UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Laboratorio 1: Introduzione al Matlab

Che cos'è Matlab

Matlab = Matrix Laboratory

Utilizza come oggetti fondamentali da gestire le matrici

Matlab consente:

- L'accesso ad un ambiente di calcolo
- L'utilizzo di funzioni specializzate (librerie)
- Un ambiente di sviluppo integrato
  - Debug
  - Notebook
  - OOP

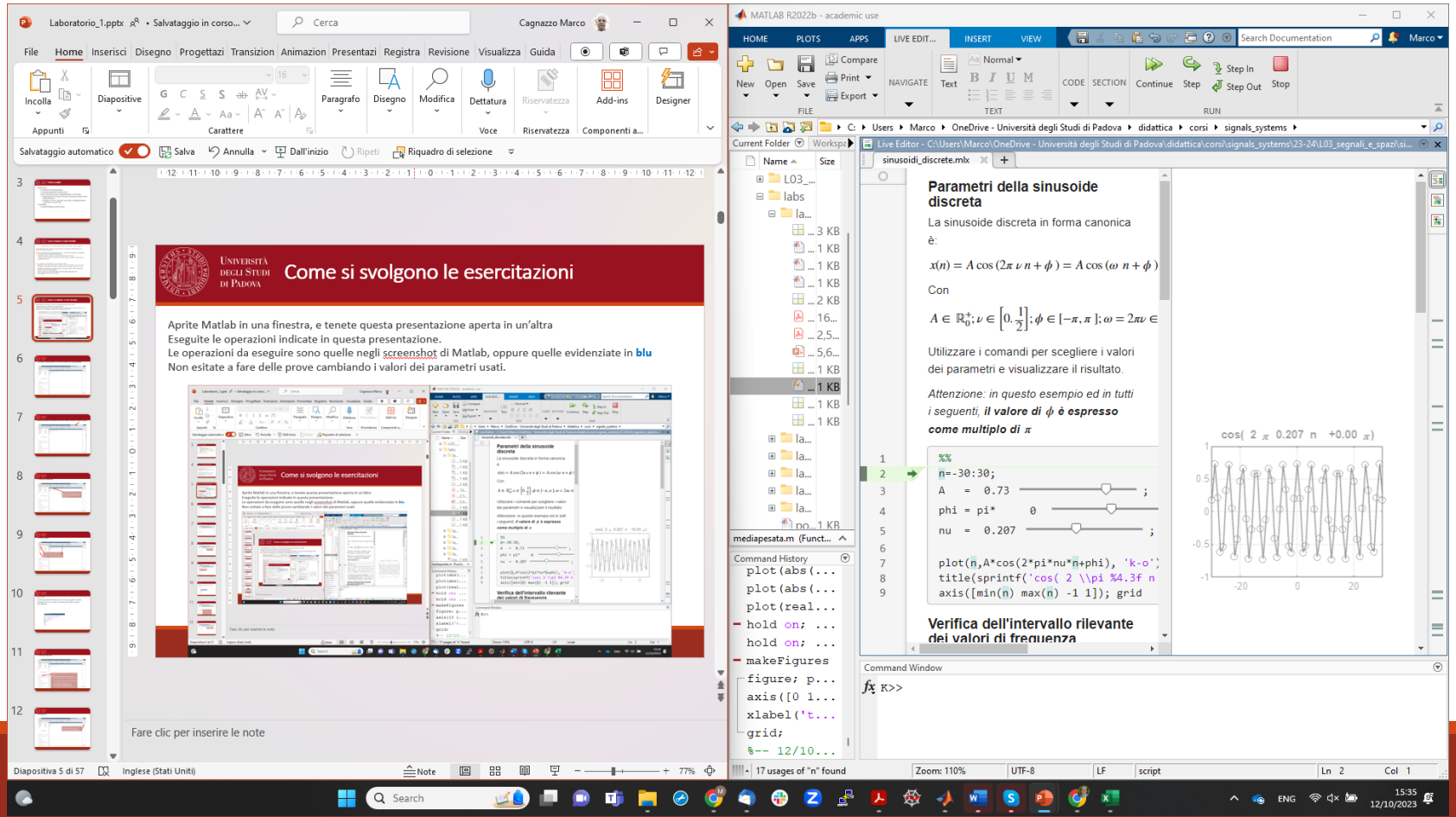
Perché Matlab

- Facilità d'uso:
  - Linguaggio interpretato – niente compilazione
  - Ha moltissime funzioni disponibili
  - E' possibile programmare funzioni ad hoc
  - Non ci si deve preoccupare di programmazione a basso livello
    - Niente dichiarazioni di tipi, allocazione di memoria, funzioni virtuali, polimorfismo etc…
    - Tuttavia, se si vuole, si possono usare classi e compilatori (ma noi non lo faremo in questo corso)
- Esportabilità
  - I programmi Matlab sono file di testo
  - Utilizzabili senza modifiche in tutti i sistemi operativi

Come si svolgono le esercitazioni

Eseguite il codice mostrato

Aprite Matlab in una finestra, e tenete questa presentazione aperta in un'altra
Eseguite le operazioni indicate in questa presentazione.
Le operazioni da eseguire sono quelle negli screenshot di Matlab, oppure quelle evidenziate così:
Non esitate a fare delle prove cambiando i valori dei parametri usati.



Come eseguire il codice Matlab

In Matlab ci sono vari modi per scrivere le istruzioni e farle eseguire:

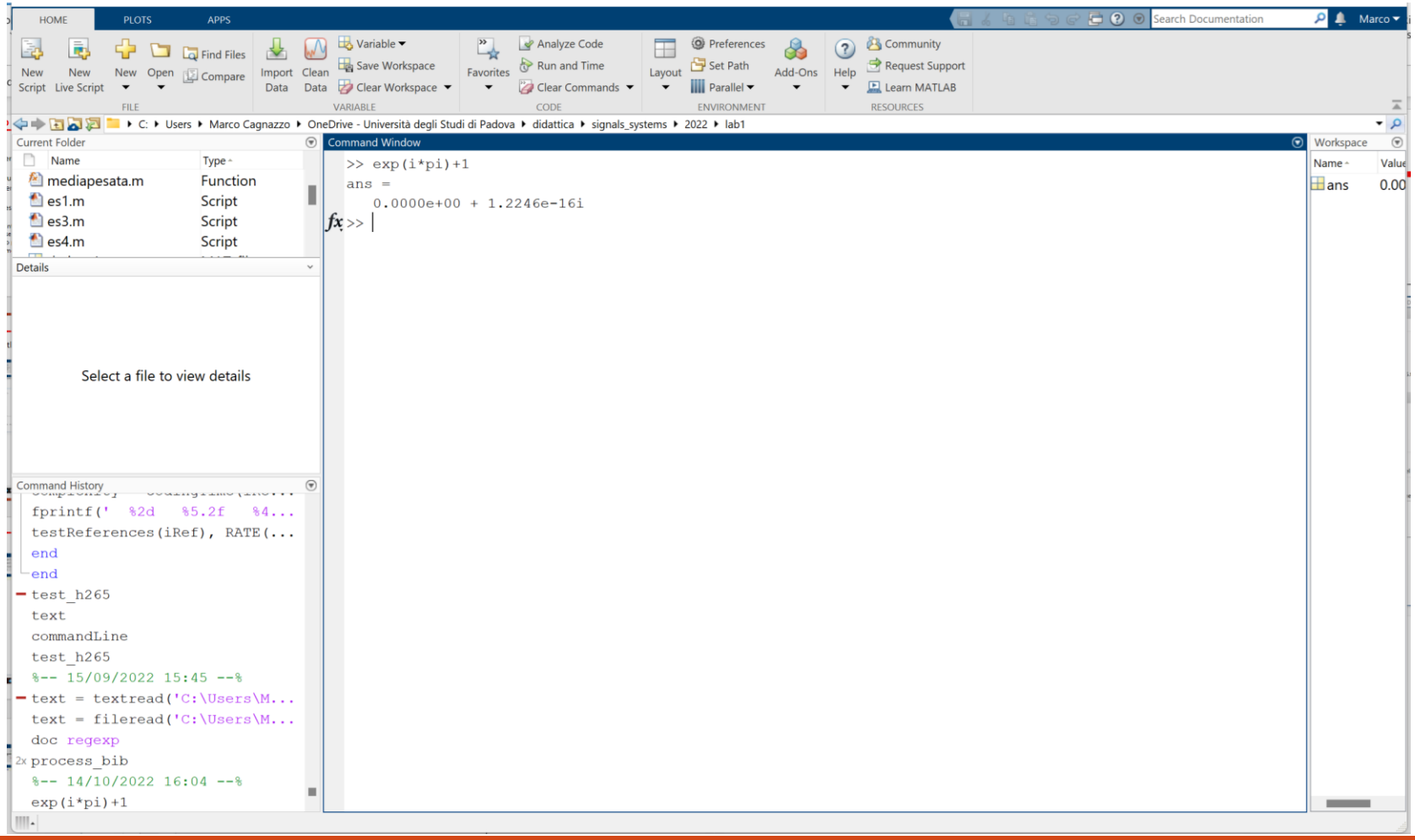
- Modalità interattiva: ogni istruzione scritta viene valutata dall'interprete ed immediatamente elaborata nella Command Window (console)

- Script: in un file di testo con estensione ".m" si scrive una sequenza di istruzioni.
  - Lo script può essere eseguito interamente (F5)
  - Oppure suddiviso in "sezioni" eseguite individualmente (CTRL+ENTER)
  - Si può anche selezionare una o più istruzioni da uno script, una funzione o dallo storico, ed eseguirle premendo F9

- Live Script: in un file con estensione ".mlx"
  - Rispetto allo script, le istruzioni possono essere intervallate da un testo (per esempio, descrizione del codice e dei parametri, formule matematiche, ecc.)
  - Il live script può essere eseguito come uno script, oppure *interattivamente* utilizzando un interfaccia grafica
  - **I live script sono l'analogo Matlab dei *Notebook* utilizzati in altri linguaggi/ambienti come in Python**

