

Sistemas de Tempo Real e Tolerante a Falhas

Eduardo Ferreira dos Santos

Engenharia de Computação
Centro Universitário de Brasília – UniCEUB

Fevereiro, 2016

Sumário

1 Introdução

2 Definição

3 Conceitos

1 Introdução

2 Definição

3 Conceitos

Caixas Eletrônicos

- Como sacar dinheiro em um caixa eletrônico?
 - ① Insere o cartão no leitor:
 - ① Cartão transmite agência e conta;
 - ② Leitor lê as informações e transmite.
 - ② Caixa eletrônico verifica o saldo do cliente;
 - ① Verifica saldo;
 - ② Autoriza saque.
 - ③ Gavetas de metal contendo notas de valores diferentes:
 - ① Sistema de correias de borracha conta as notas;
 - ② Libera o valor solicitado.
 - ④ Sensor ótico
 - ① Identifica células grudadas e outros erros;
 - ② Desvia para gaveta diferente cédulas rejeitadas.
 - ⑤ Opcionalmente manda ordem para imprimir o comprovante.

Questões Computacionais

- Tem dinheiro na conta?
- O caixa está abastecido?
- Está em horário bancário?



Figura 1.1: Caixa eletrônico por dentro

Controle de tráfego aéreo

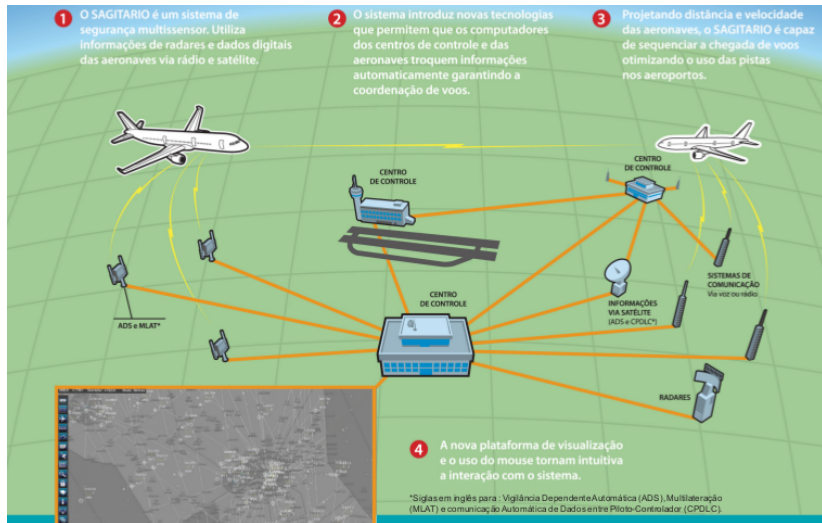


Figura 1.2: Sagitario - Sistema brasileiro de controle de tráfego aéreo

Questões computacionais

- Qual a velocidade do avião A?
- Qual a velocidade do avião B?
- Qual a altura de ambos?
- De onde vêm as informações?
- Qual deve ser a rota prevista?



Figura 1.3: Mapas de tráfego aéreo

Justificativa

- Motivação: antedimento de **restrições temporais**;
 - Abertura da cancela do trem;
 - Controle de tráfego aéreo;
 - Sistema bancário eletrônico.
- Um sistema computacional de tempo real implementado com “ferramentas convencionais de verificação e de implementação” [FARINES and MELO, 2000, p.2]:
 - Normalmente não se preocupaa tanto com as restrições temporais;
 - Escalonamento dirigidos a **prioridades**.
- O atendimento às restrições de tempo necessitam de **mecanismos especializados**. Ex.: O relógio do computador é confiável?
- Na prática, contudo, a utilização de mecanismos mais convencionais continua [FARINES and MELO, 2000, p.3], o que pode levar a resultados desastrosos.

1 Introdução

2 Definição

3 Conceitos

Sistema Computacional

- Mapeamento de entrada e saída

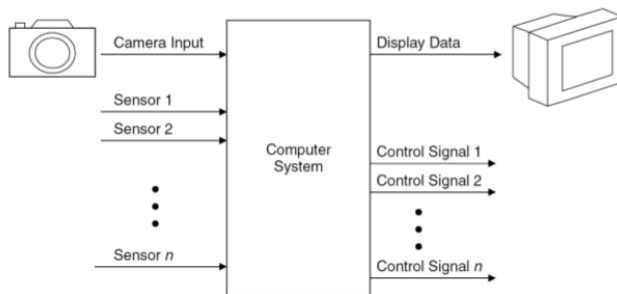


Figura 2.1: Tratamento de mecanismo computacional, entrada e saída [Chagas, 2016]

Tempo Computacional

- Tempo de resposta: tempo entre o estímulo e a resposta

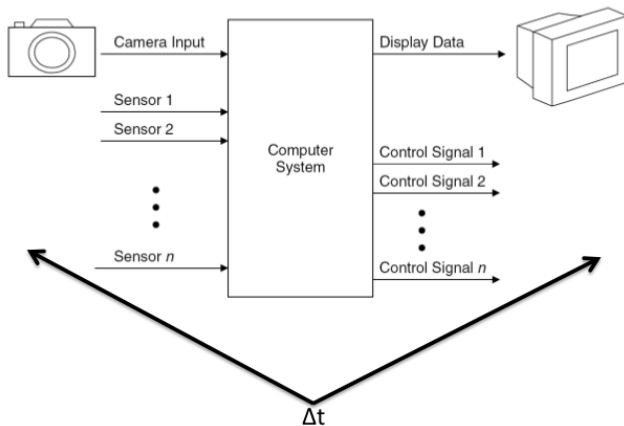


Figura 2.2: Definição de tempo computacional [Chagas, 2016]

Tempo de CPU

- O tempo de CPU em um sistema computacional pode ser definido de acordo com a Equação 1

$$\text{Tempo de Execução} = \text{Ciclos de clock} \times \text{Tempo de ciclo} \quad (1)$$

- A equação pode ser resumido ao formato da Equação 2:

$$\left[\frac{\text{segundos}}{\text{programa}} \right] = \left[\frac{\text{ciclos}}{\text{programa}} \right] \times \left[\frac{\text{segundos}}{\text{ciclos}} \right] \quad (2)$$

- Os “tiques” de clock indicam quando iniciar as atividades;
- Tempo de ciclo: tempo entre os tiques (segundos por ciclo);
- Pergunta: como aumentar/diminuir o tempo de CPU?

Tempo de resposta x Tempo de CPU

- O tempo de CPU **não leva em consideração** o acesso aos dispositivos externos (Entrada e Saída)
- Fatores externos à CPU **podem afetar** o tempo de resposta.
- Qual a quantidade de fatores externos presente na Figura 13?

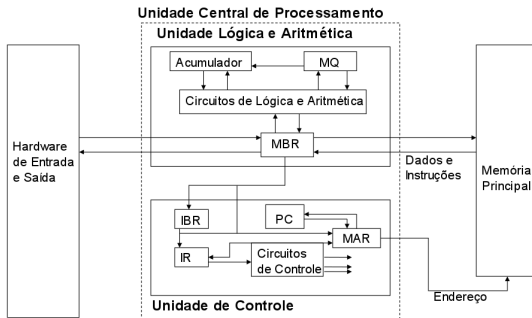


Figura 2.3: Arquitetura de Von Neumann

Corretude [Chagas, 2016]

- Um sistema falho é um sistema que não pode satisfazer um ou mais dos requisitos estipulados em sua especificação;
- O comportamento correto de um sistema de tempo real depende:
Correção lógica (correctness) integridade dos resultados obtidos.
Correção temporal (timeliness) valores de tempo em que são produzidos.
- Uma reação que ocorra além do prazo especificado pode ser inútil ou até representar uma ameaça.

Um Sistema de Tempo Real deve ser então capaz de oferecer garantias de correção temporal para o fornecimento de todos os seus serviços que apresentem restrições temporais.

[FARINES and MELO, 2000]

Problemas de corretude



Figura 2.4: Acidente com trens na Alemanha

Problemas de corretude



Figura 2.5: Acidente da Gol na Amazônia

Sistemas de Tempo Real [Chagas, 2016]

- Os sistemas de tempo real podem ser classificados conforme a interação em:

Reativos

- Sistemas cujo escalonamento é dirigido pela interação com seu ambiente.
- Exemplo: Sistema para controle de incêndios que reage ao pressionar de um botão.

Embarcados

- Fazem partes de sistemas maiores não computacionais.
- Exemplo: controle de injeção de combustível, airbag, freios, etc.

Classificação [Chagas, 2016]

- Os sistemas de tempo real podem ser classificados conforme o **impacto** gerado por uma falha ao atender seus requisitos de tempo em:

SRT Tolerantes (Soft Real Time) Sistema em que o desempenho é degradado mas não resulta em falhas, no caso de não atendimento de suas restrições de tempo.

STR Rigorosos (Hard Real Time) Sistema em que uma falha relacionada a um único deadline pode provocar falhas completas do sistema ou até mesmo catástrofes.

STR Seguros (Firm Real Time) Sistema em que a perda de poucos deadlines não provocam falha total, no entanto, a perda de uma quantidade muito grande podem provocar falhas completa do sistema ou até mesmo catástrofes

Exemplos e classificação

Sistema	Tipo de Sistema	Cenário
Máquinas de auto-atendimento	Tolerante	Perda de muitos <i>deadlines</i> não provocarão falhas catastróficas, somente o desempenho é degradado.
Sistema de navegação embutida para controle de robôs autônomos agrícolas.	Seguro	Excessiva perda de <i>deadlines</i> podem fazer que o robô danifique toda uma plantação.
Sistema de controle de armas em caças.	Rigorouso	Perda de um único <i>deadline</i> pode fazer com que o alvo seja perdido.

Figura 2.6: Exemplos e Classificação [Chagas, 2016]

1 Introdução

2 Definição

3 Conceitos

Eventos [Chagas, 2016]

Quanto à Sincronia:

Eventos Síncronos Eventos que podem ser previstos no fluxo de controle.
Exemplo: desvios condicionais.

Eventos Assíncronos Acontecem em pontos imprevisíveis do fluxo de controle e causados por fontes externas. Exemplo: interrupção.

Quanto ao Tempo:

Eventos Periódicos Eventos que ocorrem em intervalos regulares. Exemplo:
Um clock que pulsa regularmente a cada 5 segundos.

Eventos Aperiódicos Eventos que não ocorrem em intervalos regulares.

Eventos Esporádicos Eventos aperiódicos que ocorrem raramente.

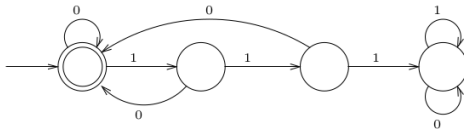
Determinismo [Chagas, 2016]

- Um sistema é **determinístico** se, para cada possível estado e cada conjunto de **entradas**, um único conjunto de **saídas** e o próximo estado do sistema podem ser determinados.
- Se um sistema é determinístico, todos os **eventos** que o compõem são **determinísticos**.
- Se um sistema determinístico, possui **tempo de resposta** conhecido para cada conjunto de respostas conhecidos, o sistema também possui **determinismo temporal**.

Exemplos e classificação

Determinístico

Exatamente uma trajetória sobre uma $w \in \Sigma^*$.



Não-determinístico

Nenhuma, uma ou várias trajetórias sobre uma $w \in \Sigma^*$.

