Variância dos Tempos de Resposta

Fundamentos dos Sistemas de Tempo Real

Rômulo Silva de Oliveira

eBook Kindle, 2018

www.romulosilvadeoliveira.eng.br/livrotemporeal

Outubro/2018

Sumário

- Introdução
- Fontes da Variância do Tempo de Resposta
- Variância Causada por Outras Tarefas da Aplicação
- Variância Causada por Outros Processos do Sistema
- Variância Causada por Threads do Kernel
- Variância Causada por Tratadores de Interrupção
- Variância Causada pela Manipulação das Prioridades dos Processos e Threads
- Variância Causada por Kernel Não-Preemptivo
- Variância Causada pela Desabilitação das Interrupções
- Variância Causada por *Overhead* do Kernel
- Variância Causada por Sincronização na Aplicação
- Variância Causada por Sincronização no Kernel
- Determinação do Tempo de Resposta no Pior Caso

Introdução 1/2

- Aplicações de tempo real são mais facilmente construídas
  - se puderem aproveitar os serviços de um sistema operacional
- Comportamento temporal do SO
  afeta o comportamento temporal da aplicação
  - Exemplo: tratador de interrupções do timer
- Pode ser um pequeno microkernel como o FreeRTOS
- Pode ser um kernel complexo, como o Linux
- Seja como for, uma tarefa de tempo real pode ser atrapalhada pelas demais atividades do sistema

Introdução 2/2

- Uma grande fonte de variância para o tempo de resposta de uma tarefa é o seu próprio tempo de execução
  - O qual tipicamente varia bastante

- Mesmo que seu tempo de execução fosse constante,
  seu tempo de resposta varia
  pois varia o quanto a tarefa em questão é atrapalhada
  pelas demais atividades do sistema
  cada vez que ela executa

Variância Causada por Outras Tarefas da Aplicação 1/1

- Fonte de variância mais óbvia:
  execução de outras tarefas da aplicação

- Uma aplicação de tempo real complexa pode incluir
  - diversas malhas de controle com períodos diferentes
  - interface humano-máquina gráfica ou textual
  - emprego de arquivos de configuração e de histórico
  - detecção de alarmes
  - comunicação via rede com outros computadores ou equipamentos
- Tempo de espera na fila de aptos irá somar-se ao próprio tempo de execução da tarefa para compor o seu tempo de resposta
  - Como o tempo de espera na fila de aptos varia,
    o tempo de resposta da tarefa varia também

Variância Causada por Outros Processos do Sistema 1/1

- Em sistemas operacionais maiores podem existir processos do sistema
- São processos normais
  - executam fora do kernel
  - fazem chamadas de sistema

- Porém, eles não executam código de aplicação mas sim realizam tarefas de manutenção e administração do sistema
  - fazem parte do sistema operacional

- São aqueles processos que já existem antes da aplicação iniciar
  - Lista de tarefas no Windows
  - ps –a no Linux

Variância Causada por Threads do Kernel 1/1

- São empregadas threads dentro do kernel na implementação de funções
  - Por exemplo *device-drivers* associados com periféricos
  - Manutenção da gerência de memória
  - Gerência de sistema de arquivos
  - Etc
- Estas threads executam apenas código do kernel
  - possuem privilégios no acesso aos controladores de periféricos
  - são acionadas para atender as chamadas de sistema

- Na perspectiva do escalonador, são threads que competem pelo processador com as demais threads que existem no sistema
- Tipicamente executam com prioridade sobre as threads da aplicação

Variância Causada por Tratadores de Interrupção 1/1

- A qualquer momento a thread de aplicação pode ser suspensa para a execução de um tratador de interrupção
  - Teclado, ethernet, etc

- Talvez o tratador de interrupção execute e, em seguida, a thread de aplicação retome sua execução
- Ou talvez o tratador de interrupção acionado libere uma thread de kernel a qual é inserida na fila de aptos

- Interrupções são uma importante fonte de variância no tempo de resposta de qualquer tarefa do sistema
- Mesmo tarefa implementada como tratador de interrupções pode ser atrapalhada por outros tratadores de interrupções
  - Muitos tratadores de interrupções desabilitam as interrupções no computador durante pelo menos parte de sua execução

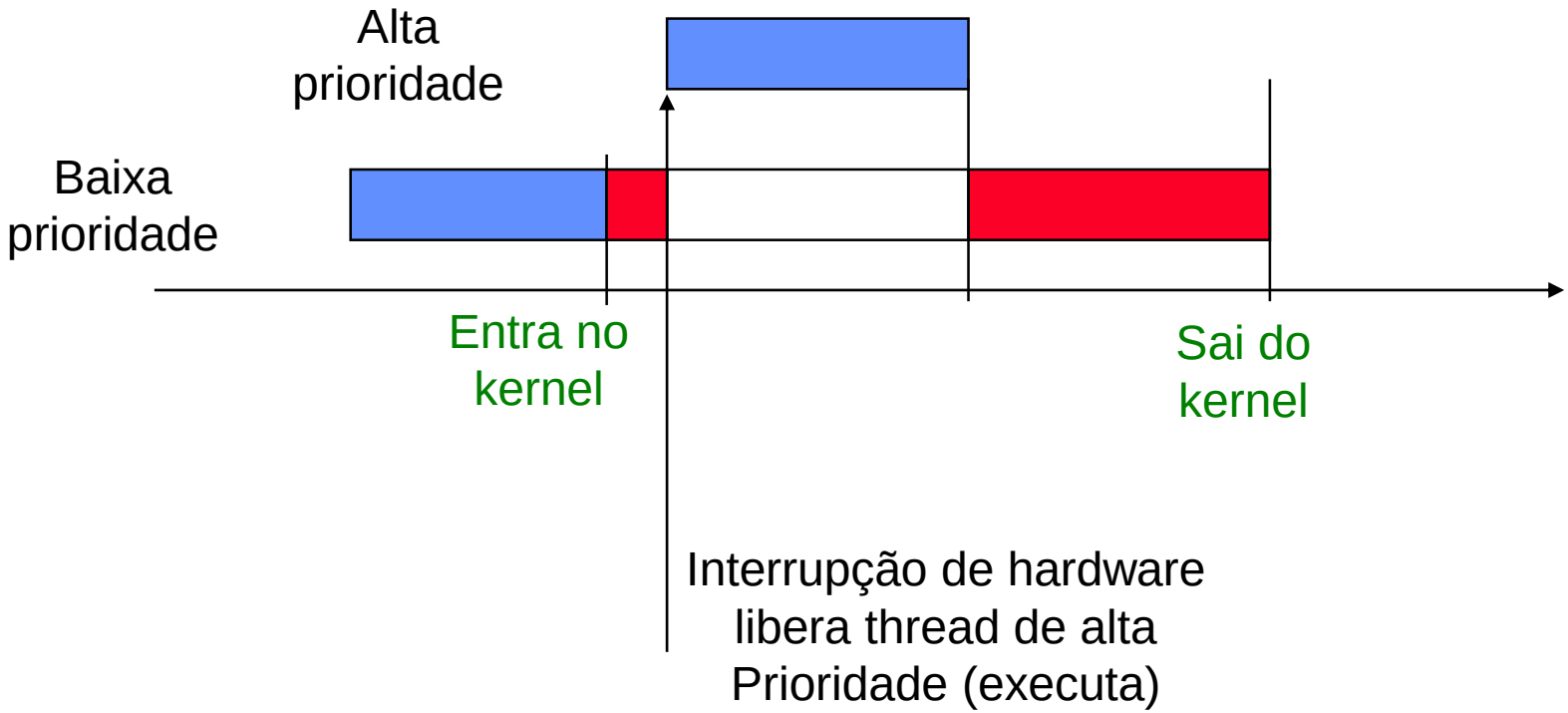
Variância Causada pela Manipulação das Prioridades 1/1

- Muitos sistemas operacionais manipulam por conta própria as prioridades das tarefas
- Por exemplo, o mecanismo de envelhecimento (aging)
- Ou reduzem automaticamente a prioridade de uma thread na medida que ela consome tempo de processador

- Esses mecanismos fazem sentido em um SOPG
  - quando o objetivo é estabelecer um certo grau de justiça
- No contexto de tempo real:
  preocupação é com o atendimento dos deadlines
- Aumentam a variância dos tempos de resposta

