DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS EMBEBIDOS

(MESTRADO EM INFORMÁTICA)

- SESSÃO 1: Introdução aos Sistemas Embebidos -

JOÃO MIGUEL FERNANDES
Email: miguel@di.uminho.pt
URL: http://www.di.uminho.pt/~miguel

Sumário

1. **Enquadramento**
2. **Sistemas Embebidos**
3. **Taxinomia**
4. **Motivação**

1. Enquadramento (1/3)

- **Apresentação pessoal**
  - **docente do DI/EE/UM**
  - **coordenador C&T do IDITE-Minho**
  - **membro do SIG-ES do IFIP**
- **Doutoramento (Fev/2000)**
  - **Título**
    - **"MIDAS: Metodologia Orientada ao Objecto para Desenvolvimento de Sistemas Embebidos"**
  - **Área científica**
    - **Engenharia de Sistemas Baseados em Computador**
  - **Área aplicacional**
    - **Sistemas de Informação Industriais**

1. Enquadramento (2/3)

- **Objectivos desta sessão**
  - **apresentar a disciplina**
  - **introduzir definições e terminologia a usar na disciplina**
- **Audiência alvo**
  - **licenciados (com ou sem formação na área das TSI) com responsabilidades e experiência comprovada (desejável!) na análise, concepção e implementação de sistemas baseados em software**

1. Enquadramento (3/3)

- **Bibliografia recomendada**
  - **Wolf W. (2001). "*Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design*". Morgan Kaufman Publishers. ISBN 1-55860-541-X.**
  - **Gajski D., Vahid F., Narayan S., Gong J. (1994). "*Specification and Design of Embedded Systems*". Prentice-Hall. ISBN 0-13-150731-1.**
  - **Kumar S., Aylor J.H., Johnson B.W., Wulf, W.A. (1996). "*The Codesign of Embedded Systems: A Unified Hardware / Software Representation*". Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-201-49834-0.**
  - **Morris D., Evans G., Green P., Theaker C. (1996). "*Object-Oriented Computer Systems Engineering*". Applied Computing. Springer-Verlag, Londres, Reino Unido. ISBN 3-540-76020-2.**
  - **Douglass B.P. (1998). "Real-Time UML: Developing Efficient *Objects for Embedded Systems*". Object Technology. Addison-Wesley. ISBN 0-201-32579-9.**

2. Sistemas Embebidos (1/10)

- **Definição de sistema computacional**
  - **conjunto de elementos que são organizados para atingir um objectivo pré-definido, através do processamento automático de informação.**
- **Nesta disciplina, será tratada uma classe especial dos sistemas computacionais: os sistemas embebidos.**
- **As técnicas e os métodos a tratar nesta disciplina são, na sua maioria, genéricos a outros sistema computacionais (não são exclusivos de sistemas embebidos).**

2. Sistemas Embebidos (2/10)

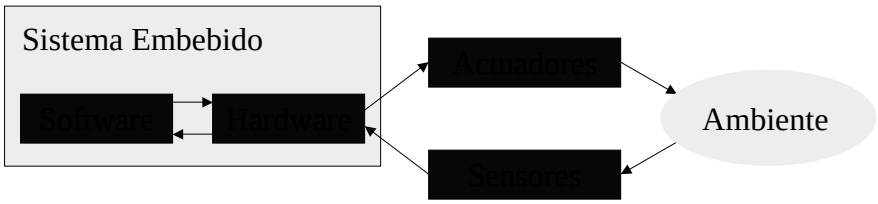
- **Tipos de elementos usados um sistema computacional**
  - **Software: Programas e estruturas de dados que realizam a funcionalidade requerida.**
  - **Hardware: Dispositivos electrónicos que disponibilizam a capacidade computacional e os dispositivos electro-mecânicos que providenciam o contacto com o exterior.**
  - **Pessoas: Utilizadores e operadores que usam o hw e o sw.**
  - **Base de dados: Repositório de informação usado via software.**
  - **Documentação: Manuais, relatórios e outros documentos que descrevem o uso e/ou a operação do sistema.**
  - **Procedimentos: Passos que definem o uso específico de cada elemento do sistema ou o contexto no qual este reside.**

