

Conceitos, Características e Aplicações de Sistemas Embarcados

Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Embarcados

Professor: Fernando Silvano Gonçalves
fernando.goncalves@ifsc.edu.br
Março de 2024

Cronograma

Encontro	Data	Nº Aulas	Conteúdo
1	29-fev.	04	Recepção e Apresentação do Unidade / Apresentação do Plano de Ensino / Avaliação Diagnóstica / Introdução a sistemas embarcados
2	02-mar.	04	Conceitos e Características e Aplicações de Sistemas Embarcados / Histórico de Sistemas Embarcados / Práticas com Arduino
3	07-mar.	04	Conceitos de Projeto de Sistemas Embarcados
4	14-mar.	04	Introdução à Linguagens de Programação
5	21-mar.	04	Linguagem de Programação C
6	28-mar.	04	Linguagens de Programação C para arduino
7	04-abr.	04	Variáveis e Operadores
8	11-abr.	04	Estruturas Condicionais
9	18-abr.	04	Estruturas de Repetição
10	25-abr.	04	Avaliação 01



Cronograma

Encontro	Data	Nº Aulas	Conteúdo
11	02-mai.	04	Microcontroladores
12	09-mai.	04	Entradas e Saídas Digitais
13	16-mai.	04	Conversor Analógico-Digital
14	18-mai.	04	Sensores
15	23-mai.	04	Comunicação Serial
16	06-jun.	04	PWM
17	13-jun.	04	Temporizadores
18	20-jun.	04	Interrupções
19	27-jun.	04	Avaliação 02
20	04-jul.	04	Conselho de Classe / Atividades de Encerramento da UC
		80	

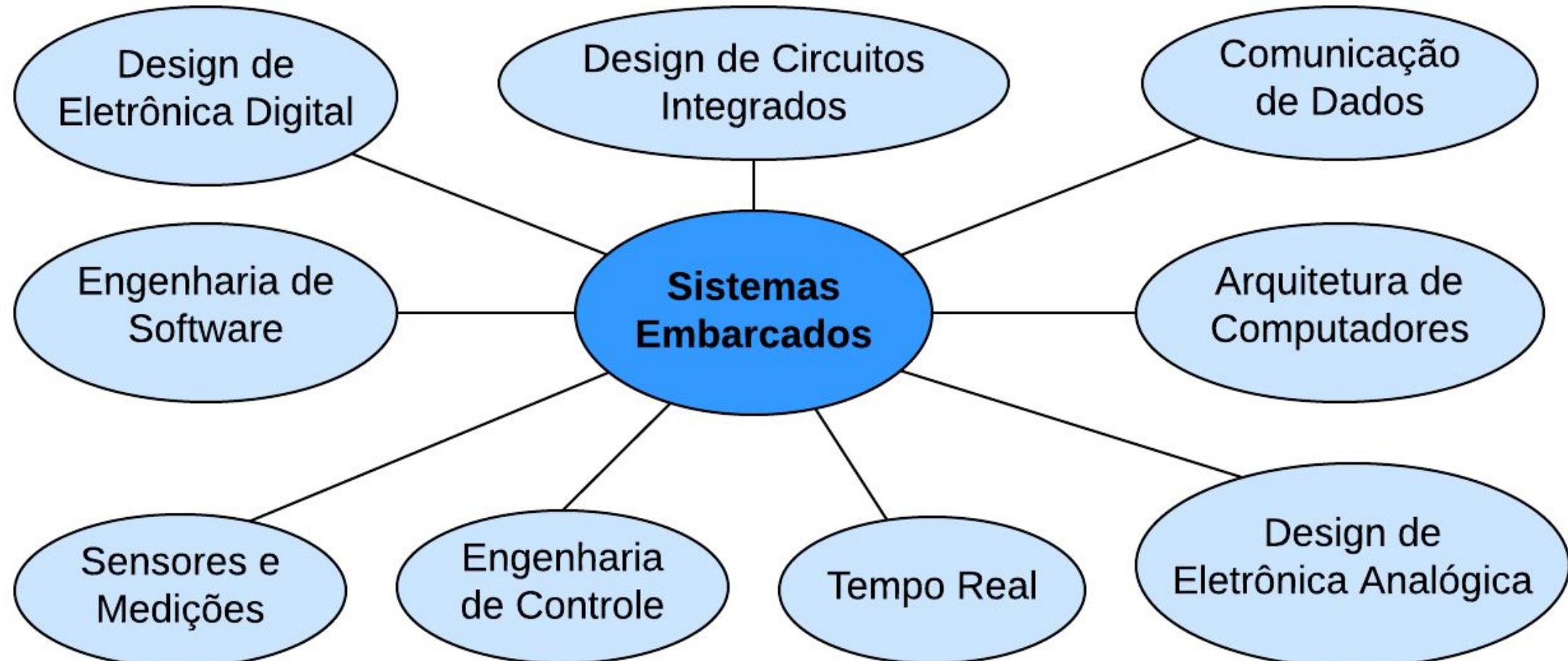
Pauta

- Conceitos e Características;
- Aplicações;
- Histórico de Sistemas Embarcados;
- Práticas com Arduino;

Características Multidisciplinar dos SEs

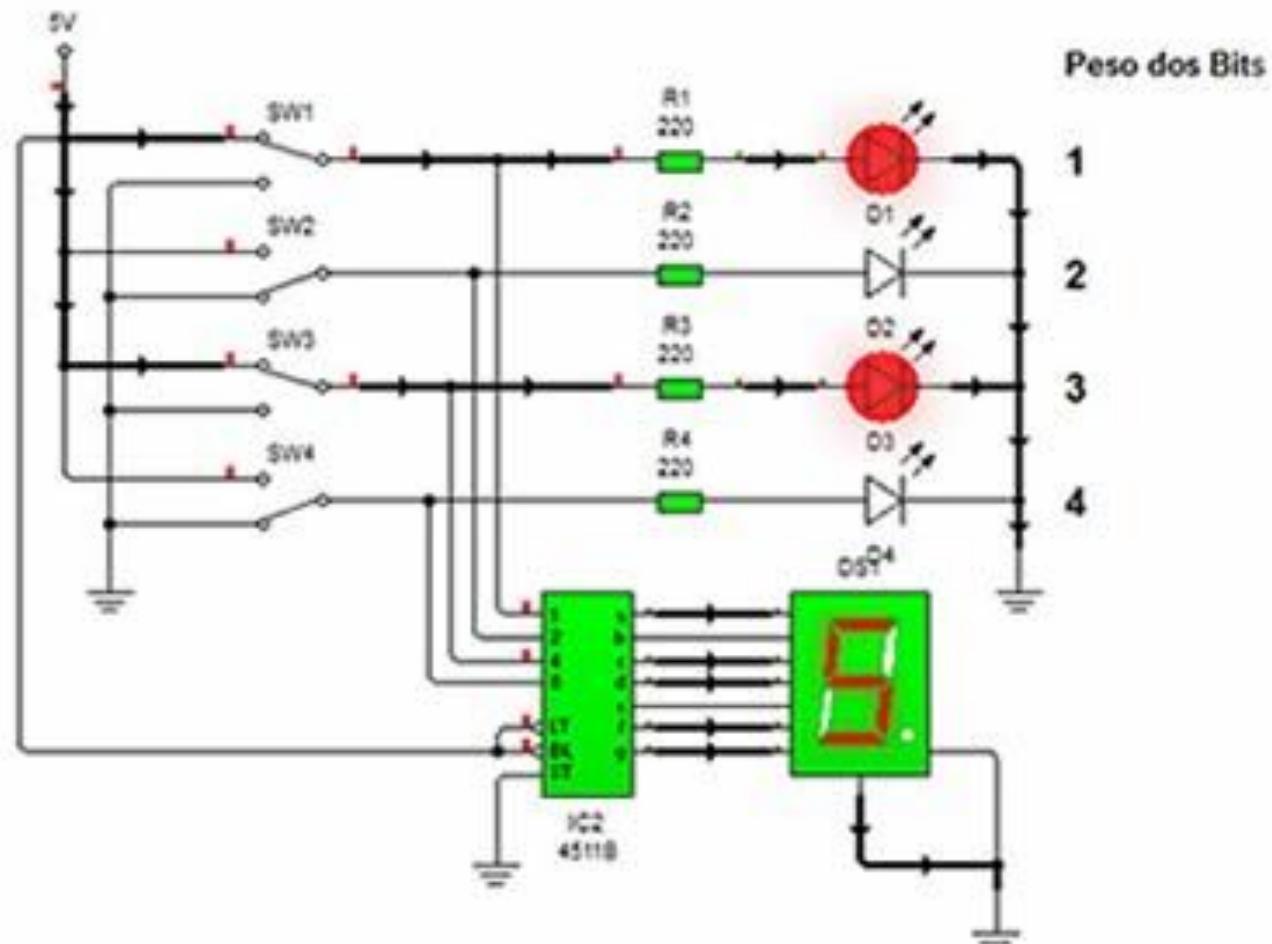
Característica Multidisciplinar dos Sistemas Embarcados

