# Introduzione
# a
# MatLab

# Matlab

Matlab (MATrix LABoratory) è un sistema software integrato per il calcolo tecnico e scientifico

- Linguaggio di programmazione ad alto livello interpretato, con particolari facilitazioni nelle elaborazioni di matrici

  - Contiene i costrutti tipici dei linguaggi di programmazione
  - Possiede un ampio insieme di tipi di dato predefiniti
  - Supporta la programmazione orientata agli oggetti
  - Usato sia per creare rapidamente piccoli programmi test (programmazione in the small) che per applicazioni più complesse (programmazione in the large)

# Matlab

Matlab (MATrix LABoratory) è un sistema software integrato per il calcolo tecnico e scientifico

- Grafici in 2 e 3 dimensioni
  - Funzioni per la visualizzazione di vettori e matrici
  - Funzioni per l'impostazione dell'aspetto della visualizzazione (annotazioni, colori, linee,…)
  - Funzioni per elaborare immagini e creare animazioni
  - Funzioni per creare interfacce

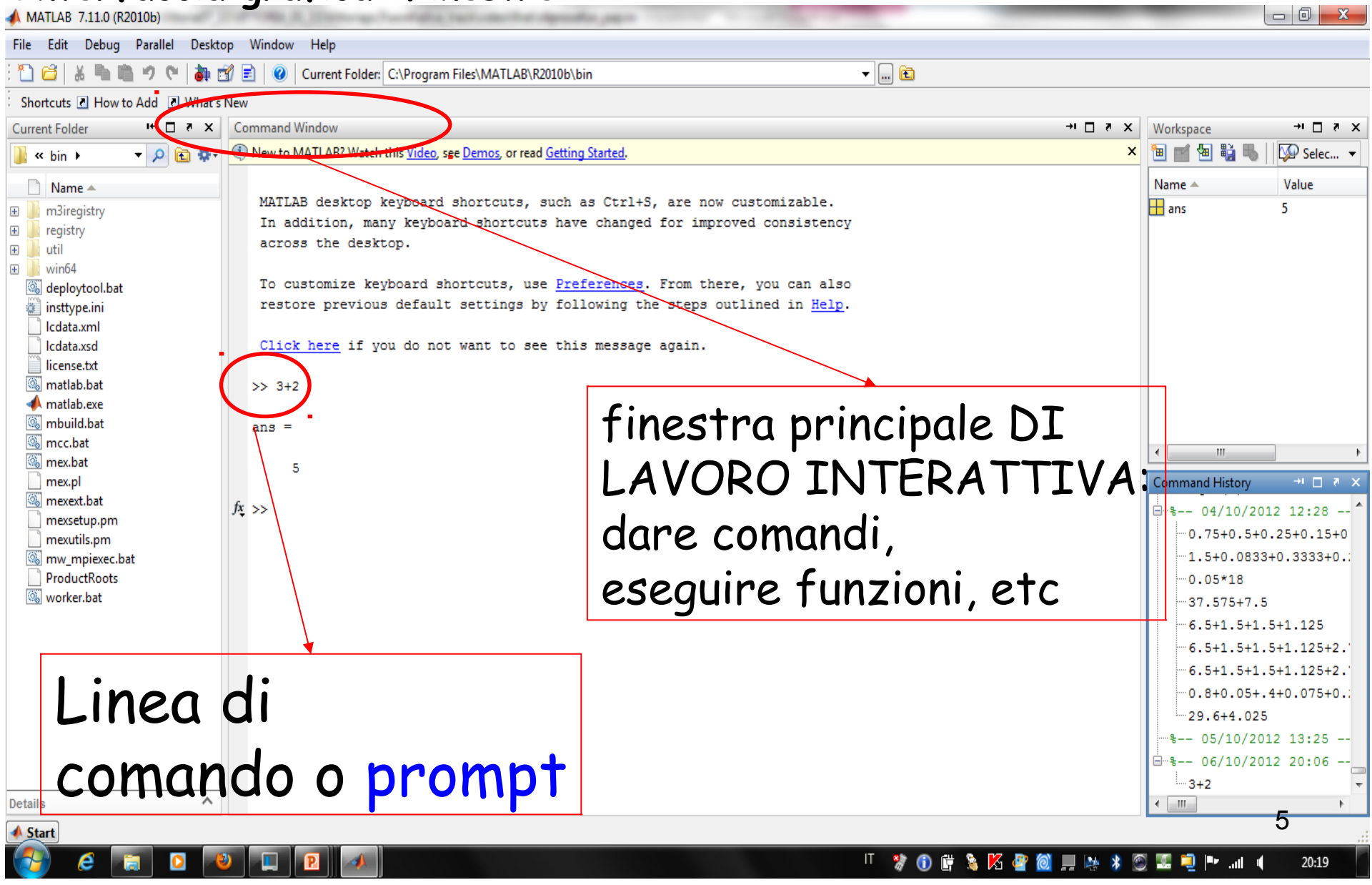
# Matlab

Matlab (MATrix LABoratory) è un sistema software integrato per il calcolo tecnico e scientifico

- Programmi interni per la risoluzione dei problemi dell'Analisi Numerica
  - contiene funzioni elementari, algoritmi di calcolo, algebra lineare, …
- Pacchetti per svariati tipi di applicazioni (Toolbox) --- l'elaborazione numerica dei segnali e delle immagini, la simulazione di sistemi dinamici, il calcolo simbolico, wavelet, ecc.
- Interazione con altri linguaggi di programmazione (per es. C e Fortran)

# Matlab

## Interfaccia grafica: Finestre



# Matlab

**Interfaccia grafica:** Command window

Matlab lavora in modo interattivo, cioè l'utente digita una istruzione ed ha immediatamente la risposta. Il prompt su cui si digita l'istruzione è la coppia di caratteri >>

```
>>   comando
```
(Per eseguire, digitare Enter)

