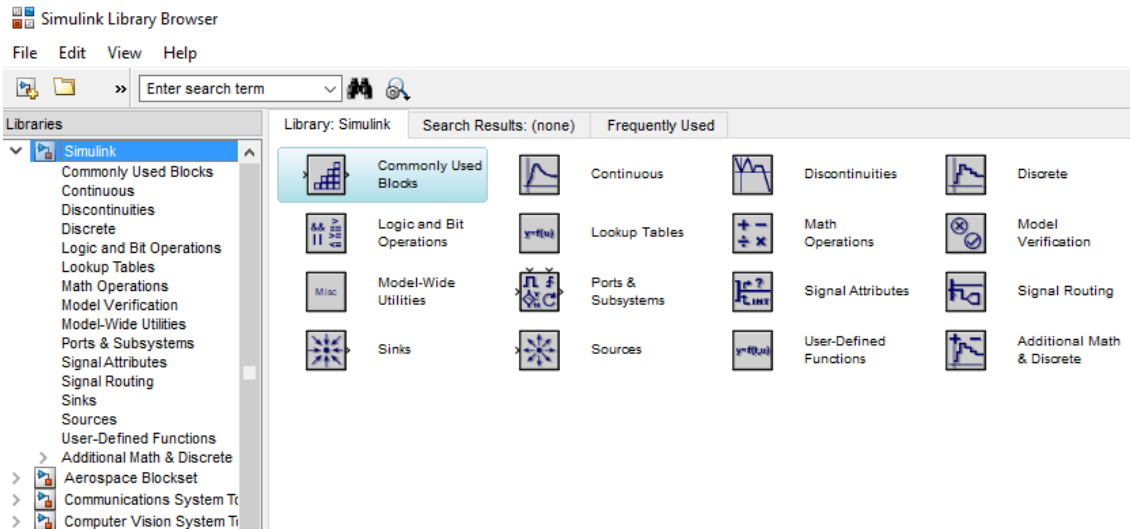


## Tutorial Simulink – Parte 2

Prof. Thiago F. K. Cordeiro

### 1. Tipos de blocos

Nós iremos utilizar apenas os blocos básicos do Simulink, agrupados na categoria Simulink do Simulink Library Browser



Dentro da categoria Simulink destaca-se, para a nossa lista, as subcategorias:

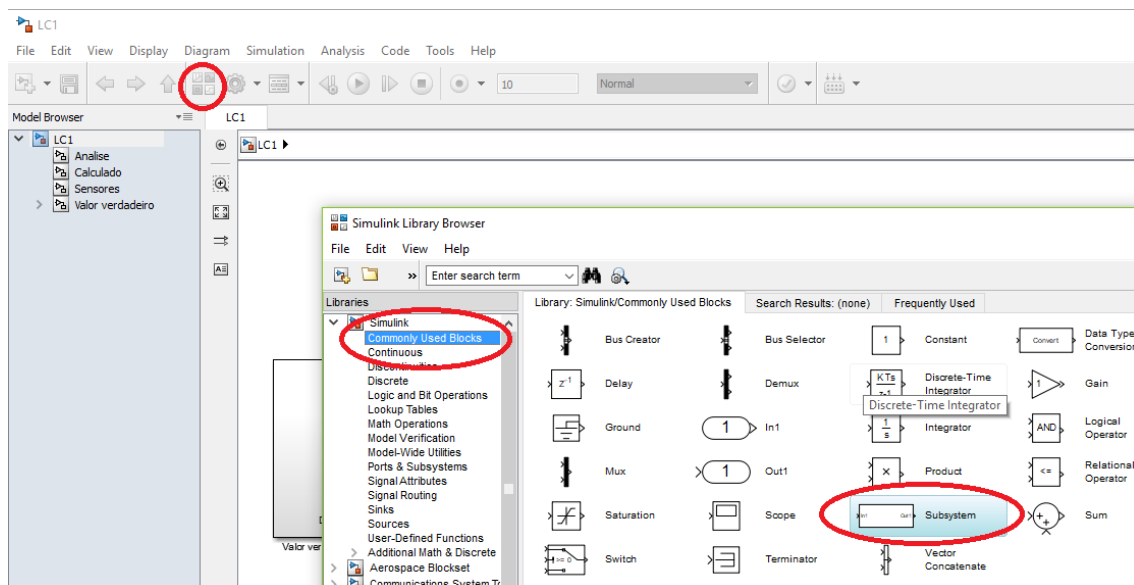
- Commonly Used Blocks: blocos básicos mais utilizados. Destacam-se:
  - Constant: fornece um valor constante. Pode ser escalar, vetorial ou matricial.
  - Mux: concatena sinais em vetores unidimensionais.
  - Demux: separa os sinais concatenados pelo Mux.
  - Integrator: faz a integral numérica do sinal. Destaca-se:
    - Pode fazer a integral de um sinal multidimensional (vetorial, matricial), integrando cada elemento independentemente.
    - Aceita condição inicial não nula. Clicar 2x no bloco e fornecer valor inicial.
    - Aceita obter condição inicial não nula de fonte externa (por exemplo, de um bloco Constant). Pode ser útil se a condição inicial provém de operação matemática, por exemplo.
    - Pode ser utilizado para realizar a integral de sistema não linear (será explicado mais à frente).
  - Product: faz operação produto. Pode ser *element-wise* (elemento a elemento) ou matricial, conforme configuração escolhida.
  - Subsystem: utilizado para criar subblocos com partes da simulação. Será explicado em detalhes mais adiante.
  - Sum: soma sinais obtidos. Destaca-se que:
    - Pode somar mais de dois sinais
    - Pode subtrair também
    - Pode ser reconfigurado para ter forma quadrada ao invés de redonda.
- Continuous: blocos para equações diferenciais contínuas, como modelo em espaço de estados e função de transferência

- Math Operations: diversas operações matemáticas, que podem ser aplicadas em sinais escalares e vetoriais (ex: soma, produto, seno) e matricial (ex: produto matricial).
- Signal Routing: ferramentas para gerenciar sinais. Além do mux/demux, já explicado, encontra-se:
  - Manual switch: escolhe entre dois sinais, bastando clicar sobre o switch. Por exemplo, pode ser usado para implementar uma escolha entre sensor ideal e com erro.
  - Selector: obtém elementos específicos de um vetor ou matriz.
- Sink: blocos que são etapas finais no uso de um sinal:
  - Scope: plotagem
  - To File: grava dado em arquivo
  - To Workspace: grava dado em variável do workspace
- Source: blocos que fornecem sinais: sinal de degrau, senoidal, de arquivo, etc.
- User defined functions: permite a implementação de funções arbitrárias. Destacam-se:
  - Fcn: recebe um vetor de entradas u, e fornece uma saída escalar, aplicando a operação descrita na configuração.
  - MATLAB Function: permite a implementação de funções utilizando a linguagem de programação do MATLAB. Mais explicações adiante.

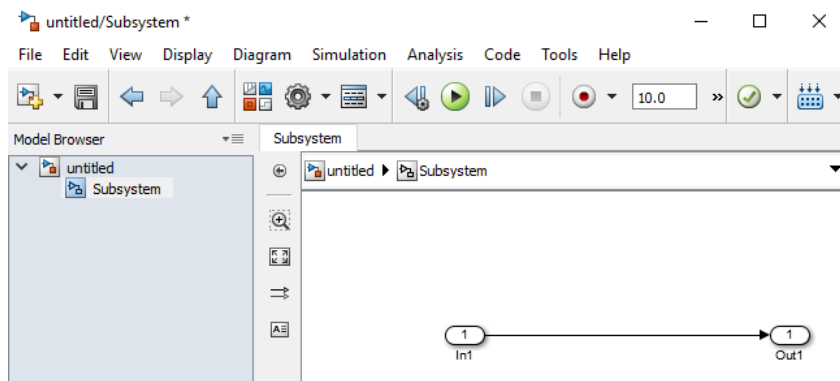
## 2. Organizando uma simulação em subsistemas

Para facilitar o entendimento de um modelo implementado em Simulink, pode-se separar etapas de simulação em blocos distintos. Para isso, use a opção:

Simulink library browser → Commonly Used Blocks → Subsystem



Cada *subsystem* adicionado aparece na estrutura de árvore à esquerda (na figura, tem-se Análise, Calculado, Sensores, e Valor verdadeiro).