Características Multidisciplinar dos SEs



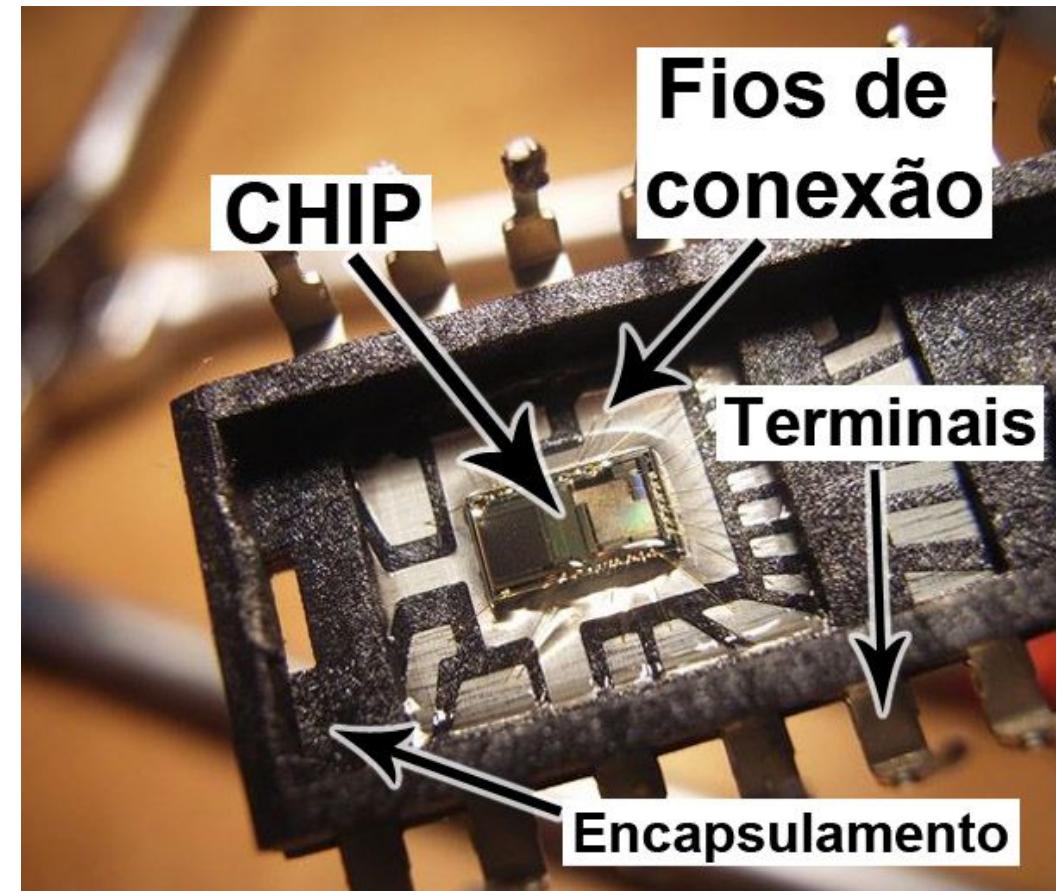
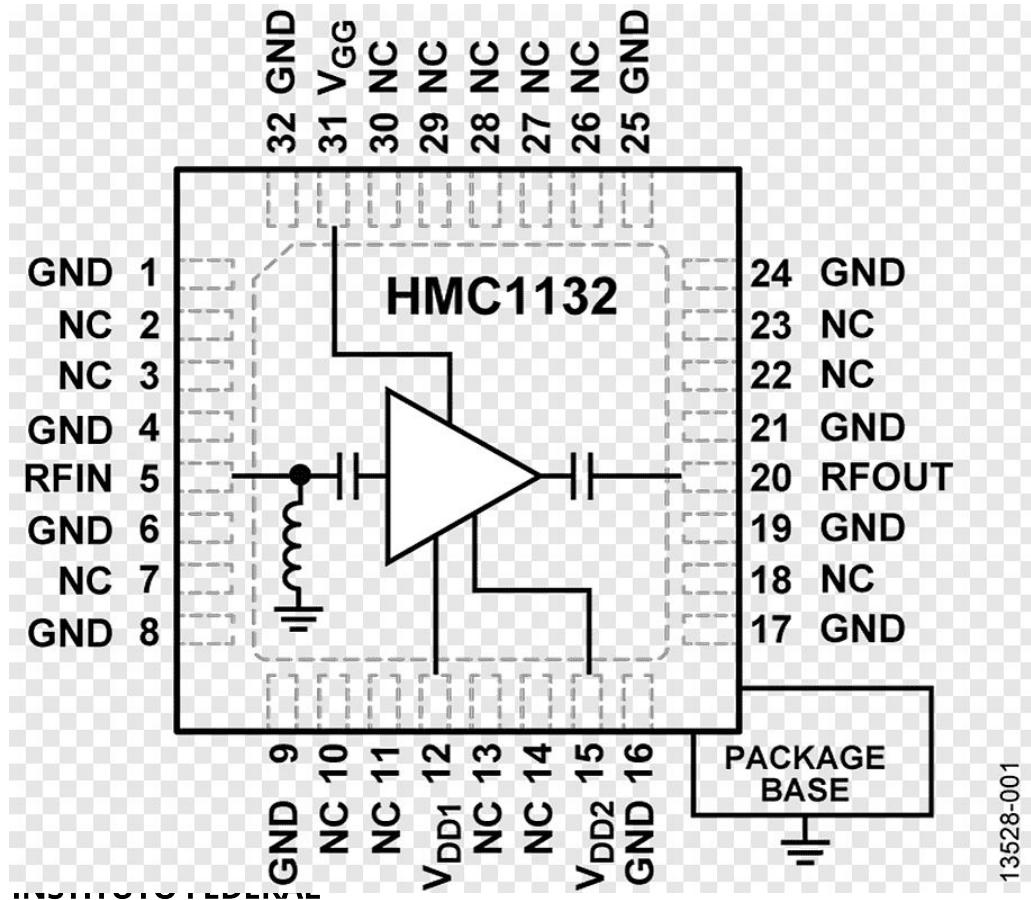
Características Multidisciplinar dos SEs

□ Design de Eletrônica Digital:



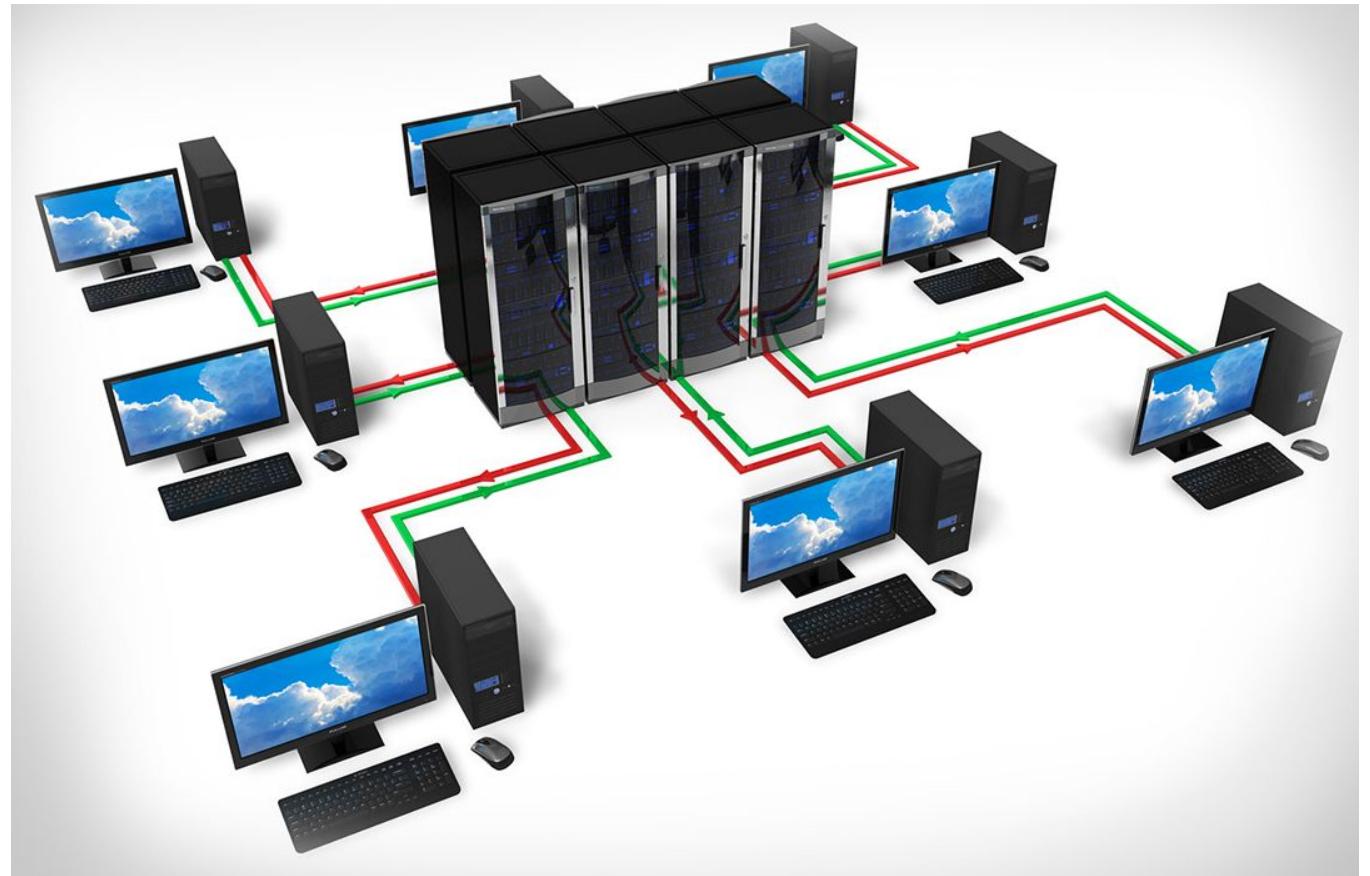
Características Multidisciplinar dos SEs

□ Design de Circuitos Integrados:



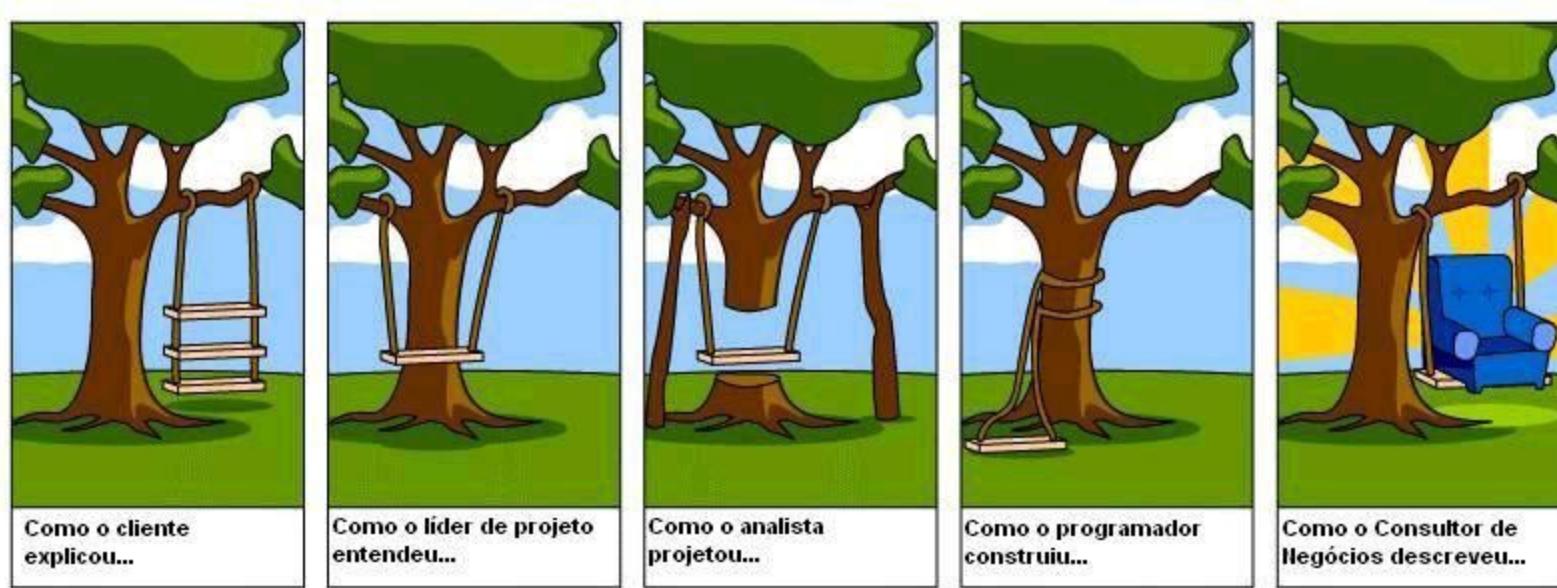
Características Multidisciplinar dos SEs

□ Comunicação de Dados:



Características Multidisciplinar dos SEs

Engenharia de Software



Características Multidisciplinar dos SEs

Arquitetura de Computadores:

- Conhecimento das arquiteturas de microcontroladores e microprocessadores;
- Arquiteturas RISC e CISC.

