



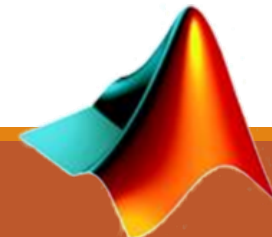
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Fondamenti di Informatica

Ricorsione e Cenni Introduttivi su Simulink

Prof. Arcangelo Castiglione

A.A. 2016/17



MATLAB®

Ricorsione e Cenni Introduttivi su Simulink

OUTLINE

- La Ricorsione
 - Principi di Base
 - Casi di Studio
 - Fattoriale
 - Fibonacci
- Cenni Introduttivi su Simulink

Principi di Base

- Una ***funzione ricorsiva*** è una funzione che invoca se stessa
- Possiamo vedere la ricorsione come un *modo alternativo* per controllare il flusso di esecuzione di un programma

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 1/4

- Il **fattoriale** di un intero (positivo) n , indicato con $n!$, è il prodotto di tutti gli interi positivi minori o uguali di n (si noti che $0! = 1$)

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 1/4

- Il **fattoriale** di un intero (positivo) n , indicato con $n!$, è il prodotto di tutti gli interi positivi minori o uguali di n (si noti che $0! = 1$)

$$n! = \prod_{i=1}^n i$$

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 1/4

- Il **fattoriale** di un intero (positivo) n , indicato con $n!$, è il prodotto di tutti gli interi positivi minori o uguali di n (si noti che $0! = 1$)

$$n! = \prod_{i=1}^n i = 1 * 2 * 3 * \dots * (n - 1) * n$$

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 1/4

- Il **fattoriale** di un intero (positivo) n , indicato con $n!$, è il prodotto di tutti gli interi positivi minori o uguali di n (si noti che $0! = 1$)

$$n! = \prod_{i=1}^n i = 1 * 2 * 3 * \dots * (n - 1) * n$$
$$\prod_{i=1}^{n-1} i$$

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 1/4

- Il **fattoriale** di un intero (positivo) n , indicato con $n!$, è il prodotto di tutti gli interi positivi minori o uguali di n (si noti che $0! = 1$)

$$n! = \prod_{i=1}^n i = 1 * 2 * 3 * \dots * (n - 1) * n$$

The diagram illustrates the recursive definition of a factorial. It shows the equation $n! = \prod_{i=1}^n i = 1 * 2 * 3 * \dots * (n - 1) * n$. An orange box highlights the product of integers from 1 to $n-1$ in the equation above. An arrow points from this box to a box containing the product of integers from 1 to $n-1$, which is then equated to $(n-1)!$ in another orange box.

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 1/4

- Il **fattoriale** di un intero (positivo) n , indicato con $n!$, è il prodotto di tutti gli interi positivi minori o uguali di n (si noti che $0! = 1$)
- **Definizione Ricorsiva Parziale** ($n > 0$)

$$n! = (n - 1)! * n$$

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 2/4

- **Definizione Ricorsiva Completa**

$$n! = \begin{cases} 1, & \text{se } n = 0 \\ (n - 1)! * n, & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 2/4

- **Definizione Ricorsiva Completa**

$$n! = \begin{cases} 1, & \text{se } n = 0 \\ (n - 1)! * n, & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

Caso base

La Ricorsione

Caso Studio

- Definizione

N.B. Il **caso base** è necessario affinché la ricorsione termini, altrimenti si potrebbe avere una «ricorsione infinita»

$n! =$

Caso base

La Ricorsione

Caso Studio

- Definizione

N.B. Il **caso base** è necessario affinché la ricorsione termini, altrimenti si potrebbe avere una «ricorsione infinita»

Nel nostro esempio, se n è uguale a 0, allora la funzione restituirà 1 (dato che $0! = 1$)

$n! =$

Caso base

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 2/4

- **Definizione Ricorsiva Completa**

$$n! = \begin{cases} 1, & \text{se } n = 0 \\ (n - 1)! * n, & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

**Versione più semplice
della definizione**

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 3/4

- Codice MATLAB

$$n! = \begin{cases} 1, & \text{se } n = 0 \\ (n-1)! * n, & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 3/4

- Codice MATLAB

$$n! = \begin{cases} 1, & \text{se } n = 0 \\ (n - 1)! * n, & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

Invocazione ricorsiva

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

- Dietro le quinte...

fattoriale_ricorsivo(4)

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

- Dietro le quinte...

`fattoriale_ricorsivo(4)`

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

`fattoriale_ricorsivo(4)`

`fattoriale_ricorsivo(3) * 4`

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

`fattoriale_ricorsivo(4)`

`fattoriale_ricorsivo(3) * 4`

`fattoriale_ricorsivo(2) * 3`

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

`fattoriale_ricorsivo(4)`

`fattoriale_ricorsivo(3) * 4`

`fattoriale_ricorsivo(2) * 3`

`fattoriale_ricorsivo(1) * 2`

`fattoriale_ricorsivo(0) * 1`

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

`fattoriale_ricorsivo(4)`

`fattoriale_ricorsivo(3) * 4`

`fattoriale_ricorsivo(2) * 3`

`fattoriale_ricorsivo(1) * 2`

`fattoriale_ricorsivo(0) * 1`

1

(Caso base $\rightarrow 0! = 1$)

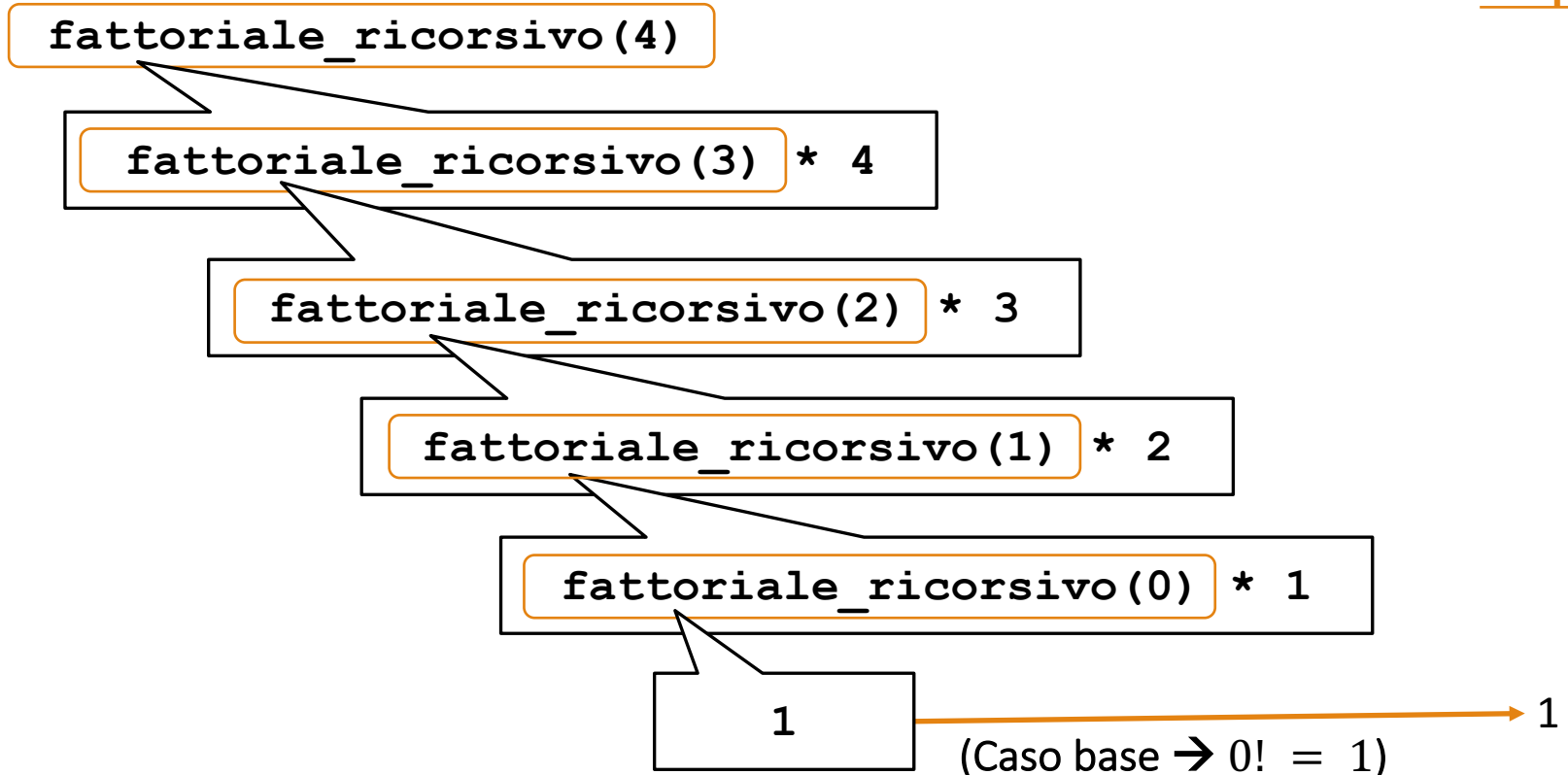
La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

