UFRJ / Escola Politécnica / DEL – Primeiro Semestre de 2007
EEL-760 – Controle Linear II
Lista de Exercícios #11 – 04 de Junho de 2007

1. Projete um estimador de estados (ou seja, calcule $\mathbf{L}$) para a planta:

$$\mathbf{x}(k+1) = \begin{bmatrix} 1.8 & 1 \\ -0.81 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}(k) + \begin{bmatrix} 1 \\ -0.5 \end{bmatrix} u(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}(k)$$

   de forma que os pólos do erro de estimação fiquem em $z_1 = 0.1$ e $z_2 = 0.2$, e utilizando os dois métodos a seguir:

   a) Estimador de predição.
   b) Estimador avançado.

   Para cada um destes métodos, escreva as equações do estimador conforme seriam implementadas em um programa que acessa conversores A/D e D/A.

2. Repetir o Problema #2, para a planta $G(z) = (z-0.85)/(z^2-1.8z+0.81)$. A escolha da forma de representação no espaço de estados é livre.

3. Considere a planta $G(z)$ descrita pelas equações de estado a seguir:

$$\mathbf{x}(k+1) = \begin{bmatrix} -1 & -0.5 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}(k) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & -0.5 \end{bmatrix} \mathbf{x}(k)$$

   a) Calcule o vetor de ganhos de realimentação de estados ($\mathbf{K}$) que posiciona os pólos em malha fechada em $z_1 = z_2 = 0$ (controle *dead-beat*).
   b) Calcule um *estimador avançado* $\mathbf{L}$ com pólos do erro de estimação em z_3, $z_4 = 0.1 \pm 0.1j$.
   c) Calcule a função de transferência do compensador digital, $D(z) = U(z)/Y(z)$.
   d) Utilizando $u(k) = -\mathbf{K}\hat{\mathbf{x}}(k) + \bar{N}r(k)$, calcule a função de transferência $Y(z)/R(z)$ do sistema em malha fechada.

4. Projete um estimador de estados de ordem reduzida para a planta do Problema #3, com pólo do erro de estimação em $z = 0.1$ (note que o vetor $\mathbf{H}$ não está no formato [1 0]). Escreva as equações do estimador, na forma como seriam implementadas em um programa de controle digital.

5. Ainda para a planta do Problema #3 (não use estimadores de estados nos itens a seguir – assuma que os estados da planta podem ser acessados diretamente):

   a) Projete um sistema de controle integral, cujos pólos em malha fechada estejam em $z_1 = 0.1$ e z_2, $z_3 = 0.1 \pm 0.1j$.
   b) Calcule as seguintes funções de transferência em malha fechada: $Y(z)/R(z)$ (da entrada para a saída) e $Y(z)/W(z)$ (da perturbação da planta para a saída).