Características Multidisciplinar dos SEs

Sensores e Medição:

- Estimação dos sensores conforme a necessidade da aplicação.
- Tempo de resposta;
- Necessidade dos dados;
- Tipo de Dados;
- Protocolo de comunicação;
- Custo;

Características Multidisciplinar dos SEs

Engenharia de Controle:

- O atendimento dos requisitos não funcionais são secundários.
- Definição de algoritmos de controle conforme o propósito da aplicação
- Estudo do modelo a ser controlado.
- Definição do controlador a ser utilizado.

Características Multidisciplinar dos SEs

Design da Eletrônica Analógica:

- Verificação da necessidade de conversores de dados.
- Tensão dos sensores
- Necessidade de circuitos adicionais (alimentação, conversão lógica).

Características dos Sistemas Embarcados

- ❑ **Sistemas de Tempo Real:**
- ❑ Os sistemas embarcados também são classificados quanto as suas restrições temporais:
 - ❑ Soft Real-time SEs;
 - ❑ Hard Real-time SEs;

Soft Real-Time SEs



Hard Real-Time SEs



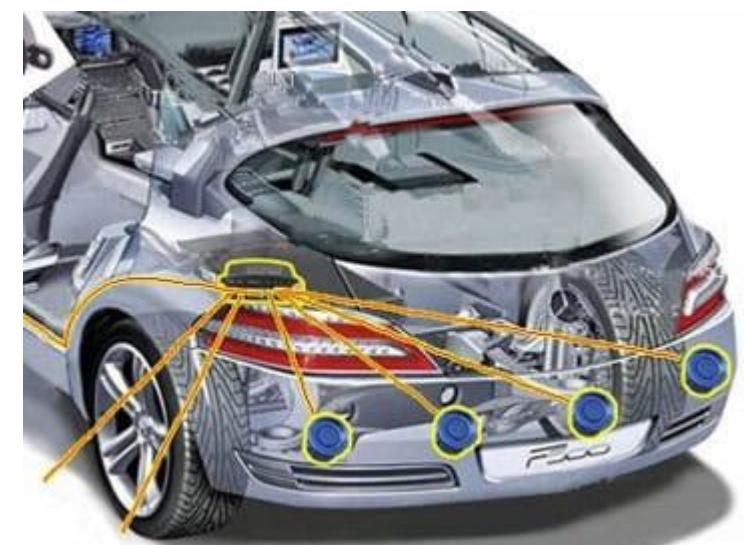
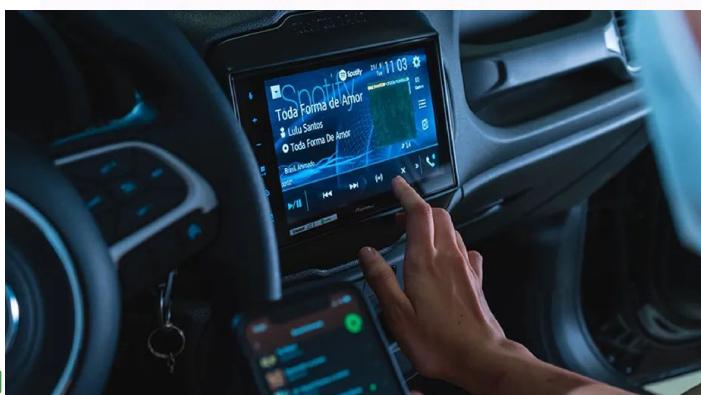
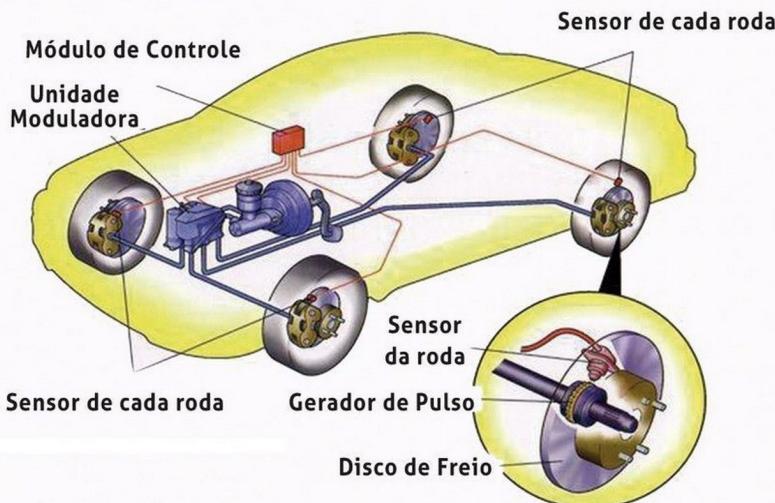
Conceitos e Características