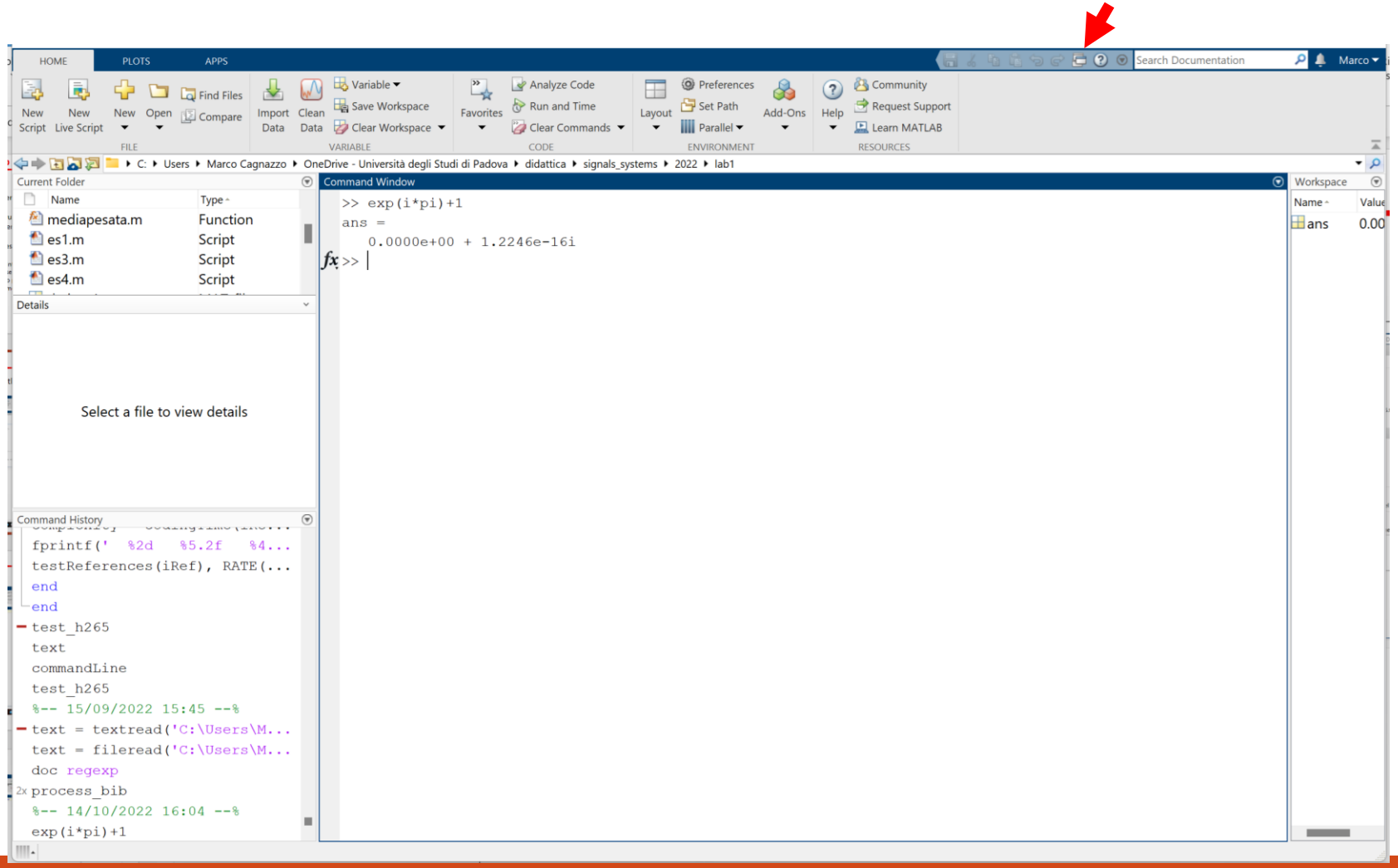
Il Desktop di Matlab

La finestra principale (Desktop) di Matlab è divisa in vari pannelli

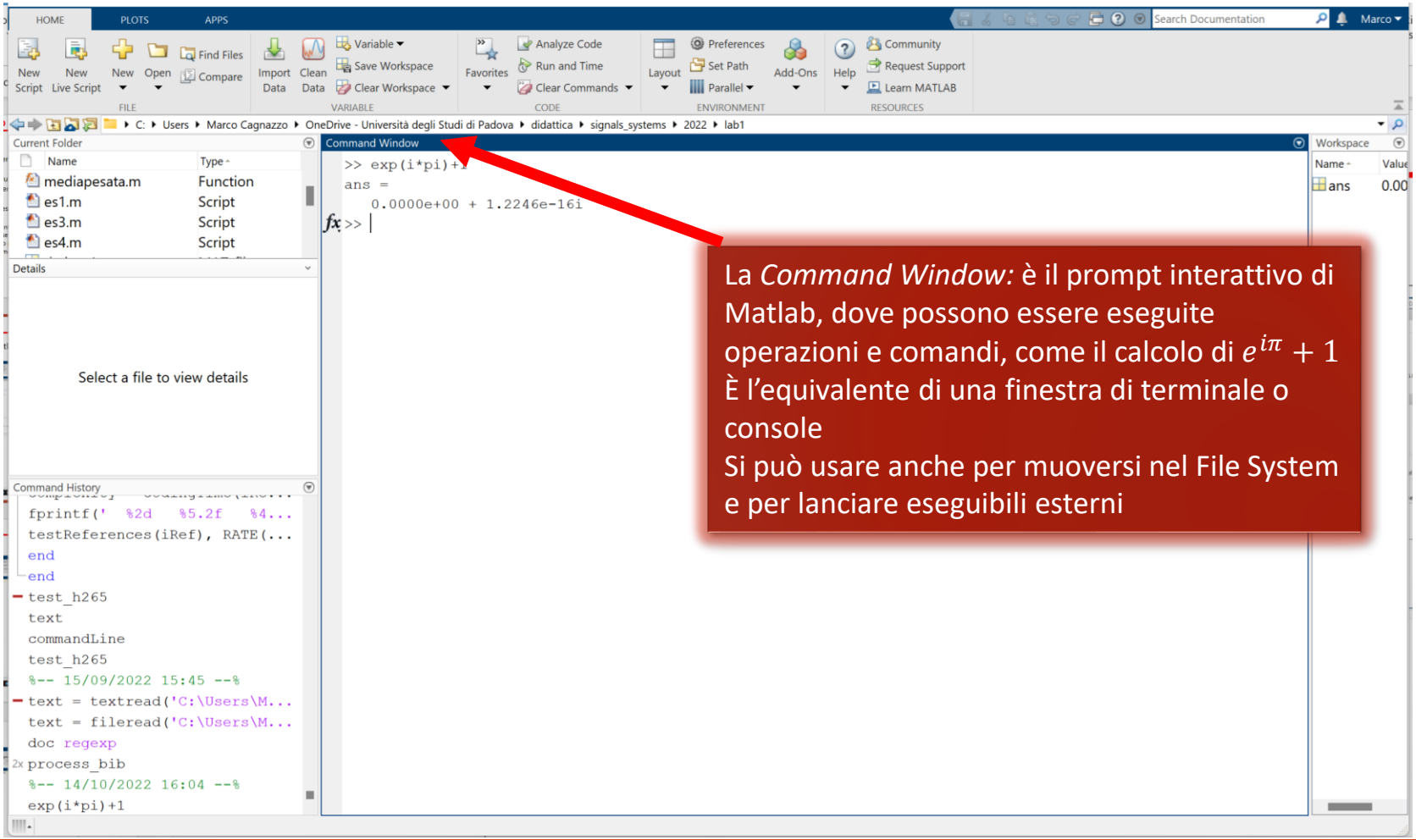


Il Desktop di Matlab

Non tutti i pannelli sono sempre visibili: per attivarli, cliccare su Switch Window



Command Window

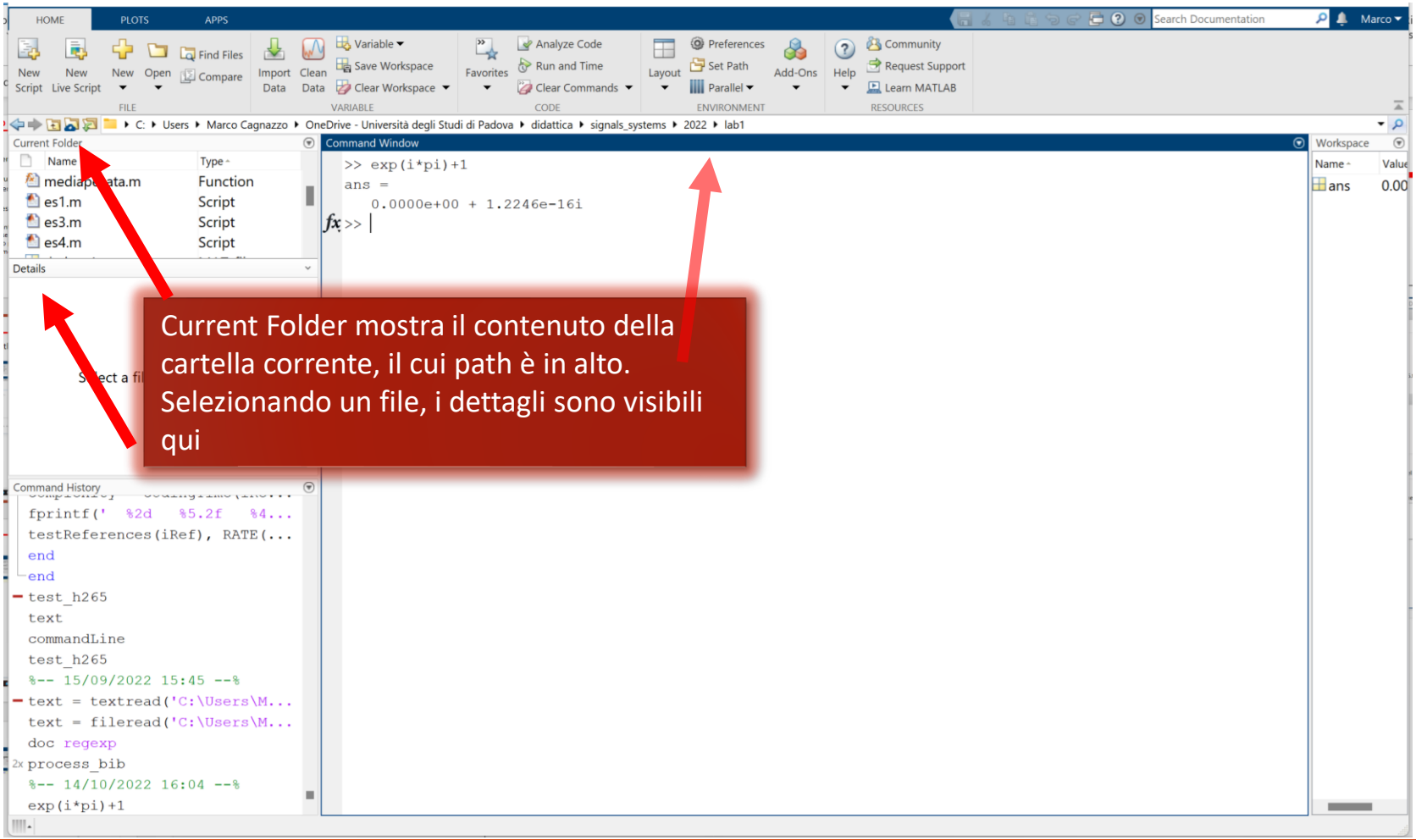


La *Command Window:* è il prompt interattivo di Matlab, dove possono essere eseguite operazioni e comandi, come il calcolo di $e^{i\pi} + 1$

È l'equivalente di una finestra di terminale o console

Si può usare anche per muoversi nel File System e per lanciare eseguibili esterni

Current folder



Navigazione tra cartelle

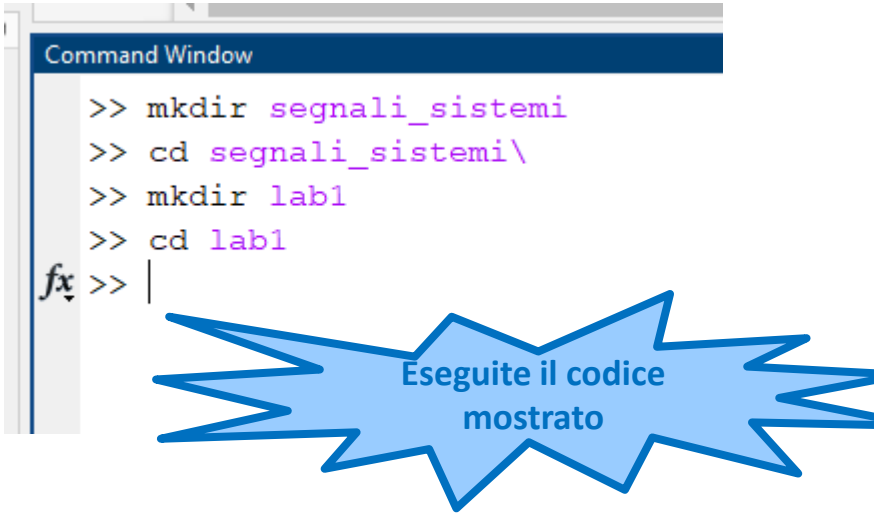
Usate il pannello Current Folder per navigare nel File System, per creare ed aprire file o cartelle

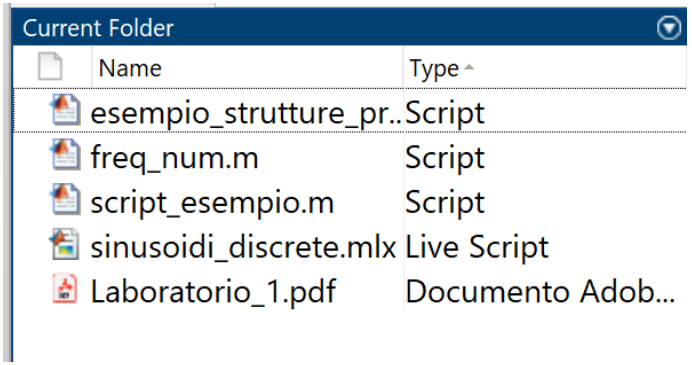
In alternativa, le stesse operazioni possono essere effettuate nella Command Window:

- Create una cartella di lavoro per il corso di segnali e sistemi, spostatevi in essa e create una sottocartella per la prima esercitazione.

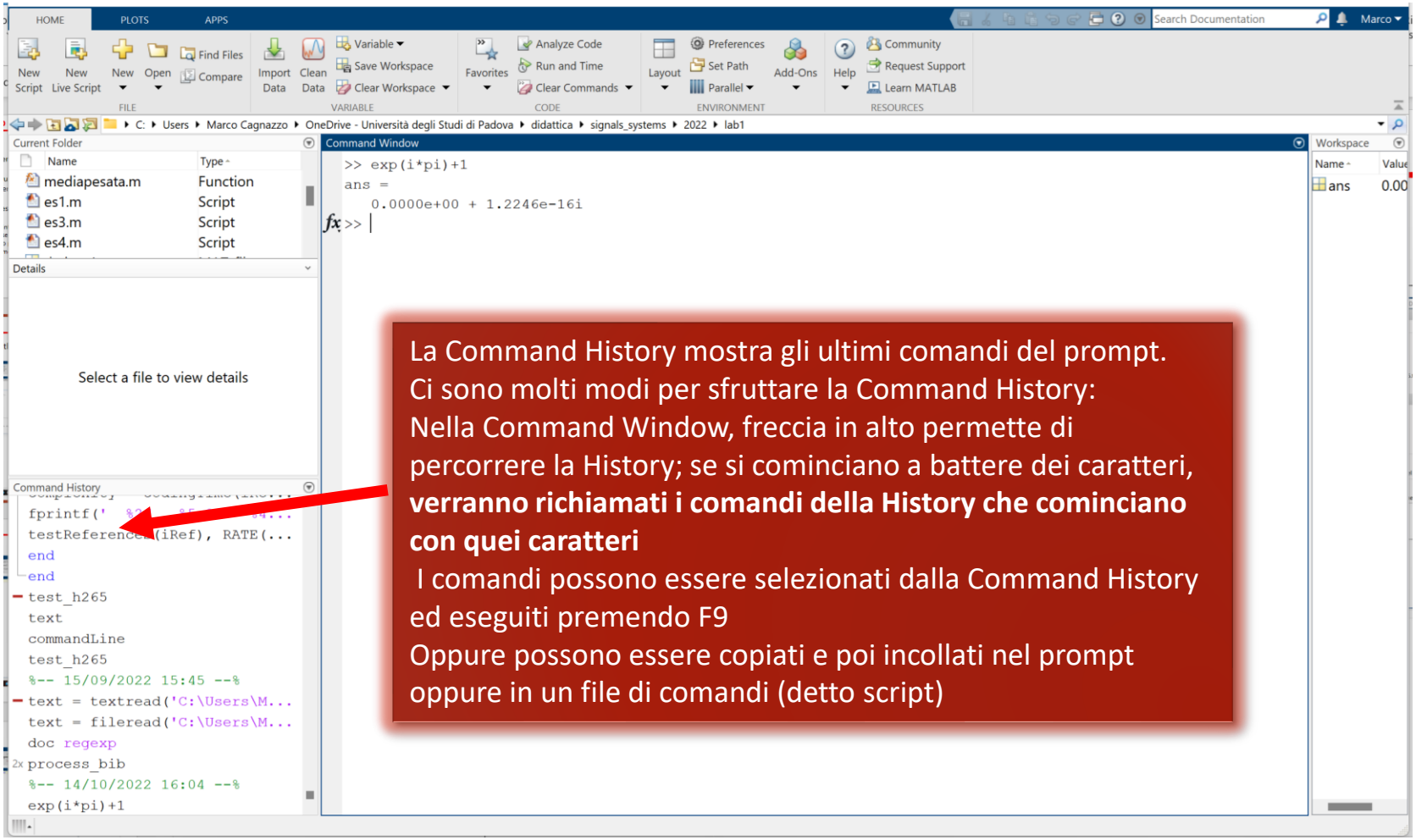
Scaricare dal moodle tutto il materiale necessario per la prima esercitazione, estrarlo (unzip) se necessario e copiarlo nella sottocartella creata

