

Engenharia de Software - Parte 06

6 – SOFTWARE EMBARCADO E DE TEMPO REAL

6.1 SISTEMAS EMBARCADOS

Sistemas embarcados (*Embedded Systems*) são sistemas micro processados capazes de realizar uma ou mais tarefas específicas, com seus recursos computacionais como memória e poder de processamento, projetados restritamente para este propósito especial.

Estima-se que em 2010, 90% dos sistemas existentes sejam Sistemas Embarcados.

6.1.1 ALGUNS EXEMPLOS DE SISTEMAS EMBARCADOS

- ❖ Aviônicos, como sistemas de controle inercial, controle de vôo e outros sistemas integrados nas aeronaves, como sistemas de orientação de mísseis;
- ❖ Telefones celulares e centrais telefônicas;
- ❖ Equipamentos de redes de computadores, como Hubs, Switches e Firewalls;
- ❖ Impressoras;
- ❖ Drives de Armazenamento (HD e Pendrive);
- ❖ Controladores do motor e do anti-bloqueio dos freios ABS, em automóveis;
- ❖ Calculadoras;
- ❖ Eletrodomésticos, como fornos microondas, máquinas de lavar, aparelhos de TV, DVD players;
- ❖ Equipamentos médicos;
- ❖ Videogames;
- ❖ PDA's.

6.2 SISTEMAS EMBUTIDOS E DE TEMPO-REAL

Os sistemas computacionais estão presentes em diversas áreas de nosso cotidiano. Fazemos uso deles quando realizamos uma transação bancária via Internet, dirigimos nosso carro ou escutamos música com um tocador de CD portátil. De fato, com a proliferação dos sistemas dedicados de controle, grande parte dos dispositivos que usamos conta com um processador digital, que é responsável pelo controle de suas funcionalidades.

Nesse conjunto de aplicações, destaca-se um grupo de sistemas que são limitados pelo tempo, os chamados sistemas em tempo-real. Como os sistemas anteriores, esses também realizam tarefas de controle e processamento de informações, mas com um diferencial: suas respostas ao ambiente devem ser retornadas em tempo hábil ou o sistema irá entrar em um estado inconsistente de funcionamento.

Um exemplo comum de sistema em tempo-real é o computador de controle de uma usina nuclear. As tarefas de controle dos processos desse tipo de sistema são extremamente complexas e exigem máxima confiabilidade. As ações realizadas pelo controle devem ser executadas em tempo correto ou um desastre ocorrerá. “Sistemas em tempo-real são aplicados ou estão engajados em atividades do mundo real, as quais são inerentemente complexas”. Será usado o termo sistema em tempo-real em um sentido

bem amplo, referindo-se ao sistema inteiro, incluindo o ambiente, o software e hardware do computador.

6.2.1 CONCEITOS DE TEMPO-REAL

“O funcionamento correto de sistemas em tempo-real depende não somente do resultado lógico da computação, mas também do tempo em que os resultados são produzidos”.

Um sistema em tempo-real é basicamente composto por um sistema de controle, interfaces de entrada e saída e um ambiente, explicados a seguir:

- ❖ Sistema de controle – é responsável por responder aos estímulos do ambiente em tempo hábil. “É dito reativo porque sua tarefa primária é responder ou reagir aos sinais do ambiente”;
- ❖ Interfaces de entrada e saída – são as portas de comunicação entre o sistema de controle e o sistema controlado. Geralmente, são sensores, atuadores, receptores de sinais de rádio, entre outros;
- ❖ Sistema controlado – é o ambiente com que o computador interage.

Então, sistemas em tempo-real são sistemas computacionais que monitoram, controlam ou respondem a ambientes externos. Além disso, devem cumprir várias restrições de tempo impostas pelo comportamento do sistema externo.