Aplicações

Sistemas Embarcados



Sistemas Embarcados



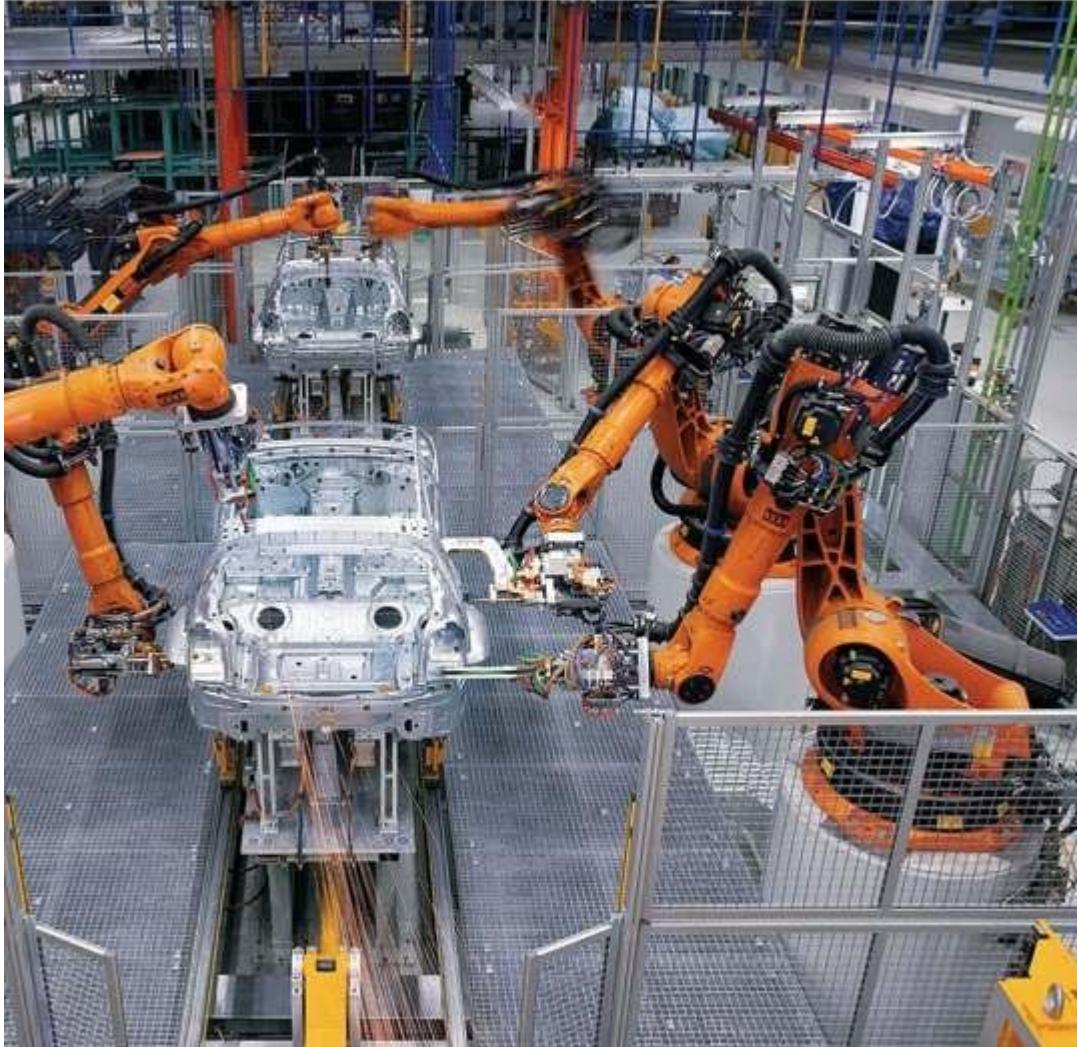
Sistemas Embarcados



Sistemas Embarcados



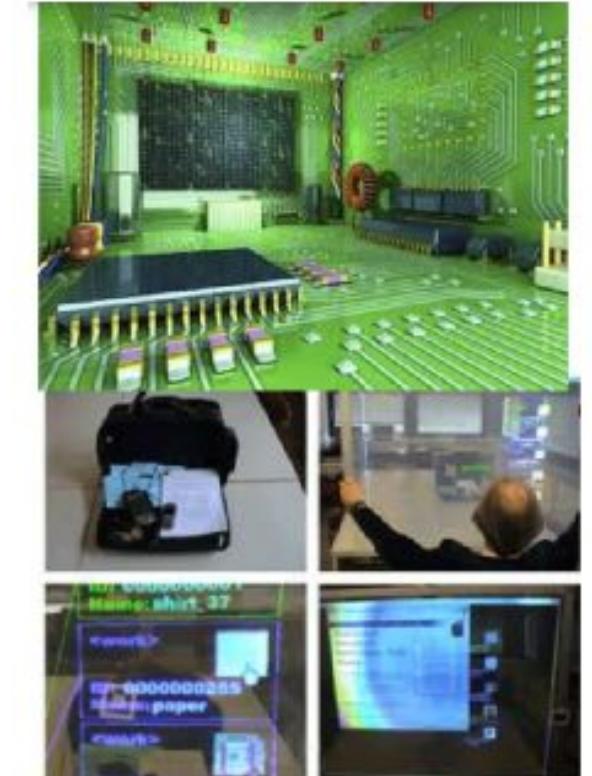
Sistemas Embarcados



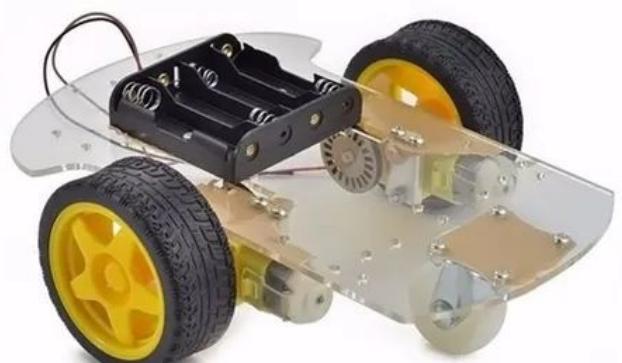
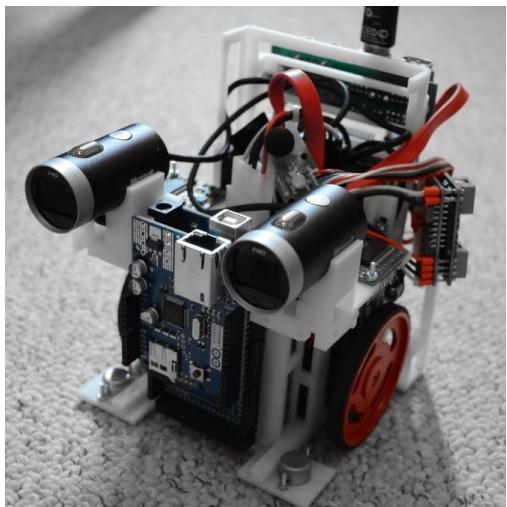
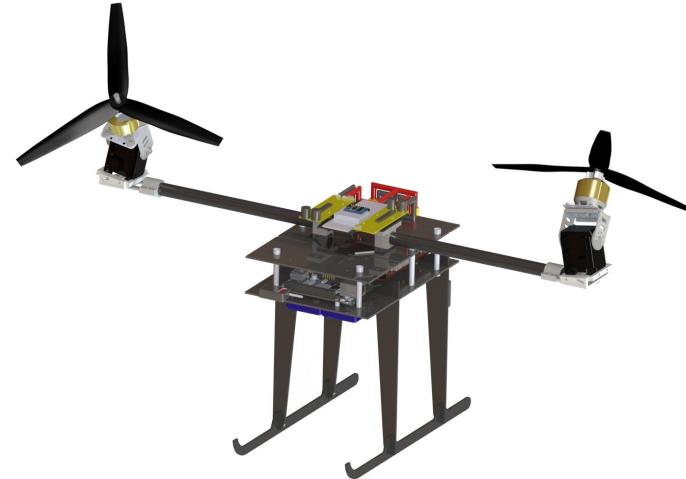
Sistemas



Sistemas Embocados



Sistemas Embarcados

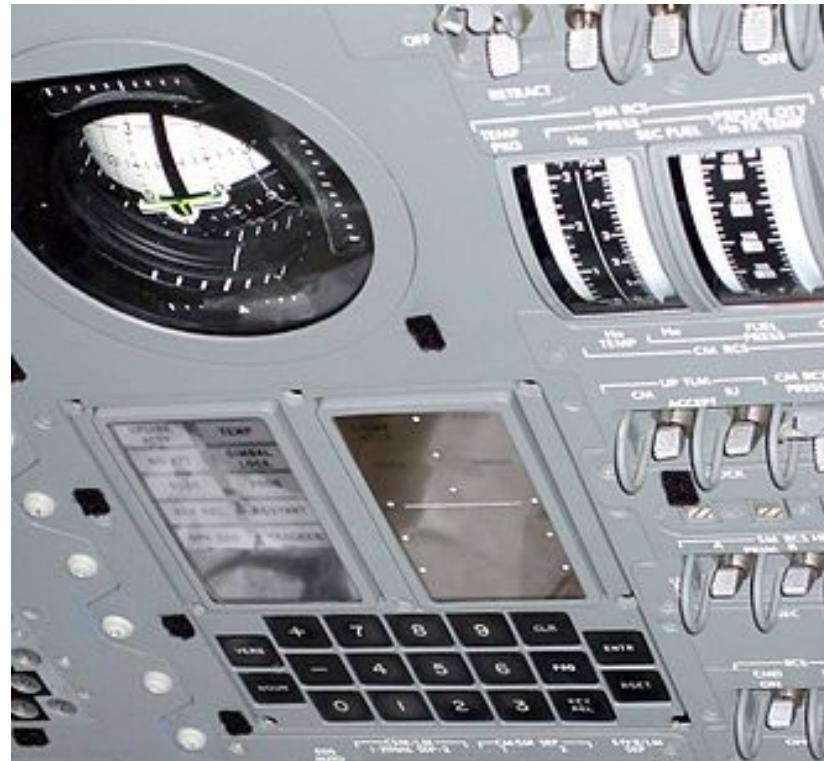


Evolução dos Sistemas Embarcados

Evolução dos Sistemas Embarcados

Histórico dos Sistemas Embarcados

- 1960: Primeiro Sistema Embarcado:
 - Apollo Guidance Computer.



Histórico dos Sistemas Embarcados

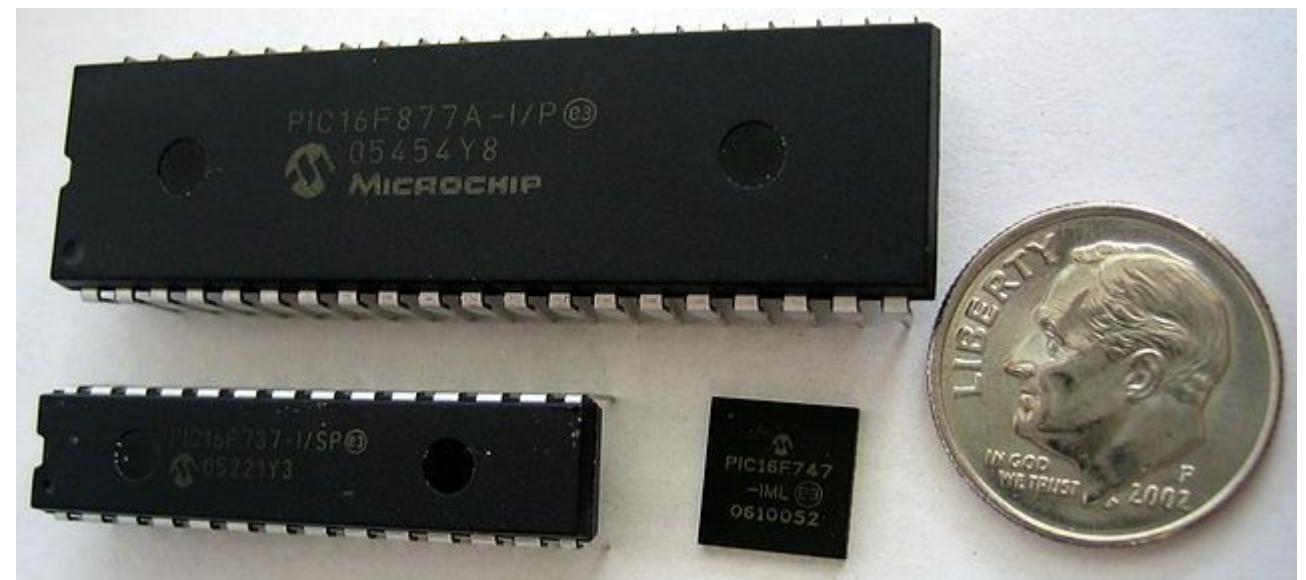
- Até 1978: Utilizado basicamente em aplicações militares;
 - Controle de radares e mísseis.



Histórico dos Sistemas Embarcados

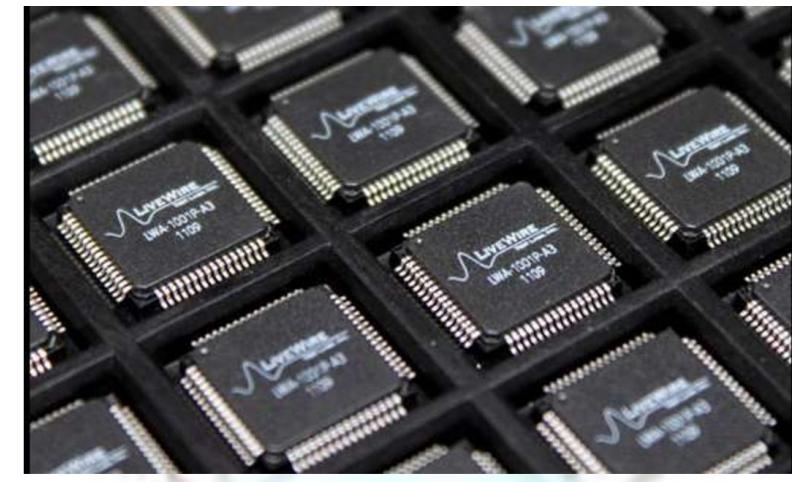
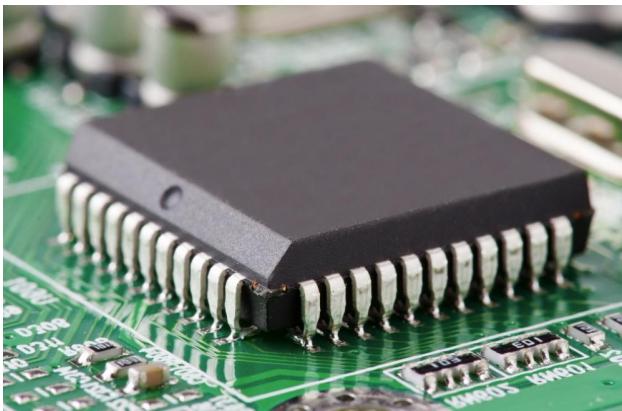
□ 1984: Explosão dos microcontroladores:

- Microprocessadores otimizados para controlar dispositivos eletrônicos;
- Memória e interfaces de E/S integrados enfatizando a autossuficiência.



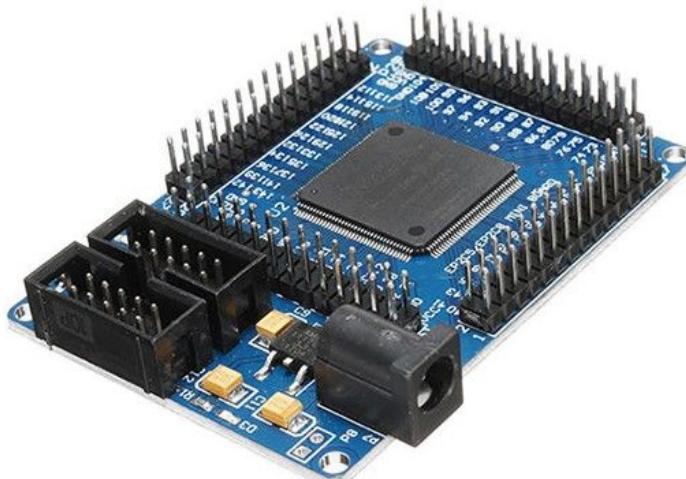
Histórico dos Sistemas Embarcados

- 1989: Popularização dos Application-Specific Integrated Circuit (ASICs);
 - Descritos pelas Hardware Description Language (HDL), como Verilog ou VHDL;
 - Ferramentas de Síntese;