Esempio

```
>> 3+2   (Enter)

ans =

     5

>>
```

# Matlab

**Interfaccia grafica:** Command window

- Per uscire dalla sessione di lavoro interattiva usare il comando:

```
>> quit
```

- Per cancellare il contenuto della finestra usare il comando:

```
>> clc
```

- Per ripetere le ultime operazioni effettuate usare i tasti: ↑ e ↓

- Più comandi sulla stessa riga devono essere separati da una virgola

```
>> 3+2, 5*10-4, 55-22
```

- Un'istruzione molto lunga si può scrivere su più righe consecutive usando ...

```
>> 3+2+4+(5*3)-5 ...
-5+10*3 (Enter)
```

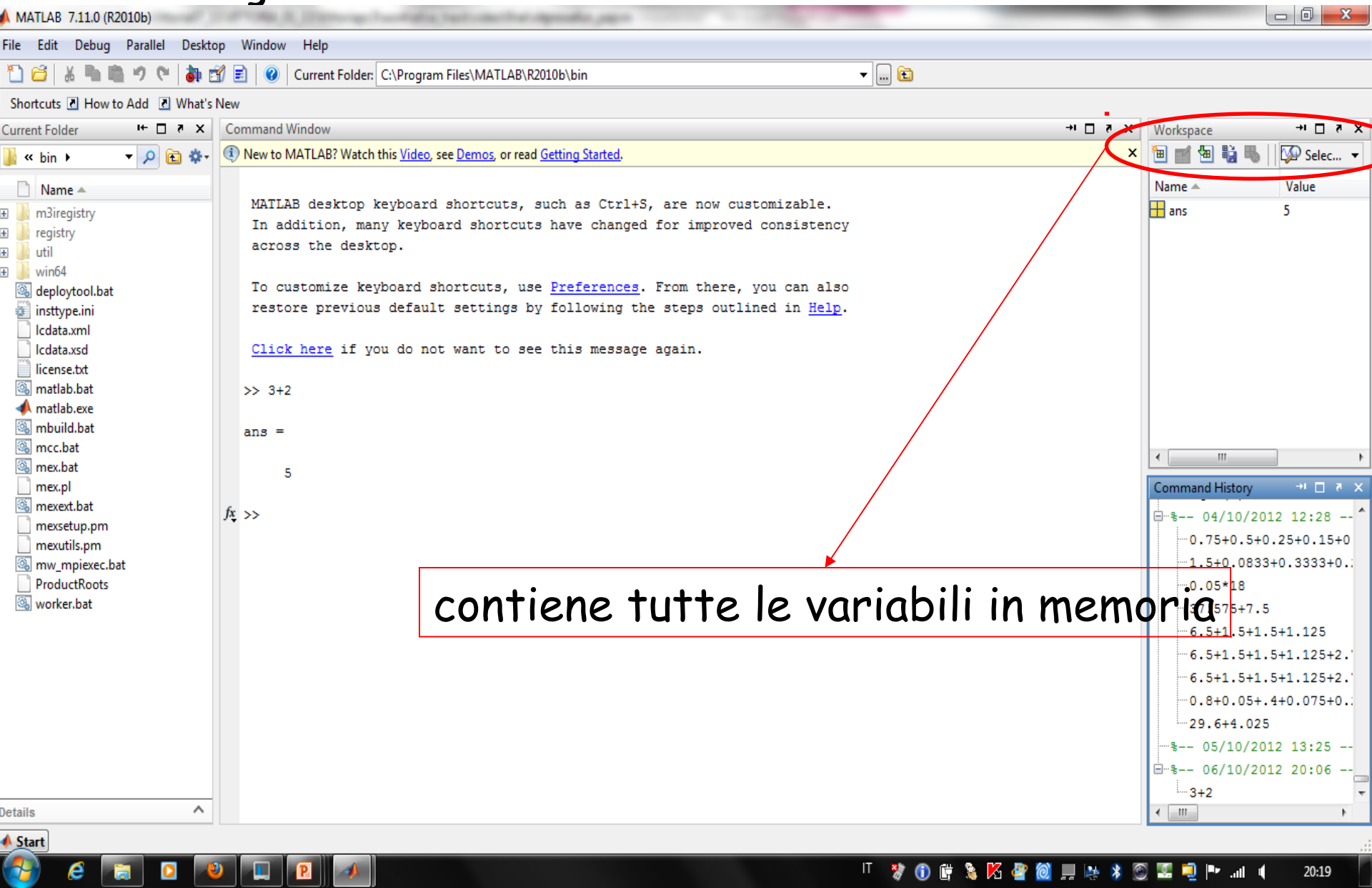
# Matlab

## Interfaccia grafica: Finestre


contiene tutti i comandi digitati nel prompt

# Matlab

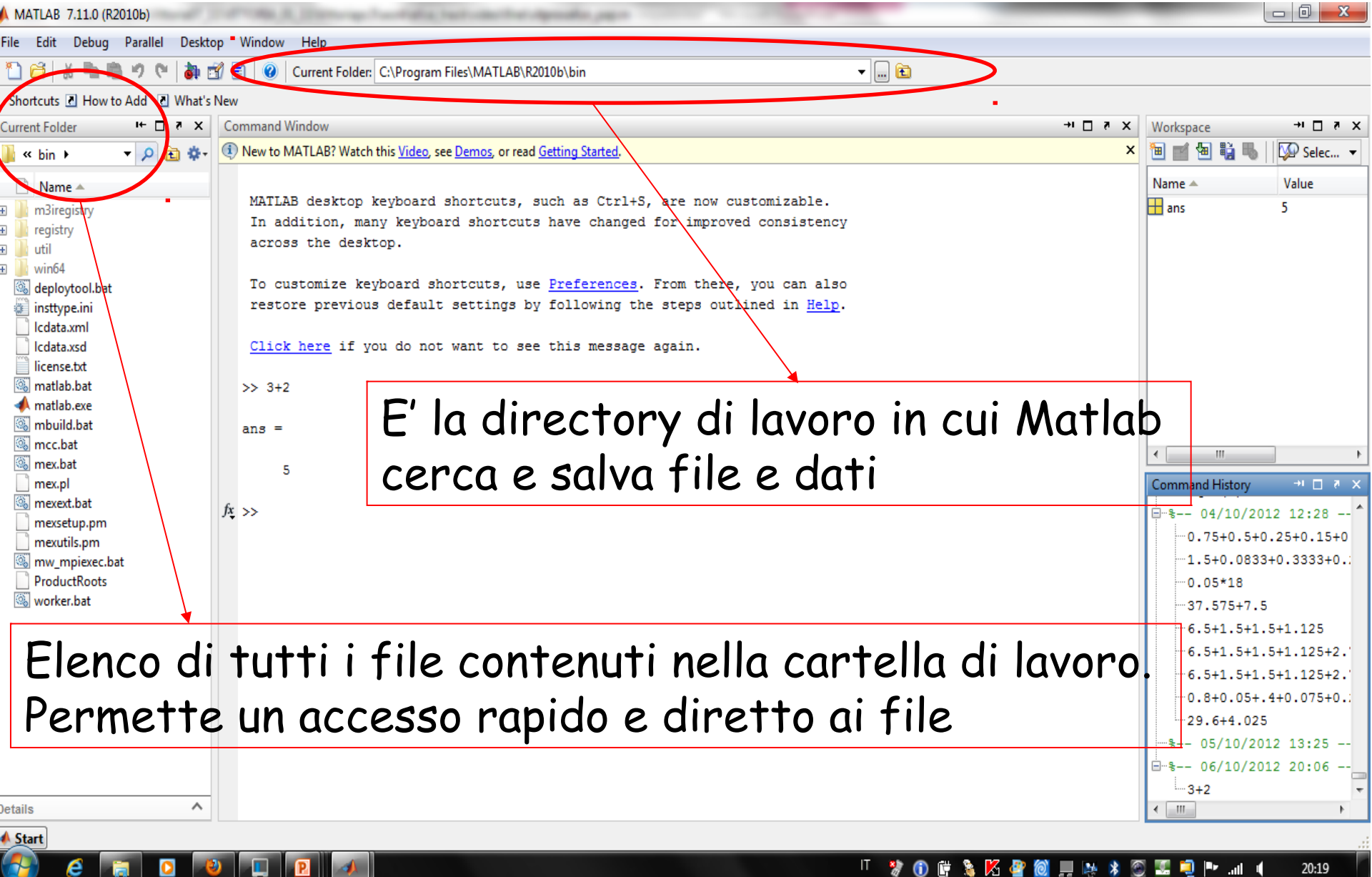
## Interfaccia grafica: Finestre




contiene tutte le variabili in memoria

# Matlab

## Interfaccia grafica: Finestre

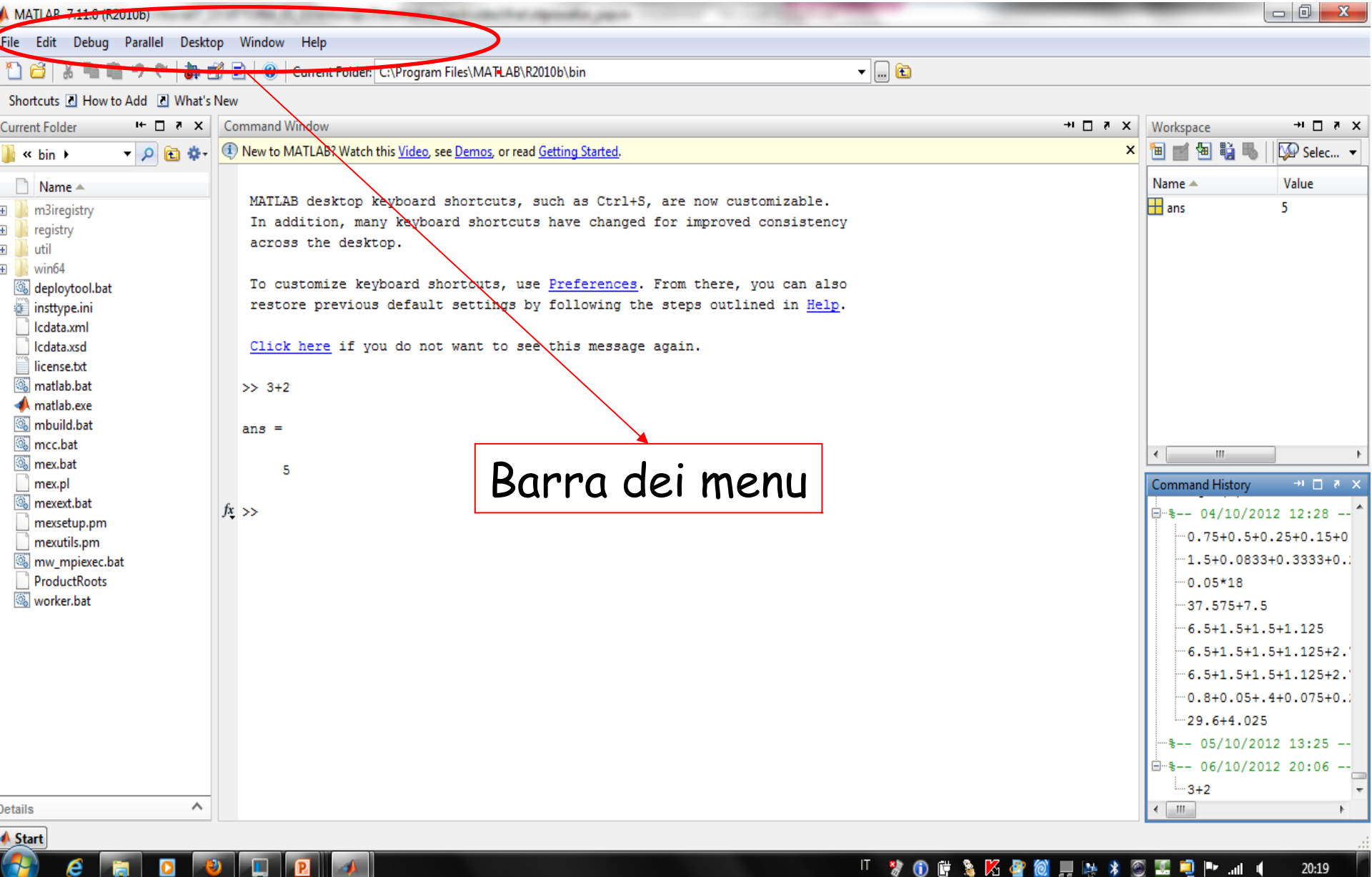



E' la directory di lavoro in cui Matlab cerca e salva file e dati

Elenco di tutti i file contenuti nella cartella di lavoro. Permette un accesso rapido e diretto ai file

# Matlab

## Interfaccia grafica: Finestre



# Matlab come calcolatrice

## Operatori

- operazioni elementari

  somma `+` differenza `-`

  prodotto `*` divisione `/`

- operatori logici

  and `&` or `|` not `~`

- operatori relazionali

  maggiore `>` maggiore o uguale `>=`

  minore `<` minore o uguale `<=`

  uguale `==` diverso `~=`

- elevamento a potenza `^`

# Matlab come calcolatrice

## Costanti predefinite

| Costante | Costanti Matlab |
|---|---|
| Infinito | inf |
| $\pi$ | pi |
| Unità immaginaria | i |
| Numero massimo rappresentabile ($2^{1023}$) | realmax |
| Numero minimo rappresentabile ($2^{-1022}$) | realmin |
| Precisione di macchina ($2.220446049250313 \cdot 10^{-16}$) | eps |
| Forma indeterminata | nan |

## Funzioni predefinite

| Funzione | Funzioni Matlab |
|---|---|
| Seno | sin(x) |
| Coseno | cos(x) |
