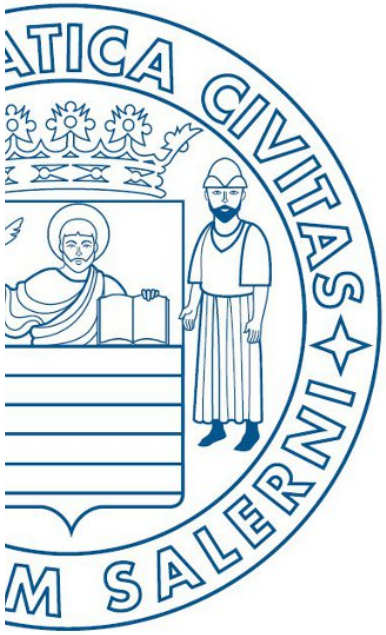


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

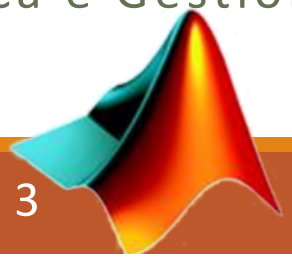
Fondamenti di Informatica

Introduzione alla programmazione in MATLAB: Parte 3 (La Ricorsione e Debugging)

Prof. Christian Esposito

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica e Gestionale (Classe I)

A.A. 2017/18



MATLAB

OUTLINE

- La ricorsione - Principi base
  - Caso Studio 1: Fattoriale
  - Caso Studio 2: Fibonacci
- Debugging dei Programmi MATLAB

Principi base (1)

Il concetto di ricorsione in informatica si riconduce a quello di induzione matematica.

Sia P un predicato sull'insieme N dei numeri naturali e sia vero il predicato P(0); se per ogni K intero, dal predicato P(k) discende la verità di P(k+1) allora P(n) è vero per qualsiasi n.

Principi base (2)

La dimostrazione induttiva avviene in due passi:

- Passo base : dimostrare P(0)=vero;
- Passo induttivo: dimostrare che per ogni k>0, si ha che

  P(k)  P(k+1)

Così come nel principio di induzione la verità di P(k+1) discende dalla verità dello stesso predicato P(k), il calcolo di un funzione ricorsiva avviene mediante il calcolo della stessa funzione in un passo successivo.

Caso Studio: Fattoriale (1)

- 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)

Caso Studio: Fattoriale (1)

- 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)

$$n! = \prod_{i=0}^{n} i$$

Caso Studio: Fattoriale (1)

- 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)

$$n! = \prod_{i=0}^{n} i \quad = 1 * 2 * 3 * \ \ldots * (n-1) * n$$

Caso Studio: Fattoriale (1)

- 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)

$$n! = \prod_{i=0}^{n} i = 1 * 2 * 3 * \ldots * (n-1) * n$$

$$\prod_{i=0}^{n-1} i$$

Caso Studio: Fattoriale (1)

- 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)

$$n! = \prod_{i=0}^{n} i = 1 * 2 * 3 * \ldots * (n-1) * n$$

$$\prod_{i=0}^{n-1} i = (n-1)!$$

Caso Studio: Fattoriale (1)

- 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):**

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

Caso Studio: Fattoriale (2)

- **Definizione ricorsiva:**

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

Caso Studio: Fattoriale (2)

- **Definizione ricorsiva:**

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

Caso base

Caso Studio: Fattoriale (2)

- **Definizione ricorsiva:**

$$n! = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ n \cdot (n-1)! & n > 0 \end{cases}$$

Il **caso base** è necessario affinché la ricorsione termini invece di avere una «ricorsione infinita»

Caso base

Caso Studio: Fattoriale (2)

- **Definizio**

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

Il **caso base** è necessario affinché la ricorsione termini invece di avere una «ricorsione infinita»

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

Caso base

Caso Studio: Fattoriale (2)

- **Definizione ricorsiva:**

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

Versione più semplice della definizione

Caso Studio: Fattoriale (3)

- Codice MATLAB

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

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

Caso Studio: Fattoriale (3)

- Codice MATLAB

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

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

Invocazione ricorsiva

Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...

```
fattoriale_ricorsivo(4)
```

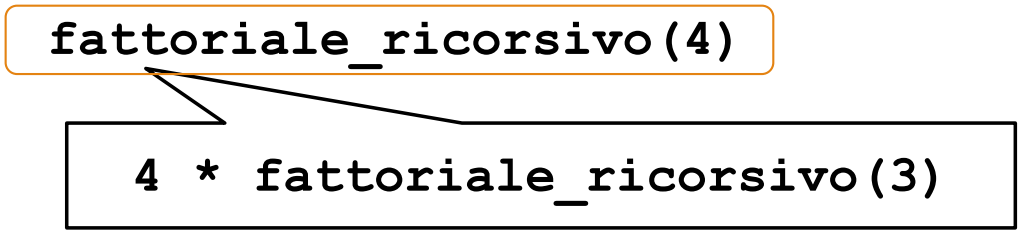
Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...

```
fattoriale_ricorsivo(4)
```

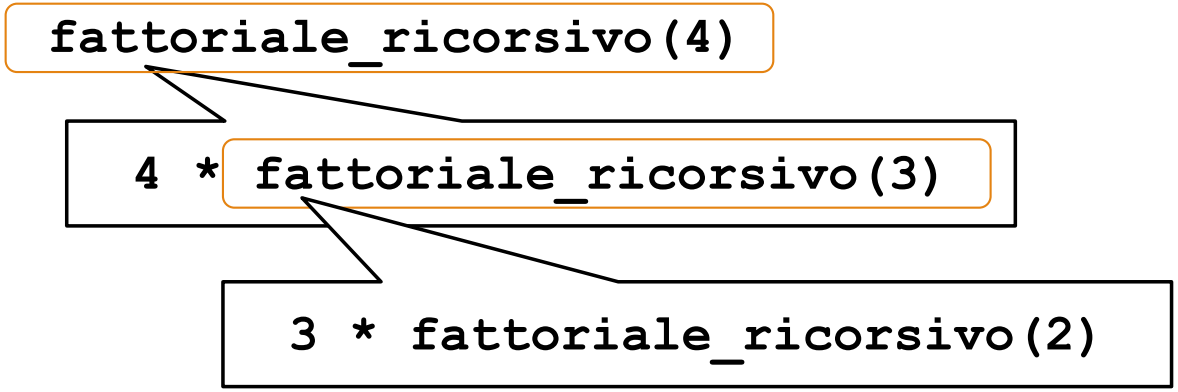
Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...



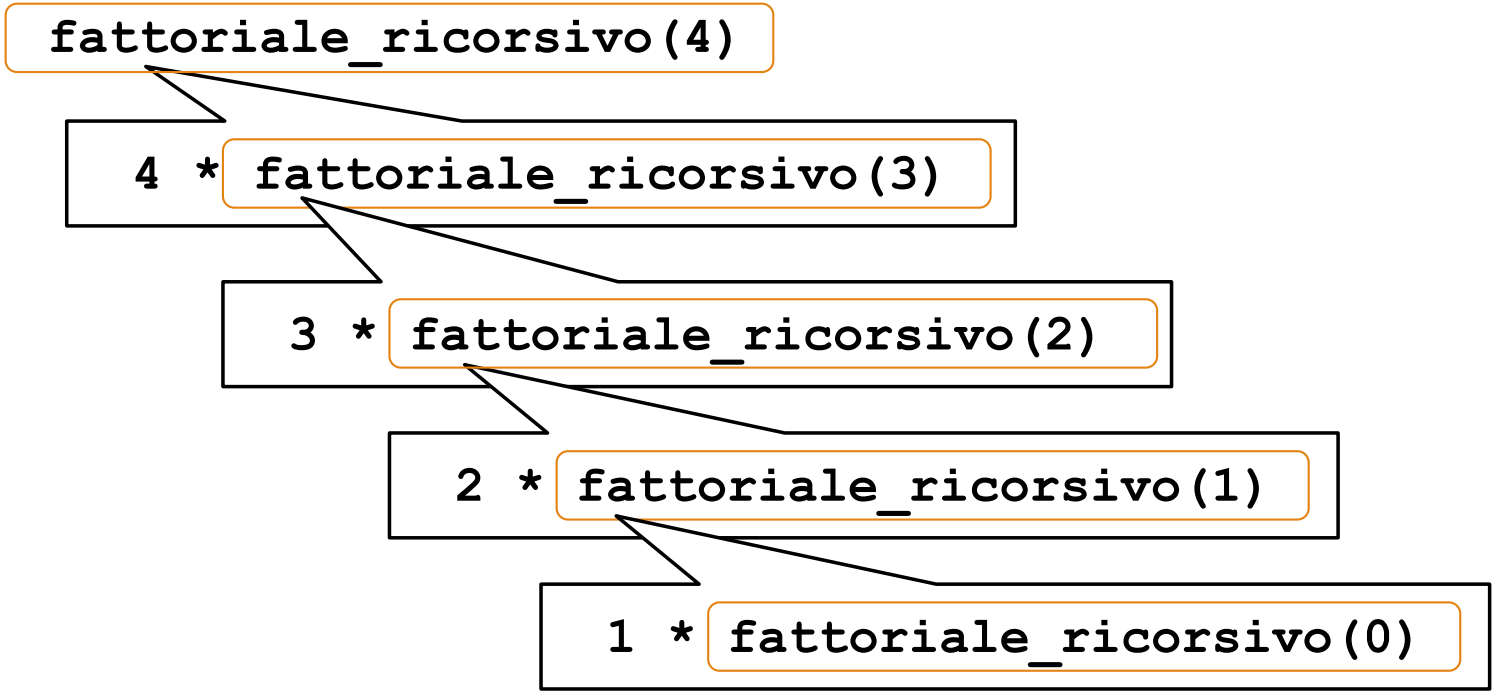
Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...