Output



La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

Output



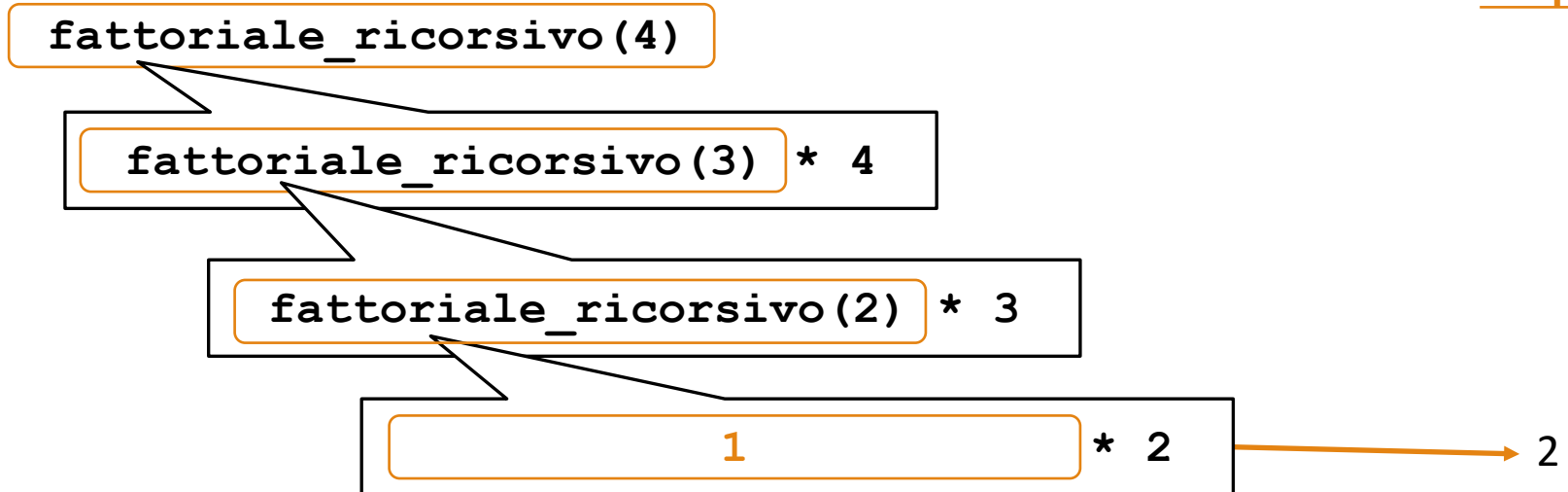
La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

Output



La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

Output

`fattoriale_ricorsivo(4)`

`fattoriale_ricorsivo(3) * 4`

`2 * 3`

6

La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

```
function [n_fact] = fattoriale_ricorsivo(n)
    if n == 0
        n_fact = 1;
    else
        n_fact = fattoriale_ricorsivo(n - 1) * n;
    end
end
```

- Dietro le quinte...

Output

`fattoriale_ricorsivo(4)`



La Ricorsione

Caso di Studio: Fattoriale – 4/4

- Dietro le quinte...

```
>> f = fattoriale_ricorsivo(4)
```

```
f =
```

```
    24
```

La Ricorsione

Caso di Studio: Fibonacci – 1/3

- Nella successione (o serie) di **Fibonacci**, ogni valore, denotato mediante $Fib(n)$ ($n \geq 0$), è espresso come la somma dei due valori ad esso precedenti nella serie
- Si noti che $Fib(0) = 0$ e $Fib(1) = 1$

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...

- **Definizione Ricorsiva**

$$Fib(n) = \begin{cases} 0 & \text{se } n = 0 \\ 1 & \text{se } n = 1 \\ Fib(n - 1) + Fib(n - 2) & \text{se } n \geq 2 \end{cases}$$

La Ricorsione

Caso di Studio: Fibonacci – 2/3

- **Definizione Ricorsiva**

$$Fib(n) = \begin{cases} 0 & se\ n = 0 \\ 1 & se\ n = 1 \\ Fib(n - 1) + Fib(n - 2) & se\ n \geq 2 \end{cases}$$

La Ricorsione

Caso di Studio: Fibonacci – 2/3

- **Definizione Ricorsiva**

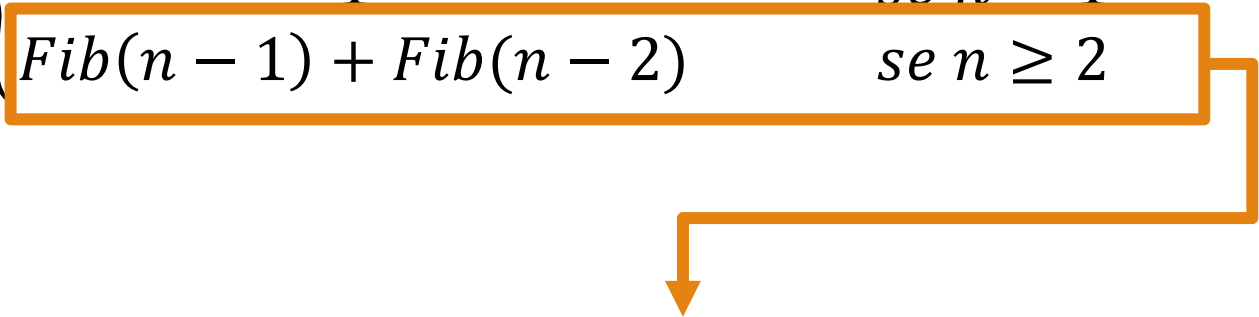
$$Fib(n) = \begin{cases} 0 & \text{se } n = 0 \\ 1 & \text{se } n = 1 \\ Fib(n - 1) + Fib(n - 2) & \text{se } n \geq 2 \end{cases}$$

Casi base

La Ricorsione

Caso di Studio: Fibonacci – 2/3

- **Definizione Ricorsiva**

$$Fib(n) = \begin{cases} 0 & \text{se } n = 0 \\ 1 & \text{se } n = 1 \\ Fib(n - 1) + Fib(n - 2) & \text{se } n \geq 2 \end{cases}$$


**Versione più semplice
della definizione**

La Ricorsione

Caso di Studio: Fibonacci – 3/3

- Codice MATLAB

$$Fib(n) = \begin{cases} 0 & \text{se } n = 0 \\ 1 & \text{se } n = 1 \\ Fib(n-1) + Fib(n-2) & \text{se } n \geq 2 \end{cases}$$

```
function [valore] = fibonacci_ricorsivo(n)
    if n == 0
        valore = 0;
    elseif n == 1;
        valore = 1;
    else
        valore = fibonacci_ricorsivo(n - 1) + fibonacci_ricorsivo(n - 2);
    end
end
```

