

Capítulo 7

Erros de Estado Estacionário

Tabela 7.1

Formas de onda dos sinais de teste para o cálculo dos erros de estado estacionário em sistemas de controle de posição

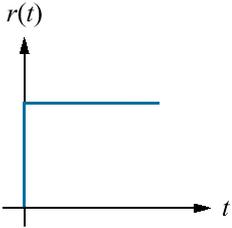
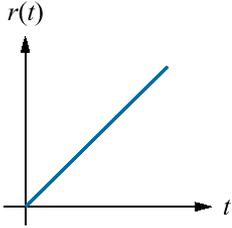
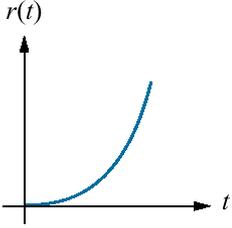
Forma de onda	Nome	Interpretação física	Função do tempo	Transformada de Laplace
	Degrau	Posição constante	1	$\frac{1}{s}$
	Rampa	Velocidade constante	t	$\frac{1}{s^2}$
	Parábola	Aceleração constante	$\frac{1}{2}t^2$	$\frac{1}{s^3}$

Fig. 7.1

As entradas de teste para análise e projeto de erro de estado estacionário variam com o tipo de alvo

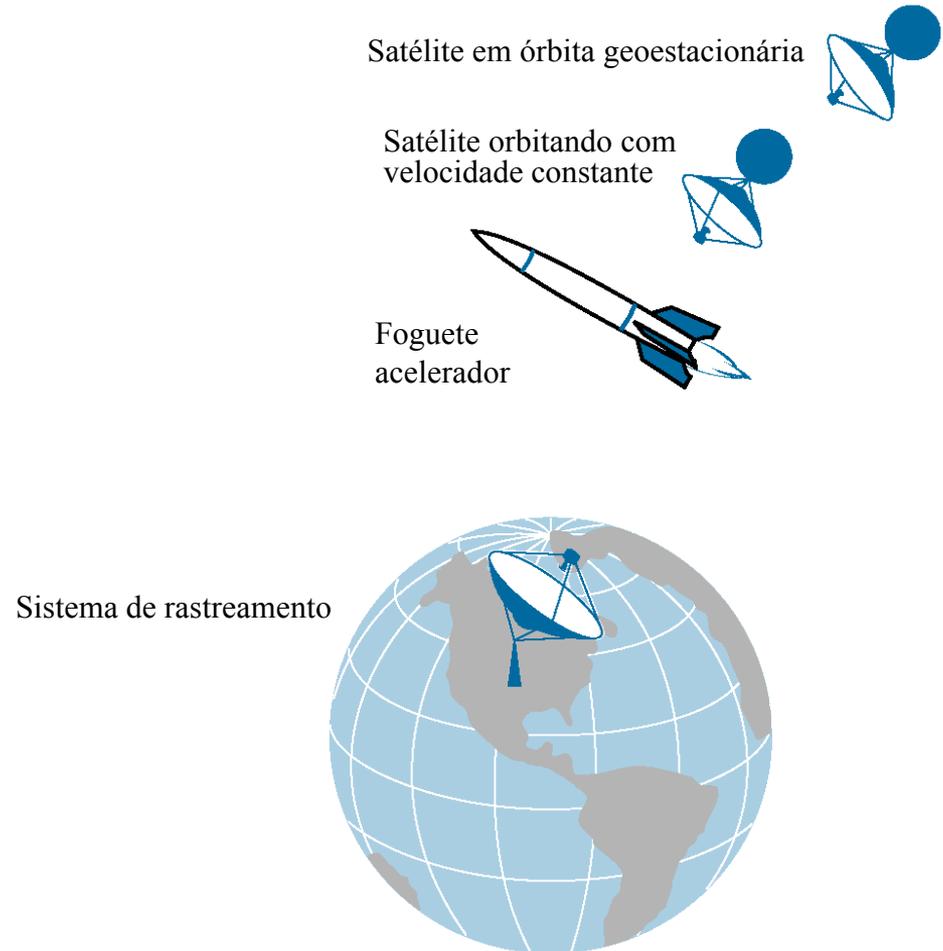


Fig. 7.2
 Erro de estado estacionário:
a. entrada em degrau;
b. entrada em rampa

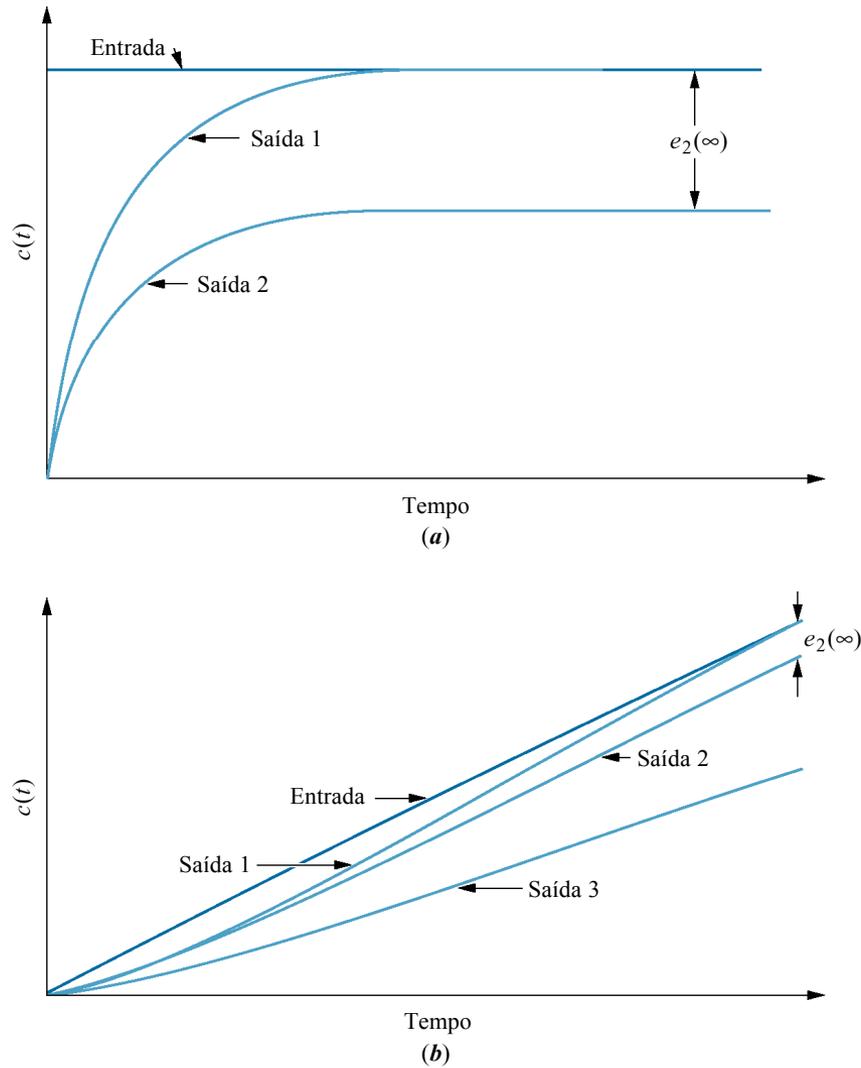
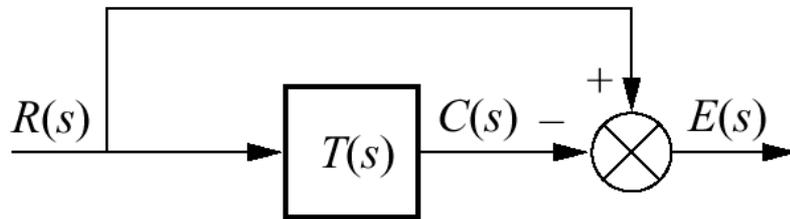


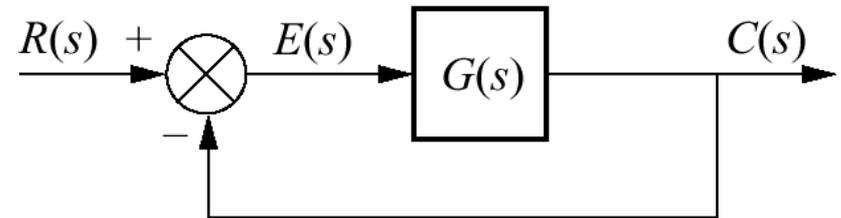
Fig. 7.3

Erro de sistema de controle a malha fechada:

- a. representação geral;
- b. representação para sistemas com retroação unitária



(a)



(b)

Fig. 7.4

Sistemas com:

a. erro de estado estacionário finito para uma entrada em degrau;

b. erro de estado estacionário nulo para uma entrada em degrau

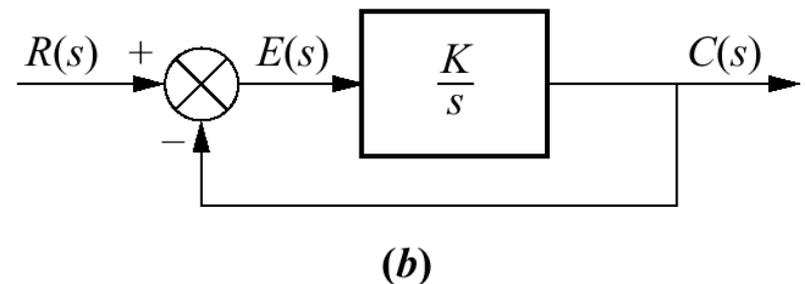
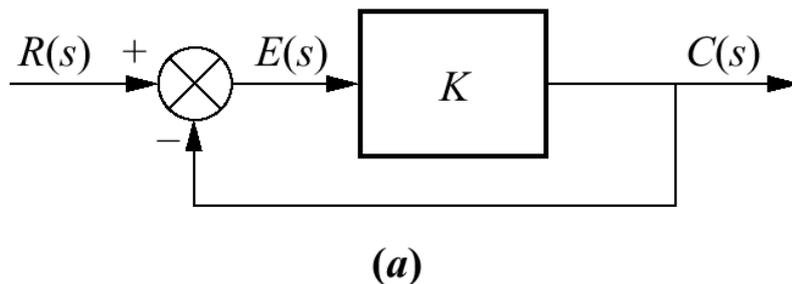


Fig. 7.5

Sistema de controle com retroação para o Exemplo 7.2

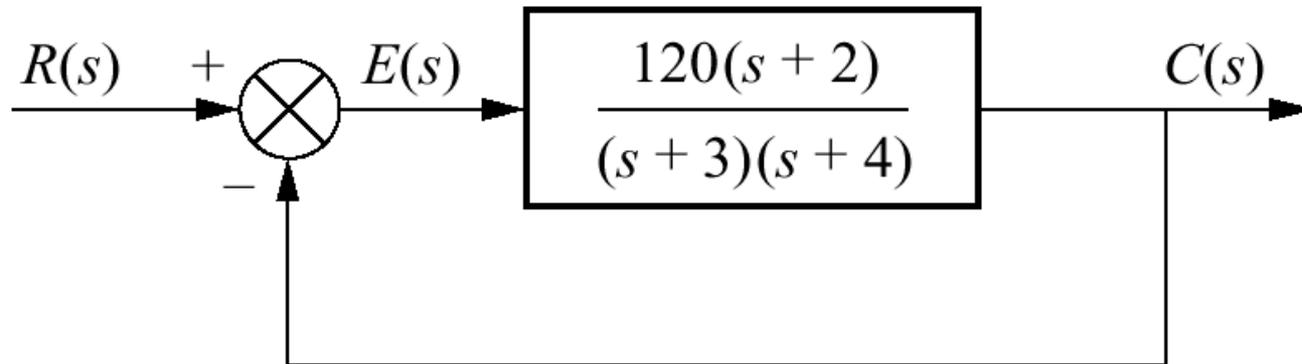


Fig. 7.6

Sistema de controle com retroação para o Exemplo 7.3

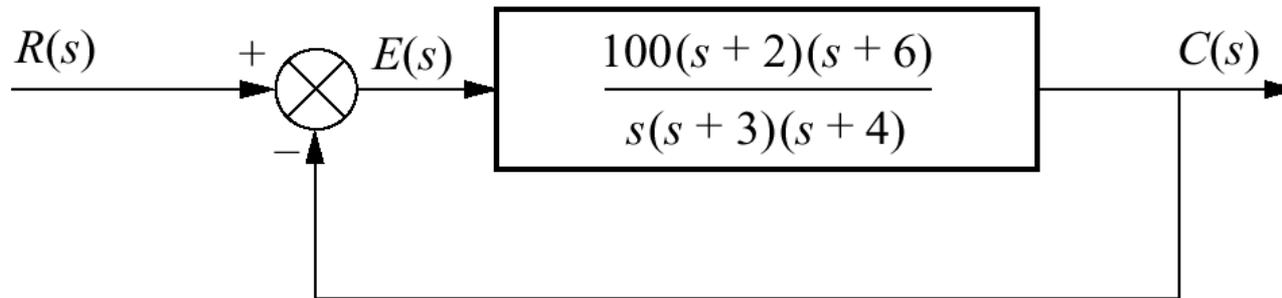
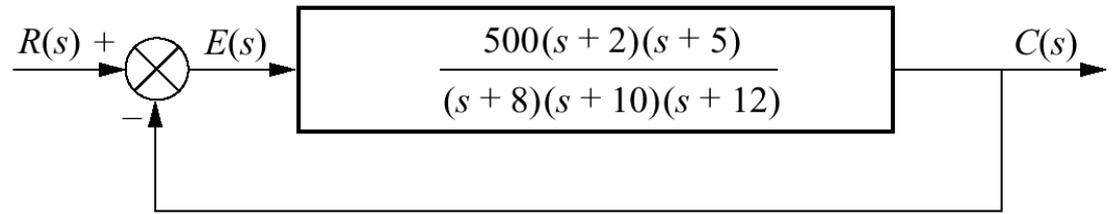
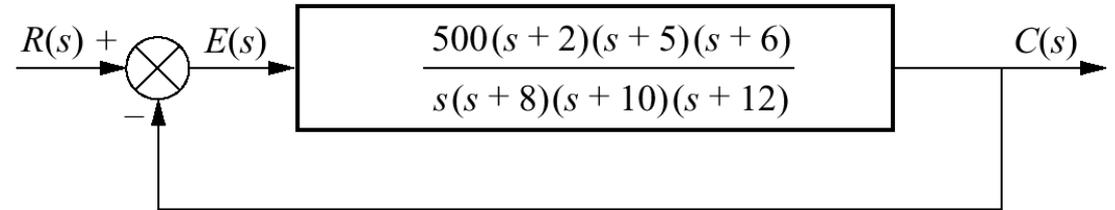