Dovreste vedere questo:





Command History

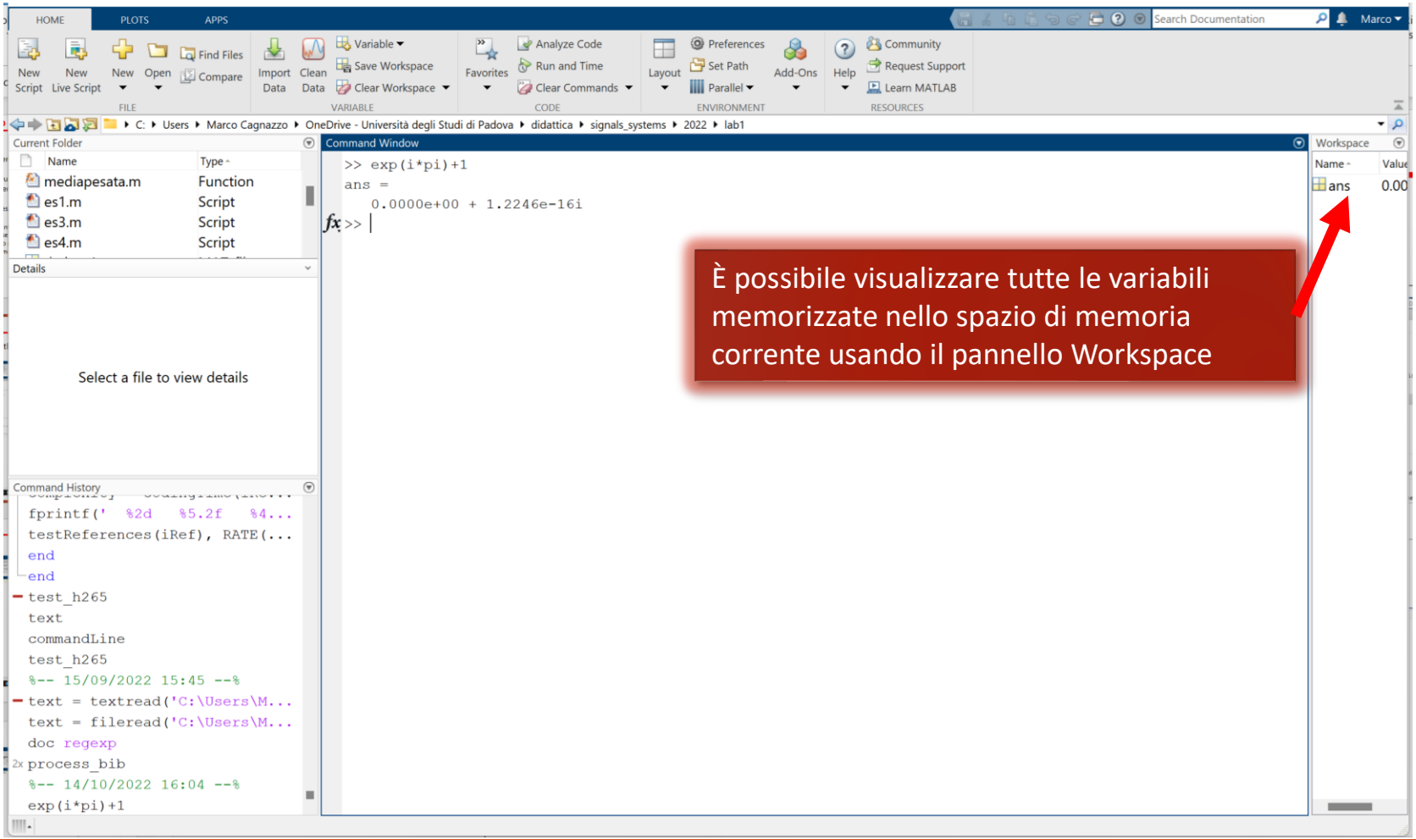


La Command History mostra gli ultimi comandi del prompt.
Ci sono molti modi per sfruttare la Command History:
Nella Command Window, freccia in alto permette di percorrere la History; se si cominciano a battere dei caratteri, **verranno richiamati i comandi della History che cominciano con quei caratteri**

I comandi possono essere selezionati dalla Command History ed eseguiti premendo F9

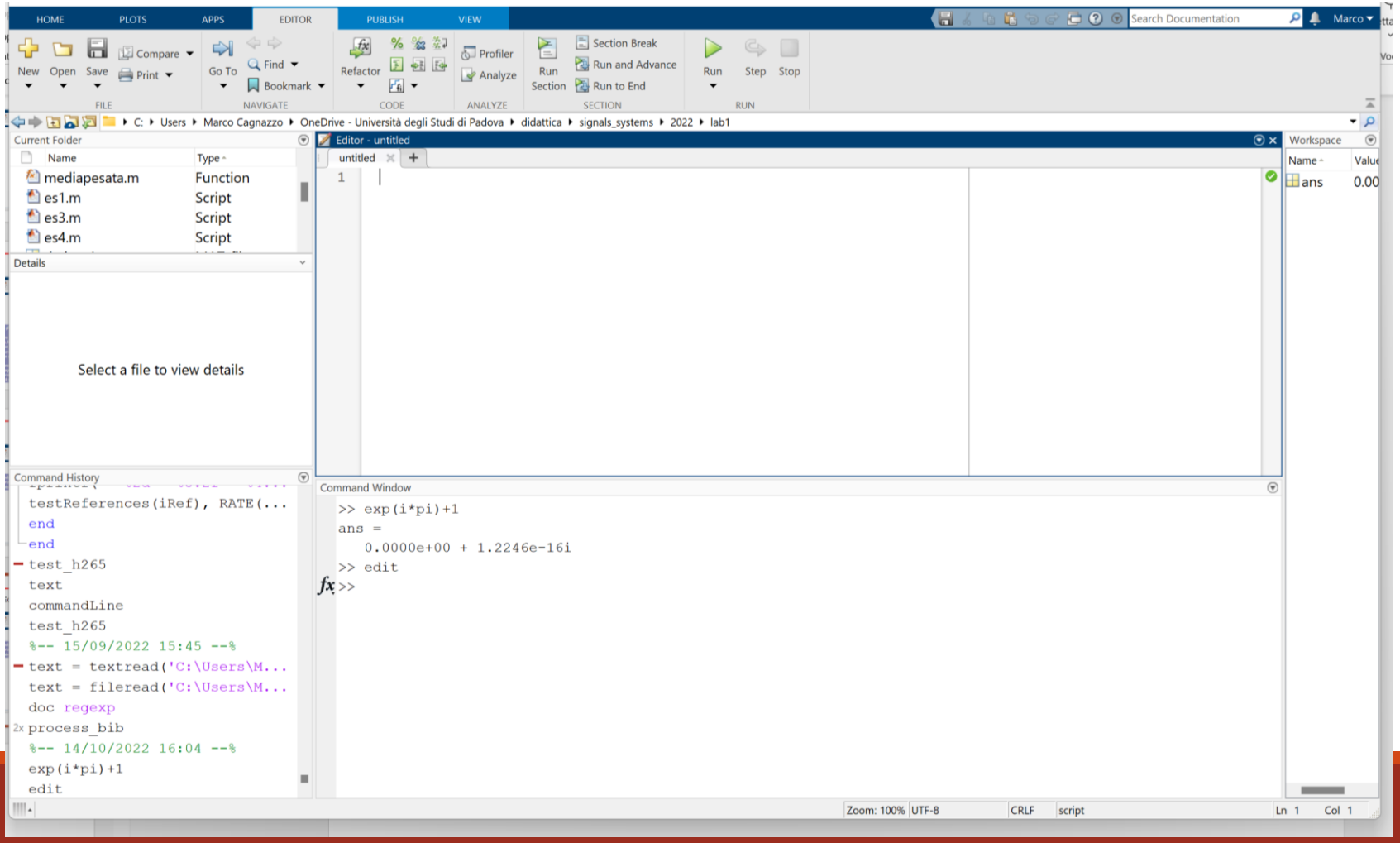
Oppure possono essere copiati e poi incollati nel prompt oppure in un file di comandi (detto script)

Il Workspace



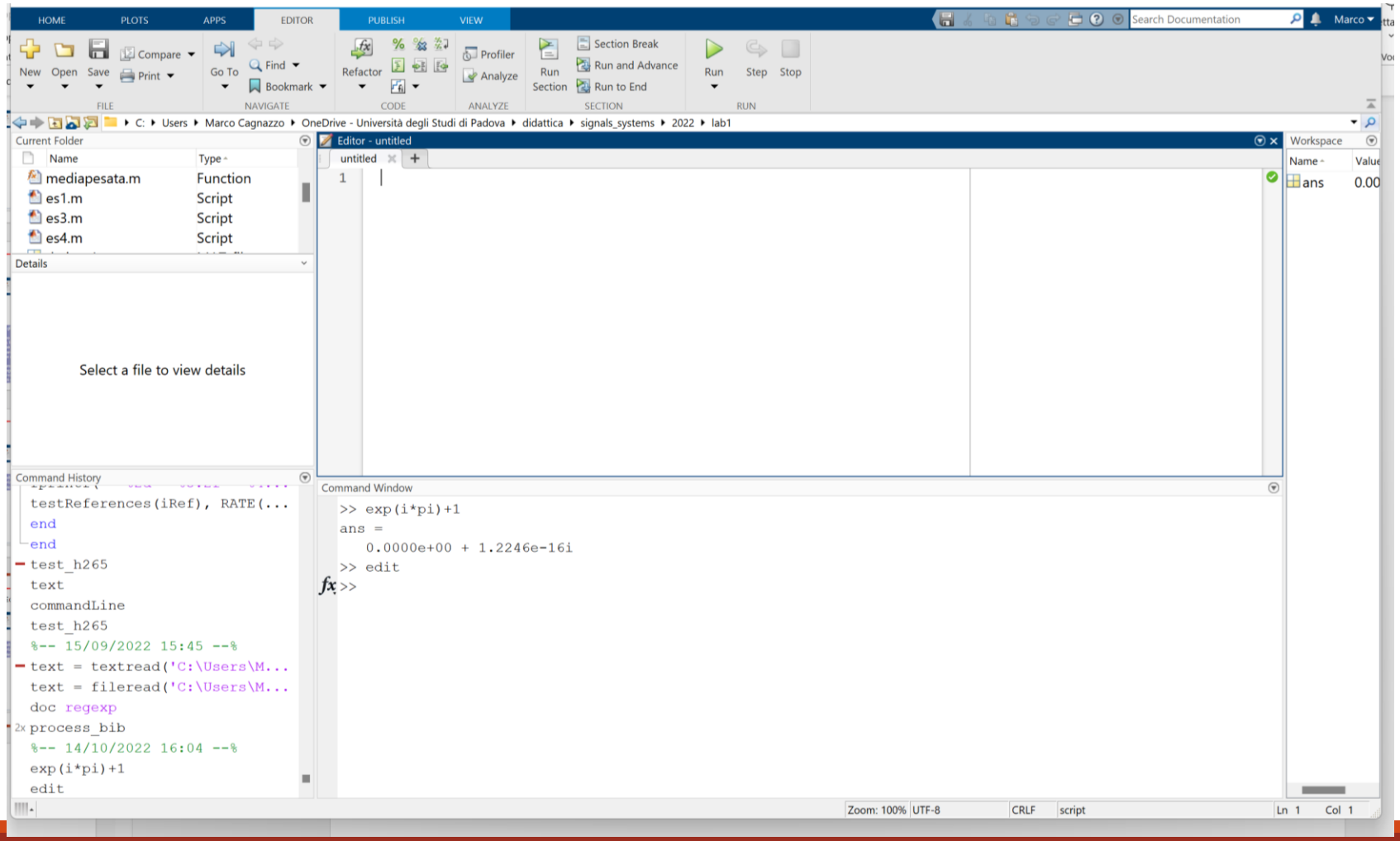
L'Editor

Si consiglia di attivare il **pannello Editor** se non è già attivo: scrivere "edit" nella command window



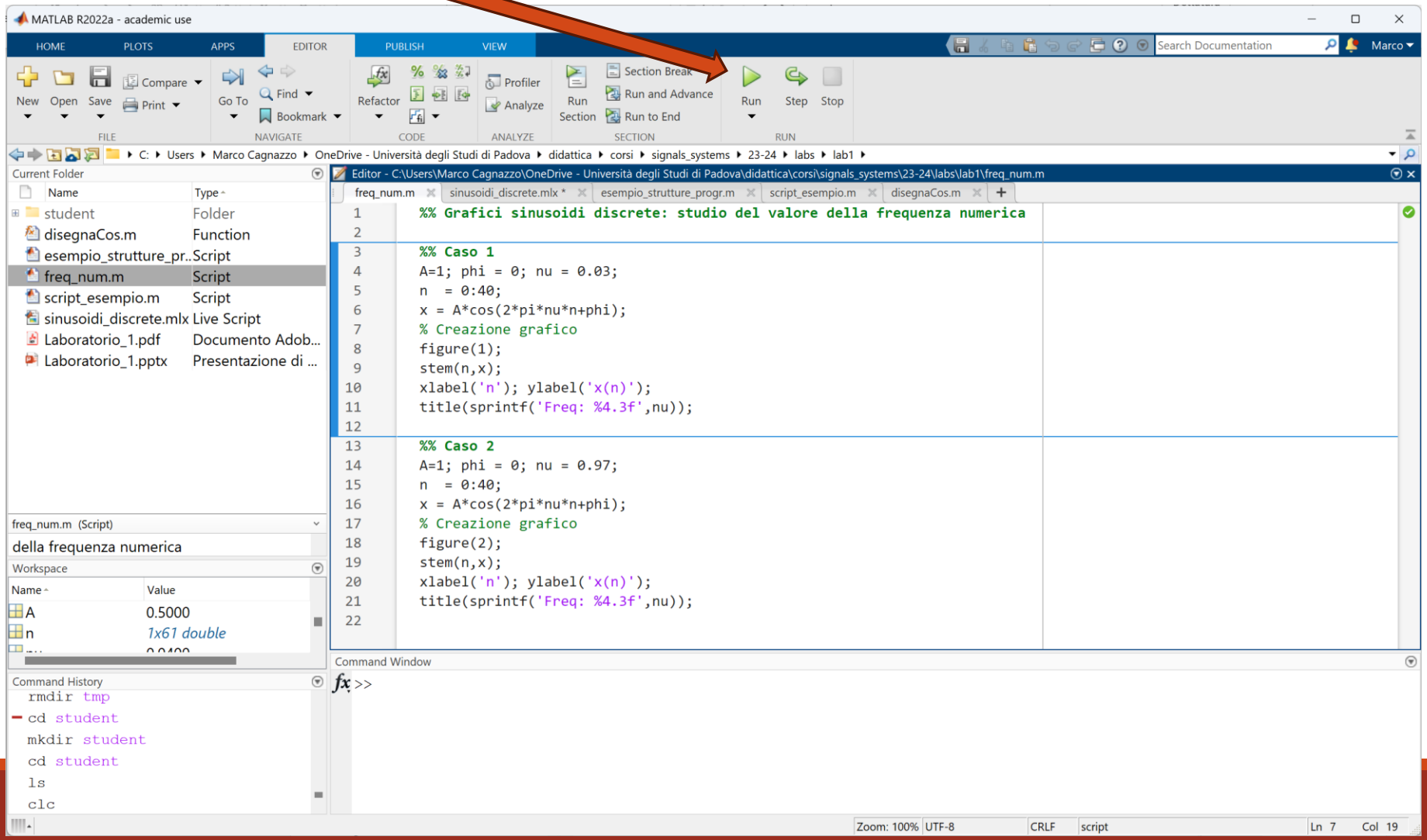
L'Editor

Dal pannello editor si possono modificare e lanciare script e live script



Apertura ed esecuzione di file

Doppio clic su un file per aprirlo
Per eseguirlo, click su Run, oppure F5, oppure scrivere il nome (senza estensione) nella CW



Primi passi in Matlab

Eseguite queste istruzioni nel prompt (Command Window), dovreste ottenere una schermata come questa →

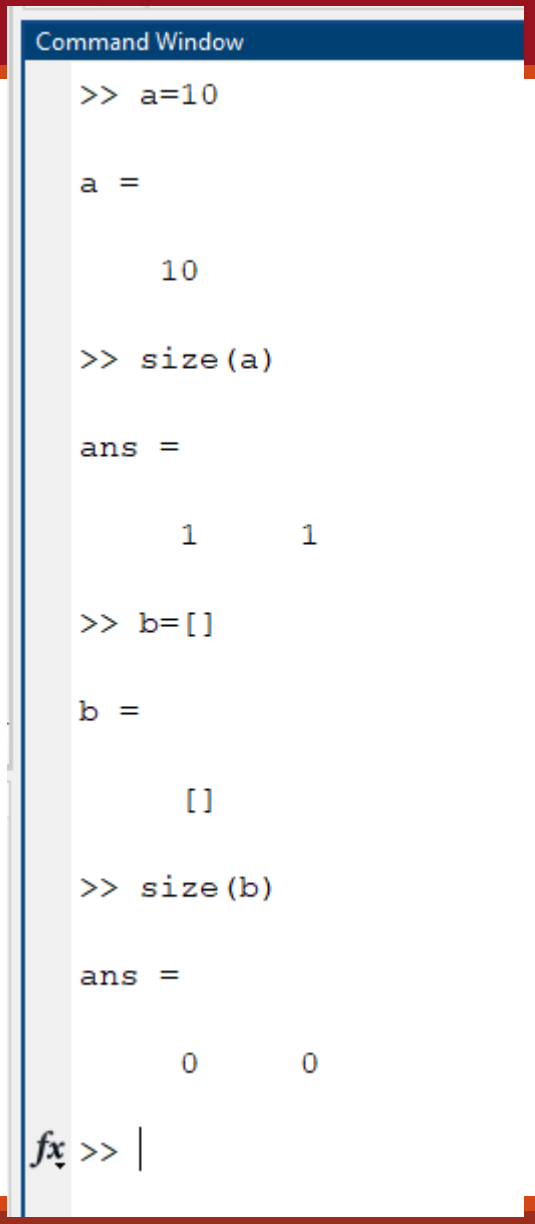
>> **a=10** – crea la variabile a e le assegna il valore 10

>> **b=[]** – crea la variabile b e le assegna il vettore vuoto

>> **size()** – restituisce le dimensioni della variabile (in questo caso: 1x1 per lo scalare a e 0x0 per la variabile "vuota" b)

Notare che il tipo viene assegnato automaticamente al momento della creazione della variabile: per default sono double (guardare nel pannello Workspace)

Eseguite il codice mostrato



Primi passi in Matlab

- + somma
- - sottrazione
- * moltiplicazione
- / divisione
- ^ potenza
- Notare che l'unità immaginaria si indica con **`1i`**

```
Command Window
>> 6*4
ans =
    24
>> 2^10
ans =
        1024
>> sqrt(-1)
ans =
   0.0000 + 1.0000i
>> 1i^2
ans =
    -1
fx >>
```

Eseguite il codice mostrato

Primi passi in Matlab

Il simbolo **%** introduce un commento: tutto quello che segue sulla stessa linea è ignorato

Il simbolo **;** sopprime l'output e separa le righe delle matrici

Il simbolo . è usato per distinguere le operazioni elemento per elemento da quelle su matrici

Il simbolo , è usato per separare le colonne di vettori e matrici

Il simbolo ' è usato per il trasposto coniugato

Le parentesi **quadre** sono usate per **creare** vettori e matrici, le parentesi **tonde** per **accedere** agli elementi delle matrici e per chiamare le funzioni

Il primo elemento di un vettore `x` è accessibile con `x(1)`

```
>> x = [1, 2, 3]
x =
     1     2     3
>> y = [3, 2, 1]'
y =
     3
     2
     1
>> z=y+[1; 1; 1]
z =
     4
     3
     2
>> w=2*z-x';
>> w(1)
ans =
     7
```

Eseguite il codice mostrato

Creare un vettore

Nell'esempio si mostrano diversi modi di creare vettori riga e colonna

La virgola separa le colonne, il punto e virgola separa le righe

L'apostrofo opera il trasposto coniugato (sui reali è equivalente al trasposto)

```
Command Window
>> rowVector = [1 2 3]
rowVector =
     1     2     3
>> anotherRow=[1,2,3]
anotherRow =
     1     2     3
>> columnVector=[1;2;3]
columnVector =
     1
     2
     3
>> anotherColumn = rowVector'
anotherColumn =
     1
     2
     3
fx >>
```

Eseguite il codice mostrato

Creare una matrice

Nell'esempio si mostrano diversi modi una matrice:

- elencandone i valori
- come trasposta di un'altra matrice
- con delle funzioni che creano matrici speciali

```
Command Window
>> matrix = [1,2,3; 4 5 6]
matrix =
     1     2     3
     4     5     6
>> matrix2 = matrix'
matrix2 =
     1     4
     2     5
     3     6
>> matrix3 = ones(3)
matrix3 =
     1     1     1
     1     1     1
     1     1     1
>> matrix4 = zeros(2)
matrix4 =
     0     0
     0     0
>> matrix5 = eye(4)
matrix5 =
     1     0     0     0
     0     1     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     1
fx >>
```

Eseguite il codice mostrato

Operazioni su matrici

Nell'esempio si mostra il commando `whos` che mostra lo spazio di memoria corrente, ed una moltiplicazione matriciale

```
Command Window
>> a = [2,3 ; 4, 5];
>> b = [ 2, 5, 1; 4, 6, 7];
>> whos a b
  Name        Size              Bytes  Class     Attributes

  a           2x2                  32  double
  b           2x3                  48  double

>> a*b
ans =
    16    28    23
    28    50    39
fx >>
```

Operazioni tra matrici

Nell'esempio si mostra la somma tra matrici e la differenza tra prodotto matriciale * e prodotto elemento per elemento .*
Si mostra anche la divisione elemento per elemento

Command Window

```
>> a = [2 3 5; 4 1 0; 1 4 -1];
>> b = [1 0 0; 0 1 0; 0 0 1];
>> c=a*b
c =
     2     3     5
     4     1     0
     1     4    -1
>> d=a.*b
d =
     2     0     0
     0     1     0
     0     0    -1
>> [3 4 5]./[6 1 .5]
ans =
    0.5000    4.0000   10.0000
fx >>
```

Intervalli numerici

In Matlab si possono definire gli intervalli numerici con l'operatore due punti
Se non si specifica il passo, per default è uno

```
Command Window
>> start = 3; stop = 20;
>> a=start:stop
a =
  Columns 1 through 9
     3     4     5     6     7     8     9    10    11
  Columns 10 through 18
    12    13    14    15    16    17    18    19    20
>> step = 5;
>> b = start:step:stop
b =
     3     8    13    18
fx >>
```

Accesso a vettori e matrici

Cose importanti da ricordare:

L'indicizzazione di vettori e matrici comincia da 1

L'accesso si esegue con le parentesi tonde

Quindi, il primo elemento di un vettore è: `x(1)`

Mentre in C sarebbe `x[0]`

L'accesso a sottomatrici e sottovettori è molto flessibile.