La Ricorsione

Caso di Studio: Fibonacci – 3/3

- Codice MATLAB

$$Fib(n) = \begin{cases} 0 & \text{se } n = 0 \\ 1 & \text{se } n = 1 \\ Fib(n-1) + Fib(n-2) & \text{se } n \geq 2 \end{cases}$$

```
function [valore] = fibonacci_ricorsivo(n)
    if n == 0
        valore = 0;
    elseif n == 1;
        valore = 1;
    else
        valore = fibonacci_ricorsivo(n - 1) + fibonacci_ricorsivo(n - 2);
    end
end
```

Invocazioni ricorsive

La Ricorsione

Caso di Studio: Fibonacci – 3/3

- Codice MATLAB

```
function [valore] = fibonacci_ricorsivo(n)
    if n == 0
        valore = 0;
    elseif n == 1;
        valore = 1;
    else
        valore = fibonacci_ricorsivo(n - 1) + fibonacci_ricorsivo(n - 2);
    end
end
```

- *Esempi d'uso*

```
>> fibonacci_ricorsivo(0)
ans =
    0
>> fibonacci_ricorsivo(4)
ans =
    3
>> fibonacci_ricorsivo(8)
ans =
   21
```

Simulink: Cenni Introduttivi – 1/5

- **Sistema Dinamico:** Un sistema dinamico è un modello matematico caratterizzante una situazione che cambia e si evolve nel tempo, secondo una legge deterministica
- **Simulink** è un ambiente grafico che consente di descrivere, modellare, simulare ed analizzare sistemi dinamici appartenenti a numerosi domini applicativi
- Pagina web di **Simulink**
 - <http://it.mathworks.com/products/simulink/>



Simulink: Cenni Introduttivi – 2/5

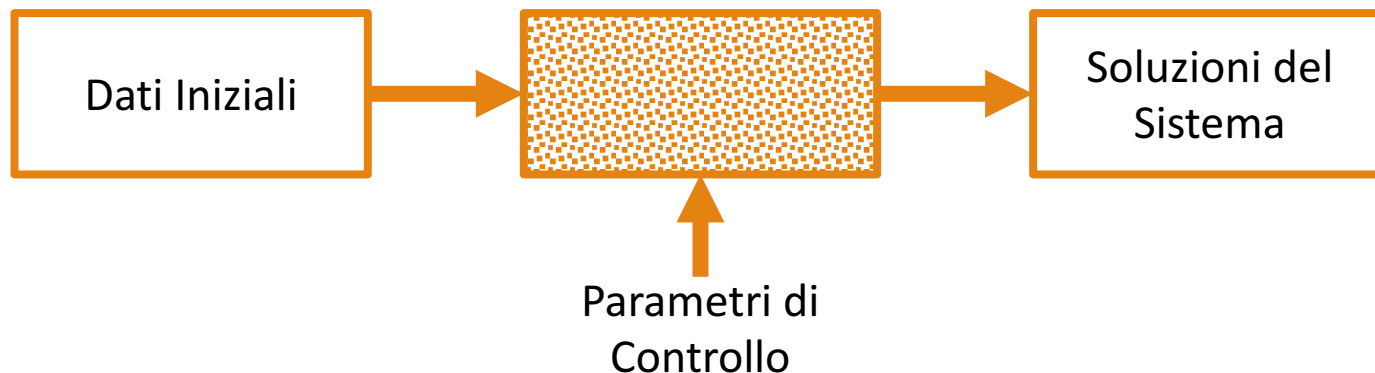
Sistemi Dinamici

- Esistono diverse tipologie di sistemi dinamici
 - Tempo continuo
 - Tempo discreto
 - Lineari
 - Non lineari
 - Etc
- Molti modelli fisici, biologici, meccanici, chimici, etc, possono essere rappresentati mediante sistemi di questo tipo

Simulink: Cenni Introduttivi – 3/5

Sistemi Dinamici

- Un sistema dinamico può essere anche visto come un sistema di input/output



Simulink: Cenni Introduttivi – 4/5

- La simulazione di un sistema dinamico, in ambiente Simulink, si articola in due fasi principali

Simulink: Cenni Introduttivi – 4/5

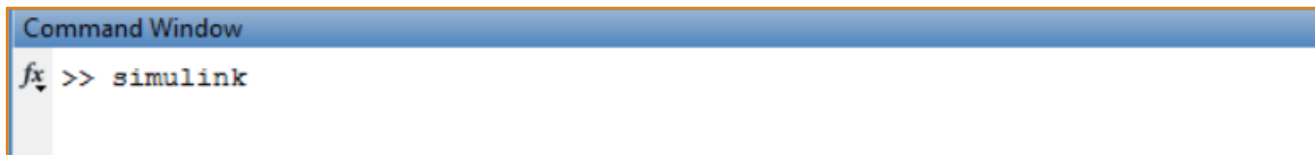
- La simulazione di un sistema dinamico, in ambiente Simulink, si articola in due fasi principali
 - **Prima Fase**
 - Creazione del modello grafico del sistema da simulare
 - Il modello grafico può contenere interconnessioni di *elementi* del sistema dinamico
 - Mediante tale modello vengono descritte le relazioni matematiche esistenti tra gli ingressi e le uscite del sistema

Simulink: Cenni Introduttivi – 4/5

- La simulazione di un sistema dinamico, in ambiente Simulink, si articola in due fasi principali
 - **Seconda Fase**
 - Utilizzo di Simulink per simulare il comportamento del sistema durante una sua evoluzione temporale in un determinato arco di tempo
 - L'arco temporale è definito dall'utente
 - Simulink utilizza le informazioni specificate dall'utente, in fase di descrizione del modello grafico, al fine di generare le istruzioni volte alla risoluzione del problema modellato

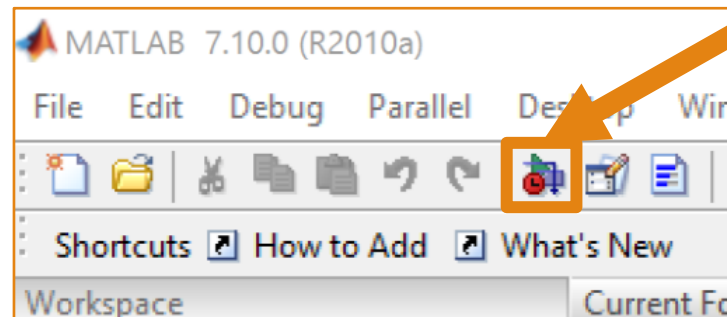
Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

- Per avviare Simulink, basta digitare `simulink` nella Command Window



```
Command Window
fx >> simulink
```

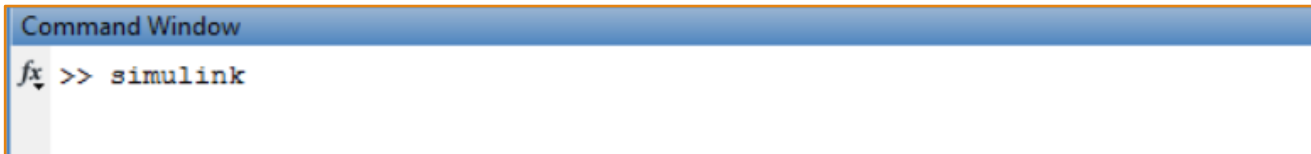
- Oppure è possibile cliccare sull'apposito pulsante nella barra degli strumenti di MATLAB



Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

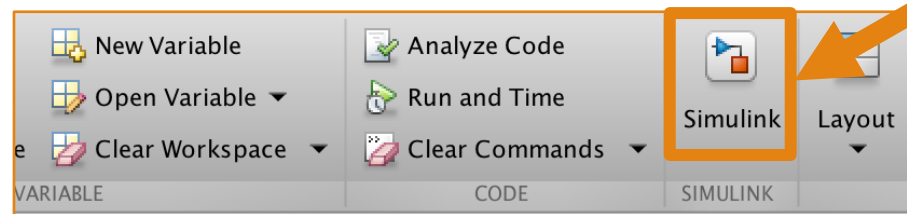
(Nuove Versioni di MATLAB)

- Per avviare Simulink, basta digitare `simulink` nella Command Window



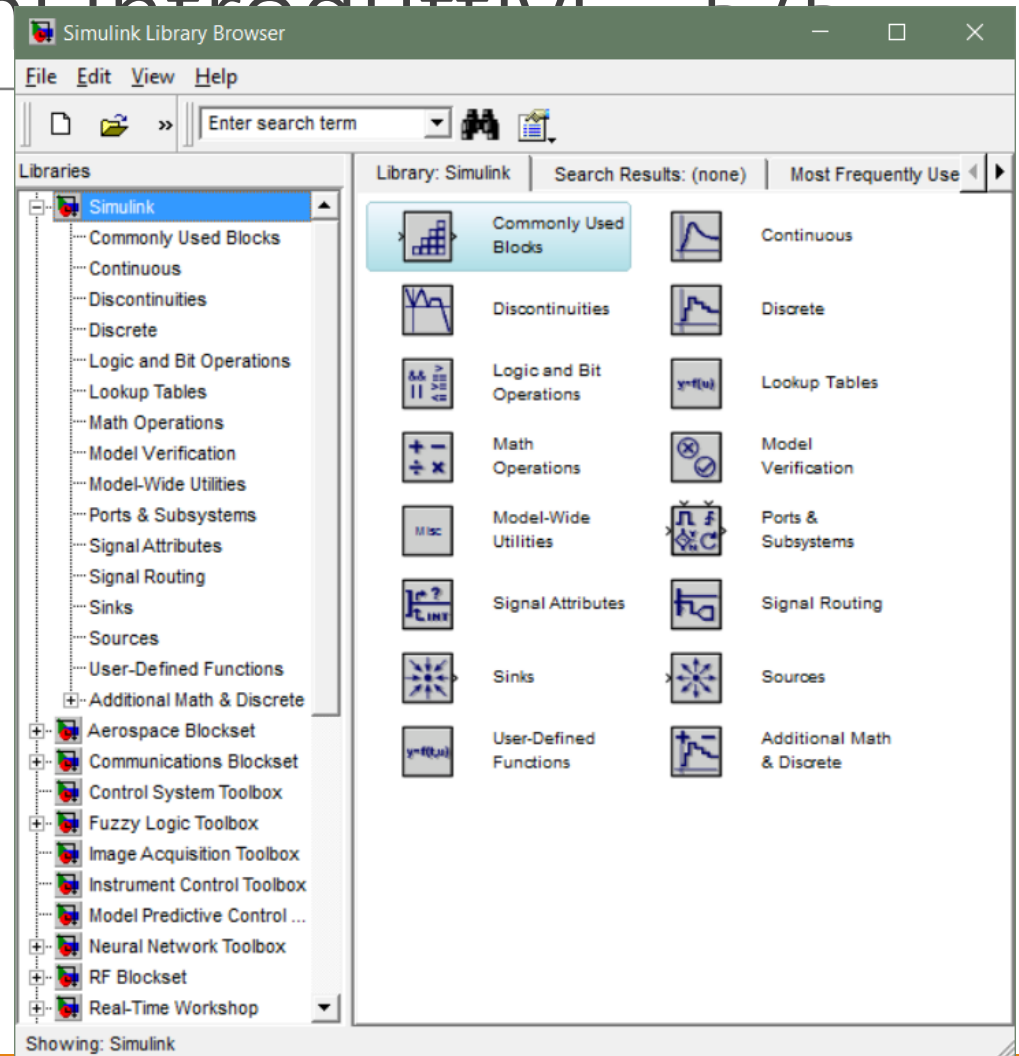
```
Command Window  
fx >> simulink
```

- Oppure è possibile cliccare sull'apposito pulsante nella barra degli strumenti di MATLAB



Simulink: Cenni Introduttivi 5/5

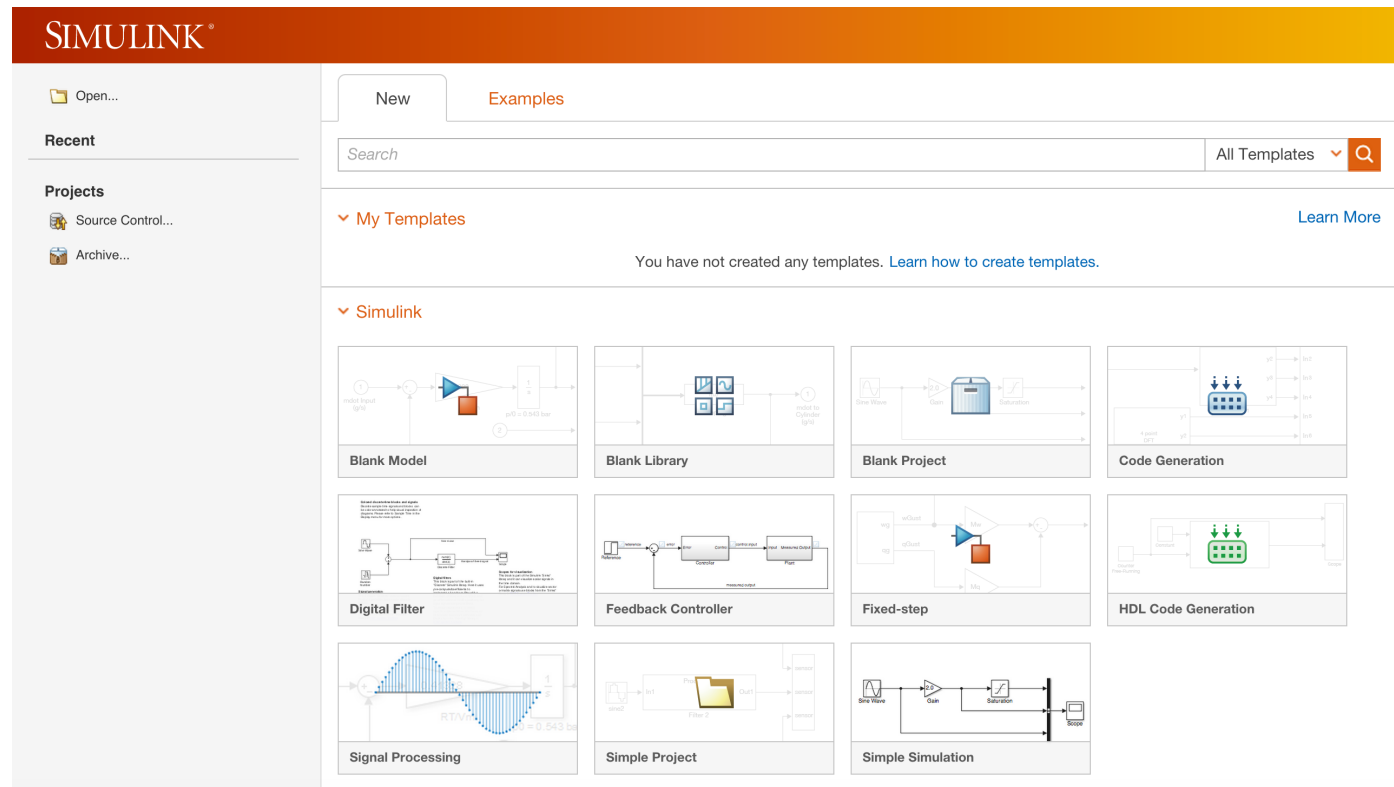
- *Simulink Library Browser*



Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

(Nuove Versioni di MATLAB)