| Tangente | tan(x) |
| Arcsin | asin(x) |
| Arccos | acos(x) |
| Arctan | atan(x) |
| Logaritmo naturale | log(x) |
| Esponenziale | exp(x) |
| Valore assoluto | abs(x) |
| Radice quadrata | sqrt(x) |
| segno | sign(x) |

# Matlab come calcolatrice

## Costanti predefinite

| Costante | Costanti Matlab |
|---|---|
| Infinito | inf |
| π | pi |
| Unità immaginaria | i |
| Numero massimo rappresentabile ($2^{1023}$) | realmax |
| Numero minimo rappresentabile ($2^{-1022}$) | realmin |
| Precisione di macchina ($2.220446049250313 \cdot 10^{-16}$) | eps |
| Forma indeterminata | nan |

Rappresentazione dei numeri in Matlab:

forma a virgola mobile (floating point)

su parole di 64 bit (doppia precisione)

# Matlab

**Help**: per informazioni sulle funzioni di Matlab (vedere anche l' help da menù)

>> **help** nome_funzione

informazioni su una specifica funzione

Esempio: come si usa la funzione log?

```
>> help log

 LOG    Natural logarithm.
    LOG(X) is the natural logarithm of the elements of X.
    Complex results are produced if X is not positive.

    See also LOG2, LOG10, EXP, LOGM.
```

# Matlab

Esempio: esiste una funzione che calcola la radice quadrata di un numero?

```
>> lookfor square
cir         - Cox-Ingersoll-Ross(CIR)mean-reverting square root diffusion
              class file
magic       - Magic square.
hypot       - Robust computation of the square root of the sum of squares
realsqrt    - Real square root.
sqrt        - Square root.
lscov       - Least squares with known covariance.
lsqnonneg   - Linear least squares with nonnegativity constraints.
sqrtm       - Matrix square root.
cgs         - Conjugate Gradients Squared Method.
.
.
>> help sqrt
 SQRT   Square root.
    SQRT(X) is the square root of the elements of X. Complex
    results are produced if X is not positive.

    See also sqrtm, realsqrt, hypot.
    Overloaded methods:
       codistributed/sqrt
    Reference page in Help browser