2. Sistemas Embebidos (3/10)

- **Sistema embebido é um sistema computacional**
  - **Um sistema embebido é concebido para uma aplicação específica, contendo componentes de hardware e de software.**
  - **Um sistema embebido faz parte, como o próprio nome indicia, dum sistema mais complexo e nele se encontra incorporado (embutido, embebido, embarcado).**
  - **O termo "embebido", foi popularizado pelo DoD e refere-se ao facto de esses sistemas estarem incluídos em sistemas maiores, cuja principal função não é a computação.**
- **Definição: um sistema embebido é qualquer dispositivo que inclua um computador programável mas que não tenha por finalidade a computação genérica.**

2. Sistemas Embebidos (4/10)

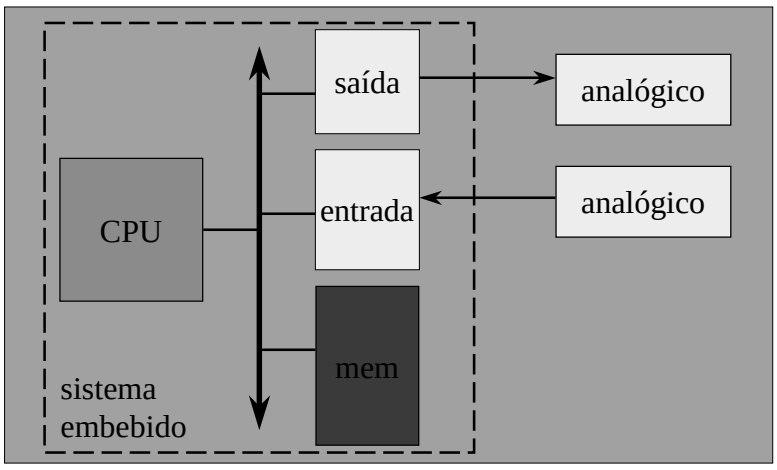
- **Estrutura típica dum sistema embebido**



- **Exemplos de sistemas embebidos**
  - **PDAs, impressoras, telemóveis, televisões, electrodomésticos**
  - **Sistemas de controlo (indústria, medicina, militar, domótica)**
  - **Sistemas de monitorização de processos industrias**
  - **Sistemas de aquisição de dados (laboratórios)**

2. Sistemas Embebidos (5/10)

- **Estrutura típica dum sistema embebido**



2. Sistemas Embebidos (6/10)

- **Propriedades relevantes dum sistema embebido**
  - **É desenvolvido para realizar uma função específica para uma dada aplicação (muitas vezes, será apenas posto a funcionar um único sistema).**
  - **Deve apresentar um funcionamento em contínuo.**
  - **Deve manter uma interacção permanente com o respectivo ambiente. Deve responder continuamente a diferentes eventos provenientes do exterior e cuja ordem e tempo de ocorrência não são previsíveis.**
  - **Tem de estar correctamente especificado (e implementado), pois realiza tarefas críticas em termos de fiabilidade e segurança.**
  - **Deve obedecer a imposições ou restrições temporais, pelo que questões de tempo-real têm que ser equacionadas.**
  - **É digital.**

11

2. Sistemas Embebidos (7/10)

- **Características dum sistema embebido**
  - **Para além dos requisitos funcionais, também têm de ser considerados os requisitos não-funcionais.**
    - **Peso, tamanho.**
    - **Custo.**
    - **Desempenho (débito ou tempo)**
    - **Requisitos temporais.**
    - **Tolerância a faltas.**
    - **Quantidade de memória.**
    - **Distribuição dos nós de computação.**
    - **Estilo da família de produtos.**
    - **Duração da bateria.**
    - **...**

12

2. Sistemas Embebidos (8/10)

- **Sistema reactivo**
  - **Um sistema reactivo é aquele que mantém uma interacção permanente ou frequente com o seu ambiente e que responde continuamente, em função do seu estado interno, aos estímulos externos a que está sujeito.**
  - **Os sistemas reactivos não podem ser descritos apenas pela especificação dos sinais de saída em função dos sinais de entrada, mas, antes, por especificações que relacionam as entradas e as saídas ao longo do tempo.**
  - **Tipicamente, as descrições de sistemas reactivos incluem sequências de eventos, acções, condições e fluxos de informação, combinadas com restrições temporais, para definir o comportamento global do sistema.**