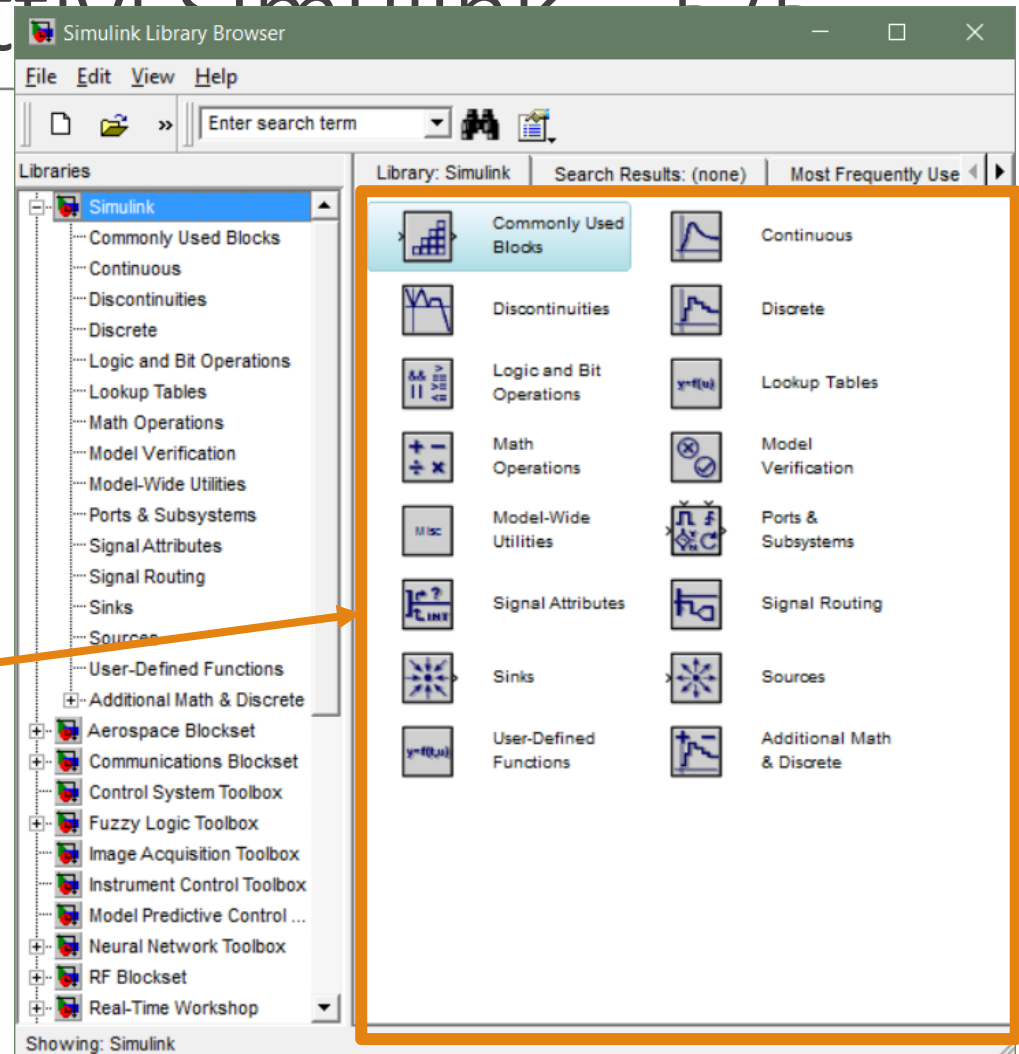
- *Simulink Library Browser*



Cenni Introductivi Simulink 5/5

- *Simulink Library Browser*

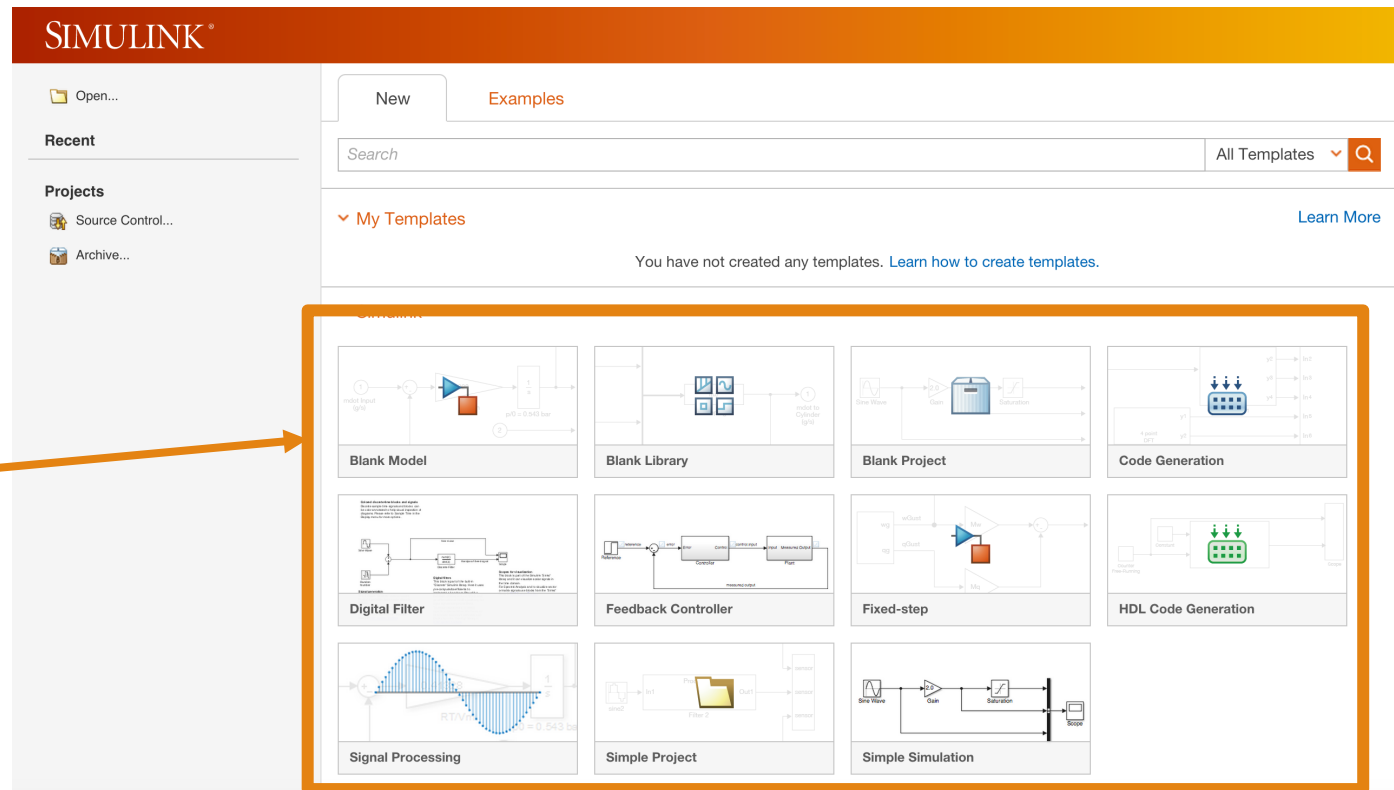
Insieme di blocchi per la creazione di modelli



Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

(Nuove Versioni di MATLAB)