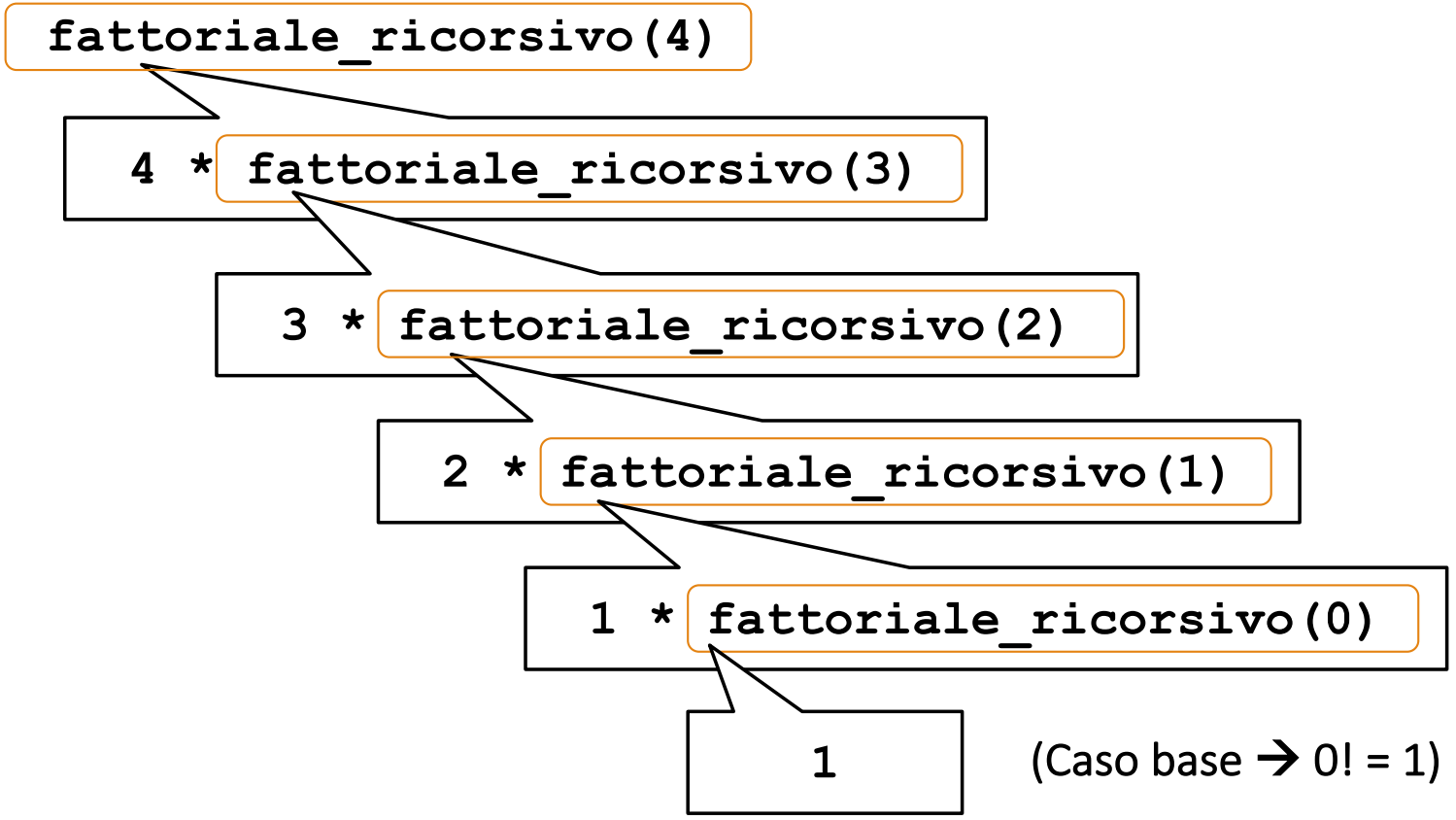
Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...



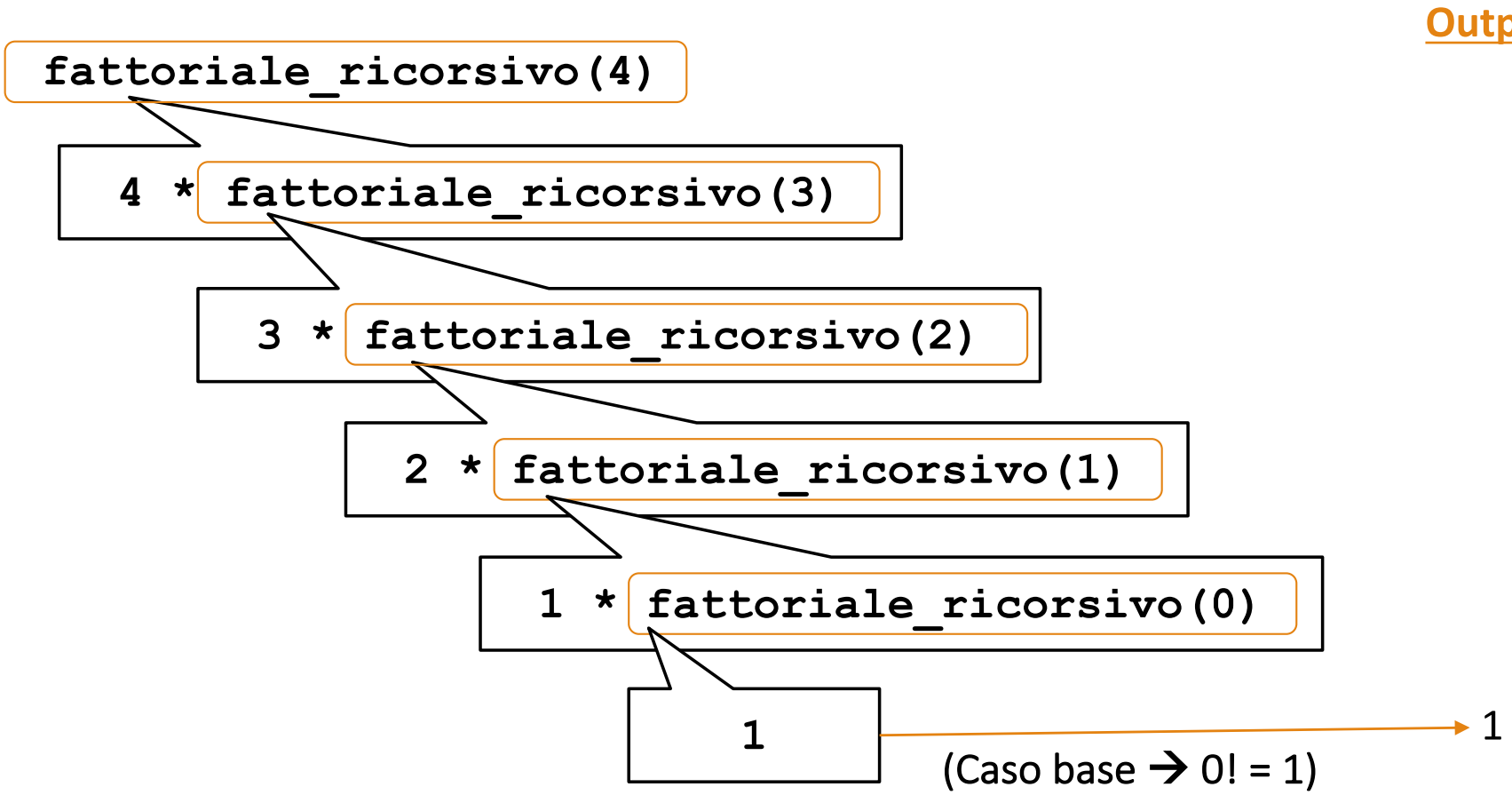
Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...



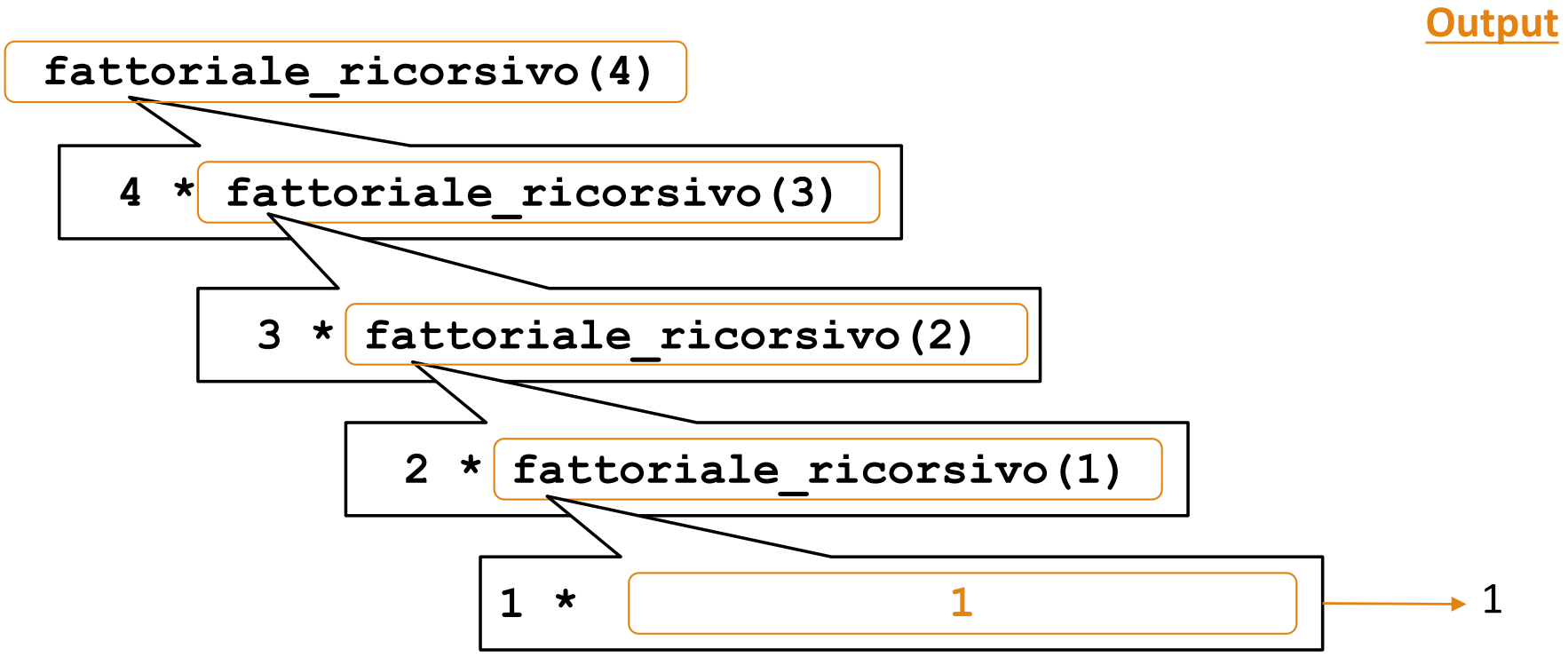
Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...



Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...