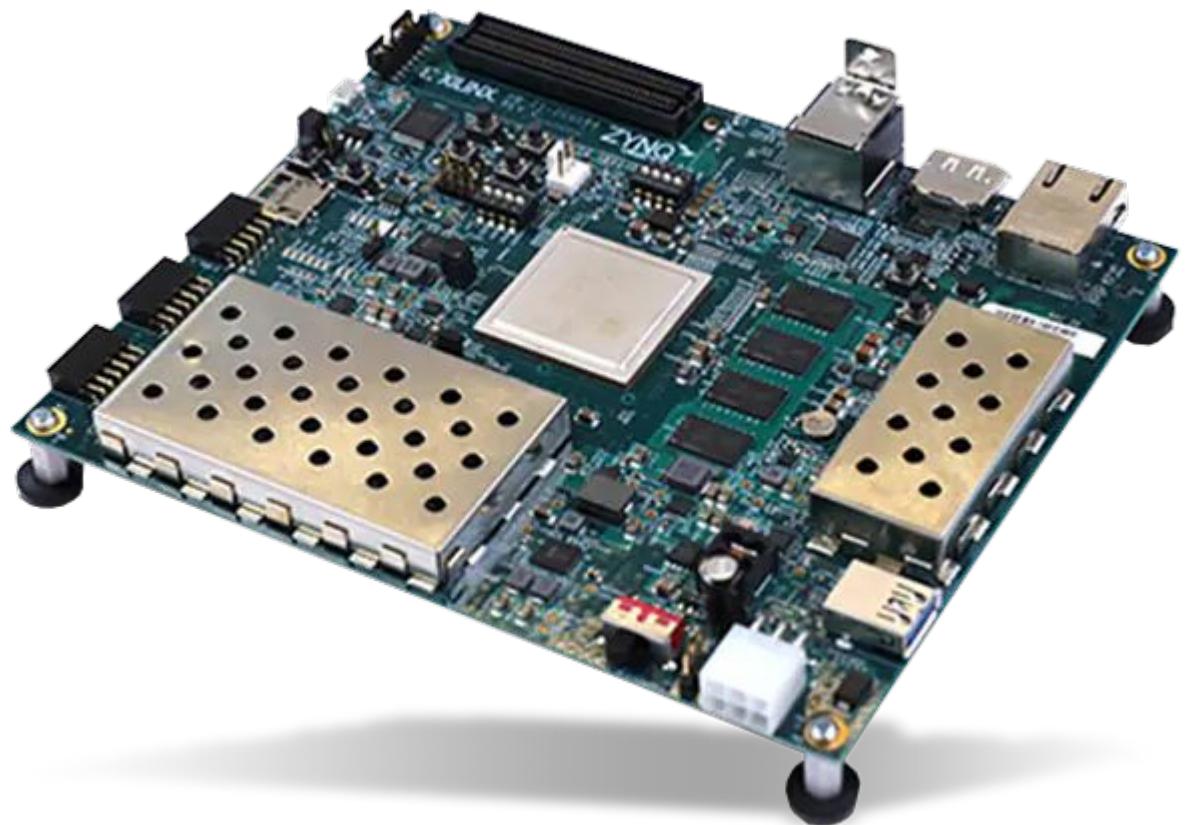
Histórico dos Sistemas Embarcados

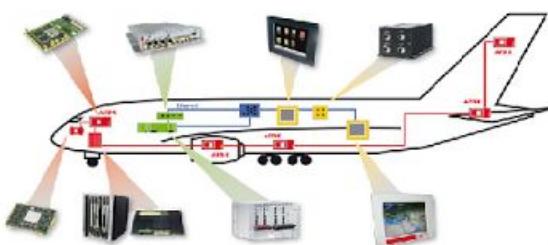
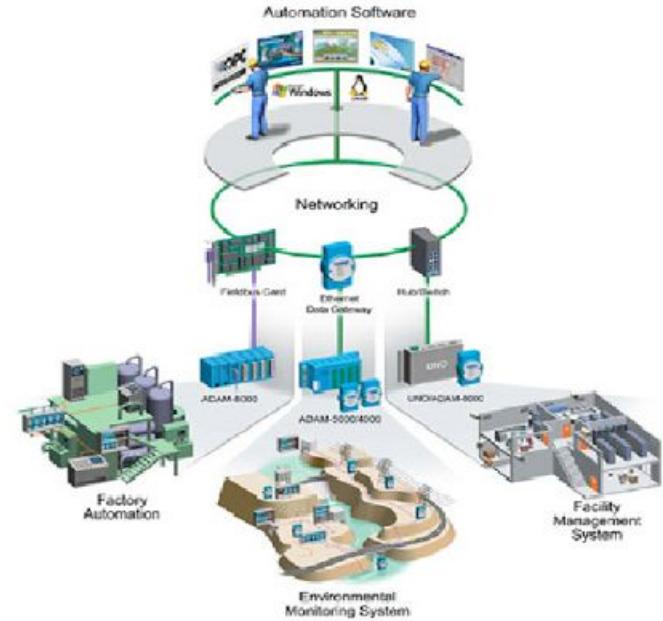
- 1995: Criação das Field-Programmable Gate Arrays (FPGA);
 - Revolução dos System-on-a-Chip (SoCs): CPU e periféricos integrados com circuitos eletrônicos em um único chip;



Histórico dos Sistemas Embarcados

- ❑ **Anos 2000:** aumento da capacidade e redução dos custos dos FPGAs;
 - **MPSoC:** Multi-processors SoC;
 - **NoC:** Network-on-Chip;
 - **Sistemas Reconfiguráveis;**





Por que Projetar um SE é um Processo Complexo?

- ❑ Custo limitado:
 - ❑ Normalmente agregado a outro produto;
- ❑ Tempo de projeto limitado:
 - ❑ Projetos muito longos podem significar perdas de mercado;
- ❑ Consumo de energia:
 - ❑ Geralmente movidos por fontes limitadas (baterias);
- ❑ Complexidade crescente das aplicações:
 - ❑ Ambientes exigem cada vez mais aplicações seguras e confiáveis.

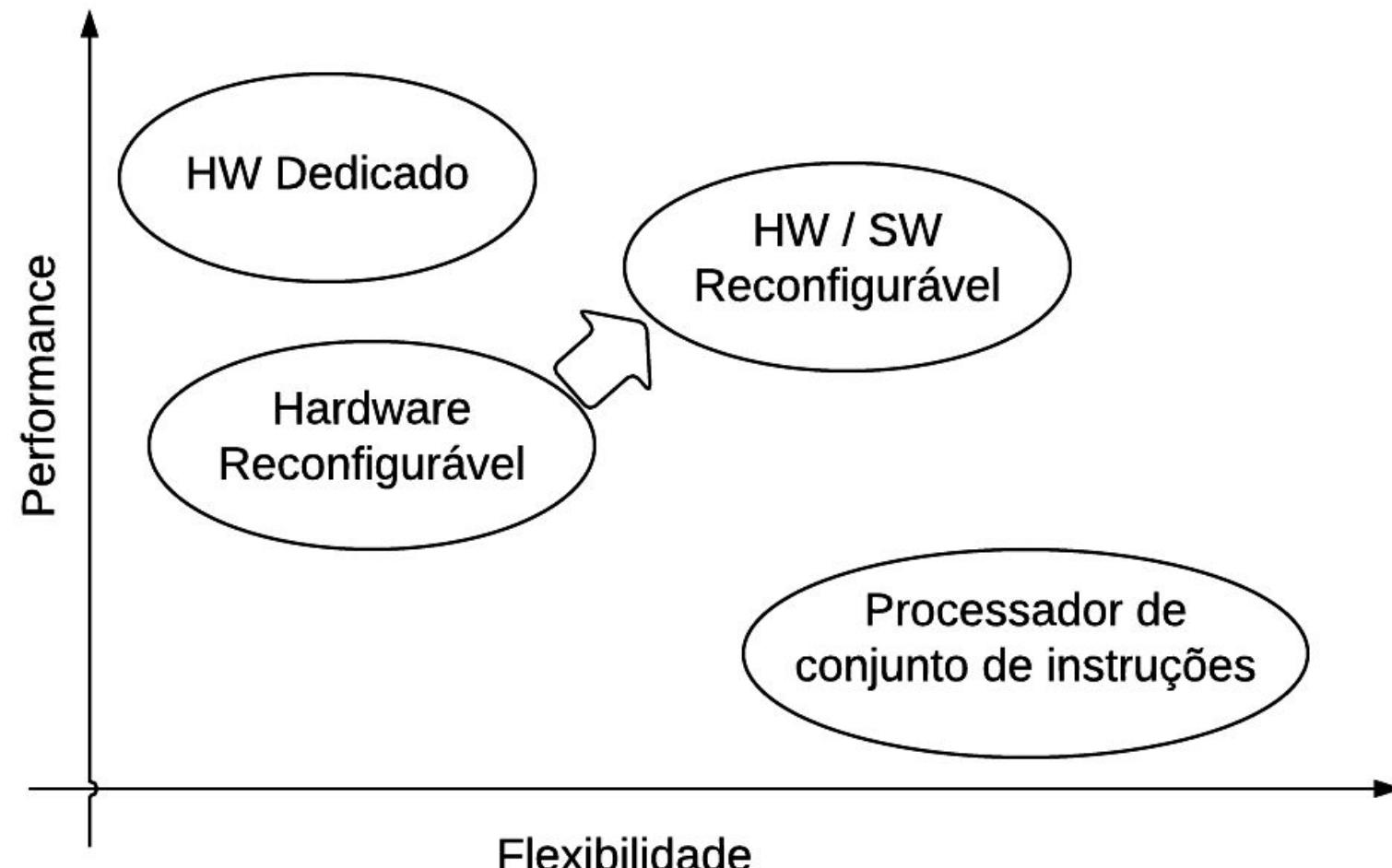
Dificuldades de Projeto de SE

- ❑ Lei de Moore:
 - ❑ Número de transistores disponíveis nos circuitos dobra a cada 18 meses;
- ❑ Custos de engenharia não recorrentes:
 - ❑ Custo para preparar uma fábrica para produção de um determinado chip (próximo de USD 1 milhão).

Como Projetar um SE?

- Análise detalhada do problema detalhando suas necessidades NFRs:
 - Desempenho;
 - Consumo de energia;
 - Flexibilidade;
 - Custo;
 - Conectividade.

Performance VS Flexibilidade



Como Projetar um SE?

Dominar tecnologias disponíveis:

- Arquitetura de processadores (CISC, RISC, DSP);
- Modelos de computação;
- Flexibilidade;
- Linguagens de programação (HW e SW);
- Ferramentas de desenvolvimento;

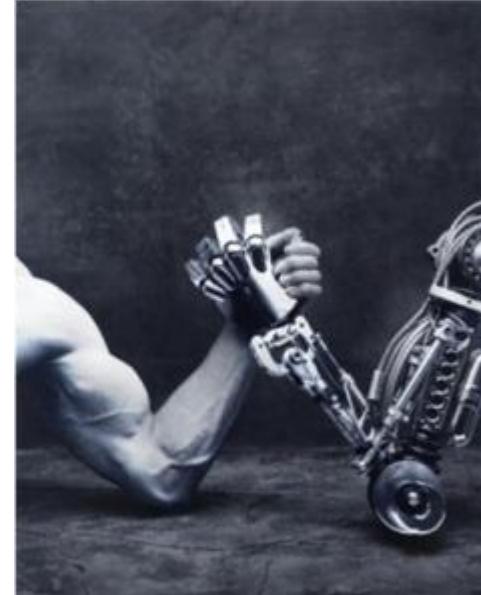
Atividade MULTIDISCIPLINAR!

Como domar essa Complexidade?

Como domar essa Complexidade?

Como domar essa Complexidade?

- Modelagem;
- Metodologias de Projeto;



Como domar essa Complexidade?

