

# Controlo - 2003/2004 - 1º Semestre

## PROGRAMAÇÃO PREVISTA

Turmas 14301, 14302, 14303

Prof. Eduardo Morgado

| Semana    | Teóricas - faseamento previsto |           |  | Teóricas - sumários  | Nº alunos |
|-----------|--------------------------------|-----------|--|--|-----------|
| 1ª semana | 1ª aula                        | 16.Set.03 | Apresentação da disciplina e regras de funcionamento | Apresentação da disciplina e regras de funcionamento   | 70        |
|           | 2ª aula                        | 18.Set.03 | Introdução ao controlo                               | Introdução ao controlo   | 66        |
| 2ª semana | 3ª aula                        | 19.Set.03 | Modelação. Representação matemática                  | Modelação. Representação matemática: equação diferencial, função de transferência. Sistema mecânico de translação de 1ª ordem. Resposta no tempo a partir da eq. diferencial.  | 67        |
|           | 4ª aula                        | 23.Set.03 | Resposta no tempo                                    | Resposta no tempo do sistema de 1ª ordem a partir da função de transferência. Constante de tempo. Teoremas do valor inicial e final. Ganho estático. Derivada na origem. Sistemas de 1ª ordem com um zero.   | 60        |
|           | 5ª aula                        | 25.Set.03 | Resposta no tempo                                    | Resposta no tempo do sistema de 2ª ordem: casos subamortescido, criticamente amortecido, sobre-amortecido. Sobre-elevação, tempo de pico, tempo de estabelecimento.  | 50        |
| 3ª semana | 6ª aula                        | 26.Set.03 | Resposta no tempo                                    | Resposta no tempo do sistema de 2ª ordem: efeito de polo e zero adicionais. Conceito de polos dominantes. Zero no semiplano direito.   | 50        |
|           | 7ª aula                        | 30.Set.03 | Resposta no tempo. Linearização                      | Modelação. Sistemas mecânicos de rotação. Exemplo de   | 40        |
|           | 8ª aula                        | 2.Out.03  | Diagrama de blocos                                   | Linearização. Diagrama de blocos: redução sucessiva  | 35        |
| 4ª semana | 9ª aula                        | 3.Out.03  | Estabilidade. Routh-Hurwitz                          | Diagramas de blocos. Exemplos. Estabilidade BIBO.  | 30        |
|           | 10ª aula                       | 7.Out.03  | Estabilidade. Routh-Hurwitz                          | Estabilidade. Resposta natural e localização dos polos da função de transferência. Estabilidade entrada limitada/saída limitada. Teste de Hurwitz. Critério de Routh-Hurwitz: caso geral.  | 28        |
|           | 11ª aula                       | 9.Out.03  | Estabilidade. Routh-Hurwitz                          | Routh-Hurwitz-casos especiais: 1º elemento nulo; linha de zeros  | 25        |
| 5ª semana | 12ª aula                       | 10.Out.03 | Efeitos da realimentação. Erros em reg. estacionário | Efeitos da Realimentação. Rejeição de perturbações; Sensibilidade à variação de parâmetros. Objectivos gerais de um sistema de controlo  | 18        |
|           | 13ª aula                       | 14.Out.03 | Erros em reg. estacionário                           | Erro em regime permanente. Exemplo motivador: controlador P, controlador PI. Erro de posição, velocidade, aceleração. Tipo de um sistema.  | 32        |
|           | 14ª aula                       | 16.Out.03 | Erros em reg. estacionário                           | Erro em regime estacionário em sistemas com perturbações. Exemplo. Sinal de erro no caso de retroacção não unitária. Diagrama do Lugar das Raízes da Equação Característica - Root-locus. Exemplo. Condições de módulo e de argumento.   | 31        |
| 6ª semana | 15ª aula                       | 17.Out.03 | Root-Locus   | Regras para a construção do Root-locus para ganho positivo: número de ramos, simetria, troços sobre o eixo real, ponto de partida dos ramos, ponto de chegada dos ramos.   | 22        |
|           | 16ª aula                       | 21.Out.03 | Root-Locus   | Greve estudantil   |           |
|           | 17ª aula                       | 23.Out.03 | Root-Locus   | Regras para a construção do Root-locus para ganho positivo (cont.): pontos de entrada/saída do eixo real, ângulos de partida/chegada ao eixo real, comportamento assintótico, soma dos polos, ângulo de partida de um polo/ de chegada a um zero, pontos de cruzamento com o eixo imaginário. Exemplos ilustrativos. | 24        |
| 7ª semana | 18ª aula                       | 24.Out.03 | Root-Locus   | Regras para a construção do Root-Locus para ganho negativo. Os zeros da f.t. da malha fechada. Root-Locus em função de qualquer parâmetro. Exemplos ilustrativos.  | 17        |
|           | 19ª aula                       | 28.Out.03 | Root-Locus   | Cancelamento pólo-zero no root-locus. Projecto apoiado no root-locus: Exemplo de estabilização do duplo integrador.  | 17        |
|           | 20ª aula                       | 30.Out.03 | Root-Locus   | Projecto apoiado no root-locus: Exemplo. Dimensionamento preliminar utilizando as condições de argumento e de módulo. Simulação e Ajuste de parâmetros guiado pelo root-locus. Dimensionamento por via algébrica.  | 13        |

|            |          |           |   |   |    |
|------------|----------|-----------|---|---|----|
|            | 21ª aula | 31.Out.03 | Controlo digital  | Controlador PID. Análise de cada um dos casos P, I, PI, PD, PID, apoiada no root-locus. Efeitos na resposta a entradas de referência e de perturbação tipo escalão.   | 14 |
| 8ª semana  | 22ª aula | 4.Nov.03  | Controlo digital  | Ajuste dos parâmetros do PID: regras de Ziegler-Nichols; projecto apoiado no root-locus. Controlo Digital. Amostragem e quantificação. Teorema da amostragem (revisão). Retentor de ordem zero (ZOH). Transformada-Z (revisão).   | 14 |
|            | 23ª aula | 6.Nov.03  | Controlo digital  | Relação entre os polos de $X(s)$ e os polos de $X(z)$ . Estabilidade. Localização de polos no plano-z e resposta transitória. Função de transferência discreta.   | 15 |
|            | 24ª aula | 7.Nov.03  | Controlo digital  | Controlo analógico versus controlo digital: exemplo de 1ª ordem; análise com root-locus. Projecto do controlador digital: projecto directo. Exemplo.  | 11 |
| 9ª semana  | 25ª aula | 11.Nov.03 | Resposta na frequência                                    | Projecto por emulação. Mapeamento dos polos e zeros. Método de Tustin. Escolha do período de amostragem. Exemplo. Resposta em frequência: conceito. Diagrama de Bode.   | 14 |
|            | 26ª aula | 13.Nov.03 | Resposta na frequência                                    | Diagrama de Bode assintótico de sistemas de fase mínima: ganho, polo ou zero na origem, polo real, zero real, polos ou zeros complexos. Largura de banda e relação tempo-frequência. Exemplos..   | 15 |
|            | 27ª aula | 14.Nov.03 | Resposta na frequência                                    | Diagrama de Bode de sistemas de fase não-mínima. Polos dominantes e resposta na frequência. Exemplos.   | 14 |
| 10ª semana | 28ª aula | 18.Nov.03 | Resposta na frequência                                    | Análise no domínio da frequência. Teorema de Cauchy. Critério de estabilidade de Nyquist  | 16 |
|            | 29ª aula | 20.Nov.03 | Análise de estabilidade no domínio freq. Critério Nyquist | Construção do diagrama de Nyquist e análise de estabilidade. Exemplo de 1ª ordem. Exemplo de 3ª ordem.  | 12 |
|            | 30ª aula | 21.Nov.03 | Análise de estabilidade no domínio freq. Critério Nyquist | Greve da função pública   |    |
| 11ª semana | 31ª aula | 25.Nov.03 | Análise de estabilidade no domínio freq. Critério Nyquist | Construção do diagrama de Nyquist e análise de estabilidade. Exemplo de 1ª ordem de fase não-mínima. Exemplo de 3ª ordem com polo na origem.  | 11 |
|            | 32ª aula | 27.Nov.03 | Análise de estabilidade no domínio freq. Critério Nyquist | Construção do diagrama de Nyquist e análise de estabilidade. Exemplo de 3ª ordem com dois polos na origem. Exemplo de 3ª ordem com polos complexos. Preenchimento dos inquéritos pedagógicos. .   | 12 |
|            | 33ª aula | 28.Nov.03 | Análise de estabilidade no domínio freq. Critério Nyquist | Definição de margem de ganho e margem de fase. Sua determinação nos diagramas de Nyquist e de Bode. Condições de estabilidade para o caso $P=0$ simples. Outros casos: sistemas condicionalmente estáveis; sistemas de fase não-mínima. Margem de fase e coeficiente de amortecimento. Sistemas com atraso. | 12 |
| 12ª semana | 34ª aula | 2.Dez.03  | Projecto no domínio da frequência                         | Projecto no domínio da frequência. Exemplo com duplo integrador: sua estabilização por compensação de avanço de fase.   | 8  |
|            | 35ª aula | 4.Dez.03  | Projecto no domínio da frequência                         | Projecto no domínio da frequência. Compensador de avanço de fase; exemplo de projecto. Compensador de atraso de fase; exemplo de projecto.  | 9  |
|            | 36ª aula | 5.Dez.03  | Projecto no domínio da frequência                         | Moldagem do ganho de malha. Processo estocástico estacionário e densidade espectral de potência. Quantificação dos objetivos do sistema de controlo. Constricções ao ganho de malha.  | 12 |
| 13ª semana | 37ª aula | 9.Dez.03  | Projecto no domínio da frequência                         | Moldagem do ganho de malha. Exemplos de projecto  | 11 |
|            | 38ª aula | 11.Dez.03 | Projecto no domínio da frequência                         | Resolução de um exame de semestre anterior  | 8  |
|            | 39ª aula | 12.Dez.03 | Projecto no domínio da frequência                         | Resolução de um exame de semestre anterior  | 7  |
| 14ª semana | 40ª aula | 16.Dez.03 | Projecto no domínio da frequência                         | não houve aula em acordo com os alunos  | 0  |
|            | 41ª aula | 18.Dez.03 | revisões e folga para atrasos                             | Resolução de um exame de semestre anterior  | 5  |
|            | 42ª aula | 19.Dez.03 | revisões e folga para atrasos                             | não houve aula a pedido dos alunos  | 0  |