

## IM420 - Sistemas Embarcados de Tempo Real

*Ementa da disciplina oferecida no 1o Semestre/2018*

**Professor Responsável:** Denis Silva Loubach, Sala BE206

**Email:** dloubach@fem.unicamp.br

**Site:** <http://www.fem.unicamp.br/~dloubach>

### Turma e Horários

Sala de Aula: Auditório do Bloco N

Lab: Laboratório de Sistemas Digitais - Bloco N

Turma O Terça-feira 13h ~ 15h teoria  
 15h ~ 16h laboratório

### Dias letivos:

Mês	T	Semana
Fevereiro	27	01
Março	06	02
	13	03
	20	04
	27	05
Abril	03	06
	10	07
	17	08 <b>Avaliação 1 (P1)</b>
	24	09
Maio	08	10
	15	11
Junho	05	12
	12	13
	19	14
	26	15 <b>Avaliação 2 (P2)</b>
Julho	10	<b>Exame</b>

**Objetivos:** Ao final do curso, os alunos deverão ser capazes de modelar, analisar e implementar um sistema embarcado de tempo real utilizando um sistema operacional de tempo real e um microcontrolador.

**Ementa:** Conceitos de sistemas embarcados. Arquitetura de microcontroladores. Princípios básicos de sistemas de tempo real. Metodologias de projeto de sistemas embarcados. Sistemas de máquinas de estados. Integração hardware e software. Linguagens de modelagem. Administração do tempo em sistemas computacionais. Linguagens de programação. Sistemas operacionais de tempo real.

**Critérios de Avaliação:** A avaliação será baseada em 02 provas teóricas e 5 experimentos práticos.

#### Lista de pesos parte prática:

- Experimento  $E_1$ , peso  $pe_1 = 0,125$
- Experimento  $E_2$ , peso  $pe_2 = 0,125$

- Experimento  $E_3$ , peso  $pe_3 = 0,125$
- Experimento  $E_4$ , peso  $pe_4 = 0,125$
- Experimento  $E_5$ , peso  $pe_5 = 0,5$

#### Média da teoria:

$$M_T = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (1)$$

#### Média da prática:

$$M_P = \sum_{j=1}^m pe_j E_j \quad (2)$$

onde:  $E_j$  é a nota do experimento  $j$ ;  $pe_j$  é o peso do experimento  $j$ ;  $m = 5$ .

Se  $(\min\{M_T, M_P\} \geq 7)$ , então o aluno está aprovado com nota final sem exame  $N_{SE}$ :

$$N_{SE} = \frac{M_T + M_P}{2} \quad (3)$$

Caso contrário, aluno deverá realizar exame, se  $N_{SE} \geq 2,5$ . A nota final com exame  $N_{CE}$  será:

$$N_{CE} = \frac{N_{SE} + E}{2} \quad (4)$$

onde:  $N_{CE}$  é a nota final com exame;  $E$  é a nota do exame.

A nota final será convertida nos seguintes conceitos: A = [10, 8,5); B = [8,5, 7); C = [7, 5); e D = [5, 0].

**Frequência:** Segundo as normas em vigor, exige-se a presença em pelo menos 75% das aulas, sob pena de reprovação.

**Atendimento:** Em caso de dúvidas relacionadas ao conteúdo apresentado, os alunos podem procurar o professor em sua sala, agendando horário por email, preferencialmente.

**Programa:** Serão ministradas 45 horas-aula em 15 semanas, divididas entre teoria e laboratório, abrangendo os tópicos listados a seguir.

1. Principais conceitos de sistemas embarcados e de tempo real. Processos/ciclos de desenvolvimento. Particionamento hardware/software. Problema do *endianness*.
2. Ambiente de desenvolvimento para sistemas embarcados (*cross compiler, assembler, linker, debugger*). Processo de geração da imagem executável.
3. O microcontrolador *target* (*kit* de desenvolvimento) e o ambiente de desenvolvimento utilizados nos experimentos. Visão geral do RTOS utilizado.
4. Introdução à UML. Diagramas estruturais. Diagramas comportamentais. Introdução à SysML. Apresentação da ferramenta de modelagem de sistemas utilizada.
5. Principais tipos de sistemas operacionais. Conceitos em sistemas operacionais.
6. Sistemas operacionais de tempo real. *Board support package - BSP*. Despachador. Escalonador (executivo cíclico, colaborativo, preemptivo). Principais algoritmos de escalonamento. Análise de escalonabilidade. *Deadlines*. Tarefas. Sistemas multi-tarefa.
7. Comunicação inter-tarefas (semáforo, fila de mensagem). Seção crítica. Paradigma tradicional. Paradigma do controle invertido.
8. Avaliação 1.
9. Objetos do *kernel* (registradores de eventos, sinais, variáveis condicionais).
10. Serviços do RTOS (pilha TCP/IP, sistema de arquivos, chamada de procedimentos remotos, *shell*)
11. Gerenciamento de memória (fragmentação, compactação, alocação dinâmica, alocação fixa). Unidade de gerenciamento de memória de hardware.
12. Execução concorrente *vs.* pseudo-concorrente.
13. Preempção segura, *starvation, deadlock*, inversão de prioridades.
14. Apresentação/Avaliação do projeto prático.
15. Avaliação 2.

**Bibliografia Básica:** Os seguintes textos possuem informações pertinentes ao curso:

- [1] Q. Li and C. Yao, *Real-Time Concepts for Embedded Systems*. CMP books, 2003.
- [2] A. S. Berger, *Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools, and Techniques*. CMP Books, 2002.
- [3] B. P. Douglass, *Real Time UML: Advances in the UML for Real-time Systems*. Object Technology, Addison-Wesley, 3rd ed., 2004.
- [4] D. Pilone and N. Pitman, *UML 2.0 in a Nutshell*. O'Reilly Media Inc, 2009.
- [5] W. Stallings, *Computer Organization and Architecture: Design for Performance*. Pearson Education, 9th ed., 2013.
- [6] A. S. Tanenbaum, *Modern Operating Systems*. Pearson Prentice Hall, 3rd ed., 2008.
- [7] G. C. Buttazzo, *Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications*. Springer Publishing Company, Incorporated, 3rd ed., 2011.
- [8] A. Burns and A. Wellings, *Real-Time Systems and Programming Languages: Ada, Real-Time Java and C/Real-Time POSIX*. Addison-Wesley Educational Publishers Inc, 4th ed., 2009.