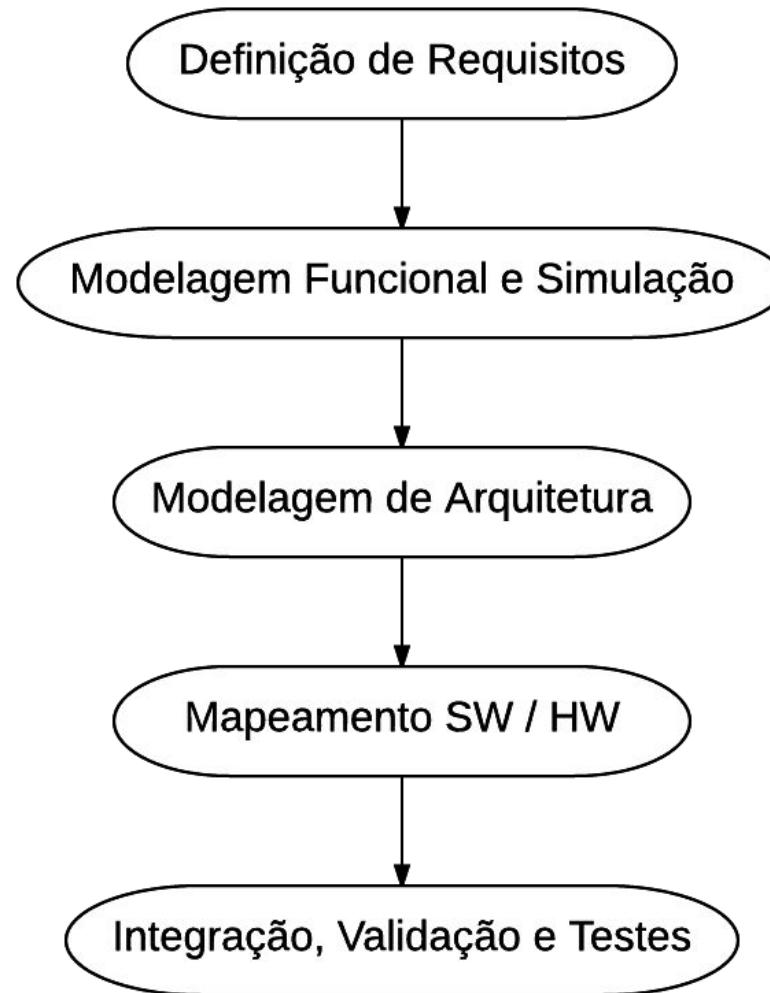
□ Uso de Metodologias de Projeto adequadas:

- Aumenta o nível de abstração;
- Reduz falhas de especificação;
- Matem o "conhecimento corporativo";
- Aumento nos índices de produtividade;
- Aumento do reuso de software e hardware.

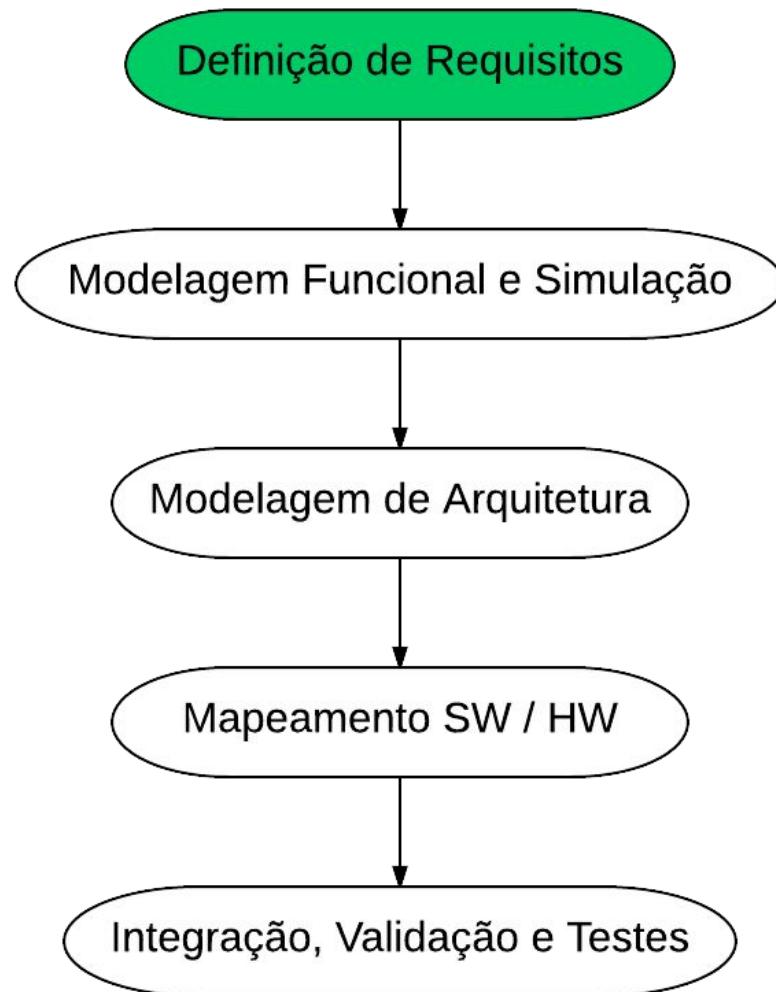
Processo de Desenvolvimento de SEs

Processo de Desenvolvimento de Sistemas Embarcados

Processo de Desenvolvimento de SEs



Processo de Desenvolvimento de SEs



Definição de Requisitos

❑ Requisitos funcionais:

- Descreve as funcionalidades que o sistema deve realizar;

❑ Requisitos não funcionais:

- Apresentam as restrições impostas ao sistema para realização dos requisitos funcionais.

Características dos Requisitos Não Funcionais

- Restrição temporal;
- Determinismo;
- Tolerância a falhas;
- Segurança;
- Interface;
- Custo;
- Etc.

Requisitos Funcionais e Não Funcionais

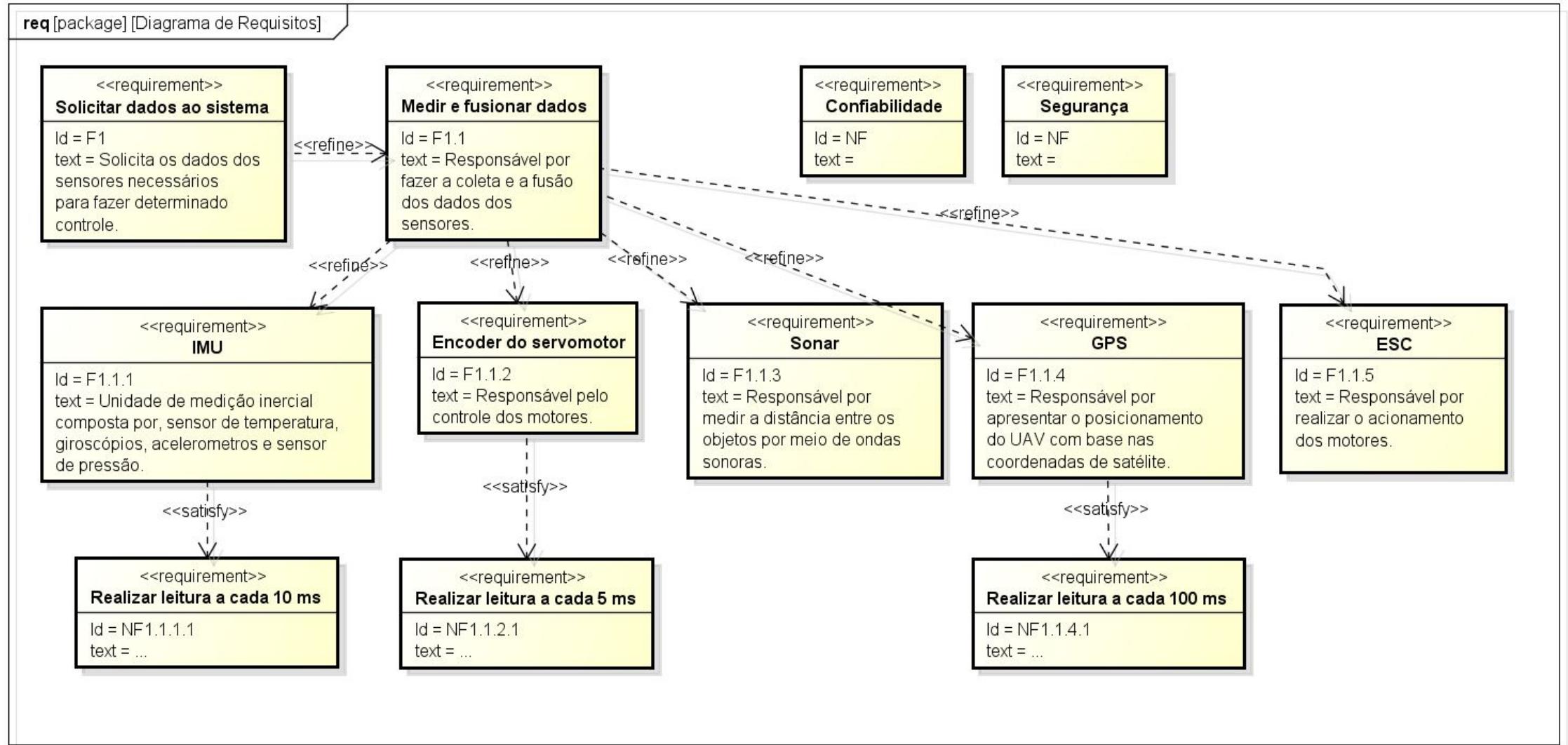
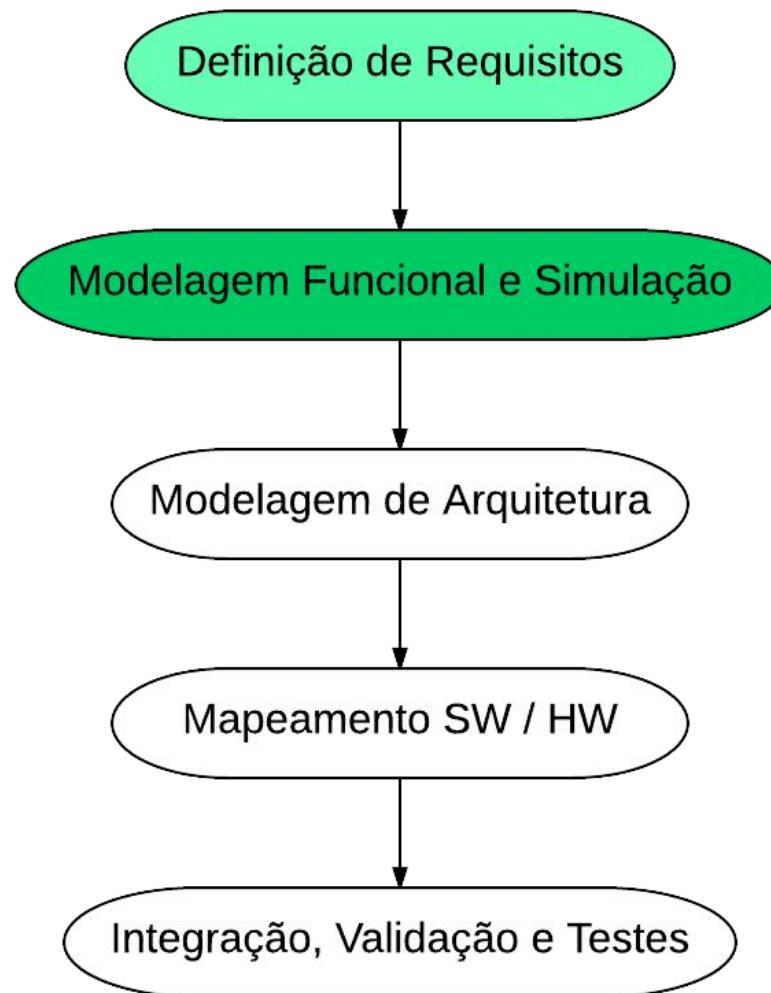


