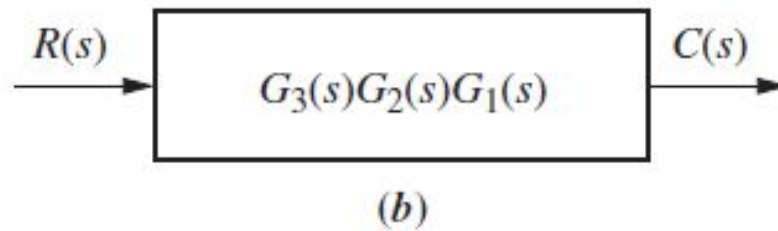
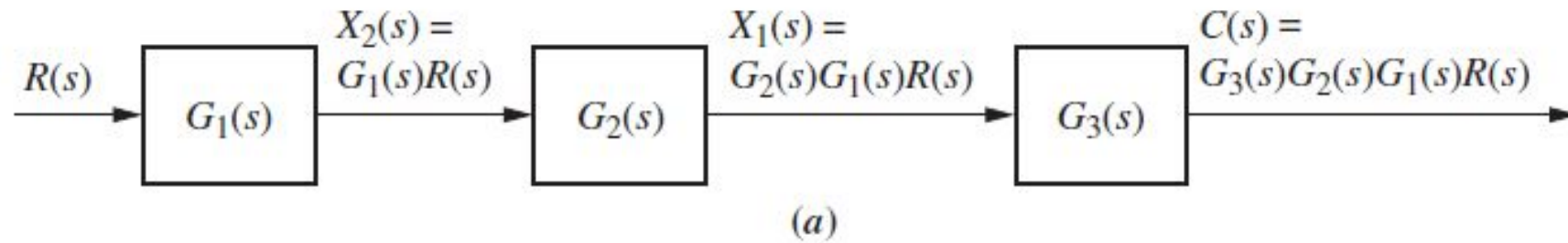


