuário interrompa a operação a qualquer momento, atualizar o display e medir quanto tempo se passou desde o início da operação.

Diferente dos computadores que rodam sistemas operacionais e softwares para as mais variadas aplicações, os sistemas embarcados são construídos para executar uma tarefa pré-determinada. Logo na maioria dos projetos para estes sistemas não há flexibilidade de software ou hardware que lhes permita realizar outras tarefas que não sejam aquelas para as quais foram desenhados e desenvolvidos.

A única flexibilidade permitida e desejada é no caso de um upgrade de novas versões, fazendo com que o sistema possa ser reprogramado com correções ou novas funções que o tornem melhor. O telefone celular é um exemplo de sistema embarcado que sofre vários upgrades e que já possui funções como máquina fotográfica, agenda telefônica, agenda de compromissos, navegador para internet, etc.

Há então a necessidade de um “cérebro” que gerencie todo o funcionamento deste sistema. Um microprocessador ou microcontrolador são opções ideais para esta função, pois ambos têm a capacidade de realizar a leitura de sinais externos, executar programas com as tarefas a serem feitas, processar os sinais e enviar para atuadores os resultados esperados. Na figura 01 é visto um diagrama básico de um sistema embarcado controlando uma variável ambiente como temperatura, umidade ou o pH do ar de uma estufa, sala ou armazém.

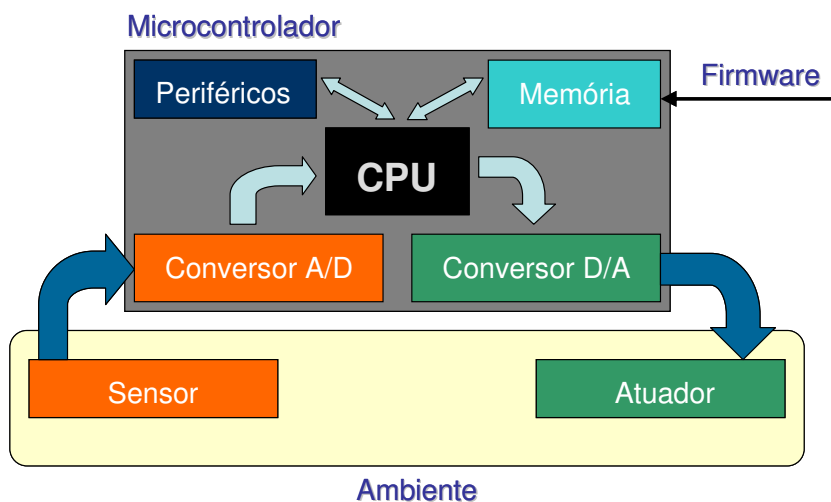


Fig. 01 – Diagrama básico de um sistema embarcado dotado de um microcontrolador monitorando o ambiente.

1.1 Sistemas Embarcados - Conceitos

Um sistema é classificado como embarcado quando este é dedicado a uma única tarefa e interage continuamente com o ambiente a sua volta por meio de sensores e atuadores [3]. Por exigir uma interação contínua com o ambiente, este tipo de sistema requer do projetista um conhecimento em programação, sistemas digitais, noções de controle de processos, sistemas de tempo real, tecnologias de aquisição de dados (conversão analógico/digital e sensores) e de atuadores (conversão digital/analógico, acionamento eletromecânico e PWM), e cuidados especiais na eficiência de estruturação do projeto e do código produzido.

A denominação “embarcado” (do inglês Embedded Systems) vem do fato de que estes sistemas são projetados geralmente para serem independentes de uma fonte de energia fixa como uma tomada ou gerador. As principais características de classificação deste sistema são a sua capacidade computacional e a sua independência de operação. Outros aspectos relevantes dependem dos tipos de sistemas, modos de funcionamento e itens desejados em aplicações embarcadas.