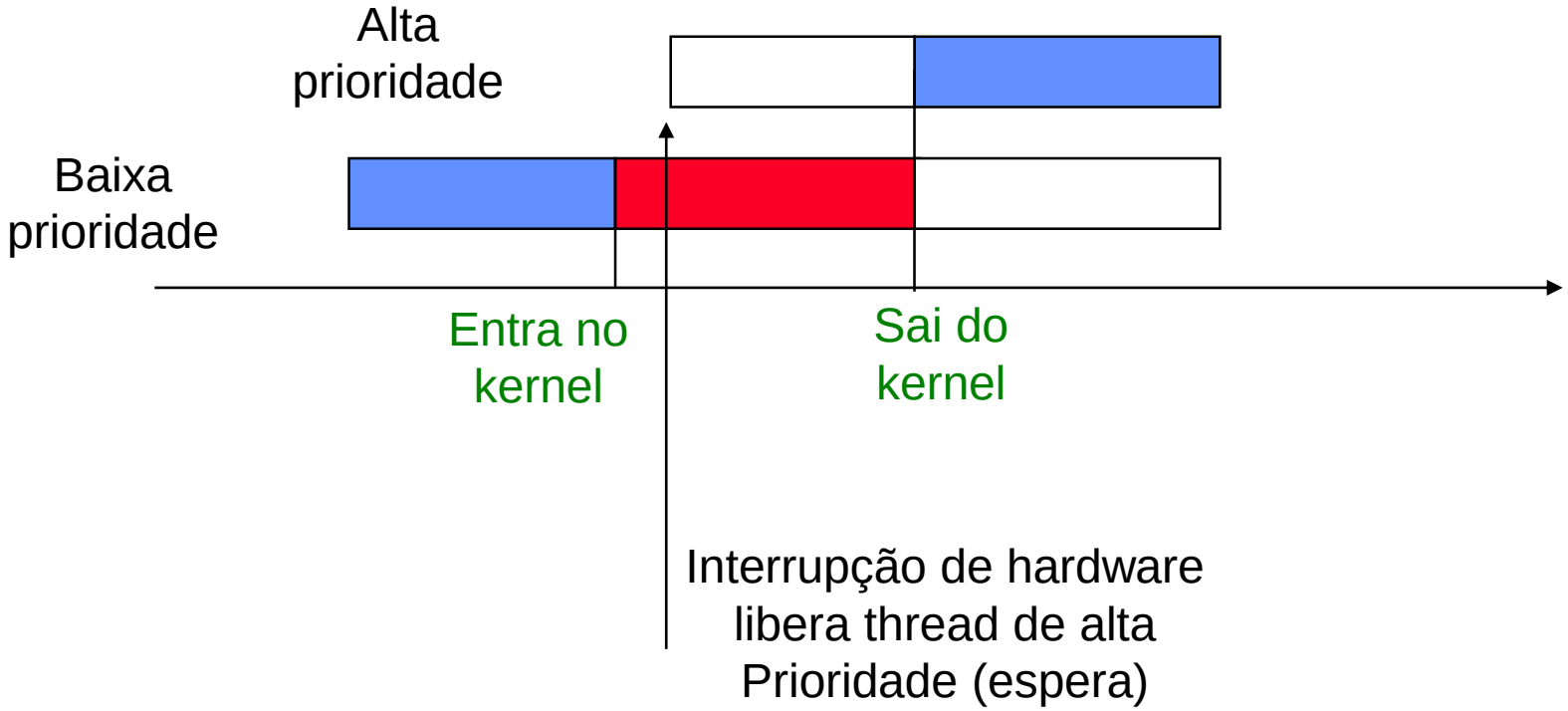
Variância Causada por Kernel Não-Preemptivo 1/2

- **Kernel preemptivo** (***preemptive kernel***)
- Escalonador irá respeitar a ordem das prioridades
- A chamada de sistema da thread de baixa prioridade será suspensa e a thread de alta prioridade passará a executar



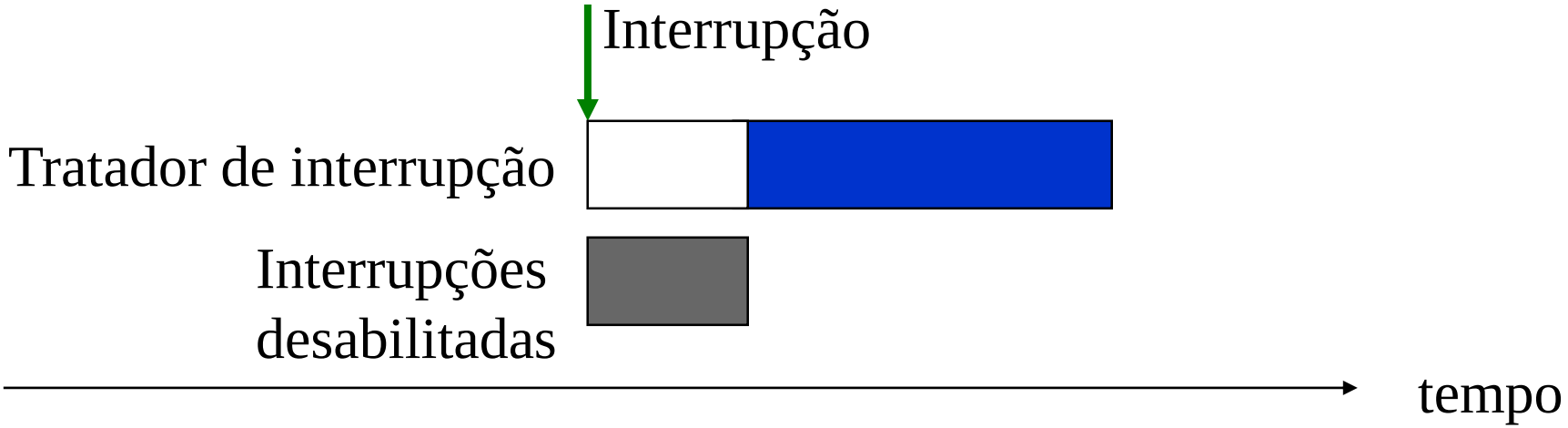
Variância Causada por Kernel Não-Preemptivo 2/2

- **Kernel não premptivo** (***non-preemptive kernel***), a execução de uma chamada de sistema jamais é suspensa para a execução de outra thread
- Thread de alta prioridade terá que esperar até que a chamada de sistema da thread de baixa prioridade termine, para poder executar
  - Inversão de prioridades, tempo de resposta da tarefa de alta prioridade irá variar



Variância Causada pela Desabilitação das Interrupções 1/1

- Tempo entre a sinalização de uma interrupção no hardware e o inicio da execução de seu tratador varia
- Interrupções podem estar desabilitadas
- Tempo para executar o tratador e possivelmente liberar uma thread de alta prioridade varia



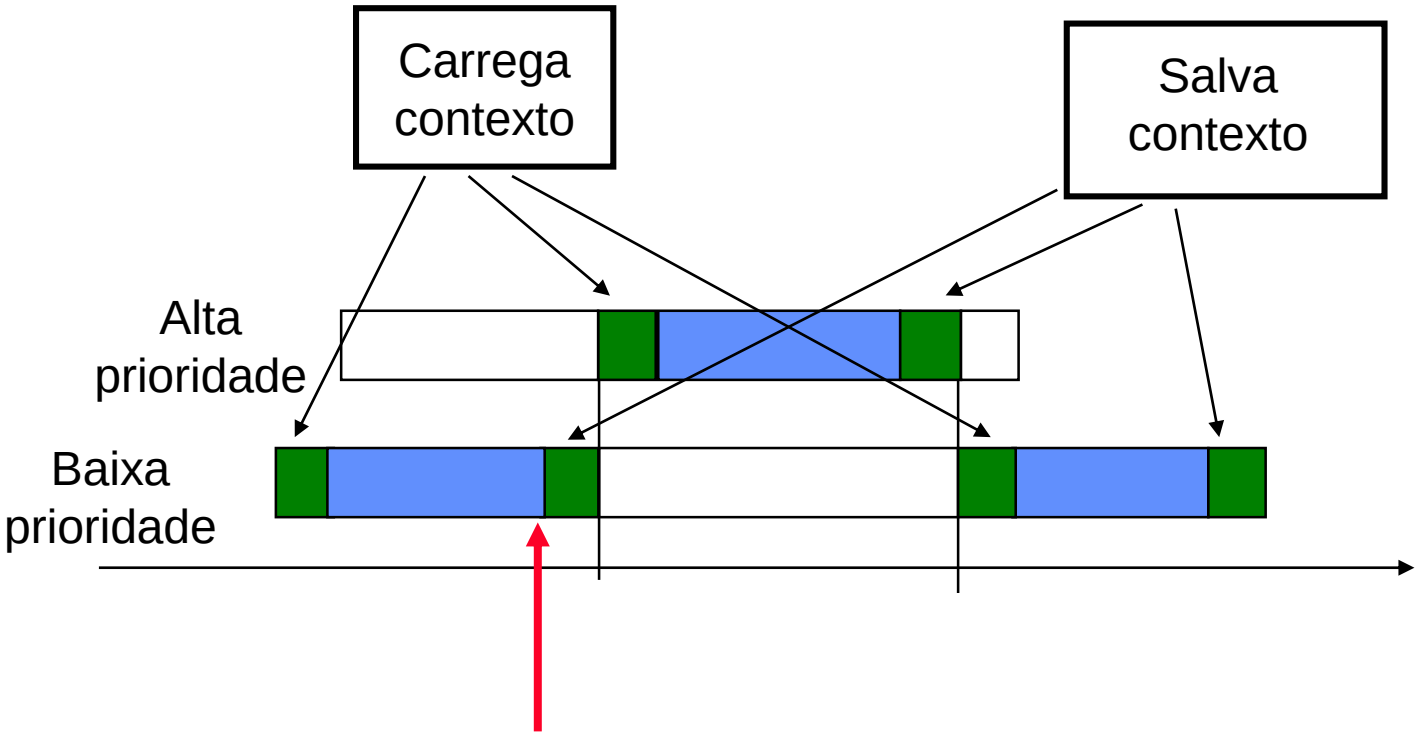
Variância Causada por Overhead do Kernel 1/3

- Diversas atividades do sistema operacional demandam tempo de processamento
- Tempo de processador gasto com atividades de gerência do sistema e não com código de aplicação é normalmente chamado de ***overhead***

- Tradicionalmente são utilizadas listas encadeadas na implementação de filas dentro do kernel
  - Introduz overhead variado
  - Minimizado através da substituição da tradicional implementação da fila por estruturas de dados mais eficientes

Variância Causada por Overhead do Kernel 2/3

- Chaveamento de contexto deve ser considerado
- Tempo de chaveamento é somado ao tempo de resposta de cada tarefa
- O número de chaveamento de contexto é variado

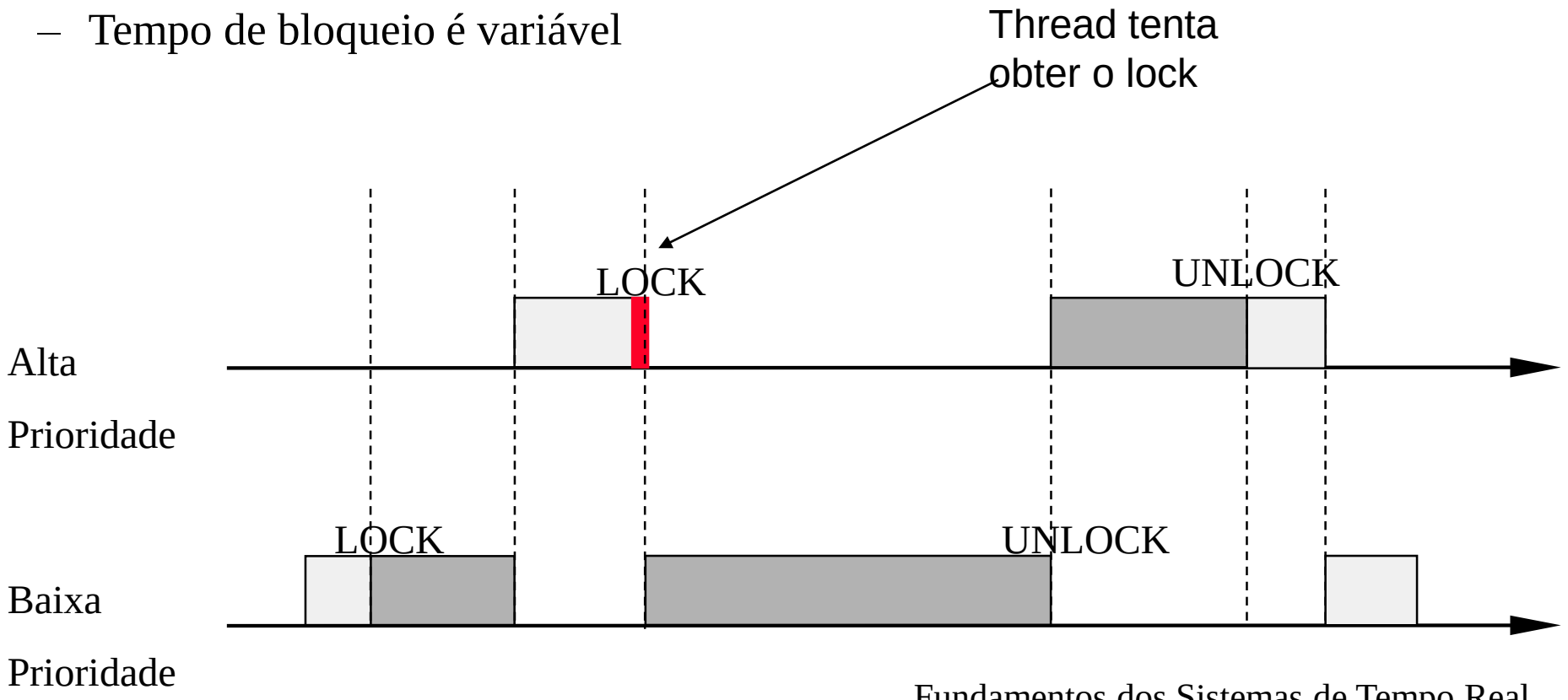


Variância Causada por Overhead do Kernel 3/3

- Processador é apenas um recurso do sistema
- Memória, periféricos, controladores, servidores também são escalonados e geram filas de tarefas
- **Todas as filas** do sistema geram atrasos
  - Atraso depende da disputa em torno do recurso
  - Atraso que uma tarefa específica sofre é variável
  - Principalmente recursos acessados por ordem de chegada

Variância Causada por Sincronização na Aplicação 1/1

- Quando duas ou mais threads acessam concorrentemente a mesma variável compartilhada existe a possibilidade de erros
  - Deve-se empregar métodos para proteger as seções críticas
- Mecanismo **mutex** oferece primitivas LOCK e UNLOCK
  - Tempo de bloqueio é variável



Variância Causada por Sincronização no Kernel 1/2

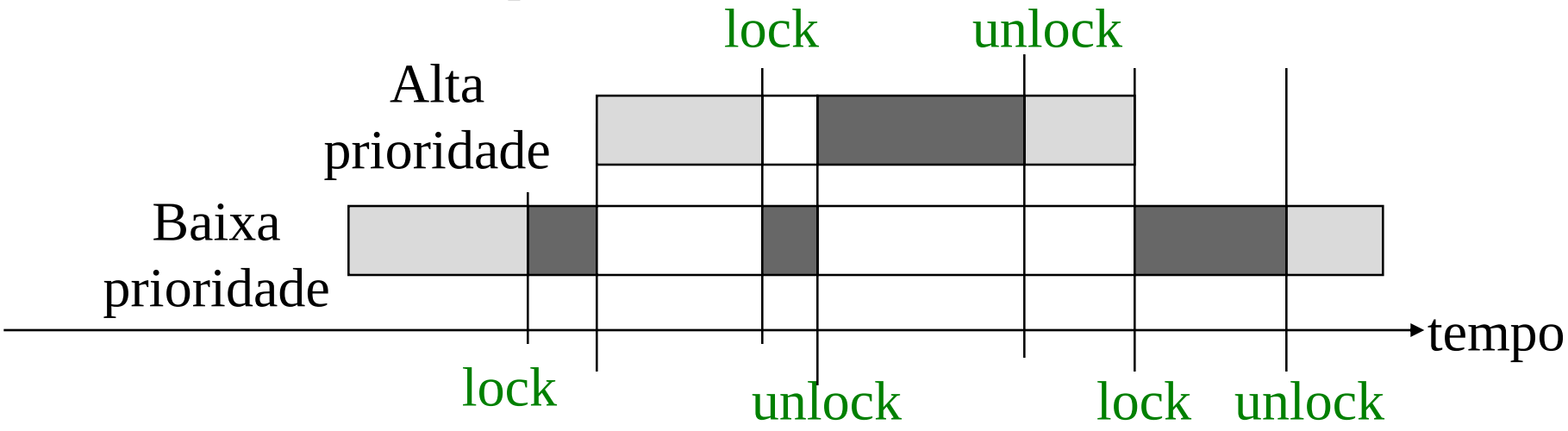
- Código do kernel também tem sincronização
  - Mutex, etc

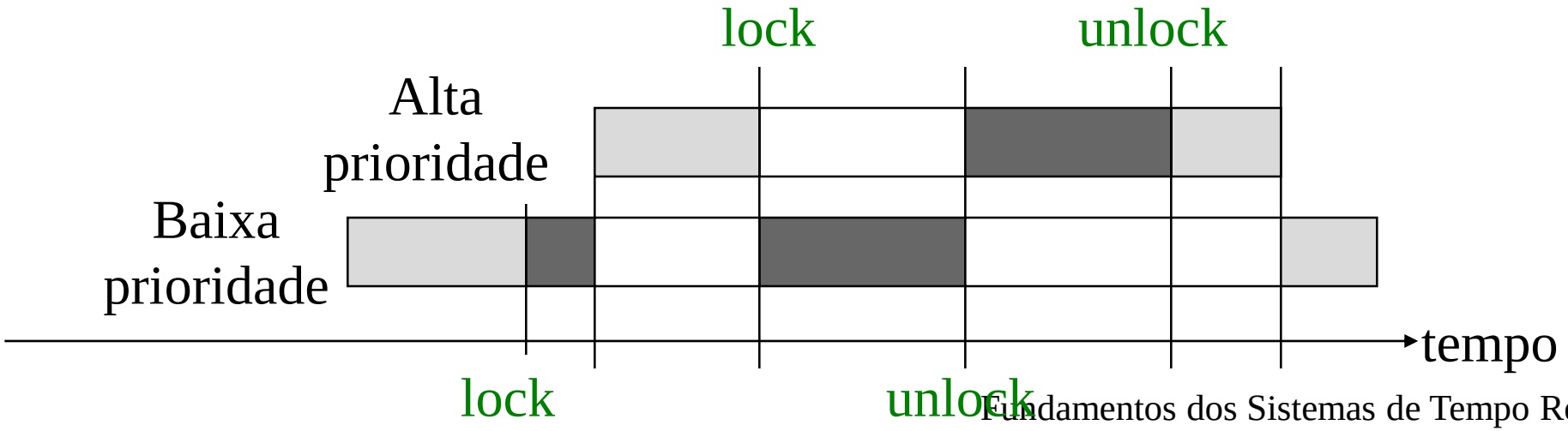
- Tempo de bloqueio é variável
  - Afeta tarefas do sistema

- Uma granularidade fina para as seções críticas dentro do kernel
  embora aumente a complexidade do código
  reduz o tempo de bloqueio em potencial das threads

Variância Causada por Sincronização no Kernel 2/2

- Granularidade é importante





Determinação do Tempo de Resposta no Pior Caso 1/4

- Caso a especificação determine um deadline relativo
- O importante é conhecer qual o
  tempo de resposta no pior caso
  (**WCRT** – ***Worst-Case Response Time***)
  da tarefa

- A determinação do tempo de resposta no pior caso deve obviamente considerar como o sistema e a tarefa foram implementados

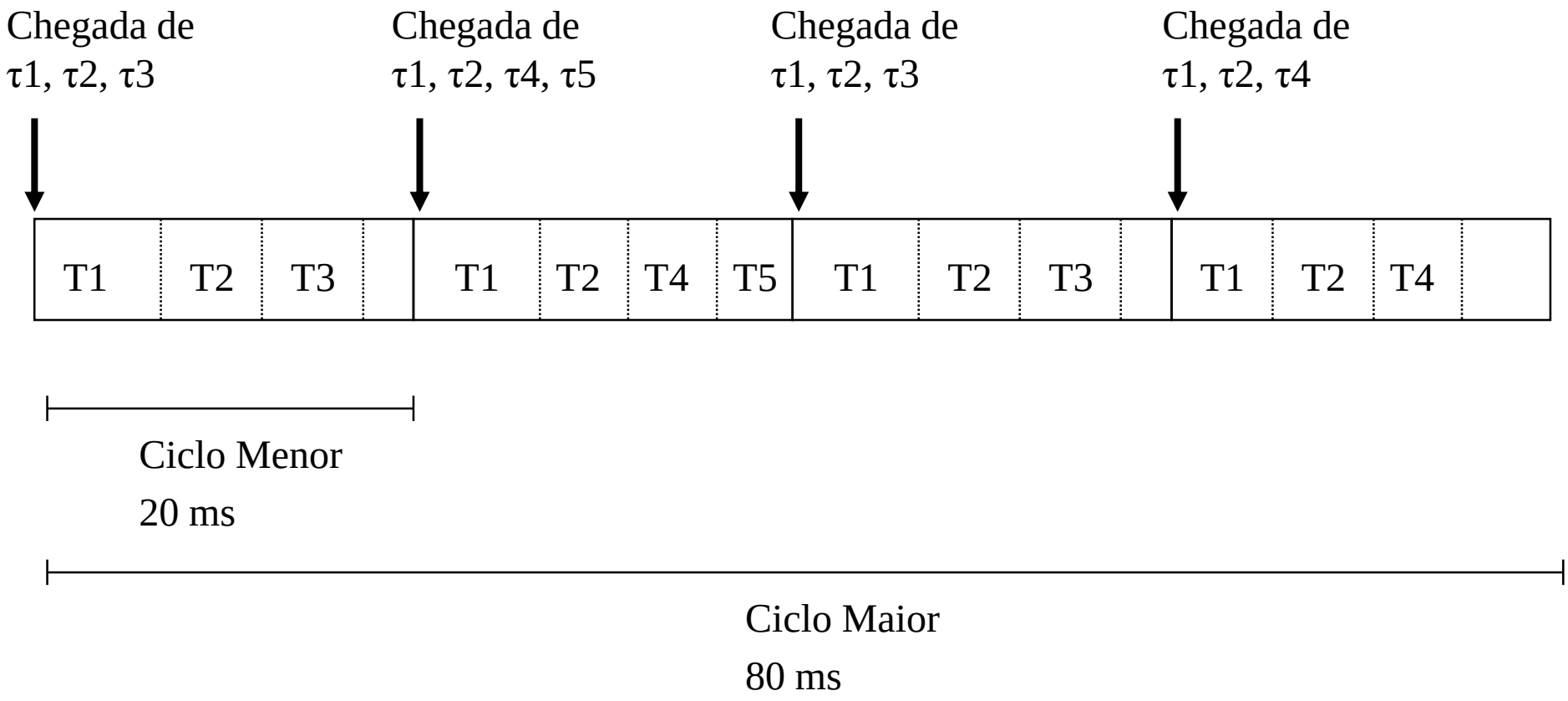
Determinação do Tempo de Resposta no Pior Caso 2/4

- No caso do sistema ser implementado como um executivo cíclico o trabalho é facilitado
- A escala de execução do sistema se repete a cada ciclo maior
- O tempo de resposta é definido como o intervalo de tempo entre a chegada da tarefa e sua conclusão

- Tempo de resposta no pior caso obtido da inspeção da tabela

Determinação do Tempo de Resposta no Pior Caso 3/4

- Tempo de resposta no pior caso obtido da inspeção da tabela



Determinação do Tempo de Resposta no Pior Caso 4/4

- Caso a tarefa de tempo real seja implementada como uma thread em um sistema operacional moderno
- Precisa considerar as fontes de variação descritas neste capítulo
- Podem ser usados
  - Métodos analíticos (modelos algébricos)
  - Medição
- Assunto para outro capítulo ...

Sumário

- Introdução
- Fontes da Variância do Tempo de Resposta
- Variância Causada por Outras Tarefas da Aplicação
- Variância Causada por Outros Processos do Sistema
- Variância Causada por Threads do Kernel
- Variância Causada por Tratadores de Interrupção
- Variância Causada pela Manipulação das Prioridades dos Processos e Threads
- Variância Causada por Kernel Não-Preemptivo
- Variância Causada pela Desabilitação das Interrupções
- Variância Causada por *Overhead* do Kernel
- Variância Causada por Sincronização na Aplicação
- Variância Causada por Sincronização no Kernel
- Determinação do Tempo de Resposta no Pior Caso