Tabela de Requisitos

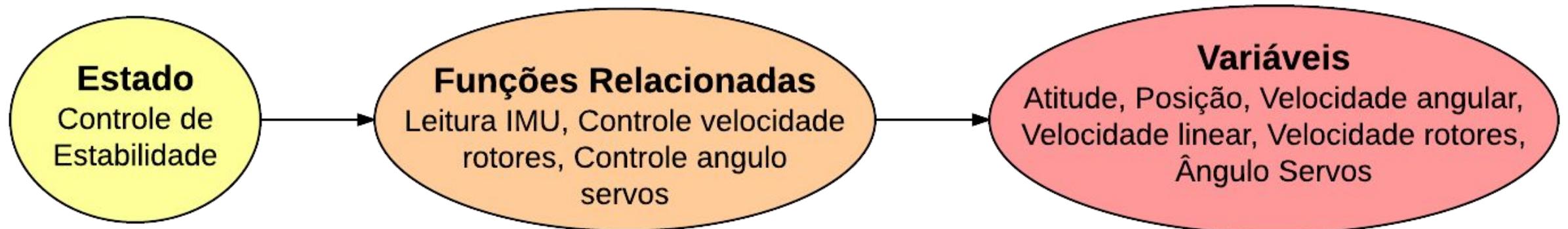
F1 - Controle de Estabilidade em Voo		Oculto ()		
Descrição: O sistema deve manter a estabilidade da aeronave durante a realização dos voos, sejam estes autônomos ou rádio controlados.				
Requisitos Não Funcionais				
Nome	Restrição	Categoria	Tempo Real	Permanente
NFR1.1 - Inclinação Máxima lateral	A aeronave não pode ultrapassar uma inclinação máxima de 20º no angulo de rolagem	Segurança	Hard	(X)
NFR1.2 - Nível Mínimo de Bateria	A aeronave não pode realizar voos se o nível de tensão da bateria estiver abaixo de 14v.	Segurança	Hard	(X)
NFR1.3 - Alerta Sonoro	Se o nível de tensão da bateria estiver abaixo de 14v, a aeronave deve emitir um aviso sonoro.	Interface	Soft	(X)

Processo de Desenvolvimento de SEs



Modelagem Funcional

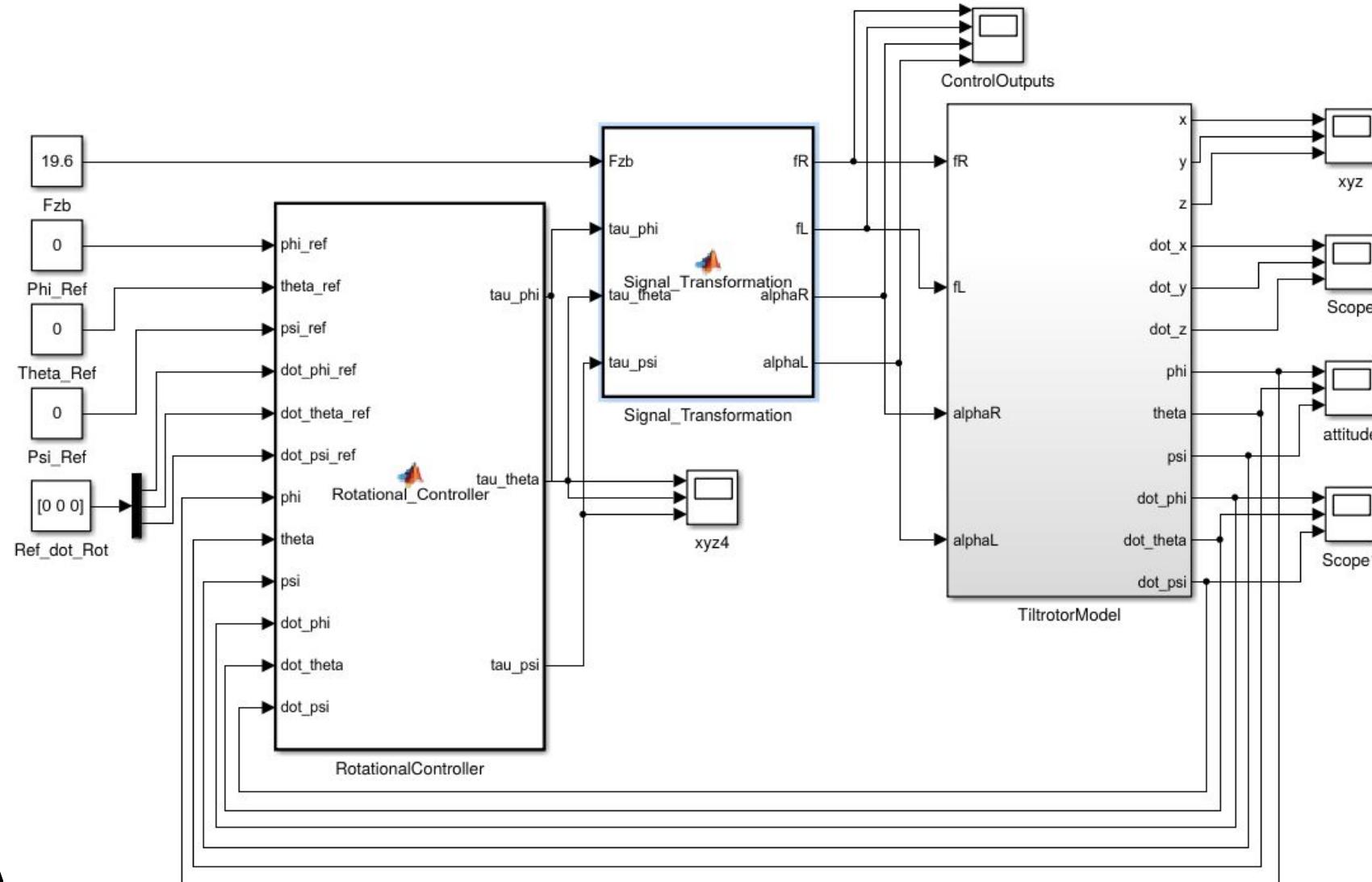
- Expressa as **funcionalidades** de maneira abstrata;
- **Independente** de plataforma;
- Identificação dos **Estados, Funções e Variáveis Relacionadas**;



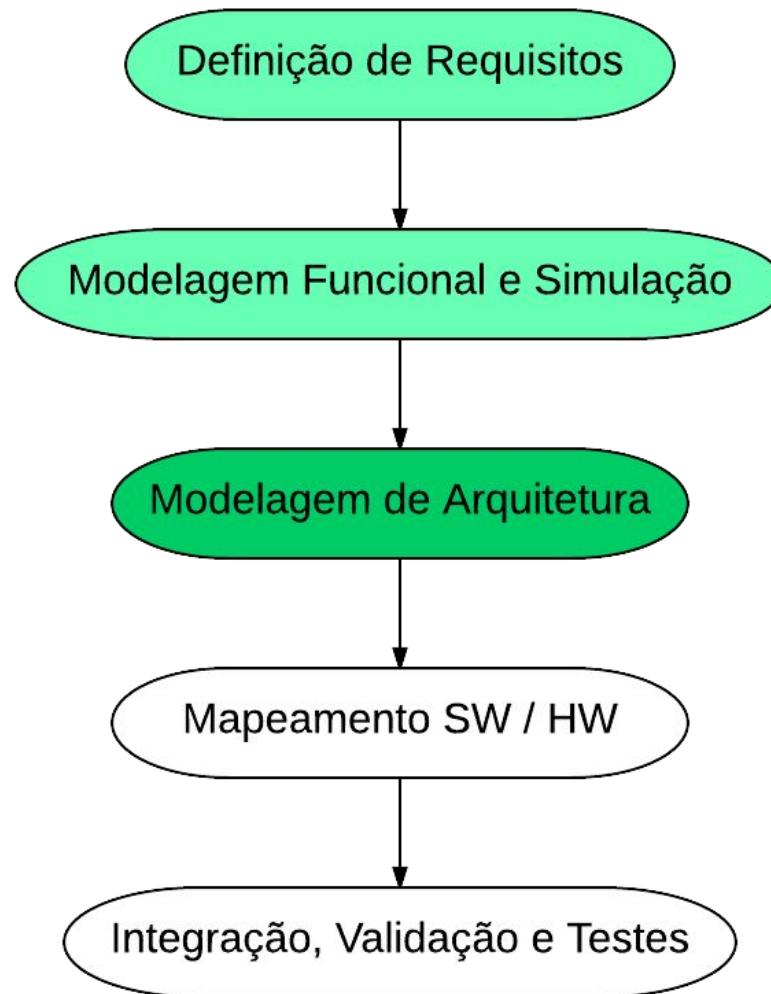
Modelagem Funcional

- ❑ Modelos refletem o **comportamento** do sistema;
 - Identificação dos modos de operação;
 - Escolha de uma linguagem e ferramenta para cada domínio;
- ❑ **Modelos Continuos:**
 - Blocos Funcionais (Simulink, Ptolemy);
- ❑ **Modelos a Eventos Discretos:**
 - State flows, Statechart (Simulink, Rational-IBM);

