

# Unidade 2

## Capítulo 1 - Tipos e Características de Sistemas Embarcados



Capacitação Inicial em Sistemas embarcados

# Sumário

1. Introdução .....	2
2. Modos de Funcionamento .....	2
3. Tipos de Aplicações .....	4
4. Características .....	5
5. Restrições .....	7
6. Conclusão .....	11
7. Referências .....	12

# 1. Introdução

Olá, aluno, do EmbarcaTech. Bem-vindo à nossa aula sobre sistemas embarcados. Vimos nas aulas anteriores como definir sistemas embarcados, distinguindo-os de outros sistemas computacionais e compreendendo os componentes básicos que os constitui.

Agora, vamos explorar o assunto e aprofundar o conhecimento sobre os tipos e características dos embarcados.

Ao final desta aula, você será capaz de diferenciar os **modos de funcionamento**, os diversos **tipos de embarcados** e compreender as **características** cada um.

## 2. Modos de Funcionamento

Como você já viu, os embarcados podem ser aplicados em inúmeras áreas da vida humana, modificando de um para outro somente o modo de funcionamento e as características do tipo de sistema a ser utilizado<sup>[1]</sup>

De forma geral, os sistemas embarcados podem funcionar de **dois modos diferentes**, que determinam como projetar o sistema e seu comportamento na aplicação.

**Reativo:** neste modo o sistema permanece em **estado de espera até que ocorra um evento externo**. Quando esse evento é detectado, o sistema o processa e gera o resultado correspondente. Esse evento pode ocorrer de **forma periódica**, como uma onda quadrada em um sensor, ou de **forma assíncrona**, como no caso de uma chave que o usuário aciona para ligar ou desligar.

Em geral, **o sinal de entrada que desencadeia o evento** pode chegar a qualquer momento, pois não há um intervalo de tempo predefinido para sua ocorrência.

No entanto, uma vez que o evento é detectado, a resposta do sistema deve ser imediata, processando e gerando a saída logo após a entrada do dado.

**Controle em tempo real:** neste modo de funcionamento, cada tarefa **tem um tempo determinado para ser executado**. Por exemplo, a leitura do botão, o acionamento de um atuador, a mensagem no display, devem acontecer no tempo determinado.

Este modo de operação **não depende de um evento acontecer**, e o sistema pode tomar decisões do tipo "evento aconteceu" ou "evento não aconteceu".

Os sistemas de tempo real são classificados como **Soft Real Time**<sup>[1]</sup>, quando as tarefas são executadas em um tempo específico, sem prejuízo de funcionamento grave se este tempo não for cumprido.

Por outro lado, o sistema pode operar no modo **Hard Real Time**<sup>[1]</sup>. Neste caso, as tarefas devem ser executadas no tempo especificado para cada uma e se alguma delas falhar, trará consequências graves para o sistema. Imagine você se o sistema de controle do funcionamento dos motores de um avião falhar.

### Importante!

#### • Sensores e Atuadores

Caro aluno, embora você já saiba o que são sensores e atuadores, é importante que você fixe bem esses dois conceitos.

Sensores são dispositivos responsáveis por coletar informações, por exemplo do ambiente, convertendo-as em sinais elétricos que são enviados ao microcontrolador através das interfaces de entrada.

Por exemplo, um acelerômetro que está conectado a um sistema embarcado é um sensor que envia as posições X, Y, Z convertidas em sinais elétricos para sua interface. Existem diversos tipos de sensores, sendo muito comuns os sensores de **proximidade**, de **temperatura**, de **pressão** e de **nível**.

Os atuadores são responsáveis por realizar ações físicas ou mecânicas com base nas informações elétricas recebidas do microcontrolador via uma interface de saída. São exemplo os motores de passo, servomotores ou motores de corrente contínua.

### Reflita

Você acha que um teclado conectado a um sistema embarcado é um sensor? Da mesma forma, um monitor LCD conectado a interface de saída do mesmo sistema é um atuador?