O fato de fornecerem resposta em tempo hábil requer que os sistemas em tempo-real tenham o comportamento determinístico. Além disso, é necessário que outros aspectos entrem na especificação de projetos em tempo-real. São eles:

- ❖ Previsibilidade - em vez de ser rápido (que é um termo relativo), a mais importante propriedade de um sistema em tempo-real deve ser sua previsibilidade, que define-se como: seu comportamento funcional e temporal deve ser tão determinístico quanto impõe as especificações do sistema.
- ❖ Confiabilidade – está relacionada à exatidão no funcionamento do sistema, ou seja, a falha do sistema é que pode gerar uma resposta fora do tempo esperado;
- ❖ Desempenho – o sistema deve ser eficiente o suficiente para lidar com a complexidade inerente ao ambiente de comportamento em tempo-real;
- ❖ Compactação – geralmente as soluções de sistemas em tempo-real são embarcadas, o que implica recursos reduzidos de processamento, memória e fontes de alimentação.

6.2.2 INTERAÇÕES ENTRE O SISTEMA DE CONTROLE E O AMBIENTE

O sistema de controle interage com o ambiente usando as informações disponibilizadas por vários sensores. É imperativo que o estado do ambiente, como percebido pelo sistema de controle, seja consistente como o real estado do ambiente. Então, o monitoramento periódico do ambiente e o processamento temporizado das informações dos sensores são necessários.

As restrições de tempo mais comuns para tarefas em sistemas em tempo-real são as periódicas, as aperiódicas e as esporádicas. São elas:

- ❖ Tarefa periódica - é uma tarefa que é ativada a cada “T” unidades de tempo. O seu limite de execução para cada ativação pode ser menor, igual ou maior do que o período “T”.
- ❖ Tarefa aperiódica – é uma tarefa ativada em períodos indeterminados.
- ❖ Tarefa esporádica - é uma tarefa aperiódica com a restrição adicional de possuir um intervalo mínimo entre ativações de tarefas.

Analisando um exemplo dado sobre as interações entre os sistemas de controle e sistemas controlados, vê-se que ele é baseado em um sistema de defesa em tempo-real para navios de guerra. O objetivo do sistema é destruir os projéteis lançados contra a embarcação, antes que eles a atinjam. O sistema é composto por um sistema de radar - que rastreia e procura por alvos em potencial e repassa a localização do alvo ao D&C constantemente - um sistema de Decisão e Comando (D&C) – que deve caracterizar o grau de ameaça, calcular a trajetória a partir das informações do sistema de radar e apontar as armas, através do sistema de controle de armamentos, para a área calculada e as ativar até que o alvo seja eliminado - e um sistema de controle de armamentos. O sistema de controle é o sistema D&C, os sistemas controlados são o sistema de radar e o sistema de controle de armamentos, que são também interfaces com o ambiente externo.

A comunicação entre o sistema de radar e o D&C é aperiódica. Apenas quando um alvo for detectado é que o radar irá passar suas informações para o D&C. Por outro lado, a comunicação entre o sistema de armamentos e o D&C, depois da detecção do alvo, é periódica, visto que o D&C deve constantemente atualizar a posição das armas, em altíssima frequência.

6.2.3 TIPOS DE SISTEMAS EM TEMPO-REAL

Os sistemas em tempo-real podem ser classificados em relação ao cumprimento de seus prazos de resposta ao ambiente, os deadlines. Deadline é o tempo limite que o sistema deve responder e/ou atuar para garantir sua consistência, sendo uma meta que deve ser perseguida e alcançada sempre.

Alguns sistemas são mais tolerantes às perdas de deadlines, ou seja, eles continuam em funcionamento mesmo não retornando suas respostas em tempo correto. É claro que o acúmulo de faltas pode levar o sistema para um estado inconsistente. Geralmente, esses sistemas contam o número de faltas ocorridas e, a partir de certo valor, acionam uma rotina de proteção e/ou correção. “Esses sistemas são chamados de soft real-time, em que a perda ocasional de um deadline é aceitável”.