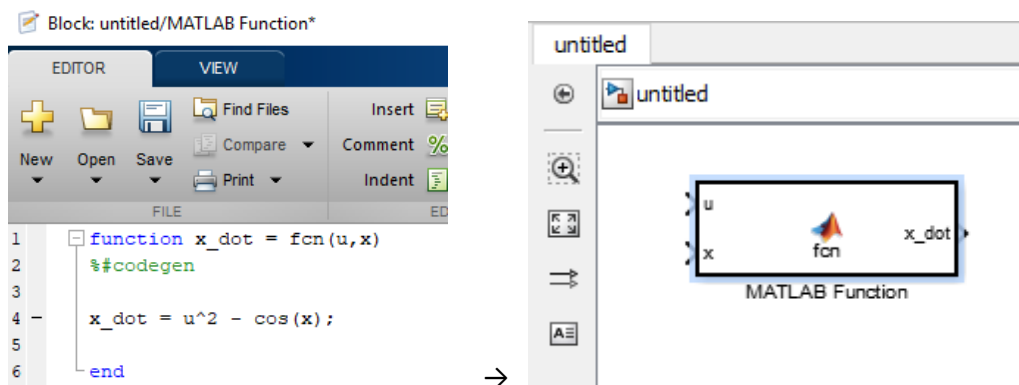
Dentro do bloco *subsystem*, existe inicialmente um terminal de entrada (in1) e um terminal de saída (out1), ligados um ao outro. Altere para que o sistema contenha as operações que você deseja implementar. Pode-se criar mais entradas, mais saídas, ou eliminar completamente as entradas e/ou saídas. A forma mais fácil de criar entradas/saídas é copiando e colando o terminal desejado. Renomeie as entradas e saídas com nomes apropriados. Blocos de *subsystem* podem ser adicionados dentro de outros blocos de *subsystem*, criando sistemas cada vez mais profundos na estrutura de árvore.

### 3. Funções implementadas via código MATLAB

Insere-se no modelo o bloco

Simulink library browser → User Defined Functions → MATLAB Function

Ao clicar nesse bloco, tem-se acesso ao editor de texto do MATLAB, e é possível implementar uma função da forma usual. As entradas e saídas descritas na função estarão disponíveis no bloco

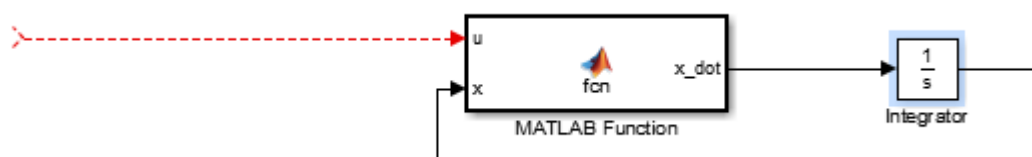


### 4. Cálculo numérico de sistema não linear

O sistema não linear deve ser escrito no formato:

$$\dot{x} = f(x, u)$$

Então, implemente a estrutura abaixo:



Em que MATLAB Function implementa  $f(x, u)$ . Destaca-se o bloco MATLAB Function pode ser substituído por qualquer bloco ou conjunto de blocos que implemente a função não linear.

## 5. Escolhendo a técnica de integração numérica

Exemplo: configurando para solver com passo fixo (*fixed step*), técnica de integração ode4 e passo de integração de 0.001 segundo:

