PMR3523 Controle Moderno

Apoio à Aula

Projeto de Observadores de Estado

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

$\text{rank}(C) <$ ORDEM DO SISTEMA (n)

ex: $n = 3$

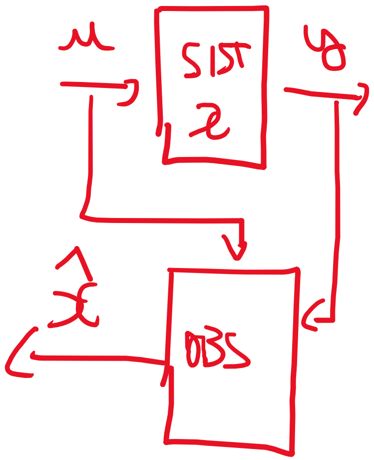
$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightsquigarrow$ SÓ MEÇO 1º ESTADO

$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \rightsquigarrow$ MEDE 1º e 2º ESTADOS

$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightsquigarrow$ MEDE O 1º ESTADO POR 2 SENSORES

OBSERVADOR DE LUENBERGER

$$\dot{\hat{x}} = \hat{A}\hat{x} + \hat{B}u + K.y$$ ⇝ SIST. DINÂMICO DO OBSERVADOR



$\hat{A}, \hat{B}, K$ → ESCOLHIDOS P/ QUE $e = x - \hat{x} \to 0$

$$\dot{e} = \dot{x} - \dot{\hat{x}} = Ax + Bu - \hat{A}\,(\overbrace{x-e}^{\hat{x}}) - \hat{B}.u - K.\overbrace{C.x}^{y}$$

$$\dot{e} = \hat{A}.e + (\underbrace{A - KC - \hat{A}}_{\to 0})x + (\underbrace{B - \hat{B}}_{\to 0}).u$$

OBJETIVO $e \to 0 \;\forall x, u \Rightarrow \hat{A} = A - KC;\; \hat{B} = B \Rightarrow \dot{e} = \hat{A}e$

SÓ ESTAMOS LIVRES P/ ESCOLHE A MATRIZ K

VOLTANDO

$$\dot{\hat{x}} = \overbrace{(A-KC)}^{\hat{A}}.\hat{x} + \overbrace{B}^{\hat{B}}u + K.y$$

$$\boxed{\dot{\hat{x}} = A.\hat{x} + B.u + K.(y - C.\hat{x})}$$

→ OBSERVADOR POSSUI MESMO FORMATO SIST. ORIGINAL EXCETO POR UM TERMO EXCITAÇÃO $\underline{K.(y-C\hat{x})}$

$$r = \underbrace{y - C\hat{x}}_{\text{RESÍDUO OU INOVAÇÃO}} = C.x - C\hat{x} = C.(x-\hat{x}) = C.e$$

MATRIZ GANHO OBSERVADOR

A DINÂMICA DO ERRO $\dot{e} = \hat{A}.e \Rightarrow \boxed{\dot{e} = (A-KC).e}$

LOGO, $e \to 0$ TÃO RÁPIDO QUANTO A POSIÇÃO DOS POLOS DE $\underline{A-KC}$

SE O SISTEMA FOR OBSERVÁVEL, É POSSÍVEL POSICIONAR OS POLOS DE $A-KC$ ARBITRARIAMENTE.

PODEMOS USAR COMANDO $\boxed{\underline{\text{PLACE}}}$ MATLAB.

- PLACE → OBTÉM $\underline{K}$ P/ QUE OS AUTOVALORES DE $A-B.K$ ESTEJAM NA POSIÇÃO DESEJADA

$$A_{CONTROLE} = A - BK$$

$$A_{OBSERVAÇÃO} = A - KC \Rightarrow A^T_{OBS} = A^T - C^T . K^T$$

$$\boxed{K_{OBS} = \text{PLACE}(A', C', \text{POLOS})'}$$

PRINCÍPIO SEPARAÇÃO

POLOS DO SISTEMA CONTROLADO COM OBSERVADOR (SISTEMA C/ $2 \times m$ ESTADOS $(x, \hat{x})$) = POLOS DE $A - BG$ $\oplus$ POLOS DE $A - KC$

$A - BG$ ← SIST. CONTROLADO EM M. F.