Um bom exemplo de sistema em tempo-real soft é um aparelho de DVD. O aparelho de DVD realiza algumas atividades, tais como ler e decodificar o disco DVD, enviar as informações de vídeo e som para as respectivas saídas e receber comandos através do controle remoto. É aceitável que o decodificador perca algum deadline quando o aparelho é submetido a uma rápida série de comandos do usuário. A penalidade é uma momentânea, mas visível, distorção do vídeo ou do áudio.

Por outro lado, existem sistemas que um deadline não alcançado significa grande prejuízo econômico e/ou humano. Esses sistemas são do tipo hard real-time; um sistema de navegação de mísseis teleguiados é um bom exemplo do mesmo. O sistema deve ser constantemente realimentado com novas posições, de modo que possa desviar dos obstáculos ambientais e ainda atingir seu alvo. Caso o comando de reposicionamento não seja processado no tempo desejado, o míssil poderá colidir com uma montanha, ou

pior, com habitações civis. “Se a ação deve acontecer absolutamente em um certo momento (ou em certo intervalo), tem-se um sistema em tempo-real hard”.

Não se tem como caracterizar, de modo preciso, um sistema em tempo-real como hard ou soft. A maioria dos sistemas se encontra em algum lugar entre essas duas definições. Um sistema em tempo-real seria uma composição de tarefas hard e soft.

O projetista deve ter essa idéia bem clara na mente quando for escolher a estratégia de escalonamento e prioridade dos processos do sistema. “Designar prioridades de tarefas não é um exercício trivial, por causa da complexidade natural dos sistemas em tempo-real”. Uma estratégia mal formulada pode acarretar em perdas contínuas de deadlines.

Por exemplo, o processo que controla os sensores de ambiente, responsáveis por detectar obstáculos, do míssil teleguiado deve ter maior prioridade do que o processo que faz a comunicação com a central base. É fácil perceber o porquê: se a leitura dos sensores é feita de forma “lenta”, o sistema de navegação estará sendo alimentado com dados antigos, o que acarretará em uma possível colisão não desejada. Um atraso na comunicação com a central base não significa um grande prejuízo para o objetivo do sistema, que é atingir o alvo.

6.2.4 CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA EM TEMPO-REAL

Algumas características são inerentes aos sistemas de comportamento em tempo-real, porém nem todos os sistemas em tempo-real irão apresentar todas estas características. A seguir, algumas delas são apresentadas:

- ❖ Requisitos de tempo determinísticos - “deadlines e outras asserções concernentes a tempo são expressas em termos de valores fixos e exatos, ao invés de medidas médias”. O motivo é que variações no tempo de execução das tarefas significam falhas de sistema, principalmente se o sistema for hard.
- ❖ Execução Concorrente – Sistemas em tempo-real devem lidar com a concorrência natural das tarefas, que faz parte do mundo externo conectado ao sistema. Além disso, a concorrência pode ser usada para aumentar o desempenho do sistema, usando-se processadores em paralelo.
- ❖ Confiabilidade e tolerância à faltas – “Confiabilidade pode ser entendida como a probabilidade de um sistema funcionar corretamente em um intervalo de tempo completo, o qual depende da aplicação em questão”. Porém, nenhum sistema é perfeitamente confiável e falhas podem ocorrer. “Tolerância a faltas está relacionada com o reconhecimento e gerenciamento das falhas”.
- ❖ Tamanho e Complexidade – As dificuldades no desenvolvimento de software estão diretamente ligadas ao tamanho e à complexidade de programas. Sistemas em tempo-real são aplicados ou estão engajados em atividades do mundo real, as quais são inerentemente complexas. Esta complexidade é passada para o software de controle. Por isso, as linguagens de desenvolvimento para tempo-real devem fornecer facilidades para decompor sistemas complexos em módulos independentes, que são mais facilmente manipulados.
- ❖ Manipulação de Números Reais – Diversas atividades de controle industrial fazem uso de controle por realimentação, que manipula dados associados à saída do sistema, realimentando-os à entrada para posterior comparação e geração de um sinal de erro. Então, um sistema em tempo-real deve ser hábil a lidar com matemática complexa.