- *Simulink Library Browser*

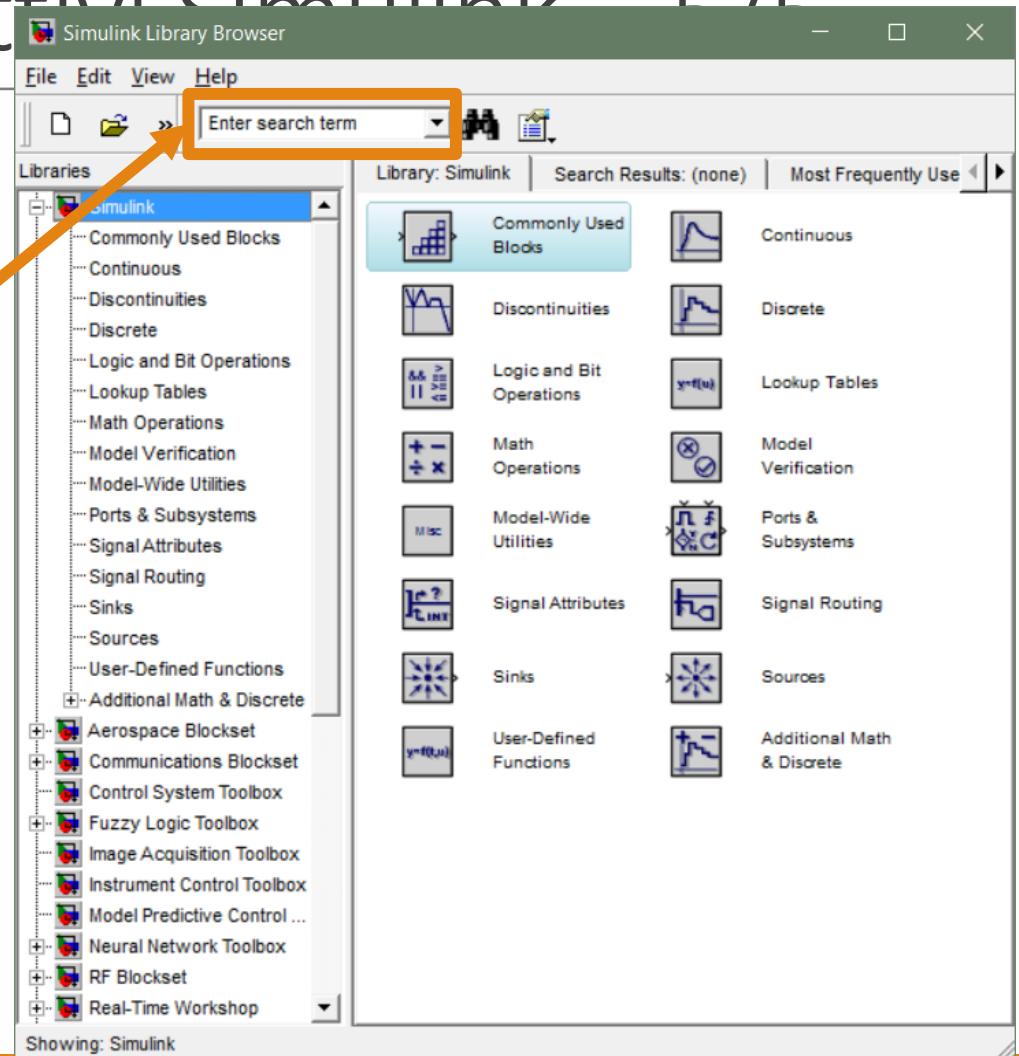


Insieme di blocchi per la creazioni di modelli

Cenni Introduttivi Simulink 5/5

- *Simulink Library Browser*

Casella di ricerca

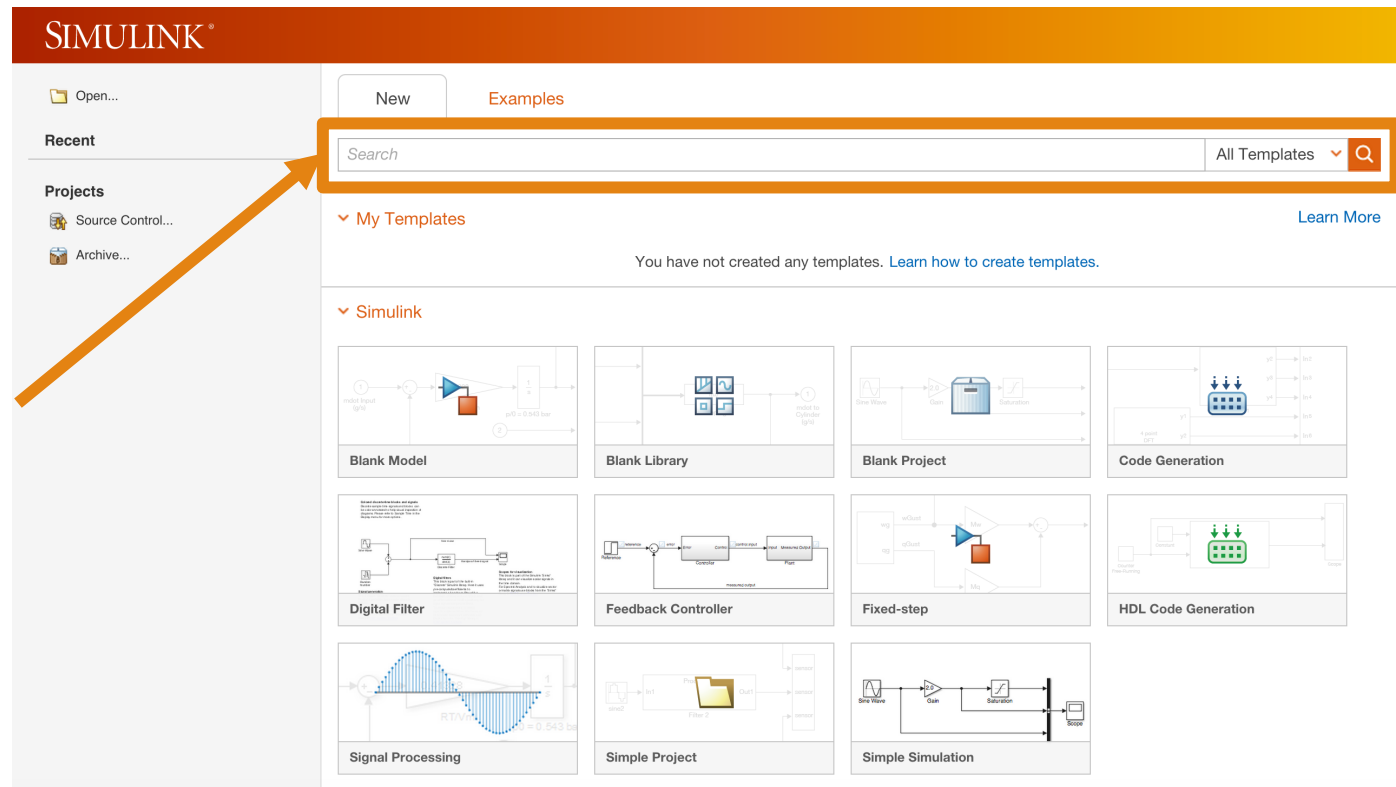


Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

(Nuove Versioni di MATLAB)