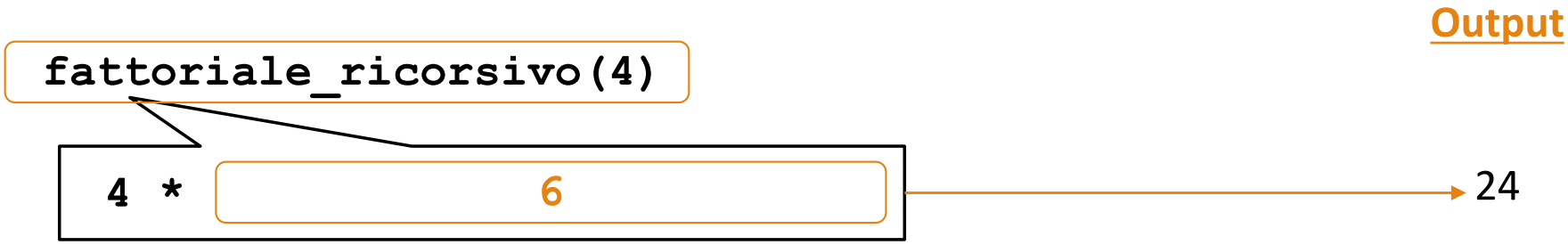


Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...

Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...



Caso Studio: Fattoriale (4)

- Dietro le quinte...

```
>> f = fattoriale_ricorsivo(4)

f =
     24
```

Caso Studio: Fibonacci (1)

- Nella successione di **Fibonacci**, ogni valore *Fib(n)* (*n* >= 0) è espresso come la somma dei due precedenti valori
  - Si noti che *Fib(0) = 0* e *Fib(1) = 1*

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, …

- **Definizione ricorsiva:**

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

Caso Studio: Fibonacci (2)

- **Definizione ricorsiva:**

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

Caso Studio: Fibonacci (2)

- **Definizione ricorsiva:**

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

Casi base

Caso Studio: Fibonacci (2)

- **Definizione ricorsiva:**

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

Versione più semplice della definizione

Caso Studio: Fibonacci (3)

- Codice MATLAB

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

```
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
```

Caso Studio: Fibonacci (3)

- Codice MATLAB

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

```
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

Caso Studio: Fibonacci (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
```

Quando usare la ricorsione

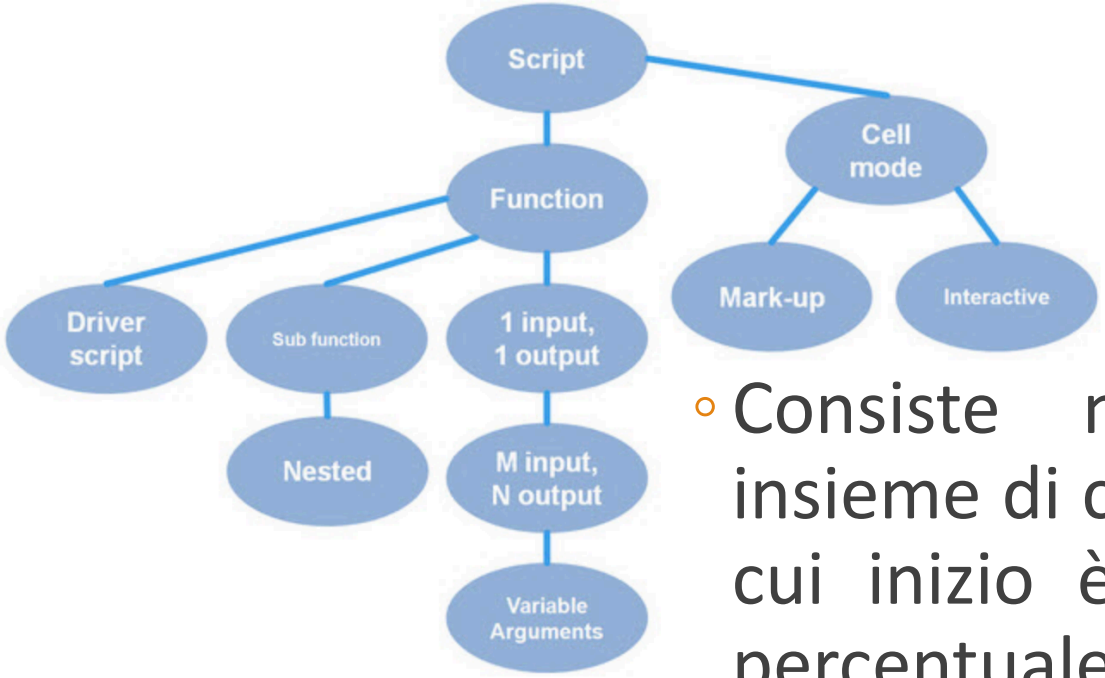
- La ricorsione deve essere evitata quando esiste una soluzione iterativa ovvia, e in situazioni in cui le prestazioni del sistema sono un elemento critico.

- Algoritmi che per loro natura sono ricorsivi piuttosto che iterativi dovrebbero essere formulati con procedure ricorsive. Ad esempio, considerare che alcune strutture dati sono inerentemente ricorsive:
  - Strutture ad albero
  - Sequenze
  - …..

Debugging (1)

- Il debugging (o semplicemente debug), in informatica, indica l'attività che consiste nell'individuazione da parte del programmatore della porzione di software affetta da errore (bug).
- L'editor che mette a disposizione MATLAB per la scrittura degli M-file contiene anche un Debugger, che ha lo scopo di supportare il programmatore durante il debugging.
- Va detto che i programmi MATLAB sono generalmente brevi, e non richiedono un debugger a meno non siano di grandi dimensioni.

Debugging (2)



- Una prima tecnica di debugging è la modalità cella, da usare con gli script.
- Consiste nel raggruppare un insieme di comandi in una cella, il cui inizio è stabilito dal doppio percentuale.
- Una volta definite le celle possono essere valutate singolarmente, passare da una cella ad un'altra e valutare l'intero programma.

Debugging (3)

- Consideriamo il seguente esempio:

```
%%
clear, clc;
x = linspace(0, 10, 300);
%% Funzione Quadratica
y1 = 2.*x.^2 + 1.*x + 3;
%% Funzione Cubica
y2 = 4.*x.^3-2.*x.^2 + 3;
```

- Se digitiamo e salviamo questo file, possiamo notare che esso è stato suddiviso in tre porzioni.

Debugging (3)

Editor – untitled3*

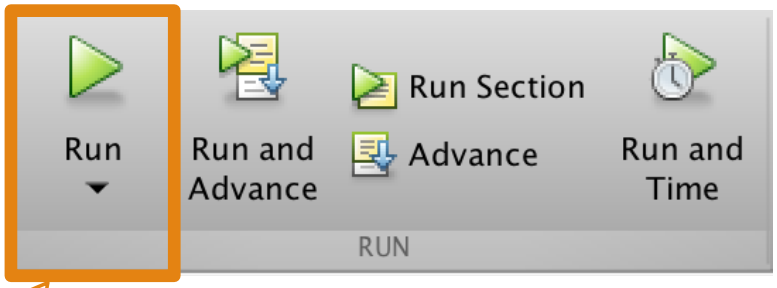
speed.m | untitled3*

```
1
2   clear, clc;
3   x = linspace(0, 10, 300);
4   %% Funzione Quadratica
5   y1 = 2.*x.^2 + 1.*x + 3;
6   %% Funzione Cubica
7   y2 = 4.*x.^3-2.*x.^2 + 3;
8
```

- Se digitiamo e salviamo questo file, possiamo notare che esso è stato suddiviso in tre porzioni.

Debugging (4)

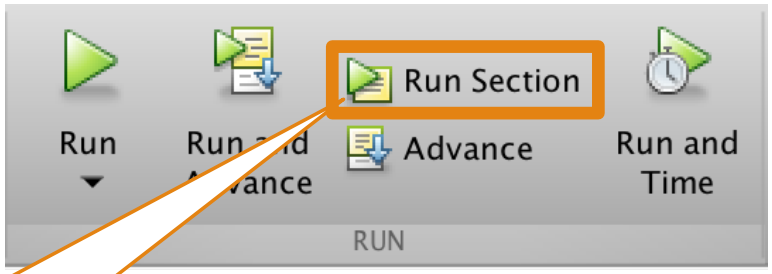
- È possibile eseguire lo script nella sua interezza, oppure sezione per sezione, o solo una determinata sezione:



Esegue tutto lo script.

Debugging (4)

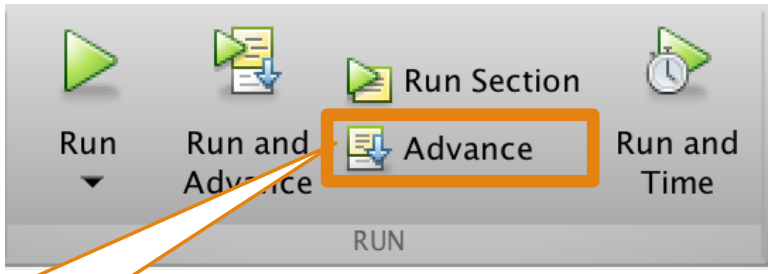
- È possibile eseguire lo script nella sua interezza, oppure sezione per sezione, o solo una determinata sezione:



Esegue solo la cella selezionata, o corrente.

Debugging (4)

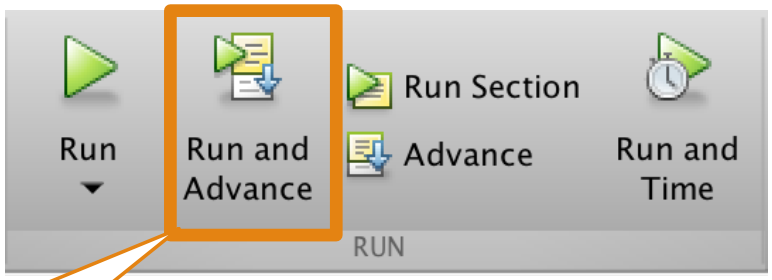
- È possibile eseguire lo script nella sua interezza, oppure sezione per sezione, o solo una determinata sezione:



Sposta la selezione alla prossima cella.

Debugging (4)

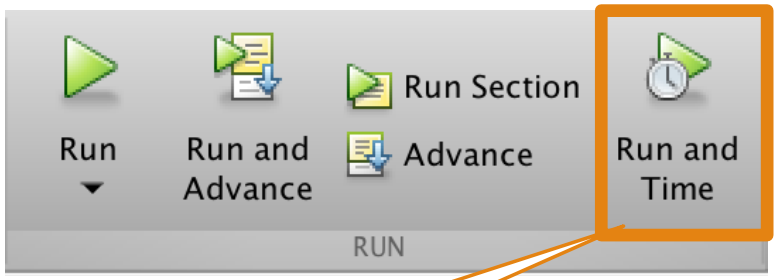
- È possibile eseguire lo script nella sua interezza, oppure sezione per sezione, o solo una determinata sezione:



Esegue la cella attualmente sezionata, e si posizione alla successiva.

