Controle de Sistemas

Modelagem Matemática de Sistemas

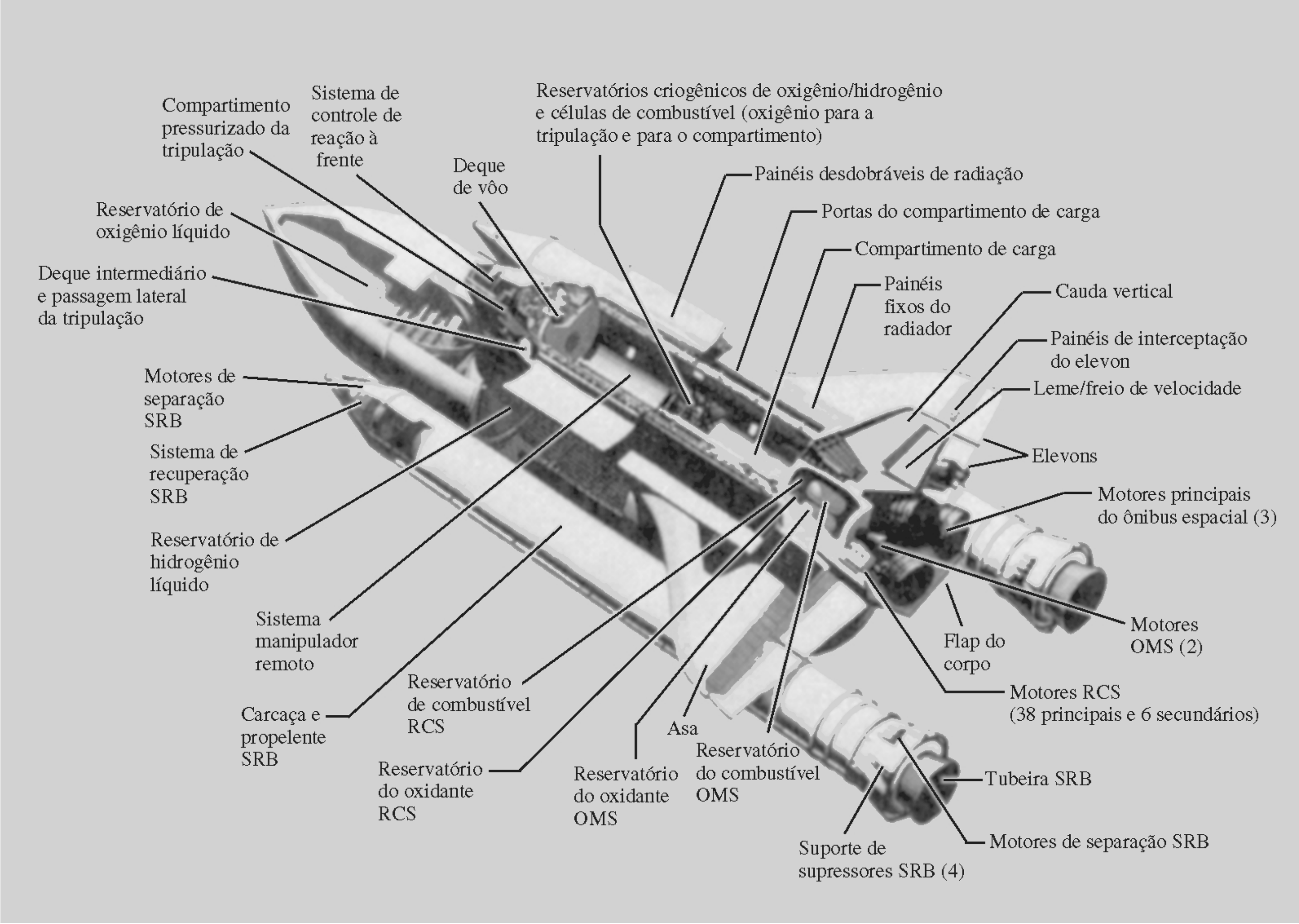
Renato Dourado Maia

Universidade Estadual de Montes Claros

Engenharia de Sistemas

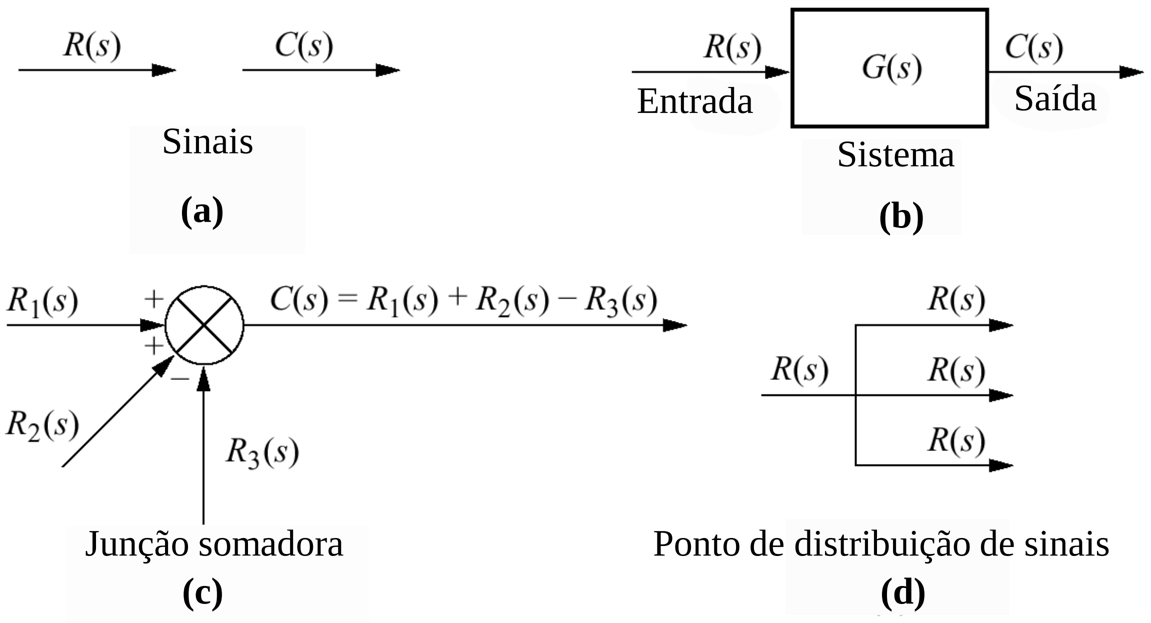
Diagramas de Blocos

Motivação Básica – Subsistemas de um Ônibus Espacial



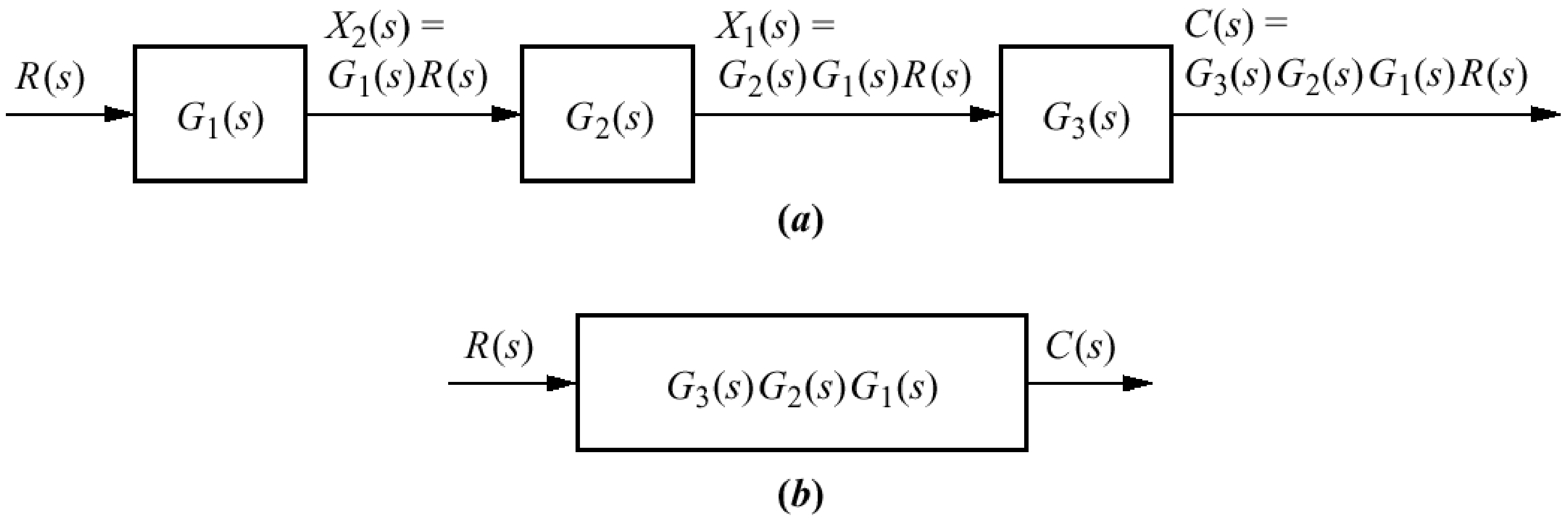
Diagramas de Blocos