### 3. Tipos De Aplicações

As aplicações dos sistemas embarcados podem ser classificadas de acordo com o modo de funcionamento, conforme descrito no item 2 <sup>[2,3]</sup>. Mas elas também podem ser classificadas conforme o tipo de aplicação onde elas se enquadram, segundo as definições descritas a seguir.



Figura 1 - Tipos de Aplicações de Sistemas Embarcados (Fonte: Autor)

A imagem ilustra os tipos de aplicações de um sistema embarcado através de um organograma, dividido em 4 segmentos. Sendo eles, "Propósito geral", "Sistemas de Controle", "Processamento de Sinais", "Comunicações e Redes". Toda a imagem é organizada em blocos horizontais com tons de azul e laranja.

#### • Propósito Geral

As aplicações de propósito geral são as aplicações mais parecidas com os computadores pessoais, mas em um formato de sistemas embarcadas.<sup>[2]</sup> Nessas aplicações existe muita interação entre os usuários e o sistema. Isso significa que o usuário envia muitas informações para a CPU e recebe desta grande quantidade de resultados de processamento.

Normalmente os periféricos que permitem esse tipo de troca de informações e resultados são os teclados e os terminais de vídeo ou monitores. Podemos citar como exemplo desse tipo de aplicação os videogames, os conversores de TV a cabo e caixas de bancos.

#### • Sistemas de Controle

Esse tipo de aplicação são os controles em malha fechada com realimentação em tempo real. São aplicações muito robustas, com hardware composto de placas dedicadas e inúmeros sensores de entrada e de saída. Elas não interagem muito com o usuário, mas possuem LEDs que são utilizados como sinalizadores.

Como exemplo dessas aplicações temos controle de motores de automóveis, controle de processos químicos, sistemas de controle de voos, controle de usinas nucleares e sistema de controle de segurança e alarme para Smart Home.

## • Processamento de Sinais

Essas aplicações têm por características **receber uma grande quantidade de informações para serem processadas em curto espaço de tempo.**

Por exemplo: imagina que você está falando em um microfone e o sinal elétrico gerado, que corresponde ao sinal sonoro da fala, deve ser enviado via Bluetooth para um receptor a distância. Então, o sistema que se interliga ao microfone e transmite as informações da fala via uma antena Bluetooth, é um sistema embarcado para processamento de sinal.

Os sinais a serem tratados, recebidos do microfone, são digitalizados através de **conversores AD (Analógicos-Digital)** de um microcontrolador, processados, convertidos para o formato apropriado e enviados através de uma antena Bluetooth.

Outros exemplos são os casos de tratamento de áudio, sistemas de filtros, modems, compressão de vídeo, radares e sonares.

## • Comunicações e Redes

São **aplicações específicas para chaveamento e distribuição de informações utilizadas em comunicação de dados e redes de dados.** Exemplos dessas aplicações: sistemas de telefonia, de telecomunicações e de internet.

## 4. Características

Sistemas embarcados possuem algumas características que lhe são bem específicas e comuns. Alguns embarcados desempenham funções tão essenciais que não podem parar de funcionar em hipótese alguma.

Outros precisam reagir a uma determinada entrada de forma praticamente instantânea. Em geral, **o custo desse tipo de sistema deve ser o menor possível.** Em certos casos, até mesmo é necessário que o sistema seja minimizado ao máximo em suas dimensões físicas. Devido a **restrições,<sup>[1]</sup> sistemas embarcados utilizam microcontroladores e circuitos com capacidade limitada em termos de memória, velocidade de processamento e tensão de alimentação.**

Procura-se sempre utilizar o menor número possível de componentes eletrônicos. O seu programa (firmware) deve respeitar as limitações de memória existentes e operar muitas vezes em tempo real. A seguir você tem uma relação das características mais comuns dos sistemas embarcados.

## • Funcionalidade Única

De forma geral, um sistema embarcado executa somente um programa repetidamente. Diferentemente de um PC, eles são projetados para realizar uma ou poucas funções, que não podem ser alteradas, mas apenas configuradas pelo usuário.

Por exemplo, um Home Theater Receiver é sempre um Receiver para Home Theater, enquanto um computador pessoal pode executar uma variedade de funções tais como PC, Videogame, Servidor.