Debugging (4)

- È possibile eseguire lo script nella sua interezza, oppure sezione per sezione, o solo una determinata sezione:

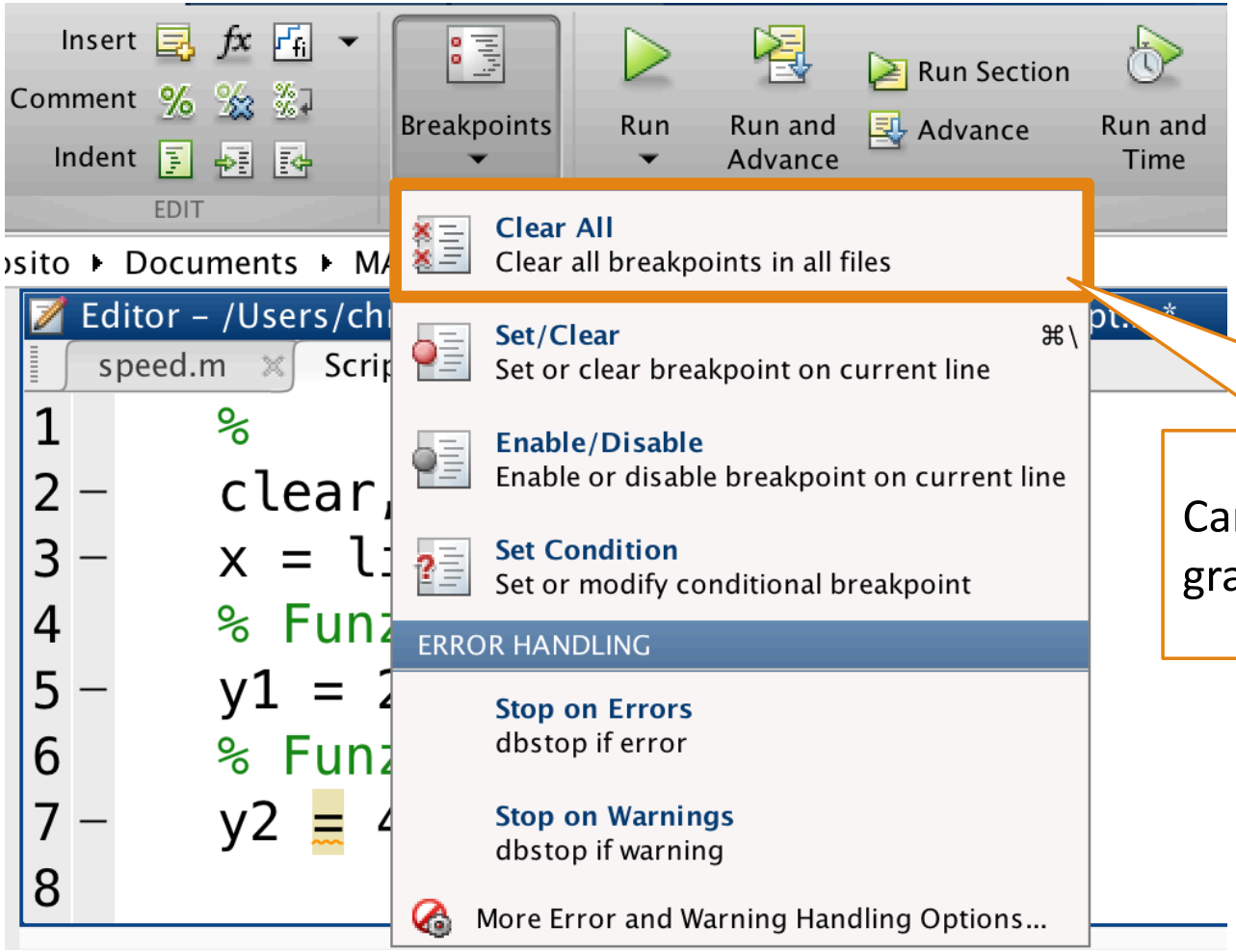


Esegue tutto lo script e misura il suo tempo di esecuzione.

Debugging (5)

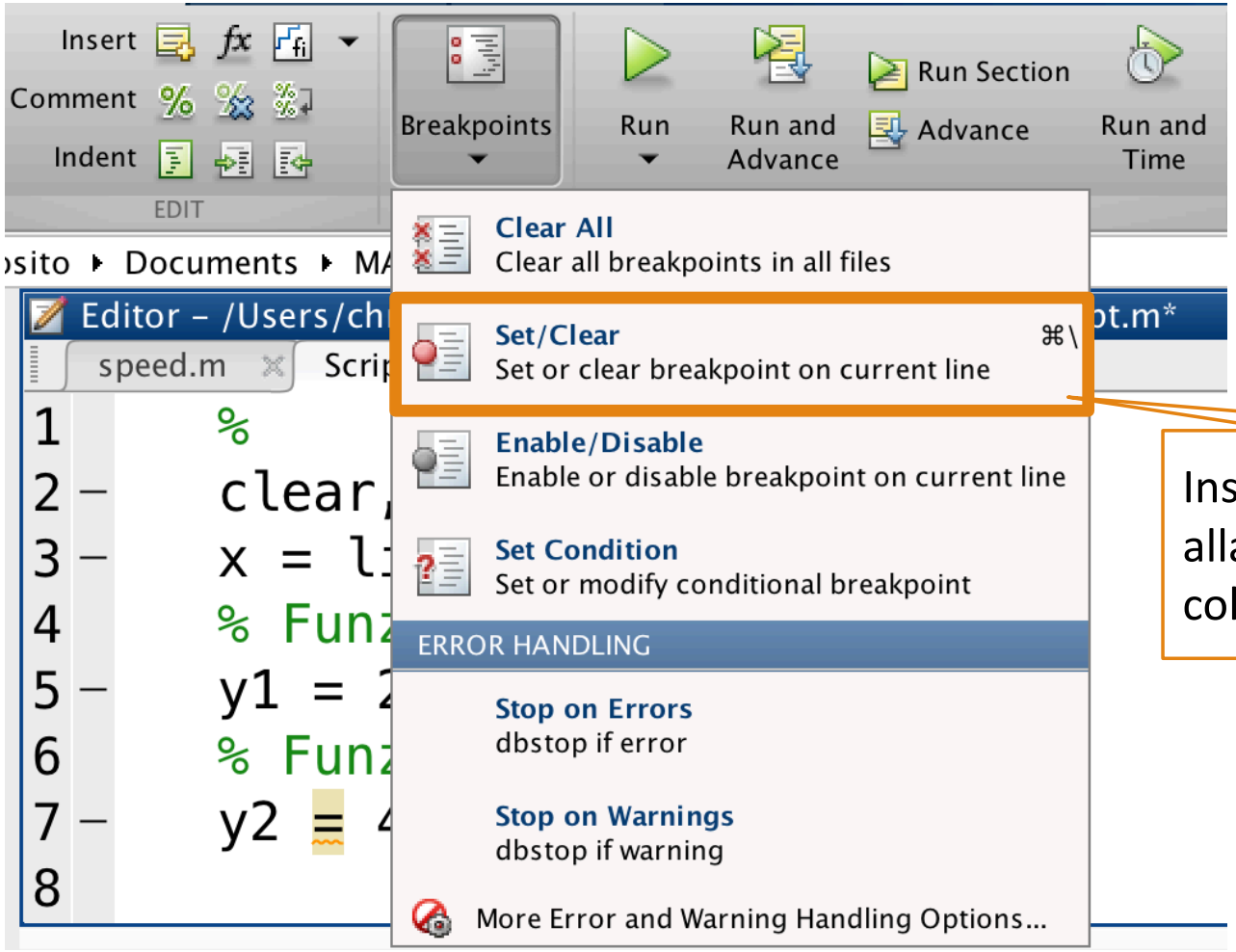
- La modalità Debug è un altro meccanismo per supportare il debugging e consiste nel collocare all'interno dell'M-file i cosiddetti breakpoints:
  - Un punto all'interno del programma in corrispondenza del quale l'esecuzione si interrompe temporaneamente in modo che il programmatore possa esaminare i valori correnti delle variabili.
- L'editor di MATLAB mette a disposizione un apposito menù per la gestione dei breakpoints all'interno di un programma (loro creazione e/o cancellazione).

Debugging (6)



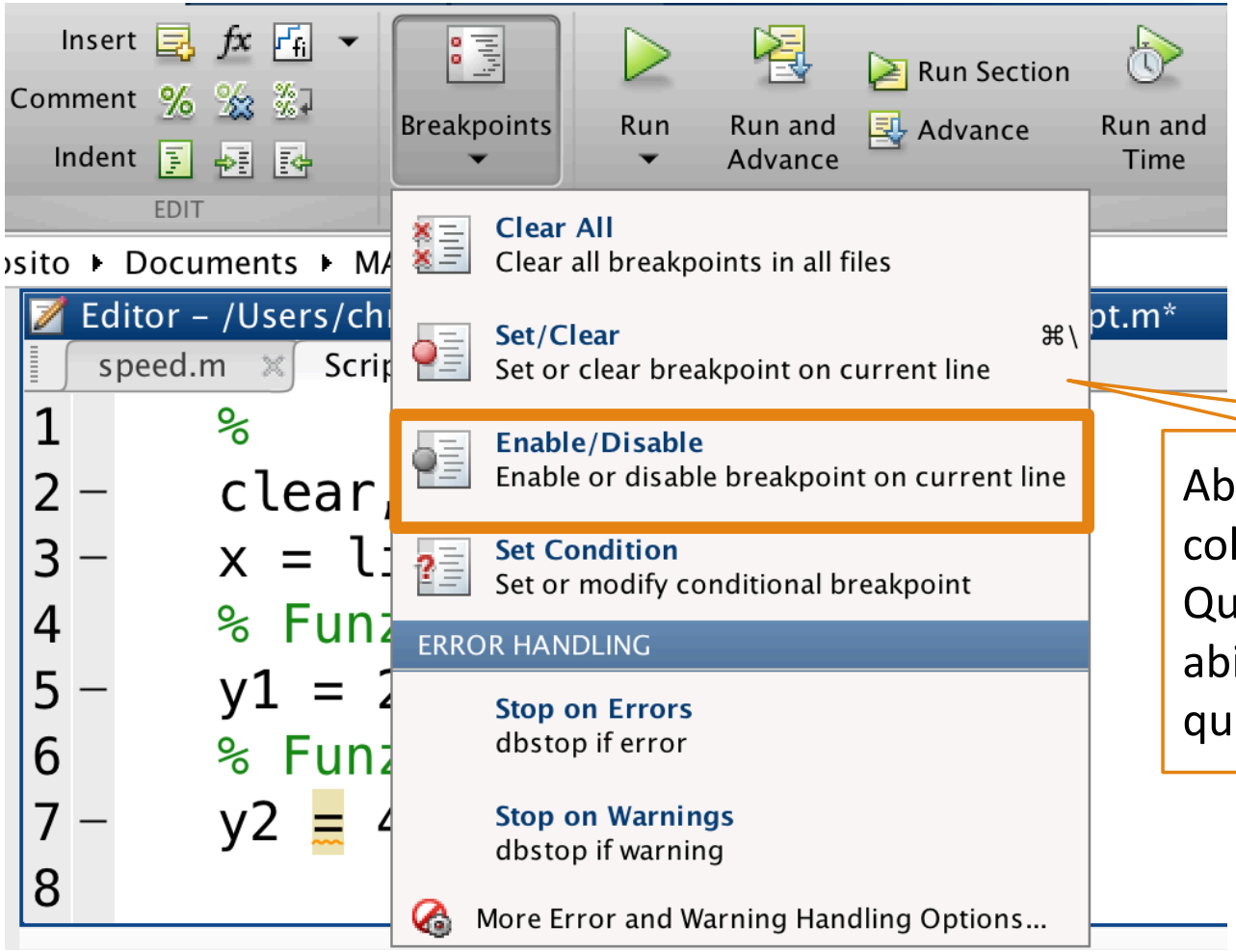
Cancella tutti i breakpoints nel programma.