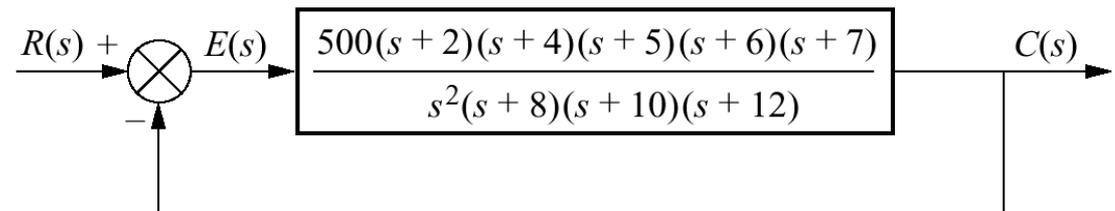
Fig. 7.7
 Sistemas de controle com retroação para o Exemplo 7.4



(a)



(b)



(c)

Fig. 7.8

Sistema de controle com retroação para definição do tipo de sistema

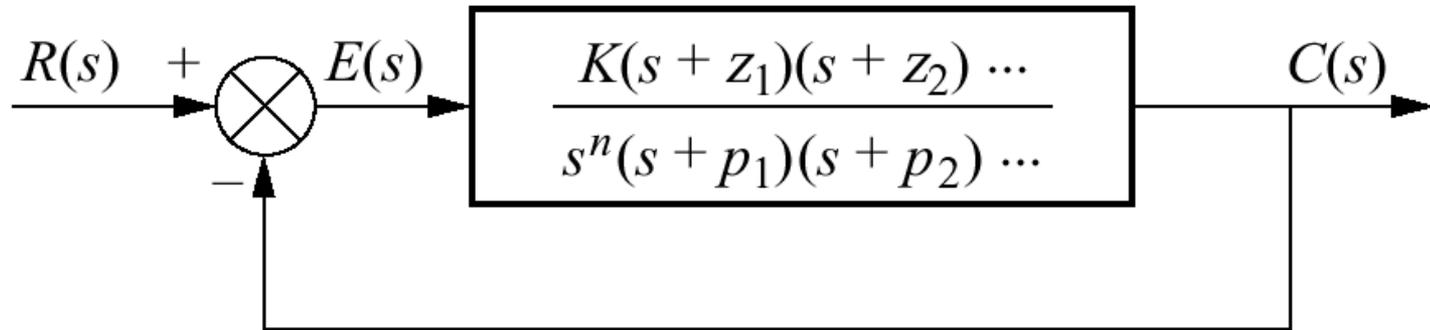


Tabela 7.2

Relações entre entrada, tipo de sistema, constante de erro estático e erro de estado estacionário

Entrada	Expressão do erro estacionário	Tipo 0		Tipo 1		Tipo 2	
		Constante de erro estacionário	Erro	Constante de erro estacionário	Erro	Constante de erro estacionário	Erro
Degrau, $u(t)$	$\frac{1}{1 + K_p}$	$K_p =$ Constante	$\frac{1}{1 + K_p}$	$K_p = \infty$	0	$K_p = \infty$	0
Rampa, $tu(t)$	$\frac{1}{K_v}$	$K_v = 0$	∞	$K_v =$ Constante	$\frac{1}{K_v}$	$K_v = \infty$	0
Parábola, $\frac{1}{2}t^2u(t)$	$\frac{1}{K_a}$	$K_a = 0$	∞	$K_a = 0$	∞	$K_a =$ Constante	$\frac{1}{K_a}$

Fig. 7.9

Robô usado na fabricação de memórias de acesso aleatório (RAMs) em semicondutor semelhantes às utilizadas nos computadores pessoais. O erro de estado estacionário constitui uma consideração importante no projeto de robôs para linhas de montagem.



© Westlight/ Charles O'Rear.

Fig. 7.10

Sistema de controle com retroação para o Exemplo 7.6

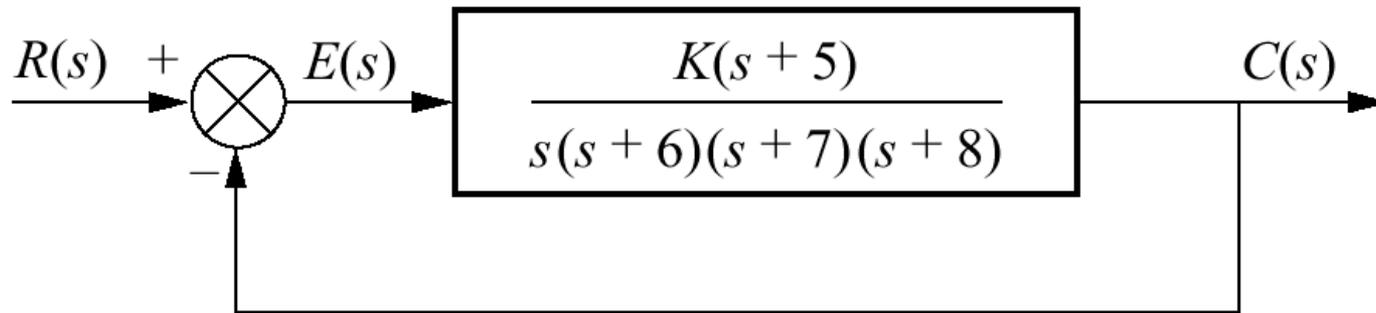


Fig. 7.11

Sistema de controle com retroação com perturbação

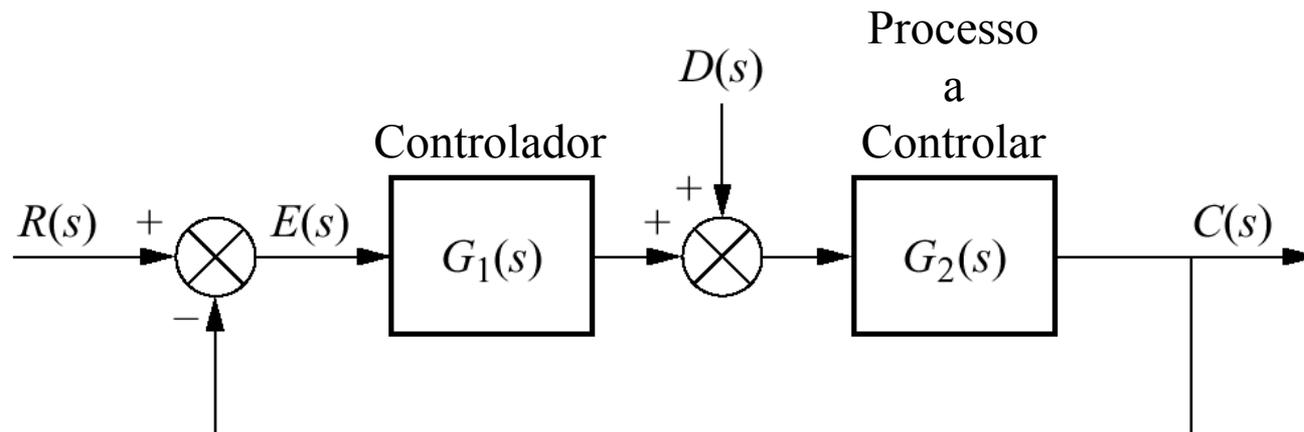


Fig. 7.12

Sistema da Fig. 7.11 rearrumado para mostrar a perturbação como entrada e o erro como saída, com $R(s) = 0$