Componentes de um Diagrama de Blocos de um Sistema LTI



Diagramas de Blocos

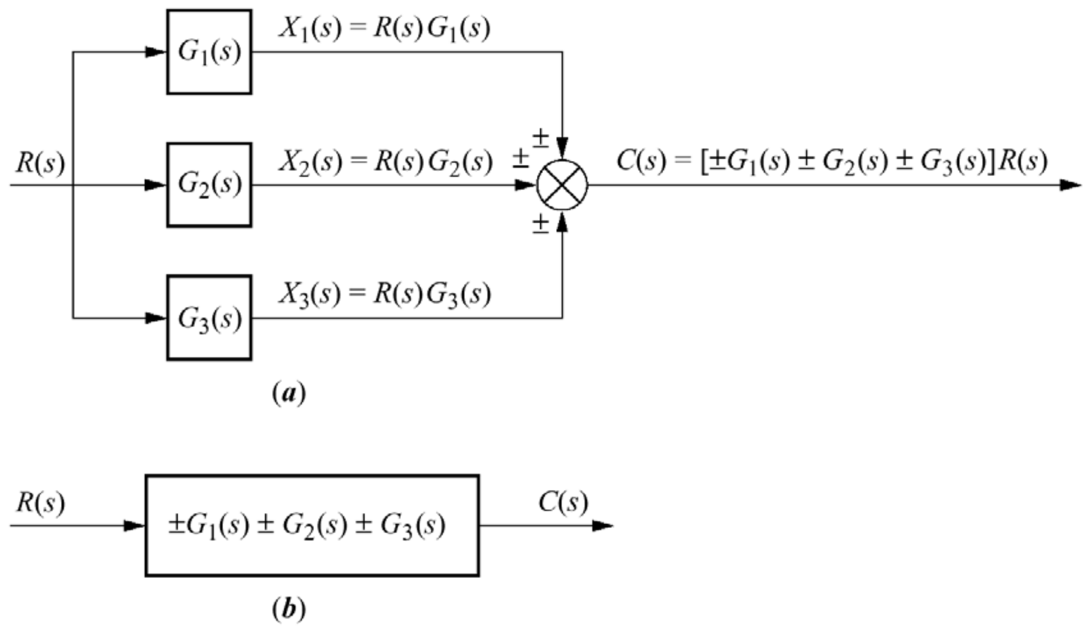
Associação em Cascata



(a) Sistemas em Cascata. (b) Função de Transferência equivalente.

Diagramas de Blocos

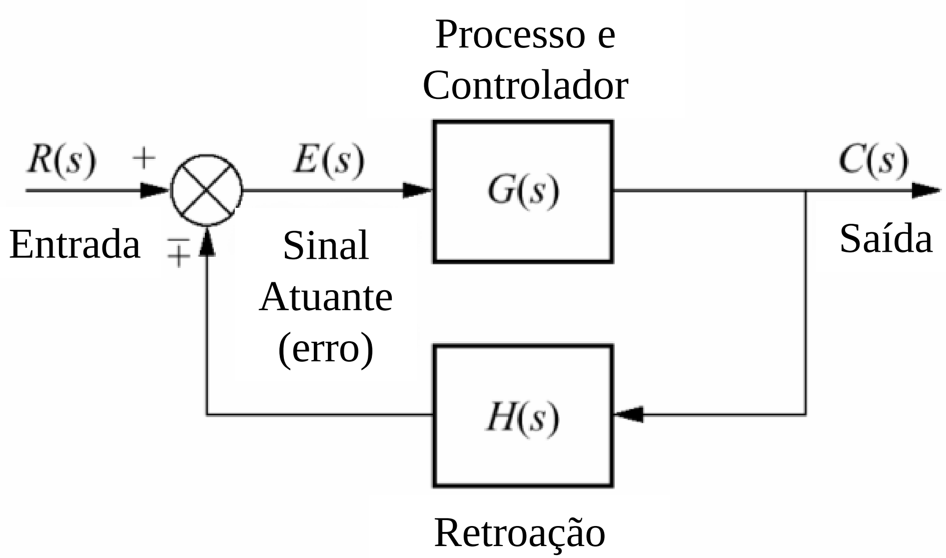
Associação em Paralelo

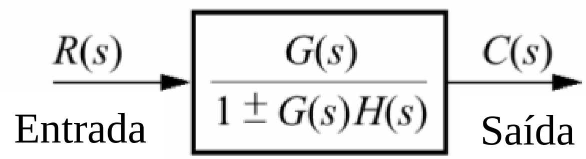


(a) Sistemas em Paralelo. (b) Função de Transferência equivalente.

