



- RTOS
- Escalonador
- Referências

Microcontroladores: (LT36D)

Prof: DaLuz



- RTOS

- Escalonador

- Referências

RTOS

ThreadX :

- ☐ A maior parte do **ThreadX** é executada no modo *handler*
 - **SysTick**(Handler): escalonamento por tempo
 - **SVC**(Handler) : escalonamento por bloqueio
 - **PendSV**(Handler): escalonamento por interrupção
- ☐ Baixa **latência** no atendimento de interrupções é obtida devido ao uso de **prioridades baixas** para essas **exceções**. As prioridades são configuradas de modo que **não** ocorra preempção entre elas.
- ☐ Os valores válidos de **prioridade** variam de **32** a **1024** (inclusive) e devem ser divisíveis igualmente por **32**.

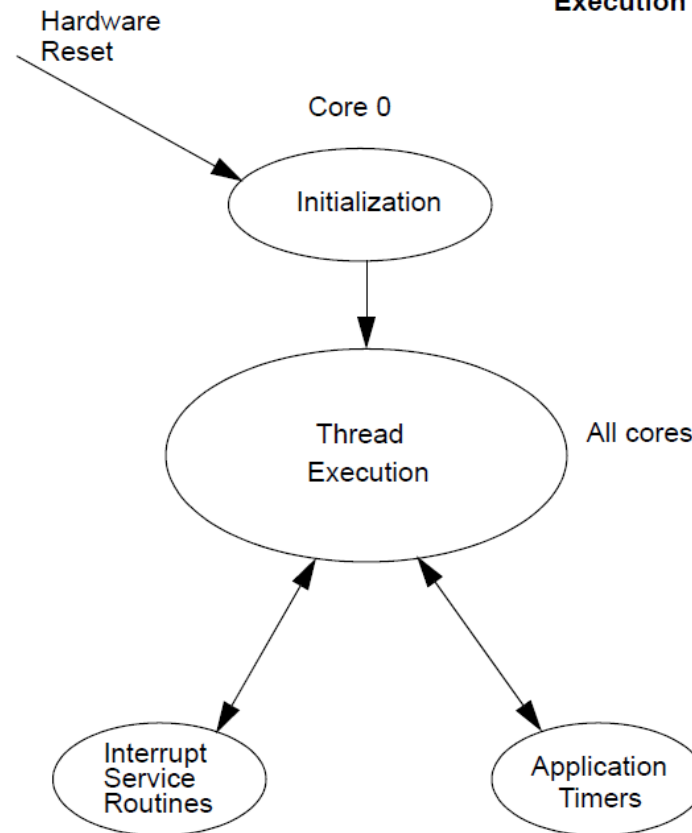


- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

ThreadX :

Execution Overview





- RTOS

- Escalonador

- Referências

RTOS

ThreadX :

- Arquitetura *picokernel* simples
- Dimensionamento automático (volume pequeno)
- Processamento determinístico
- Desempenho rápido em tempo real
- Agendamento preventivo e cooperativo
- Suporte flexível à prioridade de *thread*
- Criação de objeto de sistema dinâmico
- Número ilimitado de objetos do sistema
- Manipulação de interrupção otimizada
- Preemption-threshold™*
- Herança de prioridade
- Event-chaining™*
- Temporizadores rápidos de *software*
- Gerenciamento de memória em tempo de execução
- Monitoramento de desempenho em tempo de execução
- Análise de pilha em tempo de execução
- Rastreamento de sistema interno
- Amplo suporte ao processador
- Amplo suporte à ferramenta de desenvolvimento
- Completamente neutro de *endian*
- AMP – Multiprocessamento Assimétrico*
- SMP – Multiprocessamento Simétrico*



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

ThreadX :

Aqui estão algumas características típicas de tamanho do Azure RTOS ThreadX.

Azure RTOS ThreadX Service	Tamanho típico em bytes
Serviços principais (obrigatórios)	2\,000
Serviços de fila	900
Serviços de sinalizador de eventos	900
Serviços de sinal	450
Serviços de mutex	1.200
Serviços de memória de bloco	550
Serviços de memória de byte	900



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

ThreadX :

Azure RTOS ThreadX Service	Tempo de serviço em microssegundos*
Suspensão de thread	0,6
Retomada de thread	0,6
Envio de fila	0,3
Recebimento de fila	0,3
Obter sinal	0,2
Colocar sinal	0,2
Alternância de contexto	0,4
Resposta de interrupção	0,0 a 0,6

**Números de desempenho baseados em um processador comum em execução a uma velocidade de 200 MHz.*



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

ThreadX :

Veja a seguir uma lista de tipos de dados de chamada de serviço do Azure RTOS ThreadX e seus significados associados:

Tipo de dados	Descrição
UINT	Inteiro sem sinal básico. Este tipo deve dar suporte a dados sem sinal de 8 bits. No entanto, ele é mapeado para o tipo de dados sem sinal mais conveniente.
ULONG	Tipo longo sem sinal. Esse tipo deve dar suporte a dados sem sinal de 32 bits.
VOID	Quase sempre equivalente ao tipo nulo do compilador.
CHAR	Geralmente, um tipo de caractere de 8 bits padrão.

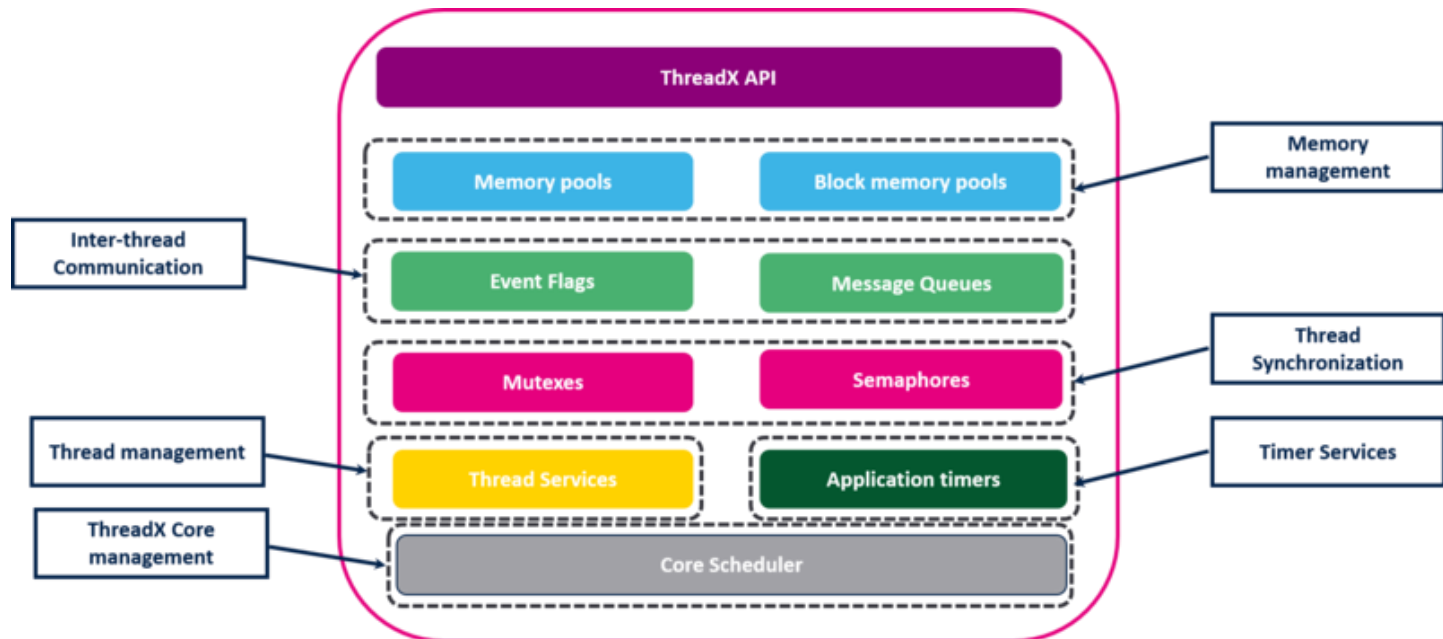
Tipos de dados adicionais são usados na origem do Azure RTOS ThreadX. Eles também estão localizados no *arquivo tx_port.h*.



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

ThreadX :



Ref. *

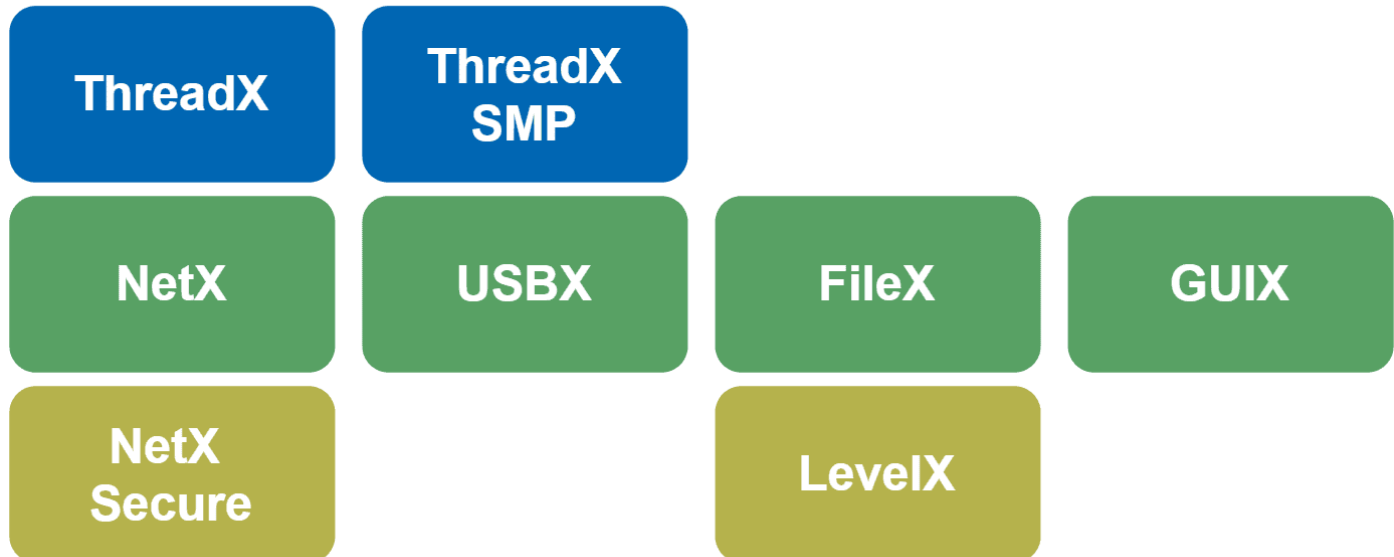


- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

ThreadX :

Azure RTOS



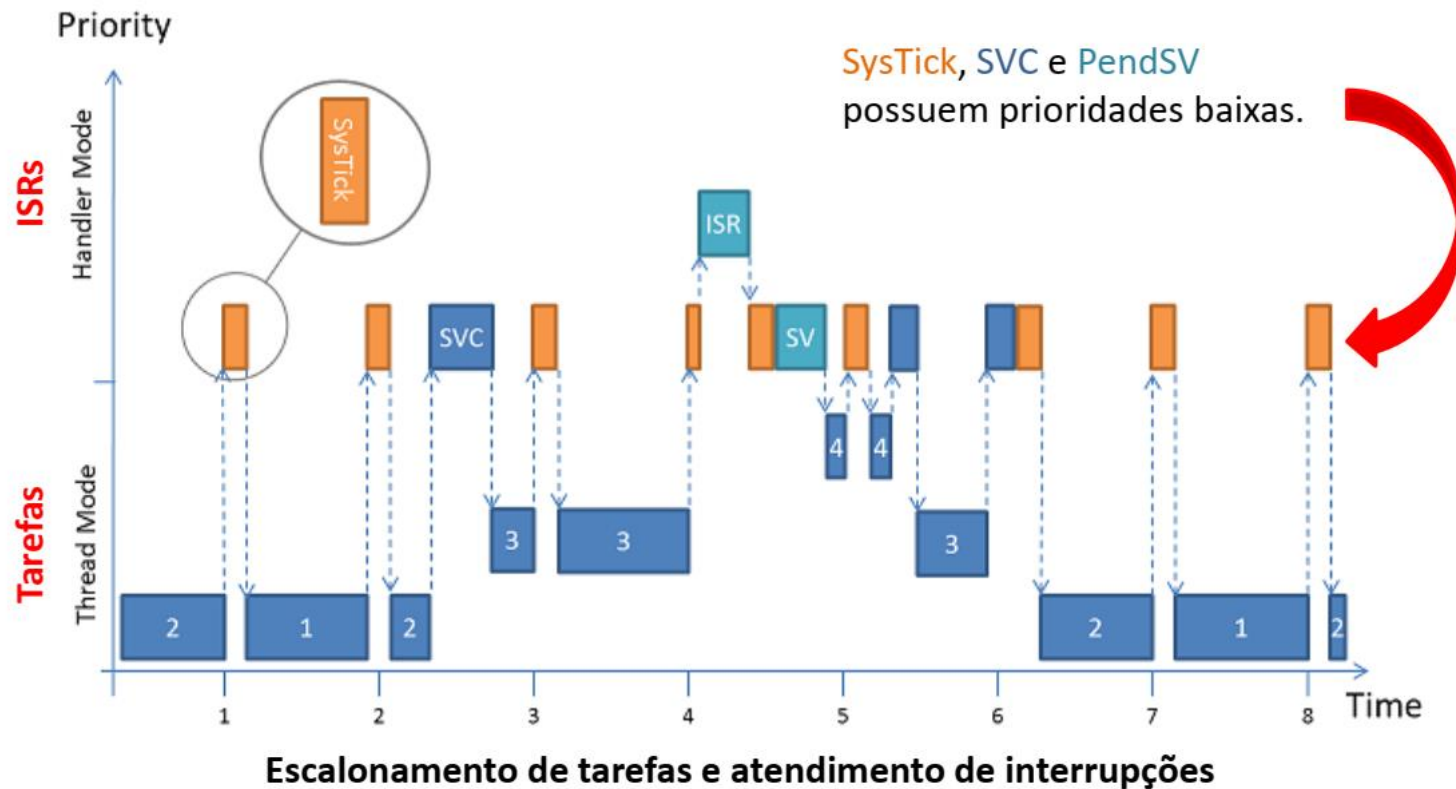
Ref. *



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Prioridades das Exceções:

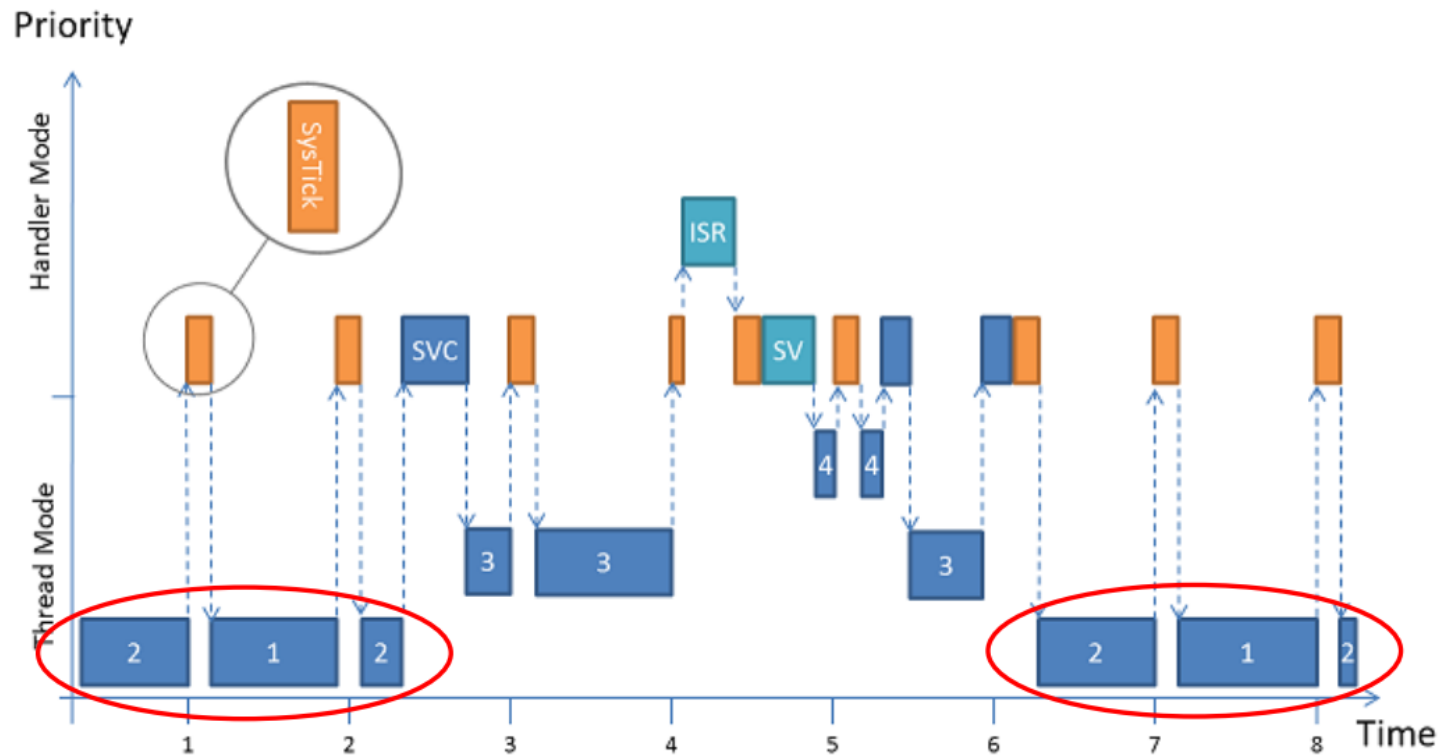




- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Comportamento:



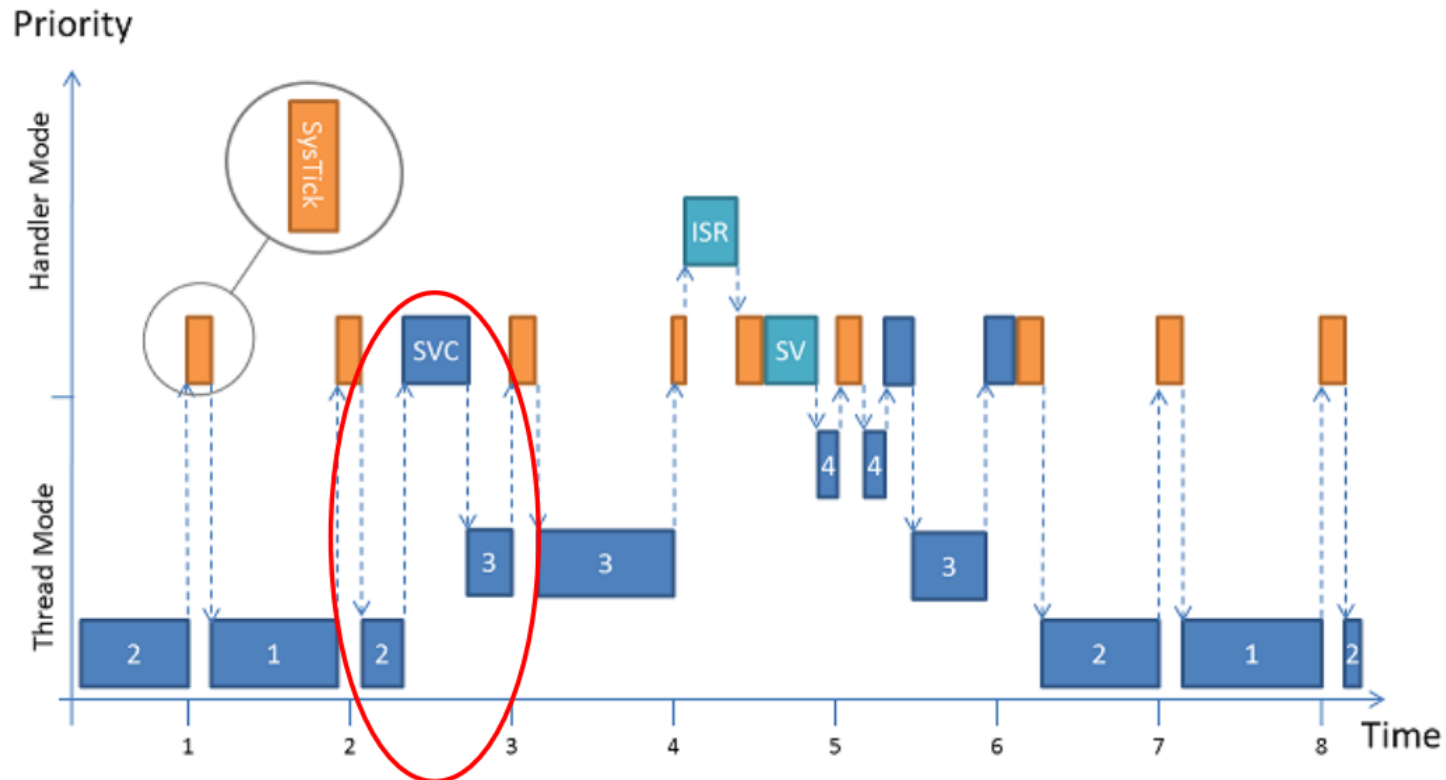
Tarefas 1 e 2 possuem a mesma prioridade e são escalonadas por tempo (Round Robin) enquanto as tarefas 3 e 4, com prioridades maiores, estejam bloqueadas.



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Comportamento:



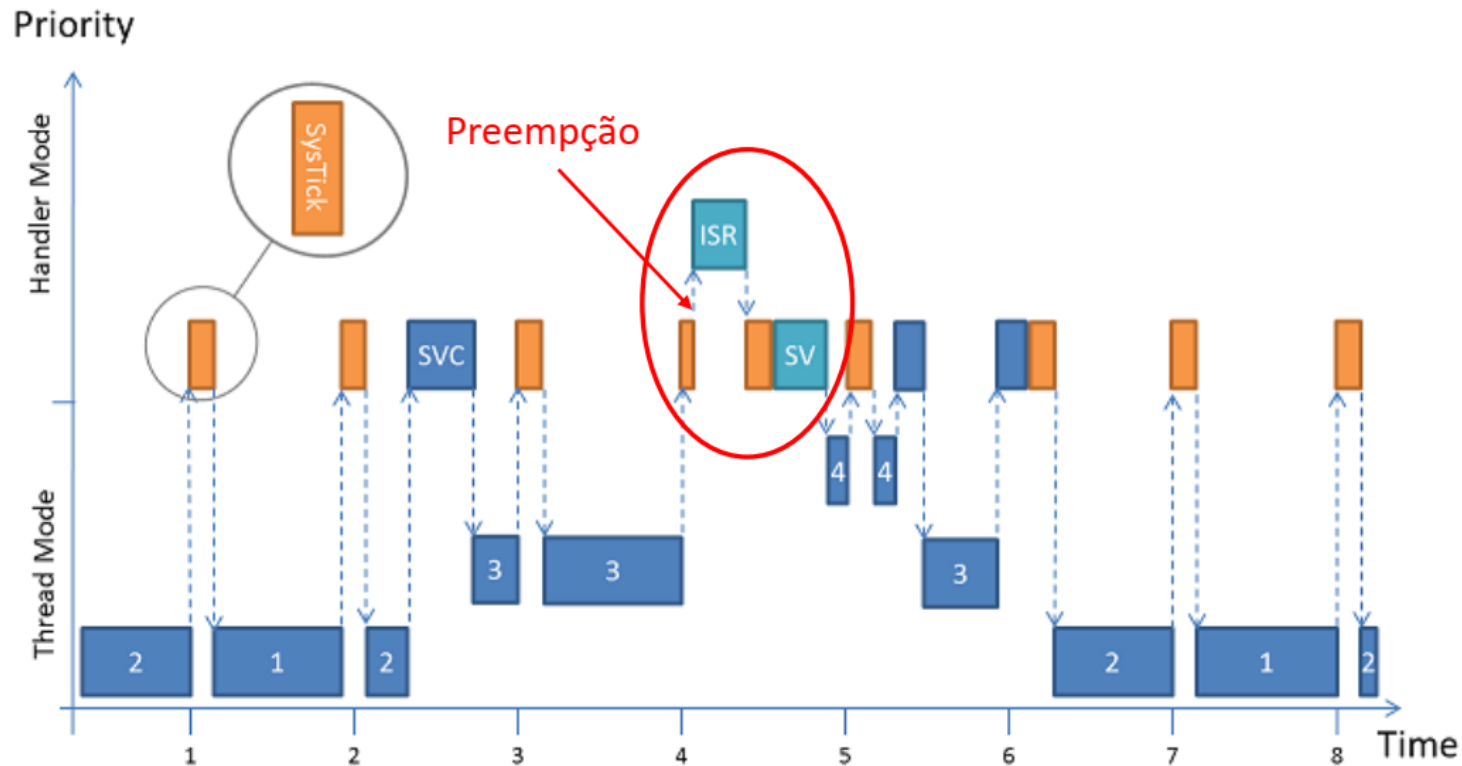
A tarefa 2 faz uma chamada ao RTOS (**SVC_Handler**) que desbloqueia a tarefa 3. O escalonador despacha a tarefa 3 imediatamente, pois esta possui maior prioridade.



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Comportamento:



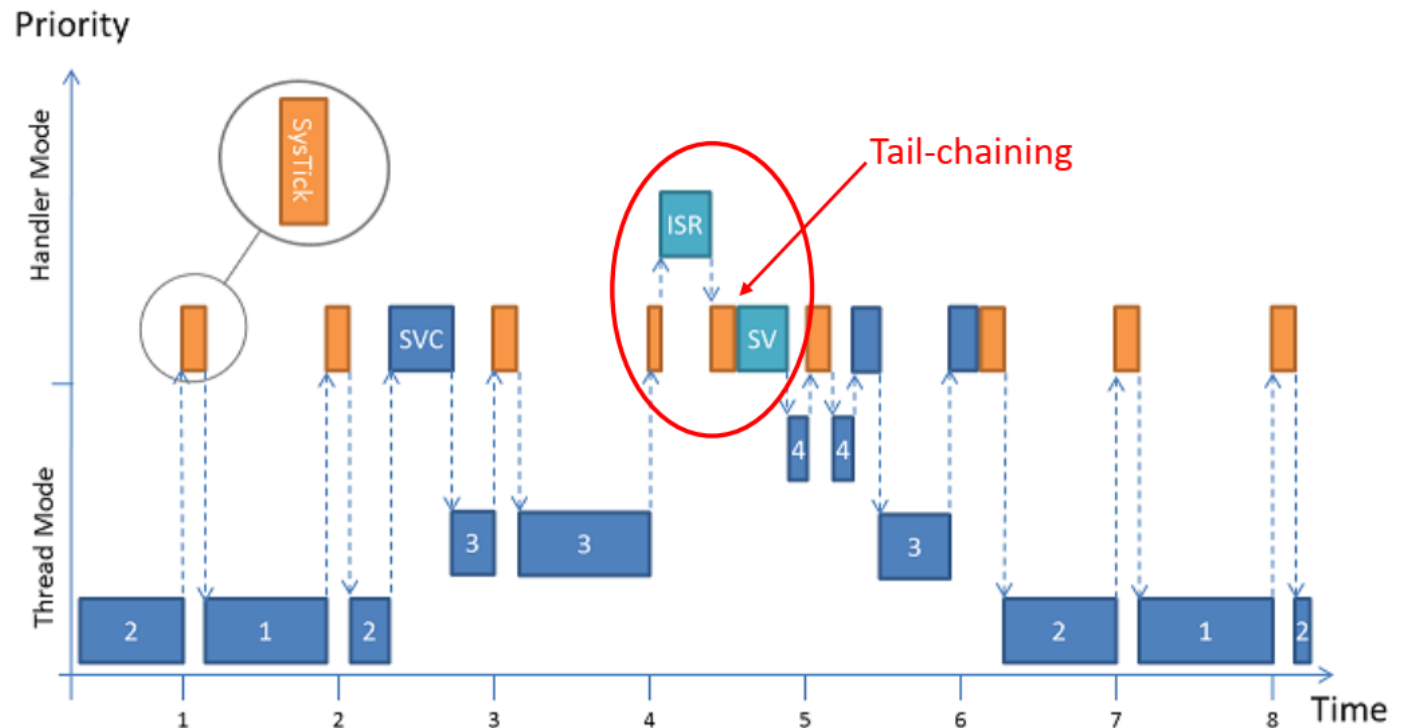
Uma interrupção causa preempção do **SysTick_Handler**. A rotina de atendimento (ISR) faz uma chamada ao RTOS que desbloqueia a tarefa 4, por meio do **PendSV_Handler**.



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Comportamento:



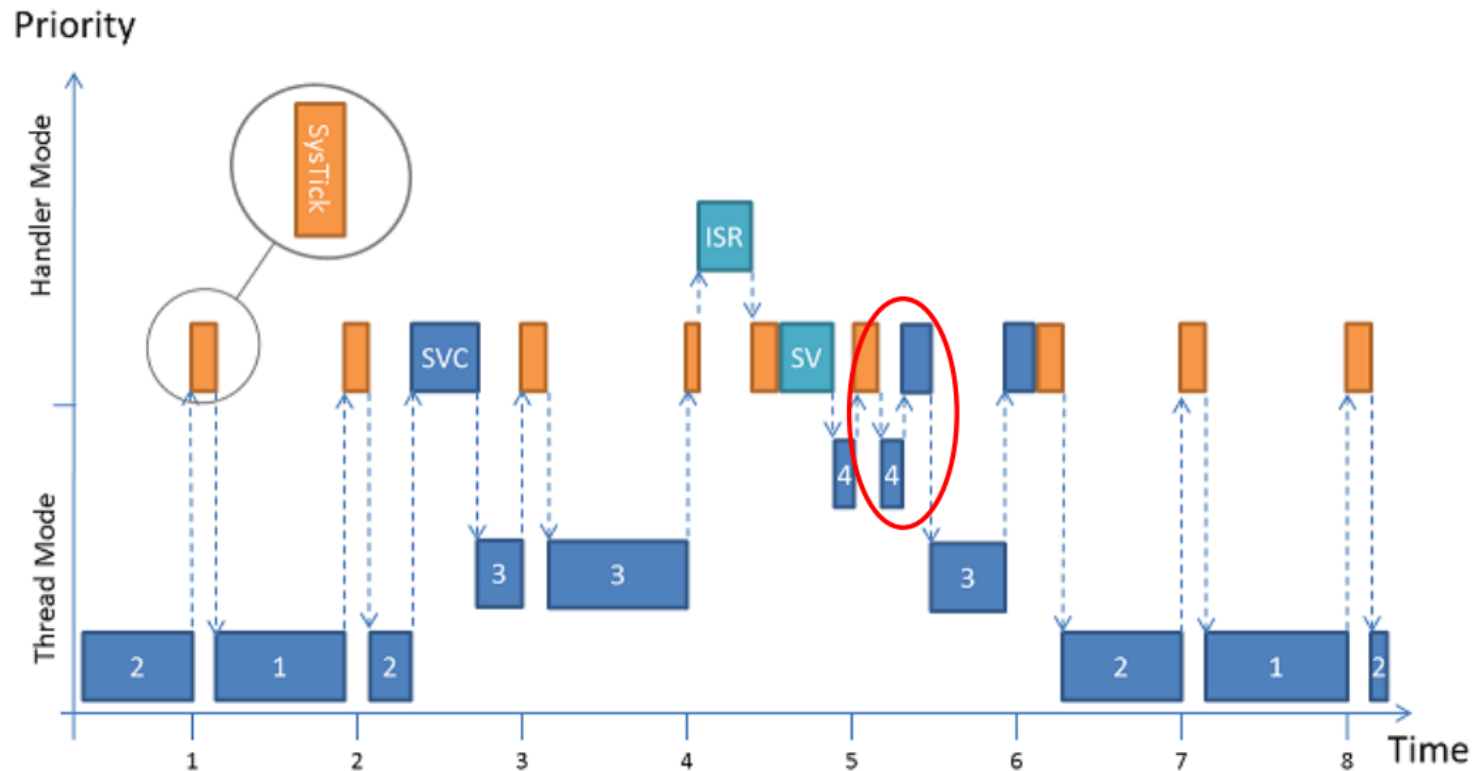
O `PendSV_Handler` é executado após o retorno do `SysTick_Handler`, pois possui a mesma prioridade, sendo usado para despachar a tarefa 4 (escalonamento por interrupção).



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Comportamento:



A tarefa 4 é bloqueada novamente por uma chamada ao RTOS (`SVC_Handler`) e a execução passa imediatamente para a tarefa 3 (escalonamento por bloqueio).



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Comportamento:



Por fim, a tarefa 3 é bloqueada também por uma chamada ao RTOS (`SVC_Handler`) e a execução passa imediatamente para a tarefa 2 (escalonamento por bloqueio).



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

ThreadX:

Documentação em português:
<https://learn.microsoft.com/pt-br/azure/rtos/threadx/>



2004: 141T = 121M+ 20R

<http://www.elf74.daeln.com.br/Pdfs/Misra-C-2004.pdf>
<http://www.elf74.daeln.com.br/Pdfs/Nasa-C-Style.pdf>
<http://www.elf74.daeln.com.br/Pdfs/Barr-Group-Embedded-C-Coding-Standard.pdf>



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

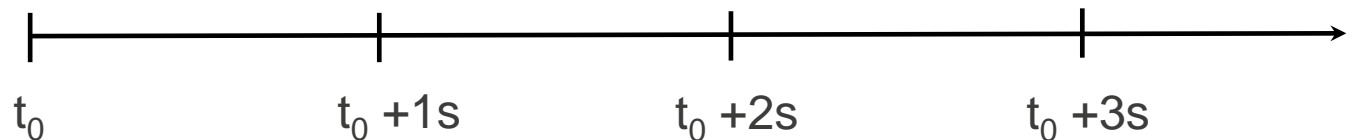
Estados das Tarefas: Tempos Longos

Tarefa 1

Tarefa 2

Tarefa 3

Tarefa 4

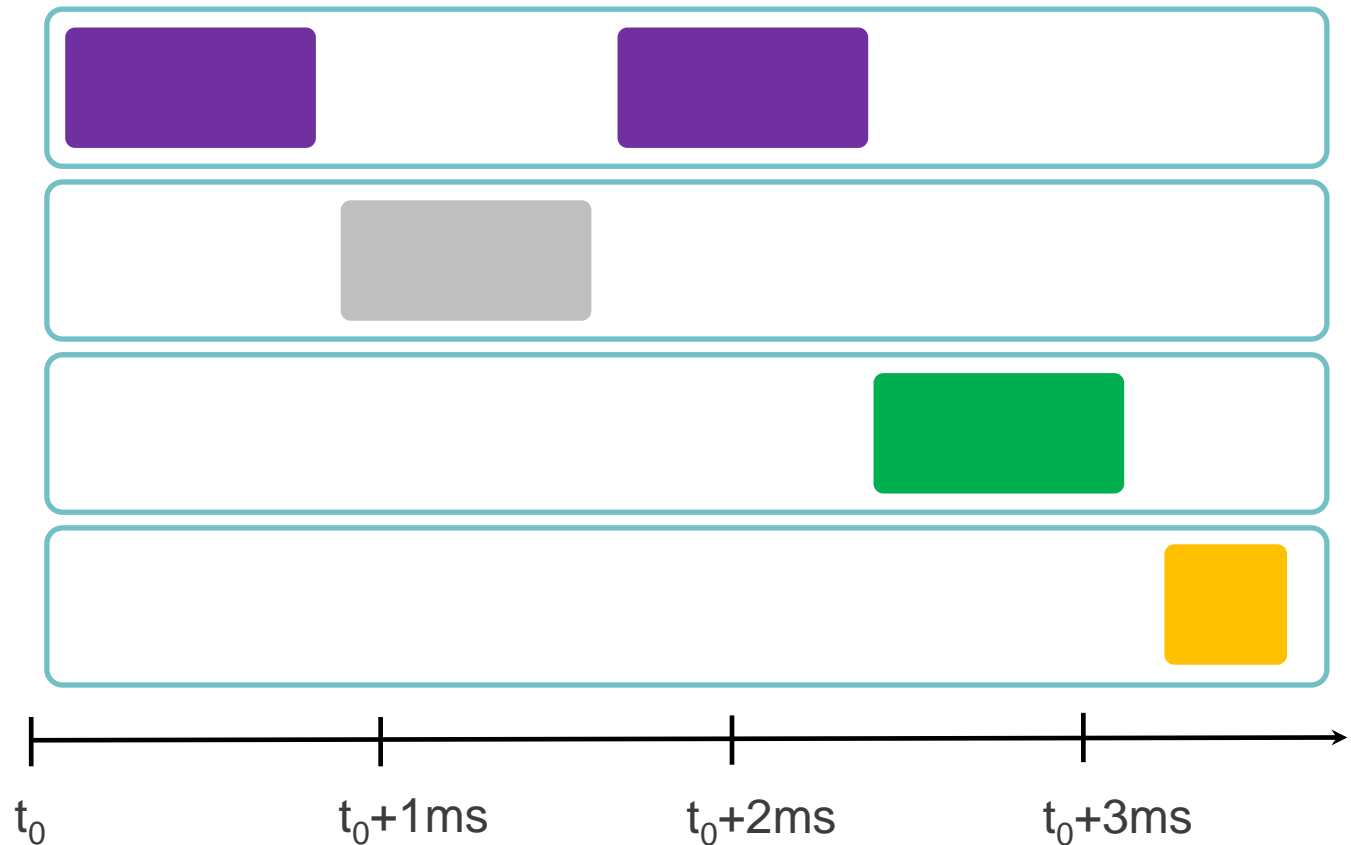




- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Estados das Tarefas: Tempos Curtos

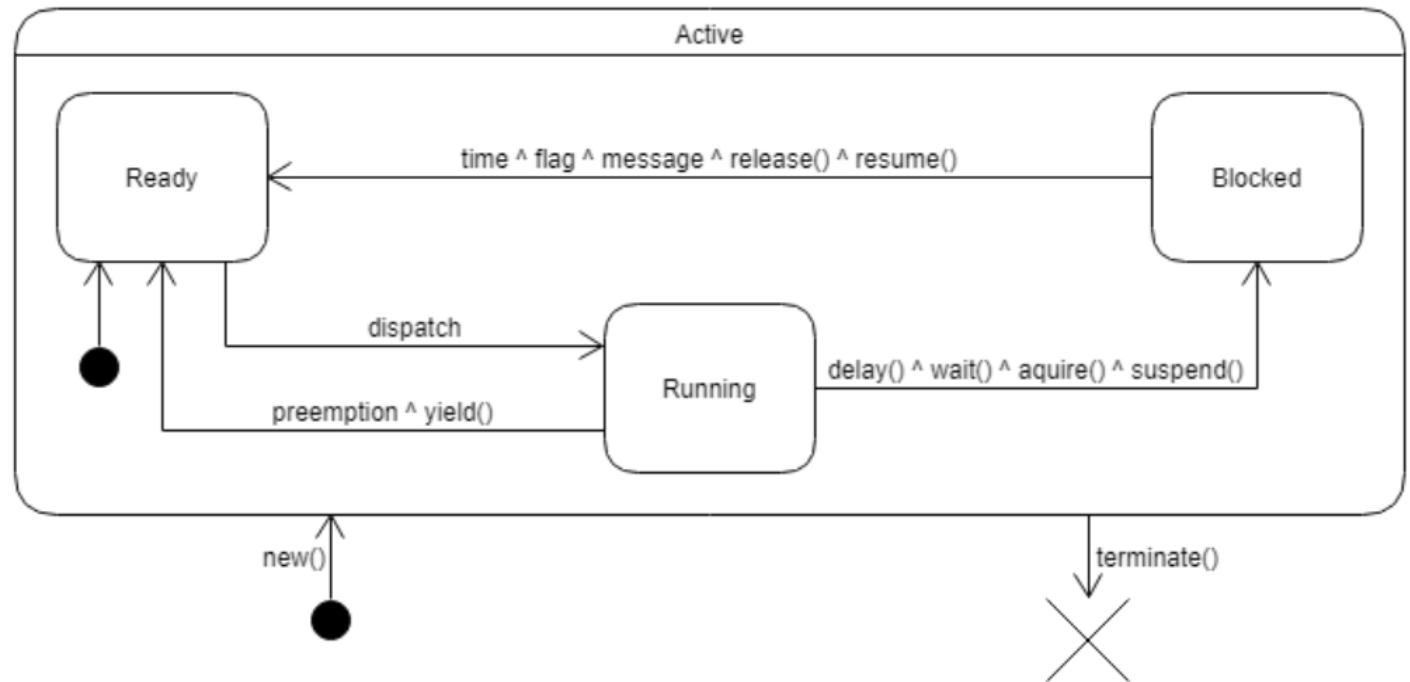




- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Estados das Tarefas:

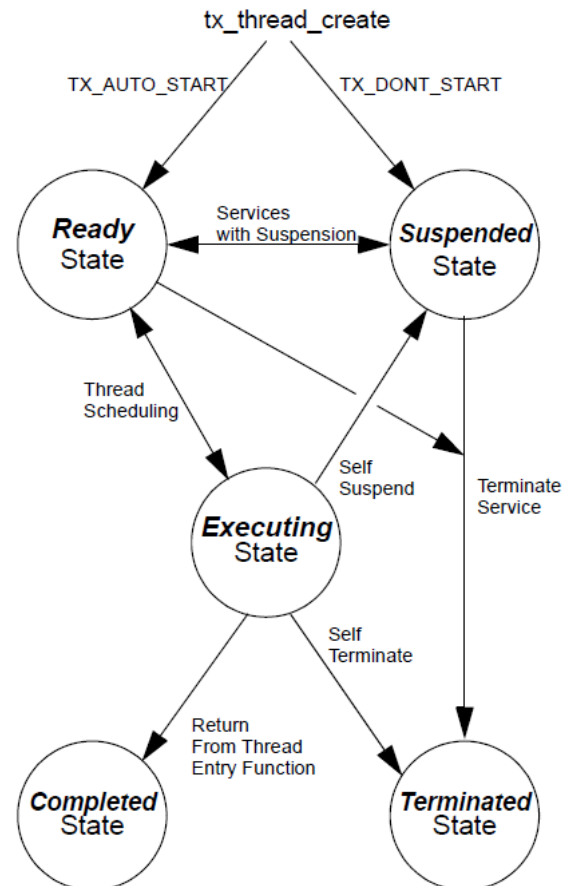




- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Estados das Tarefas:





- RTOS

- Escalonador

- Referências

RTOS

Tarefas Periódicas

- ☐ Tarefas periódicas são **ativadas** em intervalos **fixos** de tempo e **executam** serviços idênticos. Formam a base da teoria do escalonamento.
- ☐ Parâmetros:
 - Fase (phase, Φ)
 - Período (period, T)
 - Pior caso do tempo de execução (E)
 - Prazo (*deadline*, D)



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Taxa de Utilização do Processador

- ☐ A taxa de utilização do processador por uma tarefa periódica é a razão entre o seu tempo de execução e o seu período.

$$U = \frac{E}{T}$$

- ☐ Se a taxa de utilização do processador pela tarefa for menor ou igual a 1 ($E \leq D \leq T$), esta é caracterizada como escalonável.



- RTOS

- Escalonador

- Referências

RTOS

Tarefas Aperiódicas

- ☐ Tarefas **aperiódicas** podem ser ativadas a qualquer tempo, em geral como resposta a algum **evento externo**.
- ☐ São executadas em instâncias únicas e não possuem **prazo** para término de execução.
- ☐ São geralmente escalonadas durante períodos de relaxamento (***laxity***), quando nenhuma tarefa periódica está em execução.



- RTOS

- Escalonador

- Referências

RTOS

Tarefas Esporádicas

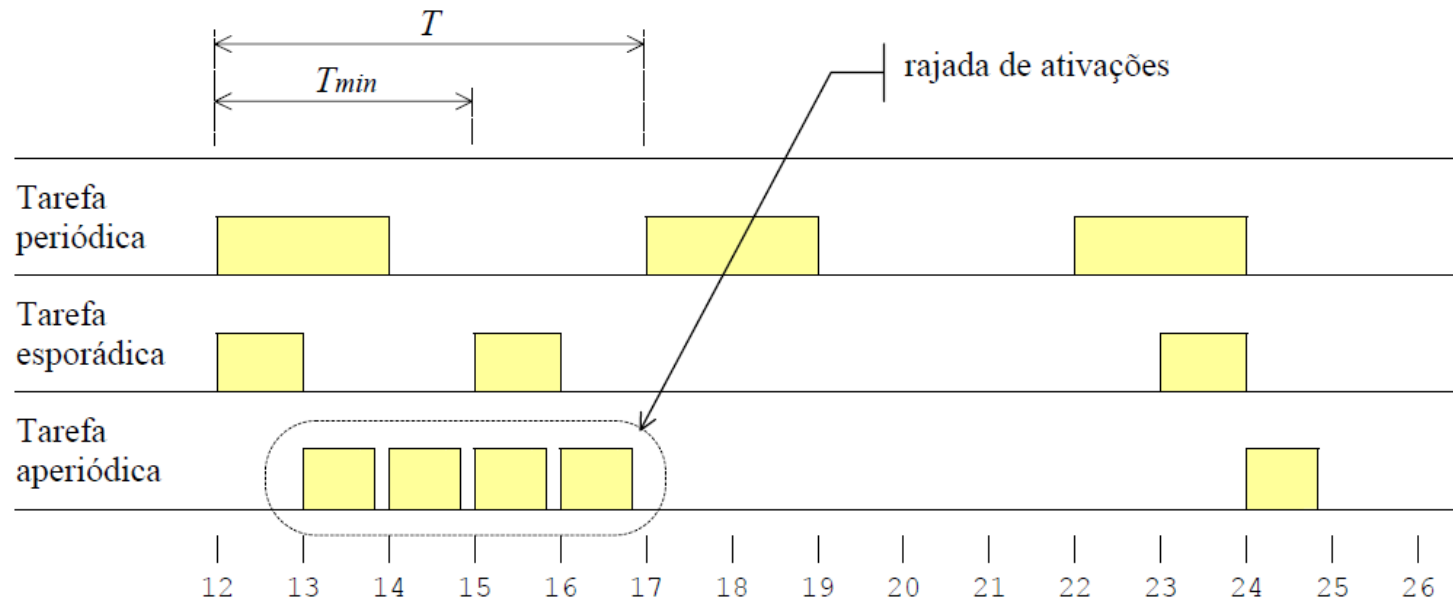
- ☐ Tarefas esporádicas podem ser ativadas a qualquer tempo e são executadas em instâncias únicas, como as aperiódicas.
- ☐ Entretanto, possuem prazo para término de execução, que acaba estabelecendo um período mínimo fixo entre ativações consecutivas.
- ☐ Sendo assim, as tarefas esporádicas acabam por possuir prioridade maior do que as aperiódicas, mas menor do que as periódicas.



- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Tipos de tarefas



Fonte: Luguesi, J. L., Ambiente de Apoio ao Ensino e Aprendizado do Escalonamento em Sistemas em Tempo Real. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006.



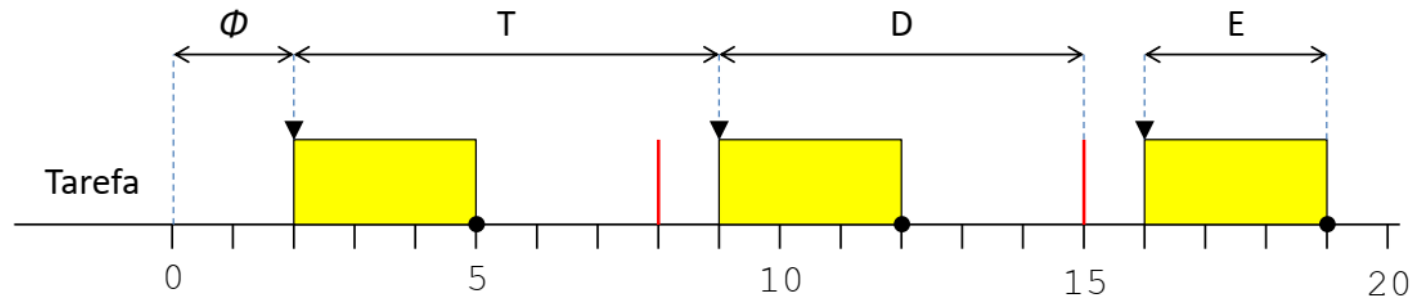
- RTOS

- Escalonador

- Referências

RTOS

Escala Temporal: Diagrama de Gantt



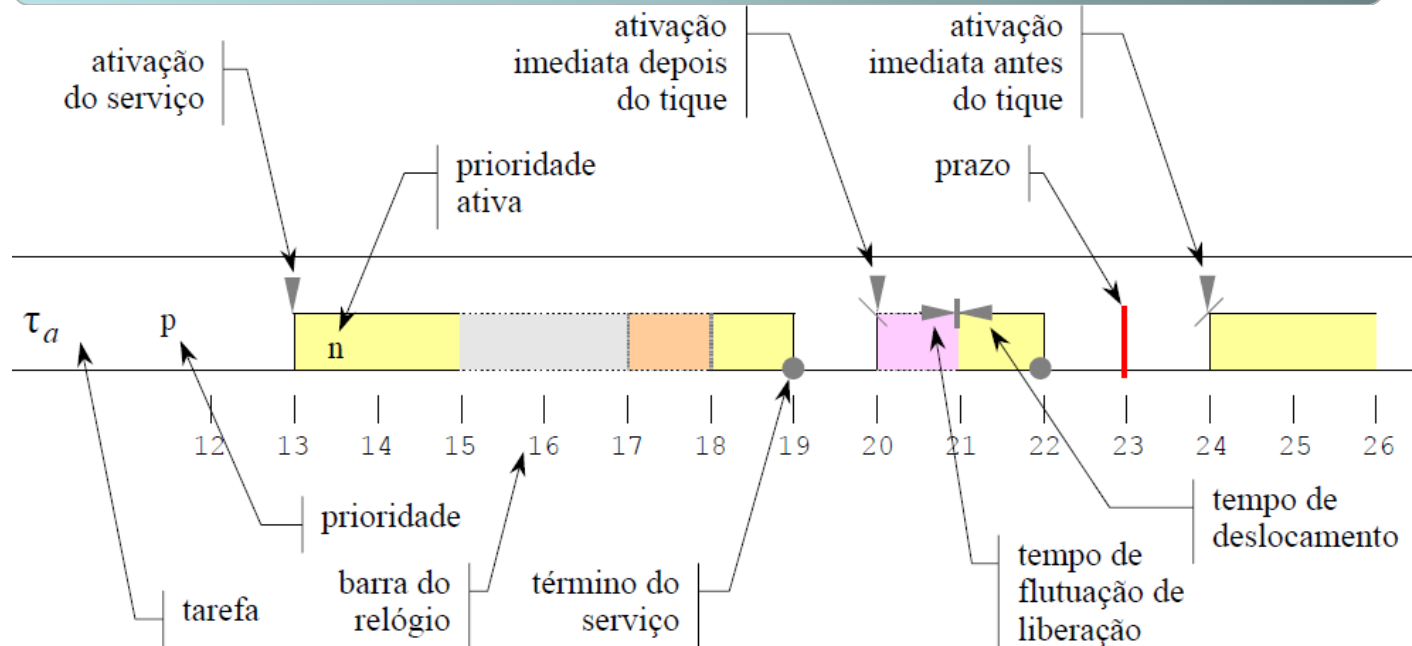
- ϕ : instante da primeira ativação
- T : período entre ativações consecutivas
- E : pior caso do tempo de execução
- D : prazo máximo para término de execução











- Referências

RTOS

Escala Temporal: Diagrama de Gantt



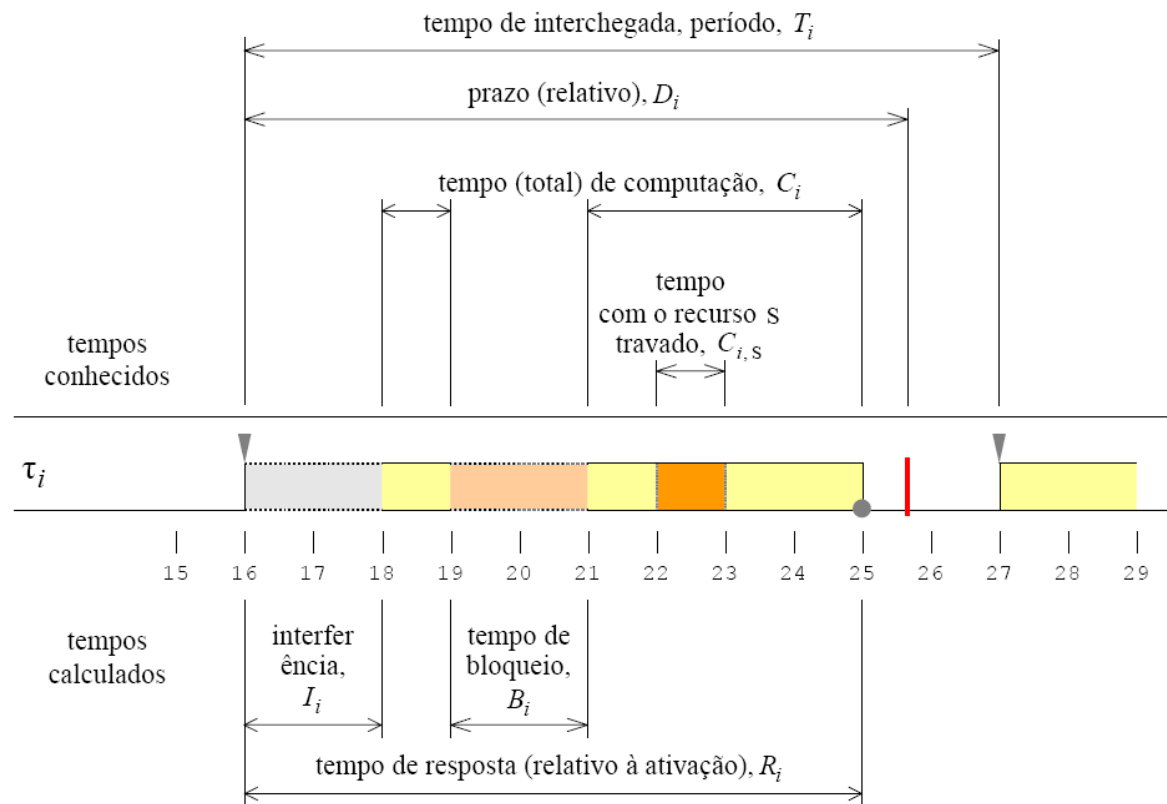
- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | 1 Executando independente na sua prioridade natural |  | 5 Bloqueado, aguardando liberação do recurso S_1 |
|  | 2 Executando em seção crítica com o recurso S_1 travado |  | 6 Bloqueado, aguardando liberação do recurso S_2 |
|  | 3 Executando em seção crítica com o recurso S_2 travado |  | 7 Suspenso por tarefas menos prioritárias |
|  | 4 Suspenso por tarefas mais prioritárias |  | 8 Suspenso por flutuação, deslocamento ou retardo |



- Arquitetura
- RTOS
- Referências

RTOS

Escala Temporal: Diagrama de Gantt

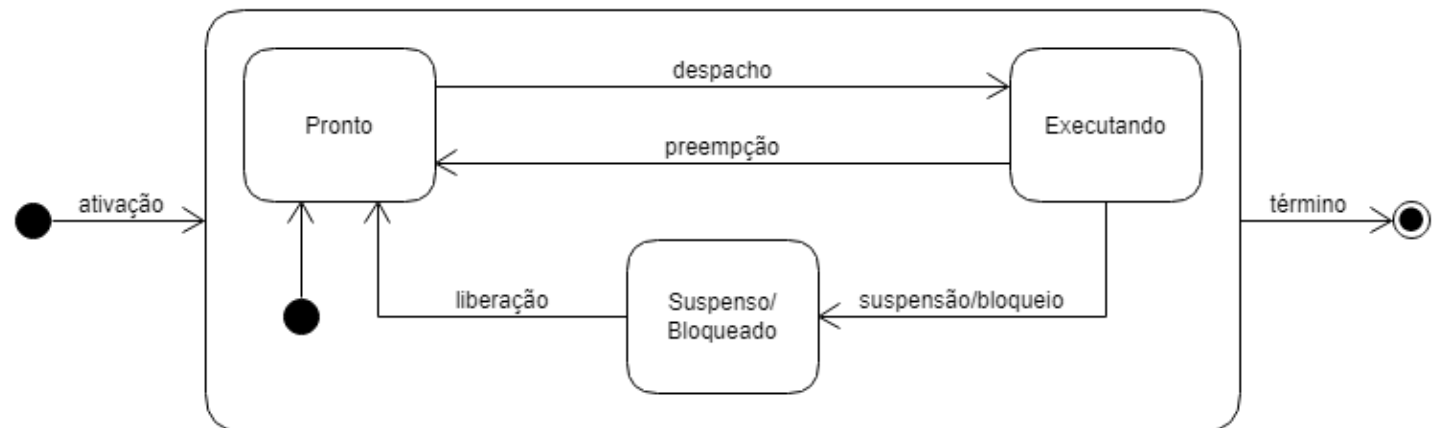




- RTOS
- Escalonador
- Referências

RTOS

Ciclo de vida





- RTOS

- Escalonador

- Referências

Escalonador:

Políticas de Escalonamento:

- Escalonamento **Colaborativo**
- Todas as tarefas com a **mesma** prioridade
- Tarefas executam **sem** limite de tempo até entrarem no estado **bloqueado** ou **cederem** o controle voluntariamente (*yield*)



- RTOS

- Escalonador

- Referências

Escalonador:

Políticas de Escalonamento:

- Escalonamento **Round Robin**
- Todas as tarefas com a **mesma** prioridade
- Tarefas executam por um período máximo de tempo (**T_q**), até entrarem no estado **bloqueado** ou **cederem** o controle voluntariamente (*yield*)
- Exemplo:**
- $T = 1/f = 10\text{ms}$
- $T_q = 5T = 50\text{ms}$



- RTOS

- Escalonador

- Referências

Escalonador:

Políticas de Escalonamento:

- Escalonamento **Round Robin Preemptivo**
- Tarefas com prioridades **diferentes**
- Tarefas executam por um período máximo de tempo (**T_q**), até entrarem no estado **bloqueado** ou **cederem** o controle voluntariamente (**yield**)
- Tarefas **mais** prioritárias que entram no estado **pronto** causam **preempção** em tarefas **menos** prioritárias.



- RTOS

- Escalonador

- Referências

Escalonador:

Políticas de Escalonamento:

- 📖 Serviços do RTOS (**SVC_Handler**)
- 📖 **Troca de contexto** ocorre para:
 - 📖 Uma tarefa **bloqueada** de prioridade mais **alta**
 - **Notificação de evento** pela tarefa **corrente** ou por ISR
 - **Liberação de semáforo** pela tarefa **corrente** ou por ISR
 - **Liberação de mutex** pela tarefa **corrente**
 - **Escrita de mensagem** em uma fila não-cheia
 - **Leitura de mensagem** de uma fila cheia
 - 📖 Uma tarefa **pronta** de prioridade **menor ou igual**
 - **Redução da prioridade** ou bloqueio da tarefa corrente



- RTOS

- Escalonador

- Referências

Escalonador:

Objetos dos RTOS

- 📖 Tarefas
- 📖 Mutexes
- 📖 Semáforos
- 📖 Filas de mensagens
- 📖 Sinalizadores de evento
- 📖 Temporizadores de *software*
- 📖 Pools de memória (alocação dinâmica)



- RTOS
- Escalonador
- Referências

Referências:

Lab 5:

* Refs ↔ Renesas.com, Pixabay.com, wikimedia.org, flickr, community.arm.com, Undergraduated course Renesas / CWS71-Prof. Douglas P. B. R. e Robson L., ytchannel Gustavo W. D., *ARMv7-M Architecture Reference Manual*, CSW40-Sistemas Microcontrolados – Prof. Guilherme P., toshiba.semicon-storage.com, micronrollerslab.com, lfeletronics.com.br, elf74-Prof. Hugo V. N., stm.st.com, jblopen.com, microsoft.com.