- *Simulink Library Browser*

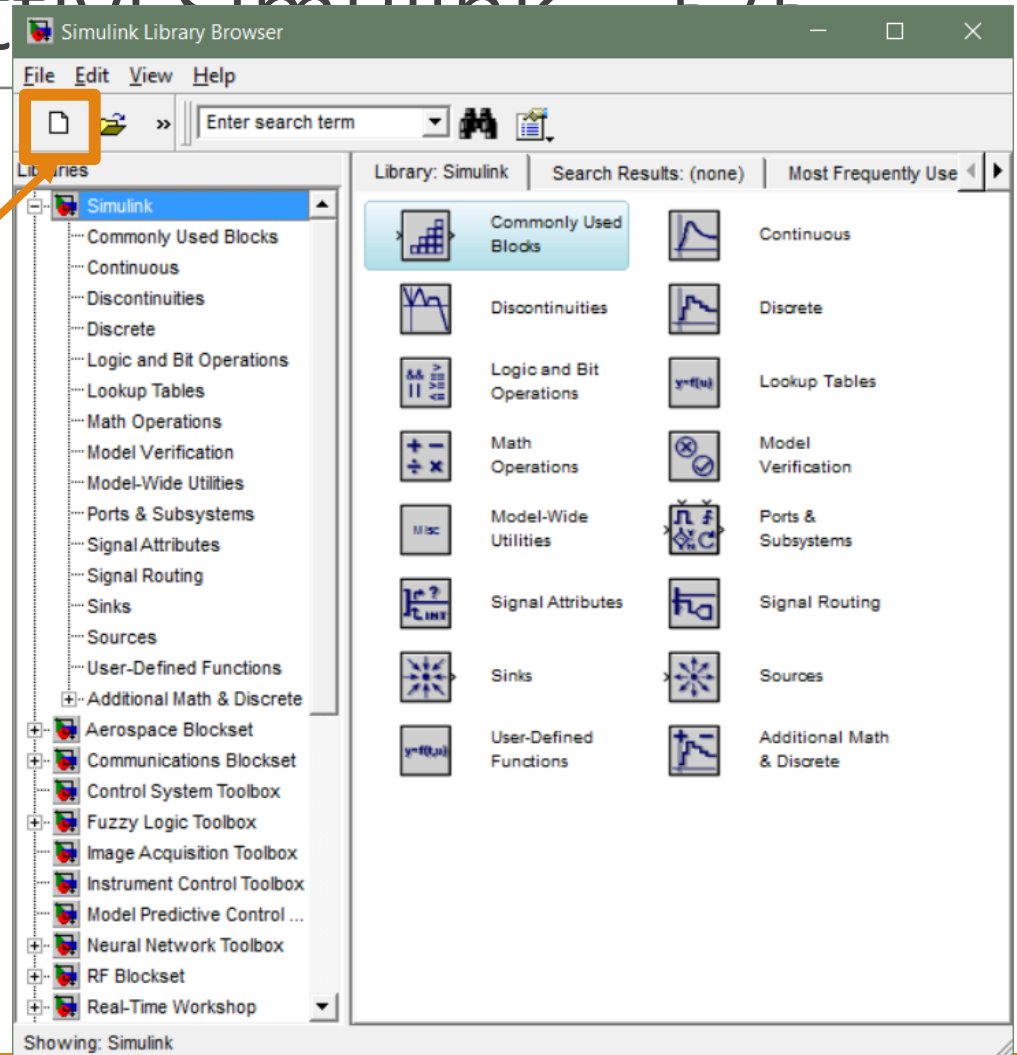
Casella di ricerca



Cenni Introductivi Simulink 5/5

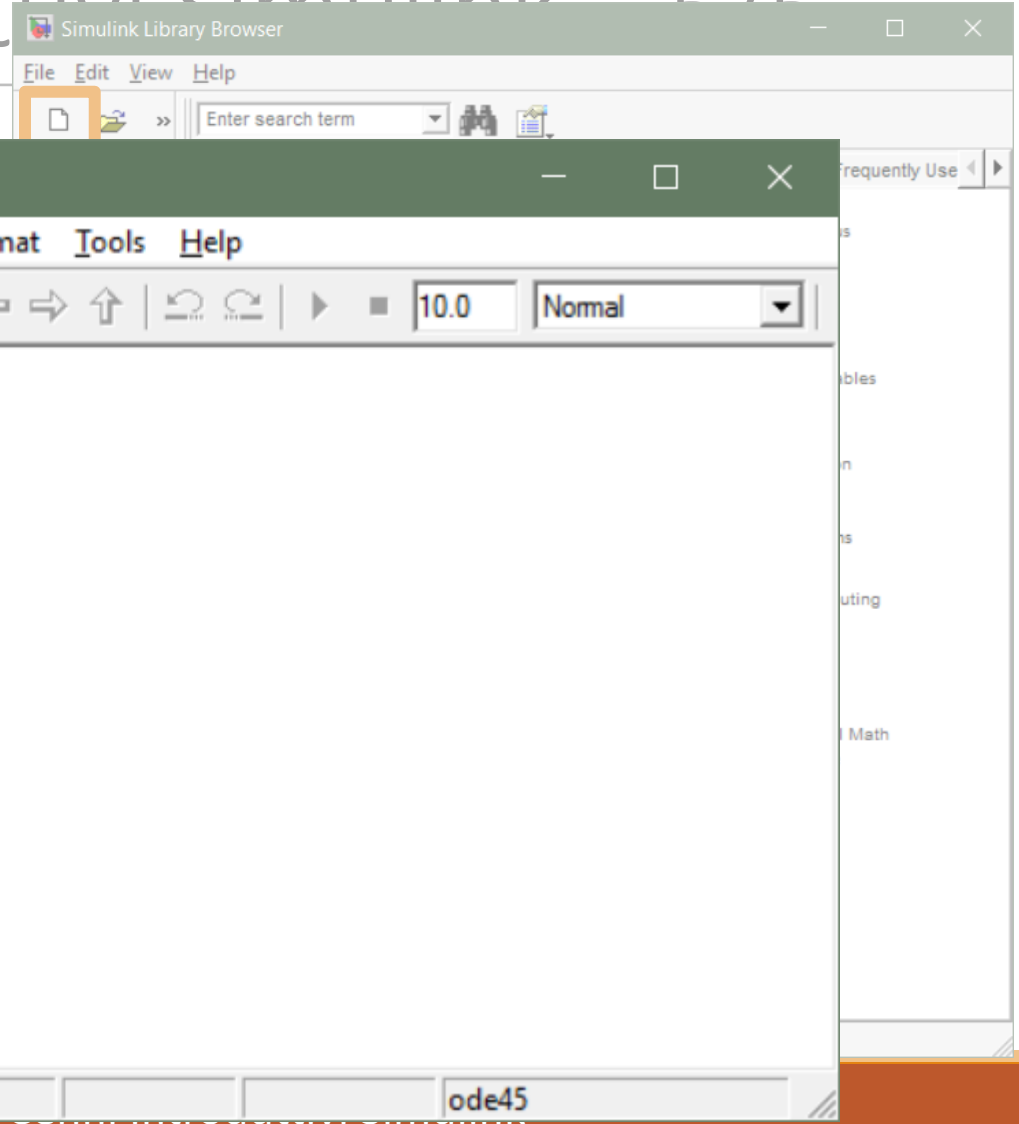
- *Simulink Library Browser*

Nuovo modello



Cenni Introductivi Simulink 5/5

- *Simulink Library Browser*

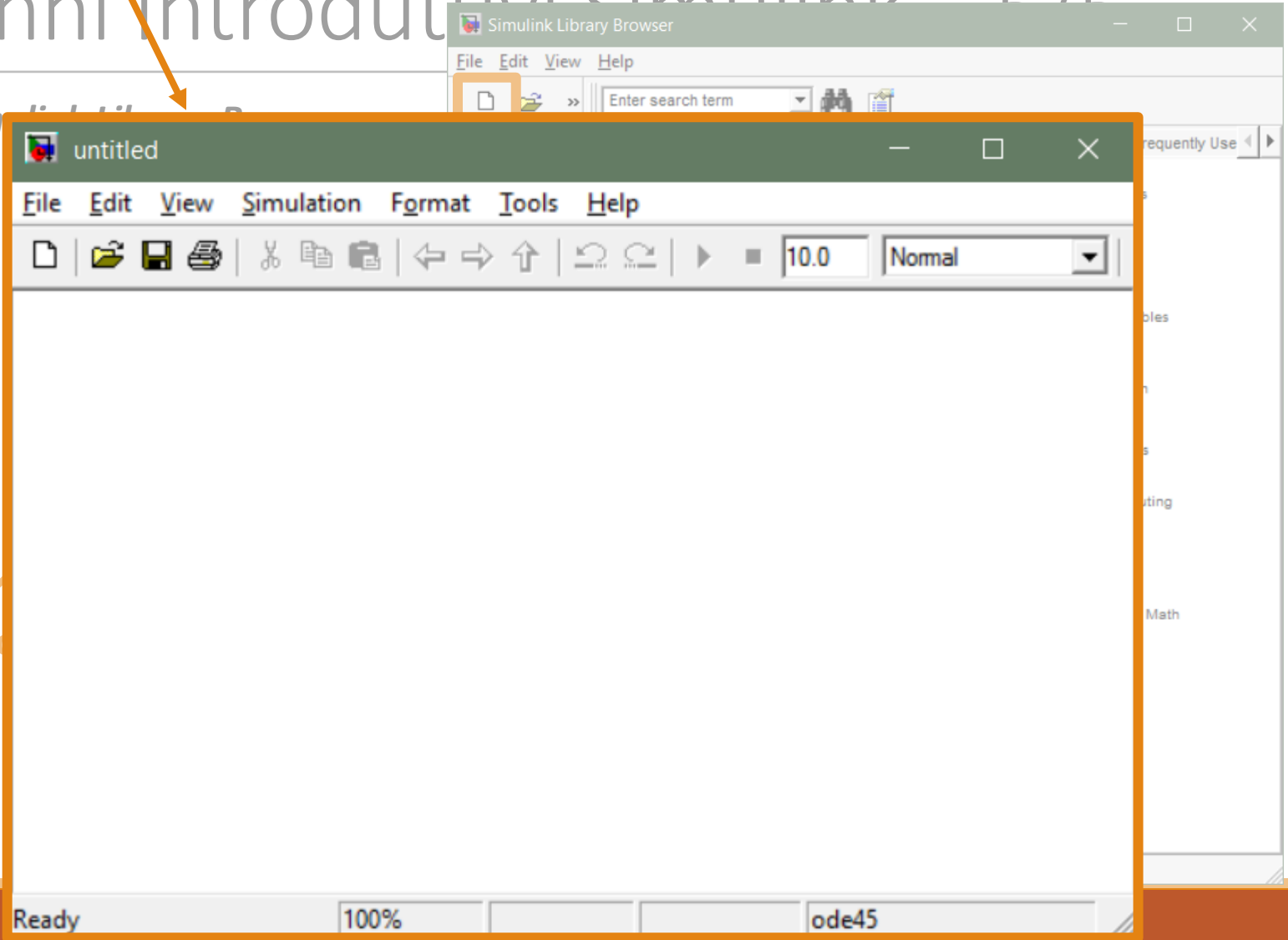


Nuovo mod

Workspace per la creazione di un modello

Cenni Introduttivi Simulink 5 / 5

- Simulink



Nuovo modello

Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

(Nuove Versioni di MATLAB)

- *Simulink Library Browser*

The screenshot shows the Simulink Library Browser interface. The top bar is orange with the 'SIMULINK' logo. Below it, there are tabs for 'New' and 'Examples'. A search bar is present with the text 'Search' and a dropdown menu for 'All Templates'. The main area is divided into sections: 'My Templates' (with a 'Learn More' link), 'Simulink' (with a 'Learn More' link), and a grid of templates. The 'Blank Model' template is highlighted with an orange border and an orange arrow pointing to it from the text 'Nuovo modello'.

Nuovo modello

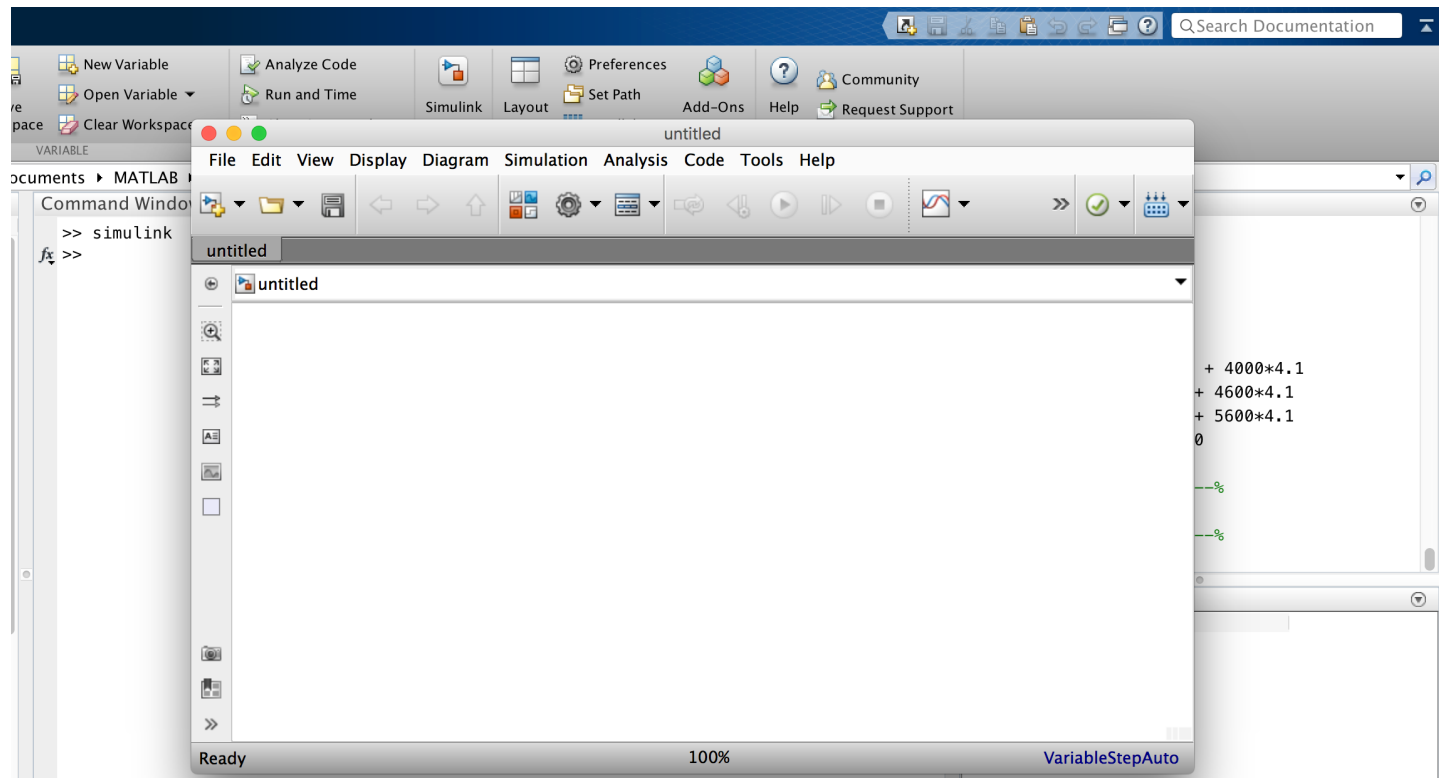
The templates shown in the grid are:

- Blank Model
- Blank Library
- Blank Project
- Code Generation
- Digital Filter
- Feedback Controller
- Fixed-step
- HDL Code Generation
- Signal Processing
- Simple Project
- Simple Simulation

Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

(Nuove Versioni di MATLAB)

- *Simulink Library Browser*



Simulink: Cenni Introduttivi – 5/5

(Nuove Versioni di MATLAB)

- *Simulink Library Browser*

Workspace per la
creazione di un modello