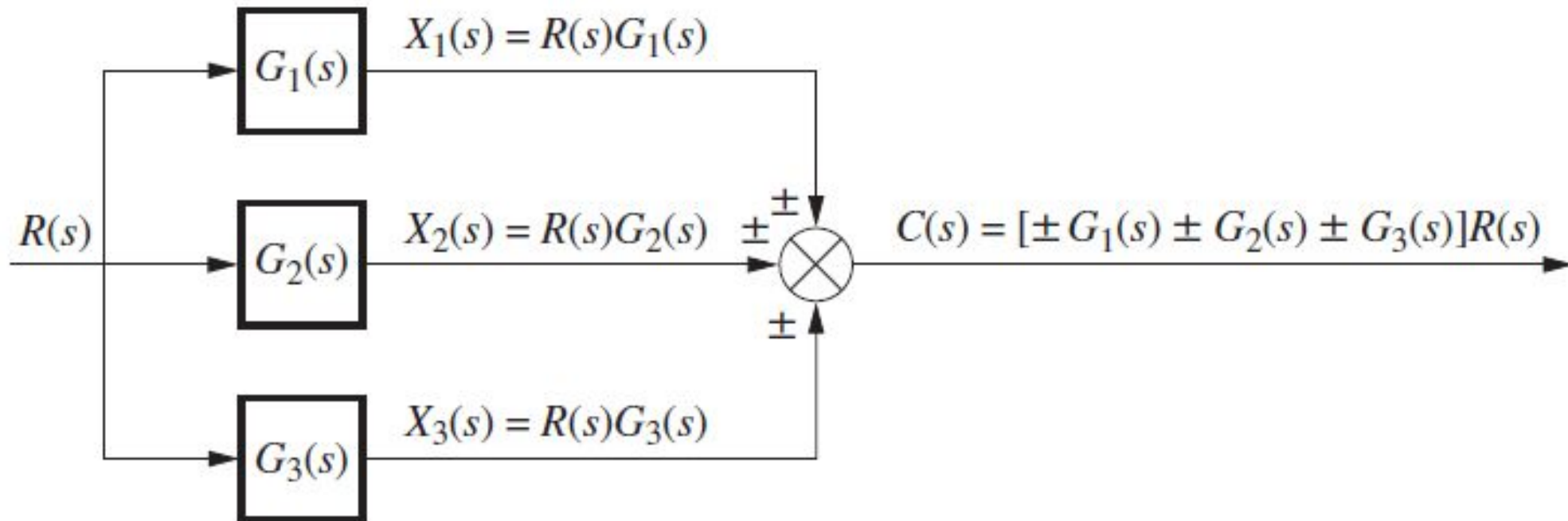
Redução de Subsistemas Múltiplos

Fundamentos de Controle

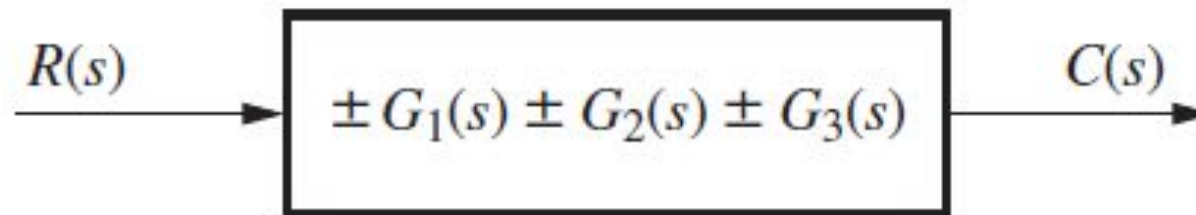
Blocos em Série



Blocos em Paralelo

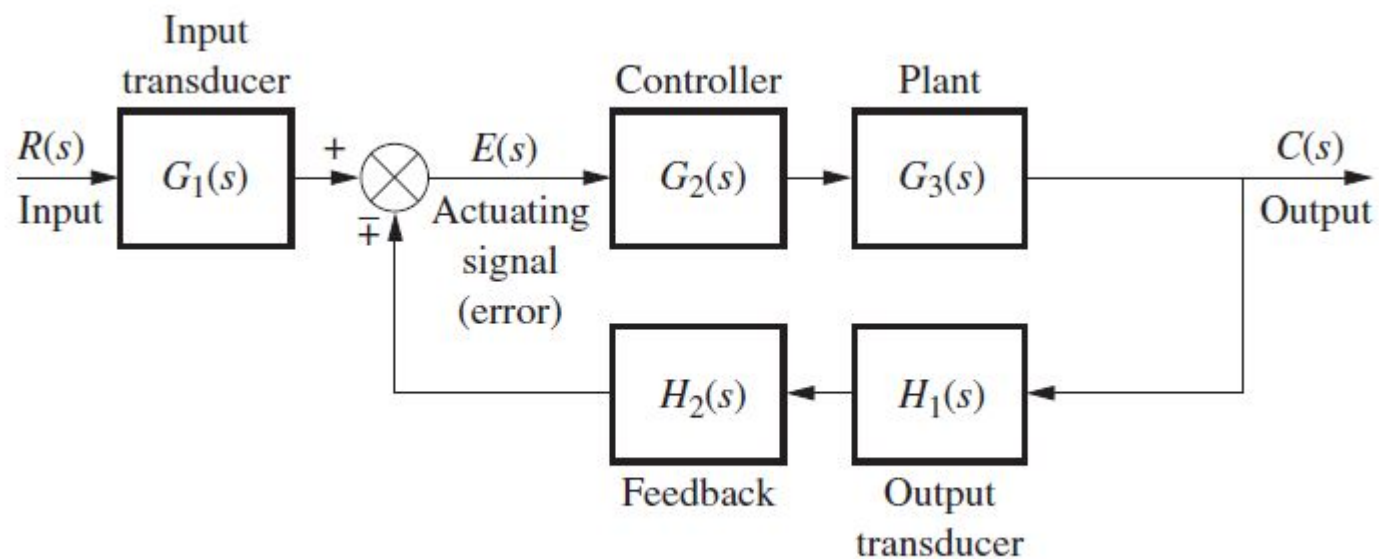


(a)