Nell'esempio, la sottomatrice N è il blocco delle righe 1,2 e delle colonne 2,3

Usando il passo degli intervalli è possibile accedere, **sia in lettura sia in scrittura,** a righe o a colonne regolarmente spaziate

Nell'esempio, `1:2:end` sono tutti gli indici dispari della matrice `M`

Eseguite il codice mostrato

Command Window

```
>> M = [ 1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
M =
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     9
>> x=M(1,1)
x =
     1
>> N=M(1:2,2:3)
N =
     2     3
     5     6
>> % Sottomatrice: righe e colonne dispari
>> K = M(1:2:end, 1:2:end)
K =
     1     3
     7     9
>> %Interallacciamento di vettori
>> x1 = zeros(1,3)
x1 =
     0     0     0
>> x2 = ones(1,3)
x2 =
     1     1     1
>> y(1:2:5) = x1; y(2:2:6) = x2
y =
     0     1     0     1     0     1
```

Funzioni di vettori e matrici

Funzioni su vettori: la maggior parte delle funzioni di Matlab è definita su vettori:

Command Window

```
>> t = -5:5;
>> x = sin(t)
x =
  Columns 1 through 10
    0.9589    0.7568   -0.1411   -0.9093   -0.8415         0    0.8415    0.9093    0.1411   -0.7568
  Column 11
   -0.9589
>> y = exp(t)
y =
  Columns 1 through 10
    0.0067    0.0183    0.0498    0.1353    0.3679    1.0000    2.7183    7.3891   20.0855   54.5982
  Column 11
  148.4132
fx >>
```

Funzioni built-in

Qualche funzione utile:

Command Window

```
>> x = rand % Valori casuali tra 0 e 1
x =
    0.9058
>> X = rand(2,3) % Matrice 2x3 di valori casuali
X =
    0.1270    0.6324    0.2785
    0.9134    0.0975    0.5469
>> mCol = max(X) % massimo colonna per colonna
mCol =
    0.9134    0.6324    0.5469
>> XV = X(:) % "vettorizzazione" di X
XV =
    0.1270
    0.9134
    0.6324
    0.0975
    0.2785
    0.5469
>> max(XV)
ans =
    0.9134
>>
```

Command Window

```
>> X = rand(2,3) % Matrice 2x3 di valori casuali
X =
    0.9575    0.1576    0.9572
    0.9649    0.9706    0.4854
>> mean(X) % media per colonne
ans =
    0.9612    0.5641    0.7213
>> mean(X,2) % media per righe
ans =
    0.6908
    0.8070
>> mean(X(:)) % media globale
ans =
    0.7489
>> sum(X) % somma per colonne
ans =
    1.9224    1.1282    1.4425
>> X > 0.5  % operatore logico
ans =
  2×3 logical array
    1    0    1
    1    1    0
```

Gestione delle variabili

- Nella Command Window
  - » who – mostra tutte le variabili
  - » whos – mostra il nome delle variabili, il tipo e la dimensione
  - » clear *var1 var2*…- cancella le variabili riportate
  - » clearvars – cancella tutte le variabili
  - » close all – chiude tutte le figure
  - » save – salva le variabili in un file .mat
  - » load - carica le variabili da un file .mat

Documentazione

- Nella **Command Window**

>> **lookfor** ***keyword***
Ricerca la keyword in tutta la documentazione (può essere lento)

>> **help** ***command_name***
descrizione sintetica del comando o della libreria (toolbox)

>> **doc** **command_name**
Versione navigabile e interattiva della documentazione

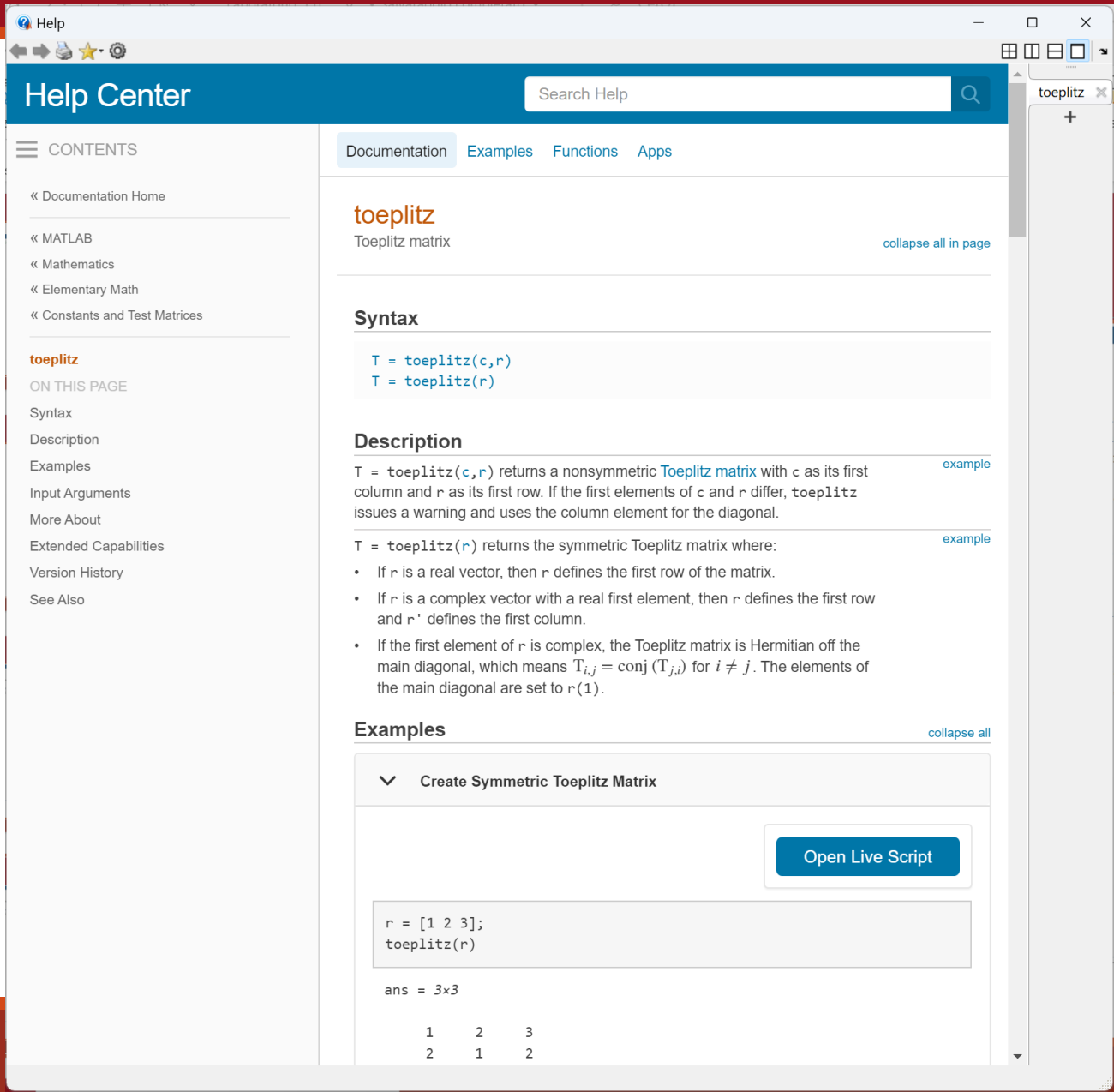
Command Window

```
>> lookfor Toeplitz
toeplitz                        - Toeplitz matrix.
chow                            - Chow matrix (singular Toeplitz lower Hessenberg matrix).
kms                             - Kac-Murdock-Szego Toeplitz matrix.
parter                          - Parter matrix (Toeplitz with singular values near pi).
prolate                         - Prolate matrix (symmetric, ill-conditioned Toeplitz matrix).
toeppd                          - Symmetric positive definite Toeplitz matrix.
toeppen                         - Pentadiagonal Toeplitz matrix (sparse).
>> help toeplitz
 toeplitz Toeplitz matrix.
    toeplitz(C,R) is a non-symmetric Toeplitz matrix having C as its
    first column and R as its first row.

    toeplitz(R) is a symmetric Toeplitz matrix for real R.
    For a complex vector R with a real first element, T = toeplitz(r)
    returns the Hermitian Toeplitz matrix formed from R. When the
    first element of R is not real, the resulting matrix is Hermitian
    off the main diagonal, i.e., T_{i,j} = conj(T_{j,i}) for i ~= j.

    Class support for inputs C,R:
       float: double, single
       integer: uint8, int8, uint16, int16, uint32, int32, uint64, int64

    See also hankel.

    Documentation for toeplitz
    Other functions named toeplitz

>> doc toeplitz
fx >>
```

Documentazione

Risultato di

```
>> doc toeplitz
```



Stampa di stringhe a schermo: disp

>> **disp('*text*')** – mostra il testo tra apici (stringa)

Es: *disp('have a nice day')*

disp(['I am ',num2str(18), ' year old'])

N.B. **num2str** – converte il numero in una stringa

fprintf e sprintf

fprintf e sprintf sono molto più potenti di display
Esempi:

```
Command Window
>> number = 10; name = 'John';
>> fprintf('%s has %d apples\nWriting Pi with 4 decimal digits gives %1.4f\n', name, number,pi)
John has 10 apples
Writing Pi with 4 decimal digits gives 3.1416
```

Il simbolo % introduce uno specificatore di formato
Il primo %s significa: stampa la prima variabile (`name`) come stringa
Il secondo %d: stampa la seconda (`number`) come numero intero
La terza %1.4f: stampa la terza variabile (`pi`) come numero decimale con 4 cifre dopo la virgola
Differenza tra **fprintf** e **sprintf**: il primo stampa a schermo (o su file) il secondo crea una stringa

Grafici

I grafici di Matlab sono mostrati in finestre dette `figure`

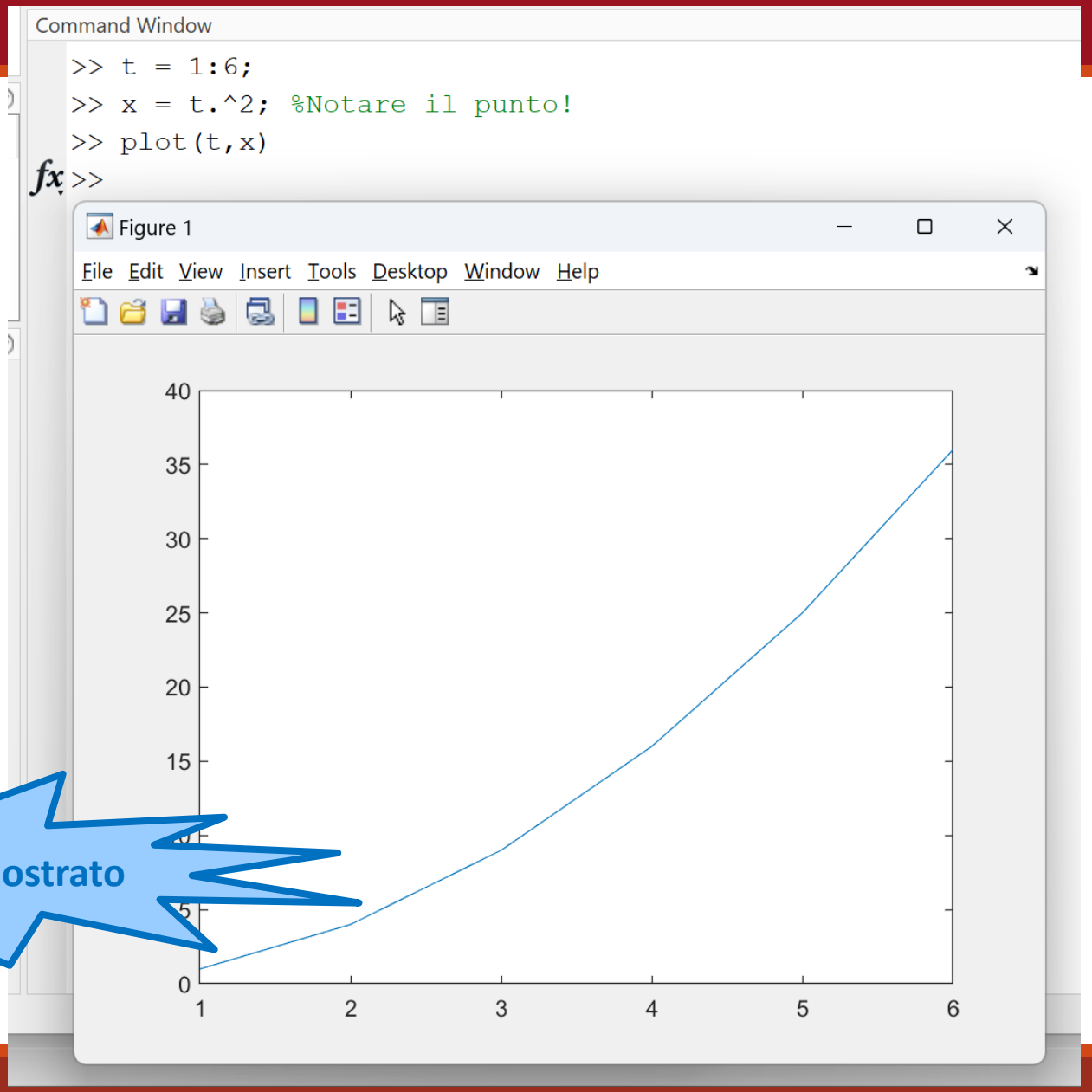
Il comando principale per creare un grafico è `plot`

`plot(t,x)` crea i punti di coordinate specificate dai parametri d'ingresso

C'è grande flessibilità nella parametrizzazione del plot, vedere gli esempi seguenti

Domanda: perché si usa `.^` e non semplicemente `^` ?