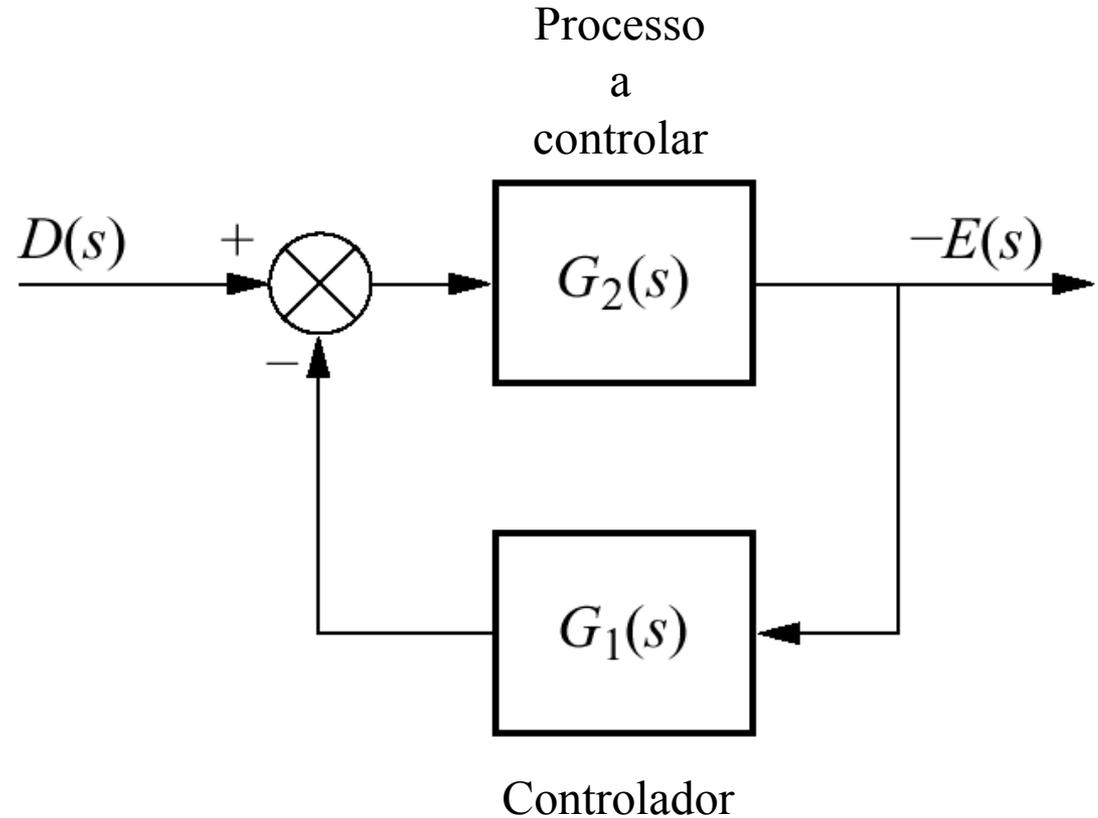


Fig. 7.13

Sistema de controle com retroação para o Exemplo 7.7

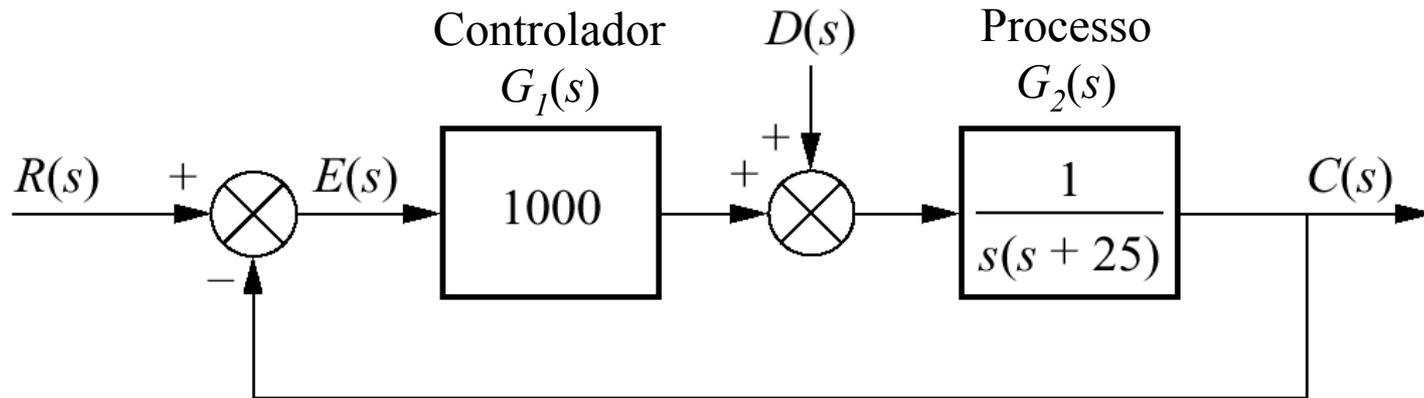


Fig. 7.14

Sistema para o Exercício de Avaliação 7.4

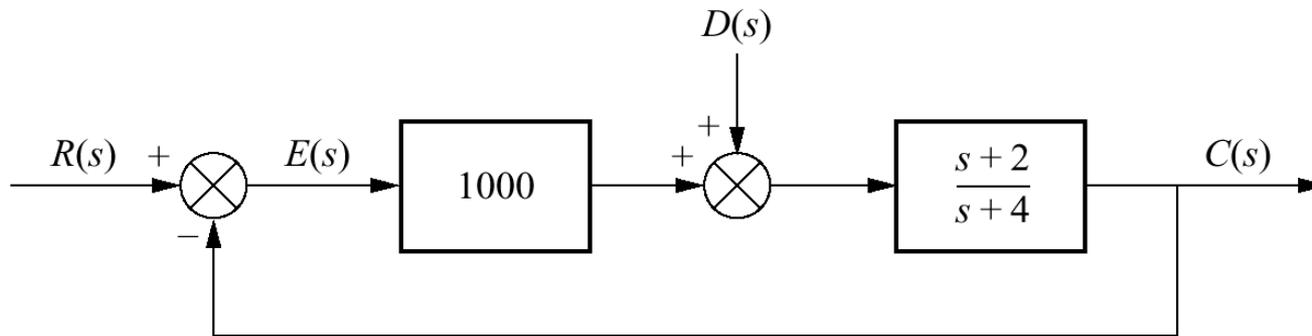


Fig. 7.15

Formando um sistema com retroação unitária equivalente a partir de um sistema geral com retroação não-unitária

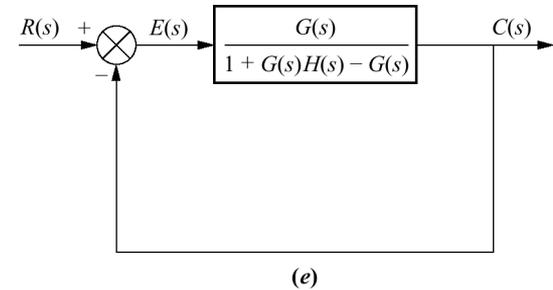
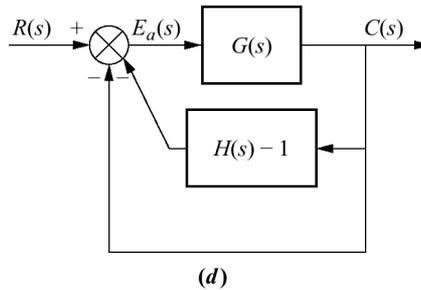
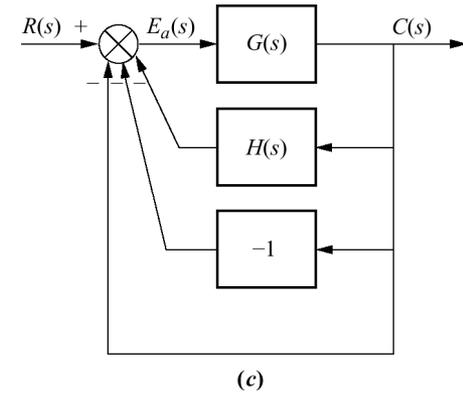
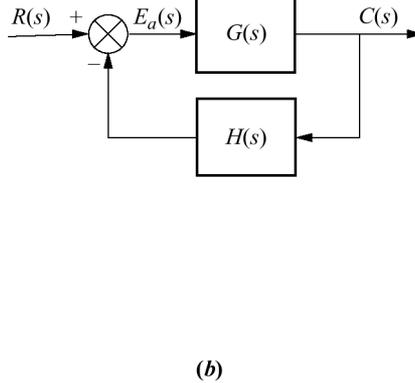
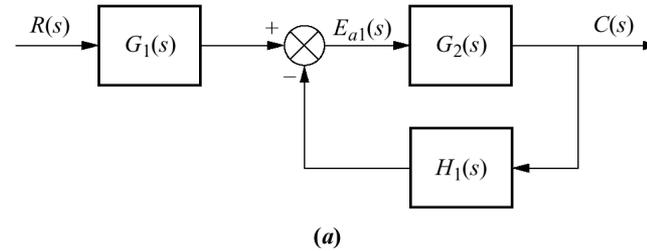


