

Diagrama de Blocos

Prof. Nilo Rodrigues

Sistemas de Controle e Automação

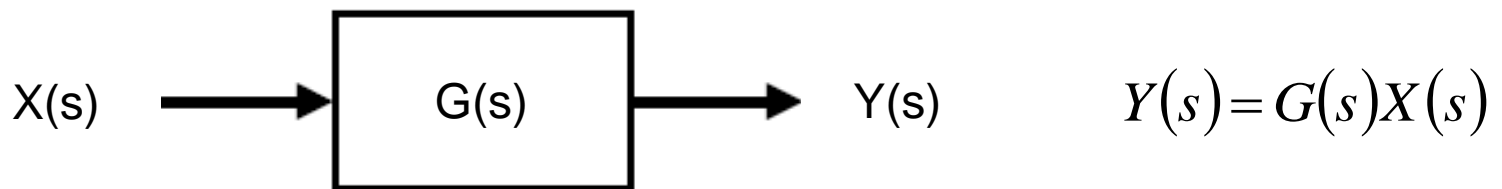


Universidade de Fortaleza

Centro de Ciências Tecnológicas

Introdução

- Um sistema de controle tem vários componentes. Para mostrar as funções que são executadas por cada um desses componentes e o fluxo de sinais entre eles se utiliza o **diagrama de blocos**.
- O bloco é um **símbolo** da operação matemática que é aplicada ao sinal de entrada, produzindo o sinal de saída. O bloco que representa as funções de transferência operam como **multiplicadores** do sinal de entrada.

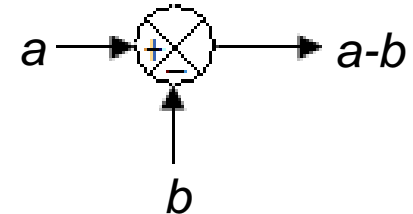


- A **operação funcional** do sistema pode ser visualizada mais facilmente pelo exame do diagrama de blocos do que pelo exame do próprio sistema físico.

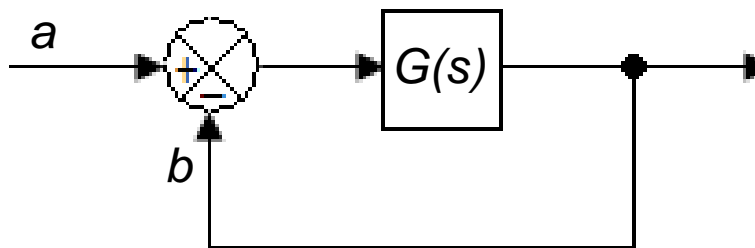
Operadores

- A construção do diagrama de blocos utiliza alguns **operadores de sinais**:

- Somador**: O sinal de saída é relacionado à soma ou subtração dos sinais de entrada.

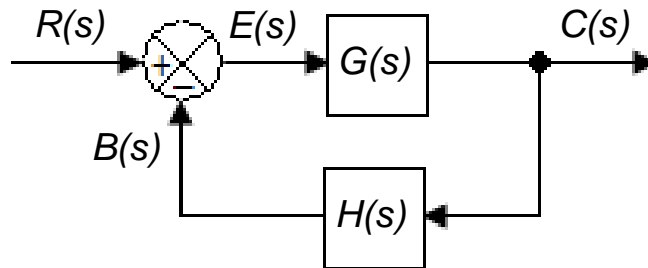


- Ponto de ramificação**: Ponto onde o sinal que vem de um bloco avança simultaneamente em direção a outros blocos ou somadores.



- Todo sistema pode ser representado por diagramas formados por **blocos**, **somadores** e pontos de **ramificação**.

Sistemas de Malha Fechada



$R(s)$: Sinal de entrada (referência);

$B(s)$: Sinal de realimentação;

$E(s)$: Sinal de erro atuante;

$C(s)$: Sinal de saída;

$G(s)$: FT do sistema (planta ou processo);

$H(s)$: FT do elemento sensor do sinal de saída.

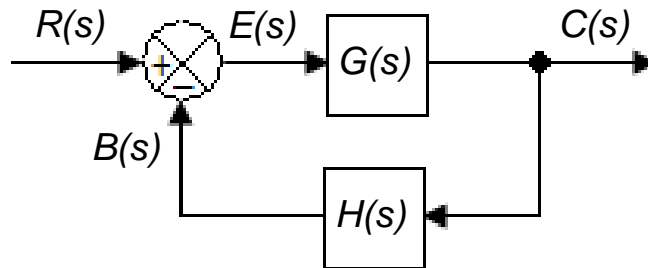
- **FT de Malha Aberta**: Relação entre o sinal de **realimentação** e o sinal de **erro atuante**.

$$\frac{B(s)}{E(s)} = G(s)H(s)$$

- **FT do Ramo Direto**: Relação entre o sinal de **saída** e o sinal de **erro atuante**.

$$\frac{C(s)}{E(s)} = G(s)$$

Sistemas de Malha Fechada



$R(s)$: Sinal de entrada (referência);

$B(s)$: Sinal de realimentação;

$E(s)$: Sinal de erro atuante;

$C(s)$: Sinal de saída;

$G(s)$: FT do sistema (planta ou processo);

$H(s)$: FT do elemento sensor do sinal de saída.

- **FT de Malha Fechada**: Relação entre o sinal de **saída** e o sinal de **entrada**.

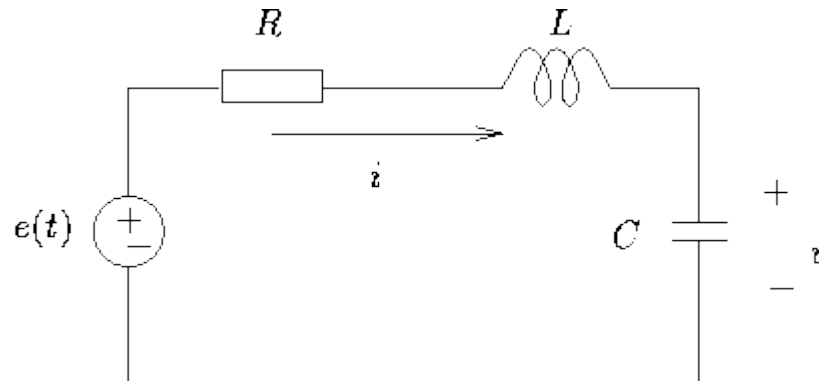
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\boxed{G(s)} \text{ FTRD}}{1 + \boxed{G(s)H(s)} \text{ FTMA}}$$

- O sinal “+” refere-se ao sistema com realimentação **negativa**.

- A construção da FT de Malha Fechada pode ser obtida a partir da **FT do Ramo Direto** e da **FT de Malha Aberta**.

Construção de Diagrama de Blocos

- A construção do diagrama de blocos é realizada a partir das **equações diferenciais** que descrevem o comportamento do modelo.
- **Exemplo:**



- **1º Passo:** Escrever as equações diferenciais que modelam o sistema, reservando **derivadas de 1ª ordem**.

$$Ri(t) + Li\dot{i}(t) + e_o(t) = e_i(t) \qquad i(t) = C\dot{e}_o(t)$$

Construção de Diagrama de Blocos

- **2º Passo:** Identificar os **estados** do sistema.
 - ✓ Os estados estão associados às **integrais** necessárias para se obter um sinal qualquer.

$$i(t) \Rightarrow \int \Rightarrow i(t)$$

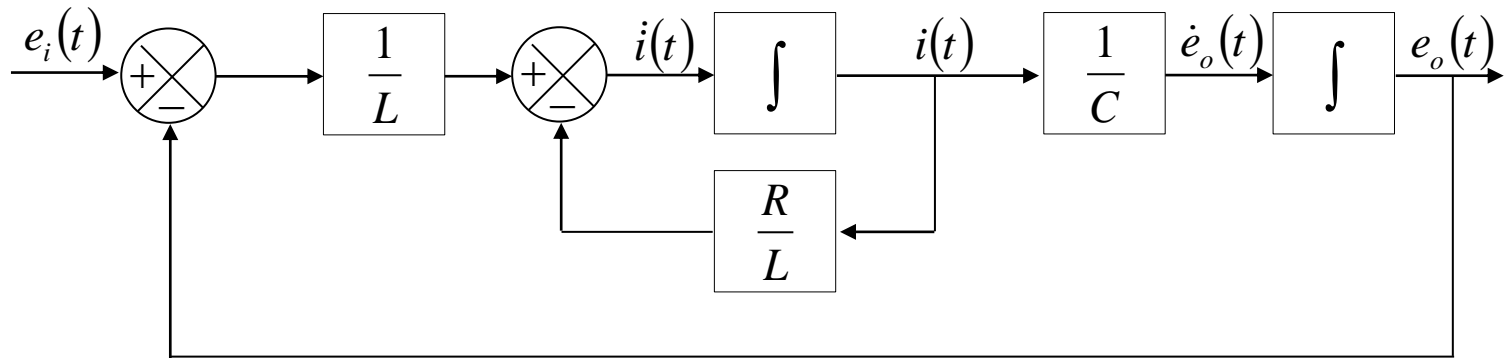
$$\dot{e}_o(t) \Rightarrow \int \Rightarrow e_o(t)$$

