

Engenharia de Sistemas

Desenhar, implementar e instalar sistemas que incluam hardware, software e pessoas

Tópicos

- Os sistemas e o seu ambiente
- Encontrar os sistemas
- Processo de engenharia de sistemas
- Modelação da arquitectura do sistema
- Factores humanos
- Engenharia para fiabilidade do sistema



Engenharia de Sistemas

Objectivos

- Introduzir os conceitos de engenharia de sistemas aos engenheiros de software
- Discutir as dificuldades da engenharia de sistemas
- Descrever a procura do sistema e o processo de engenharia de sistemas
- Discutir a fiabilidade no contexto do sistema

Definição de Engenharia de Sistemas

“Actividade que consiste em especificar, conceber, implementar, validar, instalar e manter sistemas como um todo”



O que é um sistema?

O software por si só é completamente inútil. Até que software (meramente uma string de símbolos) seja combinado com algum processador e outro hardware para formar um sistema, não pode fazer nada de nada.

Os engenheiros de software devem compreender que há problemas mais gerais de engenharia de sistemas. Estes estão relacionados com as interacções entre os componentes de hardware e software e os utilizadores do sistema.

Da definição de engenharia de sistemas, resulta que:

- **Os engenheiros do sistemas devem ter uma visão abrangente do sistema.**
 - Devem pensar acerca dos serviços que o sistema proporciona
 - os constrangimentos sob os quais os sistema deve ser criado e utilizado
 - as interacções do sistema com o ambiente
 - etc.



O que é um sistema?

Um sistema é: Um conjunto de componentes inter-relacionados que trabalham em conjunto para atingir um objectivo comum. O sistema pode incluir software, hardware mecânico, eléctrico e electrónico e pode ser operado por pessoas.

- Um conjunto de componentes do sistema dependem de outras componentes, embora possam, em certos casos, operar como sistemas independentes;
 - ex. considere-se uma câmara de segurança - pode operar de forma autónoma ou, quando embebida no sistema, será controlada (em termos da temporização das imagens e ângulo da câmara), por outros componentes do sistema;
- As propriedades e comportamento dos componentes do sistema formam uma rede intrincada de interdependências;
- O funcionamento correcto de cada componente pode depender do funcionamento de outros componentes (o software só pode operar se o processador estiver operacional e inversamente).



O que é um sistema?

- O sistema como um todo é mais do que a simples soma das partes.
- Tem propriedades que são propriedades do todo, que não podem ser atribuídas a qualquer parte específica: são as propriedades emergentes, aquelas que só emergem quando o sistema como um todo é considerado.
 - Algumas destas propriedades podem derivar-se das propriedades comparáveis dos componentes, outras não.
- Exemplos:
 - Peso total do sistema (pode ser derivada dos seus componentes),
 - Fiabilidade do sistema (depende da fiabilidade dos componentes, mas também dos relacionamentos entre eles),
 - Facilidade de utilização do sistema (propriedade complexa que depende não só do hardware e software, mas dos operadores e da forma como é utilizado num ambiente particular).



Sistemas e o seu ambiente

Os sistemas não são entidades independentes, mas existem num ambiente. O ambiente afecta o funcionamento e o desempenho do sistema.

Quando um sistema é parte de outro sistema é denominado subsistema, que pode por sua vez ser decomposto hierarquicamente.

Porque é o ambiente importante para engenheiro de sistemas:

- Em muitos casos, a razão de existência do sistema é actuar sobre o ambiente;
- O ambiente afecta o funcionamento do sistema, por vezes de formas difíceis de prever (p.ex. o sistema pode necessitar de recursos eléctricos providos do seu ambiente, que um corte dum cabo ou tempestade eléctrica, podem interromper ou introduzir alterações várias);
- Há um relacionamento com o ambiente da organização: políticas organizacionais, económicas, sociais e de características do ambiente.

Resumindo: não poderemos considerar um sistema como uma entidade auto-contida, mas deveremos conhecer o ambiente em que o sistema será instalado. Tentar incluir algum do conhecimento do ambiente na especificação do sistema.