Diagramas de Blocos

Malha Fechada





$$E(s) = R(s) \mp C(s)H(s) \quad (1)$$

$$C(s) = E(s)G(s) \quad (2)$$

Levando (1) em (2):

$$E(s) = R(s) \mp C(s)H(s)$$

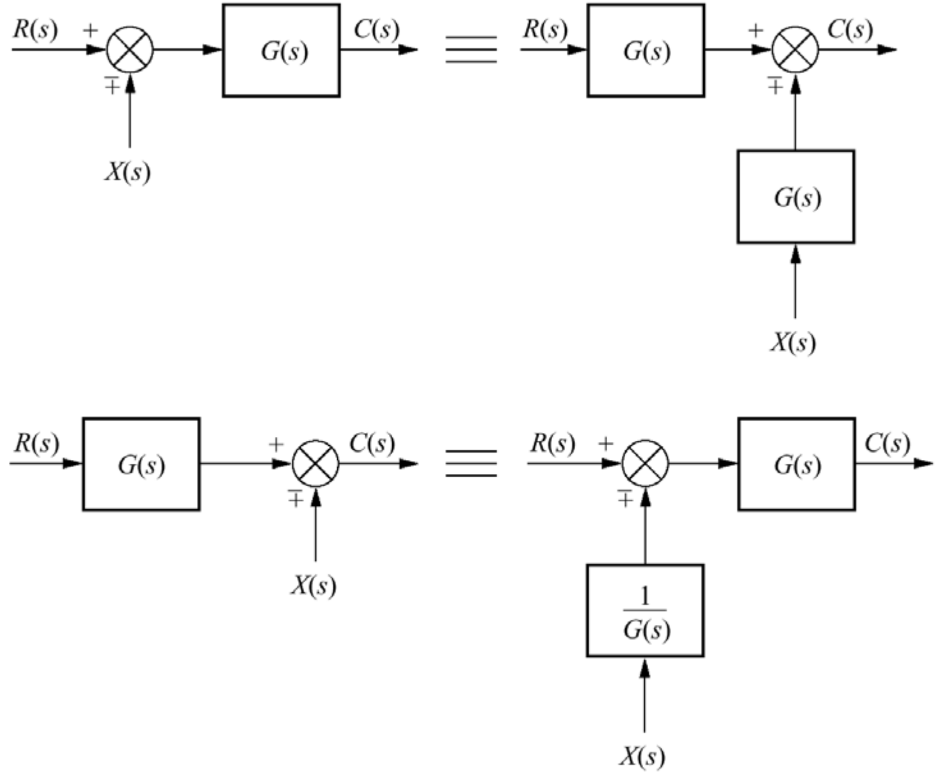
$$C(s) = (R(s) \mp C(s)H(s))G(s)$$

$$C(s)(1 \pm G(s)H(s)) = R(s)G(s)$$

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

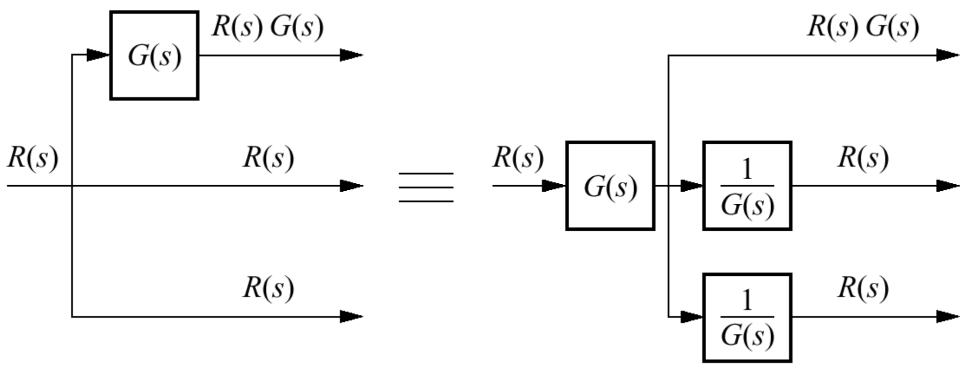
Diagramas de Blocos

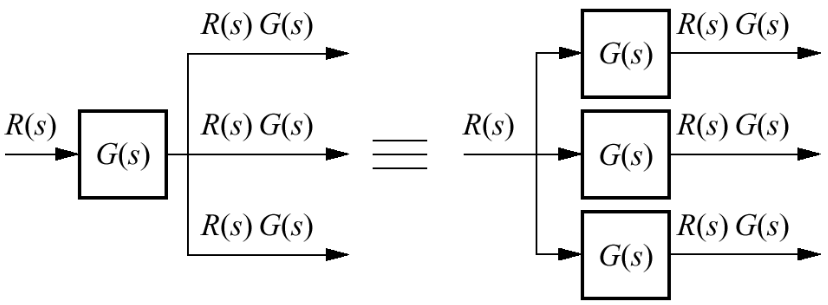
Redução de Diagramas de Blocos



Diagramas de Blocos

Redução de Diagramas de Blocos

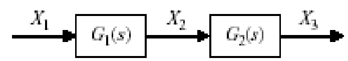


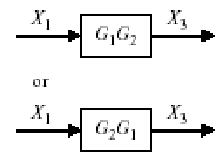


Redução de Diagramas de Blocos – Resumo - Dorf

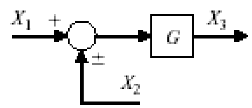
Transformation	Original Diagram	Equivalent Diagram