Debugging (6)



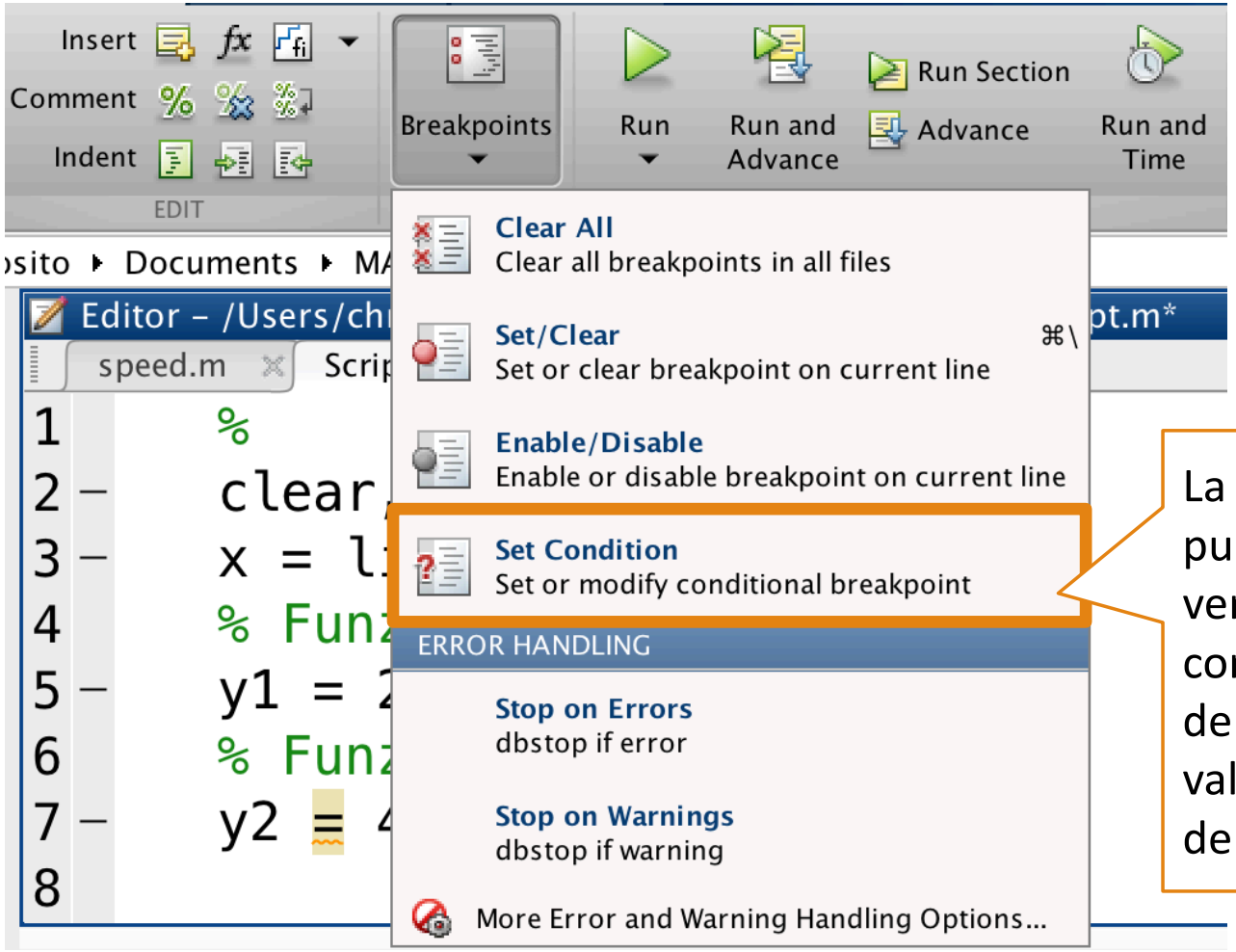
Inserisce o rimuove un breakpoint alla riga corrente (ovvero dove è collocato il cursore).

Debugging (6)



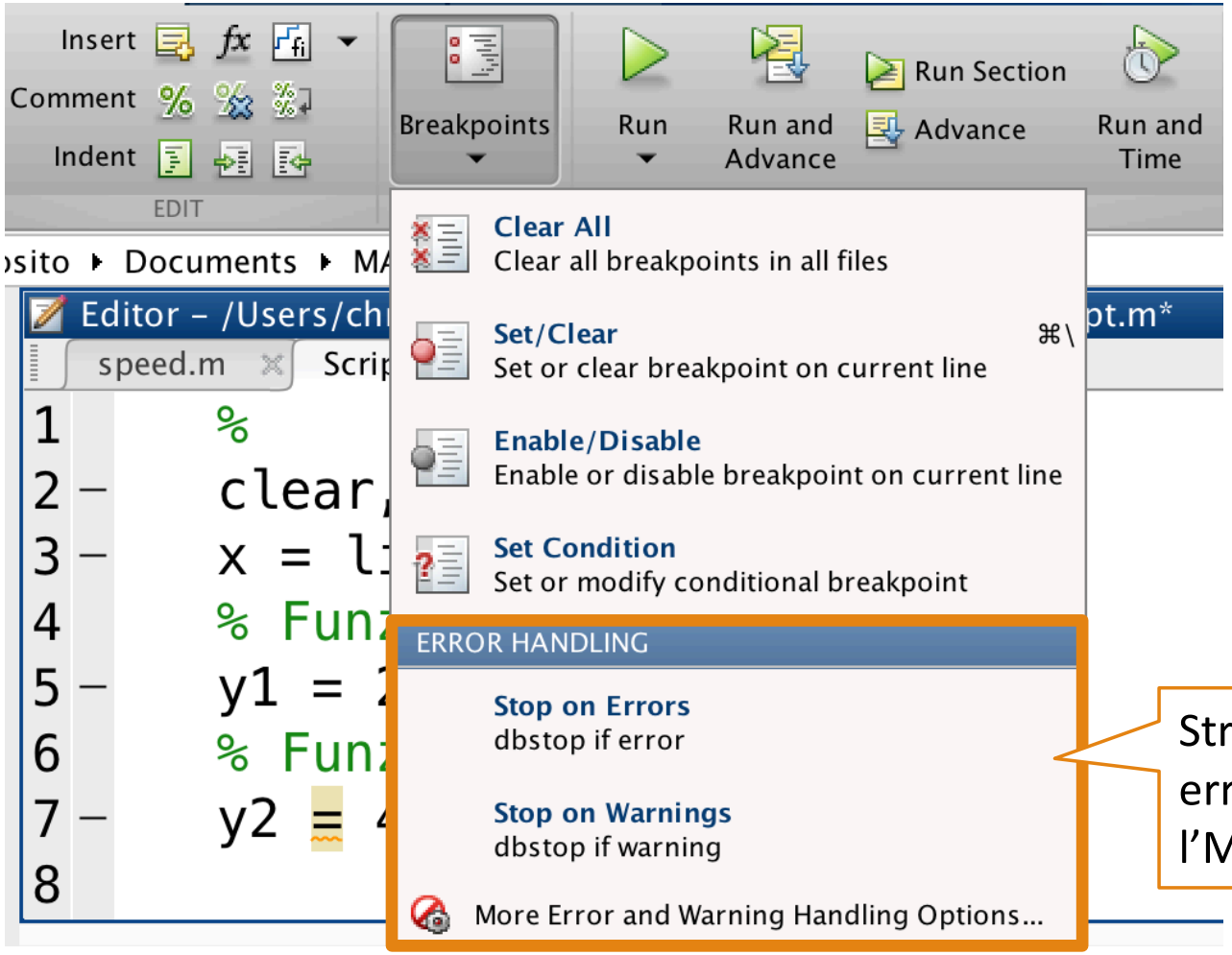
Abilita, o disabilita, il breakpoint collocato alla riga corrente. Quando un breakpoint è dis-abilitato, non è considerato quando il programma è eseguito.

Debugging (6)



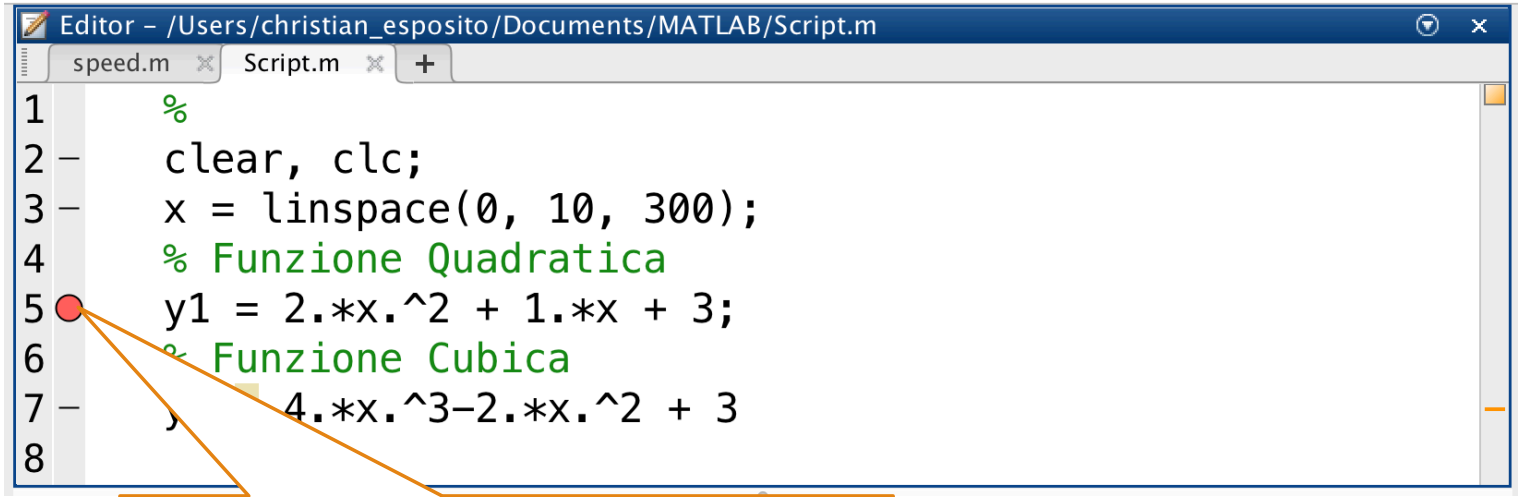
La considerazione di un breakpoint può essere condizionata alla verifica di una determinata condizione, dati i valori correnti delle variabili. La condizione è valutata prima dell'esecuzione della riga del breakpoint.

Debugging (6)



Strategie di gestione di eventuali errori di programmazione quando l'M-file viene eseguito.

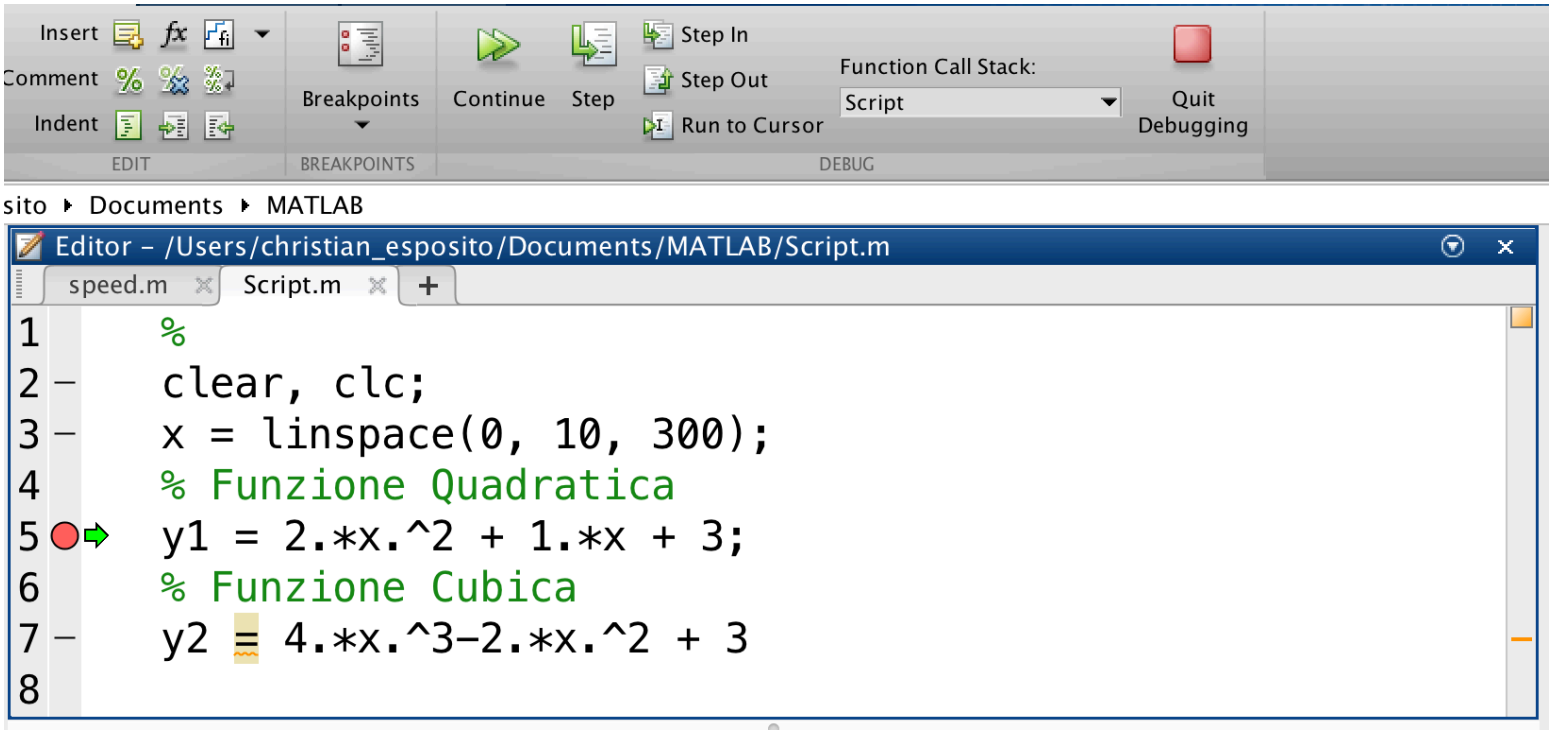
Debugging (7)



Quando un breakpoint è collocato in una riga, l'editor lo segnala con un pallino rosso.

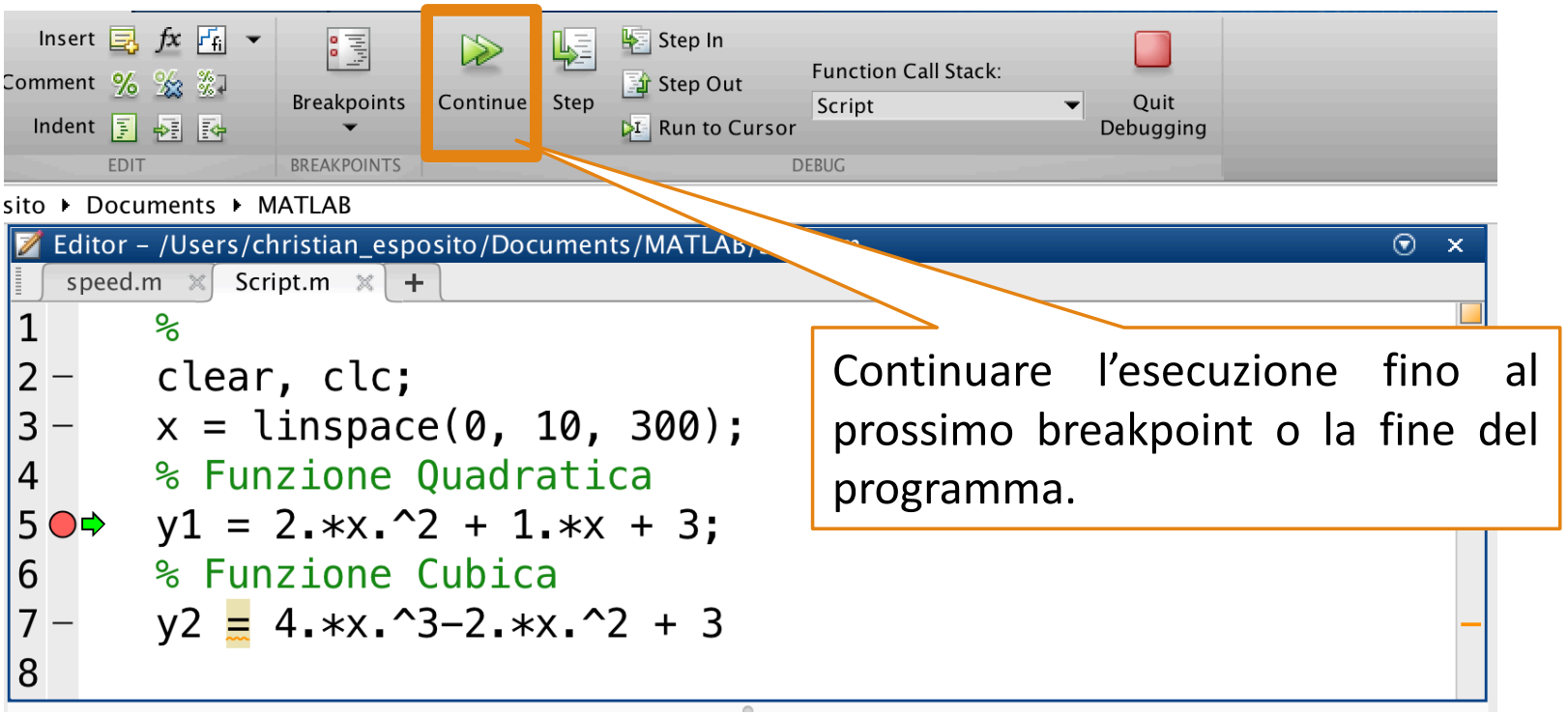
- Se scegliamo di eseguire lo script vediamo che al punto del breakpoint si ha un'interruzione.