- **3º Passo:** Escrever as equações diferenciais em **função** dos estados.

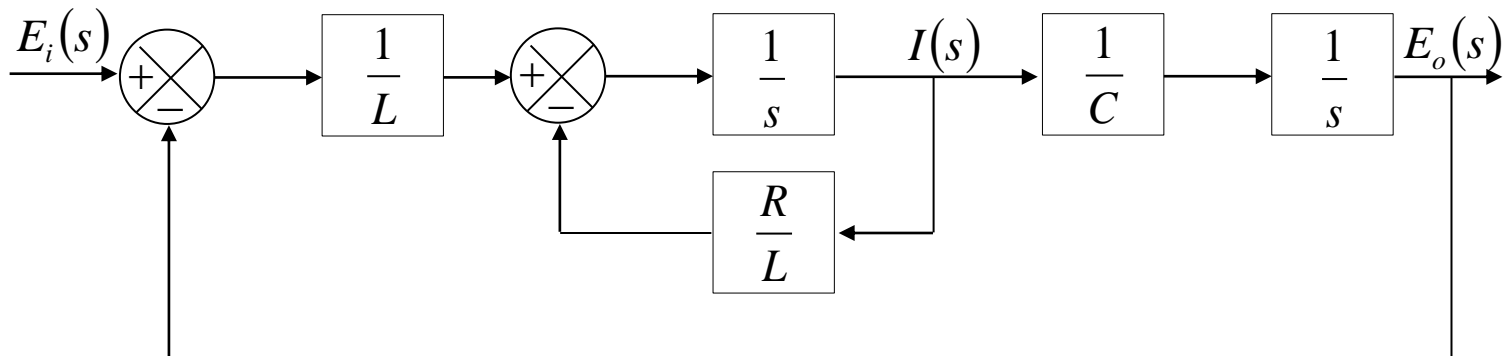
$$\begin{cases} \dot{e}_o(t) = \frac{1}{C} i(t) \\ \dot{i}(t) = \frac{1}{L} e_i(t) - \frac{1}{L} e_o(t) - \frac{R}{L} i(t) \end{cases}$$

Construção de Diagrama de Blocos

- **4º Passo:** Escrever as equações na forma de **blocos**.



- **5º Passo:** Aplicar a **Transformada de Laplace**.