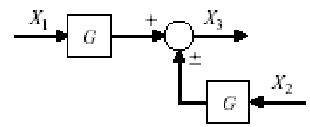
1. Combining blocks in cascade



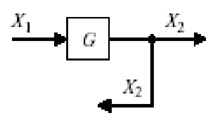


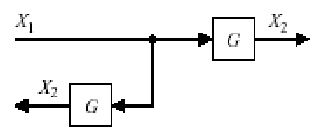
2. Moving a summing point behind a block



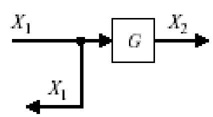


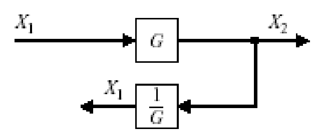
3. Moving a pickoff point ahead of a block



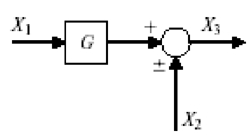


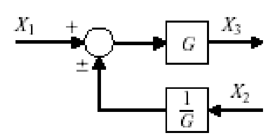
4. Moving a pickoff point behind a block



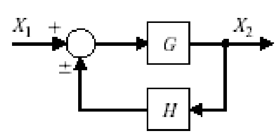


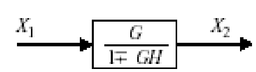
5. Moving a summing point ahead of a block



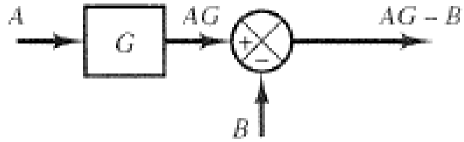
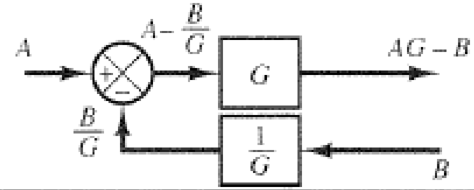
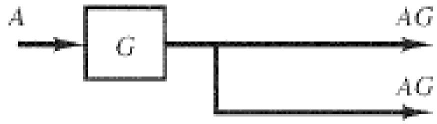
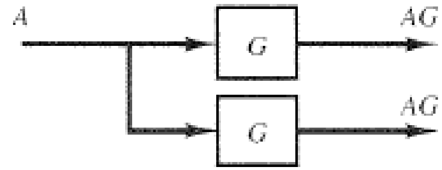
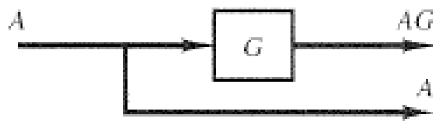
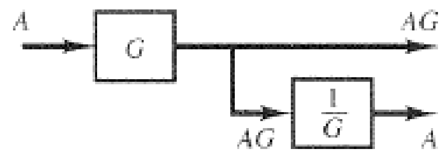
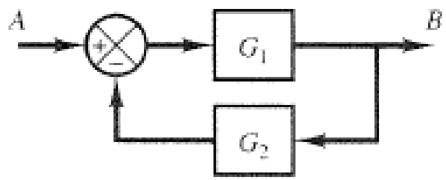
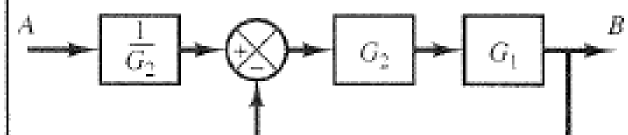
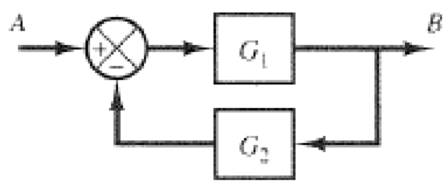
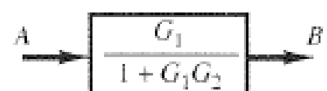


6. Eliminating a feedback loop



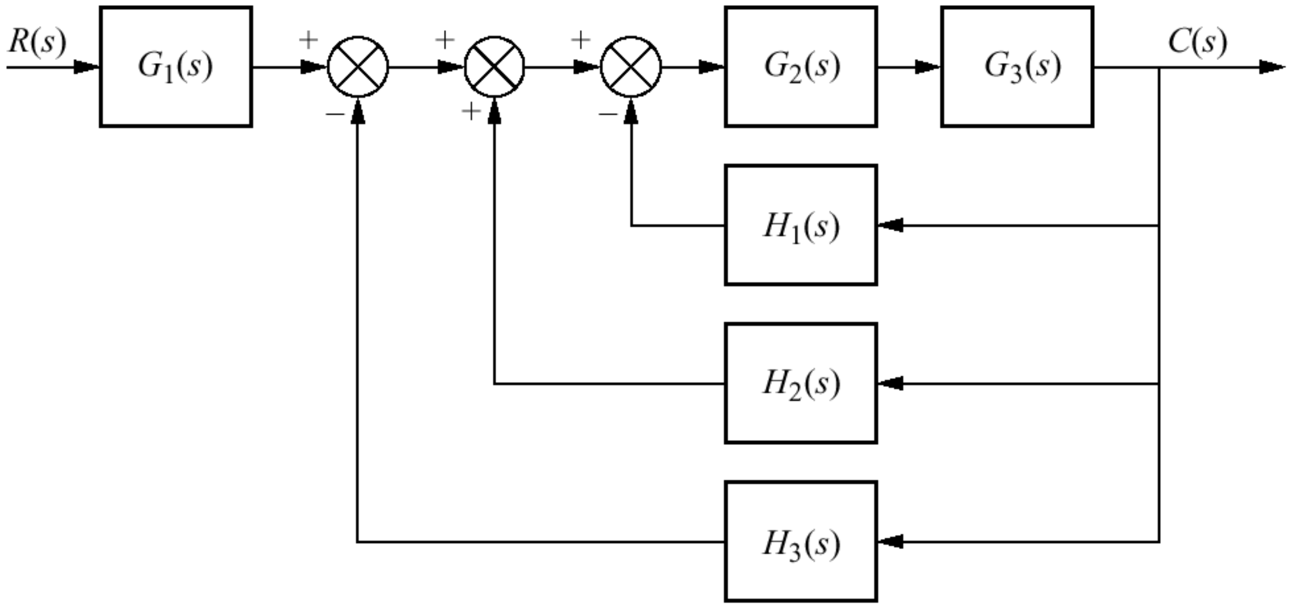


Redução de Diagramas de Blocos – Resumo – Ogata – 3ª ed.