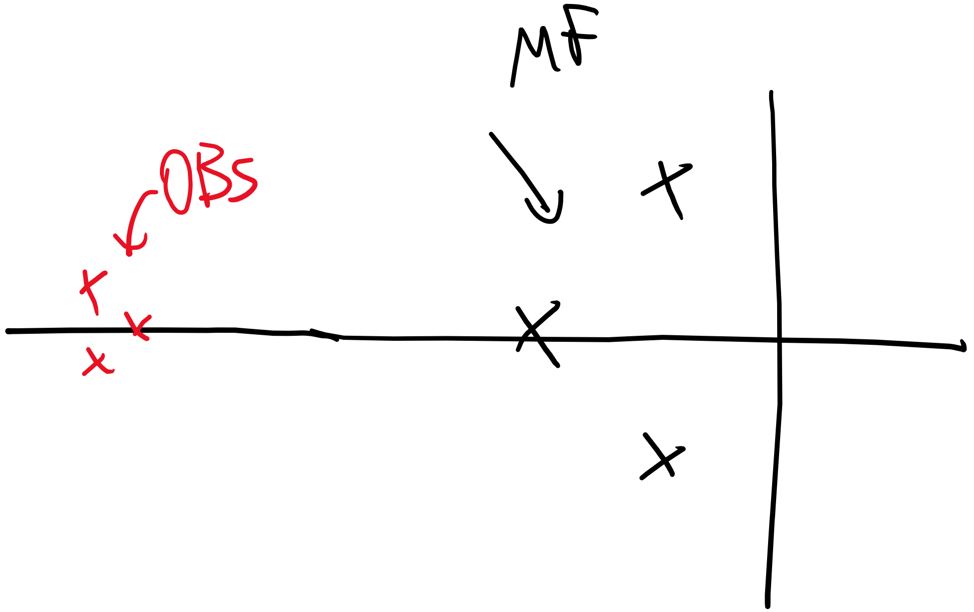
$A - KC$ ← POLOS DO OBSERVADOR

LOGO, PODE-SE PROJETAR O CONTROLE E O OBSERVADOR DE FORMA INDEPENDENTE.

- OS POLOS DO OBSERVADOR DEVER SER MAIS RÁPIDOS QUE O DA DINÂMICA EM M.F.

EM GERAL

POLOS OBSERVADOR ≅ 5x MAIS RÁPIDOS QUE POLOS DOMINANTES EM M.F.



SISTEMA $\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = C.x \end{cases}$

OBS + CONT $\begin{cases} u = -G\hat{x} \\ \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + K(y - C\hat{x}) \end{cases}$

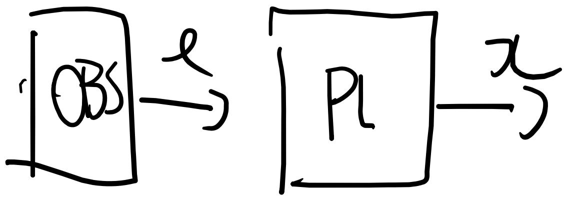
$$\begin{cases} \dot{x} = Ax - B\overbrace{G.\hat{x}}^{u} \\ \dot{\hat{x}} = A\hat{x} - B.G.\hat{x} + K(Cx - C\hat{x}) \end{cases}$$

$e = x - \hat{x}$

$$\boxed{\begin{cases} \dot{x} = (A - BG)x + B.G.e \\ \dot{e} = (A - KC).e \end{cases}}$$

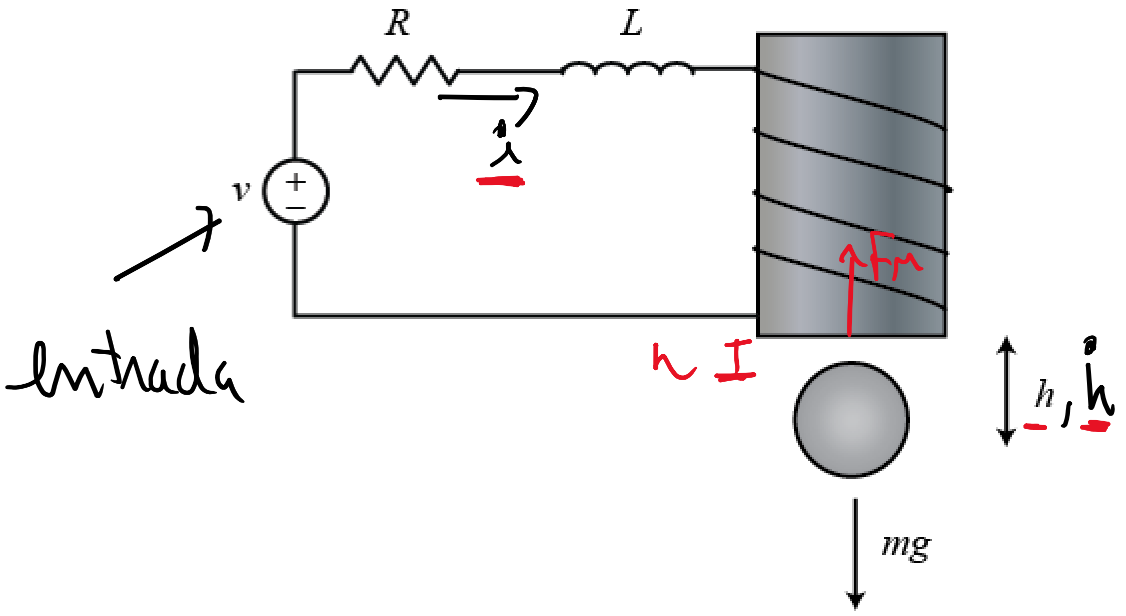
$\rightarrow$ 2 SISTEMAS EM SÉRIE

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{e} \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} A - BG & BG \\ 0 & A - KC \end{pmatrix}}_{A_{COMPLETO}} \begin{pmatrix} x \\ e \end{pmatrix}$$



$\rightarrow$ PÓLOS DE $A_{COMPLETO}$ SÃO PÓLOS DE $A - BG \oplus A - KC$

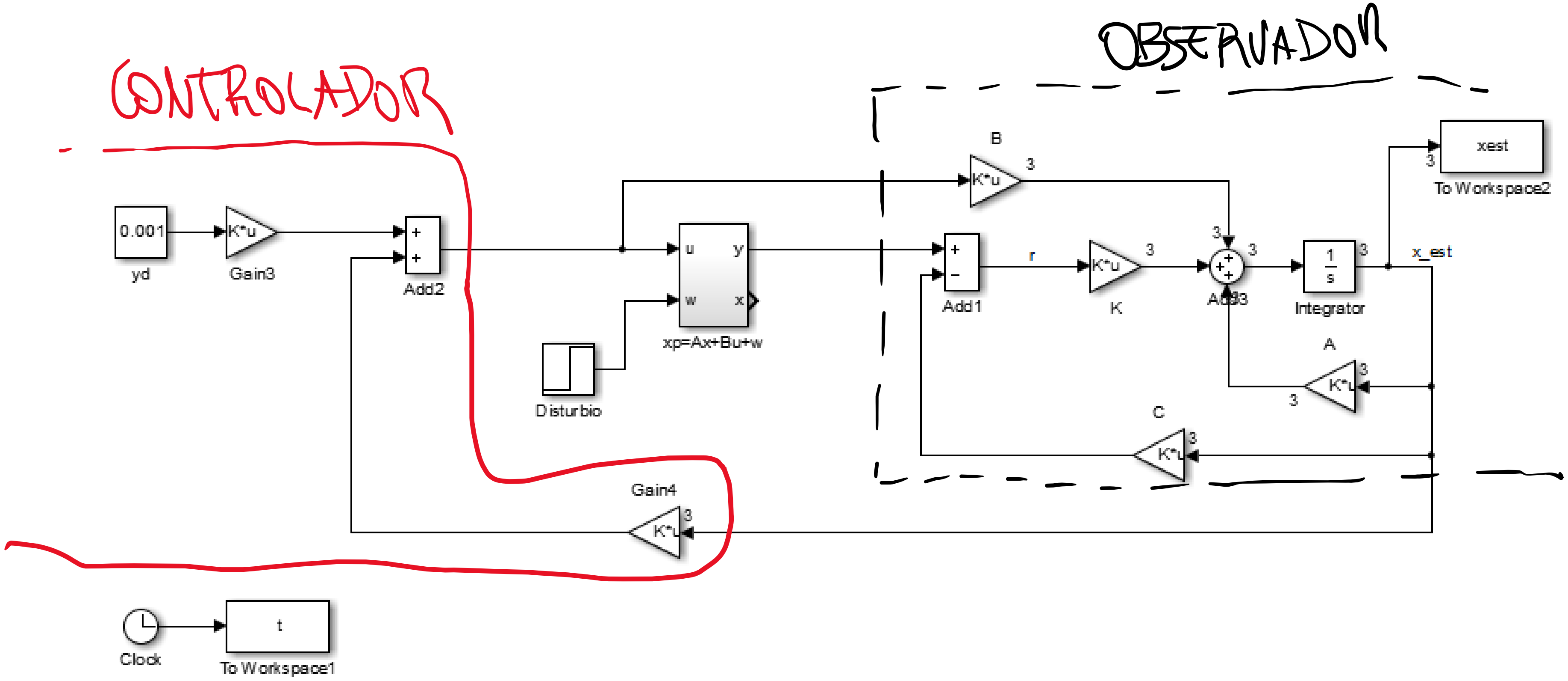
Sistema



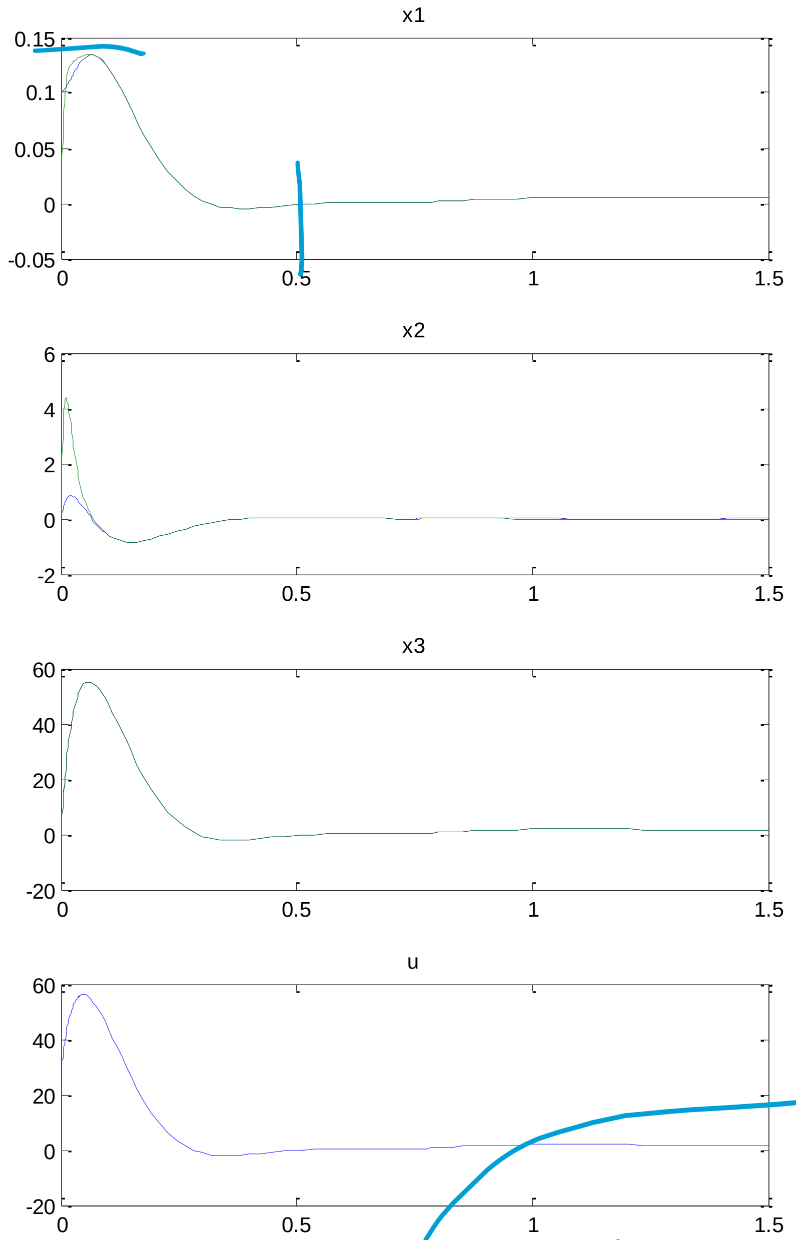
$$m\frac{d^2h}{dt^2} = mg - \frac{Ki^2}{h}$$

$$V = L\frac{di}{dt} + iR$$

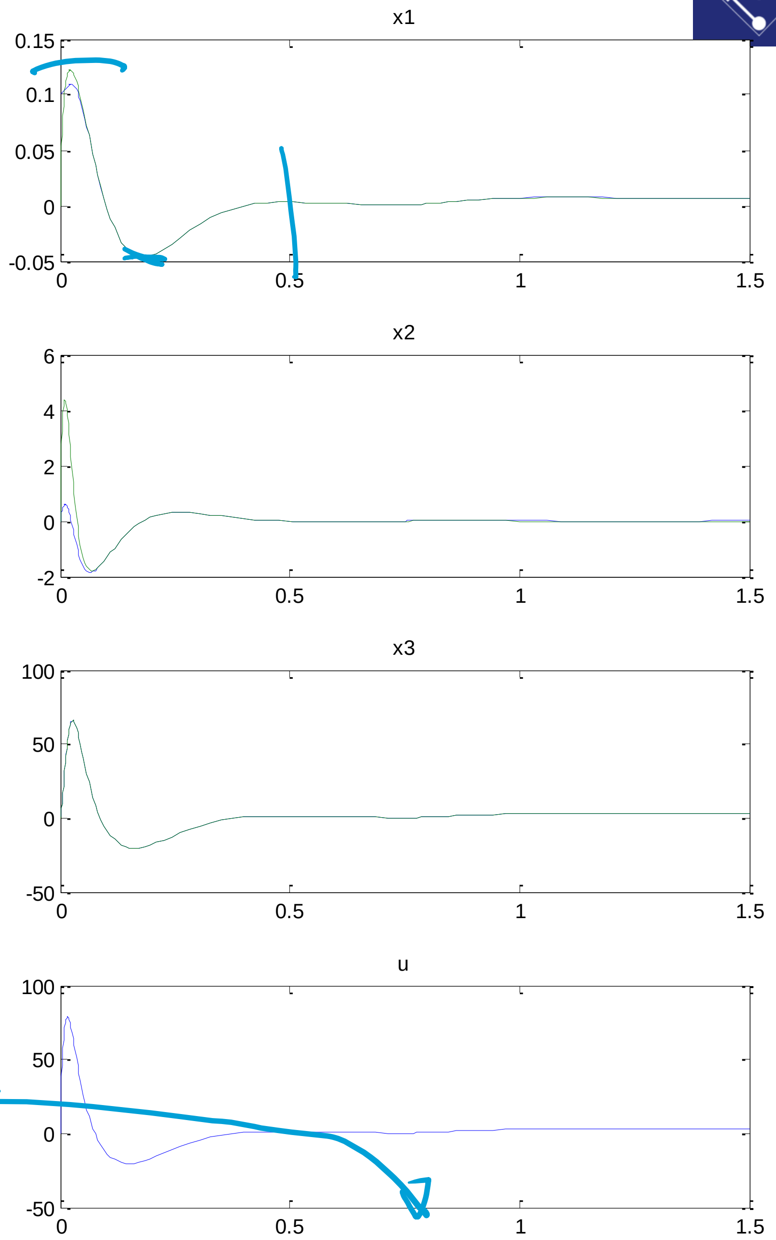
$$x = \begin{bmatrix} \Delta h \\ \Delta \dot{h} \\ \Delta i \end{bmatrix} \qquad C = (1, 0, 0)$$


OBSERVADOR
CONTROLADOR
0.001
yd
K*u
Gain3
Add2
u
y
w
x
xp=Ax+Bu+w
Disturbio
B
Add1
r
K
Add3
1
s
Integrator
x_est
xest
To Workspace2
A
C
Gain4
Clock
t
To Workspace1

SEM OBSERVADOR



COM OBSERV



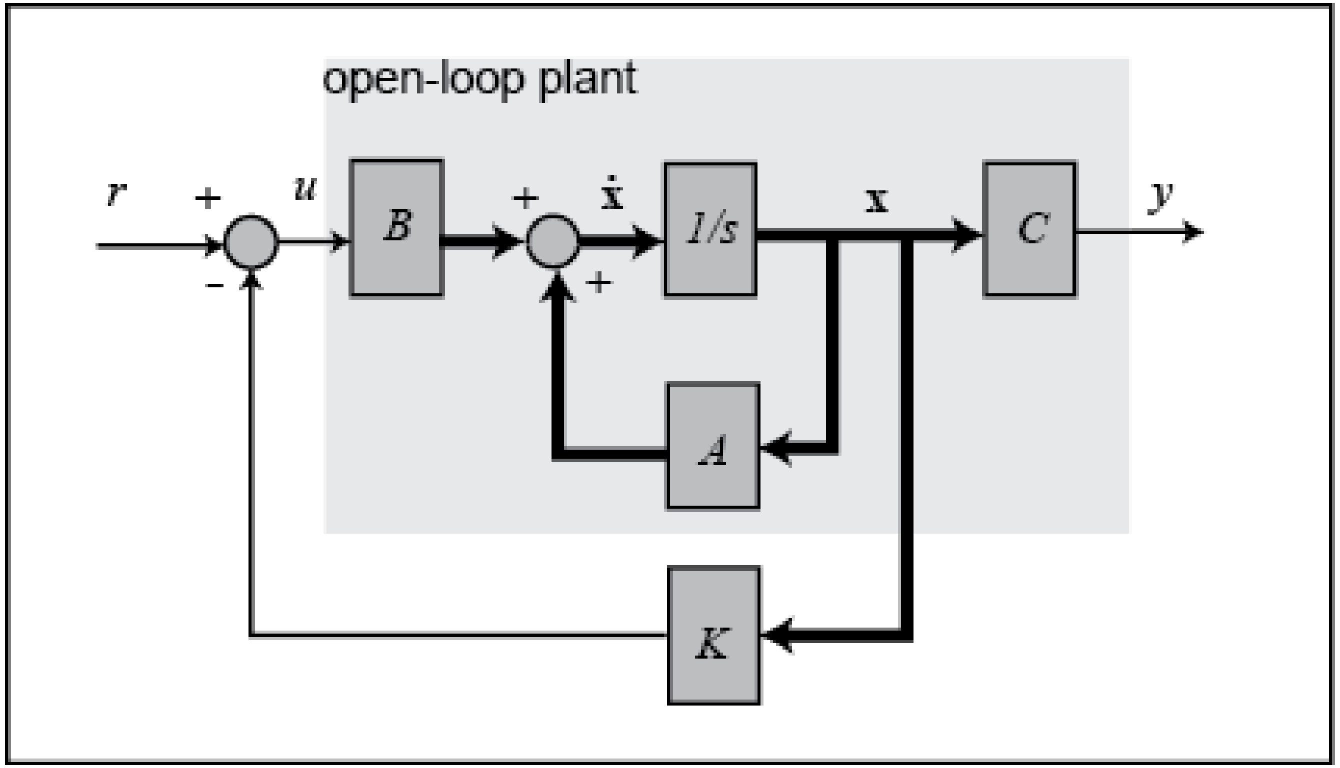
10x

POLOS MF $-10 \pm 10j$; -50

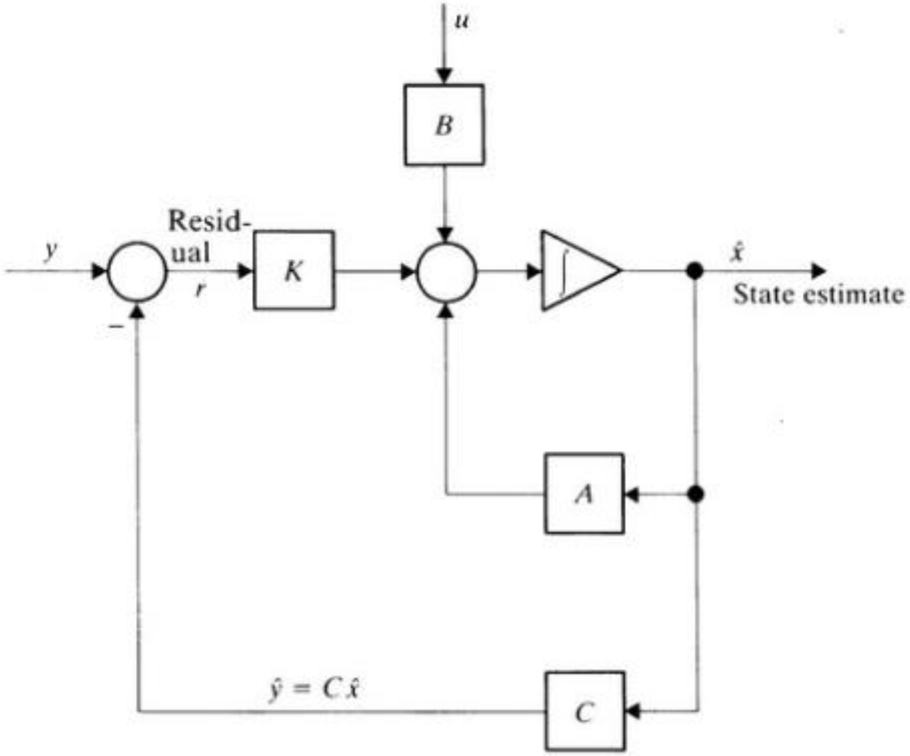
DOMINANTE

POLOS OBSV: $-100, -101, -102$

Controlador



Observador



Observador+ Controlador