Eseguite il codice mostrato



Grafici

Dopo le ascisse `t` e le ordinate `x`, si possono specificare i parametri di formato in modo implicito o esplicito

La stringa `'ro--'` determina:

Colore rosso del plot

Marker dei punti (cerchio)

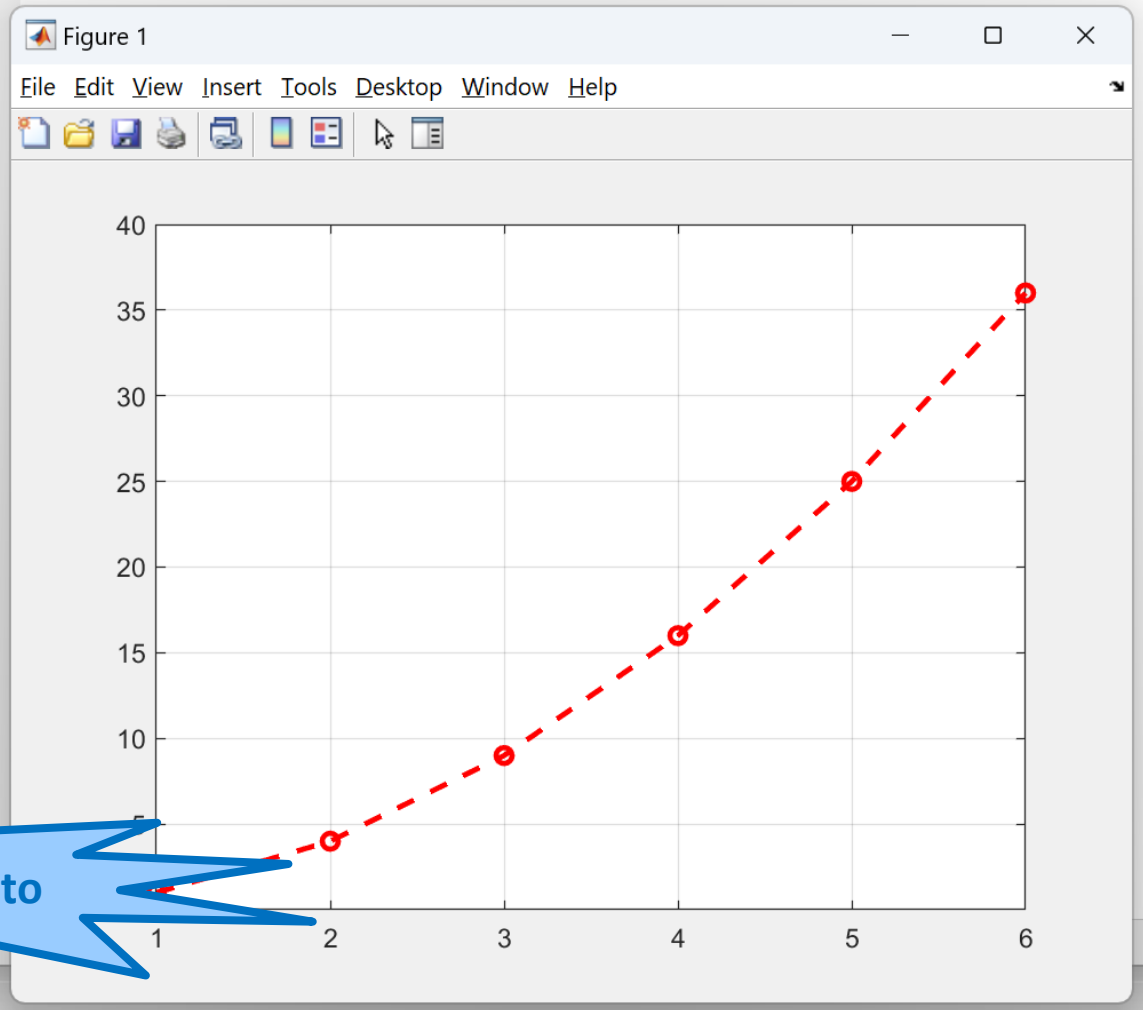
Linea tratteggiata

La coppia di parametri `'Linewidth', 2` specifica lo spessore della linea

Si nota che Matlab traccia il grafico unendo con segmenti di retta i punti specificati in `t` e `x`

Per approfondire (in un secondo momento) riferirsi alla documentazione di plot con il comando `doc plot`

```
Command Window
>> t = 1:6;
>> plot(t,x, 'ro--', 'LineWidth', 2);
>> grid;
>>
```



Eseguite il codice mostrato

Grafici

Matlab lavora **a tempo discreto**

I grafici 'continui' sono in realtà sempre discreti con un'opportuna scelta del passo dei campioni

Per esempio, per disegnare una sinusoide smorzata con frequenza 1, scegliamo un passo di campionamento 1/100, che ci permette di disegnare 100 punti per periodo. Matlab disegnerà una linea retta tra punti consecutivi

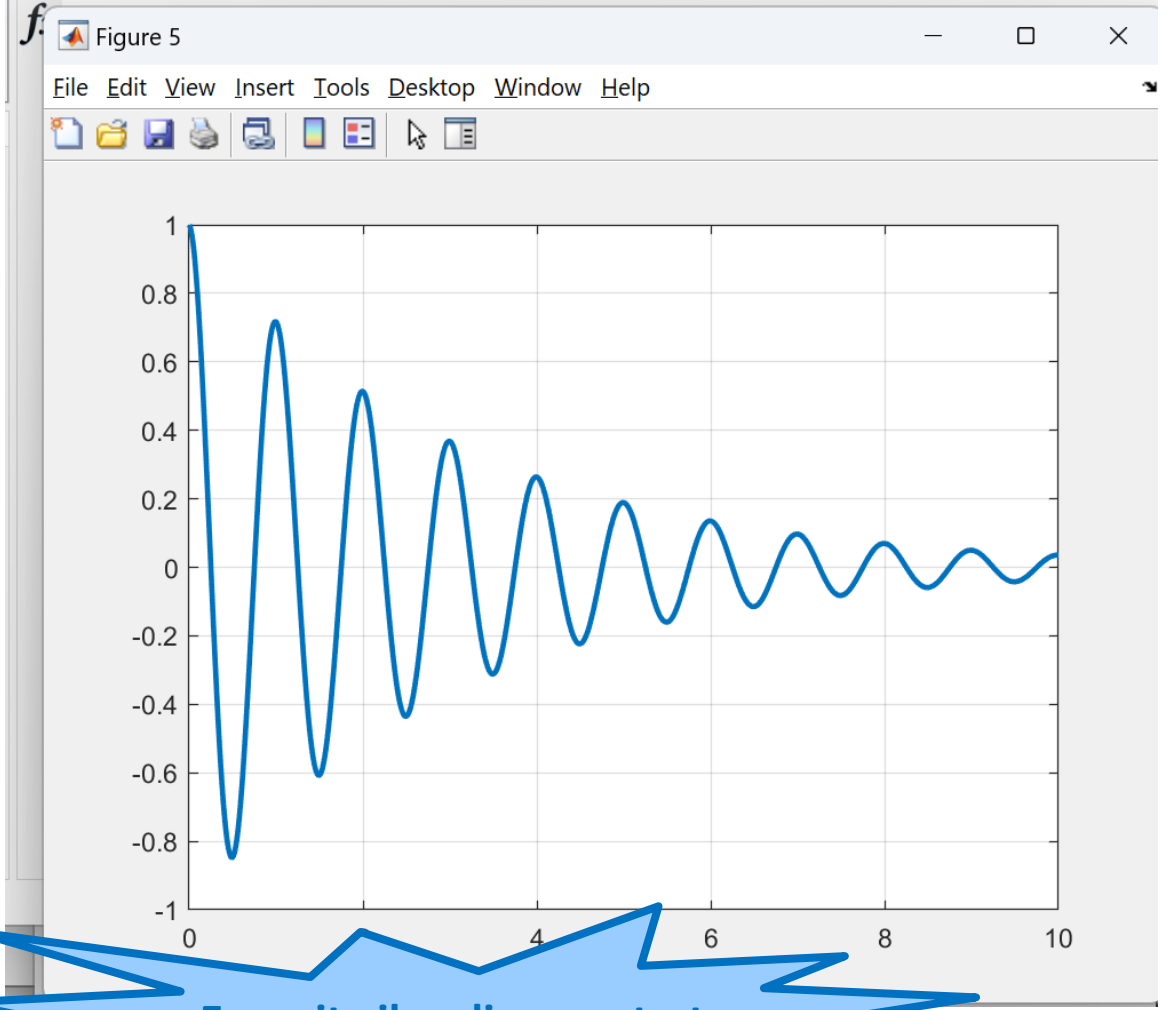
plot per default disegna nell'ultima figura attiva e, se non ce ne sono, ne crea una nuova

Per forzare la creazione di una nuova figura, usare il comando figure

Per forzare plot ad usare una figura specifica, per esempio la figura 2, usare figure(2)

Command Window

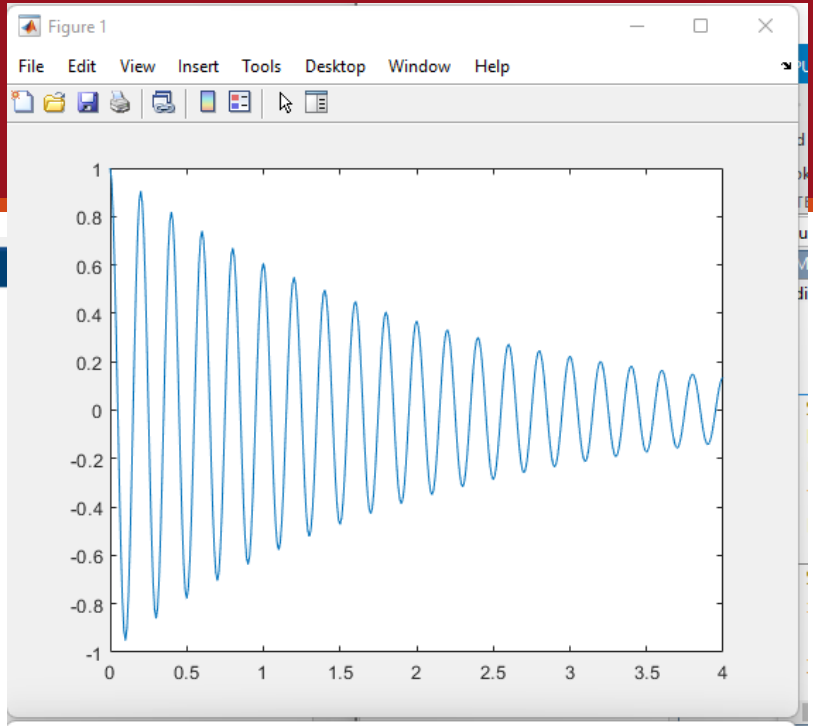
```
>> f = 1;
>> t = 0:1e-2:10;
>> T = 3;
>> x = cos(2*pi*f*t) .* exp(-t/T);
>> figure; plot(t,x,'LineWidth', 2); grid
```

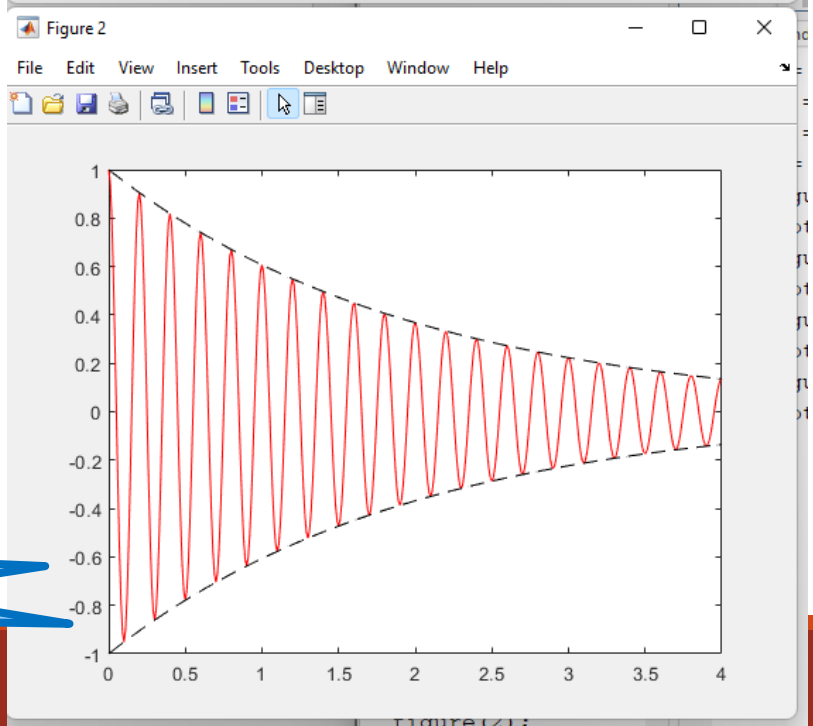


Eseguite il codice mostrato

Grafici

```
Command Window
>> t = 0:1e-2:4;
>> v1 = (cos(2*pi*f*t));
>> v2 = exp(-t/2);
>> x = v1.*v2;
>> figure(1);
>> plot(t,x);
>> figure(2);
>> plot(t,x,'r',t,v2,'--k',t,-v2,'--k');
>>
```





Nella figura 2, si disegnano tre curve, ognuna rappresentata da una terna: ascissa, ordinata, formato

`formato` è una stringa, dove si indica colore e/o formato della linea

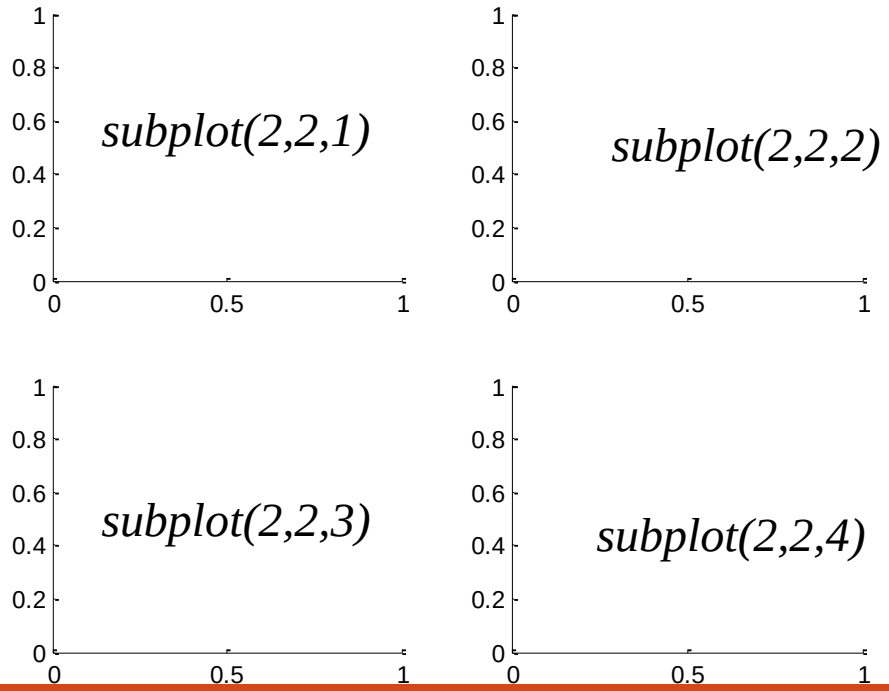
Eseguite il codice mostrato

Grafici

subplot (m, n, k) divide la figura in m × n sottofinestre e mette il plot seguente nella finestra numero k