Debugging (7)



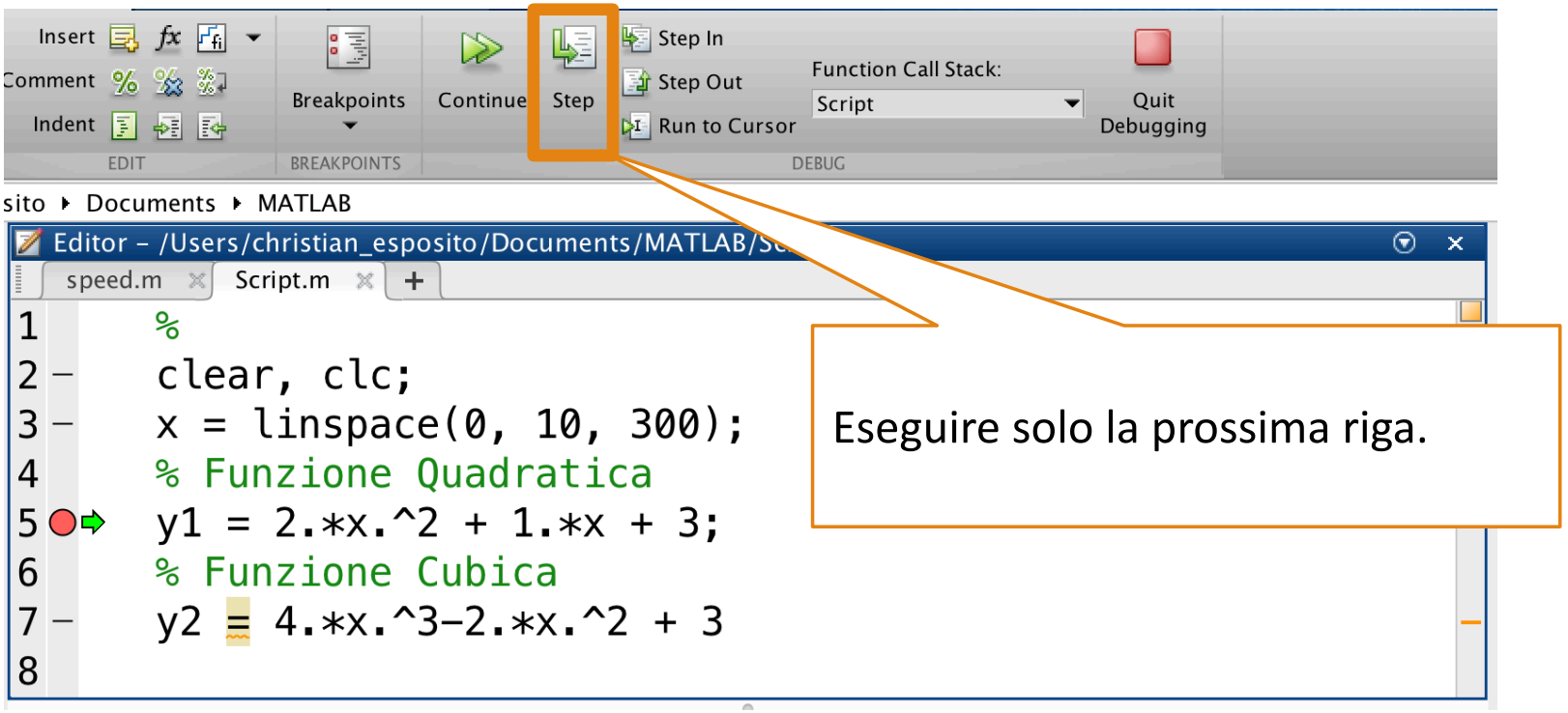
- Appare un menù così che il programmatore può scegliere cosa fare.

Debugging (7)



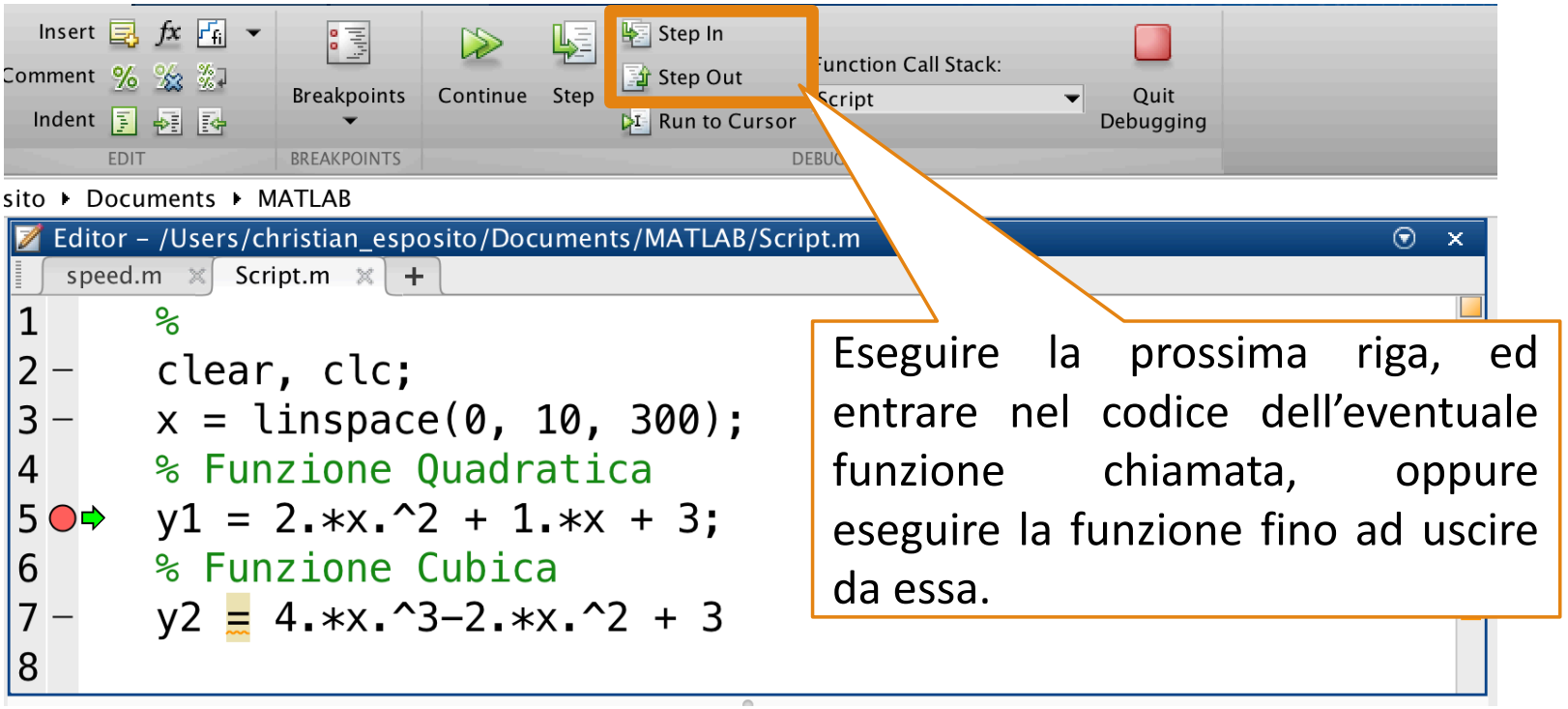
- Appare un menù così che il programmatore può scegliere cosa fare.

Debugging (7)



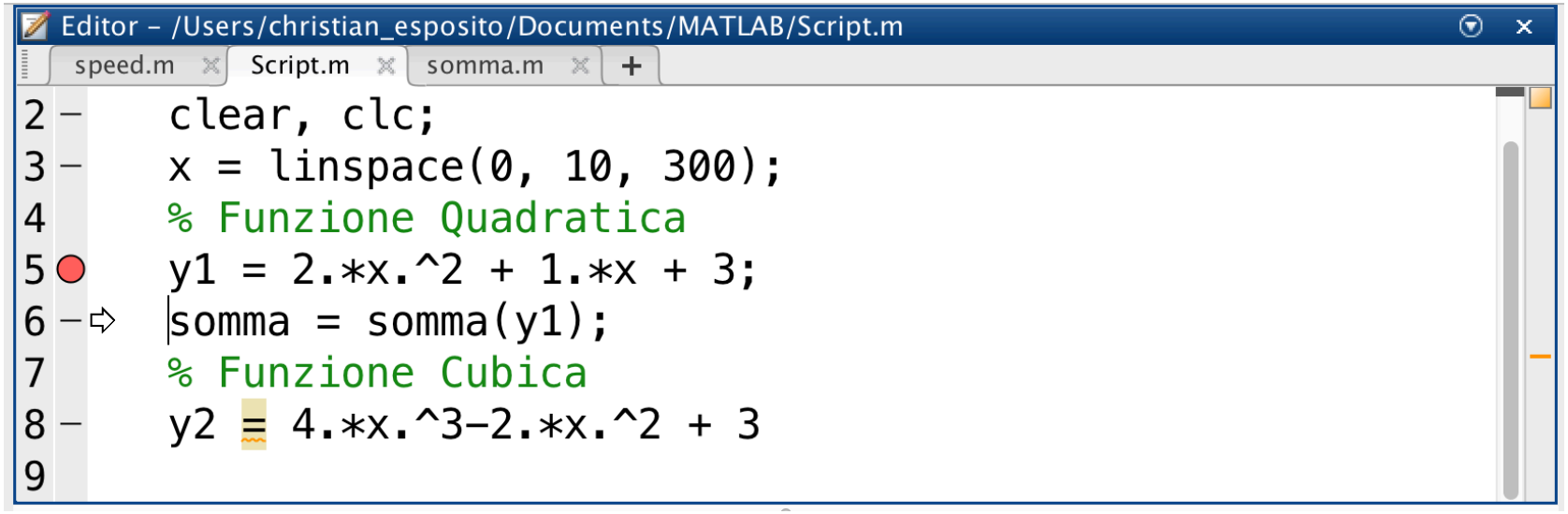
- Appare un menù così che il programmatore può scegliere cosa fare.

Debugging (7)