	Diagramas de Blocos Originais	Diagramas de Blocos Equivalentes
1		
2		
3		
4		
5		

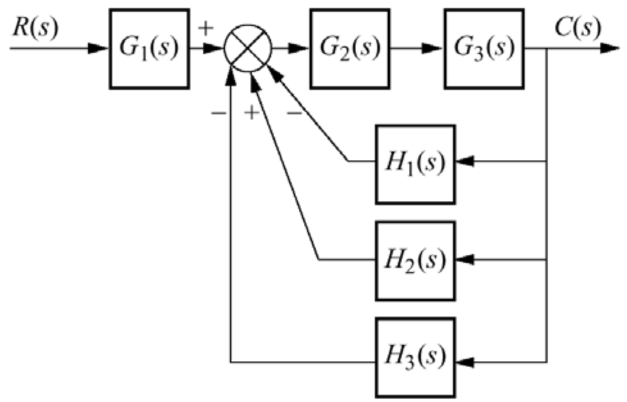
Diagramas de Blocos

Exemplo

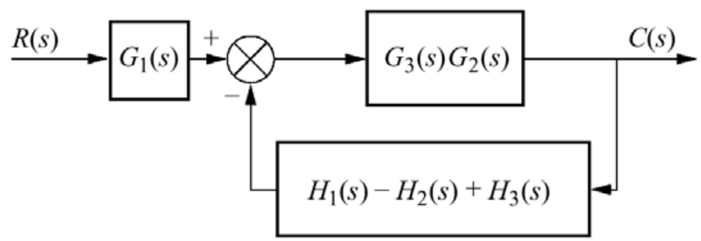


Diagramas de Blocos

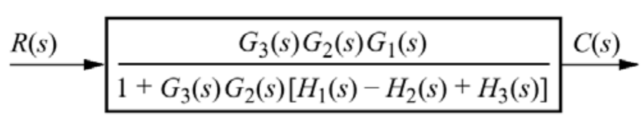
Exemplo:



(*a*)



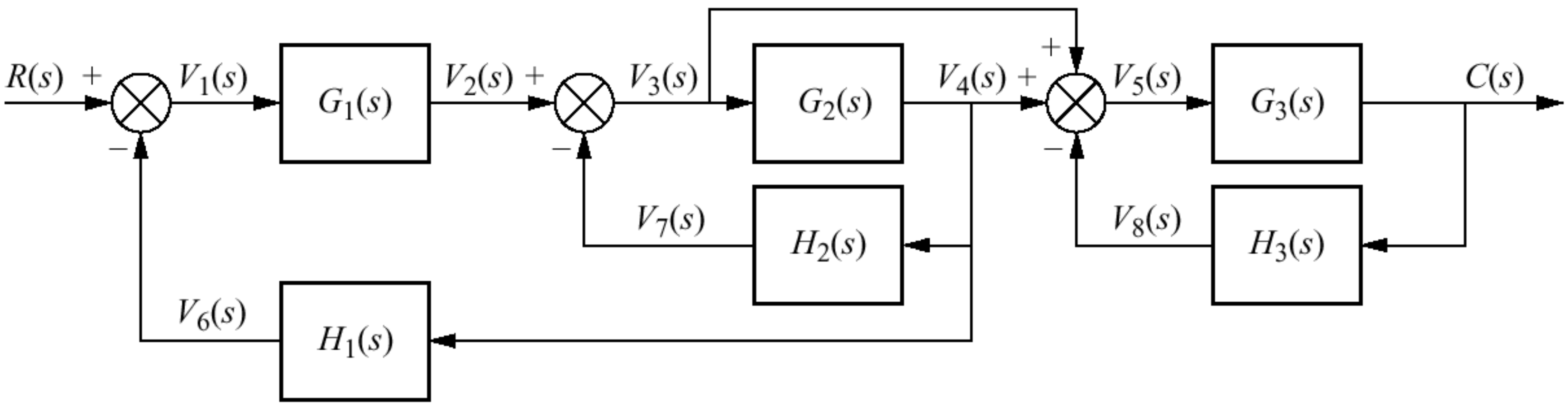
(*b*)



(*c*)