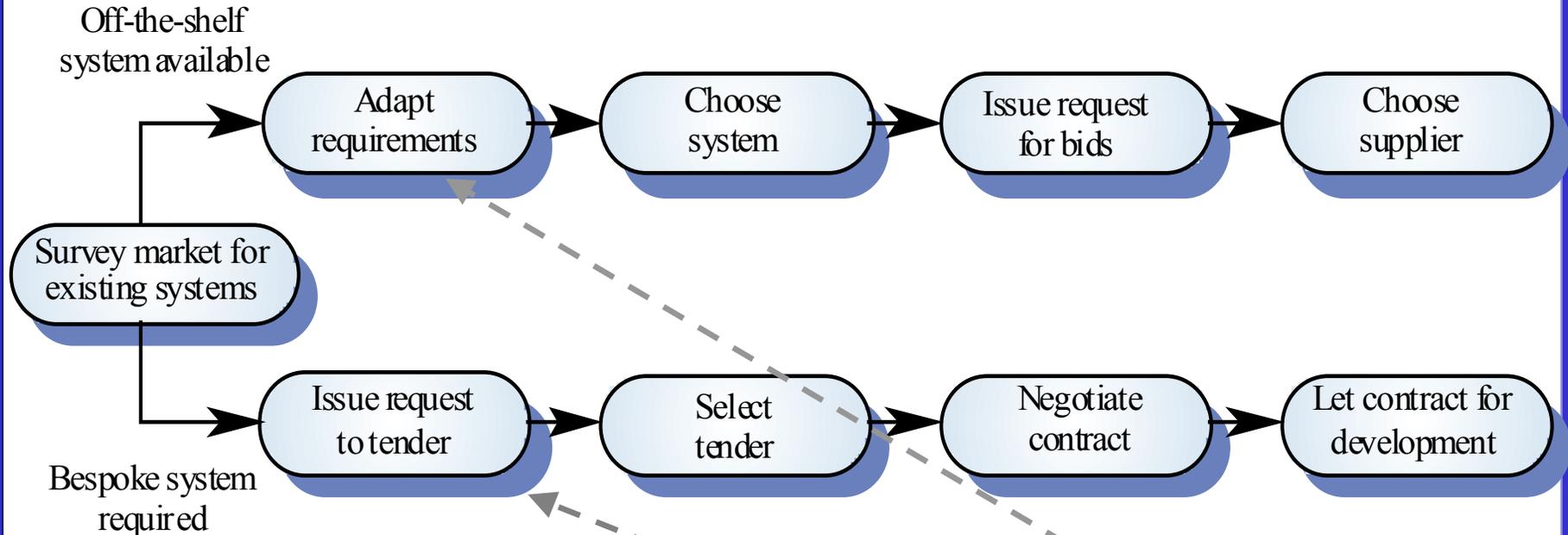
Encontrar o Sistema

- **É o processo de aquisição dum sistema para uma organização, para responder a algumas necessidades identificadas.**
 - O sistema pode ser adquirido como um todo;
 - ou pode ser adquirido como um conjunto de partes separadas que serão integradas ou ainda, concebidas e desenvolvidas especificamente.
- **Alguma especificação do sistema e concepção arquitectural é necessária antes de iniciar a aquisição, porque:**
 - é necessária a especificação para contratar o desenvolvimento do sistema
 - as especificações permitem adquirir partes do sistema do tipo COTS (commercial off-the-shelf). Essa opção revela-se normalmente muito mais barata (do que desenvolver todo o sistema a partir do nada), só sendo possível se a identificação dos subsistemas e sua funcionalidade estiver bem definida.

Os grandes sistemas consistem normalmente numa mistura de componentes adquiridos no exterior e componentes criados especialmente, actuando o software como a cola, que faz com que as diferentes peças actuem em conjunto.



Processo de Encontrar o Sistema



Da figura conclui-se que:

- É raro que os componentes disponíveis no mercado, correspondam exactamente às necessidades, havendo que escolher o mais aproximado e alterar os requisitos.
- Quando um sistema é para ser implementado especialmente, a especificação dos requisitos actua como a base do contrato.



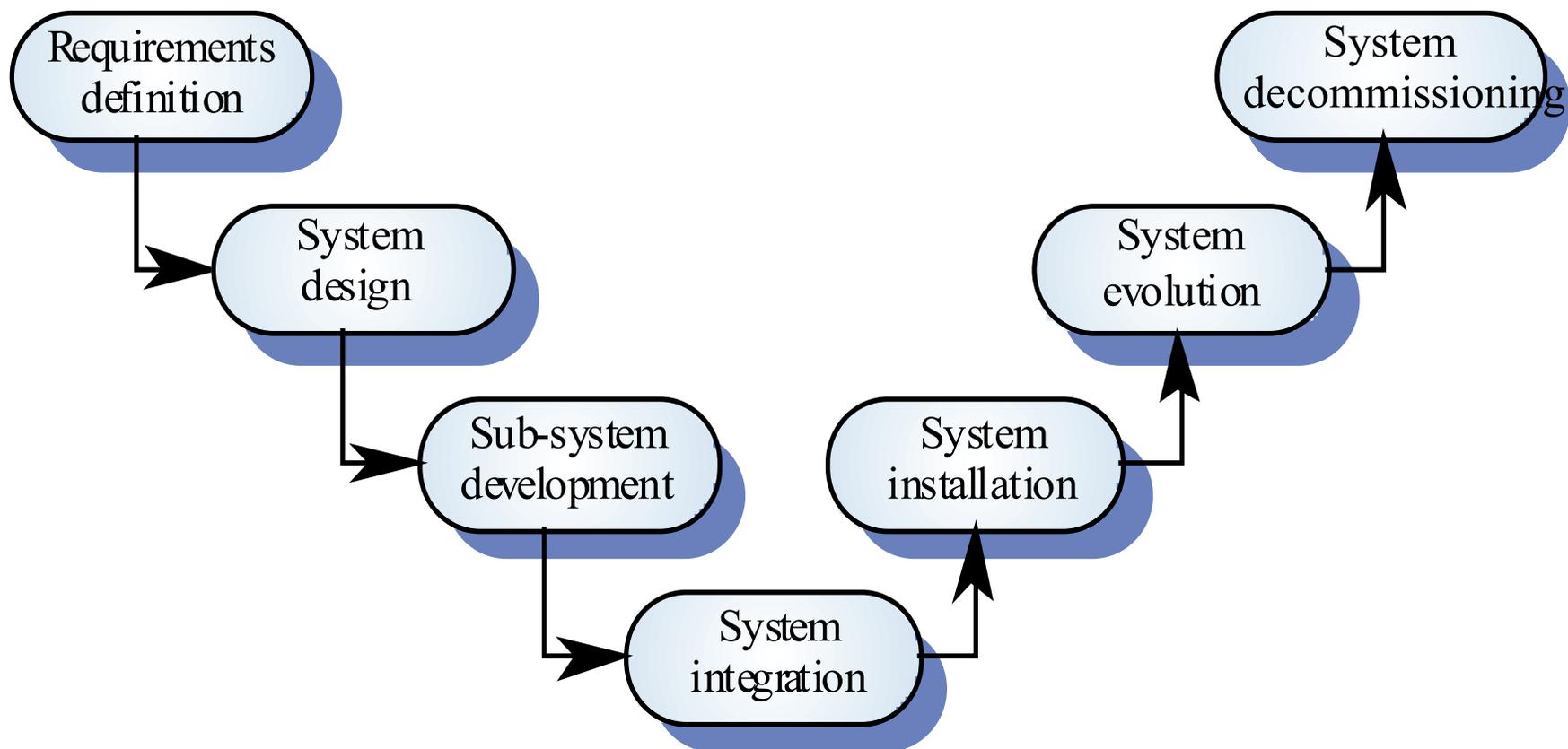
Processo de Engenharia de Sistemas

- **Trata-se dum conjunto de actividades interdisciplinares, envolvendo equipas diferentes, que devem trabalhar em conjunto.**
 - Podem surgir muitas incompreensões. Disciplinas diferentes utilizam vocabulário diferente.
 - Há muitas vezes um conjunto de possíveis alternativas quanto à decomposição do projecto. Há que escolher uma, muitas vezes não por razões puramente técnicas, mas devidas a outros condicionalismos.
- **Normalmente segue-se um modelo do tipo “cascata” devido à necessidade de desenvolvimento paralelo de diversas partes do sistema.**
- **O âmbito das interacções entre fases deve ser reduzido, devido a que alterações ao hardware são, em regra, muito caras. O software pode ter de compensar os problemas hardware, dadas as suas características eminentemente flexíveis.**

Exemplo: Num sistema de controlo de tráfego aéreo, a localização física dos radares motivou o aparecimento de imagens fantasmas. Mover os radares é muito caro. A solução está na melhoria da capacidade de processamento de imagem do software, por forma a permitir a eliminação dos fantasmas.



Processo de Engenharia de Sistemas



Definição dos Requisitos do Sistema

Actividades que permitem descobrir os requisitos do sistema como um todo.

Concentra-se na definição de três tipos de requisitos:

- Requisitos funcionais genéricos, ou seja, as funções básicas que o sistema deve proporcionar. As funções do sistema são definidas de forma abstracta, não a nível de detalhe, deixada para o nível de subsistema.
 - Propriedades do sistema. Propriedades emergentes e não funcionais. Exemplo: disponibilidade, desempenho, segurança. Afectam os requisitos de todos os subsistemas.
 - Características indesejáveis. Comportamentos indesejados do sistema são especificados. É muitas vezes importante indicar não só que o sistema deve fazer, mas também o que não deve fazer.
- **Deve definir também objectivos organizacionais para o sistema, definidos em termos do porquê do sistema ser procurado e não em termos de funcionalidade do sistema.**



Objectivos do Sistema

- **Objectivos funcionais**

- “Proporcionar uma alarme de intrusão e incêndio para o edifício que proporcione um alarme interno e externo em caso de fogo e intrusão”.

- **Objectivos organizacionais**

- “Assegurar que o funcionamento normal do trabalho levado a cabo no interior do edifício não seja seriamente interrompido por eventos tais como fogo e intrusão não autorizada”.



Processo de Concepção do Sistema

Lida com o modo como a funcionalidade do sistema deve ser proporcionada pelos diferentes componentes do sistema. Há um feed-back extenso de um estágio para outro.

As actividades envolvidas no processo são:

- **Partição de requisitos**
 - Os requisitos são analisados e coligidos em grupos relacionados.
- **Identificação dos subsistemas**
 - Identificar os diferentes subsistemas que podem, individual ou colectivamente, responderem aos requisitos.
- **Assignar os requisitos aos subsistemas**
 - Em princípio devia ser tarefa fácil, especialmente se a actividade 2, tiver conduzido a 1. Em caso de haver COTS, pode ser necessário alterar requisitos.
- **Especificar as funcionalidades dos subsistemas**
- **Definir as interfaces entre os subsistemas**
 - Actividade crítica para permitir o desenvolvimento paralelo dos subsistemas, já que a definição das interfaces proporcionadas e esperadas de cada subsistema, possibilita que os diferentes subsistemas concordem.



Desenvolvimento dos Subsistemas

Desenvolvimento de cada subsistema identificado durante a concepção do sistema.

- **Tipicamente, projectos paralelos desenvolvem o hardware, software e comunicações**
- **Pode envolver pesquisa de COTS, que podem não estar disponíveis na altura da concepção. É no entanto normalmente mais barato alterar a concepção por forma a incluí-los.**
- **Quando o subsistema é um sistema de software, um processo de desenvolvimento de software e a sua metodologia pode ter início.**
- **Se o subsistema é hardware, pode ter início outro processo de engenharia de sistemas.**



Integração dos Subsistemas

- **É o processo de colocar os subsistemas em conjunto para criar o sistema completo.**

Pode ser de dois tipos:

- **Big-Bang - Todos os subsistemas são integrados ao mesmo tempo**
- **Integração Incremental - A integração é efectuada adicionando um subsistema de cada vez.**

A segunda aproximação é a mais apropriada, porque:

- nem todos os subsistemas ficam disponíveis ao mesmo tempo
- a localização de um erro é mais fácil, já que ou é no novo sistema ou na sua integração com os subsistemas já integrados.
- **Problemas de interface entre subsistemas são muitas vezes encontrados nesta fase.**



Instalação do Sistema

É a actividade de instalação do sistema no ambiente no qual é suposto operar.

Pode parecer simples, mas podem surgir problemas:

- **O tipo de ambiente assumido, pode não ser o real;**
- **Pode haver resistência humana à introdução do novo sistema (ex. pessoas que antevejam o seu poder reduzido);**
- **A necessidade de coexistência com um sistema alternativo durante algum tempo;**
- **Pode haver problemas de instalação física (ex. problemas de cablagem ou condutas);**
- **O treino dos operadores tem de ser identificado.**



Operação do Sistema

Colocação do sistema em operação, envolvendo sessões de treino aos utilizadores e alteração do processo normal de trabalho.

Podem surgir problemas:

- **As especificações podem conter erros ou omissões;**
- **Dificuldade de transferência dos dados de um sistema para o outro (processo de conversão);**
- **Interfaces radicalmente diferentes, que podem aumentar a taxa de ocorrência de erros dos operadores, já que confundem os comandos do antigo e novo sistema ;**
- **Os utilizadores podem utilizar o sistema de uma forma que não foi antecipada no desenho.**



Evolução dos Sistemas

Dado que o tempo de vida útil do sistema é longo, há lugar à inevitável evolução, por forma a responderem às alterações nos requisitos.

- **A evolução é inerentemente cara, porque:**
 - as alterações devem ser analisadas com cuidado de uma perspectiva de negócio e técnica;
 - a interacção entre os subsistemas podem fazer surgir problemas não antecipados, dado que alterações num podem afectar outros de forma adversa;
 - as razões de selecção da concepção inicial, não são registadas na maioria das vezes;
 - a estrutura do sistema é corrompida á medida que vai sendo sujeito a alterações sucessivas, aumentando sucessivamente o custo.
- **Os sistemas existentes que devem ser mantidos, têm agora o nome de **Legacy Systems**.**



Desmantelamento dos Sistemas

Trata-se de colocar o sistema fora de serviço, após o seu tempo de vida útil.

- **Pode interessar a reutilização de alguns componentes ou subsistemas;**
- **Um exemplo são os dados que podem carecer de reestruturação para serem utilizados em um outro sistema.**



Modelação da Arquitectura do Sistema

É a modelação do conjunto de componentes e relacionamentos que compõem o sistema. Normalmente ilustrado graficamente como um modelo de arquitectura do sistema.

Arquitectura do sistema - Diagrama de blocos mostrando os principais subsistemas e ligações entre eles. Cada subsistema pode depois ser detalhado em componentes funcionais.

- Um modelo arquitectural apresenta uma visão abstracta dos subsistemas que compõem o sistema;
- Pode incluir informação acerca dos principais fluxos entre o subsistemas;
- Normalmente sob a forma de um diagrama de blocos;
- Pode identificar diversos tipos de componentes funcionais no modelo.



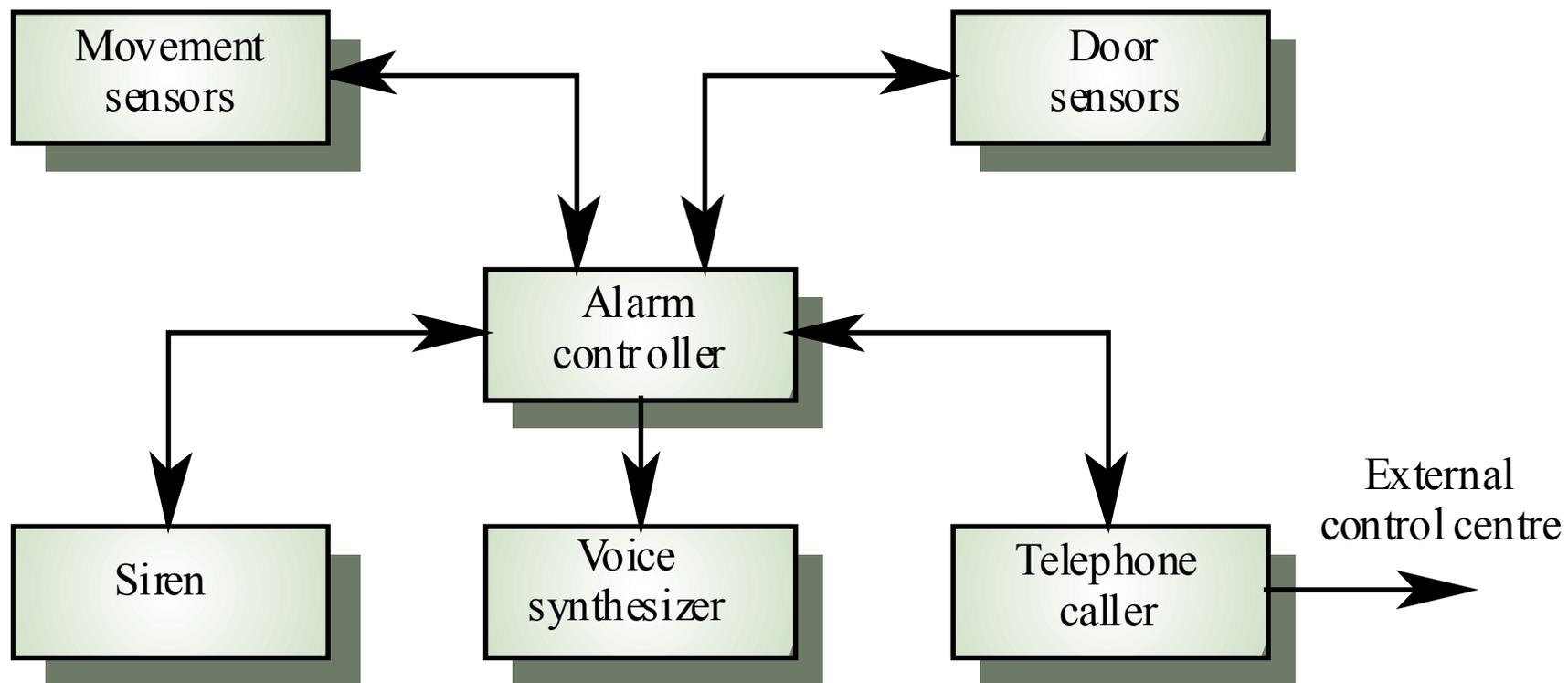
Componentes Funcionais do Sistema

- **Sensores** - recolhem informação do ambiente (radar)
- **Actuadores** - permitem alterar o ambiente (válvulas que controlam o petróleo num pipe-line)
- **Componentes computacionais** - dadas entradas, executam cálculos sobre elas e produzem saídas (processador de vírgula flutuante)
- **Componentes de comunicação** - permitem a comunicação entre componentes (link Ethernet)
- **Componentes de coordenação** - permitem a coordenação das operações dos outros componentes (um scheduler num sistema operativo)
- **Componentes de interface** - são componentes que transformam a representação usada por um componente na utilizada por outro (conversor analógico-digital)

Todos os componentes são agora, em regra, controlados por software.



Sistema de Alarme de Intrusão



Factores Humanos

- **Todos os sistemas têm utilizadores humanos e são utilizados num contexto social e organizacional;**
- **Uma interface apropriada de utilizador é essencial para uma operação efectiva do sistema;**
- **Factores humanos são muitas vezes os factores mais importantes determinando o sucesso ou falhanço de um sistema.**



Outros Factores Humanos

- **Alterações ao processo de trabalho no ambiente do sistema**
 - Necessidade de formação e pode haver resistência, se os utilizadores perderem o seu emprego
- **Retirar habilitações ao utilizador**
 - Vai haver uma clara resistência por parte dos profissionais
- **Alterações à estrutura de poder da organização**
 - Se uma organização for dependente de um sistema complexo, quem o sabe operar tem um grande poder
- **O novo sistema obriga à alteração do modo como o utilizador faz o seu trabalho**
 - Algumas alterações às práticas de trabalho podem ser inaceitáveis (alguns podem pensar que estão a fazer um trabalho de baixo nível, ao utilizarem um teclado...)



Engenharia para a Fiabilidade do Sistema

A fiabilidade é um conceito complexo que deve ser considerado ao nível do sistema, não ao nível dos componentes individuais.

- Devido às interdependências entre as componentes do sistema, as falhas podem propagar-se por todo o sistema;
- As falhas do sistema muitas vezes ocorrem devido a inter-relacionamentos entre componentes não previstas;
- É provavelmente impossível antecipar como as possíveis consequências das falhas se propagarão pelo sistema, dadas as muitas vezes dependências não antecipadas (muitas relativas ao ambiente);
- A medida da fiabilidade do software pode dar uma falsa imagem da fiabilidade do sistema.



Engenharia para a Fiabilidade do Sistema

Num sistema há três influências relacionadas que determinam a fiabilidade geral:

- **Fiabilidade do Hardware**
 - Qual a probabilidade de falha de um componente hardware e quanto demora a repará-la?
- **Fiabilidade de Software**
 - Quando um componente de software produzirá um output incorrecto? Uma falha deste tipo é diferente da anterior, já que, o componente continua a funcionar após a falha.
- **Fiabilidade do Operador**
 - É fácil o operador do sistema fazer um erro?
 - As interfaces com o utilizador determinam que facilidades do sistema serão utilizadas, a fiabilidade do sistema (devidos a problemas de interface com o utilizador) e devem ser desenhadas para minimizar os erros do operador.



Engenharia para a Fiabilidade do Sistema

As três influências atrás vistas, estão fortemente ligadas:

- Uma falha de hardware pode gerar sinais espúrios que estejam fora dos limites esperados pelo software;
- O software pode então comportar-se de forma não previsível;
- O operador comete erros - mais comuns em condições de stress;
- Ora situações de falhas do sistema, implicam grande stress, levando a muitas falhas;
- Esta nova sobrecarga de erros, impõem um maior stress sobre o hardware;
- Como consequência, teremos mais falhas;
- e assim sucessivamente...

Resumindo: pode ocorrer uma situação em que uma única falha de um subsistema que, em condições normais, seria recuperável, possa tornar-se rapidamente num problema sério, obrigando a um shutdown completo.



Resilência do Sistema

- **A resiliência é a possibilidade do sistema continuar em operação, apesar de falhas terem ocorrido em um ou mais componentes.**
- **Coloca várias questões:**
 - Que grau de resiliência deve ser criado no sistema para permitir a disponibilidade de componentes?
 - Que componentes devem ser duplicados para assegurar um serviço adequado?
 - Que formas alternativas de proporcionar um serviço devem ser consideradas?
- **Dadas a complexidade dos relacionamentos entre os componentes e de relacionamentos imprevisíveis é impossível produzir um sistema que garantidamente não falhe, embora seja possível tornar resiliência muito elevada.**



Conclusão

- **A engenharia de sistemas é difícil! Nunca haverá uma resposta fácil aos problemas levantados pelo desenvolvimento de sistemas complexos;**
- **Os engenheiros de software não têm todas as respostas, mas são muitas vezes melhores a ter uma visão do sistema;**
- **É importante conceber sistema e procurar depois COTS que possam realizar a funcionalidade de algumas componentes;**
- **Há que procurar a cooperação entre várias disciplinas no processo de engenharia de sistemas.**



Conclusão

- **A engenharia de sistemas envolve competências interdisciplinares**
- **Os sistemas que incorporem COTS são mais baratos. Contudo alguns grandes sistemas necessitam de subsistemas específicos**
- **O software actua como “cola” entre os subsistemas COTS oriundos de vários fornecedores e específicos**
- **Os modelos arquitecturais do sistema devem mostrar os subsistemas principais e interconexões. São normalmente descritos, utilizando diagramas de blocos**
- **Os tipos de componentes são sensores, actuadores, computacionais, coordenação, comunicação e interface.**
- **A fiabilidade do sistema depende do hardware, software e fiabilidade do operador.**

