



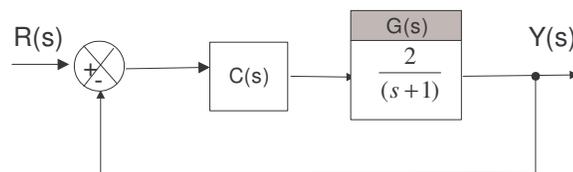
Exame de Controlo Digital / Controlo Inteligente
(Com consulta parcial – duração: 1h20m)

28 de Janeiro de 2005

PARTE II

Justifique convenientemente todas as suas respostas.

1. Seja o seguinte sistema de controlo de velocidade:

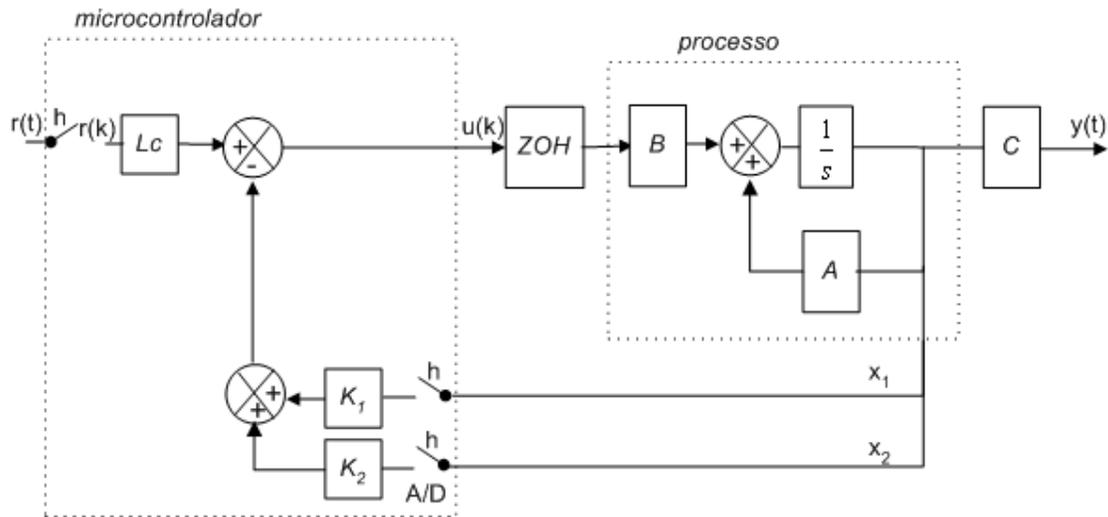


- a) (cot.: 0.75 val.) No sistema da figura utilizou-se um controlador PI analógico ($C(s) = Kp + \frac{Ki}{s}$). Obtenha analiticamente os ganhos do controlador de forma a satisfazer os critérios de projecto $w_n=1$ rad/s e $\xi=0.7$.

Substituiu-se o controlador analógico por um controlador discreto.

- b) (cot.: 0.5 val.) Obtenha o equivalente discreto do controlador utilizando o método de aproximação de diferenças para trás (os ganhos do controlador discreto foram obtidos por emulação do controlador contínuo).
- c) (cot.: 0.75 val.) Obtenha o equivalente discreto do processo considerando que este está precedido por um zero-order-hold.
- d) (cot.: 1.25 val.) Utilizou-se um período de amostragem $h=2$ seg. Utilizando o método de *Jury* analise a estabilidade do sistema.
- e) (cot.: 0.25 val.) Diminuiu-se o período de amostragem para $h=0.1$ seg. Analise novamente a estabilidade do sistema.
- f) (cot.: 0.5 val.) Após uma análise mais cuidada observou-se que uma folga na engrenagem acoplada ao motor (processo $G(s)$) provocava o atraso de uma amostra ($h=0.1$ seg.). Volte a calcular o equivalente discreto de $G(s)$ precedido pelo ZOH considerando este atraso.
- g) (cot.: 0.75 val.) Fazendo a análise em frequência diga o que vai acontecer à fase para $w= 5$ rad/s nas condições da alínea anterior.

2. Considere o sistema discreto de controlo de posição da figura seguinte:



Em que:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix} \quad C = [1 \quad 0]$$

$h = \text{período de amostragem} = 0.1 \text{ seg}$

- (cot.: 1.0 val.) Obtenha o modelo equivalente em espaço de estados discreto do processo contínuo precedido pelo zero-order-hold.
- (cot.: 0.5 val.) Re-desenhe o diagrama de blocos considerando o modelo equivalente discreto que obteve na alínea anterior (ou seja considerando que não existem partes contínuas).
- (cot.: 0.75 val.) Escreva a equação de estado em malha fechada do sistema de regulação (considerando $r(k)=0$).
- (cot.: 0.75 val.) Escreva agora a equação de estado em malha fechada do sistema considerando $r(k) \neq 0$.
- (cot.: 1.25 val.) Estabeleceram-se como critérios de projecto $\xi = 0.9$ e $\omega_n = 1 \text{ rad/s}$ (factor de amortecimento e frequência natural não amortecida, respectivamente). Utilizando a fórmula de Ackermann calcule o vector de ganhos K do controlador por realimentação de estados de modo a satisfazer as condições de projecto.
- (cot.: 1.0 val.) Considerando condições iniciais de estado nulas $x(0)=0$, determine o valor da acção de comando $u(0)$.