## • Sistemas Reativos de Tempo Real

Muitos sistemas embarcados possuem sensores e/ou atuadores que possibilitam a sua interação com o ambiente devendo reagir às mudanças e fornecer resultados em tempo real.

Por exemplo um piloto automático de automóvel deve continuamente monitorar e reagir à velocidade e aos sensores de freio. Ele deve computar a aceleração e desaceleração repetidamente num intervalo de tempo muito pequeno. Caso haja um retardo o controle do carro pode ser perdido.

## • Firmware Proprietário

Ao contrário de programas desenvolvidos para computadores de uso geral, o firmware de um sistema embarcado não pode ser usado em outro sistema embarcado sem que antes sejam feitas mudanças significativas.

Portanto, dizemos que o firmware de um embarcado é dele e somente dele, ou seja, **propriedade dele**.

## • Hardware Sob Medida

De forma semelhante ao firmware, o hardware de um sistema embarcado é projetado sob medida para a aplicação na qual ele funcionará. Por exemplo, um hardware para a aplicação AP WiFi, precisará ter antenas e seu microcontrolador ter uma interface WiFi.

Entretanto esse hardware não poderá ser utilizado em uma aplicação de controle de motores que precise ler o estado de várias chaves e ligar vários motores de acordo com uma relação estabelecida. As aplicações devem ter um hardware **específico** para cada uma.<sup>[4]</sup>

## • Interdependência entre Hardware e Firmware

Os projetos do *hardware* e do *firmware* são feitos em conjunto, ou seja, um é feito especificamente para outro (*hardware* e *firmware* interdependentes).

Ou seja, se no hardware de uma aplicação embarcada temos de acionar certos componentes de uma maneira específica, então o firmware deste embarcado deve ter uma rotina que faça exatamente esse acionamento conforme estabelecido.

## 5. Restrições

Todo sistema de computação possui, em geral, alguma **restrição** de projeto a ser satisfeita, tais como custo, tamanho, desempenho e potência dissipada. Nos sistemas embarcados estas restrições são bem rígidas. Além disso, eles podem ser críticos quando a ocorrência de uma falha pode ter consequências catastróficas ao ambiente do sistema, causando danos financeiros, lesões e até a perda de vidas humanas.

Por esse motivo, sistemas embarcados críticos devem ser confiáveis e atender a requisitos tais como disponibilidade, confiabilidade, segurança e estabilidade.<sup>[2]</sup> Vejamos algumas restrições dos embarcados.





Figura 2 - Restrições dos Sistemas Embarcados (Fonte: Autor)

A imagem apresenta as restrições dos Sistemas Embarcados, "Baixo Custo", "Interface Simples", "Dimensões Reduzidas", "Segurança", "Disponibilidade", "Estabilidade", "Robustez", "Baixa Potência", "Tempo de Resposta", todos estando dispostos ao redor das "Restrições", em quadrados de cores verdes, roxas, laranjas e azuis.

## • Custo

Por serem utilizados em produtos de mercados muito competitivos, soluções caras tendem a ser cada vez mais substituídas por outras mais econômicas. O custo de um sistema embarcado não pode ser muito alto para não onerar o custo do equipamento.

## • Tempo de Resposta

De forma geral, o tempo de resposta equivale a diferença de tempo entre o envio de um comando e a recepção do resultado. Esse tempo deve ser menor do que o menor tempo permitido para que ele possa ser utilizado em determinada aplicação. Nesses casos, esse tipo de aplicação é chamado de aplicação de processamento de tempo real.

## • Potência Dissipada

Os embarcados devem dissipar pouca potência para permitir uma maior duração da bateria ou não necessitar de um sistema de refrigeração. Lembre-se que quanto maior o clock, maior é o consumo.

## • Robustez

Os sistemas embarcados devem resistir às condições de usos previstas em seu projeto e ao ambiente no qual atua. Uma falha pode ter grande impacto.

Por exemplo, caso a unidade de controle de geração de energia de um hospital venha a falhar quando necessário funcionar, certamente haverá muitos prejuízos para o hospital, inclusive com risco de perdas de vidas humanas.