Fig. 7.16

Sistema de controle com retroação não-unitária para o Exemplo 7.8

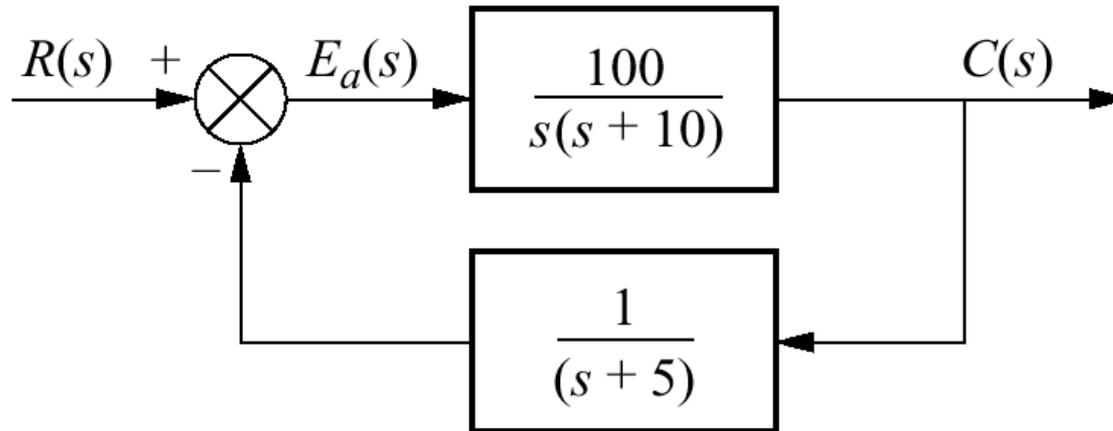


Fig. 7.17

Sistema de controle com retroação não-unitária com perturbação

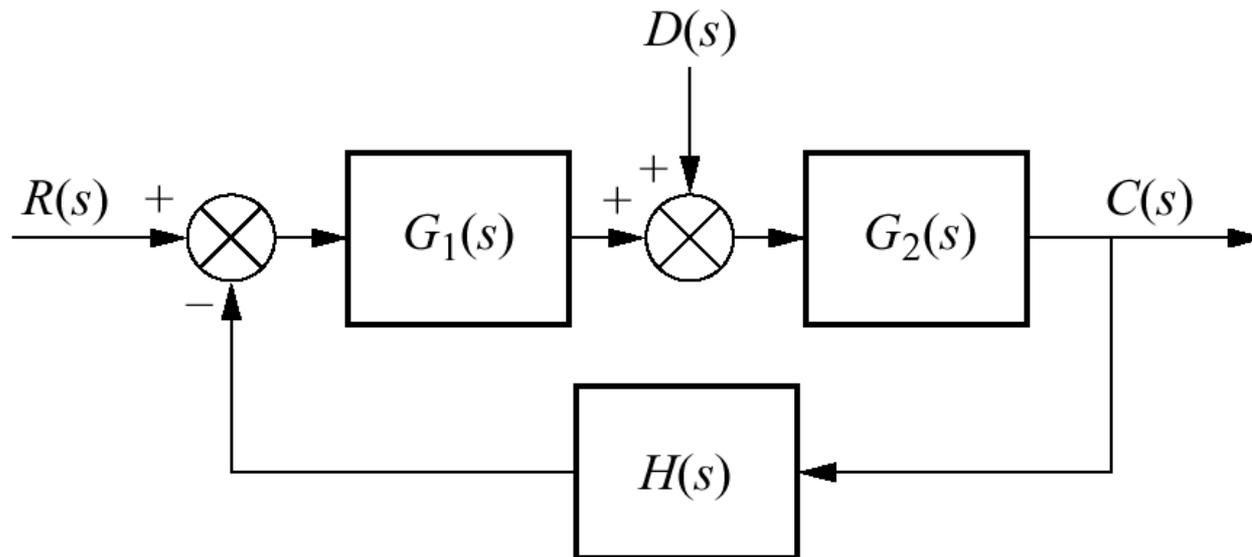


Fig. 7.18

Sistema com retroação não-unitária para o Exercício de Avaliação 7.5

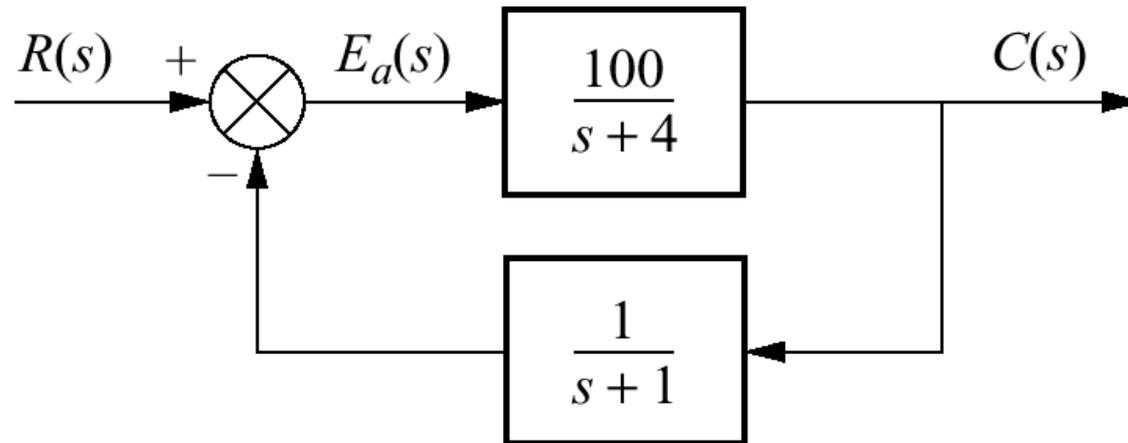


Fig. 7.19

Sistema de controle com retroação não-unitária para os Exemplos 7.10 e 7.11

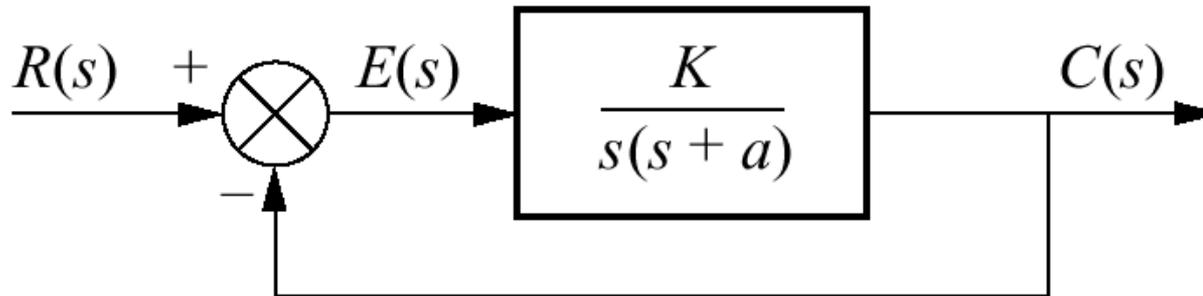


Fig. 7.20

Sistema de controle com retroação não-unitária para o Exemplo 7.12

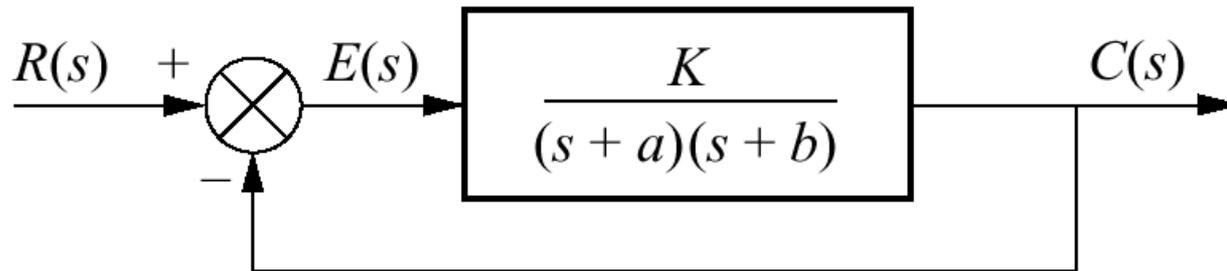


Fig. 7.21

Sistema para o
Exercício de
Avaliação 7.6

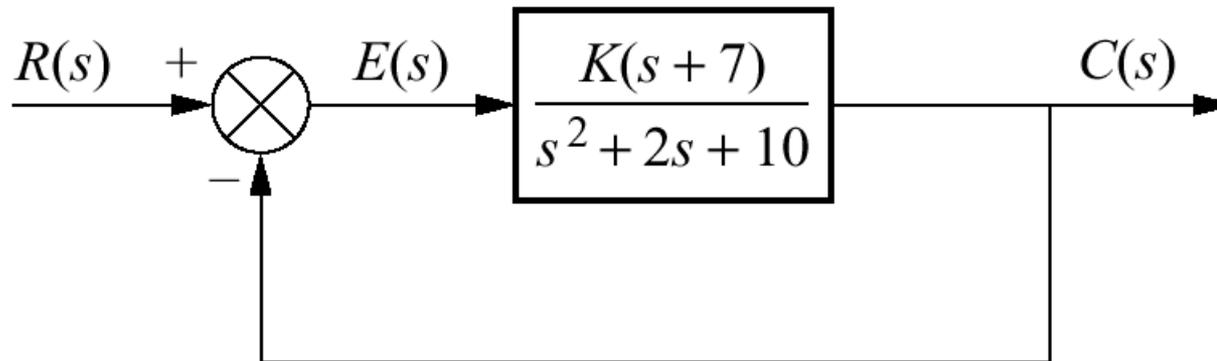


Fig. 7.22

Gravação de videodisco a laser:
sistema de controle de foco do
feixe de gravação

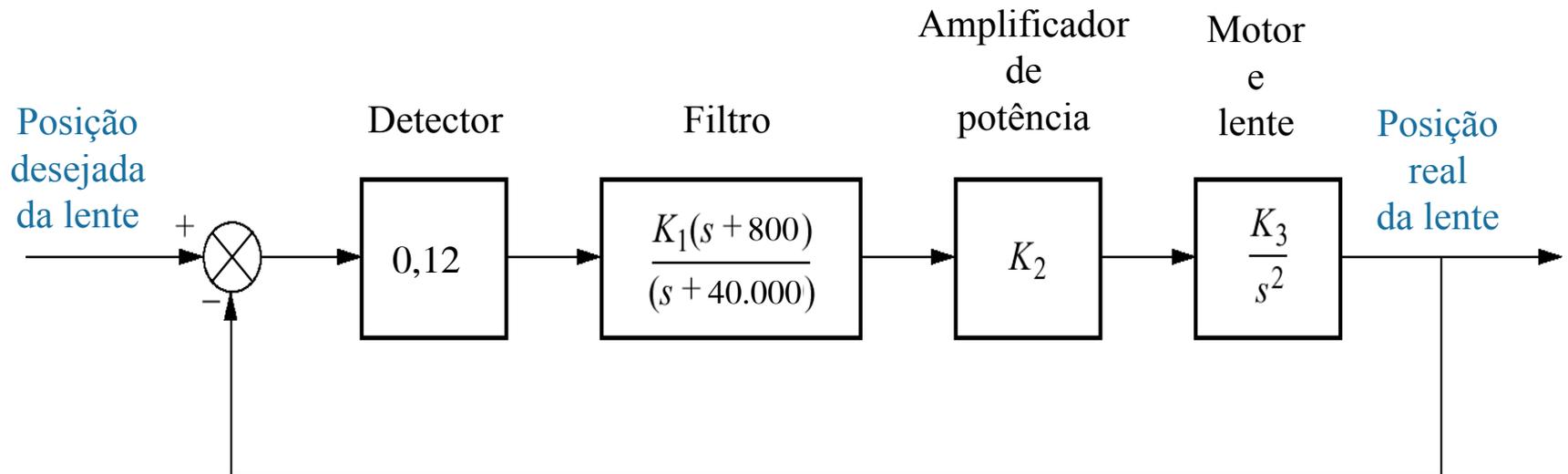
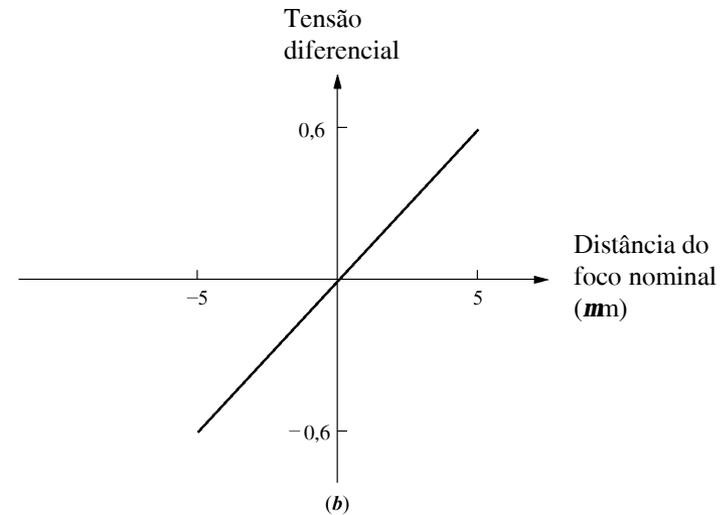
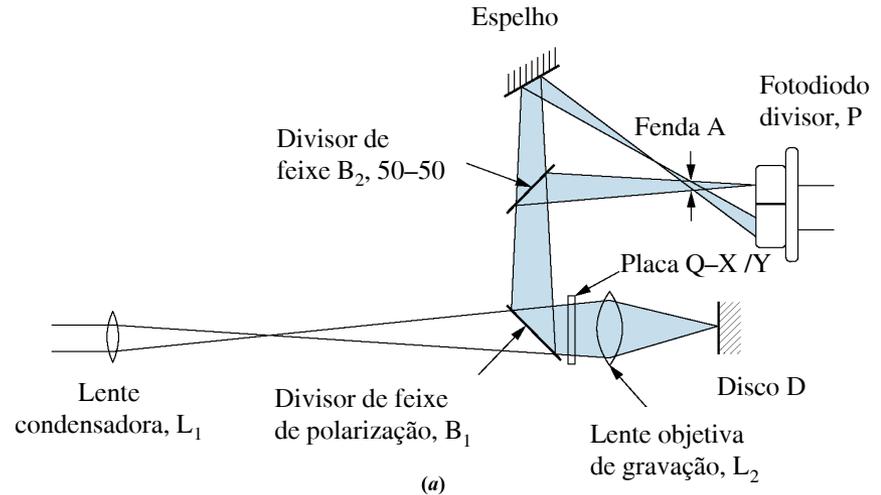


Fig. 7.23
 Gravação de videodisco a laser:
a. óptica do detector de foco;
b. função de transferência linearizada para o detector de foco



© 1985, Prentice Hall, Inc.