       doc sqrt
```

# Matlab

Digitando solo il comando help si ha l' elenco degli argomenti (pacchetti disponibili)

```
>> help

HELP topics:

matlab\general           - General purpose commands.
matlab\ops               - Operators and special characters.
matlab\lang              - Programming language constructs.
matlab\elmat             - Elementary matrices and matrix manipulation.
matlab\randfun           - Random matrices and random streams.
matlab\elfun             - Elementary math functions.
matlab\specfun           - Specialized math functions.
matlab\matfun            - Matrix functions - numerical linear algebra.
matlab\datafun           - Data analysis and Fourier transforms.
matlab\polyfun           - Interpolation and polynomials.
matlab\funfun            - Function functions and ODE solvers.
matlab\sparfun           - Sparse matrices.
```

```
>> help  nome_argomento
```

Produce l'elenco e la descrizione delle funzioni relative all'argomento selezionato

# Matlab

In Matlab non è necessario dichiarare le variabili. Esse vengono automaticamante definite in seguito ad una assegnazione

La assegnazione è data dal comando =

Nota:
1. il nome di una variabile è composto da caratteri alfanumerici
2. il primo deve essere alfabetico
3. c'è differenza tra lettere maiuscole e minuscole

Esempio

```
>> d = 2;
```

attribuisce alla variabile d il valore 2 (verificare nel workspace)

```
>>  c = 4;
```

attribuisce alla variabile c il valore 4

```
>>  b = c * d;
```

attribuisce alla variabile b il prodotto delle variabili c e d

# Matlab

Per conoscere tali variabili si può anche digitare il comando whos

```
>> whos     (Enter)
```

nome della variabile  dimensione  memoria occupata  tipo

Esempio: se d è un numero intero

```
>> whos
  Name        Size                Bytes       Class

  d           1x1                     1        int8 array

Grand total is 1 elements using 1 bytes
```

**Nota. In alternativa: who**

# Matlab

Per visualizzare il contenuto di una variabile, basta digitare il suo nome

Esempio: per visualizzare il contenuto di b

```
>> b

b =

     8
```

Oppure usare il comando disp

```
>> disp(b)
     8
```

Se si omette il punto e virgola ; alla fine delle istruzioni di comando, viene visualizzato l'output di ogni istruzione

```
>> b=8*2

b =

    16
```

# Matlab

Se il risultato di un'espressione non viene assegnato ad una variabile definita dall'utente, allora viene automaticamente assegnato alla variabile ans (answer)

Esempio:

```
>> 3+2   (Enter)
ans =
     5
```

# Matlab

Per cancellare tutte le variabili contenute nel Workspace si usa il comando clear

Esempio:

```
>> b=5;, c=b*2-1;, d= c-b;
>> who
Your variables are:

b  c  d

>> clear
>> who
>>
```

# Matlab

Per cancellare solo alcune variabili contenute nel Workspace, il comando clear deve essere seguito dall'elenco dei nomi delle variabili separati da uno spazio

clear b c (cancella solo le variabili b e c )

Esempio:

```
>> b=5;, c=b*2-1;, d= c-b;

>> who

Your variables are:


b   c   d


>> clear b c

>> who

Your variables are:

d
```

# Matlab

Esempio:

```
>> b=5;, c=b*2-1;, d= c-b;
>> who
Your variables are:

b  c  d

>> save datilezione
>> clear
>> who
>>
>> load datilezione
>> who
Your variables are:

b  c  d
```

# Matlab

Matlab ha classi di dati predefinite

- double: numeri in doppia precisione compresi tra $-10^{308}$ e $10^{308}$ (8 bytes per elemento)
- uint8: interi a 8 bits per elemento senza segno compresi tra 0 e 255 (usato per le immagini)
- uint16: interi a 16 bits per elemento senza segno compresi tra 0 e 65535
- uint32: interi a 32 bits per elemento senza segno compresi tra 0 e 4294967295
- int8: interi a 8 bits per elemento con segno compresi tra –128 e 127
- int16: interi a 16 bits per elemento con segno compresi tra -32768 e 32767
- int32: interi a 16 bits per elemento con segno compresi tra -2147483648 e 2147483647
- single: numeri in singola precisione compresi tra $-10^{38}$ e $10^{38}$ (4 bytes per elemento)
- char: caratteri (2 bytes per elemento)
- logical: 0 o 1 (1 byte per elemento)

# Matlab

I nomi delle classi sono anche funzioni che permettono la conversione da una classe ad un'altra

Esempio: se `x` è una variabile double, il comando `int8(x)` converte `x` in una variabile intera a 8 bits

```
>> x=sqrt(2)
x =
    1.414213562373095e+000
>> int8(x)
ans =
      1
>> int8(x*10)
ans =
     14
```

# Matlab

Esempio:

```
>> x =
       349021

>> int8(x)
ans =
  127

>> int16(x)
ans =
   32767

>> int32(x)
ans =
       349021
```

# Vettori

Un array è un insieme di valori ordinati, secondo uno o più indici, a cui ci si riferisce con un singolo nome di variabile

Un array ad un indice è detto vettore

Un array a due indici è detto matrice

In Matlab si possono definire facilmente vettori e matrici

Le variabili in Matlab hanno una struttura vettoriale, per esempio gli scalari sono matrici di dimensione 1x1

# Vettori

Un vettore si definisce elencando le sue componenti separate da uno spazio e racchiudendole tra parentesi quadre [ ]

Vettore riga

```
>>  x = [10 20 30 40]

x =

     10     20     30     40
```

è equivalente a

```
>>  x = [10,20,30,40]

x =

     10     20     30     40
```

In questo caso le componenti sono separate da una virgola

# Vettori

Vettore colonna

```
>> x=[10; 20; 30; 40]
x =
     10
     20
     30
     40
```

In questo caso le componenti sono separate da un punto e virgola

Anche per visualizzare il contenuto di variabili che sono vettori si può usare il comando disp

```
>> disp(x)
     10
     20
     30
     40
```

# Vettori

Per convertire un vettore riga in uno colonna (e viceversa) si usa il comando ' (apice) che produce il trasposto della variabile a cui è applicato

```
>>  v=x'

v =

     10      20      30      40
```

Per estrarre un elemento di un vettore:

nome_vettore(posizione elemento)

Esempio: estrarre il secondo elemento di v

```
>> v(2)

ans =

     20
```

Nota: Gli indici di un vettore sono sempre numeri interi e strettamente positivi

# Vettori - la notazione :

Per estrarre contemporaneamente più di un elemento di un vettore si usa il comando : (colon)

nome_vettore(inizio:fine)

Esempio: estrarre dal primo al terzo elemento di v

```
>> v(1:3)
ans =
     10     20     30
```

Esempio: estrarre dal terzo al quarto elemento di v

```
>> v(3:4)
ans =
     30     40
```

# Vettori - la notazione :

Per estrarre contemporaneamente più di un elemento di un vettore non consecutivi ed equispaziati

nome_vettore(inizio:passo:fine)

Esempio: estrarre gli elementi di v di indice pari (passo = 2)

```
>> v(2:2:end)

ans =

     20     40
```

Esempio: estrarre tutti gli elementi di v di indice pari ma da destra verso sinistra (passo = -2)

```
>> v(end:-2:1)

ans =

     40     20
```

# Vettori - la notazione :

Il comando : può essere usato anche per generare vettori

Nome_vettore = (minimo:incremento:massimo)

Nome_vettore= vettore di elementi equispaziati (di una quantità=incremento) nell'intervallo [minimo,massimo]

Esempio: Generare un vettore costituito da elementi compresi tra 1.5 e 2.5 con incremento 0.1

```
>> x=[1.5:0.1:2.5]

x =

    1.5    1.6    1.7    1.8    1.9    2.0    2.1    2.2    2.3    2.4    2.5
```

Esempio: Generare un vettore costituito da elementi compresi tra 100 e 80 con incremento -5

```
>> x=[100:-5:80]

x =

    100     95     90     85     80
```

Se non specificato, l'incremento è da intendersi pari a 1

# Vettori

I vettori non vengono dimensionati. La loro dimensione può essere modificata in corso di lavoro

Esempio: Sia x = [3 1 4 5] e si assegni il valore 10 all'ottavo elemento di x

```
>> x =  [3 1 4 5]

x =

     3     1     4     5

>> x(8) = 10

x =

     3     1     4     5     0     0     0    10
```

alle posizioni non definite viene assegnato il valore zero

# Function files

- La prima riga del file definisce la sintassi della funzione

function [output]=myfunc(input)

output = elenco delle variabili richieste in output separate da virgole
Se non si richiede alcuna variabile in output si scrive solo []
subito dopo il comando function

input = elenco delle variabili di input separate da virgole

myfunc = nome della funzione

**Nota**: Il nome con cui viene richiamata la funzione dal Command Window è quello del file in cui è memorizzata

Si consiglia **chiamare il file .m** in cui si memorizza la funzione **con il nome della funzione** myfunc

**Nota**: Nelle righe successive è consigliabile scrivere l'help della funzione.
Dopo lo help si scrive la sequenza di istruzioni

# Function files

- Le variabili di input e di output possono essere variabili semplici, vettori, matrici o altre strutture dati

- Il nome della funzione deve sempre iniziare con una lettera dello alfabeto, può contenere numeri e underscore ma non può contenere spazi

- La funzione termina con l'ultima istruzione (nelle versioni più recenti di Matlab si consiglia l'uso del comando end) oppure al primo eventuale comando **return**

- Dopo la prima riga di comando, si possono scrivere dei commenti alla funzione

  Per esempio, si può descrivere cosa fa la funzione, le variabili di input richieste e quelle di output restituite. Tali commenti vanno preceduti ad ogni riga dal simbolo **%** e vengono visualizzati come help della funzione

# Esempio

```
-----------------------------------------------------------------------------
function [mean,stdev]=stat(x)
% Calcola la media (mean) e la deviazione standard (stdev) degli
    elementi
% del vettore x (dato di input)

n = length(x);
mean = sum(x)/n;
stdev = sqrt(sum((x-mean).^2)/n);
-----------------------------------------------------------------------------
```

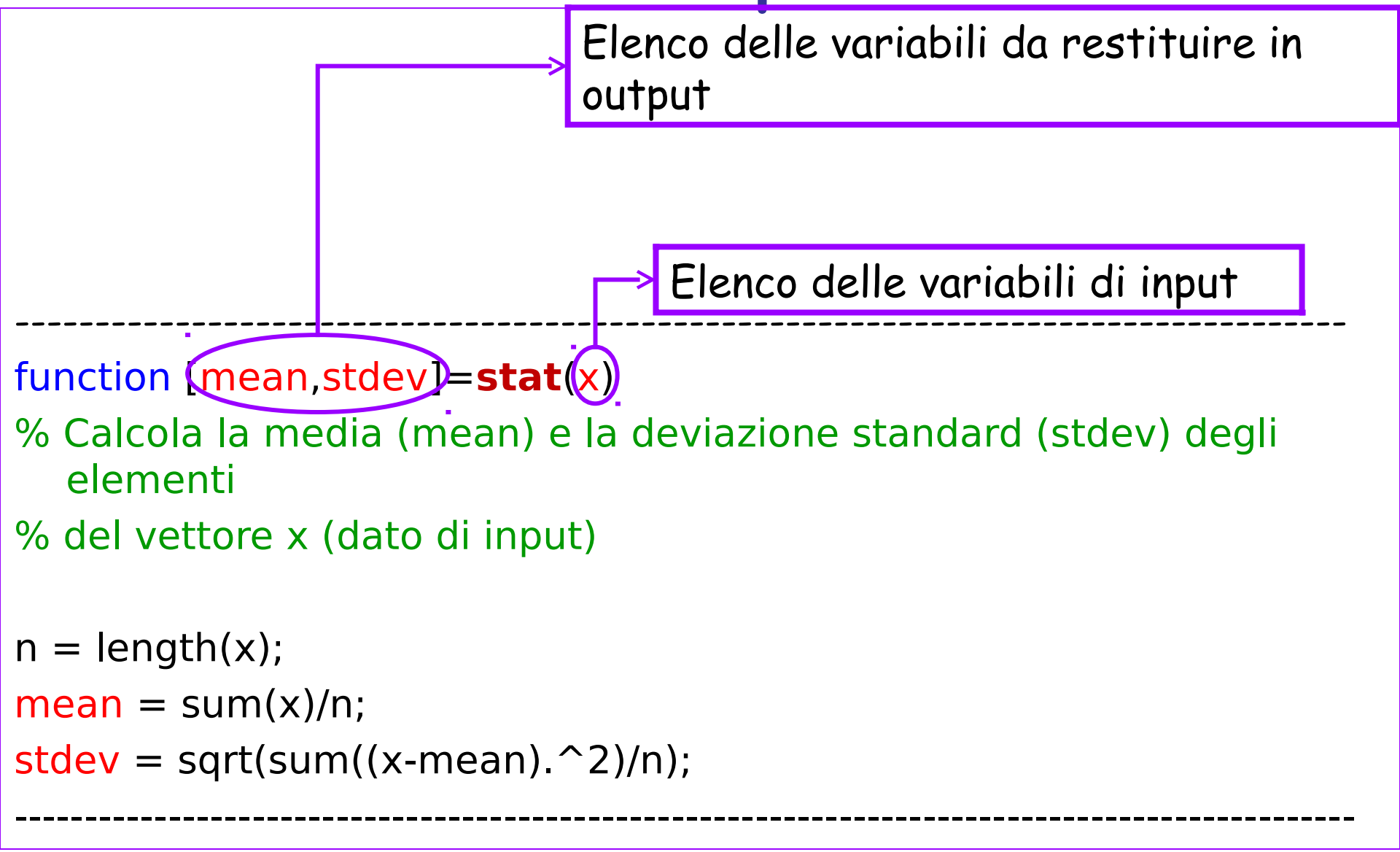
# Esempio

Nome della funzione (coincide al nome dato al file .m)

```
function [mean,stdev]=stat(x)
% Calcola la media (mean) e la deviazione standard (stdev) degli
    elementi
% del vettore x (dato di input)

n = length(x);
mean = sum(x)/n;
stdev = sqrt(sum((x-mean).^2)/n);
```

# Esempio




```
function [mean,stdev]=stat(x)
% Calcola la media (mean) e la deviazione standard (stdev) degli
    elementi
% del vettore x (dato di input)

n = length(x);
mean = sum(x)/n;
stdev = sqrt(sum((x-mean).^2)/n);
```

# Esempio

```
function [mean,stdev]=stat(x)
% Calcola la media (mean) e la deviazione standard (stdev) degli
    elementi
% del vettore x (dato di input)
n = length(x);
mean = sum(x)/n;
stdev = sqrt(sum((x-mean).^2)/n);
```

Help della funzione

Sequenza di istruzioni

# Esempio

```
function [mean,stdev]=stat(x)
% Calcola la media (mean) e la deviazione standard (stdev) degli
    elementi
% del vettore x (dato di input)

n = length(x);
mean = sum(x)/n;
stdev = sqrt(sum((x-mean).^2)/n);
```

Sequenza di istruzioni

Definizione delle variabili da restitutire in output

# Esempio

Scritta e salvata nel file stat.m, si può chiamare dal Command Window nel modo seguente

```
>>x=rand(50,1);
>>[mean,stdev]=stat(x);
```

Prima di chiamare la funzione è necessario definire la variabile da dare in input

La funzione stat è chiamata sulla variabile x e assegna gli output alle variabili mean e stdev che sono create solo quando è invocata la funzione stat

Le istruzioni precedenti sono equivalenti a

```
>>y=rand(50,1);
>>[my,sdy]=stat(y);
```

E' importante l'ordine e il tipo delle variabili di input e output e non il nome (che può essere diverso da quello usato nel file .m)

# Function files

- Una funzione può essere chiamata dal Command window oppure all'interno di uno script o di un'altra funzione

  Oss: Per usare una funzione all'interno di uno script, la funzione deve essere nella stessa directory dello script o deve essere una funzione predefinita (contenuta nel path)

- Le variabili definite all'interno della funzione sono locali e si perdono al termine dell'esecuzione della funzione, tranne le variabili richieste in output

Per esempio la variabile n della funzione stat non sarà contenuta nella lista delle variabili dello workspace perché non è uno degli output

```
function [mean,stdev]=stat(x)
% Calcola la media (mean) e la deviazione standard (stdev) degli
% elementi del vettore x (dato di input)
n = length(x);
mean = sum(x)/n;
stdev = sqrt(sum((x-mean).^2)/n);
```

FINE

# Matlab

- Creato da Cleve Moler (Univ. Del New Mexico) alla fine degli anni '70 per fornire agli studenti un facile accesso al software per l'elaborazione di matrici sviluppato in LINPACK e EISPACK

- Proprietà della MathWorks dal 1984, è diventato uno standard nella ricerca, nella didattica e anche nell'industria

- Ambiti applicativi:

  matematica e calcolo numerico; sviluppo di modelli, simulazioni e prototipi; analisi dati; visualizzazione scientifica; applicazioni con interfaccia utente grafica

# Octave

- Ambiente integrato per il calcolo scientifico e la visualizzazione grafica

- Distribuito gratuitamente dalla GNU www.octave.org

  http://sourceforge.net/projects/octave/files/Octave%20Windows%20binaries/Octave%203.2.4%20for%20Windows%20MinGW32%20Installer/Octave-3.2.4_i686-pc-mingw32_gcc-4.4.0_setup.exe/download

- E' compatibile con Matlab: la maggior parte dei programmi Matlab possono essere eseguiti in ambiente Octave senza necessità di modifiche (e viceversa)
- Ha un' interfaccia grafica diversa da Matlab

# Rappresentazione dei numeri

$$x = \pm(1 + a_{-1}2^{-1} + a_{-2}2^{-2} + \cdots + a_{-t}2^{-t})\, 2^{e}$$

| | **s** | **n** | **t** | **Numero totale di bits** |
|---|---|---|---|---|
| ***Doppia precisione*** | 1 | 11 | 52 | **64** |

$L \leq e \leq U$

| | ***Massimo ($2^{U+1}$ $(1-2^{-t-1})$)*** | ***Minimo ($2^{L}$)*** |
|---|---|---|
| ***Doppia precisione (U=1023. t=52. L=-1022)*** | $1.79 \cdot 10^{308}$ | $2.2 \cdot 10^{-308}$ |

**Errore di arrotondamento**: $\frac{|x - fl(x)|}{|x|} \leq \frac{1}{2}\varepsilon$

$\varepsilon = \beta^{1-t} = 2^{-52}$ `>> eps` `2.220446049250313e-016`

**Nota**. 53 cifre significative in base 2 corrispondono a **15 cifre significative** in base 10.

# Matlab

Indipendentemente dal sistema di rappresentazione dei numeri in Matlab, l'utente può scegliere il formato di visualizzazione usando il comando format

format nomeformato

Visualizza i numeri secondo il formato nomeformato

Digitare help format per conoscere tutti i formati di visualizzazione disponibili