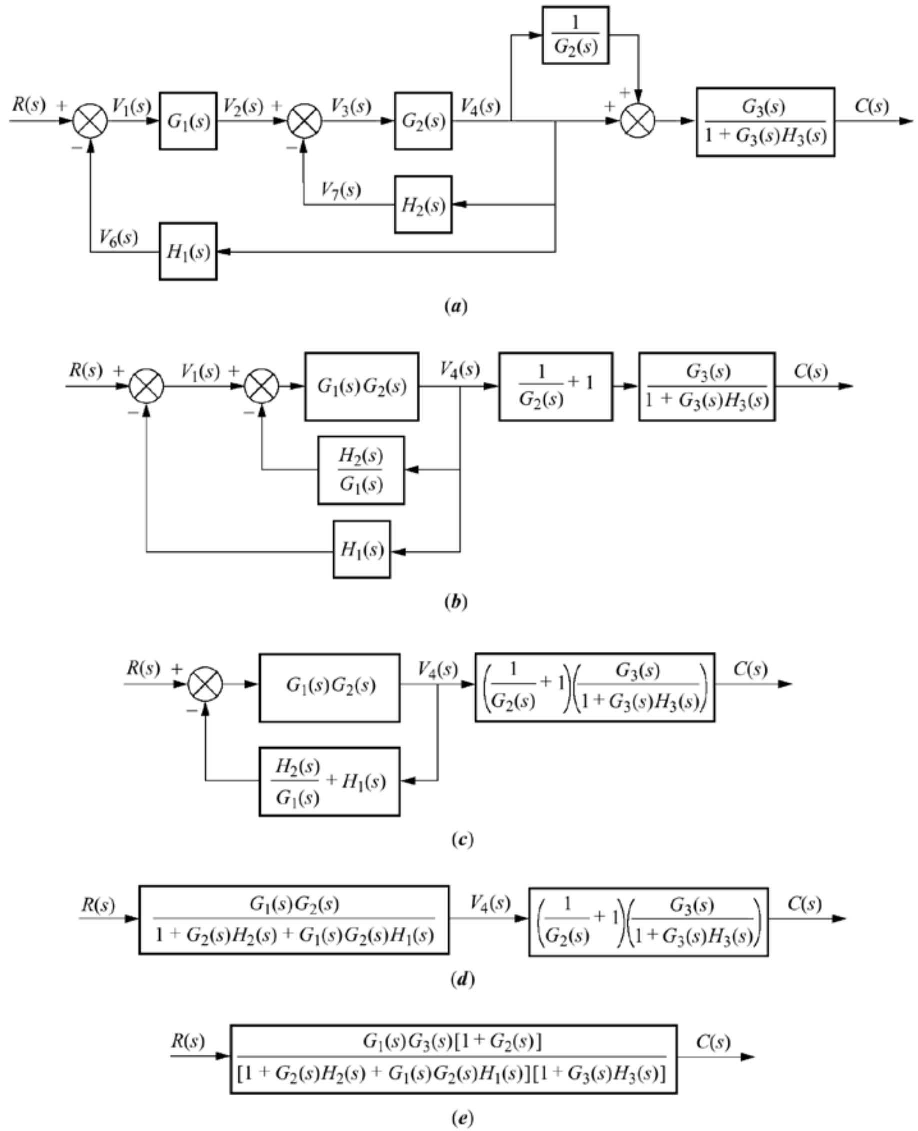
Diagramas de Blocos

Exemplo



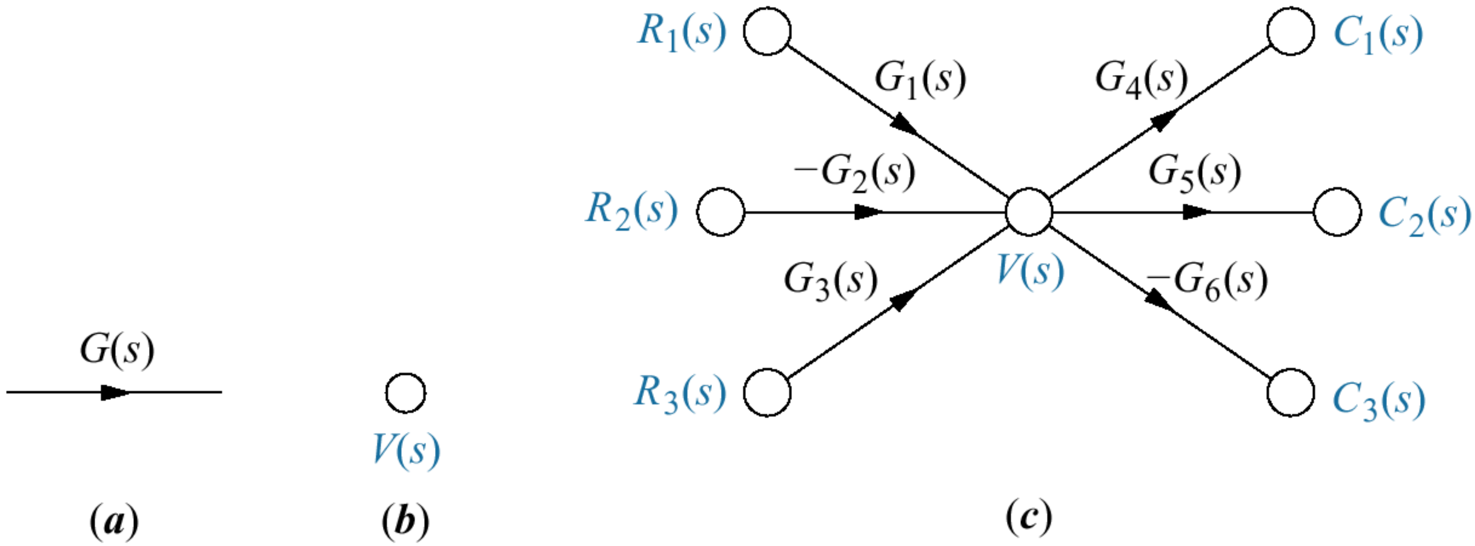
Diagramas de Blocos

Exemplo:



Diagramas de Fluxo de Sinal (DFS)

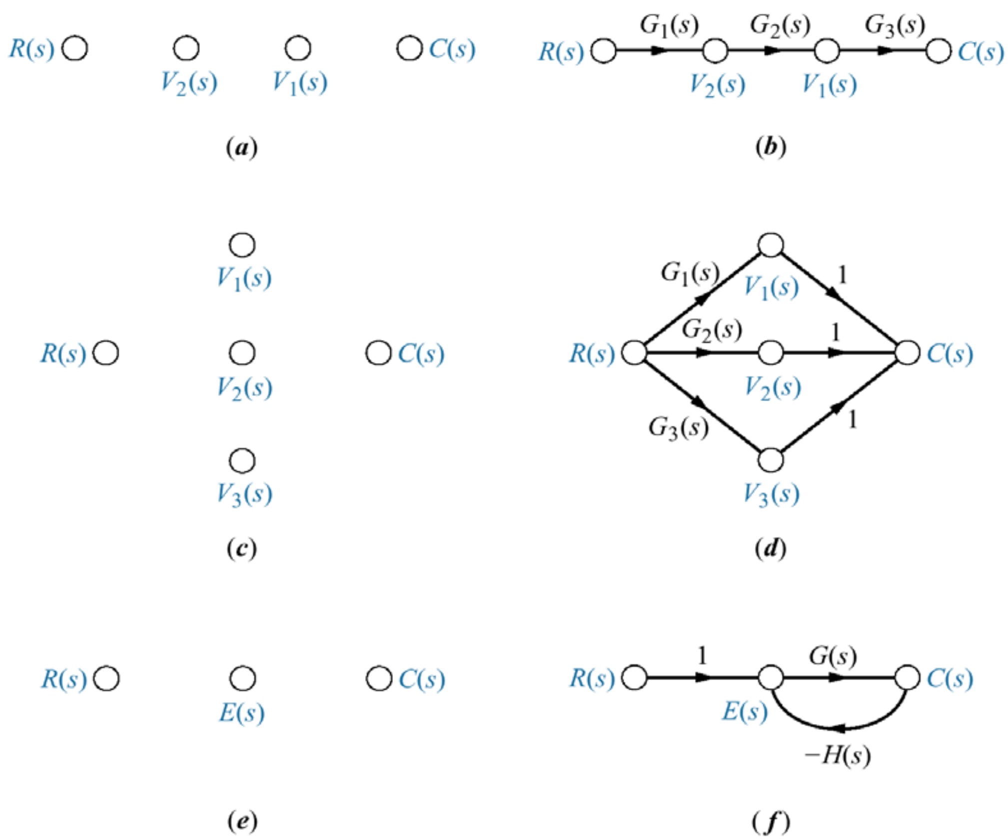
Componentes de um Diagrama de Fluxo de Sinal de um Sistema LTI



(a) Sistema. (b) Sinal. (c) Interconexão de sistemas e sinais.