Esempio

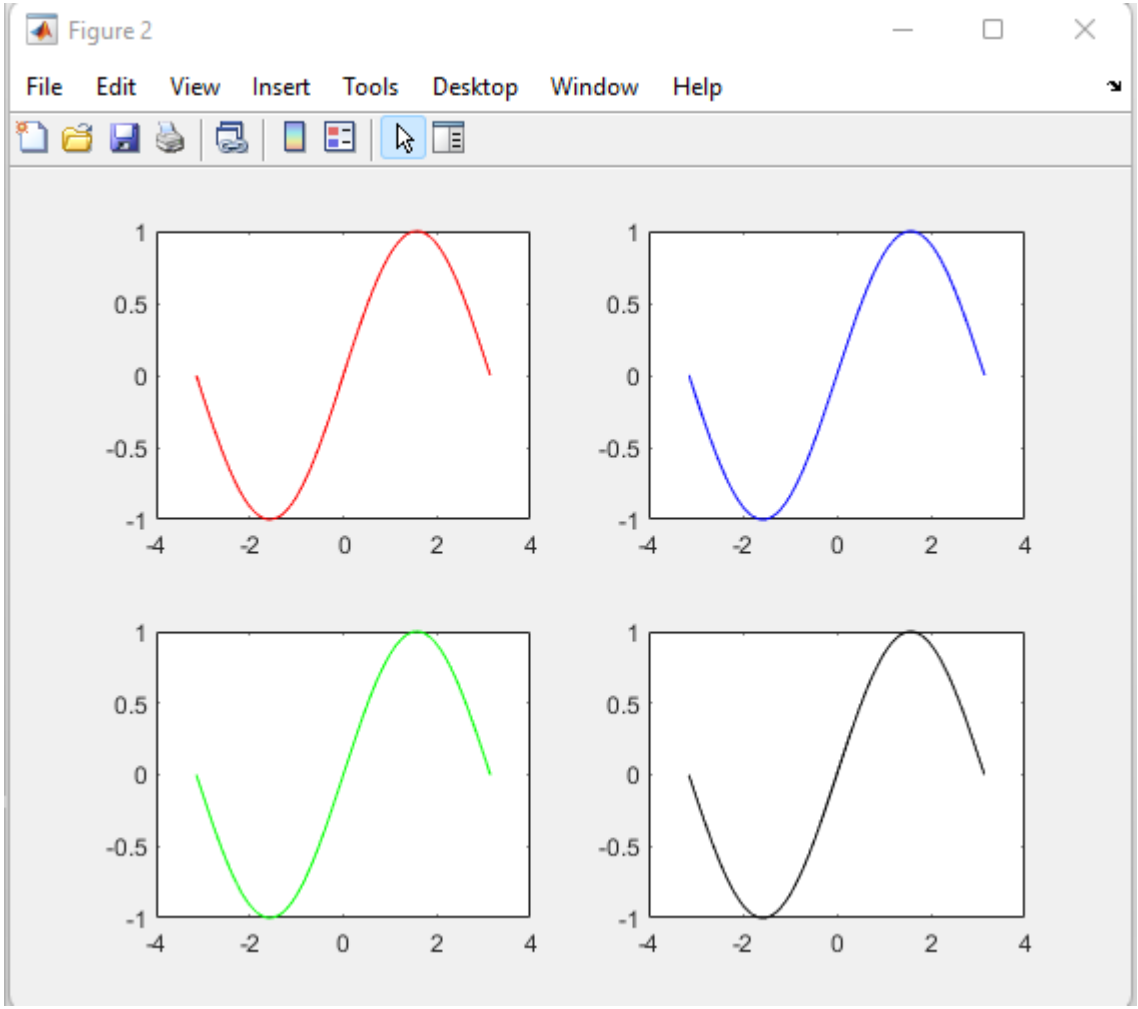
subplot(2,2,1)
subplot(2,2,2)
subplot(2,2,3)
subplot(2,2,4)



Grafici

In ogni figura si può mettere un plot diverso

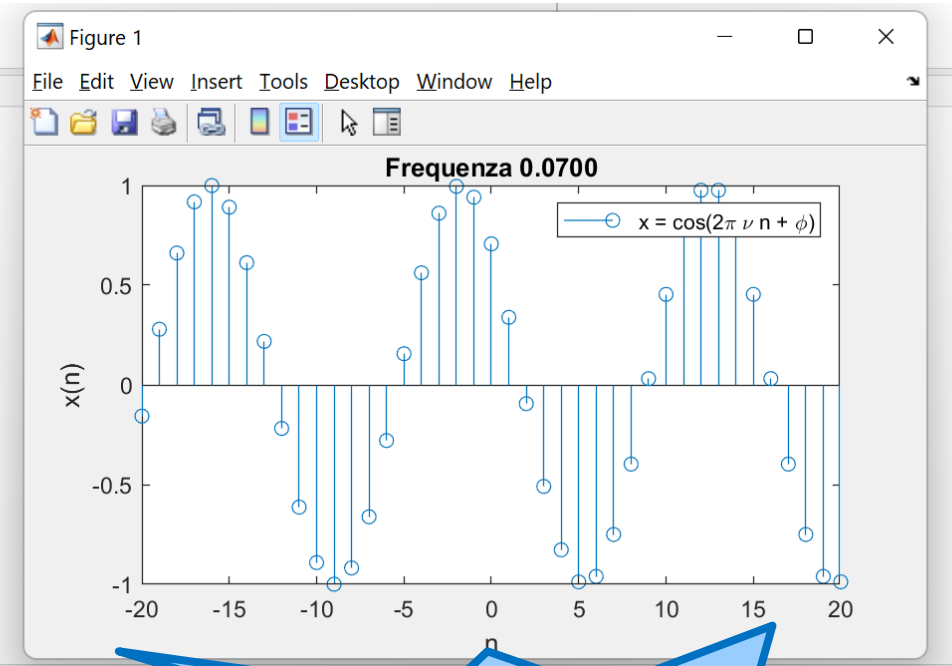
```
>> x = -pi:pi/100:pi;
y = sin(x);
subplot(2, 2, 1);
plot(x, y, 'r')
subplot(2, 2, 2);
plot(x, y, 'b')
subplot(2, 2, 3);
plot(x, y, 'g')
subplot(2, 2, 4);
plot(x, y, 'k')
```



Grafici

stem crea grafici adeguati ai segnali discreti

```
Command Window
>> n = -20:20;
>> nu = 0.07;
>> phi = pi/4;
>> x = cos(2*pi*nu*n + phi);
>> figure(1);
>> stem(n,x);
>> xlabel('n'); ylabel('x(n)');
>> legend('x = cos(2\pi \nu n + \phi)');
>> title(sprintf('Frequenza %3.4f',nu))
fx >>
```



Eseguite il codice mostrato

Cosa fanno i comandi xlabel, legend, title?
Qual è il periodo di questo segnale?
Ripetere i comandi, creando ogni volta una nuova figura, con nu = 1.07, nu = 0.93 e nu = -0.07
Che cosa osservate?

Strutture di programmazione

Le strutture di programmazione si usano all'interno di un file (funzione o script) e si usano un modo molto simile a tutti gli altri linguaggi di programmazione

A differenza di altri linguaggi, il carattere usato per la negazione è la **tilde**

Editor - C:\Users\Marco Cagnazzo\OneDrive - Università degli Studi di Padova\didattica\corsi\signals_systems\23-24\la

freq_num.m | freq_num.m | sinusoidi_discrete.mlx | script_esempio.m | sinusoidi_discrete.mlx

```
1   %% Controllo dei parametri
2   t= 0:1e-2:10; f = -3; phi = 1; A=10;
3   x = A*cos(2*pi*f*t+phi);
4   if f<0
5       disp('La sinusoinde NON è in forma canonica');
6   elseif f==0
7       disp('Segnale constante')
8   else
9       disp('Sinusoide in forma canonica');
10  end
11  if phi ~= 0
12      disp('Fase non nulla');
13  end
14  %% Stampa i quadrati
15
16  for number = 1:3
17      fprintf('Il quadrato di %d è %d\n',number, number*number);
18  end
19
20  %% ricerca fattori primi di un numero
21  N = 371;
22  number = 2;
23  while number<=N
24      if ~mod(N,number)
25          fprintf('%d diviso %d fa %d\n',N,number, N/number);
26          N= N/number;
27      else
28          number = number +1;
29      end
30  end
```

File Matlab

- Script e funzioni: .m
- Live script: .mlx
- Dati: .mat
- Figure: .fig

Gli script

- Gli **script** sono file di testo che contengono una sequenza di comandi MATLAB
- Non accettano in ingresso degli argomenti, né restituiscono variabili in uscita. Lavorano sui dati del workspace (condivisione spazio di memoria)
- Sono comodi quando si devono ripetere lunghe sequenze di istruzioni, cambiando ogni volta qualche parametro
- Uno script, **una volta salvato,** può essere eseguito in vari modi:
  - Dalla command window, scrivere il nome del file (senza .m!)
    - Attenzione, il file deve essere nel Path oppure nella cartella corrente!
  - Dalla finestra dell'editor, premere F5
  - Dalla finestra dell'editor, cliccare su Run

Esempio di script

Esercizio
Aprire nell'editor il file `script_esempio.m`

Eseguire il file dalla command window o con F5

Cambiare i parametri della sinusoide ed osservare il risultato

Osservare che le variabili create appaiono nel Workspace corrente

Editor - C:\Users\Marco Cagnazzo\OneDrive - Università degli Studi di Padova\didattica\corsi\signals_systems\23-24\labs\lab1\script_esempio.m

freq_num.m | freq_num.m | sinusoidi_discrete.mlx | script_esempio.m | sinusoidi_discrete.mlx

```
1   % Un semplice script per la creazione di grafici
2   clear variables
3   close all
4   % Parametri dell'asse dei tempi
5   T0 = 0; T1 = 10; step = 1e-2;
6   t = T0:step:T1;
7
8   % Parametri della sinusoide
9   A = 2; phi = pi/4;
10  freq = 0.325;
11
12  x = A * cos(2*pi*freq*t +phi);
13  figure(1);
14  plot(t,x,'r--','LineWidth',2);
15  grid; title(sprintf('Sinusoide a frequenza %4.3f',freq));
16
```

Spesso negli script si cancella il workspace e si chiudono le figure

Esempio di script con sezioni

Aprire il file `freq_num.m` (doppio click in Current Folder o scrivere `edit freq_num` nella command window

Eseguire le sezioni del file come indicato; modificare i parametri ed eseguire di nuovo

Editor - C:\Users\Marco Cagnazzo\OneDrive - Università degli Studi di Padova\didattica\corsi\signals_systems\23-24\labs\lab1\student\freq

freq_num.m | sinusoidi_discrete.mlx | freq_num.m *

```
1   %% Grafici sinusoidi discrete: studio del valore della frequenza numerica
2
3   %% Caso 1
4   A=1; phi = 0; nu = 0.03;
5   n  = 0:40;
6   x = A*cos(2*pi*nu*n+phi);
7   % Creazione grafico
8   close(1); % Chiude la figura 1 se esiste già
9   figure(1);
10  stem(n,x);
11  xlabel('n'); ylabel('x(n)');
12  title(sprintf('Freq: %4.3f',nu));
13
14  %% Caso 2
15  A=1; phi = 0; nu = 0.97;
16  n  = 0:40;
17  x = A*cos(2*pi*nu*n+phi);
18  % Creazione grafico
19  close (2); % Come sopra
20  figure(2);
21  stem(n,x);
22  xlabel('n'); ylabel('x(n)');
23  title(sprintf('Freq: %4.3f',nu));
24
```

Le sezioni sono delimitate da righe che cominciano con `%%` (due simboli di percento deguiti da almeno uno spazio)

Nell'Editor, premendo CTRL+ENTER si esegue unicamente la Sezione corrente

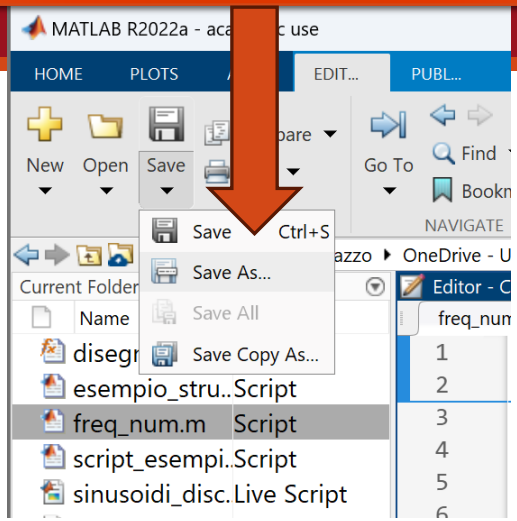
Con CTRL+SHIFT+ENTER si esegue la sezione corrente e si passa alla seguente

Nei due casi precendenti il file NON viene salvato: utile per delle prove!

Infine, con F5 o Run, il file viene salvato ed eseguito interamente

Esempio di funzione

Dove trovare Save as…



Esercizio

Aprire nell'editor il file `script_esempio.m`

Eseguire **Save as** e salvarlo come `disegnaCos.m`

Trasformarlo in funzione cambiando la prima riga del file **ed eliminando le assegnazioni dei parametri d'ingresso, come mostrato**

Lanciare la funzione dalla command window, esempio:

```
>> x=disegnaCos(0:1e-2:5, 1, 0.2, 0);
```

Editor - C:\Users\Marco Cagnazzo\OneDrive - Università degli Studi di Padova\didattica\corsi\signals_systems\23-24\labs\lab1\student

freq_num.m | sinusoidi_discrete.mlx * | esempio_strutture_progr.m | disegnaCos.m | script_esempio.m

```
1  function x = disegnaCos(t,A,freq,phi)
2  %   disegnaCos calcola e disegna una sinusoide in forma canonica
3  %x = disegnaCos(t,A,freq,phi) calcola la sinusoide nei punti indicati dal
4  %parametro t. Gli altri parametri sono quelli della forma canonica:
5  %ampiezza, frequenza, fase iniziale
6
7  x = A * cos(2*pi*freq*t +phi);
8  figure(1);
9  plot(t,x,'r--','LineWidth',2);
10 grid; title(sprintf('Sinusoide a frequenza %4.3f',freq));
```

Esempio di funzione

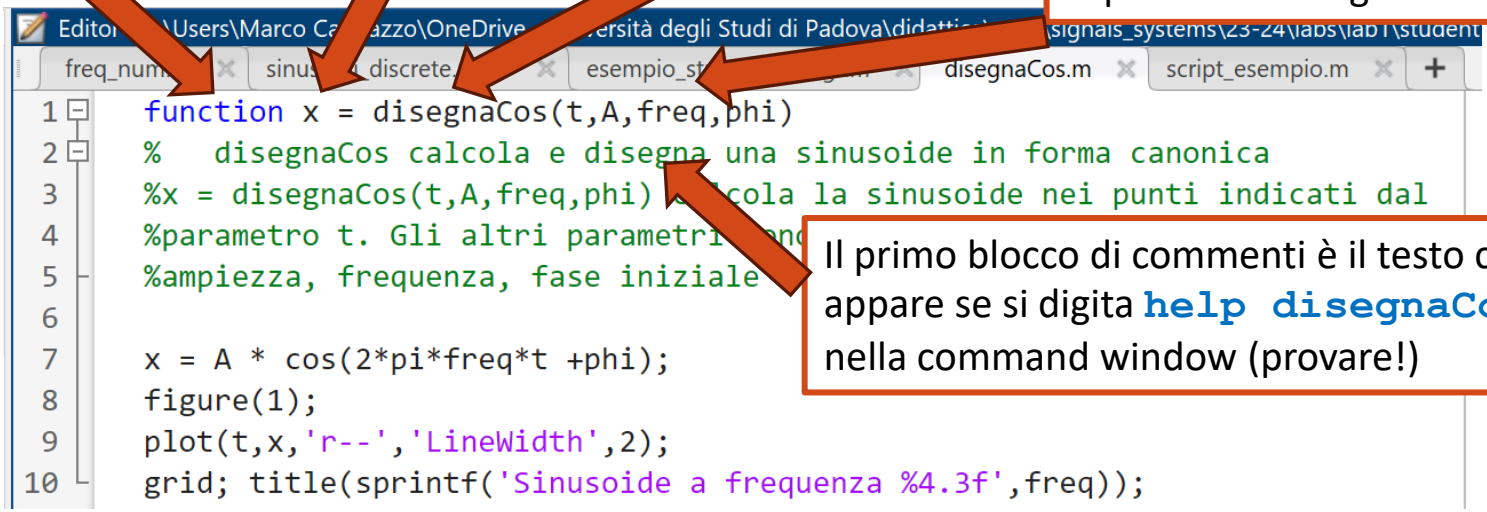
Osservazioni importanti

Un file 'funzione' deve cominciare con la keyword **`function`**

Dopo **`function`** c'è la lista dei parametri di uscita tra parentesi quadre, opzionali nel caso di un solo parametro

Segue il nome della funzione: **usare lo stesso nome del file**

Infine la lista di parametri d'ingresso tra parentesi tonde e separati dalla virgola



Il primo blocco di commenti è il testo che appare se si digita **`help disegnaCos`** nella command window (provare!)

Lo spazio di memoria delle funzioni non è condiviso con la command window
All'uscita dalla funzione, tutte le variabili interne non saranno più accessibili

I Live Script

I **live script** sono la versione Matlab dei notebook

Si tratta di script con caratteristiche aggiuntive:

- Si può inframezzare del testo (CTRL+E) e delle formule (CTRL+SHIFT+E) al codice Matlab
- Si possono inserire slider, menù a tendina, ecc. per assegnare i valore dei parametri
- L'esecuzione è interattiva
- Si possono facilmente generare dei report

Esempio di Live script

Esercizio

1. Aprire il live script `sinusoidi_discrete.mlx`

Live Editor - C:\Users\Marco Cagnazzo\OneDrive - Università degli Studi di Padova\didattica\corsi\signals_systems\23-24\labs\lab1\sinusoidi_discrete.mlx

freq_num.m | sinusoidi_discrete.mlx

1. Parametri della sinusoide discreta

La sinusoide discreta in forma canonica è:

$$x(n) = A\cos(2\pi\nu n + \phi) = A\cos(\omega n + \phi)$$

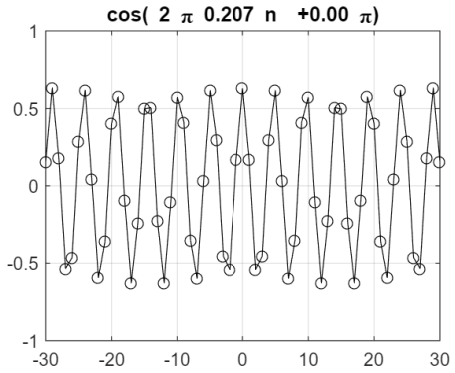
Con

$$A \in \mathbb{R}_0^+; \nu \in \left[0, \frac{1}{2}\right]; \phi \in [-\pi, \pi]; \omega = 2\pi\nu \in [0, \pi]$$

Utilizzare i comandi per scegliere i valori dei parametri e visualizzare il risultato.

Attenzione: in questo esempio ed in tutti i seguenti, ***il valore di ϕ è espresso come multiplo di π***

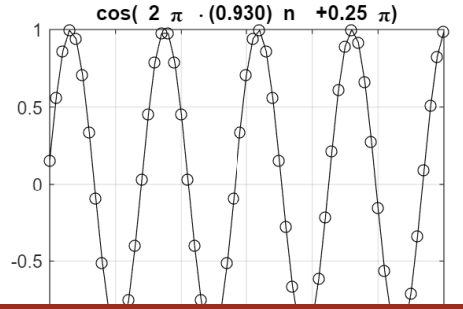
```
1  n=-30:30;
2  A   =  0.63 ;
3  phi = pi*    0 ;
4  nu  =  0.207 ;
5
6  plot(n,A*cos(2*pi*nu*n+phi), 'k-o')
7  title(sprintf('cos( 2 \\pi %4.3f n  %+3.2f \\pi)',nu,phi/pi));
8  axis([min(n) max(n) -1 1]); grid
```



2. Verifica dell'intervallo rilevante dei valori di frequenza numerica

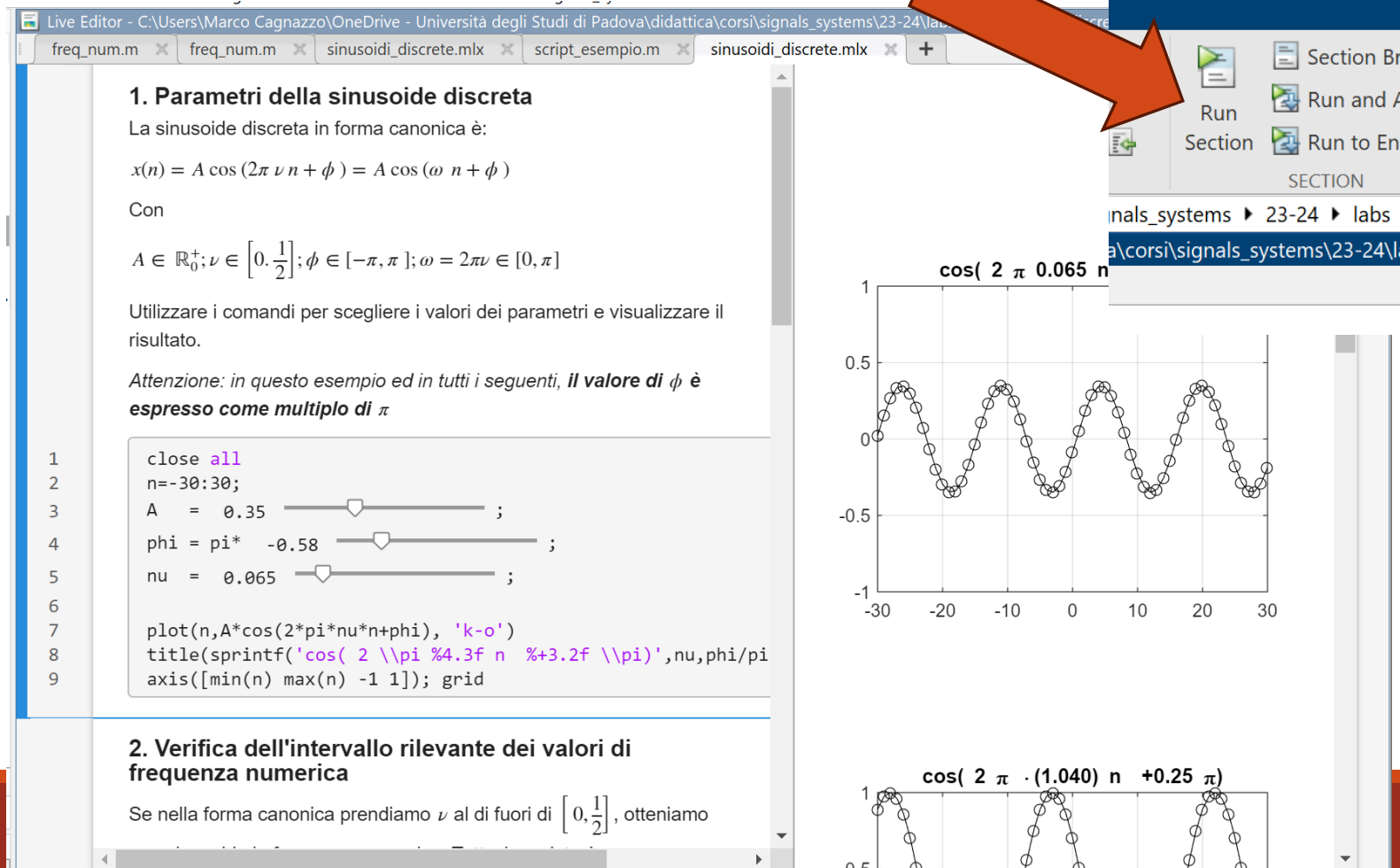
Se nella forma canonica prendiamo ν al di fuori di $\left[0, \frac{1}{2}\right]$, otteniamo una sinusoide in forma non canonica. Tuttavia, esisterà sempre una sinusoide in forma canonica equivalente. Nel seguito, usare lo slider per variare la frequenza numerica al di fuori dell'intervallo $\left[0, \frac{1}{2}\right]$

```
9  %%
10 n=-30:30;
11 A   = 1;
12 phi = pi/4;
```



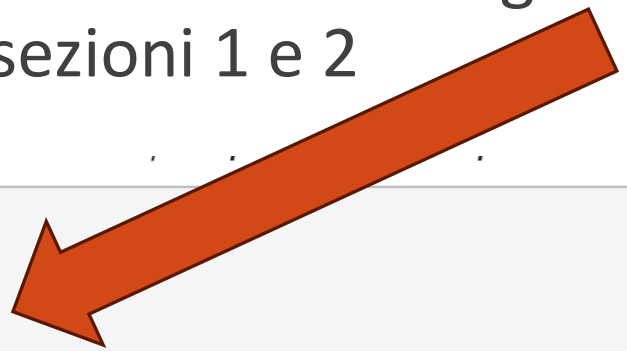
Esempio di Live script

2. Leggere le diverse sezioni ed eseguirne il codice cliccando prima sulla sezione e poi su Run Section



Esempio di Live script

3. Modificare i parametri della sinusoide tramite gli slider e verificare quanto richiesto nelle sezioni 1 e 2



```
close all
n=-30:30;
A   =  0.35  ;
phi = pi*  -0.58  ;
nu  =  0.065  ;

plot(n,A*cos(2*pi*nu*n+phi), 'k-o')
title(sprintf('cos( 2 \\pi %4.3f n  %+3.2f \\pi)',nu,phi/pi));
axis([min(n) max(n) -1 1]); grid
```

Esempio di Live script

4. Eseguire l'esercizio della sezione 3 e verificare sperimentalmente l'identità tra i due segnali: