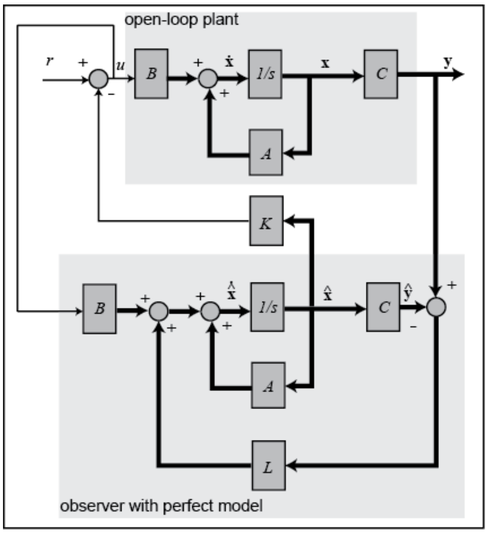
ES728 – Controle Avançado de Sistemas – 2º Sem./2020, Prof. Ely Paiva

1) Para esse exercício considere r3,r4,r5,r6 como os últimos 6 dígitos do seu RA. No caso de r3 e r4, se um destes (ou ambos) forem zero, acrescente +2 ao dígito correspondente.

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 12 \\ r5 & r6 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \quad D = 0$$

Antes de mais nada, verifique se o par (A,B) é controlável e o par (A,C) é observável. Em caso negativo, acrescente +1 em r5 ou r6 e teste novamente.

a. Utilizando a forma canônica "controlador", projete um controlador por realimentação de estados K para que os polos de malha fechada (autovalores de A-B*K) sejam {-r3,-r4}.
b. Idem da letra (a), utilizando agora a fórmula de Ackerman.
c. Utilizando a forma canônica "observador" ou então a forma canônica "controlador" com o sistema dual, projete um ganho L de observador de estados para estimar os estados do sistema (a escolha dos polos do observador é sua).
d. Idem da letra (c), utilizando a fórmula de Ackerman para o sistema dual.
e. Calcule o ganho de um pré-filtro (escalamento) "N_bar" (vide figura) para garantir erro nulo de regime permanente na saída ao se aplicar um degrau de valor 2 na entrada (r_{ss}=2).
f. Na página seguinte você irá encontrar o diagrama de blocos completo (controlador+observador), assim como código em Matlab/Octave que representa esse sistema global. Com relação a isso, responda:
    1. Indique a dimensão das matrizes Ac,Bc,Cc,Dc para o caso numérico dessa questão.
    2. Indique o número de entradas do controlador e o número de entradas do observador.
    3. Qual é o significado das variáveis de estado x3 e x4?
    4. Quem são (de quais matrizes vêm) os autovalores da malha fechada global (Ac)?
g. Se a matriz de saída C valesse C=[1 1] ao invés de C=[1 0] como aqui (e que está pegando só o primeiro estado x1 para a saída), precisaríamos de um observador de estados? Justifique.




```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Ac = [(A-B*K)  (B*K);
      zeros(size(A))  (A-L*C)];
Bc = [B*Nbar;
      zeros(size(B))];
Cc = [C zeros(size(C))];
Dc = [0];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

2) A matriz abaixo possui 3 autovalores negativos que são os elementos da diagonal principal (pois é uma matriz triangular). Podemos dizer que essa matriz é **"definida negativa"**? Ou seja, que a forma quadrática $x^T.A.x$ será sempre negativo? Justifique.

```
A =

    -1    -3     0
     0    -2     0
     0     0    -4
```

3) Indique se o sistema abaixo é **controlável** ou não. Justifique.

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ x_2' \\ x_3' \\ x_4' \\ x_5' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u \qquad y = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}$$

Valores (pontuações) das questões:
Q1 (2pts,0.5 pts,2pts,1pt,1pt,1pt,0.5pts) → (a,b,c,d,e,f,g)
Q2 (1 pt)
Q3 (1 pt)