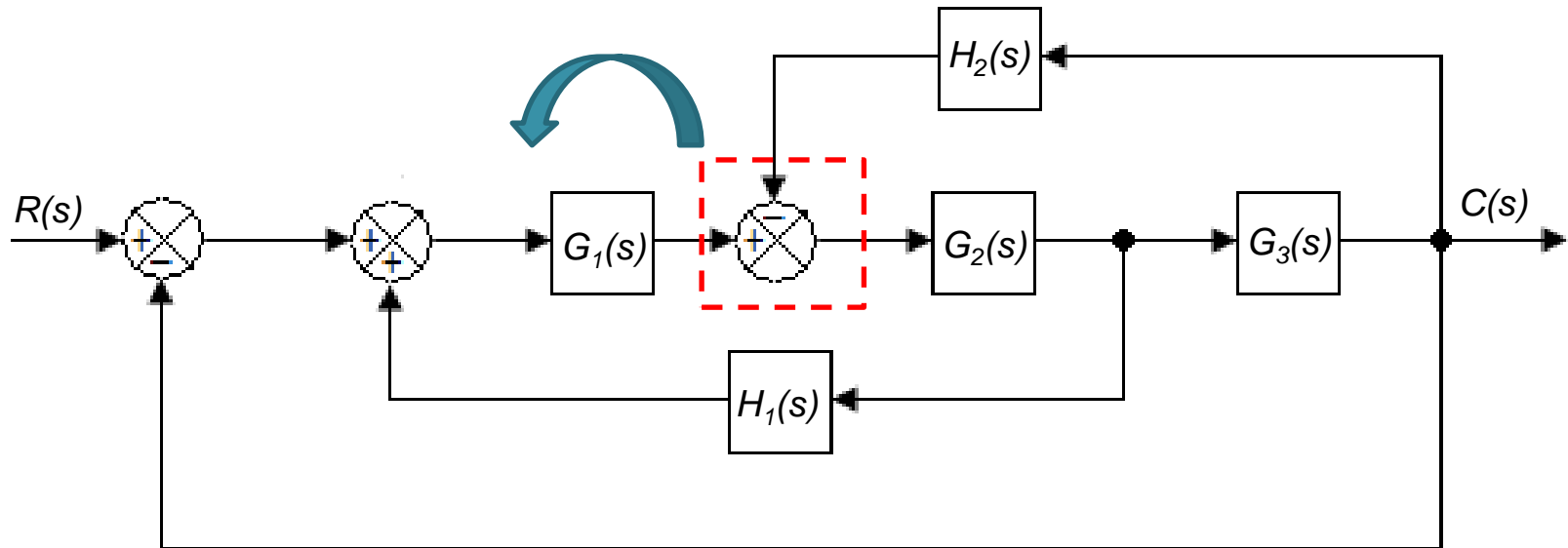


Redução de Diagrama de Blocos

- Blocos em **série** podem ser substituídos por um **único bloco** com função de transferência dada pelo **produto** das funções de transferência individuais.
- Blocos em **paralelo** podem ser substituídos por um **único bloco** com função de transferência dada pela **soma** das funções de transferência individuais.
- Blocos com **realimentação** podem ser substituídos por um **único bloco** com função de transferência dada pela **relação** de sistemas de malha fechada.
- **Desafio:** Organizar o diagrama de blocos na forma de malhas com realimentação sem derivação interna de sinais.

Redução de Diagrama de Blocos

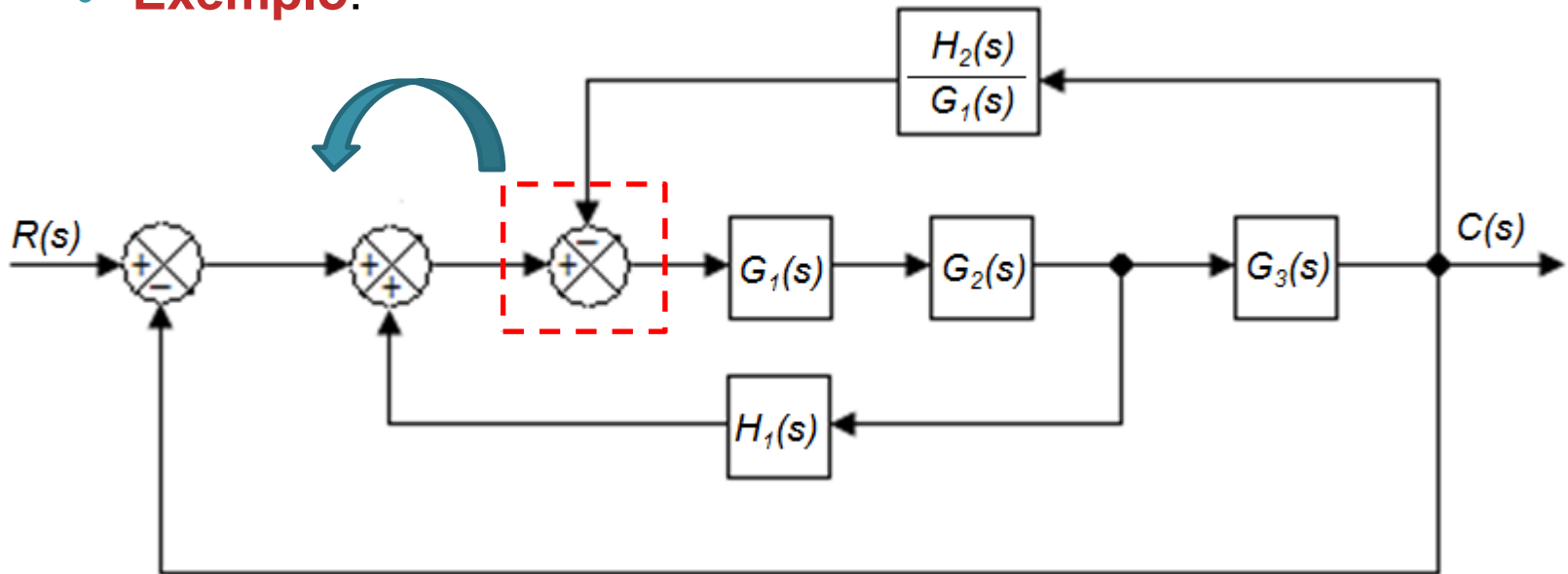
- Exemplo:



- 1º Passo: Identificar e eliminar as ramificações internas de sinais.
 - ✓ Neste caso, o bloco somador no meio da malha de $G_1(s)$ e $G_2(s)$ precisa ser deslocado para antes do bloco $G_1(s)$.

Redução de Diagrama de Blocos

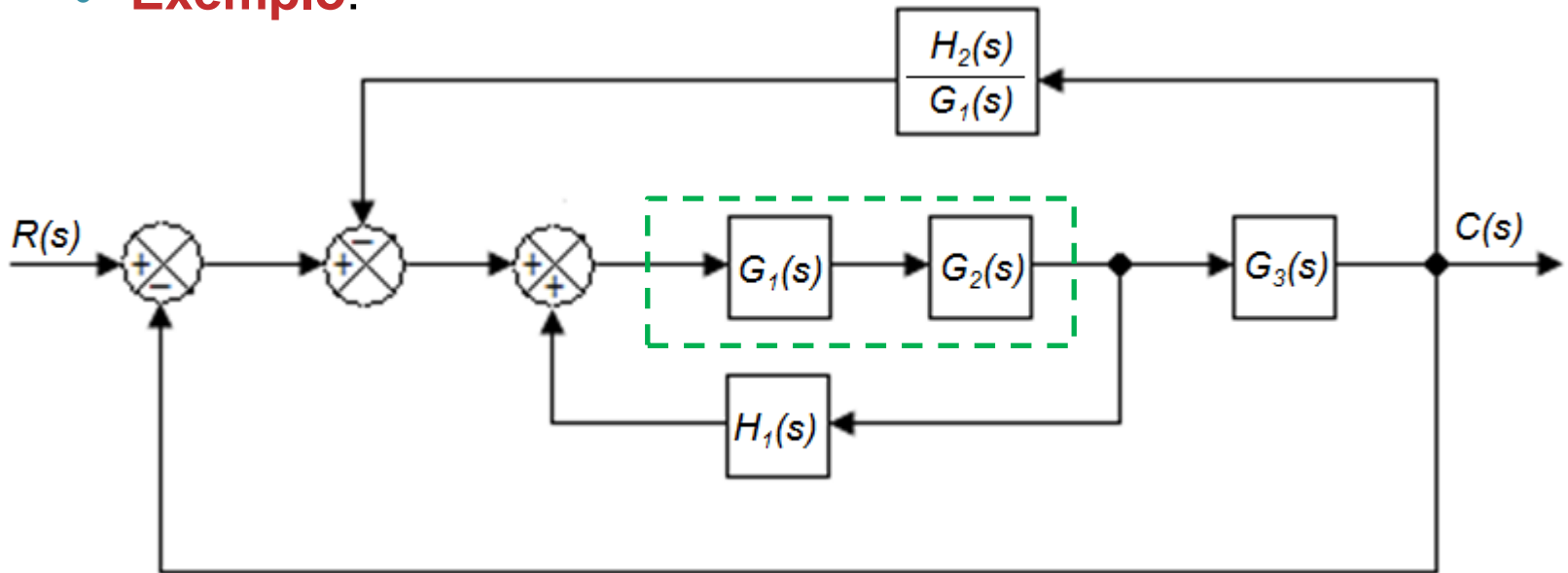
- Exemplo:



- 1º Passo: Identificar e eliminar as ramificações internas de sinais.
 - ✓ O somador de entrada do bloco $G_1(s)$ ainda impede a formação das malhas fechadas no sistema. Neste caso, é necessário deslocar o bloco somador para a direita.

Redução de Diagrama de Blocos

- Exemplo:

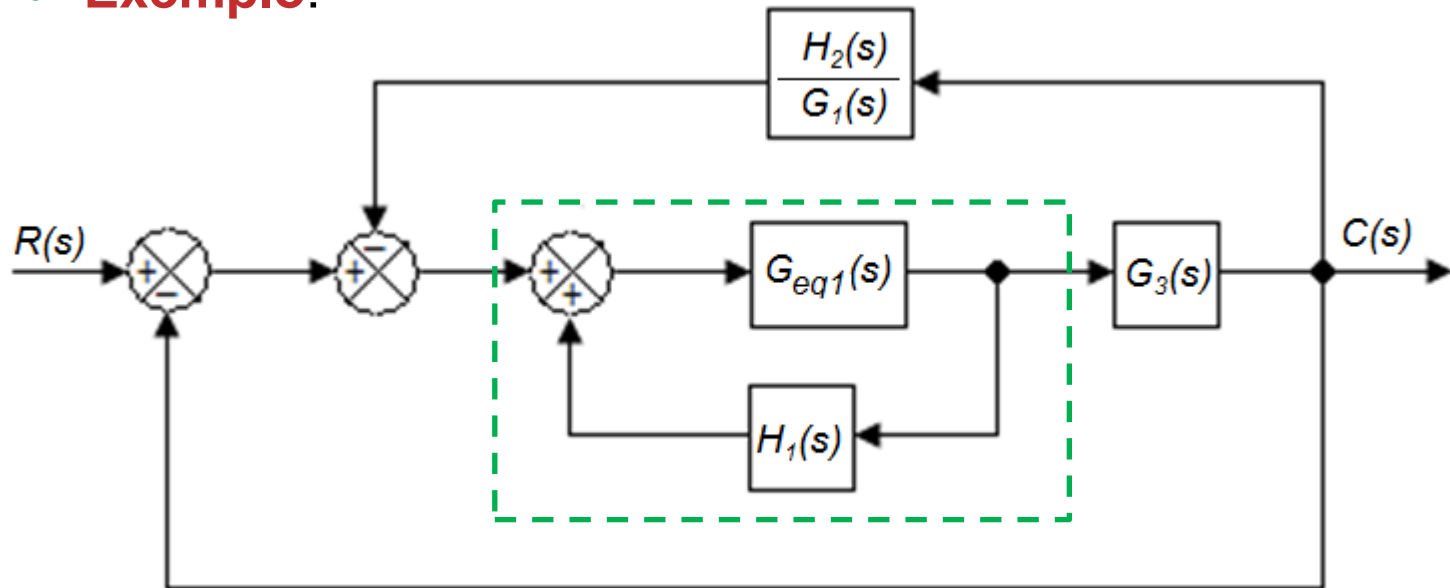


- 2º Passo: Identificar e simplificar os blocos em **série**, **paralelo** e em **realimentação**, iniciando a partir das malhas internas.

$$G_{eq1} = G_1 G_2$$

Redução de Diagrama de Blocos

- Exemplo:

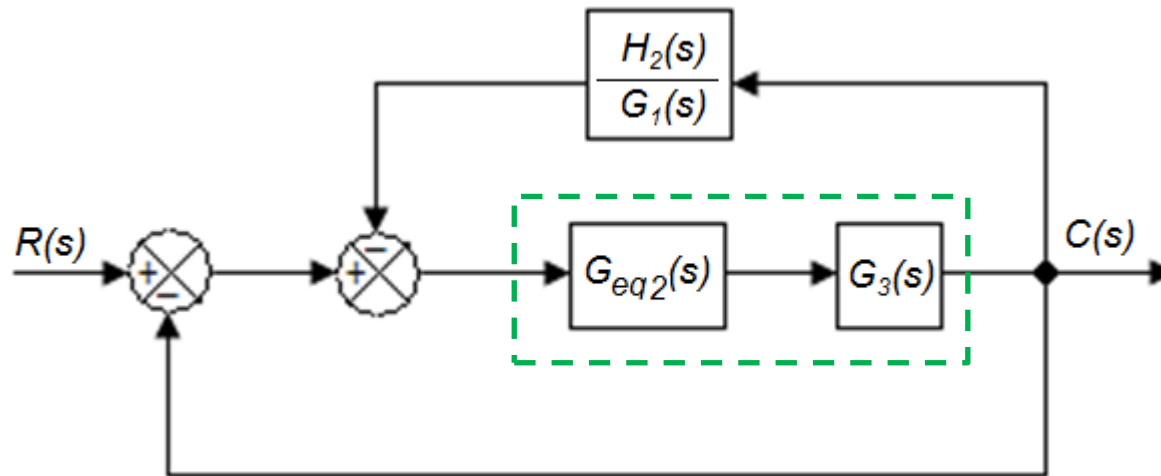


- 2º Passo: Identificar e simplificar os blocos em **série**, **paralelo** e em **realimentação**, iniciando a partir das malhas internas.

$$G_{eq2} = \frac{G_{eq1}}{1 - G_{eq1}H_1}$$

Redução de Diagrama de Blocos

- Exemplo:

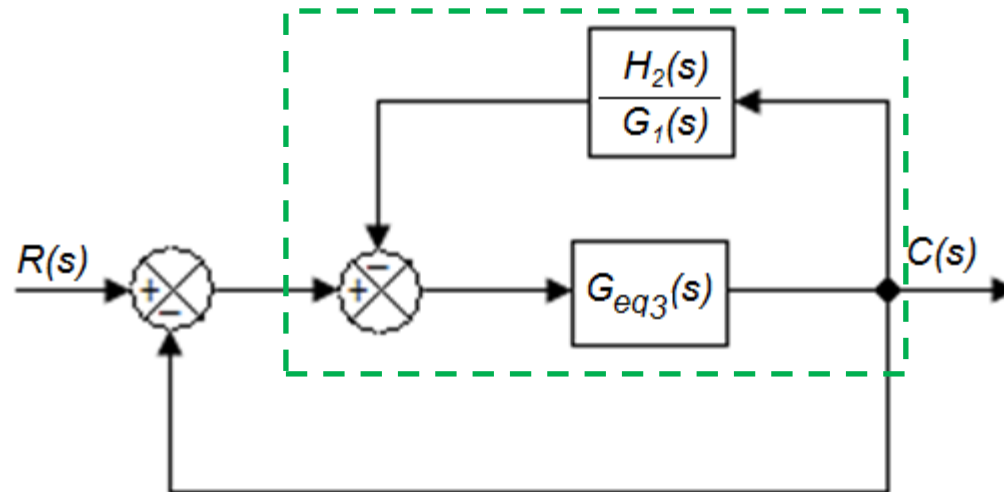


- 2º Passo: Identificar e simplificar os blocos em **série**, **paralelo** e em **realimentação**, iniciando a partir das malhas internas.

$$G_{eq3} = G_{eq2} G_3$$

Redução de Diagrama de Blocos

- Exemplo:

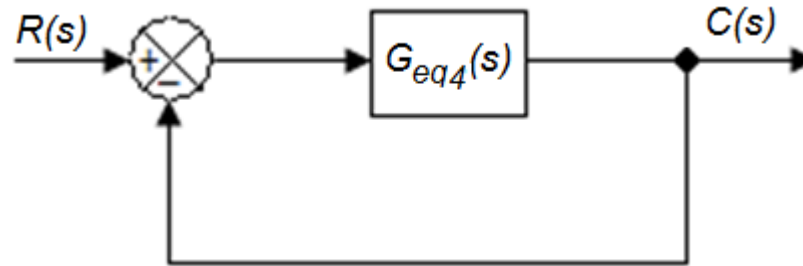


- 2º Passo: Identificar e simplificar os blocos em **série**, **paralelo** e em **realimentação**, iniciando a partir das malhas internas.

$$G_{eq4} = \frac{G_{eq3}}{1 + G_{eq3} \frac{H_2}{G_1}}$$

Redução de Diagrama de Blocos

- Exemplo:



$$G_{eq} = \frac{G_{eq4}}{1 + G_{eq4}}$$



$$G_{eq} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 - G_1 G_2 H_1 + G_2 G_3 H_2 + G_1 G_2 G_3}$$

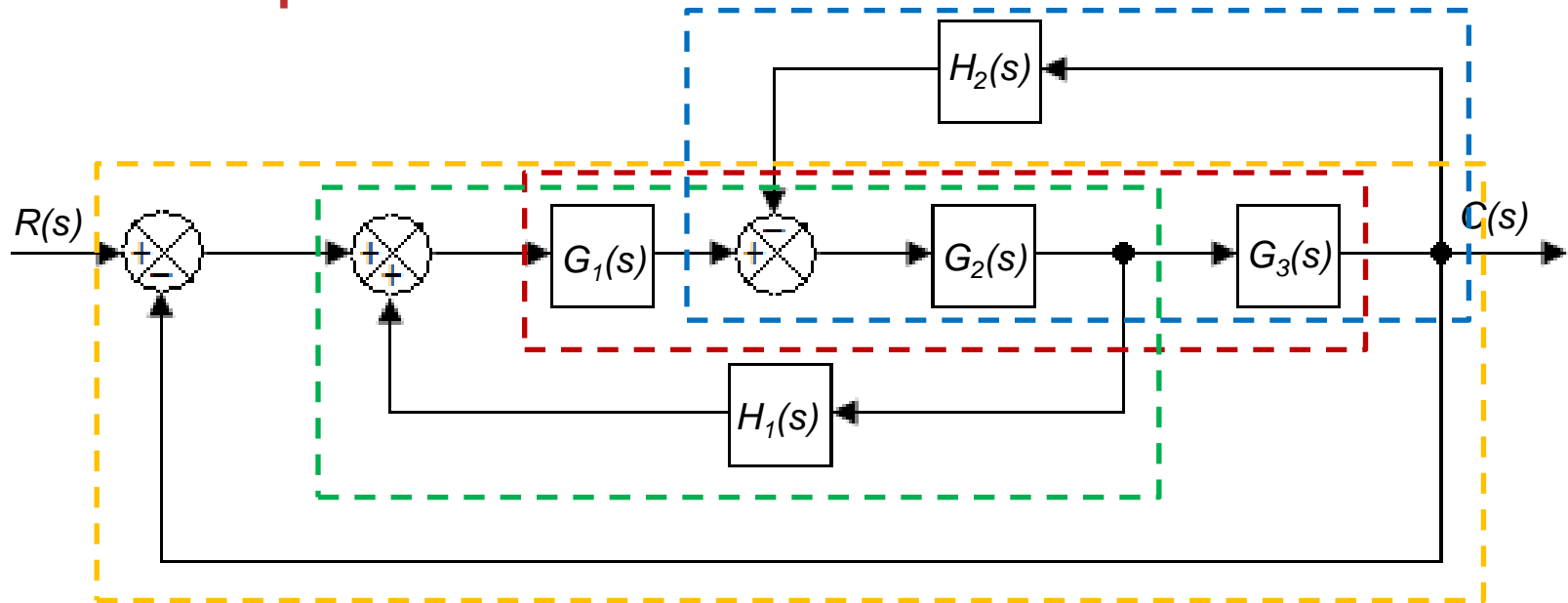
Redução de Diagrama de Blocos

- **Exemplo:**
 - **Importante:** O produto das funções de transferência no ramo direto e ao redor da malha permanece **inalterado!**
 - **Conseqüência:**
 - ✓ O **numerador** da função de transferência completa será o **produto das funções de transferência do ramo direto**;
 - ✓ O **denominador** da função de transferência completa será $1 - \sum (\text{produto das FT em torno de cada malha})$;



Redução de Diagrama de Blocos

- Exemplo:**



$$G_{eq} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 - G_1 G_2 H_1 + G_2 G_3 H_2 + G_1 G_2 G_3}$$

Na próxima aula...

Resposta Temporal de Sistemas de
Primeira Ordem

Prof. Nilo Rodrigues



Universidade de Fortaleza
Centro de Ciências Tecnológicas