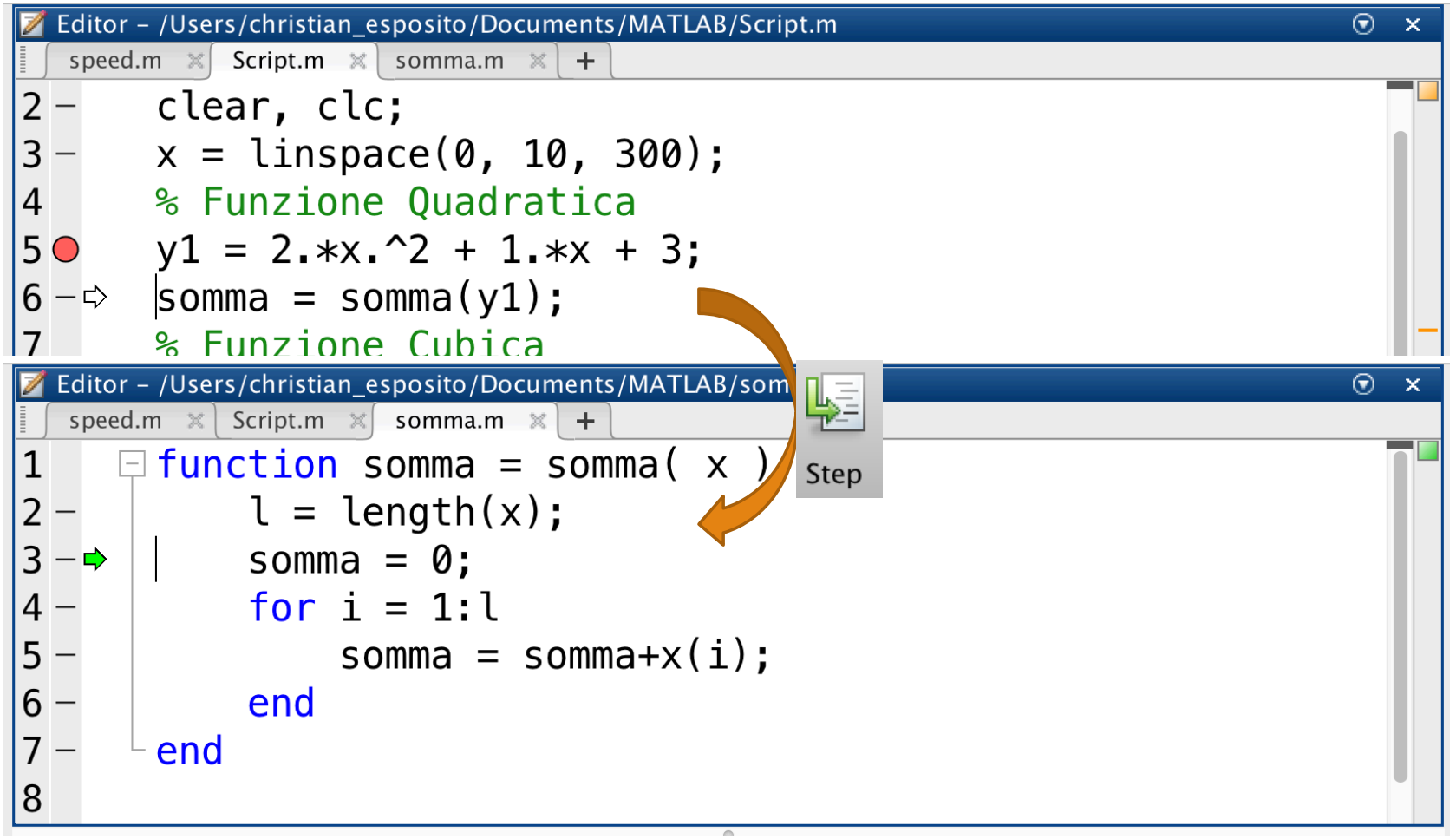


- Appare un menù così che il programmatore può scegliere cosa fare.

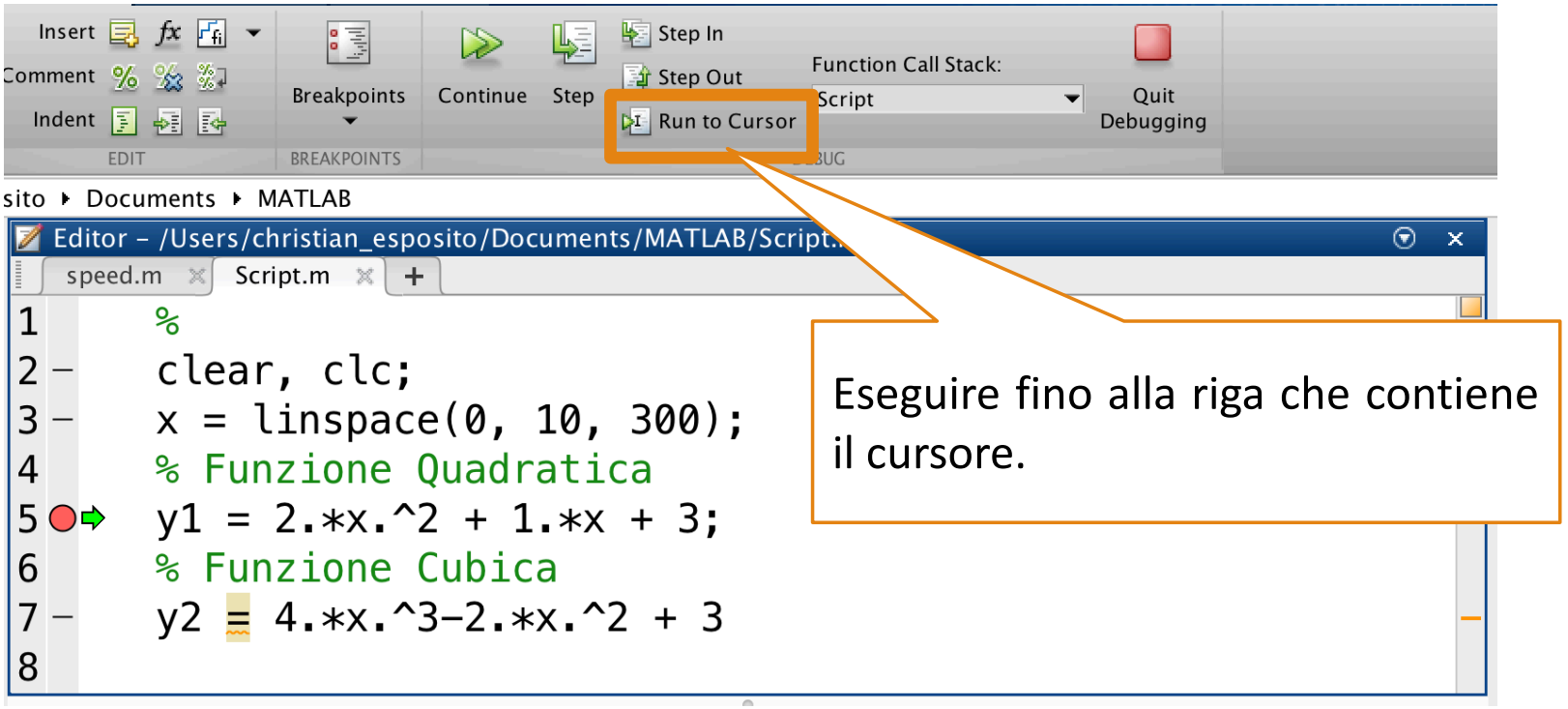
Debugging (7)


Editor - /Users/christian_esposito/Documents/MATLAB/Script.m
speed.m
Script.m
somma.m
2 clear, clc;
3 x = linspace(0, 10, 300);
4 % Funzione Quadratica
5 y1 = 2.*x.^2 + 1.*x + 3;
6 somma = somma(y1);
7 % Funzione Cubica
8 y2 = 4.*x.^3-2.*x.^2 + 3
9

Debugging (7)

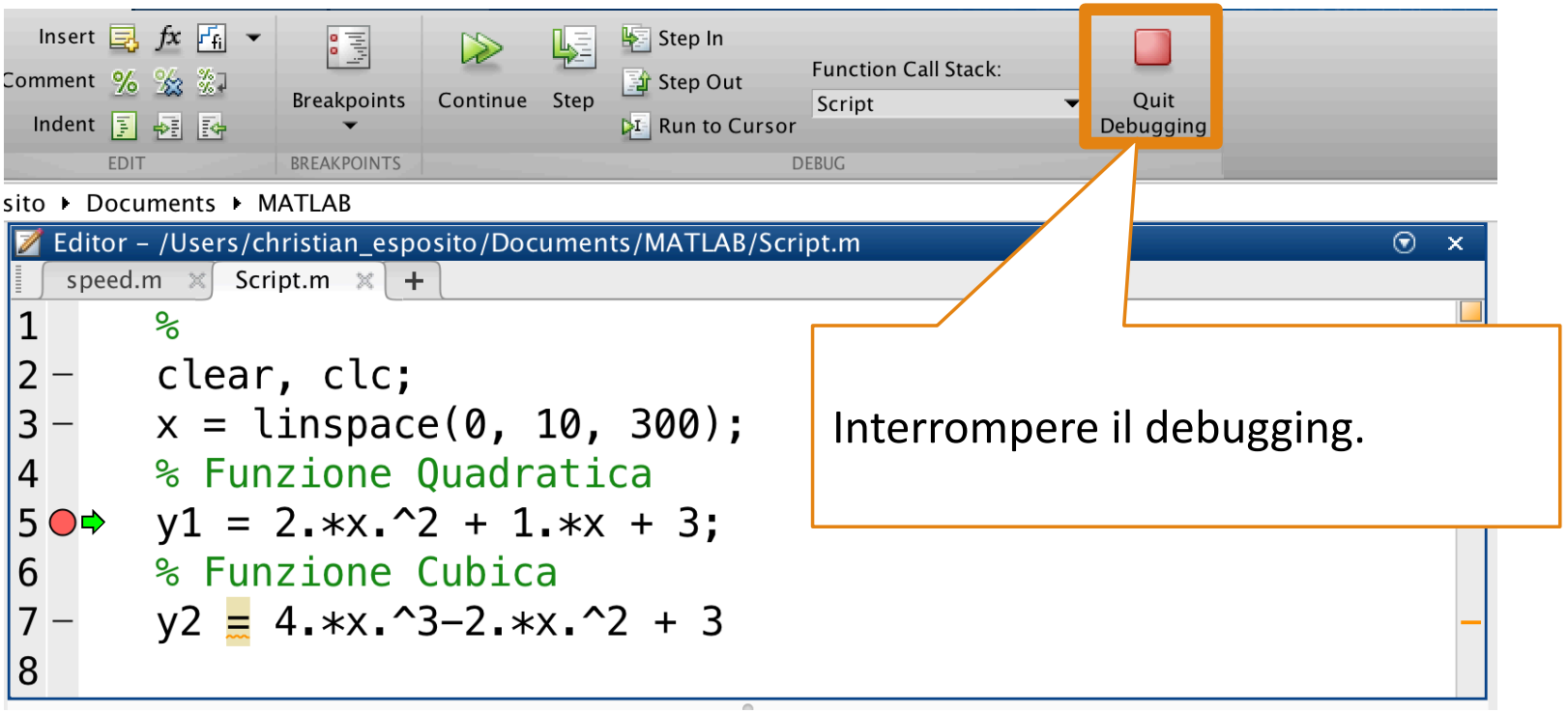

Editor – /Users/christian_esposito/Documents/MATLAB/Script.m
speed.m
Script.m
somma.m
2 clear, clc;
3 x = linspace(0, 10, 300);
4 % Funzione Quadratica
5 y1 = 2.*x.^2 + 1.*x + 3;
6 somma = somma(y1);
7 % Funzione Cubica
Editor – /Users/christian_esposito/Documents/MATLAB/som
speed.m
Script.m
somma.m
Step
1 function somma = somma(x)
2 l = length(x);
3 somma = 0;
4 for i = 1:l
5 somma = somma+x(i);
6 end
7 end
8

Debugging (8)



- Appare un menù così che il programmatore può scegliere cosa fare.

Debugging (9)



- Appare un menù così che il programmatore può scegliere cosa fare.

Riferimenti

- Capitolo 4
  - Paragrafi 8 [**Debugging dei programmi di Matlab**].