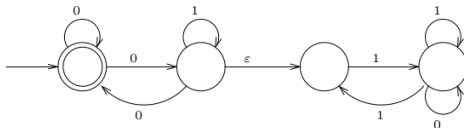


Figura 3.1: Autômatos e máquinas de estado

Conceitos relacionados

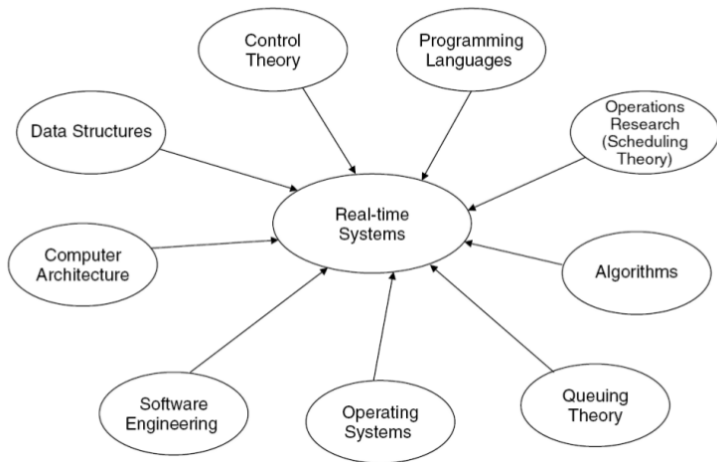


Figura 3.2: Conceitos relacionados na disciplina [Chagas, 2016]

Questões de projeto

- Problema do tratamento do **tempo**. Ex.: relógio do computador
- Utilização de **sistemas operacionais de tempo real**:
 - Um SO tradicional **também é um software**, e vai ocupar **tempo** de processamento;
 - Prioridades em SO não respeitam **importância relativa**;
 - O SO de tempo real respeita os **requisitos temporais** da aplicação.
- Outras questões:
 - Seleção de **hardware e software**;
 - Consideração de **aspectos temporais** no projeto;
 - Tolerância a falhas;

Tolerância

Característica	STR Rigoroso	STR Tolerante
Tempo de resposta	Requisito alto	Requisito desejável
Desempenho sob alta carga	Previsível	Não previsto
Segurança	Geralmente Crítica	Não Crítica
Tamanho dos dados	Pequeno/médio	Grande
Deteção de erros	Autônoma	Assistida pelo usuário

Figura 3.3: SRT Tolerantes x STR Rigorosos [Chagas, 2016]

Outras questões [Chagas, 2016]

- Falha-Seguro vs Falha-Operacional

- Em sistemas do tipo **falha-seguro**, o STR ao falhar entra em um estado seguro.
- Ex.: Sistema de controle de trens.
- Em sistemas do tipo **falha-operacional**, o STR ao falhar deve prover um conjunto mínimo de serviços e continuar operacional.
- Ex.: Sistema de controle de um avião.

- Garantia de Resposta vs Melhor Esforço

- Em garantia de resposta, o sistema é projetado para sempre cumprir seus deadlines.
- Em melhor esforço, o sistema faz o melhor possível.

Equívocos comuns

- Sistemas de tempo real são rápidos
 - O mais importante é atender os requisitos temporais;
 - O desempenho médio não tem importância;
 - Conceito mais importante: previsibilidade.
- Existe uma teoria universal. Logo, não é necessário desenvolver novos sistemas;
- O tema mais importante é escalonamento.

STR x Convencional

- Reações determinísticas** Não é possível determinar o **tempo médio** de transição entre os estados. Ex.: cancela de ferrovia
- Concorrência** Projetar Sistemas de Tempo Real concorrentes pode ser significativamente mais complexo.
- Confiabilidade e Tolerância a Falhas** Probabilidade de falha. Quanto mais o **custo de falha**, mais **crítico** o sistema.
- Dedicação exclusiva** Sistemas de Tempo Real normalmente possuem todo o hardware software dedicados.



Chagas, F. (2016).

Notas de aula do prof. fernando chagas.



FARINES, J. M. and MELO, R. (2000).

Sistemas de Tempo Real, volume 1.

IME-USP.

OBRIGADO!!!
PERGUNTAS???