Diagramas de Fluxo de Sinal (DFS)

Associação em Série, em Paralelo e Malha Fechada



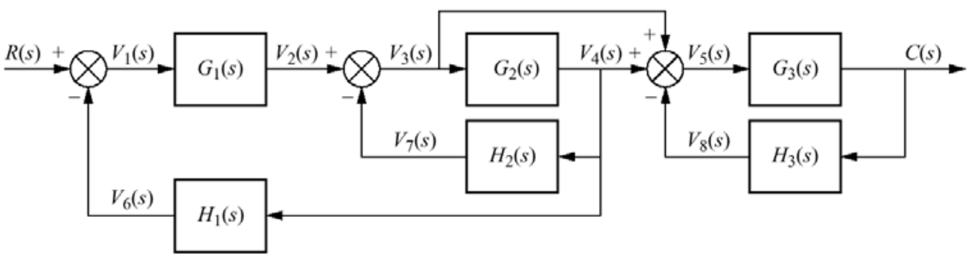
→ Série

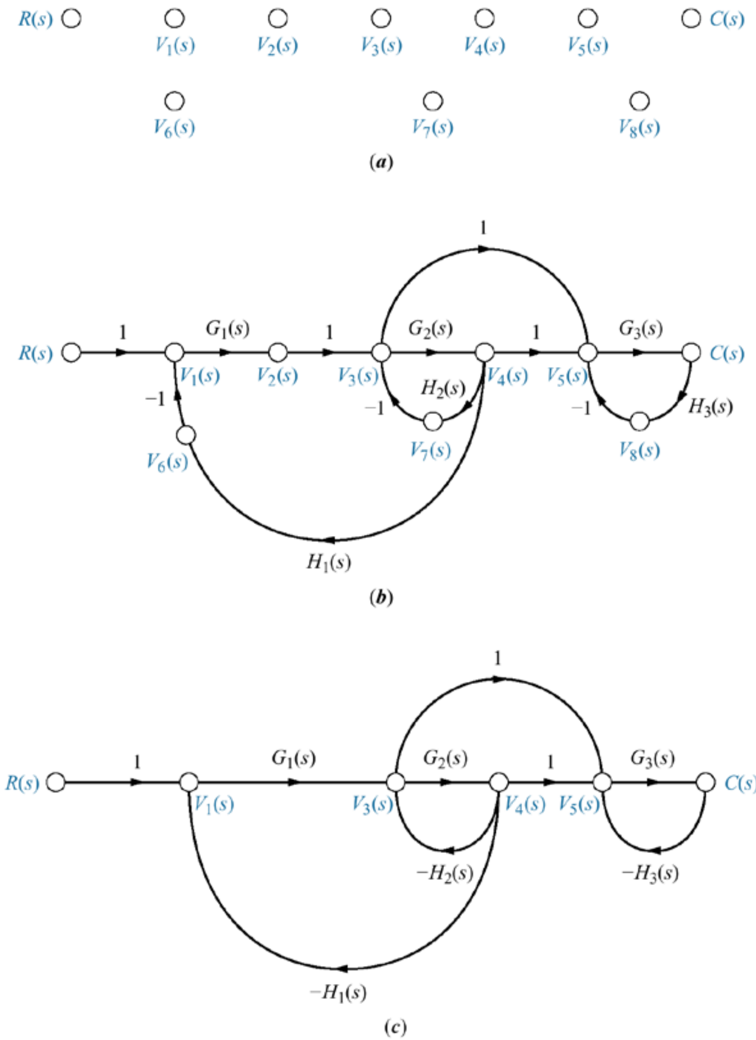
→ Paralelo

→ Malha Fechada

Diagramas de Fluxo de Sinal (DFS)

Exemplo:





DFS e Regra de Mason

- Definições:

1) Nó (ou nodo): ponto que representa uma variável ou sinal.
2) Transmitância: ganho entre dois nós.
3) Nó de entrada (ou fonte): possui apenas ramos de saída (corresponde a uma variável independente).
4) Nó de saída (ou sorvedouro): possui apenas ramos de entrada (variável dependente).
5) Nó misto: possui ramos de entrada e de saída.
6) Caminho: trajetória de ramos conectados no sentido das setas.

DFS e Regra de Mason

- Definições:

7) Laço: caminho fechado (inicia e termina no mesmo nó, sem passar por outro nó mais de uma vez).
8) Ganho do laço: produto das transmitâncias dos ramos desse laço.
9) Laços que não se tocam: não possuem nenhum nodo comum.
10) Caminho direto: caminho que parte de um nó de entrada e vai até um nó de saída sem cruzar nenhum nó mais de uma vez.

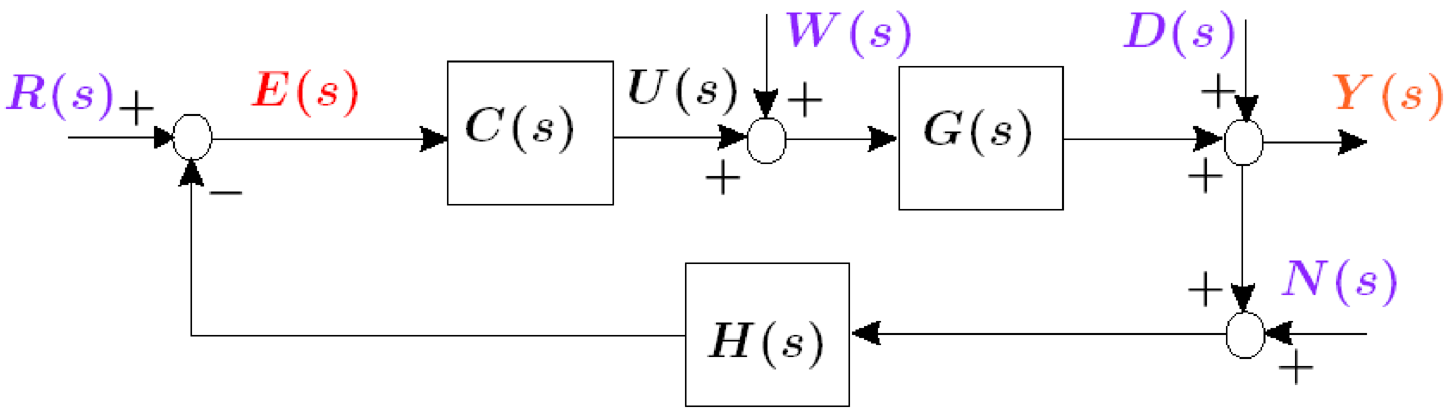
DFS e Regra de Mason

- A função de transferência entre uma entrada $R(s)$ e uma saída $C(s)$ de um sistema representado por um DFS é:

$$G(s)=\sum_{k=1}^{N}\frac{M_k\Delta_k}{\Delta}\begin{cases}\Rightarrow M_k = \text{ganho do } k\text{-ésimo caminho direto entre } R \text{ e } C\\ \Rightarrow \Delta = 1-\sum_i L_{i1}+\sum_j L_{j2}-\sum_q L_{q3}+\cdots\\ \Rightarrow L_{rs} = \text{produto dos ganhos da } r\text{-ésima combinação}\\ \text{possível dos } s \text{ laços que não se tocam } (1\le s\le L)\\ \Rightarrow \Delta_k = \Delta \text{ da parte do DFS que não toca o } k\text{-ésimo}\\ \text{caminho direto}\end{cases}$$

Diagramas de Blocos

Malha Fechada com Perturbações



$Y(s) =$ 

Diagramas de Blocos

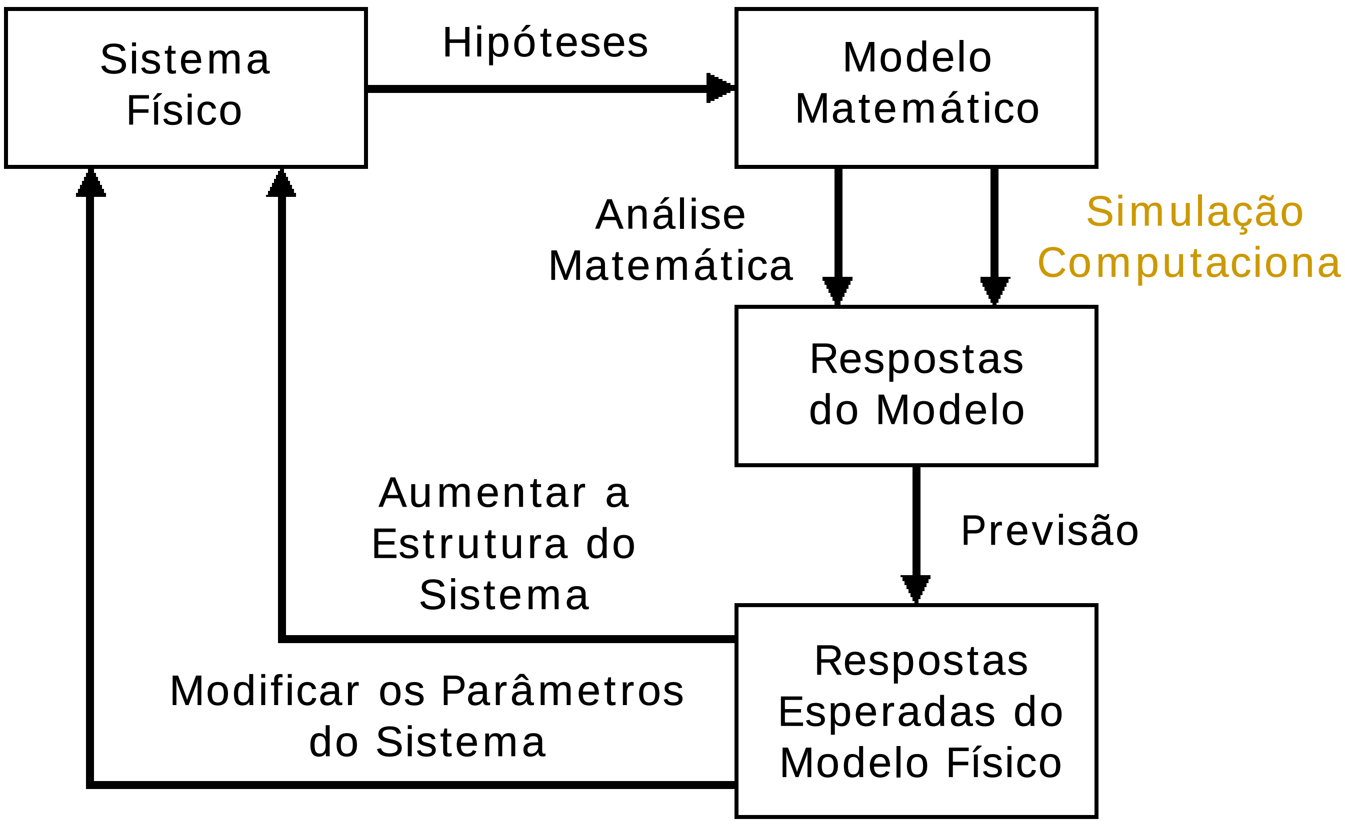
Malha Fechada com Perturbações

$$Y(s)=\frac{G(s)C(s)}{1+G(s)C(s)H(s)}R(s)+\frac{1}{1+G(s)C(s)H(s)}D(s)$$

$$\frac{G(s)}{1+G(s)C(s)H(s)}W(s)+\frac{G(s)C(s)H(s)}{1+G(s)C(s)H(s)}N(s)$$

Lembrem-se do conceito de LINEARIDADE!!!

Análise e Projeto Utilizando Modelos



Simulação Computacional

- Supondo que um modelo e a simulação são confiavelmente exatos, a simulação em computador apresenta as seguintes vantagens:

1) O desempenho do sistema pode ser observado sob todas as condições concebíveis.
2) Os resultados do desempenho de sistemas de campo podem ser extrapolados com o modelo de simulação para fins de previsão.
3) As decisões relativas a sistemas futuros que se encontram presentemente no estágio conceitual podem ser examinadas.

Simulação Computacional

4) Ensaios com sistemas sob teste podem ser realizados em um período de tempo muito reduzido.
5) Os resultados de simulação podem ser obtidos a um custo menor do que o da experimentação real.
6) O estudo de situações hipotéticas pode ser efetuado mesmo quando a situação hipotética for irrealizável na vida real no presente momento.
7) A modelagem e a simulação em computador é muitas vezes a única técnica viável ou segura para se analisar e avaliar um sistema.