Relatório da Cadeira de

SISTEMAS DISTRIBUÍDOS para AMBIENTES INDUSTRIAIS

Licenciatura em Engenharia Informática,
4º Ano, 2º Semestre
1995-96

Prof. Luís E. T. Rodrigues

Secção de Sistemas Digitais e Computadores
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Instituto Superior Técnico

Agosto de 1996

Índice

1 Objectivos da Cadeira **5**

2 Programa **7**

3 Bibliografia **9**

3.1 Livro aconselhado 9

3.2 Bibliografia relevante 9

3.3 Bibliografia adicional (facultativa) 9

4 Normas Gerais de funcionamento **11**

5 Corpo docente **13**

6 Interacção entre docentes e discentes **15**

7 Plano e sumários das aulas **17**

7.1 Calendário 17

7.2 Sumários 18

8 Resultados da avaliação **21**

8.1 Resumo 21

8.1.1 Resultados finais 21

8.1.2 Médias de cada prova 21

8.2 Pautas 22

8.2.1 Inscritos 22

8.2.2 Melhorias 22

9 Notas sobre a execução **23**

10 Enunciados dos trabalhos de laboratório **25**

11 Enunciados dos exames **27**

Nota prévia

O programa e organização da cadeira foi originalmente definido pelo Prof. Paulo Verissimo. Este tem sido sujeito a refinamentos e melhoramentos, quer por parte do próprio Prof. Paulo Verissimo, quer por parte do Eng. José Rufino, responsável pela cadeira no ano lectivo de 1994/95.

No fundamental, o programa da cadeira segue as orientações definidas anteriormente. Listam-se as alterações introduzidas este ano:

- Pela primeira vez, foi dada a rede de instrumentação CAN (Controller Area Network).
- Foi inserida no programa uma aula sobre escalonamento em tempo-real.
- As avaliações escritas não incluiram perguntas de resposta múltipla.

As duas primeiras alterações correspondem à execução de uma estratégia de alteração gradual do curriculum da cadeira, tendendo a eliminar alguma sobreposição que existe actualmente com a cadeira de Sistemas de Comunicação Integrados, e aumentando o ênfase nos sistemas de tempo-real e tolerância a faltas distribuída, aspectos fundamentais nos sistemas de automatização industrial modernos.

Capítulo 1

Objectivos da Cadeira

Esta cadeira, que funciona no II semestre, 4^o ano, da Licenciatura em Eng. Informática e de Computadores (LEIC), ramo de Informática Industrial pretende instruir os alunos sobre os sistemas industriais distribuídos. Pensa-se que as valências adquiridas podem ser equacionadas em: (i) aquisição dos conceitos fundamentais de: arquitectura e programação de sistemas embebidos; comunicação entre processos; tempo-real e fiabilidade; redes industriais e de instrumentação; (ii) pelo sentido prático da compreensão de como se faz e como funciona um sistema distribuído industrial, através de exemplos práticos sobre projecto de sistemas embebidos e de aplicações industriais em ambientes distribuídos; (iii) capacidade de abraçar a operação, a intervenção, ou o projecto/integração de sistemas de informática industrial.

Cadeiras que *precedem* esta em termos curriculares: Sistemas Operativos e Eng. de Software, introduzindo noções básicas sobre S.O.s e sobre metodologias de desenvolvimento de software. Controlo por Computador; Gestão e Controlo da Produção; Sensores, Actuadores e Conversores; e Automação e Controlo Industrial: fornecem a temática de base sobre os problemas e técnicas específicas do controlo, produção e gestão industrial. Permitem aos alunos dar facilmente o salto qualitativo entre uma visão centralizada ou mesmo abstracta dessas técnicas, para a necessidade de interligação em rede e de processamento distribuído, que existe em instalações reais. Este ramo não tem Arquitectura dos Sistemas Computacionais. Algumas noções dessa cadeira, como projecto de aplicações concorrentes em sistemas embebidos, são julgadas de importância fundamental e, portanto, incluídas no programa. Resumidamente, são focados os seguintes aspectos:

- A problemática da distribuição (funcionamento geograficamente distribuído); do tempo-real (respeitar prazos de execução); e da confiabilidade (comportar-se correctamente, manter-se operacional, a despeito de falhas de componentes).

- Projecto de sistemas embebidos. Executivos multitarefa tempo-real. As unidades de um sistema distribuído de automatização são amiúde sistemas embebidos.

- Redes industriais. A problemática da comunicação em sistemas abertos, o modelo OSI, redes locais e interligação de redes.

- Redes de instrumentação. Redes de autómatos programáveis e *field-buses*. As redes de instrumentação tempo-real, interligam sensores e actuadores e reduzem cabelagem.
- Modelos comunicação entre processos em sistemas distribuídos. A comunicação vista de uma perspectiva programática, dos processos de sistema e de aplicações.
- Projecto de aplicações industriais. Conceitos de informática industrial. Projecto de aplicações. Consolidação dos conceitos e técnicas discutidos nos capítulos anteriores.

Capítulo 2

Programa

Pretende-se estabelecer o seguinte fio condutor da matéria da cadeira: definição do problema da comunicação em ambientes fabris, e discussão de soluções através das redes industriais e de instrumentação, e seus protocolos; enquadramento destas noções na óptica da computação distribuída, através de modelos de comunicação entre processos, isto é, a distribuição a partir do "programa"; noções sobre o projecto de sistemas embebidos utilizando núcleos de tempo-real; utilização das noções sobre comunicação, comunicação entre processos e sistemas embebidos para projectar aplicações industriais distribuídas.

Teóricas

1. PROJECTO DE SISTEMAS EMBEBIDOS (4 aulas).

   Arquitecturas para sistemas embebidos.

   Executivos multitarefa.

   Estudo pormenorizado do executivo DCX51.

2. CONCEITOS SOBRE DISTRIBUIÇÃO, TEMPO-REAL E CONFIABILIDADE (3 aulas).

3. REDES INDUSTRIAIS (8 aulas).

   Introdução às redes locais (RLS).

   Redes de comunicação em sistemas abertos: o modelo OSI.

   Interligação de redes.

   Os níveis do modelo OSI vistos por dentro: físico; nível de comunicação de dados; níveis de rede e transporte; níveis superiores.

   Desempenho de redes.

   Concretização de sistemas de comunicação.

4. Redes de instrumentação (2 aulas).
    Redes de CLPs (controladores lógicos programaveis).
    Field-buses.
    Estudo pormenorizado do Bitbus.
5. Comunicação entre processos (5 aulas).
    Modelos de comunicação entre processos em sistemas distribuídos.
    Normas de comunicação em automatização fabril: MAP/TOP, MMS.
    Redes no mundo UNIX: TCP/IP, sockets.
    Chamada a procedimento remoto (RPC).
6. Segurança (1 aula).

Trabalhos de Laboratório

O equipamento de laboratório consta de 4-5 bancadas com PCs 386 ou 486, e rede BITBUS com controladores de Entradas/Saídas.

1^o Trabalho - Célula de fabrico

Trata-se de um demonstrador da concepção, execução e sincronização de várias tarefas em multiprocessamento e tempo-real (E286, PCs)

2^o trabalho - Bitbus

Trata-se de uma aplicação de distribuição no controlo, realizada sobre a rede Bitbus. O cenário é a autenticação de acessos, através de um terminal "shop-floor".

Capítulo 3

Bibliografia

3.1 Livro aconselhado

J. PIMENTEL. *Communication Networks for Manufacturing*. Prentice-Hall, 1990.

3.2 Bibliografia relevante

JOSÉ ALVES MARQUES AND PAULO GUEDES. *Fundamentos de Sistemas Operativos*. Editorial Presença, 1990.

Notas sobre *internetworking*, TCP/IP e *sockets*. (Extraídas de W.R. STEVENS, *UNIX Network Programming*).

Notas sobre chamada a procedimento remoto (RPC). (Extraídas de W.R. STEVENS, *UNIX Network Programming*).

3.3 Bibliografia adicional (facultativa)

G. COULOURIS AND J. DOLLIMORE. *Distributed Systems, Concepts and Design*. *Int'l Computer Science Series*, Addison-Wesley, 1988.

W.R. STEVENS. *UNIX Network Programming*. *Software Series*, Prentice-Hall, 1990.

INTEL 87. *The iDCX51 User's Guide for Bitbus, Rel.2.0*. April 1987.

INTEL 88. *The BITBUS Interconnect Serial Control Bus*. July 1988.

E286 *Manual de Utilizador do núcleo E286* INESC.

Capítulo 4

Normas Gerais de funcionamento

Aulas

- Duas aulas teóricas semanais de 1.5 horas.
- Uma sessão semanal laboratorial de 2 horas.

Destinam-se as aulas teóricas à exposição da matéria da cadeira. O material de apoio é constituído sempre que possível por livros de texto editados, e por alguns excertos de artigos, manuais e apontamentos.

Destinam-se as aulas de laboratório a promover o contacto dos alunos com a experimentação dos conceitos dados nas aulas teóricas. A frequência obrigatória destas aulas é regulada pelo impacto da execução ou não do trabalho na nota final, e pela avaliação da participação individual nos trabalhos.

Número de sessões:

- **Aulas teóricas**. Previstas (24), Dadas (23).
- **Aulas de laboratório**. Previstas (12), Dadas (12).

Regras de Funcionamento

- **Laboratório:**

◦ Grupos de 3 alunos. Os alunos mantêm estes grupos até ao fim do semestre. Foi previsto um número de bancadas e sessões para a população da cadeira. Os trabalhos são sobre PC/AT.

◦ O material de apoio é constituído por enunciados que são distribuídos na aula teórica, e por bibliografia que está em dossiers no laboratório.

○ Por cada grupo de alunos existe uma ficha com a indicação dos seus elementos e fotografia, que serve para registar o progresso nos trabalhos de laboratório.

○ Cada grupo dispôs de 5 sessões para executar cada trabalho. Ao fim deste tempo, entregou na aula teórica a listagem e uma diskette de 3 1/2 ".

○ Foi prevista a possibilidade de haver laboratório aberto em horas extra.

○ Foi prevista a possibilidade de os alunos trabalharem em casa, tendo como condição demonstrar o trabalho no ambiente do laboratório.

Avaliação

- Composição da nota:
  - Trabalho de laboratório - 40%;
  - Exame final - 60%.
- Laboratório:

  Avaliação contínua, pelas impressões do assistente nas aulas e a apreciação e discussão dos resultados e relatórios dos trabalhos;

  Visualização com discussão de 1/2 hora, no horário de laboratório. Definição de notas individuais. Perguntas directamente relacionadas com o trabalho, e sobre a matéria referente ao trabalho em questão, mas sempre indirectamente relacionadas com ele.

  Chumbar na parte laboratorial implica chumbar à cadeira.
- Exame final:

  Avaliação localizada através de um exame final.

  Ter nota inferior a 6.5 valores na parte do exame implica chumbar à cadeira.
- **Disposição transitória:** os alunos que tenham feito laboratórios com sucesso no ano lectivo anterior desta cadeira, foram dispensados de o fazer neste ano, ficando com a nota que tiveram nos laboratórios.

Capítulo 5

Corpo docente

Responsável: Luís E. T. Rodrigues. e-mail: ler@inesc.pt

Assistente: Carlos Almeida. e-mail: cra@inesc.pt

Capítulo 6

Interacção entre docentes e discentes

O corpo docente encorajou a interacção com os alunos. Para além de contactarem directamente os docentes durante as aulas e horários de dúvidas, os alunos foram encorajados a utilizarem o correio electrónico para esclarecerem dúvidas em qualquer momento ou para marcarem reuniões com o pessoal docente.

Para além disso, informação relevante acerca da cadeira esteve disponível "on-line", em formato electrónico no seguinte endereço:

`http://pandora.inesc.pt/~ler/`

Capítulo 7

Plano e sumários das aulas

7.1 Calendário

Aula	Semana	Dia	Mês	Teóricas	Práticas
1	11	11	Março	Apresentação	
2	11	15	Março	Sistemas Embebidos	Distribuir 1ºTrabalho
3	12	18	Março	Sistemas Embebidos	
4	12	23	Março	Sistemas Embebidos (iDCX51)	
5	13	25	Março	Sistemas Distribuídos	
6	13	30	Março	Sistemas Operativos de tempo-real	
7	14	1	Abril	Tolerância a Faltas	
-	14	5	Abril	Férias da Pascoa	
-	15	8	Abril	Férias da Pascoa	
8	15	12	Abril	Redes	
9	16	15	Abril	Nível Fisico	
10	16	19	Abril	Redes Locais	
11	17	22	Abril	Redes Locais	
12	17	26	Abril	Interligação/pontes	Discussões
13	18	29	Abril	Nível Rede	
14	18	3	Maio	Níveis transporte e superiores	Distribuir 2ºtrabalho
15	19	6	Maio	Concretização e desempenho	
16	19	10	Maio	Redes de instrumentação	
17	20	13	Maio	Redes de instrumentação	
18	20	17	Maio	TCP/IP	
19	21	20	Maio	TCP/IP	
20	21	24	Maio	TCP/IP	
21	22	27	Maio	Chamada procedimentos remotos	
22	22	31	Maio	MAP/TOP e MMS	
23	23	3	Junho	Segurança	Discussões

7.2 Sumários

Aula 1 Apresentação do Corpo Docente, da cadeira, da matéria, bibliografia e normas de funcionamento.

Aula 2 Projecto de Sistemas Embebidos. *Arquitecturas para sistemas embebidos.*

Aula 3 Projecto de Sistemas Embebidos. *Executivos multi-tarefa de tempo-real.*

Aula 4 Projecto de Sistemas Embebidos. *Executivos multi-tarefa de tempo-real (cont.). Estudo pormenorizado do sistema multi-tarefa DCX51.*

Aula 5 Sistemas distribuídos. *vantagens. Conceitos chave. Transparências. Problemas.*

Aula 6 Sistemas Operativos de tempo-real. *Definição. Exemplos. Características.*

Aula 7 Tolerância a Faltas. *Motivação. Técnicas.*

Aula 8 Redes. *Introdução. Arquitectura.*

Aula 9 Nível Fisico. *Modelo OSI. Características.*

Aula 10 Redes Locais. *Redes CSMA/CD.*

Aula 11 Redes Locais. *Token-bus. Token-ring. FDDI.*

Aula 12 Interligação/pontes. *Repetidores. Pontes. Encaminhadores. Conversores de protocolos. Pontes transparentes e com encaminhamento na origem.*

Aula 13 Nível Rede. *Encaminhamento. Políticas. Mecanismos.*

Aula 14 Níveis transporte e superiores. *Transporte OSI. PanoR6amica sobre os níveis superiores.*

Aula 15 Concretização e desempenho. *Técnicas de avaliação de desempenho. Arquitecturas para comunicações. Técnicas de desenvolvimento de software de comunicações.*

Aula 16 Redes de instrumentação. *Motivação. Caracteristicas. Bitbus.*

Aula 17 Redes de instrumentação. *Rede CAN.*

Aula 18 TCP/IP. *Endereçamento. Protocolos base. IP.*

Aula 19 TCP/IP. *Protocolo de transporte. TCP.*

Aula 20 TCP/IP. *Encaminhamento.*

Aula 21 Chamada procedimentos remotos. *Motivação. Concretização. Rotinas de adaptação. Replicação.*

Aula 22 MAP/TOP e MMS. *Historial. Arquitectura. Serviços básicos.*

Aula 23 Segurança. *Facetas. Criptografia simétrica e assimétrica.*

Capítulo 8

Resultados da avaliação

8.1 Resumo

8.1.1 Resultados finais

	Inscritos	Examinados	Aprovados
Nº Alunos	30	26	25
Taxas de aprovação	83%	96%	
Média final			14.4

8.1.2 Médias de cada prova

Prova	Nº Alunos	Média
1º Trabalho	26	16.1
2º Trabalho	26	17.5
1º Exame	1	9.5
2º Exame	24	12.7
2ª Época	6	8.1
Final	25	14.4

8.2 Pautas

8.2.1 Inscritos

Número	Nome	1 Trab.	2 Trab.	1 Data	2 Data	2 Época	Final
34029	Paulo Silva	18.0	19.0	*	10.0	*	13.0
35548	Aniceto Silva	18.0	18.0	*	4.0	4.5	R
36738	Alexandre Fernandes	16.0	18.0	*	15.0	*	16.0
36740	Ana Santos	16.0	18.0	*	14.0	*	15.0
36777	Filipe Velosa	13.0	18.0	*	16.5	*	16.0
36783	Helena Lourenco	*	*	*	*	*	*
36785	Jacinta Carvalho	16.0	17.0	*	10.0	*	13.0
36892	Pedro Gomes	19.0	19.0	*	14.5	*	16.0
36899	Pedro Gil	15.0	17.0	*	13.0	*	14.0
36917	Rui Rijo	19.0	19.0	*	11.0	*	14.0
37365	Jose Roza	18.0	18.0	*	17.0	*	17.0
38370	Ana Rodrigues	15.0	17.0	*	8.0	8.0	11.0
38375	Ana Carreira	16.0	17.0	*	8.5	*	12.0
38393	Carlos Ferreira	18.0	18.0	*	13.0	*	15.0
38401	David Faustino	16.0	17.0	*	8.0	8.5	12.0
38402	Diogo Lino	14.0	15.0	9.5	*	*	12.0
38408	Fernando Matos	18.0	19.0	*	16.5	*	17.0
38410	Goncalo Goncalves	15.0	17.0	*	11.5	8.0	13.0
38422	Ivan Pinto	15.0	17.0	*	14.5	*	15.0
38425	Joao Figueiredo	14.0	16.0	*	*	9.5	12.0
38434	Joao Conceicao	14.0	16.0	*	13.5	*	14.0
38475	Miguel Simoes	16.0	17.0	*	13.0	*	14.0
38510	Pedro Sencio	16.0	17.0	*	16.0	*	16.0
38511	Pedro Delgado	15.0	17.0	*	17.5	*	17.0
38525	Pedro Fonseca	16.0	17.0	*	15.5	*	16.0
38552	Sergio Amado	18.0	19.0	*	18.5	*	19.0
38565	Vitor Monteiro	15.0	17.0	*	6.0	10.0	12.0

Notas: * não realizou a prova; R: não atingiu a nota mínima.

8.2.2 Melhorias

Número	Nome	1 Trabalho	2 Trabalho	Exame	Melhoria	Final
36739	Alexandre Yip	13.0	17.0	6.6	6.0	10.0
36743	Anabela Velez	16.0	18.0	10.2	11.5	14.0
36794	Joao Carvalho	17.0	18.0	9.0	10.0	13.0

Capítulo 9

Notas sobre a execução

Foram realizadas algumas alterações ao programa da cadeira, herdado do Prof. Paulo Veríssimo e Eng. José Rufino. Pela primeira vez, foi dada a rede de instrumentação CAN (Controller Area Network). Foi inserida no programa uma aula sobre escalonamento em tempo-real. Prevê-se no futuro aumentar o ênfase nos aspectos de tempo-real e tolerância a faltas distribuídas, diminuindo o ênfase nas redes locais, já focadas noutra cadeira desta licenciatura (Sistemas de Comunicação Integrados).

Foi concebido um novo conjunto de acetatos para suportar as aulas teóricas da cadeira. Apesar desta primeira versão possuir algumas gralhas, os alunos apreciaram de um modo geral esta versão. No entanto, espera-se produzir uma nova versão melhorada para os próximos anos lectivos.

As avaliações escritas não incluiram perguntas de resposta múltipla. Este último tipo de avaliação é justificado quando existe um elevado número de alunos, situação que não se verificou este ano.

Os laboratórios tiveram as condições necessárias para a adequada execução dos trabalhos. As aulas teóricas foram dadas em duas salas: um excelente anfiteatro (FA3), e uma sala com fracas condições (S8).

Recorreu-se à utilização de páginas WWW para divulgar informação acerca da cadeira. Nas páginas da cadeira é possível encontrar a seguinte informação: o guia da cadeira, os acetatos das aulas teóricas, enunciados dos trabalhos de laboratórios, enunciados dos exames, pautas, etc. Todo este material foi também tornado disponível através do secretariado das novas licenciaturas (sendo de sublinhar a simpatia, disponibilidade e eficiência do seu pessoal). Os alunos corresponderem positivamente à utilização deste meio adicional de comunicação.

De realçar a colaboração do assistente Eng. Carlos Almeida, na melhoria dos trabalhos de laboratório e organização do funcionamento dos laboratórios.

Capítulo 10

Enunciados dos trabalhos de laboratório

Capítulo 11

Enunciados dos exames