2. Sistemas Embebidos (9/10)

- **Sistema de monitorização (de controlo)**
  - **Os sistemas de monitorização e os sistema de controlo são responsáveis pela supervisão dum dado ambiente não "inteligente", informando constantemente o seu utilizador (humano ou não) do estado daquele e actuando em situações críticas.**
  - **Por exemplo, numa instalação industrial, quando um dado gás atinge uma determinada concentração (pré-indicada), o respectivo sistema de controlo deve imediatamente accionar um alarme.**

2. Sistemas Embebidos (10/10)

- **Sistema de tempo-real**
  - **Um sistema de tempo-real é um sistema reactivo, cujo comportamento deve respeitar, além da funcionalidade pretendida, um conjunto de restrições temporais externamente definidas.**
  - **No desenvolvimento dum sistema deste tipo, além de ser necessário satisfazer a sua correcção em termos funcionais, devem identificar-se os requisitos temporais e deve assegurar-se que estes são cumpridos durante o desempenho do sistema.**
  - **As restrições temporais a que os sistemas podem estar sujeitos, dividem-se em três categorias principais, correspondendo cada uma delas a um tipo distinto de sistemas (*hard real-time*; *firm real-time*; e *soft real-time*).**

15

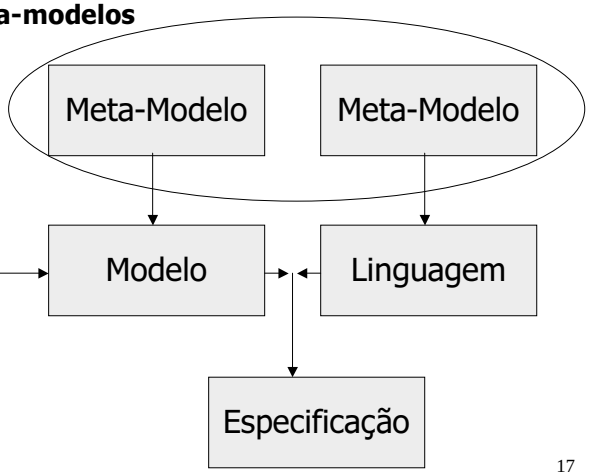
3. Taxinomia (1/15)

- **Hardware e Software**
  - **Os circuitos electrónicos dum sistema computacional, bem como a memória e os dispositivos de entrada/saída formam o hardware do sistema.**
  - **O hardware dum sistema é constituído por objectos tangíveis (circuitos integrados, chips, placas de circuito impresso, cabos, fontes de alimentação, memórias, terminais) e não por ideias abstractas, algoritmos ou instruções.**
  - **O software dum sistema consiste em algoritmos (instruções que indicam como fazer algo) e respectivas representações, nomeadamente os programas.**
  - **Um programa pode ser representado em diversos suportes (cartão perfurado, fita magnética, disquete, disco compacto), mas a sua essência reside no conjunto de instruções que o constitui e não no meio físico no qual é armazenado.**

16

3. Taxinomia (2/15)

- **Relação entre meta-modelos**



17

3. Taxinomia (3/15)

- **Sistema**
  - **Um sistema pode ser definido como uma colecção de componentes inter-relacionados que actuam como um todo, para atingir um determinado objectivo.**
  - **Esta definição permite que praticamente tudo o que existe no universo seja entendido como um sistema.**
  - **O que interessa não é saber se algo é ou não um sistema, mas antes se esse "algo" pode ser visto como um sistema**
  - **Quando tal se verifica, há um interesse em estudar as propriedades desse sistema como um todo.**
  - **É o observador do sistema que define a fronteira deste com o seu ambiente, o que torna a definição de sistema não intrínseca a este, mas dependente do seu observador**
  - **Como consequência, os componentes que, num determinado contexto, constituem um dado sistema, podem, noutro, ser apenas um sub-sistema dum sistema mais amplo.**

18

3. Taxinomia (4/15)

- **Vista dum sistema**
  - **Uma vista dum sistema é uma perspectiva (total ou parcial) do sistema que se pretende representar.**
  - **Por exemplo, a descrição dum livro pode ser feita segundo duas vistas distintas.**
  - **Uma hipótese é descrever o livro como sendo constituído por várias páginas; cada página é descrita como uma série de linhas, podendo eventualmente incluir figuras; cada linha, por sua vez, é composta por símbolos (letras, dígitos, pontuação).**
  - **Outra vista, mais lógica, baseia-se na estrutura do conteúdo do livro. Um livro está dividido em capítulos; cada um dos capítulos tem um ou mais sub-capítulos; um sub-capítulo pode conter várias secções; finalmente, chega-se aos parágrafos, em que cada um é composto por diversas frases, que, por sua vez, se compõem de palavras. As palavras, por seu lado, são constituídas por letras.**

3. Taxinomia (5/15)

- **Meta-modelo**
  - **Um meta-modelo (modelo dum modelo) é um conjunto de elementos, funcionais ou estruturais, de composição e de regras de composição que permitem construir uma representação conceptual para o sistema.**
  - **Exemplos: fluxogramas, FSMs, redes de Petri, grafos de fluxo de controlo e dados (CDFG).**
  - **O meta-modelo deve ser formal (preciso, rigoroso), evitando ambiguidades na interpretação da representação do sistema, e deve também ser completo, permitindo a construção duma representação que descreva totalmente o sistema.**
  - **Um meta-modelo formal designar-se por formalismo.**

3. Taxinomia (6/15)

- **Modelo**
  - **Um modelo é uma representação conceptual dum sistema, à luz dum determinado meta-modelo.**
  - **Exemplos: FSM da unidade de controlo dum elevador ou o grafo de fluxo de dados e controlo desse elevador.**
  - **O modelo manifesta todas as características do respectivo meta-modelo.**
  - **Parte-se do pressuposto que o projectista explora e usa todas as características do meta-modelo na construção do modelo.**
  - **Um modelo diz-se formal quando evita ambiguidades na sua interpretação e completo quando representa totalmente o sistema.**

3. Taxinomia (7/15)

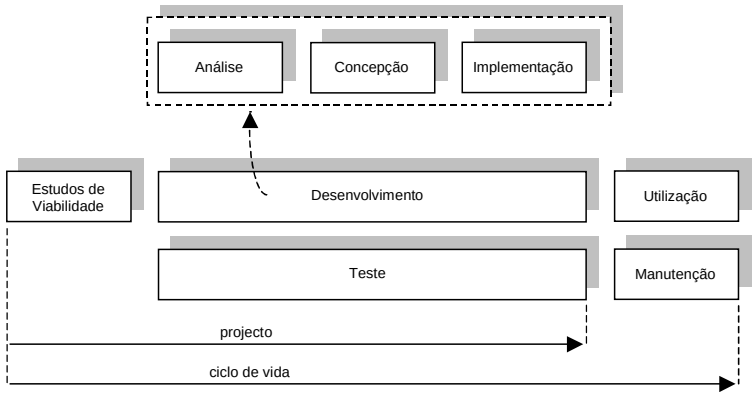
- **Linguagem**
  - **Uma linguagem (ou notação) é o conjunto de todas as frases válidas que é possível construir utilizando a respectiva gramática.**
  - **Exemplos: Pascal, C, Java, VHDL, assembly i8086.**
  - **Também para linguagens se pode considerar a existência do respectivo meta-modelo.**
  - **O meta-modelo duma linguagem é o modelo conceptual, seguido na definição da linguagem.**
  - **Qualquer especificação escrita numa linguagem segue obrigatoriamente o meta-modelo por ela imposto.**
  - **A linguagem manifesta todas as características do seu meta-modelo.**

3. Taxinomia (8/15)

- **Especificação**
  - **Uma especificação é uma representação concreta (real) do modelo do sistema numa dada linguagem.**
  - **Exemplos: FSMs da unidade de controlo do elevador escritas em VHDL ou em C.**
  - **As características da especificação dependem simultaneamente das características da linguagem (i.e. meta-modelo da linguagem) e do modelo do sistema (i.e. meta-modelo do sistema).**
  - **Em termos práticos, não há grandes diferenças, ao nível conceptual, entre uma especificação e um modelo dum dado sistema, pois ambos são representações deste.**

3. Taxinomia (9/15)

- **As fases do ciclo de vida dum sistema**



3. Taxinomia (10/15)

- **Ciclo de vida**
  - **Em sistemas de software, usa-se o termo ciclo de vida (*life cycle*) para referir o conjunto de actividades que se inicia no momento em que o sistema é mentalmente conceptualizado até ao instante em que ele é retirado definitivamente de uso.**
  - **O ciclo de vida representa todo o conjunto de actos válidos, realizados, durante a vida útil do sistema, com o objectivo de o idealizar, desenvolver e usar.**
- **Desenvolvimento**
  - **O desenvolvimento inclui as fases do ciclo de vida responsáveis pela construção do sistema, (a análise, a concepção e a implementação).**
  - **Excluem-se, por exemplo, os estudos de viabilidade económica, as tarefas de manutenção e a utilização efectiva do sistema.**

3. Taxinomia (11/15)

- **Projecto**
  - **O termo projecto é usado para referir as actividades anteriores à utilização prática do respectivo sistema.**
  - **Projectista (equipa de projecto) é usado para indicar os indivíduos responsáveis por qualquer das fases do projecto dum dado sistema (ou por uma parte deste).**
  - **Podem usar-se termos como analista ou programador para referir um projectista especialista numa dada fase do projecto.**
  - **Os termos utilizador e cliente são usados para indicar, respectivamente, o indivíduo que interage directamente com o sistema final e a pessoa que encomenda o desenvolvimento do sistema à equipa de projecto.**

3. Taxinomia (12/15)

- **Processo**
  - **Chama-se processo à sequência de factos que conduzem a certo resultado (exemplos: processo de fabrico, processo químico, processo judicial), mais particularmente, à sequência de actos ordenados para a consecução de certa finalidade.**
  - **Por exemplo, o processo industrial, numa dada fábrica, representa o conjunto de actos executados para produzir um determinado bem de consumo, desde a chegada das matérias primas até à embalagem para carregamento.**
  - **No âmbito da construção metódica de sistemas, processo significa o conjunto de tarefas executadas ao longo do ciclo de vida do sistema.**
  - **O termo processo de desenvolvimento tem um âmbito menos abrangente e restringe-se às tarefas realizadas durante o desenvolvimento do sistema.**

3. Taxinomia (13/15)

- **Modelo do processo**
  - **Um modelo de processo é um esquema que organiza, ordena e relaciona a forma como as várias fases e tarefas devem ser prosseguidas ao longo do ciclo de vida do sistema.**
  - **A função principal dum modelo de processo é determinar a ordem das fases envolvidas no desenvolvimento de sistemas e estabelecer os critérios de transição para progredir entre fases.**
  - **Quais as diferenças entre um processo e o respectivo modelo?**
  - **Um modelo de processo pode, por exemplo, considerar a existência de duas tarefas que, potencialmente, poderão ser executadas em paralelo.**
  - **No entanto, durante a real execução dum processo, que segue esse modelo, essas tarefas são executadas em sequência, enquanto que noutro processo são executadas em paralelo.**

3. Taxinomia (14/15)

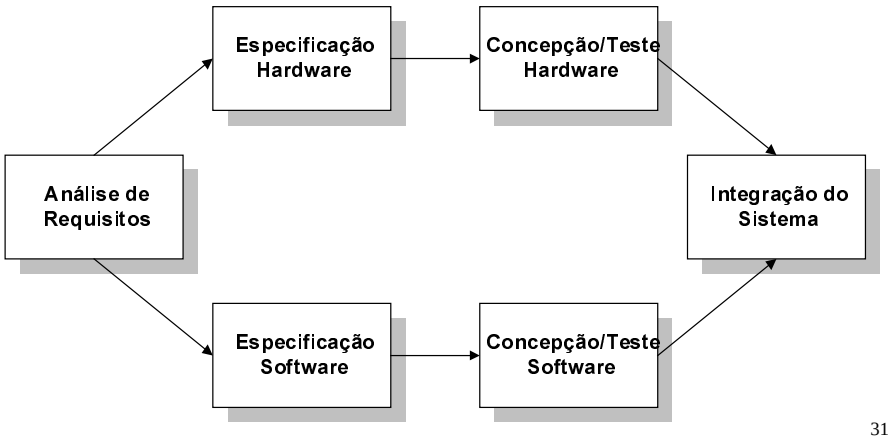
- **Fases do ciclo de vida**
  - **Uma fase é uma abstracção, ao longo do tempo, dum conjunto de actividades, ou seja, é um conceito útil para agregar actividades e relacioná-las temporalmente.**
  - **O ciclo de vida dum sistema complexo é dividido nas seguintes fases genéricas:**
    - **O propósito do estudo de viabilidade consiste na avaliação dos custos e benefícios do sistema proposto.**
    - **Na análise são levantados os requisitos do sistema e produz-se um modelo abstracto que descreve os aspectos fundamentais do domínio de aplicação e que permite captar a essência do sistema em causa.**
    - **Na concepção, com base no modelo obtido na análise, é criado um modelo que especifica os componentes que realizam uma determinada solução para o sistema.**

3. Taxinomia (15/15)

- **Fases do ciclo de vida (cont.)**
  - **O ciclo de vida dum sistema complexo é dividido nas seguintes fases genéricas**
    - **Na implementação, realiza-se uma solução, descrita numa dada linguagem de programação, transformando o modelo de concepção.**
    - **Durante o desenvolvimento do sistema, o teste decorre em paralelo, a fim de se tentar encontrar todas as falhas que o sistema possa conter.**
    - **A utilização ocorre quando o sistema é posto a funcionar em ambiente real.**
    - **A manutenção procura corrigir todas as anomalias que não foi possível detectar durante o desenvolvimento e pretende também fazer evoluir o sistema de modo a que continue a ser útil aos seus utilizadores.**

4. Motivação (1/5)

- **O modelo de processo tradicional**



31

4. Motivação (2/5)

- **Algumas crenças**
  - **A interligação é fácil.**
  - **O software é maleável (i.e. fácil de alterar), pelo que deficiências encontradas no hardware podem rectificar-se no software.**
  - **O desenvolvimento das 2 componentes faz-se em paralelo.**
- **Na prática**
  - **Abordagem baseada no software.**
  - **Abordagem baseada no hardware (a mais usual)**

32

4. Motivação (3/5)

- **Típica abordagem baseada no hardware**
  - **Escolha dum microprocessador (ou microcontrolador) comercial. Esta opção é ditada pelo conhecimento específico dos projectistas no referido processador.**
  - **Desenvolvimento duma versão *bread boarded* do hardware a projectar, sob o qual o software irá ser, posteriormente, desenvolvido.**
  - **Projecto do hardware e produção de software (decorrem paralela e independentemente). Surge uma primeira versão do hardware final.**
  - **Integração do software e do hardware desenvolvidos. Esta fase produz muitos problemas e nela são detectadas inúmeras falhas, de que resultam alterações profundas, no hardware e no software.**
  - **Finalmente, após várias iterações e reformulações, é possível construir um protótipo do sistema em desenvolvimento.**

4. Motivação (4/5)

- **Problemas da abordagem baseada no hardware**
  - **O tempo de desenvolvimento é muito prolongado.**
  - **O produto final não responde aos requisitos do utilizador. (análise do problema muito superficial).**
  - **A documentação dos diversos elementos do projecto é precária.**
  - **A codificação é pouco metódica (código esparguete).**
  - **A integração do software no hardware é muito "dolorosa".**
  - **A detecção de erros não é facilitada.**
  - **É impossível alterar o hardware (passar funcionalidades do software para o hardware, depois da placa estar feita).**
  - **A abordagem não produz um sistema optimizado (quaisquer que sejam as métricas usadas).**
  - **A manutenção é muito difícil.**

4. Motivação (5/5)

- **O que é preciso para desenvolver sistemas embebidos**
  - **Modelos de especificação multi-vista (UML).**
  - **Processo de software controlável e repetitível.**
  - **Métodos de projecto.**
  - **Abordagem orientada aos objectos.**
  - **Mecanismos para atacar a complexidade dos sistemas.**
- **Nesta disciplina, apresentam-se as necessidades metodológicas para desenvolver sistemas embebidos de grande complexidade, pondo especial ênfase nas questões associadas à fase de análise (não esquecendo a concepção e a implementação).**