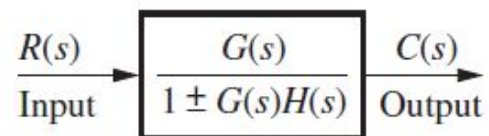
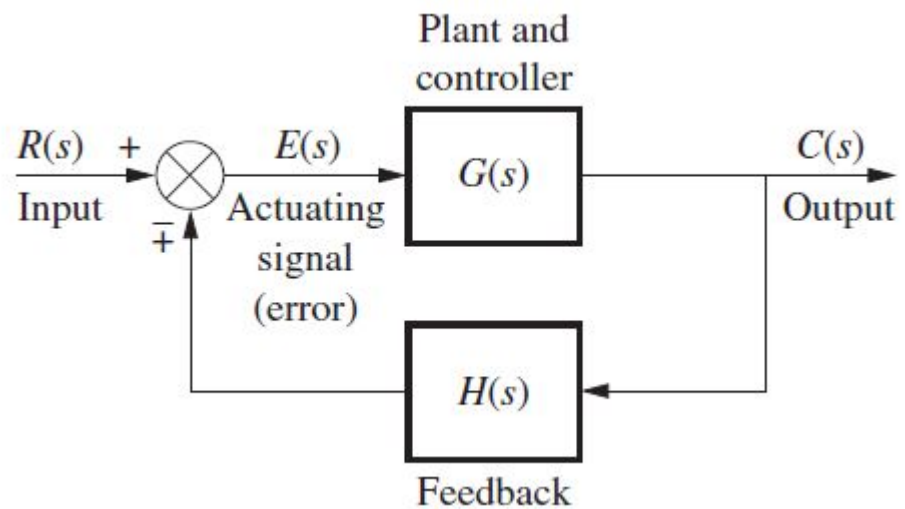


(b)

Realimentação



(a)



$$G_e(s) = \frac{G(s)}{1 \pm G(s)H(s)}$$

Exemplo 5.1

Redução de Diagrama de Blocos Através de Formas Familiares

PROBLEMA: Reduza o diagrama de blocos mostrado na Figura 5.9 a uma única função de transferência.

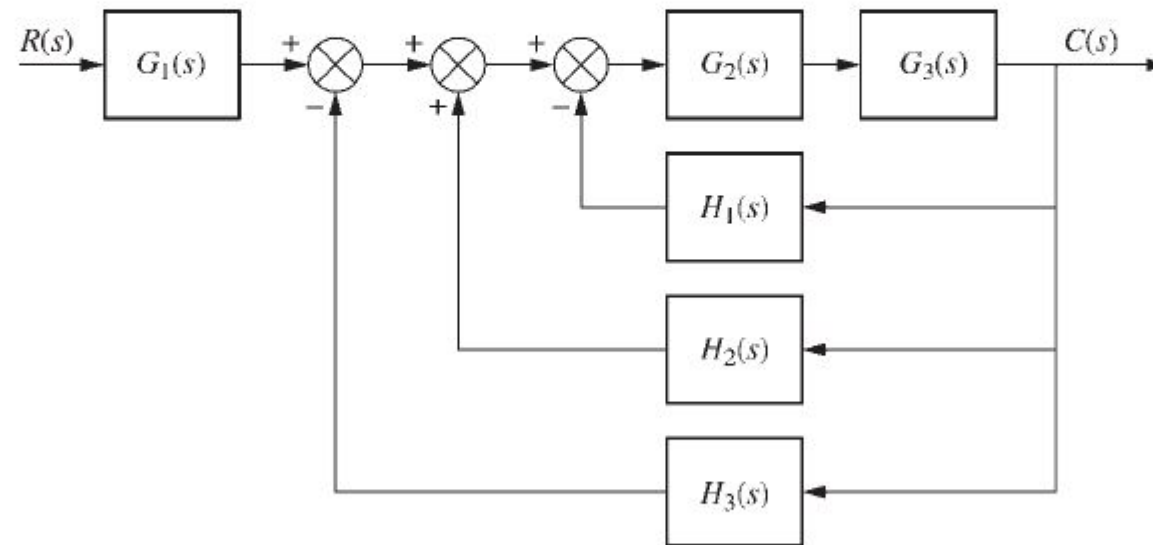
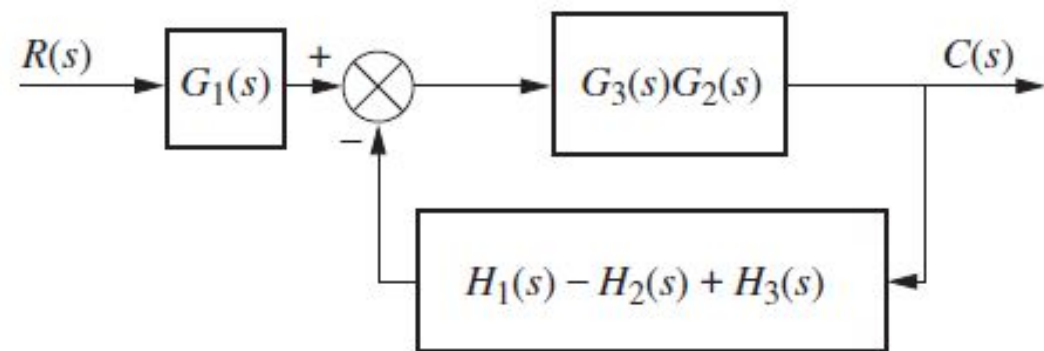
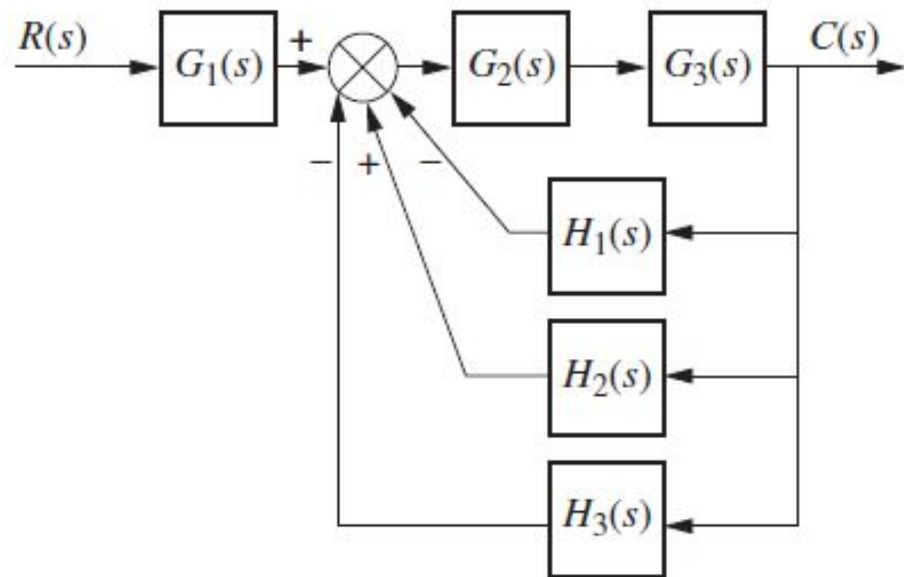
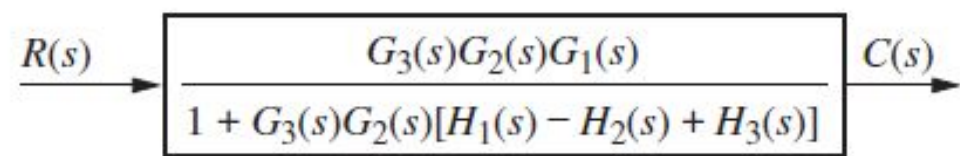


FIGURA 5.9 Diagrama de blocos para o Exemplo 5.1.



(b)



(c)

Exemplo 5.2

Redução de Diagrama de Blocos Através da Movimentação de Blocos

PROBLEMA: Reduza o sistema mostrado na Figura 5.11 a uma única função de transferência.

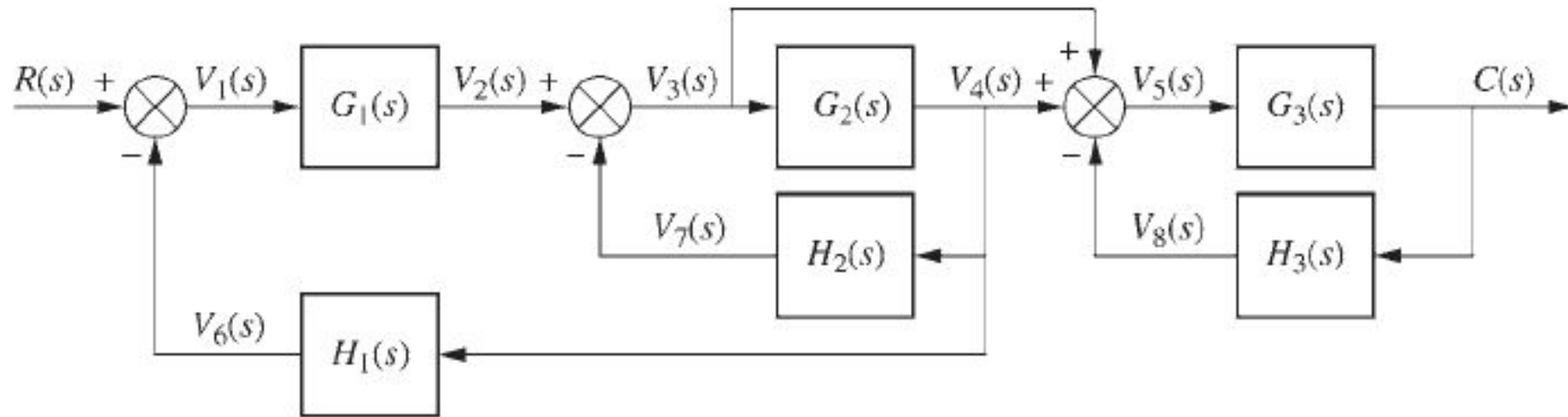
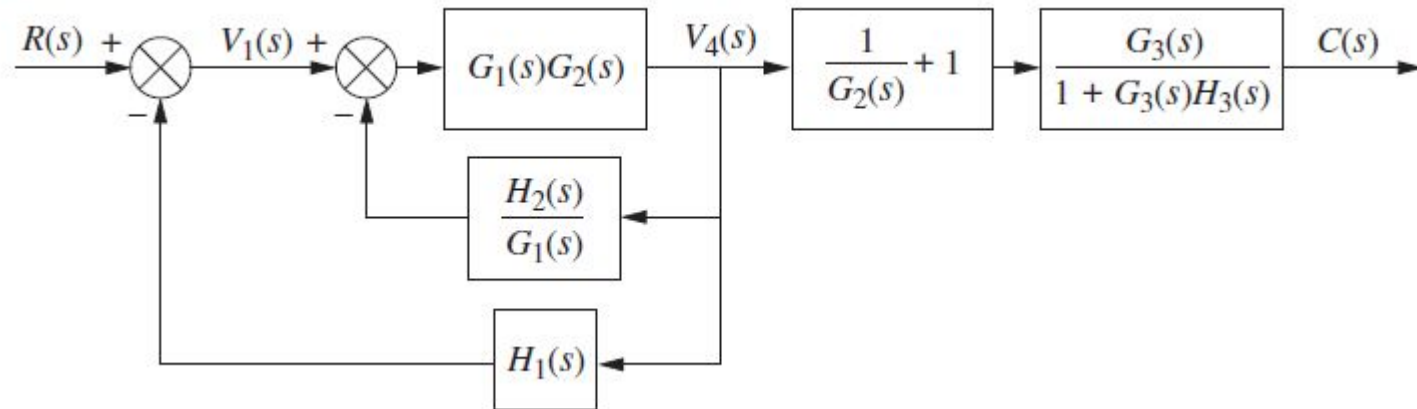
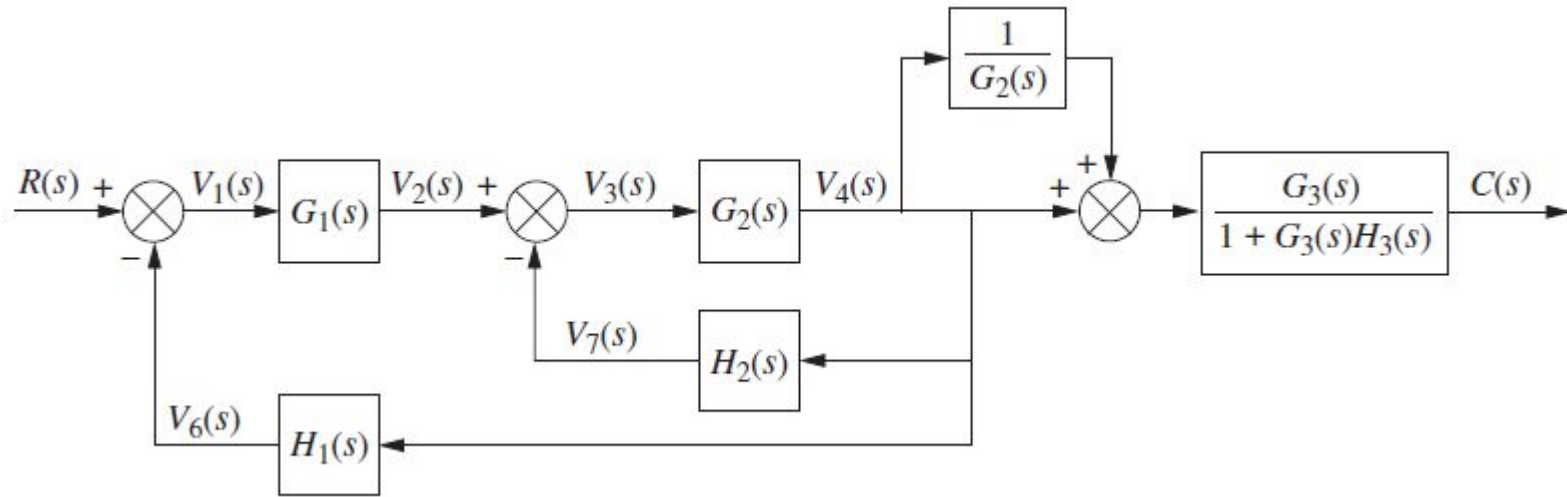
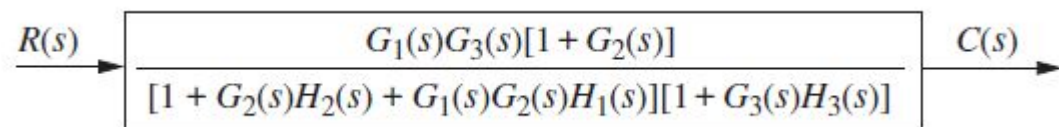
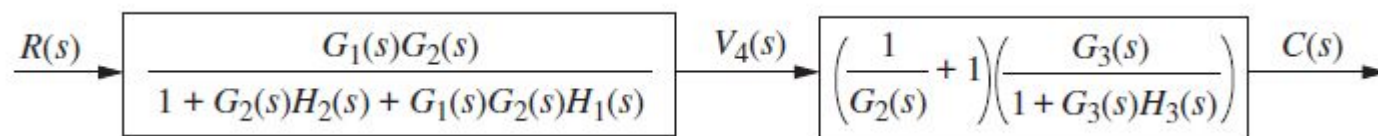
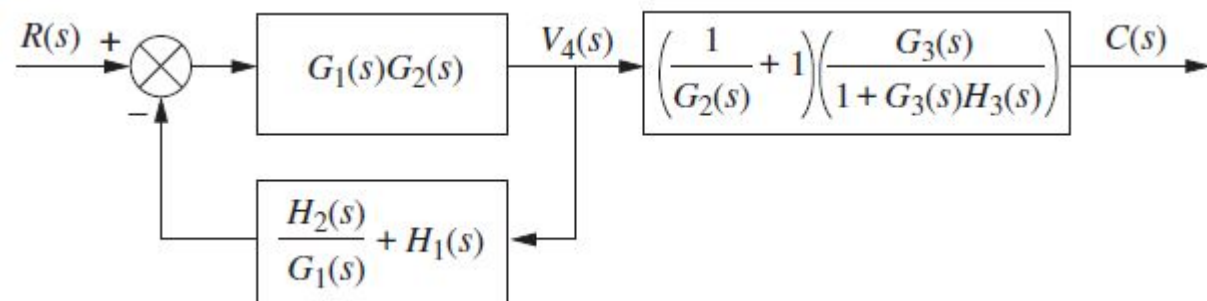
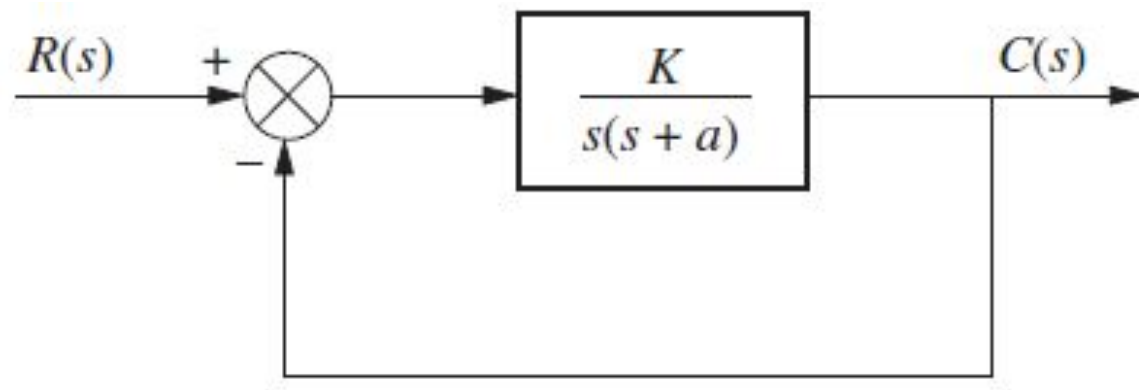


FIGURA 5.11 Diagrama de blocos para o Exemplo 5.2.





Análise e Projeto de Sistemas com Realimentação



$$T(s) = \frac{K}{s^2 + as + K}$$

$$s_{1,2} = -\frac{a}{2} \pm \frac{\sqrt{a^2 - 4K}}{2}$$

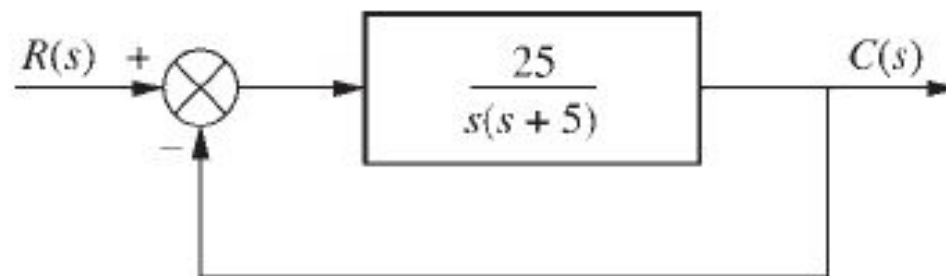
$$s_{1,2} = -\frac{a}{2} \pm j \frac{\sqrt{4K - a^2}}{2}$$

Exemplo 5.3

Obtendo a Resposta Transitória

PROBLEMA: Para o sistema mostrado na Figura 5.15, obtenha o instante de pico, a ultrapassagem percentual e o tempo de acomodação.

SOLUÇÃO: A função de transferência em malha fechada obtida a partir da Equação (5.9) é



$$T(s) = \frac{25}{s^2 + 5s + 25}$$

$$\omega_n = \sqrt{25} = 5$$

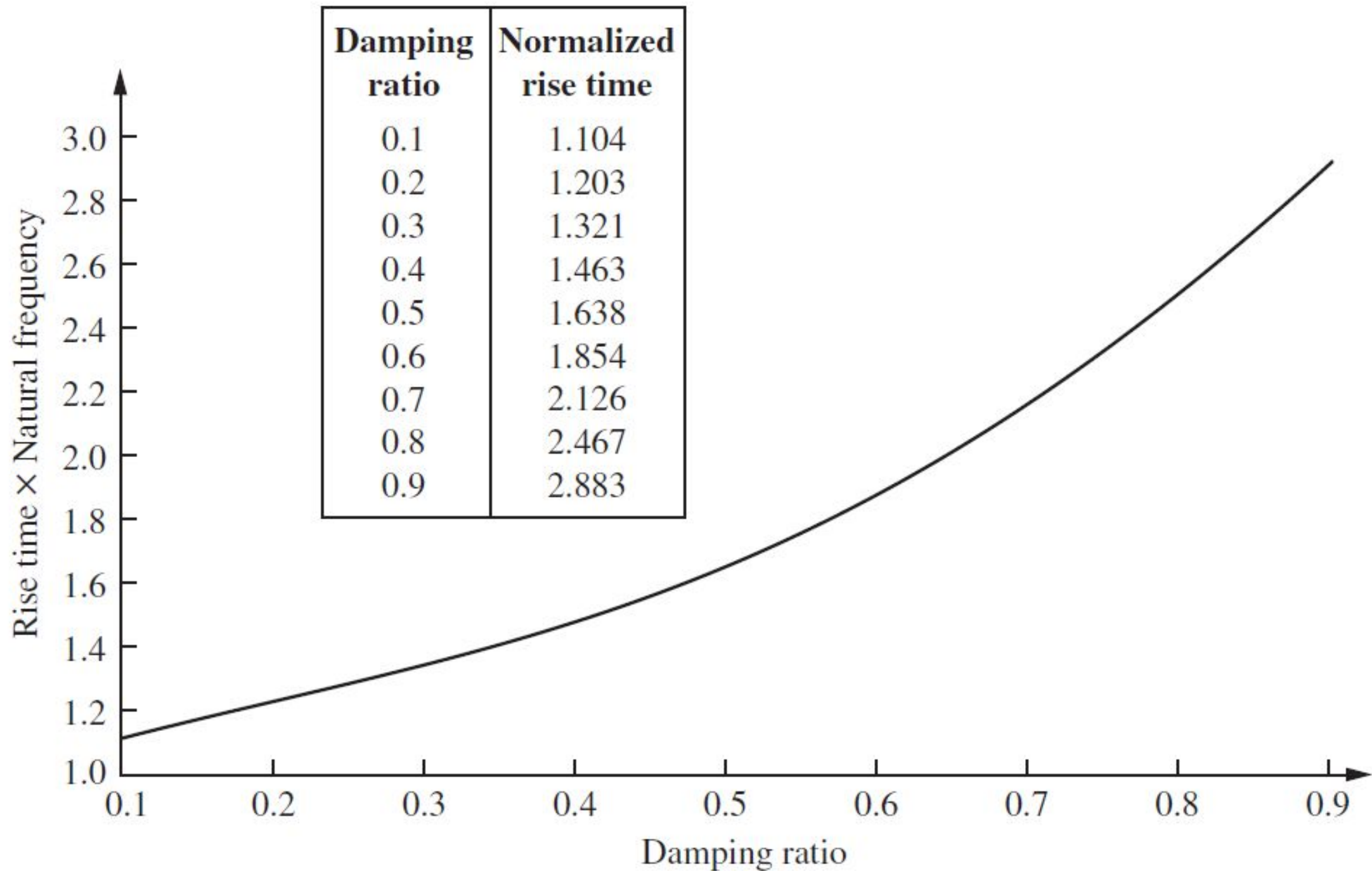
$$2\zeta\omega_n = 5$$

$$\zeta = 0.5$$

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} = 0.726 \text{ second}$$

$$\%OS = e^{-\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}} \times 100 = 16.303$$

$$T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} = 1.6 \text{ seconds}$$



Exemplo 5.4

Projeto do Ganho para Resposta Transitória

PROBLEMA: Determine o valor do ganho, K , para o sistema de controle com realimentação da Figura 5.16 de modo que o sistema responderá com uma ultrapassagem de 10 %.

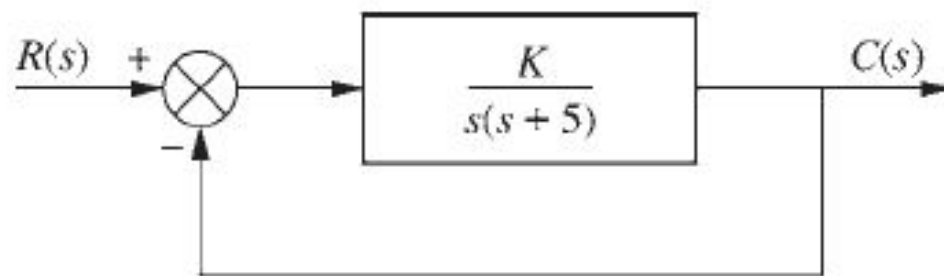


FIGURA 5.16 Sistema com realimentação para o Exemplo 5.4.

$$T(s) = \frac{K}{s^2 + 5s + K}$$

$$2\zeta\omega_n = 5$$

$$\omega_n = \sqrt{K}$$

$$\zeta = \frac{5}{2\sqrt{K}}$$

$$\zeta = 0.591$$

$$K = 17.9$$

Exercício 5.2

PROBLEMA: Para um sistema de controle com realimentação unitária com uma função de transferência do caminho à frente $G(s) = \frac{16}{s(s + a)}$, projete o valor de a para produzir uma resposta ao degrau em malha fechada que tenha 5 % de ultrapassagem.

RESPOSTA:

$$a = 5,52$$