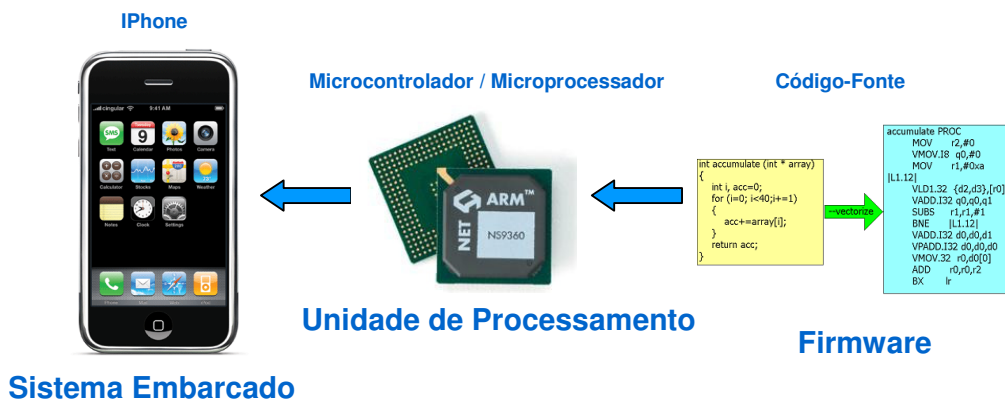


Fig. 02 – Lógica de um sistema embarcado usando um microprocessador como unidade de processamento.

Todo sistema embarcado é composto por uma unidade de processamento, que é um circuito integrado, fixado a uma placa de circuito impresso. Possuem uma capacidade de processamento de informações vinda de um software que está sendo processado internamente nessa unidade, logo o software está embarcado na unidade de processamento. Todo software embarcado é classificado de firmware [3].

1.1.1 Sistemas Embarcados – História

O termo sistema embarcado tem sua origem no fim da década de 1960 [3]. Nessa época o que existia era um pequeno programa de controle funcional de telefones. Logo este pequeno programa escrito em assembler estava sendo usado em outros dispositivos, entretanto de forma customizada, não específica para dado dispositivo, na realidade eram adaptados os sinais de entrada e saída definidos no programa, para as características do dispositivo, porém sem modificar qualquer linha de código do programa feito.

Posteriormente com o advento de microprocessadores especialistas, foi possível desenvolver software específico para os variados tipos de processador. Os programas eram escritos em linguagem de máquina. Na década de 1970 começavam a surgir bibliotecas de códigos direcionados para sistemas embarcados específicos com processadores específicos. Atualmente os sistemas embarcados podem ser programados em linguagens de alto nível e possuem sistemas operacionais.

1.2 Exemplos e Aplicações

Os sistemas embarcados estão inseridos em milhares de dispositivos comuns utilizados no dia a dia como em eletrodomésticos, aparelhos de áudio e vídeo, celulares e outros [4]. A Seguir alguns exemplos de aplicações:

1. Setor Automobilístico

Um veículo top de linha é um excelente exemplo de um complexo sistema literalmente “embarcado”. Centenas de sensores fornecem informações sobre todo o funcionamento do veículo. Várias unidades de processamento independentes atuam em regiões diferentes e se comunicam entre si, captando os sinais destes sensores e fazendo com que as ações referentes a cada caso sejam tomadas.

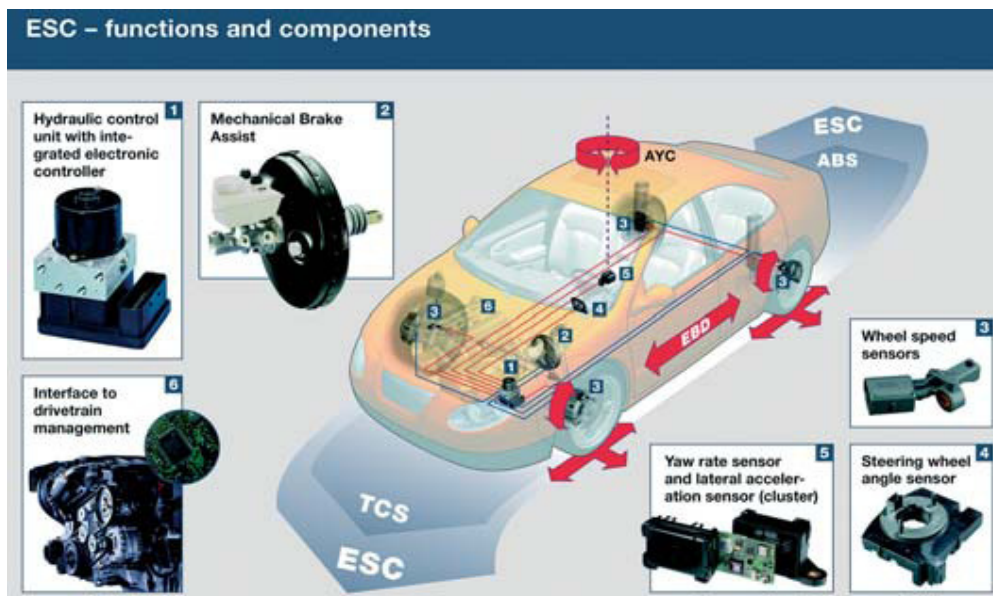


Fig. 03 – Sistemas embarcados em um veículo: Sensor de proximidade, ângulo e atuador para freios. Todos os sistemas se comunicam entre si através de uma central para controle do diagnóstico do veículo.

Esta comunicação geralmente se dá através de redes, cujo o protocolo CAN tem se tornado o padrão. Isto acontece desde a central que memoriza a posição dos bancos, espelhos, volante, etc. Para cada usuário do veículo até a central que gerencia o funcionamento do motor.

2. Aquisição de Dados – Data Logger



Fig. 04 – Data Logger para Temperatura do ar.

A aquisição de dados é um exemplo de aplicação mais utilizada em Sistemas embarcados. Consistem de sistemas que através de sensores (temperatura, umidade, pH e outros) capturam as variáveis ambientes a serem analisadas e são gravadas em memória para consultas posteriores.

O Sistema além de monitorar o ambiente, com adição de atuadores ao projeto, pode ter a capacidade de controlar as variáveis ambiente com base em um critério estabelecido pelo projetista do sistema.

3. Propósito Geral



Fig. 05 – Nintendo Wii e sua grande interação com o usuário

São as aplicações mais parecidas com os computadores de mesa, mas em embalagens embarcadas.

Nelas costuma haver grande interação entre os usuários e o sistema, geralmente através de terminais de vídeo ou monitores. Como exemplo tem-se os videogames, os conversores de TV a cabo, caixas de banco.

4. Sistemas de Controle

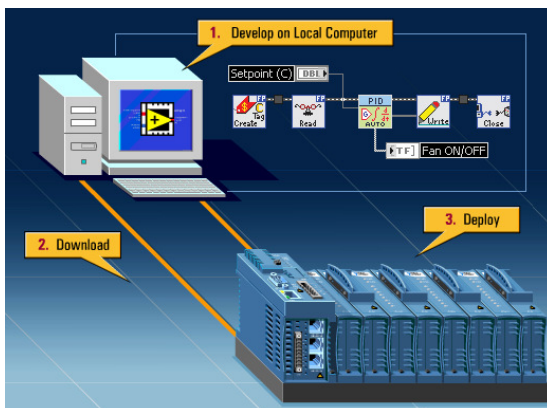


Fig. 06 – Sistema de Controle Industrial com Supervisório

Controles em malha fechada com realimentação em tempo real. Geralmente são aplicações mais robustas, com placas dedicadas e múltiplos sensores de entrada e saída.

Muitas vezes fornecem pouca interação com o usuário, mostrando sinalizações através de LEDs. Usados nos motores de automóveis, processos químicos, controle de vôo, usinas nucleares, aplicações aeroespaciais e monitoramento e controle de variáveis ambiente (temperatura, umidade, pH do ar).

5. Processamento de Sinais

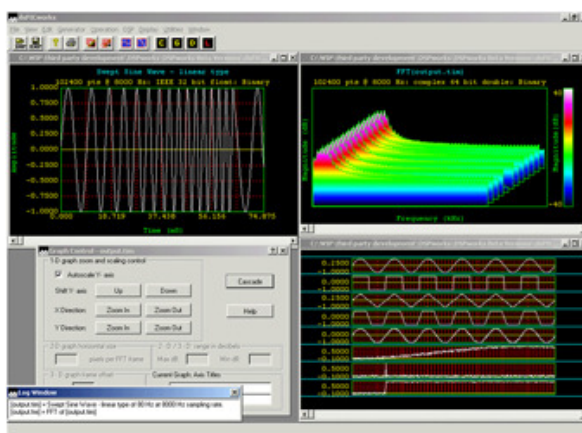


Fig. 07 – Ambiente de desenvolvimento DSP para o dsPIC.

Onde envolve um grande volume de informação a ser processada em curto espaço de tempo. Os sinais a serem tratados são digitalizados através de conversores Analógico/Digital, processados e novamente convertidos em sinais analógicos por conversores Digital/Analógico.

Casos de tratamento de áudio, filtros, modems, compressão de vídeo, radares e sonares, etc. Existem os DSP (Digital Signal Processor – Processador Digital de Sinais) os microcontroladores dotados deste recurso são os Blackfin da Analog Devices e o DsPIC da Microchip.

6. Comunicações, Redes e TV Digital



Fig. 08 – Roteador Cisco – Circuito composto por vários sistemas embarcados.

Chaveamento e distribuição de informações. Sistemas de telefonia e telecomunicações e internet. Hub's, Switch's e Roteadores são dotados de microprocessadores e de microcontroladores para controle digital de sinais.

Na TV Digital estes controladores digitais têm um núcleo para processamento digital de sinais, instalado na antena (smart antennas) e no receptor da TV Digital, com objetivo de selecionar o melhor foco do canal e eliminar sinais ruidosos.

Obs2: Microprocessadores X Microcontroladores

Os microprocessadores são componentes dedicados ao processamento de informações com capacidade de cálculos matemáticos e endereçamento de memória externa. Utilizam barramentos de dados, controle e endereços para fazer acesso aos periféricos de entrada e saída e dependem de circuitos integrados externos como memória para armazenamento de dados e execução do programa, conversor A/D para aquisição de dados analógicos e sensores e outro periférico necessário conforme aplicação do sistema. A vantagem dos microprocessadores é que ainda possuem maior velocidade de processamento e são usados em soluções mais complexas, porém esta vantagem os microcontroladores estão prestes a adquirir com seus núcleos de 16 e 32 bits.

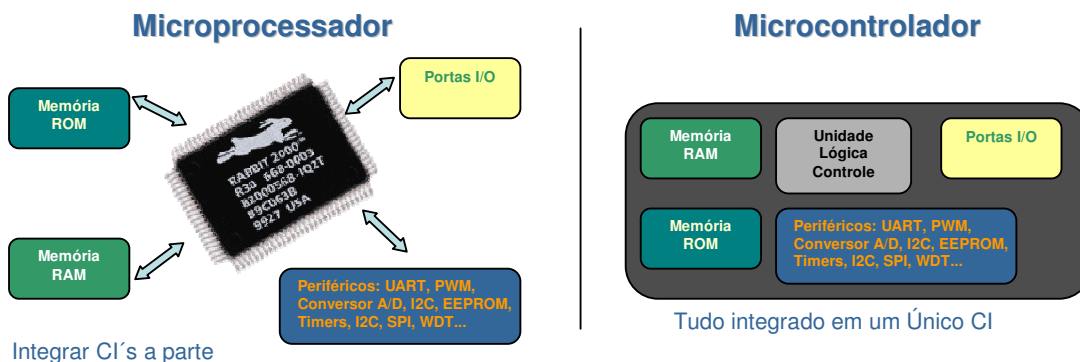


Fig. 09 – Diferenças Entre o Microprocessador e o Microcontrolador – Número de Circuitos Integrados.

Os microcontroladores são pequenos sistemas computacionais bastante poderosos que englobam em um único chip: interfaces de entrada/saída digitais e analógicas, periféricos importantes como a memória RAM, memória FLASH, interfaces de comunicação serial, conversores analógicos/digitais e temporizadores/contadores. A vantagem dos microcontroladores é que além de possuir os periféricos integrados a um único chip, são responsáveis por executar e armazenar os programas escritos para eles (firmware), assim como a capacidade de absorver mais funções com o incremento de periféricos, através de CI's "driver's", como comunicação USB, pilha do TCP/IP, comunicação RF e porta PS/2. Com o advento dos microcontroladores de 16 e 32 bits (atualmente o padrão é de 8bits) a capacidade de gerenciar soluções mais complexas e maior velocidade de processamento se iguala ao do microprocessador. O crescimento dos sistemas embarcados muito se deve a este componente.

1.3 Como Projetar em Sistemas Embarcados

O primeiro passo é escolher o núcleo do sistema, ou seja, a unidade de processamento do sistema embarcado que pode ser um microcontrolador ou um microprocessador, neste trabalho a ênfase é dada ao microcontrolador.

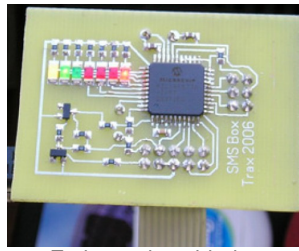


Fig. 10 – Projeto de Sistema Embarcado soldado em placa de circuito impresso

O sistema embarcado geralmente é uma solução formada de microcontrolador e software(firmware) dedicados e específicos para desempenhar as funções operacionais de um equipamento/produto para o qual foi projetado e desenvolvido. Outros fatores importantes que ajudam a classificar um sistema como embarcado são:

Dimensões físicas: desde a fase inicial do projeto tem haver atenção ao tamanho e peso do sistema em desenvolvimento, sempre os menores possíveis. Com a crescente miniaturização dos equipamentos eletroeletrônicos, os fatores – tamanho e peso são decisivos na locomoção do sistema, assim como sua competitividade caso se torne um produto.

Consumo de energia elétrica: Quanto maior for à autonomia do sistema e menor for sua necessidade de recarga, troca de sistema de alimentação ou baixo consumo elétrico, mais competitivo será o produto. Usar baterias, pilhas ou uma alimentação regular dentro de normas e legislações para o painel industrial em indústrias.

Resistência e durabilidade: Muitos sistemas embarcados são projetados para trabalhar em ambientes com condições adversas (vibrações, calor, poeira, variações na tensão de alimentação, interferências eletromagnéticas, raios, umidade, corrosão, etc.) É necessário que o sistema resista ao máximo a todas estas interferências, logo para cada ambiente onde atuará o sistema embarcado, deve haver um estudo da forma de revestimento do circuito, existem fabricantes especializados como a Patola – www.patola.com.br

Na escolha do microcontrolador é importante observar se os recursos que ele oferece suportam o objetivo do projeto, por exemplo, se for usado um sensor de temperatura como o LM35 com sinal de saída analógica de 10mV por grau centígrado é necessário que o microcontrolador seja dotado de um conversor A/D para a aquisição e tratamento destes sinais e, enviar o sinal convertido e tratado para retornar o valor em graus Celsius, para um computador através de porta serial (se o microcontrolador tiver o registrador UART), ou para um display LCD, ou sinalizar com Leds as faixas de temperatura definidas no programa.

1.4 Referências Bibliográficas

- [1] – Reis, Claiton – “**Sistemas Operacionais para Sistemas Embarcados**”, Tutorial, Editora: ED-UFBA, BRASIL, 2004.
- [2] – Cunha, Alessandro – “**Sistemas Embarcados**”, Revista Saber Eletrônica, 414, Editora: Saber, BRASIL, 2007.
- [3] – Ball, Stuart. – “**Embedded Microprocessor Systems: Real World Design**”, 3rd edition, Editora: MCPros, EUA, 2005.
- [4] – Prof. Rajesh K. Gupta – “**Introduction to Embedded Systems**”, Website, Capturado em: 07/07/2006. UCLA, EUA, 2002. <http://www.ics.uci.edu/~rgupta/ics212/w2002/intro.pdf>