Fig. 7.24

Sistema de foco de gravação em videodisco a laser

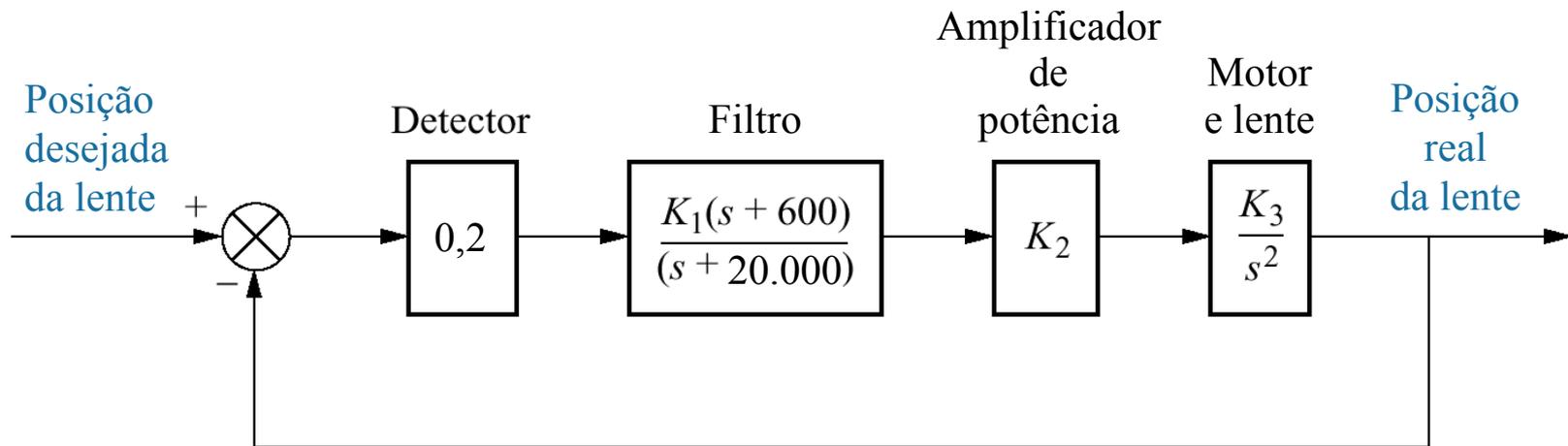


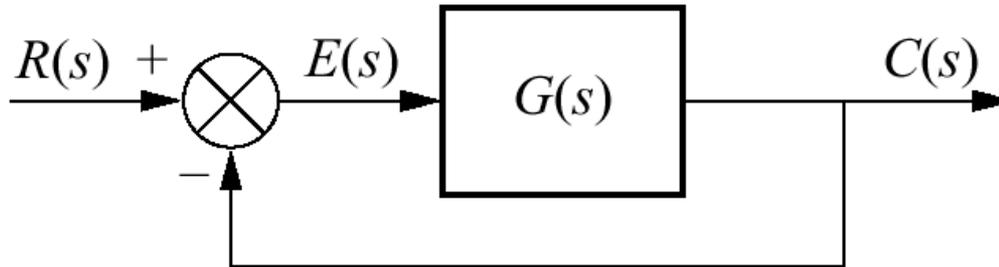
Fig. P7.1

Fig. P7.2

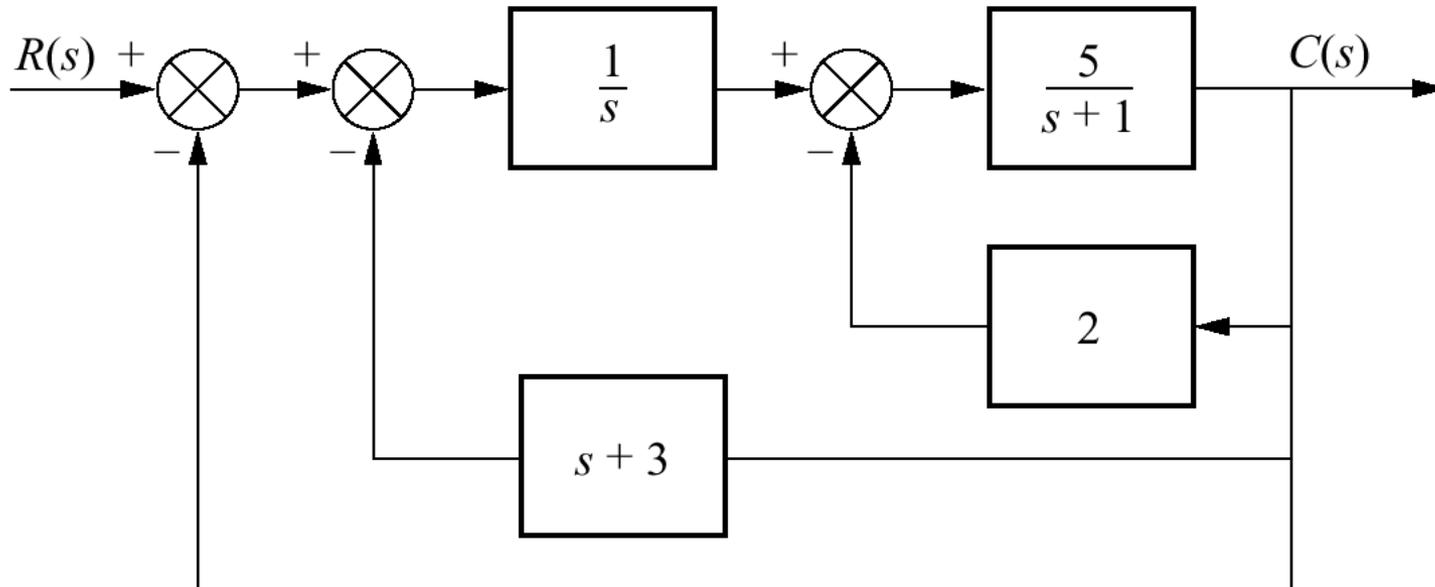


Fig. P7.3

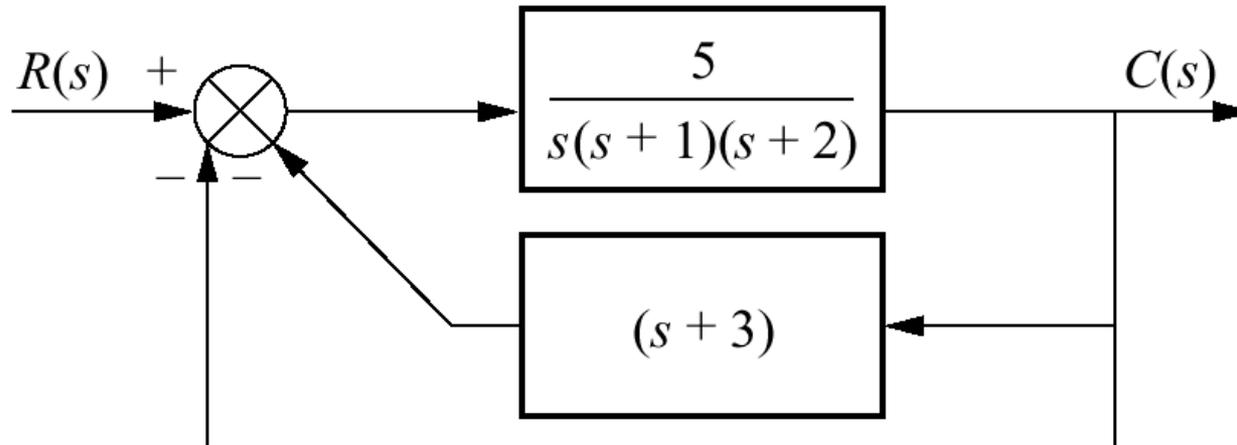


Fig. P7.4

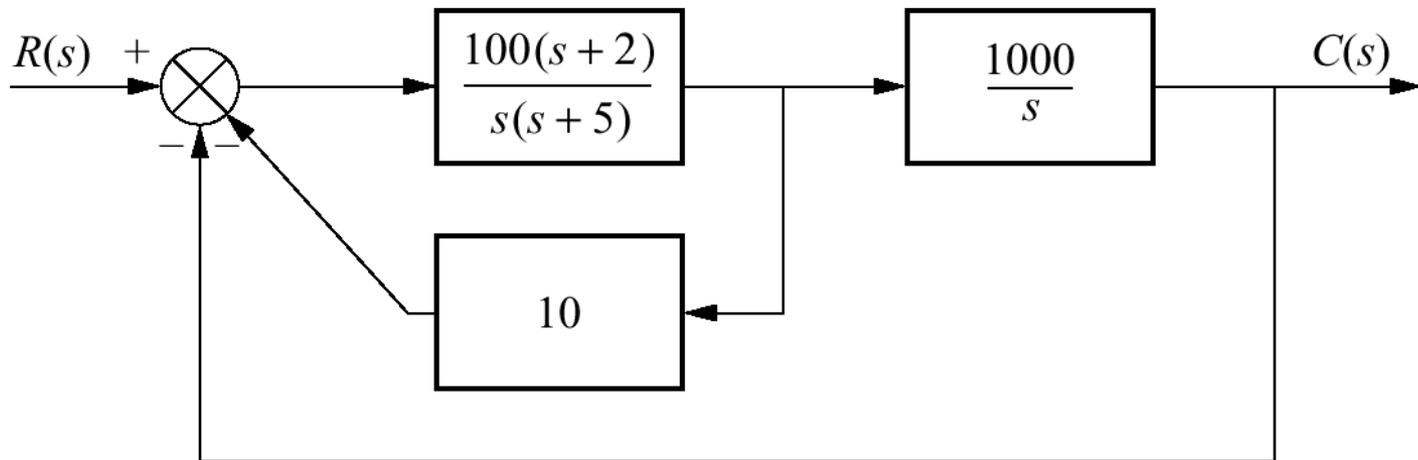


Tabela P7.1

		Tipo		
		0	1	2
Entrada	Degrau			
	Rampa			
	Parábola			

Fig. P7.5

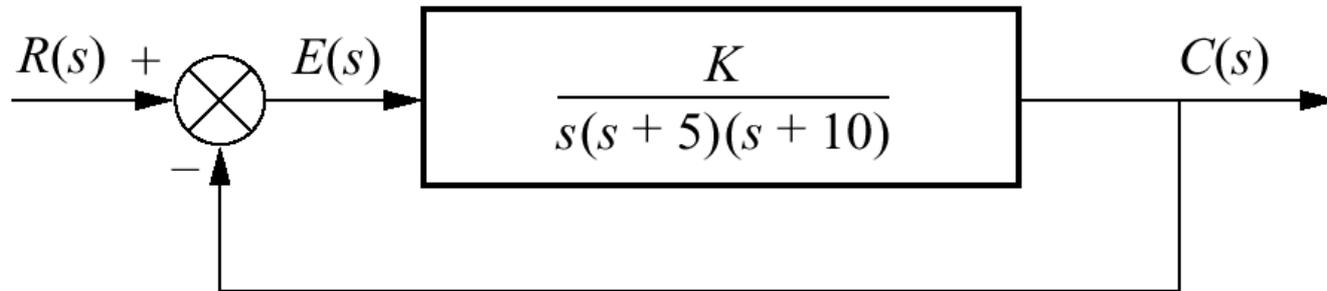


Fig. P7.6

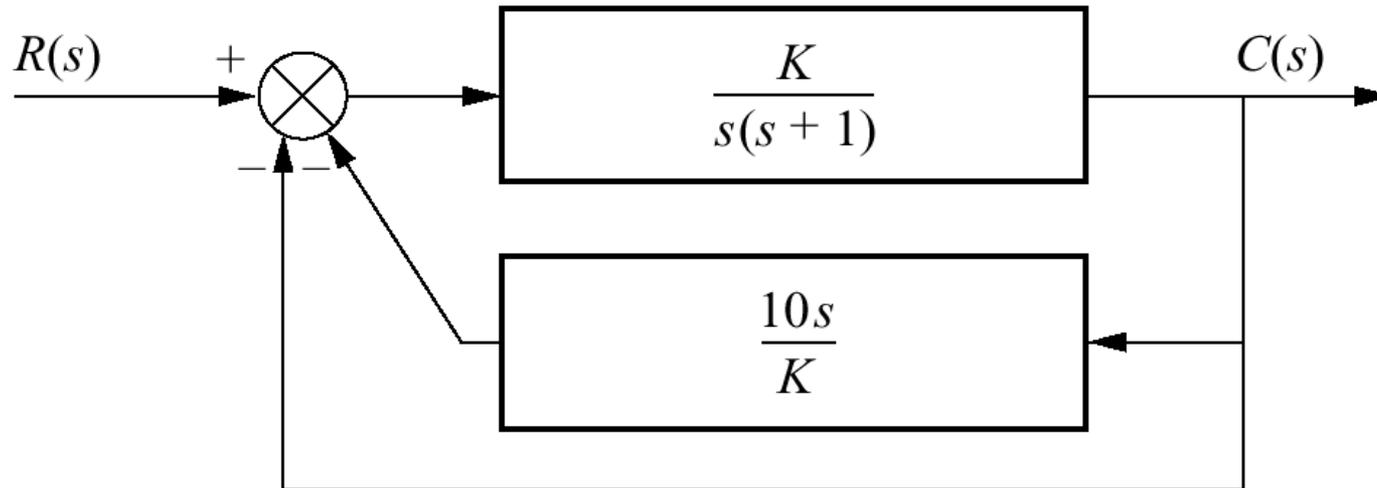


Fig. P7.7

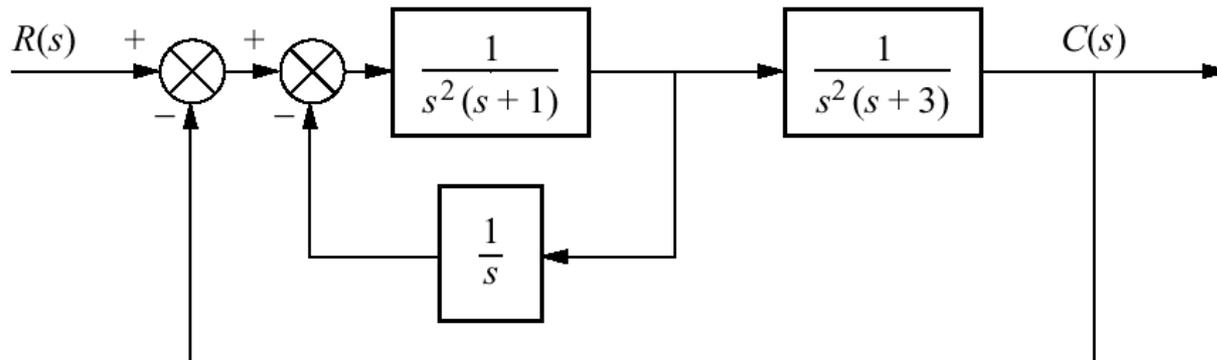


Fig. P7.8

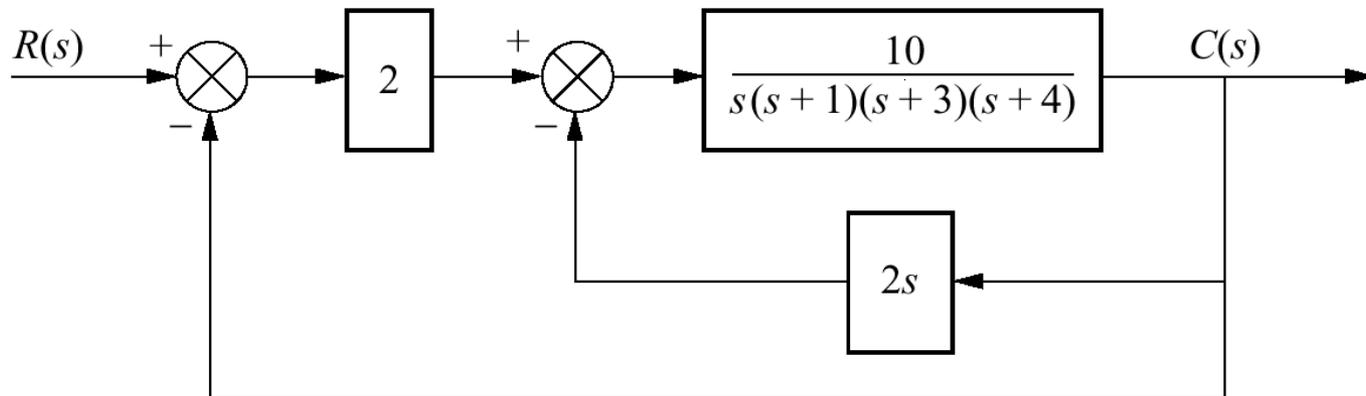


Fig. P7.9

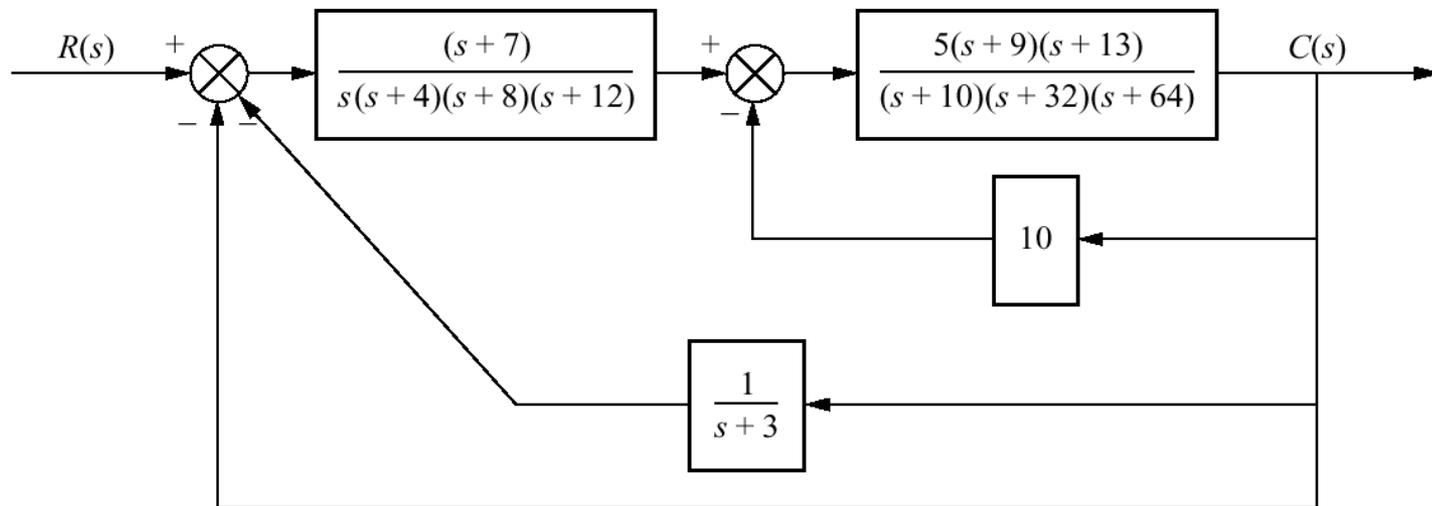


Fig. P7.10

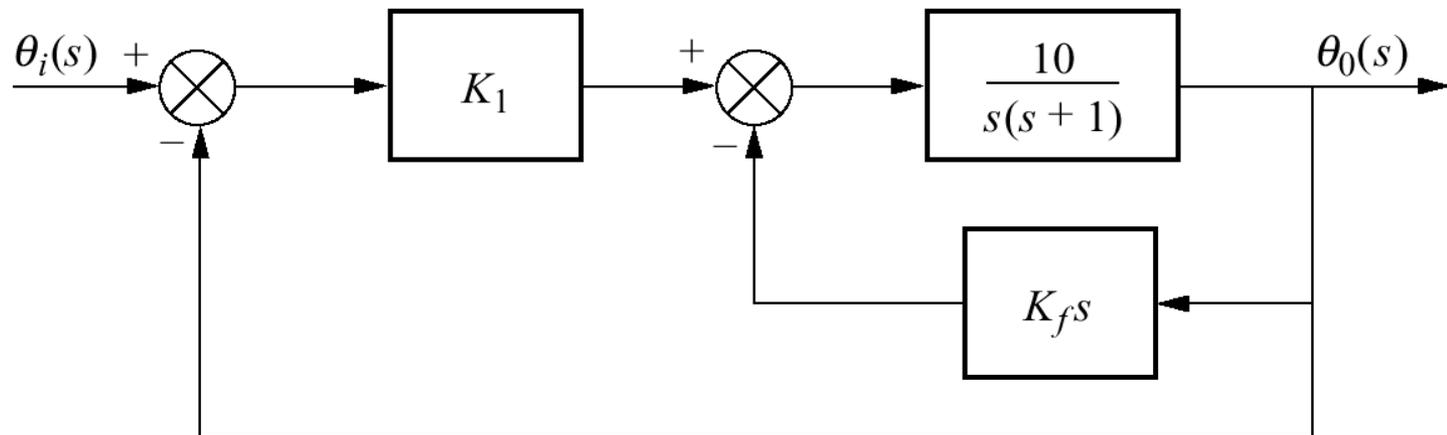


Fig. P7.11

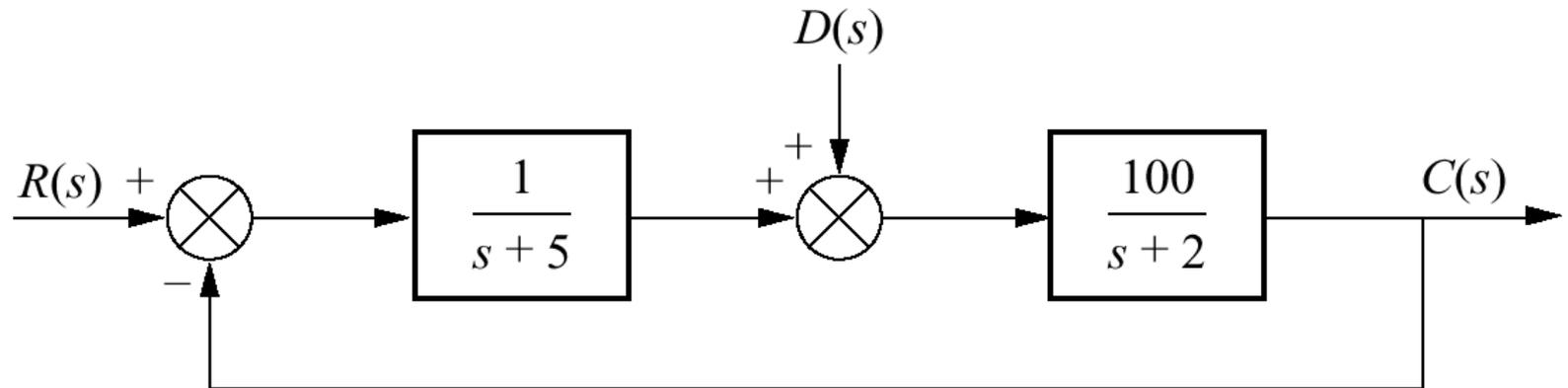


Fig. P7.12

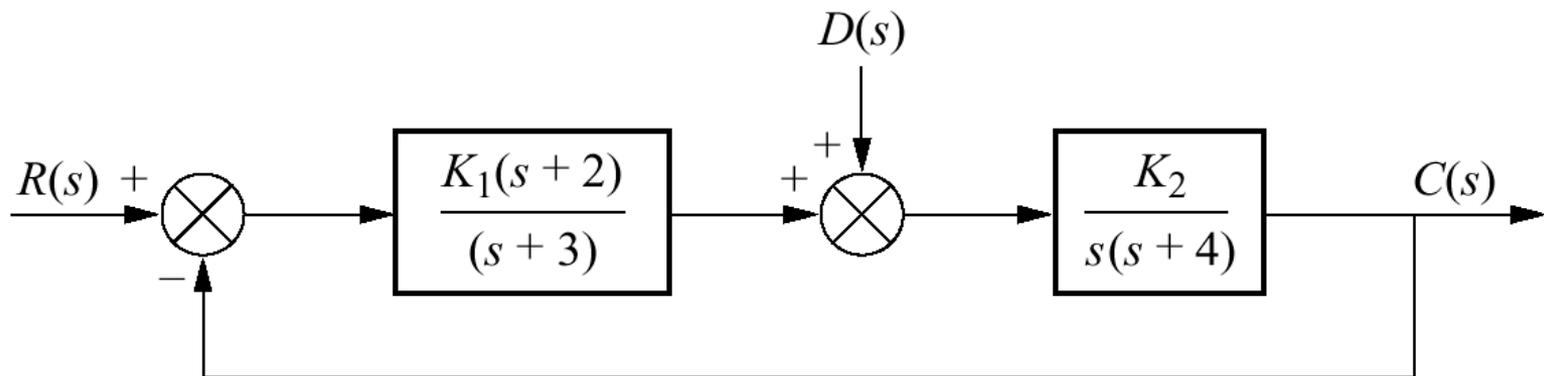
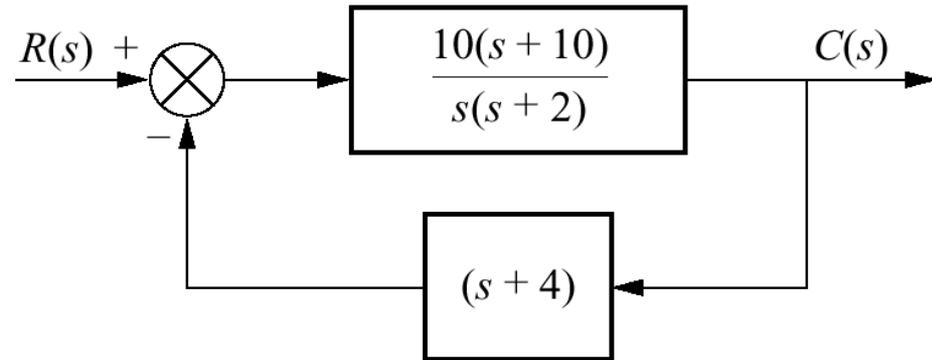
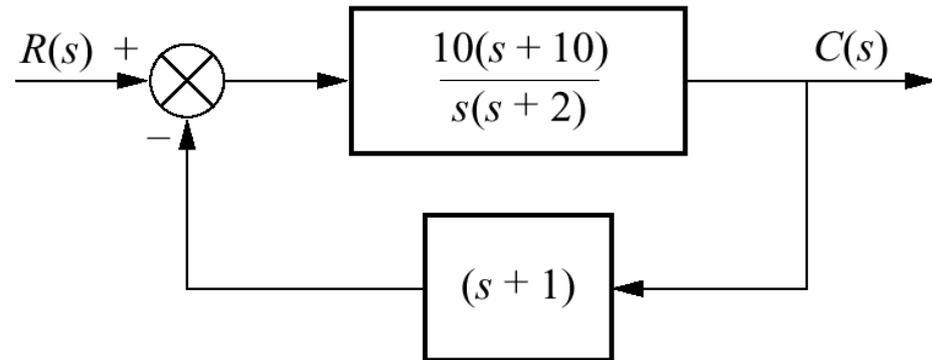


Fig. P7.13
 Sistemas de controle com retroação não-unitária



Sistema 1



Sistema 2

Fig. P7.14

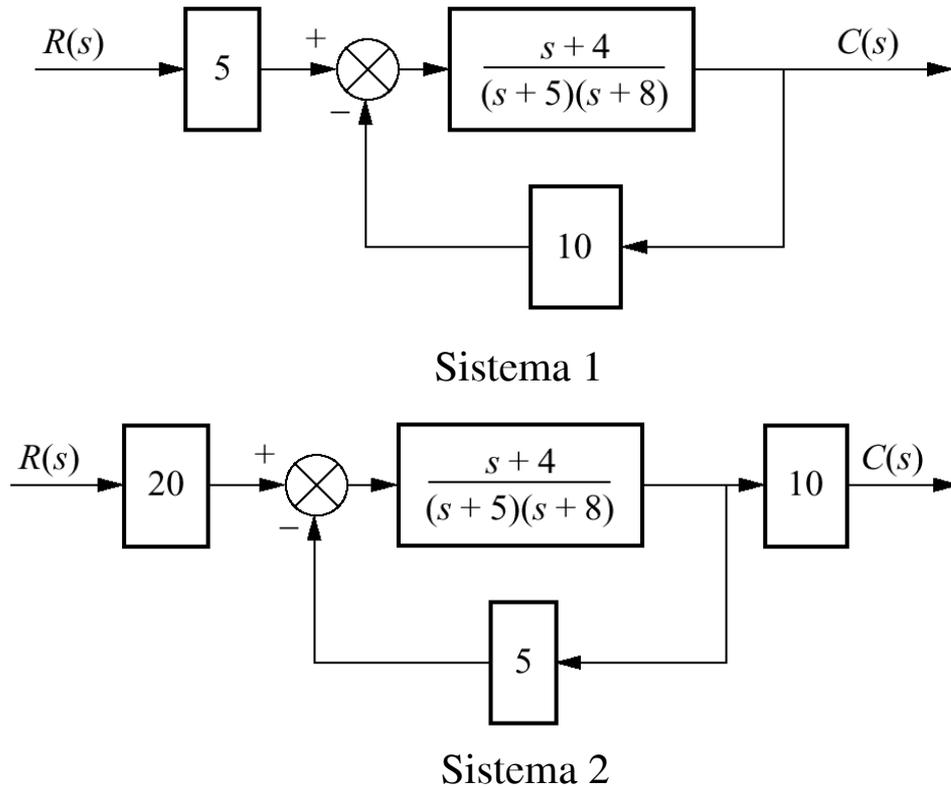


Fig. P7.15

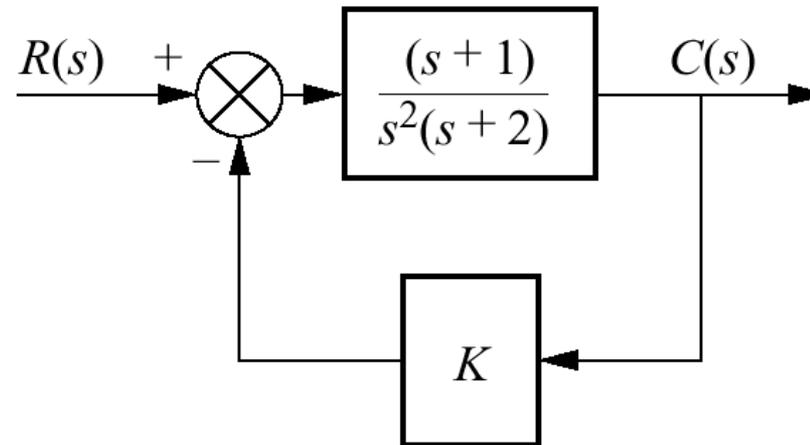


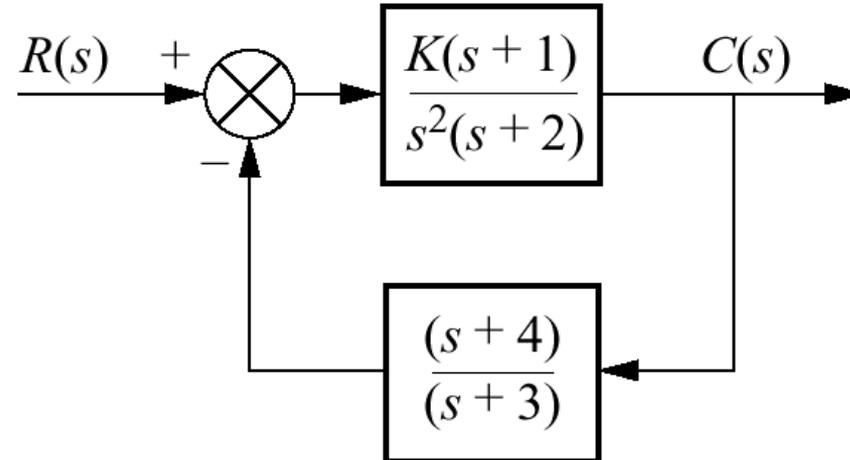
Fig. P7.16

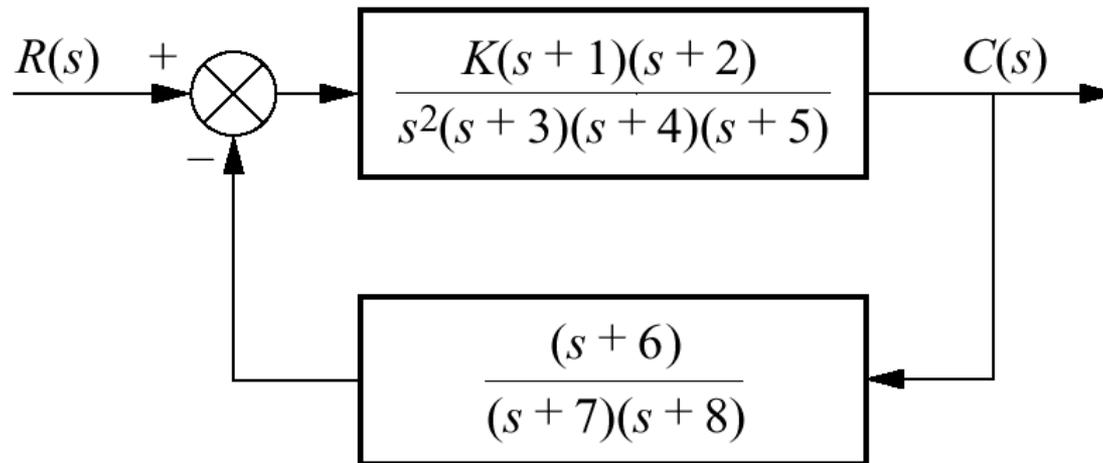
Fig. P7.17

Fig. P7.18

Sistema com entrada e perturbação

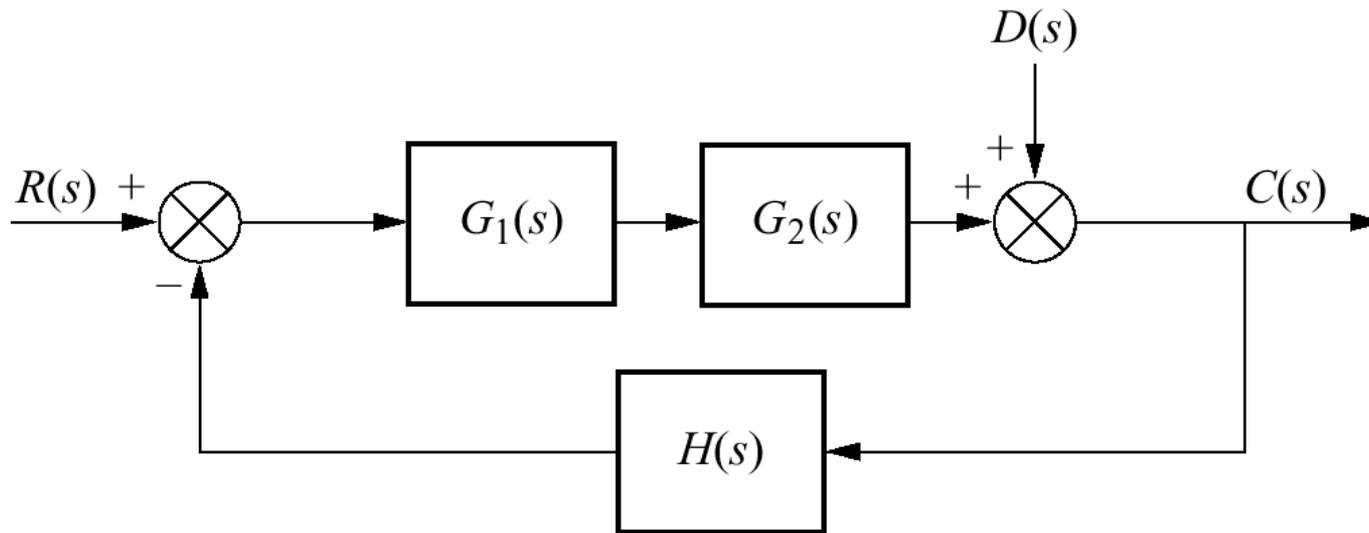


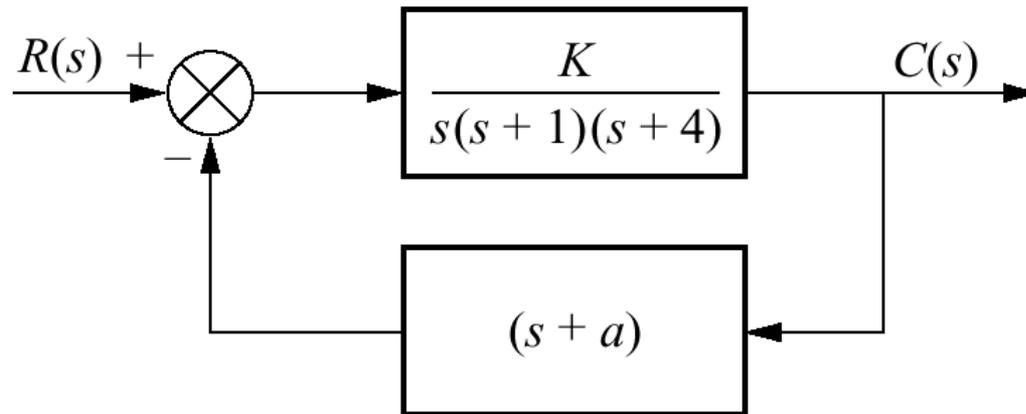
Fig. P7.19

Fig. P7.20

Sistema com entrada e perturbação

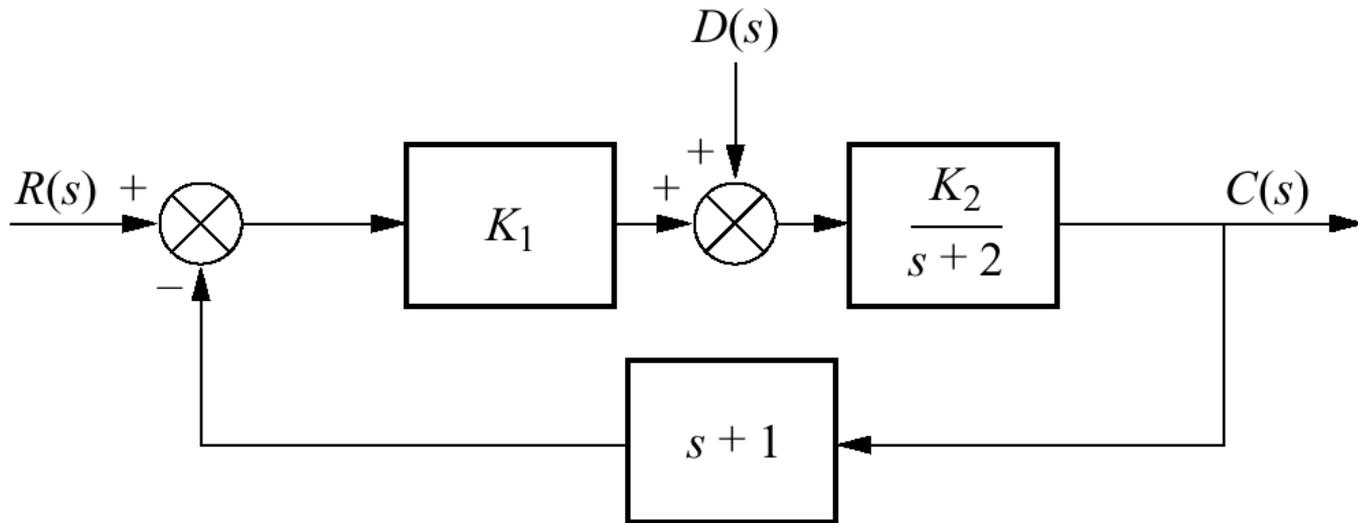


Fig. P7.21

Sistema de direção de um automóvel
a. sistema de controle de deslocamento;
b. malha de controle de velocidade

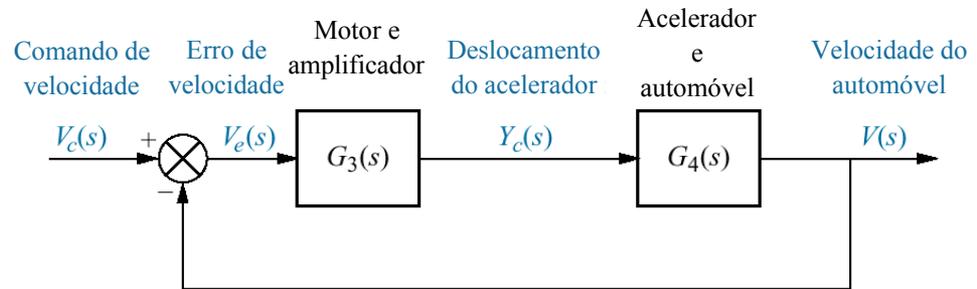
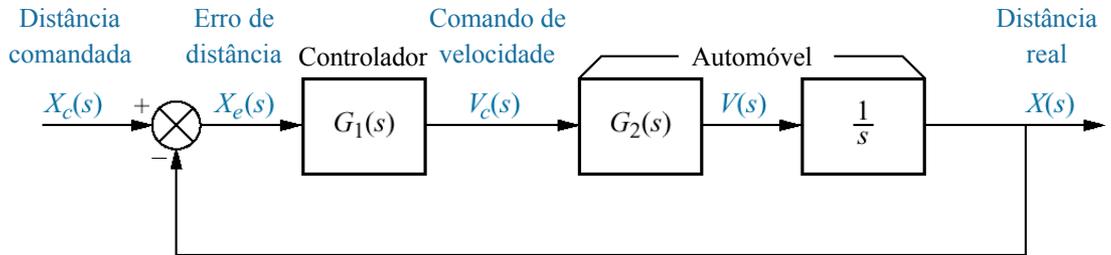


Fig. P7.22

Diagrama de blocos de um analisador paramagnético de oxigênio

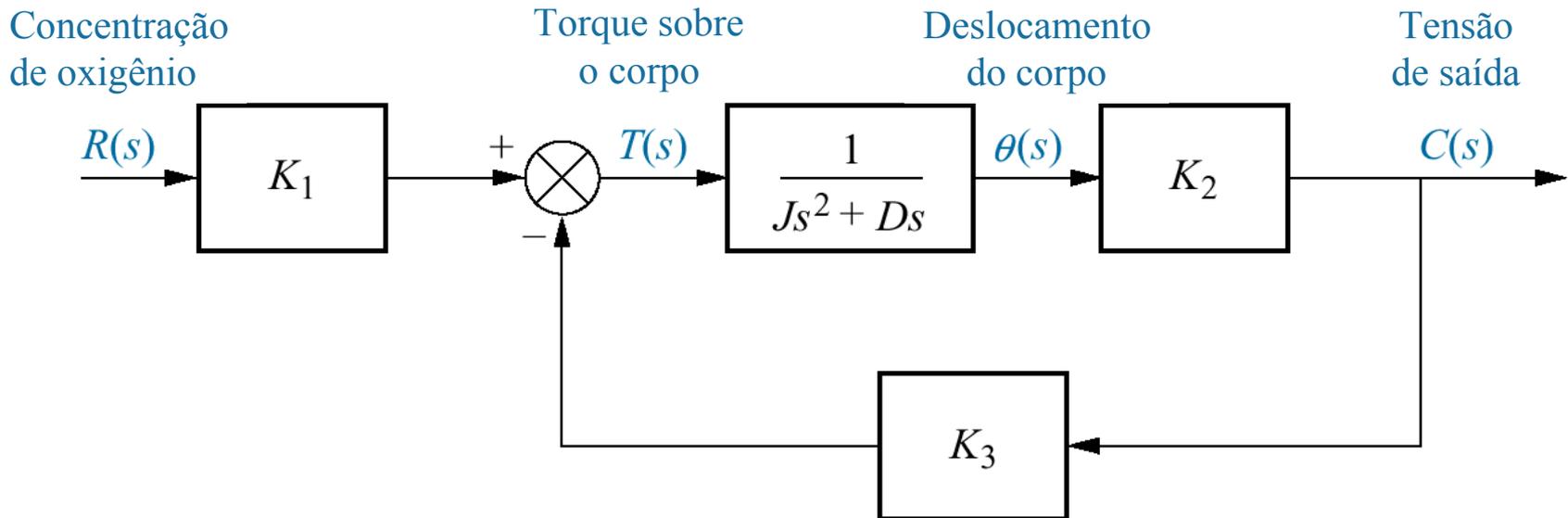
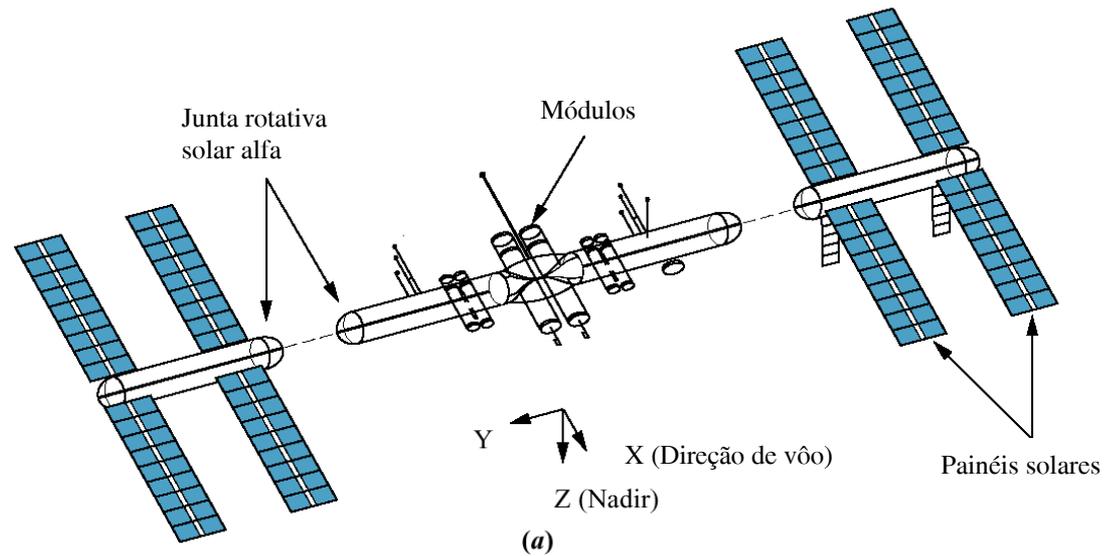


Fig. P7.23
 Estação espacial
 Freedom:
 a. configuração
 (A figura continua)



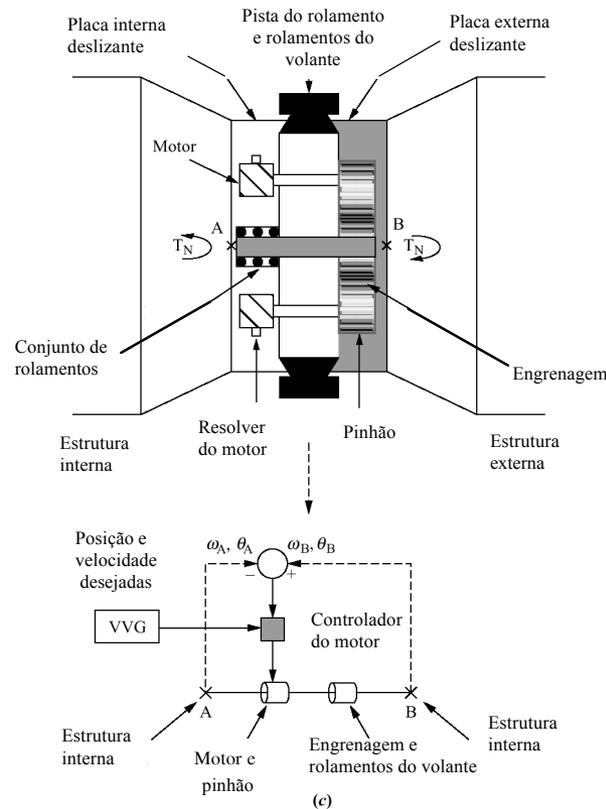
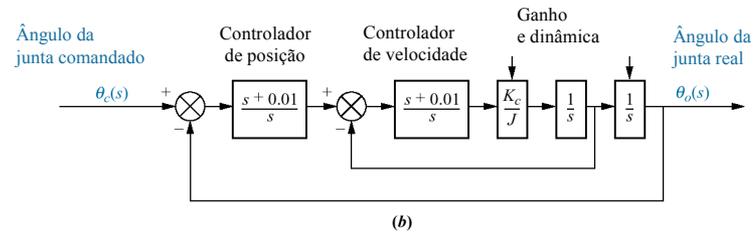
© 1992 AIAA.

Fig. P7.23

(continuação)

b. diagrama de blocos simplificado;

c. cadeia de acionamento da junta alfa e sistema de controle



© 1992 AIAA.

Fig. P7.24

Sistema de controle de posição

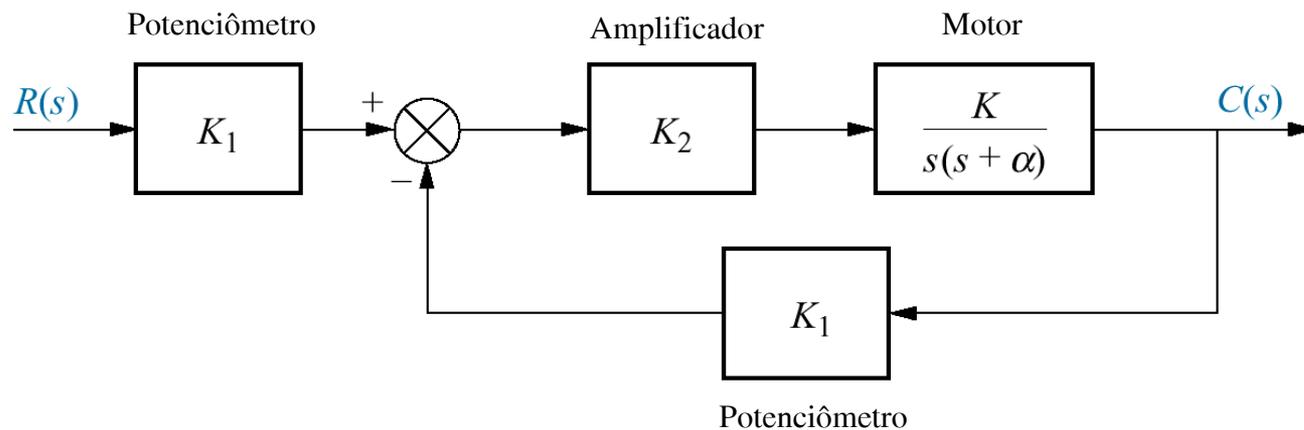


Fig. P7.25

Barco rastreado pelo radar do navio

- a. arranjo físico;
- b. diagrama de blocos do sistema de rastreamento

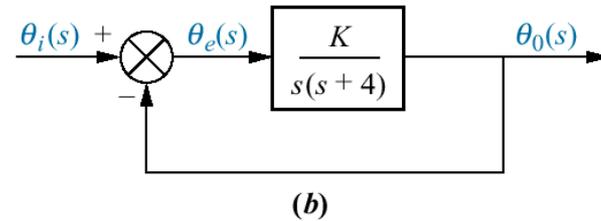
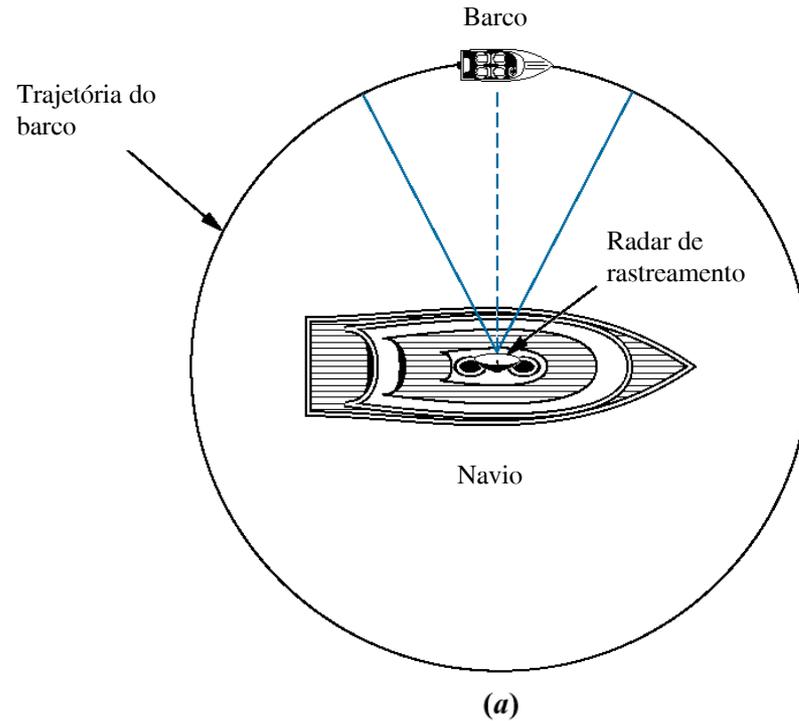


Fig. P7.26

Diagrama de blocos simplificado de um piloto na malha de controle (© 1992 AIAA)

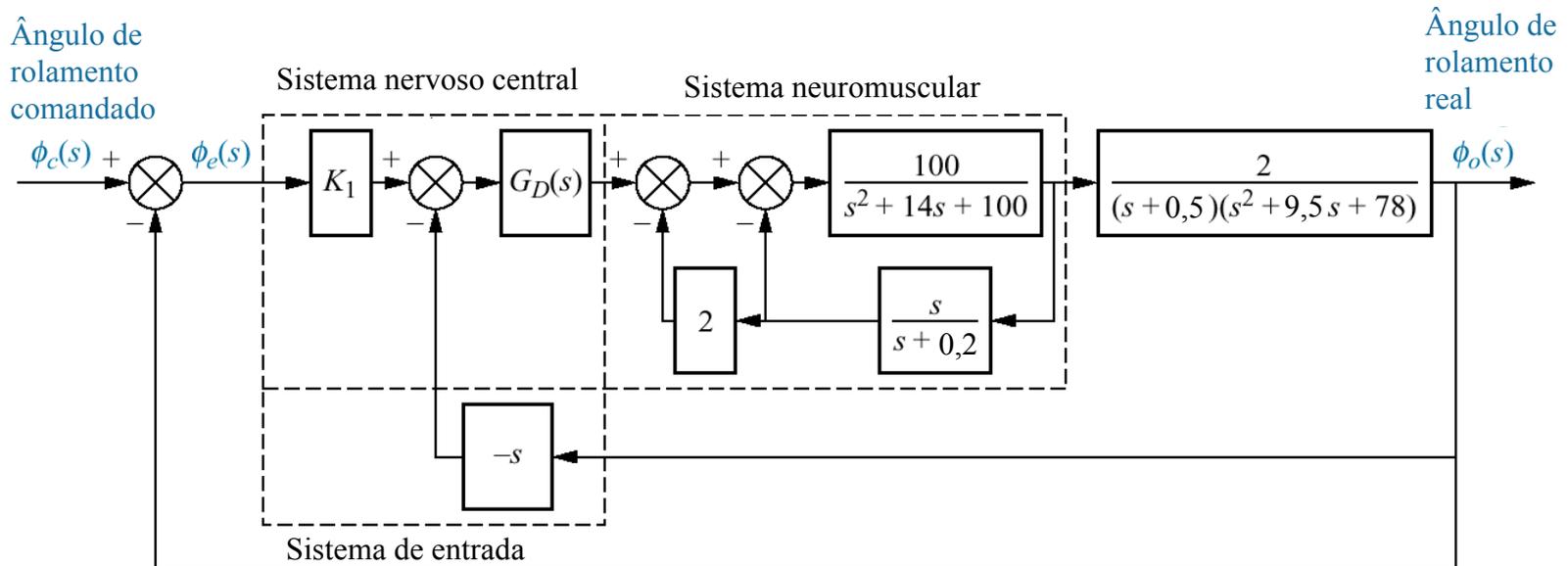


Fig. P7.27

a. Malha de controle mecânico de força de movimento com contato

(© 1996 IEEE);

b. diagrama de blocos (© 1996 IEEE)