## • Estabilidade

Estabilidade de funcionamento significa que mesmo diante de uma falha grave de funcionamento, o sistema se recupera automaticamente voltando a funcionar normalmente.

## • Disponibilidade

A disponibilidade, de certa forma, é uma consequência da estabilidade, pois, sistemas que se recuperam costumam apresentar alta disponibilidade. Ao contrário, um sistema que necessita de uma intervenção de manutenção para voltar a funcionar corretamente, tem sua disponibilidade diminuía.

A disponibilidade física de um sistema, ou seja, a porcentagem do tempo em que ele operou corretamente, é calculada com base na proporção entre o tempo de funcionamento adequado e o tempo total do período de observação.

Por exemplo, se a disponibilidade de um embarcado é medida mensalmente, então teremos 720 horas de observação ( $t_1$ ).

Se durante esse período o sistema parou de funcionar corretamente durante 30 horas ( $t_2$ ), então a disponibilidade dele foi de: disponibilidade física =  $(t_1 - t_2) \times 100\% / t_1$ . Ou seja, a disponibilidade será de  $(690 \times 100)/720$ , que corresponde a 95,83%.

## • Segurança

A segurança diz respeito tanto às informações que o sistema manipula como em relação à sua operação, anulando os dados que possam causar falhas no sistema.

## • Dimensões Reduzidas

Certos sistemas embarcados podem ter mobilidade funcionando em movimento permanente ou mudando de localização. Essas situações exigem que o sistema tenha tamanho e peso reduzidos.

## • Interfaces Simples

Normalmente os sistemas embarcados não exigem que os usuários enviem grandes quantidades de dados para a CPU. Quando é necessário, os próprios sensores se encarregam disso. Assim como os resultados do processamento executado pela CPU não são enviados todos para o usuário do sistema, mas diretamente para os atuadores. Isso significa que a interface de entrada e saída de dados do usuário dos sistemas embarcados é normalmente simples e as vezes nem existem. Nesses casos a entrada e saída de dados é feita através de botões e Leds.

## 6. Conclusão

Então, caro aluno, nesta aula você viu de forma detalhada que um sistema embarcado pode ser caracterizado de inúmeras maneiras.

Primeiro, podemos diferenciar os embarcados com relação ao modo de funcionamento: reativo ou de tempo real. Depois você aprendeu a definir e classificar os tipos de aplicação para os embarcados e, então, reconheceu as características de cada um. Por fim, viu que existe uma série de restrições que devem ser levadas em consideração durante o desenvolvimento de um sistema.

Não se esqueça, porém, de complementar o assunto estudado através de leituras de artigos, livros e vídeos que você pode encontrar na Internet bem como fazendo constantes revisões do material na plataforma. Na próxima aula você irá entender a arquitetura de um sistema embarcado e a reconhecer cada elemento de cada camada dessa arquitetura.

Você percebeu que estamos nos aprofundando no conteúdo da unidade 02? Então, agora você precisa dar do seu melhor para bem entender os assuntos e ao final do programa poder dizer: "Como é legal saber como funciona uma tecnologia!".

**Continue em frente!**



## 9. Referências

[1] BALL, Stuart. Embedded Microprocessor Systems: Real World Design, 3rd edition, Editora: MCPros, EUA, 2005.

[2] WOLF, W. **Computers as Components - Principles of Embedded Computing System Design**. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2ed., 2008.

[3] TONIOLLO, Cristiano Marçal. **Sistemas Embarcados**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

[4] CHASE, Otavio. **Sistema Embarcados**. [s.l.] <http://www.lyfreitas.Com.br/ant/pdf/Embarcados.pdf>, 2007.



UPDF  
WWW.UPDF.COM



Executores:



INSTITUTO FEDERAL  
de Santa Catarina



INSTITUTO FEDERAL  
do Rio de Janeiro



INSTITUTO FEDERAL  
de Minas Gerais



INSTITUTO FEDERAL  
de Goiás



INSTITUTO  
HARDWARE BR

Coordenação:



Financiamento:

