

# Sistemas Distribuídos - ESP625

Prof<sup>a</sup> Ana Carolina Sokolonski

Bacharelado em Sistemas de Informação  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia  
Campus de Feira de Santana

*carolsoko@ifba.edu.br*

July 25, 2024

# Sistemas de Tempo Real Críticos e Não-Críticos

## 1 Conceitos Básicos

- O que é Tempo?
- O que é Tempo Real?
- Definição de Sistemas de Tempo Real

## 2 Tipos de Sistemas de Tempo Real

- Sistemas de Tempo Real Críticos
- Sistemas de Tempo Real Não Críticos

## 3 Tarefas em Sistemas de Tempo Real

- Deadline
- Instante de Ativação (Release Time)
- Tipos de Tarefas
- Previsibilidade

## 4 Referências

# Sistemas de Tempo Real

# Conceitos Básicos

# O que é Tempo?

Tempo de Programação (Projeto):

recurso gasto na criação (implementação) de um programa.

# O que é Tempo?

## Tempo de Programação (Projeto):

recurso gasto na criação (implementação) de um programa.

## Tempo de Execução:

Recurso a ser gasto na execução de um programa ou trecho de programa.

# O que é Tempo?

## Tempo de Programação (Projeto):

recurso gasto na criação (implementação) de um programa.

## Tempo de Execução:

Recurso a ser gasto na execução de um programa ou trecho de programa.

## Tempo Lógico:

Definido a partir da relação de precedência entre eventos, permite estabelecer ordens casuais de um conjunto de eventos.

# O que é Tempo?

## Tempo de Programação (Projeto):

recurso gasto na criação (implementação) de um programa.

## Tempo de Execução:

Recurso a ser gasto na execução de um programa ou trecho de programa.

## Tempo Lógico:

Definido a partir da relação de precedência entre eventos, permite estabelecer ordens casuais de um conjunto de eventos.

## Tempo Físico:

Tempo métrico, a partir dele expressamos quantitativamente o tempo entre eventos.



# O que é Tempo?

## Tempo Denso:

Tempo físico medido de forma uniforme, contínua, pertencente ao conjunto dos reais.

# O que é Tempo?

## Tempo Denso:

Tempo físico medido de forma uniforme, contínua, pertencente ao conjunto dos reais.

## Tempo Discreto:

Simplificação do tempo denso para o conjunto dos naturais positivos.

# O que é Tempo?

## Tempo Denso:

Tempo físico medido de forma uniforme, contínua, pertencente ao conjunto dos reais.

## Tempo Discreto:

Simplificação do tempo denso para o conjunto dos naturais positivos.

## Tempo Relativo:

Tempo contado a partir de uma referência local.

# O que é Tempo?

## Tempo Denso:

Tempo físico medido de forma uniforme, contínua, pertencente ao conjunto dos reais.

## Tempo Discreto:

Simplificação do tempo denso para o conjunto dos naturais positivos.

## Tempo Relativo:

Tempo contado a partir de uma referência local.

## Tempo Absoluto:

Tempo válido para todo o sistema como uma referência global.

# O que é Tempo Real?

# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!!

# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!! O Sistema de Tempo Real é especificado baseado em restrições temporais.

# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!! O Sistema de Tempo Real é especificado baseado em restrições temporais. O que importa não é a **rapidez** e sim o **cumprimento** das restrições lógicas e temporais!!



# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!! O Sistema de Tempo Real é especificado baseado em restrições temporais. O que importa não é a **rapidez** e sim o **cumprimento** das restrições lógicas e temporais!!
- As interações com o ambiente são realizadas através de sensores e atuadores, nem sempre utiliza-se IHM.

# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!! O Sistema de Tempo Real é especificado baseado em restrições temporais. O que importa não é a **rapidez** e sim o **cumprimento** das restrições lógicas e temporais!!
- As interações com o ambiente são realizadas através de sensores e atuadores, nem sempre utiliza-se IHM.
- Um caixa eletrônico é um sistema de Tempo Real?

# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!! O Sistema de Tempo Real é especificado baseado em restrições temporais. O que importa não é a **rapidez** e sim o **cumprimento** das restrições lógicas e temporais!!
- As interações com o ambiente são realizadas através de sensores e atuadores, nem sempre utiliza-se IHM.
- Um caixa eletrônico é um sistema de Tempo Real? **NÃO!** - Aqui deseja-se rapidez, para que o usuário fique satisfeito em usar rapidamente o caixa, PORÉM o sistemas bancário, na comunicação com entre os servidores, é um STR.

# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!! O Sistema de Tempo Real é especificado baseado em restrições temporais. O que importa não é a **rapidez** e sim o **cumprimento** das restrições lógicas e temporais!!
- As interações com o ambiente são realizadas através de sensores e atuadores, nem sempre utiliza-se IHM.
- Um caixa eletrônico é um sistema de Tempo Real? **NÃO!** - Aqui deseja-se rapidez, para que o usuário fique satisfeito em usar rapidamente o caixa, PORÉM o sistemas bancário, na comunicação com entre os servidores, é um STR.
- Um sistema de controle de piloto automático é um sistema de Tempo Real?