Modelagem Funcional - Diagrama de Blocos



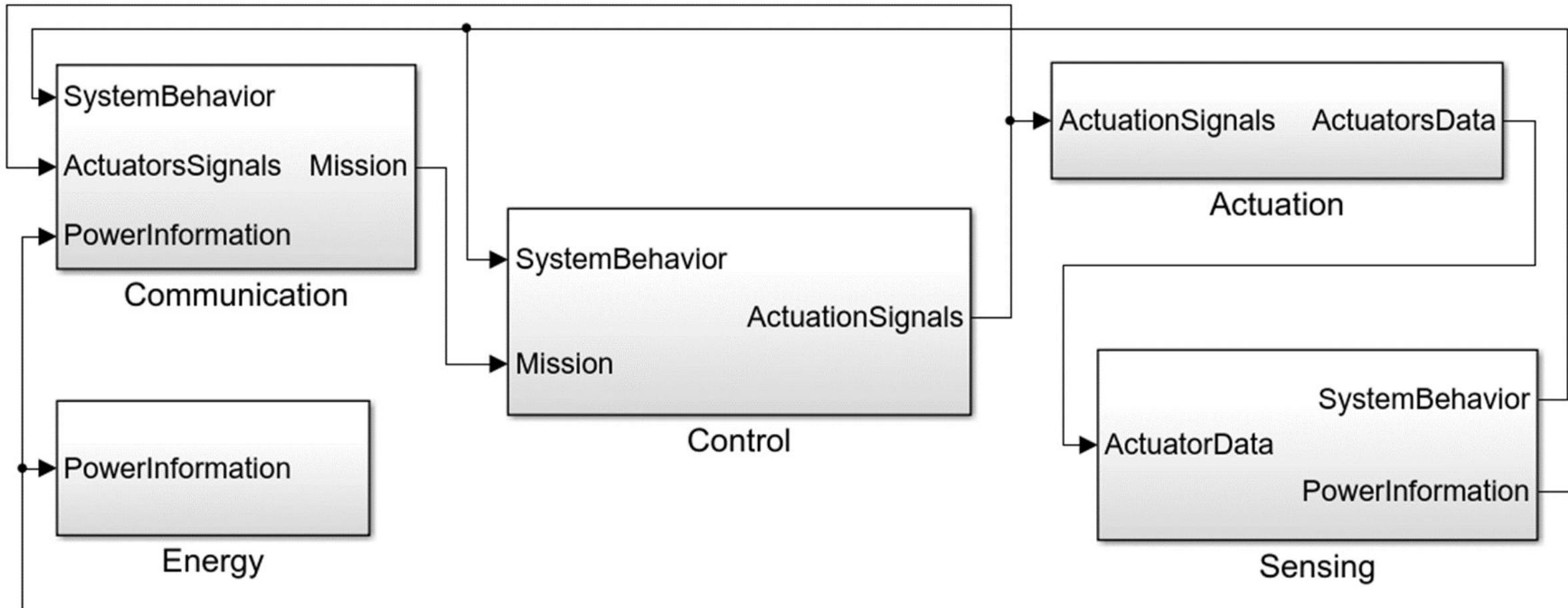
Processo de Desenvolvimento de SEs



Modelagem de Arquitetura

- Define a estrutura ideal de HW / SW;
- Projeta as interfaces para componentes externos (Hardware, Software e Usuário);
- Definir entre processamento centralizado ou distribuído;
- Determinar concorrência entre tarefas;
- Estratégias de armazenamento de dados, manutenção e alocação de memória;

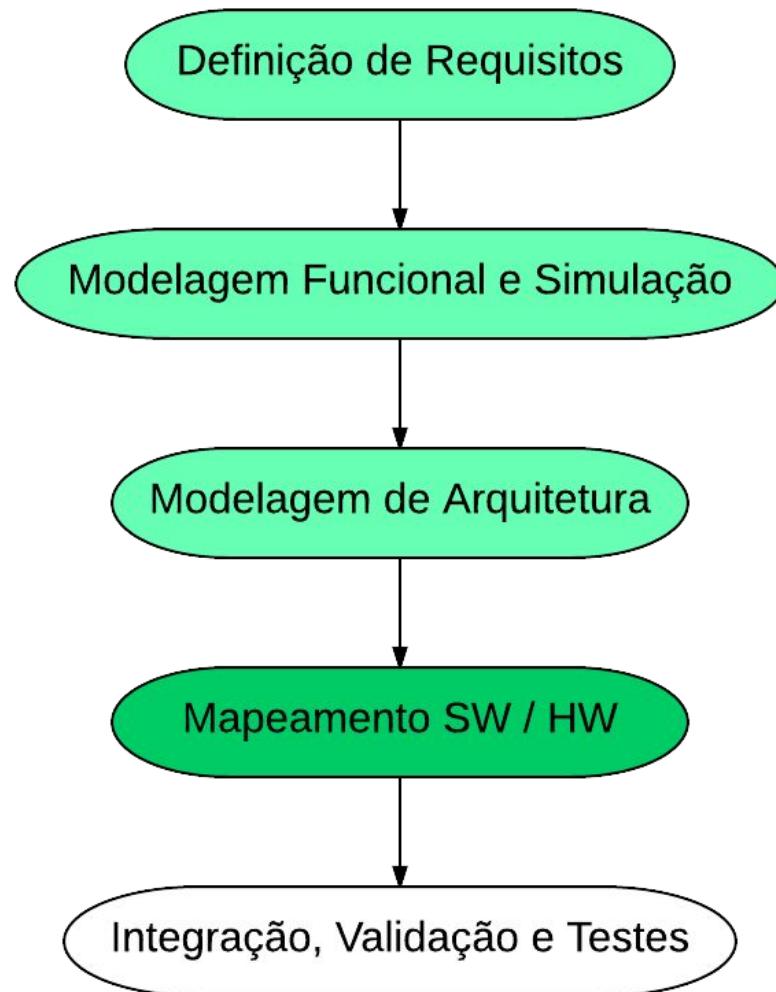
Modelagem de Arquitetura



Modelagem de Arquitetura

```
1 SYSTEM IMPLEMENTATION UAV.impl
2 SUBCOMPONENTS
3 --PROCESS
4 pi_energy: PROCESS p_energy.impl;
5 pi_control: PROCESS p_control.impl;
6 pi_sensing: PROCESS p_sensing.impl;
7 pi_actuation: PROCESS p_actuation.impl;
8 pi_communication: PROCESS p_communication.impl;
9 --DEVICE
10 di_gps: DEVICE d_gps.impl;
11 di_imu: DEVICE d_imu.impl;
12 di_esc_r: DEVICE d_esc.impl;
13 di_esc_l: DEVICE d_esc.impl;
14 di_sonar: DEVICE d_sonar.impl;
15 di_radio: DEVICE d_radio.impl;
16 di_servo_r: DEVICE d_servo.impl;
17 di_servo_l: DEVICE d_servo.impl;
18 CONNECTIONS
19 C1: PORT di_gps.position -> pi_sensing.position;
... Here goes all the connections (lines 20 to 45)
46 END UAV.impl;
```

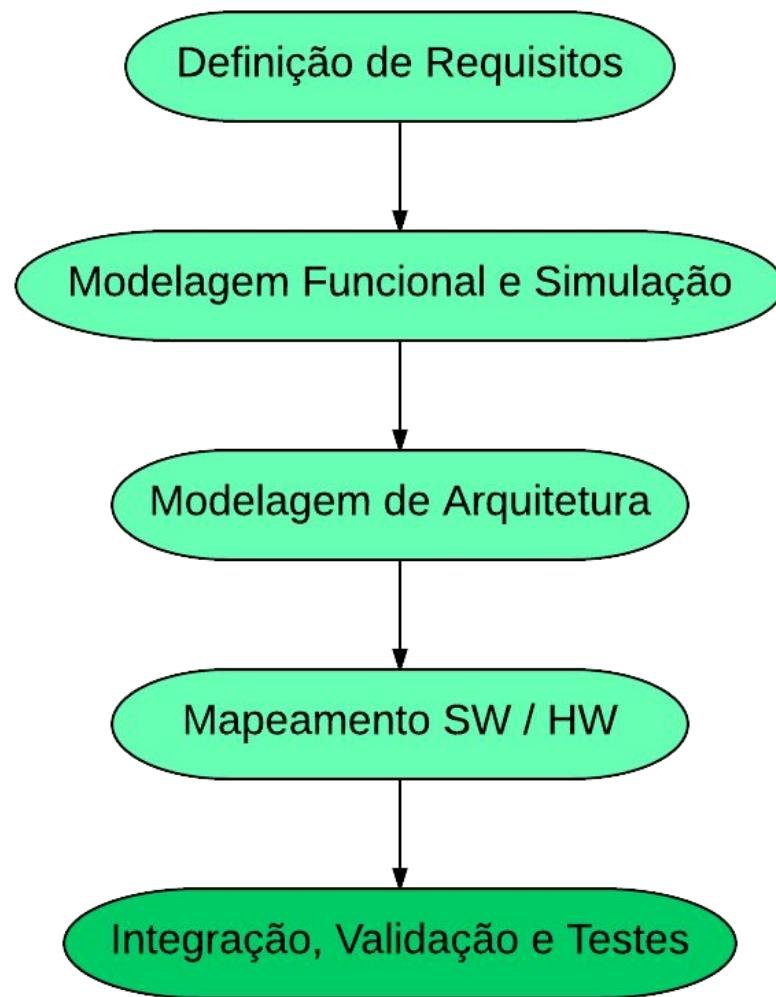
Processo de Desenvolvimento de SEs



Mapeamento SW / HW

- Deve atender aos requisitos Não Funcionais:
 - Restrições temporais;
 - Determinismo;
 - Custo;
 - Etc.
- Permite extrair informações sobre o tempo de execução (WCET);

Processo de Desenvolvimento de SEs



Integração, Validação e Testes

- Integração dos componentes do sistema na arquitetura final;
- Criação de casos de testes;
- Ajustes de parâmetros
- Refinamento dos modelos;
- Análises de latência;
- Verificação formal;

Conclusões

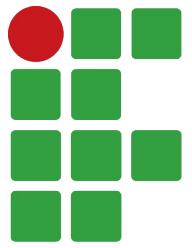
- ❑ Desafio tecnológico:
 - Construir sistemas com qualidade, garantia de funcionalidade e custos aceitáveis;
- ❑ Desafio científico:
 - Consolidar o desenvolvimento de SEs como uma disciplina científica e de engenharia;
- ❑ Necessita-se de ferramentas de apoio ao projeto de SEs.

Conclusões

- ❑ Assim como sistemas computacionais convencionais, sistemas embarcados devem seguir um processo de desenvolvimento;
- ❑ A simulação das funcionalidades nos modelos de alto nível de abstração é importante;
- ❑ Cuidados especiais são necessários no projeto de arquitetura;
- ❑ Técnicas de Engenharia Baseada em Modelos auxiliam na transição entre diferentes visões do sistema.

Referências

- HEATH, S., Embedded Systems Design, 2 ed. Newnes, Oxford, 2003.
- BERGER, A. S., Embedded Systems Design, An Introduction to Processes, Tools, & Techniques, CMP Books, Berkeley, 2002.
- MARWEDEL, P., Embedded System Design, Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, 2 ed. Springer, New York, 2011.
- LEE, E. and SESHIA, S., Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, Berkeley, ISBN 978-0-557-70857-4, 2011.
- GANSSLE, J. G., The Art of Programming Embedded Systems, Academic Press, Califórnia, 1992.
- BECKER, L. B., FARINES, J., BODEVEIX, J., FILALI, M., e VERNADAT, F., Development process for critical embedded systems. Em Workshop de Sistemas Embarcados, Gramado. Anais. Porto Alegre: SBC, páginas 95{108, 2010.
- JENSEN, J. C., CHANG, D. H., e LEE, E. A., A model-based design methodology for cyber-physical systems. In Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2011.



INSTITUTO FEDERAL

Santa Catarina

Câmpus Tubarão

Obrigado!

Fernando Silvano Gonçalves

fernando.goncalves@ifsc.edu.br

se.cst.tub@ifsc.edu.br