[2 24012017] Farines, J.; Fraga, J. S.; Oliveira, R. S. Sistemas de Tempo Real 1. ed. Florianópolis: Dpto. de Automação e Sistemas, UFSC, 2000.

Artigos citados:

[Sta88]

[But97]

[Ray91]

[Mot92]

[Kop92a]

[Kop92b]

[Jos91]

[Aud93]

[You82]

[Str88]

[Str90]

[Lel90]

p. 1: Metodologias e ferramentas convencionais são usadas, em uma prática corrente, no projeto e implementação de sistemas de tempo real. A programação dessas aplicações é feita com o uso de linguagens de alto nível, em geral eficientes, mas com construções não deterministas ou ainda, com linguagens de baixo nível. Em ambos os casos, sem a preocupação de tratar o tempo de uma forma mais explícita, o que torna difícil a garantia de implementação das restrições temporais. Os sistemas operacionais ou núcleos de tempo real, que gerenciam interrupções e tarefas e permitem a programação de temporizadores e de “timeout”, são para muitos projetistas as ferramentas suficientes para a construção de sistemas de tempo real. Embora esses suportes apresentem mecanismos para implementar escalonamentos dirigidos a prioridades, essas prioridades nunca refletem as restrições temporais definidas para essas aplicações.

p. 2: Essas práticas correntes têm permitido resolver de forma aceitável e durante muito tempo, certas classes de problemas de tempo real nas quais as exigências de garantia sobre as restrições temporais não são tão rigorosas. Entretanto estas estas técnicas e ferramentas convencionais apresentam limitações como a falta de procedimentos para verificação e validação da correção temporal, pouca legibilidade e manutenibilidade dos programas (Assembly).

p. 3: **Definições de tempo**

* ***Tempo na execução:*** intervalo no qual um recurso físico ou lógico é utilizado durante a execução de um programa.
* ***Tempo na programação:*** grandeza a ser manipulada por um programa como uma variável assim como outras variáveis quaisquer.

**O tempo na execução age de forma implícita, enquanto na programação o tempo ele pode ser visto de forma implícita ou explícita.**

* ***Tempo lógico:*** é definido a partir de relações de precedência entre eventos, o que permite o estabelecimento de ordens causais sobre um conjunto de eventos.
* ***Tempo físico:*** determina quantitativamente a distância entre eventos de forma a estabelecer uma ordem absoluta entre eles.
* ***Tempo denso:*** diz-se do tempo de natureza uniforme e contínuo assim como o tempo físico. O tempo denso é isomorfo ao conjunto dos números reais.
* ***Tempo Discreto:*** tempo uniforme e contínuo, porém, dividido em intervalos bem definidos sem subdivisões entre eles assim como o conjunto dos números naturais positivos.
* ***Tempo global:*** instante único que serve de referência a todos os subsistemas de um sistema maior. Pode ser acessado de qualquer parte do sistema.
* ***Tempo local:*** instante observável localmente em cada subsistema.
* ***Tempo absoluto:*** referência temporal estabelecida por um evento global de um sistema.
* ***Tempo relativo:*** referência temporal estabelecida por um evento local de um subsistema.

O tempo absoluto é sempre global enquanto o tempo relativo é sempre local.

p. 3, p. 4 e p. 5: **Caracterização e conceituação de sistemas de tempo real**

* ***Sistemas Transformacionais:*** são sistemas em que dada uma entrada calculam uma saída e depois encerram seu processamento.
* ***Sistemas Reativos:*** são sistemas que interagem de forma permanente com o ambiente. Estes sistemas produzem saídas continuamente a estímulos de entrada provenientes do ambiente em que estão inseridos. De uma forma geral, sistemas de tempo real podem ser definidos como sistemas reativos que devem produzir, em resposta a estímulos oriundos do seu ambiente, saídas com prazos específicos.

Um sistema de tempo real é um sistema computacional que deve reagir a estímulos oriundos do ambiente no qual está inserido em prazos específicos. O atendimento desses prazos resulta em requisitos de natureza temporal. Assim a cada estímulo proveniente do meio, o sistema deve entregar um resultado logicamente correto dentro de um prazo especificado, sob pena de ocorrer um erro temporal. O comportamento correto de um sistema de tempo real não depende exclusivamente da correção lógica dos resultados, mas também do instante em que são produzidos (correção temporal). Uma reação que ocorra além do prazo especificado pode ser sem utilidade ou até provocar danos severos.

A reação dos sistemas de tempo real aos eventos vindos do ambiente em que está inserido ocorre em intervalos de tempo compatíveis com as exigências do ambiente e mensuráveis na mesma escala. A concepção de um sistema de tempo real está intimamente ligada ao ambiente em que estará inserido e ao seu comportamento temporal.

De forma geral, os sistemas de tempo real podem ser subdivididos em três partes: sistema a controlar, sistema computacional de controle e operador.

O sistema a controlar e o operador são as partes que realizam o contato do sistema com o ambiente no qual está inserido, estes são, de modo geral, compostos por sensores, atuadores e interfaces homem-máquina (IHM).

Existem casos nas quais um as restrições temporais de um sistema de tempo real não são definidos pelo comportamento dinâmico de um ambiente específico, mas pelas exigências de serviços a serem oferecidos a um usuário humano ou outro sistema computacional. Nestes casos pode ser utilizado o termo “serviço de tempo real” [DEL91].

p. 5: **A previsibilidade nos sistemas de tempo real**

O aumento da velocidade computacional visa a melhorar o desempenho de um sistema, minimizando o tempo de resposta médio de um conjunto de tarefas, de forma distinta, o cálculo em tempo real é o atendimento dos requisitos temporais de cada uma das as atividades executadas pelo sistema. Ter um tempo de resposta curto não dá garantias de que os requisitos temporais do sistema serão atendidos. O desempenho médio não tem nenhuma relevância para um sistema que executa diversas tarefas com restrições temporais. Mais que a velocidade de execução das tarefas, importa a previsibilidade.

Um sistema de tempo real é previsível quando, independente de variações que venham a ocorrer no seu hardware, na carga de trabalho e de falhas no seu funcionamento, o comportamento do sistema possa ser antecipado antes de ser executado. Para que seja possível prever o comportamento de um sistema de tempo real e garantir dentro de certos limites suas restrições temporais é necessário definir um conjunto de hipóteses sobre o comportamento do ambiente no que diz respeito a carga e falhas.

Hipóteses sobre a carga gerada pelo ambiente devem tentar determinar a carga máxima que o ambiente pode gerar num intervalo de tempo mínimo entre cada reação do sistema de tempo real, nestes modelos todos os eventos gerados pelo ambiente devem ser considerados.

Hipóteses sobre falhas modelam os tipos e a frequência das falhas com as quais o sistema deve conviver em tempo de execução, mantendo seus requisitos funcionais e temporais.

Rigorosamente, para assumir que um sistema de tempo real é previsível, necessita-se ter um conhecimento prévio da pior situação de carga, simultaneamente, com as hipóteses de falhas. Para isso é necessário que um modelo realista do ambiente em que o sistema ira operar, esteja definido.

p. 6:

Além das hipóteses de falha e de carga, para garantir a previsibilidade de um sistema de tempo real, também é preciso observar um conjunto de fatores ligados a arquitetura de hardware, ao sistema operacional e as linguagens de programação. Uma análise precisa do comportamento temporal de um sistema de tempo real deve observar os piores casos de execução do código da aplicação e seu comportamento ante as manipulações feitas pelo sistema operacional e pelo hardware sobre o qual o programa será executado.

Se observarmos a execução de códigos de aplicações, veremos que muitas construções permitidas pelas linguagens de programação de propósito geral não podem ter seu tempo de execução determinado previamente. Construções como, laços não limitados previamente, funções recursivas, mecanismos de acesso a recursos compartilhados. Para que programas tenham seu tempo de execução previsível é necessário remover o uso de certas soluções como chamadas recursivas e estruturas dinâmicas de dados, além que todos os laços sejam limitados no tempo.

Algumas características de hardware e sistemas operacionais também influenciam a previsibilidade do comportamento de um sistema de tempo real. Processadores com instruções de “prefetch”, dispositivos de acesso direto a memória (DMA), mecanismos de memória cache, tratadores de interrupções e algoritmos de escalonamento de processos dos sistemas operacionais dificultam a determinação do tempo de execução em pior caso e consequentemente a previsibilidade do sistema.

p. 7:

Em alguns casos, a carga computacional de um sistema não pode ser determinada previamente, nestes casos são utilizadas estimativas e simulações que estipulem probabilidades sobre os prazos a serem atendidos, esta análise é chamada de previsibilidade probabilística.

p. 7: **Classificação dos sistemas de tempo real**

Sistemas de tempo real podem ser classificados, do ponto de vista da segurança, em: Sistemas Não Crítico de Tempo Real (ou Sistemas de Tempo Real Brandos, em inglês: “Soft Real Time Systems”) e Sistemas Críticos de Tempo Real (ou Sistemas de Tempo Real Rígidos, em inglês: “Hard Real Time Systems”). Quando as consequências de uma falha devida ao tempo é compensada pelos benefícios do sistema em operação normal, dizemos que o sistema de tempo real é não crítico. Quando as consequências de ao menos uma falha temporal seja muito maior que os benefícios normais do sistema, ou seja uma falha no sistema leva a uma consequência catastrófica, os sistema de tempo real é dito crítico. Para ambos os sistemas são válidas as características básicas de todo sistema de tempo real: previsibilidade e determinismo, embora o grau de importância e precisão destes parâmetros possam variar de acordo com o sistema.

Os Sistemas Críticos de Tempo Real podem ser subdivididos em: Sistemas Crítico de Tempo Real Seguros em Caso de Falha e Sistemas Crítico de Tempo Real Operacional em Caso de Falha.