# O que é Tempo Real?

- Tempo Real não significa rapidez de execução!! O Sistema de Tempo Real é especificado baseado em restrições temporais. O que importa não é a **rapidez** e sim o **cumprimento** das restrições lógicas e temporais!!
- As interações com o ambiente são realizadas através de sensores e atuadores, nem sempre utiliza-se IHM.
- Um caixa eletrônico é um sistema de Tempo Real? **NÃO!** - Aqui deseja-se rapidez, para que o usuário fique satisfeito em usar rapidamente o caixa, PORÉM o sistemas bancário, na comunicação com entre os servidores, é um STR.
- Um sistema de controle de piloto automático é um sistema de Tempo Real? **SIM!** aqui deseja-se que o sistema funcione perfeitamente! **SEM ERROS!** Respeitando as restrições lógicas e temporais.

# Sistemas de Tempo Real

## Definição:

Sistema computacional que interage com o ambiente através de dispositivos que captam informações (sensores) e que interferem no ambiente (atuadores).

Tais sistemas precisam produzir resultados válidos (**correctness - correção lógica**) em prazos de tempo determinados pelo ambiente (**timeliness - correção temporal**).

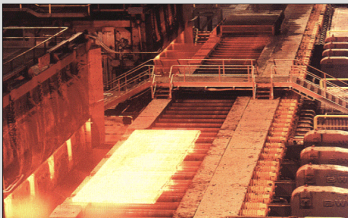
Normalmente, Sistemas de Tempo Real são fortemente acoplados (quando possuem mais de um processador, isso é transparente, pois os processadores trabalham em conjunto, como se fossem apenas um) e não têm domínio sobre seu fluxo de controle.

[Coulouris et al. 2013]

# Componentes Básicos de um Sistema de Tempo Real



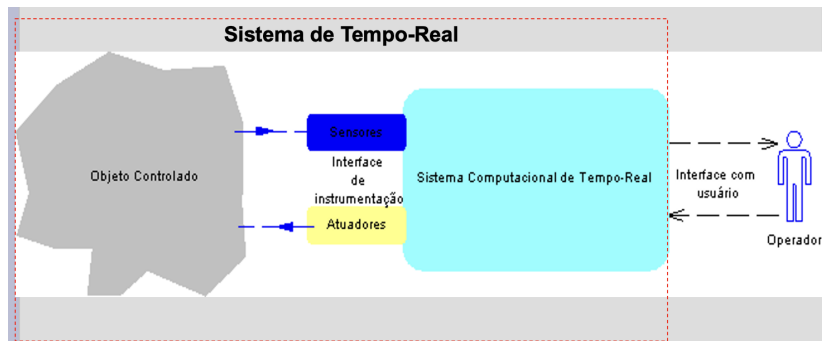
Controle de Processos Industriais



Missões de Defesa



# Componentes Básicos de um Sistema de Tempo Real





# Sistema de Tempo Real X Sistema Convencional

- O Sistema Convencional faz o que tem que fazer usando o tempo necessário.

# Sistema de Tempo Real X Sistema Convencional

- O Sistema Convencional faz o que tem que fazer usando o tempo necessário.
- O Sistema de Tempo Real faz o que tem pra fazer usando o tempo disponível. [Burns e Wellings 1997]

## Existe uma variedade de aplicações de STR

Militar:

Sistemas de mísseis teleguiados, radar, sonar.

## Existe uma variedade de aplicações de STR

### Militar:

Sistemas de mísseis teleguiados, radar, sonar.

### Fábricas:

Controle de processos, robôs em linhas de montagem.

# Existe uma variedade de aplicações de STR

## Militar:

Sistemas de mísseis teleguiados, radar, sonar.

## Fábricas:

Controle de processos, robôs em linhas de montagem.

## Telecomunicações, Lazer e Uso Doméstico:

Celular, videoconferência, Jogos, vídeo sob demanda, eletrodomésticos (geladeira, micro-ondas, máquina de lavar, etc).

## Existe uma variedade de aplicações de STR

### Militar:

Sistemas de mísseis teleguiados, radar, sonar.

### Fábricas:

Controle de processos, robôs em linhas de montagem.

### Telecomunicações, Lazer e Uso Doméstico:

Celular, videoconferência, Jogos, vídeo sob demanda, eletrodomésticos (geladeira, micro-ondas, máquina de lavar, etc).

### Transportes:

Sistema de freio eletrônico, aeronaves, sistemas de controle ferroviário.

Os Sistemas de Tempo Real são divididos em dois tipos básicos:

### Sistemas de Tempo Real Críticos (Hard Real Time Systems):

Sistemas onde falhas temporais levam a situações catastróficas.  
Ex: Sistema de piloto automático.

# Os Sistemas de Tempo Real são divididos em dois tipos básicos:

## Sistemas de Tempo Real Não Críticos (Soft Real Time Systems):

Sistemas onde falhas temporais, em certas situações, podem ser toleradas (o processamento não é completamente perdido). Ex: Sistemas de exibição de vídeo.



# Os Sistemas de Tempo Real são divididos em dois tipos básicos:

## Sistemas de Tempo Real Não Críticos (Soft Real Time Systems):

Sistemas onde falhas temporais, em certas situações, podem ser toleradas (o processamento não é completamente perdido). Ex: Sistemas de exibição de vídeo.

- Firmes (Firm): Sistemas cujo resultado lógico de suas tarefas é inválido caso estas não cumpram seus prazos temporais.

# Os Sistemas de Tempo Real são divididos em dois tipos básicos:

## Sistemas de Tempo Real Não Críticos (Soft Real Time Systems):

Sistemas onde falhas temporais, em certas situações, podem ser toleradas (o processamento não é completamente perdido). Ex: Sistemas de exibição de vídeo.

- Firmes (Firm): Sistemas cujo resultado lógico de suas tarefas é inválido caso estas não cumpram seus prazos temporais.
- Fracamente Críticos (Weakly Hard): Sistemas que admitem falhas temporais, porém exigem uma qualidade mínima de funcionamento.

# Tarefas em Sistemas de Tempo Real

## Tarefas:

Conjunto de ações, ou trechos de códigos, que possuem restrições temporais próprias. Ex: Sistema de Piloto Automático de Avião

### **Tarefa Aterrissagem**

- Diminuir Altitude e Velocidade
- Abaixar Trem de Pouso
- Iniciar Aproximação (Pista)
- Tocar Trem de Pouso no Solo (Início da Pista)
- Acionar Freios Mecânicos
- Parar Totalmente

máximo: 1 minuto - **DEADLINE**

# Deadline

**Deadline:**

Limite de tempo para a conclusão de uma tarefa.

# Deadline

## Deadline:

Limite de tempo para a conclusão de uma tarefa.

## Deadline Relativo:

Intervalo de tempo onde a tarefa deve executar e concluir. Ex: A tarefa Aterrissagem possui deadline relativo igual a 1 minuto.

# Deadline

## Deadline:

Limite de tempo para a conclusão de uma tarefa.

## Deadline Relativo:

Intervalo de tempo onde a tarefa deve executar e concluir. Ex: A tarefa Aterrissagem possui deadline relativo igual a 1 minuto.

## Deadline Absoluto:

Instante de tempo máximo no qual a tarefa deve concluir sua execução. Ex: Se a tarefa Aterrissagem iniciou sua execução no instante de tempo 10 segundos, deve terminar até o instante 1 minuto e 10 segundos.

# Instante de Ativação (Release Time)

## Instante de Ativação (Release Time):

Instante de início da execução de uma tarefa.

Tal instante pode possuir algum atraso (**Delay**), normalmente, devido a fatores externos à tarefa. Ex: quando uma tarefa depende da conclusão de outra tarefa para iniciar sua execução e a anterior atrasa.

Em alguns casos, existe uma variação máxima do atraso (**Jitter**), ou seja, é conhecido um intervalo de tempo cujo atraso pode estar.

# Tipos de Tarefas

## Tarefas Periódicas:

Tarefas que possuem o instante de ativação conhecido, se repetem em intervalos regulares de tempo (período), ou seja, a cada início de período a tarefa é ativada.



# Tipos de Tarefas

## Tarefas Periódicas:

Tarefas que possuem o instante de ativação conhecido, se repetem em intervalos regulares de tempo (período), ou seja, a cada início de período a tarefa é ativada.

## Tarefas Esporádicas:

Tarefas que não possuem o instante de ativação conhecido, porém conhece-se o intervalo mínimo entre dois instantes de ativação da tarefa. Obs: No pior caso, executa como uma tarefa periódica.

# Tipos de Tarefas

## Tarefas Periódicas:

Tarefas que possuem o instante de ativação conhecido, se repetem em intervalos regulares de tempo (período), ou seja, a cada início de período a tarefa é ativada.

## Tarefas Esporádicas:

Tarefas que não possuem o instante de ativação conhecido, porém conhece-se o intervalo mínimo entre dois instantes de ativação da tarefa. Obs: No pior caso, executa como uma tarefa periódica.

## Tarefas Aperiódicas:

Tarefas que não possuem o instante de ativação conhecido. Nada se sabe sobre a tarefa antes dela ser ativada.

# Previsibilidade

# Previsibilidade



## Sistema Previsível:

Um Sistema de Tempo Real é dito **Previsível** quando, independente das variações de hardware, carga ou falhas, o comportamento do sistema pode ser antecipado, antes de sua execução (em tempo de projeto).

Ou seja, o Sistema de Tempo Real é **Previsível** quando podemos antecipar que todos os prazos (Deadlines) colocados a partir das interações com o ambiente poderão ser atendidos.

# Referências

# Referências

-  BURNS, A.; WELLINGS, A. *Real-Time Systems and Programming Languages*. 1. ed. [S.l.]: Addison Wesley, 1997. v. 1.
-  COULOURIS, G. et al. *Sistemas Distribuídos: Conceitos e Projetos*. 5. ed. [S.l.]: Bookman, 2013. v. 1.