**Attenzione:** il comando format non cambia la precisione con cui vengono eseguiti i calcoli !!!

# Matlab

**Esempi:**

```
>> format short      % 4 cifre  dopo la virgola (opzione di default)
>> sqrt(2)
ans =
    1.4142

>> format short e          % forma esponenziale (potenze di 10)
>> sqrt(2)
ans =
  1.4142e+000

>> format long       %      14 cifre dopo la  virgola
>> sqrt(2)
ans =
   1.41421356237310

>> format long e           % forma esponenziale
>> sqrt(2)
ans =
    1.41421356237309e+000
```

# Esercizi

- Assegnare alla variabile a il valore 4+2log(π/2)/5
- Calcolare in b il valore $e^{\cos(2.4)}$
- Calcolare in c il valore b/4
- Visualizzare a, b, c in formato corto esponenziale
- Visualizzare gli stessi valori in formato long. Poi tornare al formato di default
- Salvare le variabili a e c nel file datilez1.mat
- Assegnare alla variabile d l'espressione sin(π/3)^2+cos(π/3)^2
- Calcolare le seguenti espressioni

$$y = 6x^3 + \frac{4}{x} \qquad x = 2, \qquad y = 2\frac{\sin(x)}{5} \qquad x = 2, \qquad y = 7x^{\frac{1}{3}} + 4x^{0.58} \qquad x = 20$$

- Salvare il contenuto del Workspace in work1.mat; cancellare tutte le variabili nel Workspace; caricare il file work1.mat. Quali variabili sono contenute nel Workspace? E quale è il loro contenuto?

# Vettori

Se un vettore (o una qualsiasi istruzione) è troppo lungo, prima di andare a capo vanno aggiunti 3 punti ...

```
>> x = [3 1 6 7 9 10 4 29 6 0 ...
           4 5 8 2 4 ]

x =

    3   1   6   7   9   10   4   29   6   0   4   5   8   2   4
```

Se un elemento di un vettore è una espressione, non bisogna lasciare spazi all'interno dell'elemento, oppure l'espressione va racchiusa tra parentesi tonde

```
>> x = [1   6   3*2+1   4]

x =

     1      6      7      4
```

Oppure

```
>> x = [1   6   (3*2+1)   4]

x =

     1      6      7      4
```

# Vettori - la notazione :

Esempio: estrarre dal secondo all'ultimo elemento di v

```
>> v(2:end)
ans =
     20     30     40
```

Esempio: estrarre tutti gli elementi di v

```
>> v(1:end)
ans =
     10     20     30     40
```

Oppure, se lo si vuole come vettore colonna,

```
>> v(:)
ans =
     10
     20
     30
     40
```

# Vettori

Esempio: Sia x = [3 1 4 5] e si elimini l'elemento in posizione 3

```
>> x(3) =  []
x =
     3     1     5
```

[] indica il vettore vuoto

Per conoscere la lunghezza di un vettore si usa il comando length(x)

Esempio: determinare la lunghezza del vettore x sopra definito

```
>> length(x)
ans =
     3
```

# Vettori

Un vettore può essere usato per estrarre elementi non consecutivi e non equispaziati di un altro vettore

nome_vettore([pos1 pos2 pos3 …])

Esempio: Sia v = [7 1 3 7 0 8 3], estrarre gli elementi di v di indici 1  3 e 6

```
>> v([1  3  6])

ans =

     7     3     8
```

# Vettori

Per generare vettori equispaziati contenuti in un certo intervallo si può usare anche il comando linspace

Nome_vettore = linspace(minimo, massimo, numero di elementi)

Nome_vettore è un vettore di lunghezza pari a numero di elementi, i cui elementi sono numeri equispaziati nell'intervallo [minimo, massimo]

Gli elementi del vettore distano della quantità

h=(massimo-minimo)/(numero di elementi - 1)

e la i-esima componente è Nome_vettore(i) = minimo+(i-1)*h

Esempio: Generare un vettore di 10 elementi compresi tra 1.5 e 2.4

```
>> x=linspace(1.5,2.4,10)

x =

    1.5   1.6   1.7   1.8   1.9   2.0   2.1   2.2   2.3   2.4
```

In questo caso l'incremento h=0.1, infatti

h=(massimo-minimo)/(numero di elementi - 1)=(2.4-1.5)/(10-1)=0.9/9=0.1

# Matlab

E' possibile salvare una o più variabili e riusarle in sessioni successive senza dover rieseguire i comandi con cui sono state create

save nomefile

Salva tutte le variabili contenute nel Workspace nel file nomefile.mat
Il nomefile è scelto dall'utente

load nomefile

Carica tutte le variabili salvate nel file nomefile.mat nel Workspace

# Matlab

Per salvare nel file nomefile.mat solo alcune variabili, è necessario elencare tali variabili, separate da uno spazio, dopo il nomefile

save nomefile var1 var2 var3

Salva le variabili var1, var2 e var3 nel file nomefile.mat

Esempio:

```
>> b=5;, c=b*2-1;, d= c-b;
>> save datilezione b c
>> clear b c
>> who
Your variables are:
d
>> load datilezione
>> who
Your variables are:
b  c  d
```

# Programmazione MATLAB

Alcune strutture di programmazione elementari

- Operatori relazionali: <, <=, >, >=, ==, =
- Operatori logici: & (*and*), / (*or*), ~ (*not*)
- Cicli controllati da un contatore: for - end
- Cicli condizionati: while - end
- Strutture condizionali: if - elseif - else - end
- Uscita incondizionata: break

Nota: tutte le strutture possono essere scritte su più righe oppure su un'unica riga separate da virgole.

# Matlab

I caratteri char si indicano tra 2 apici

Esempio: attribuire alla variabile A il carattere f

```
>> A = 'f';

>> disp(A)
f
```

# Strutture dati

E' possibile definire vettori a più dimensioni

N=2 A(i,j) (matrici)

N=3 A(i,j,k)

In generale A(i,j,……,k)

N indici

Esempio: Un' immagine a colori RGB si memorizza nella variabile I tale che

I(:,:,1) matrice componente del rosso
I(:,:,2) matrice componente del verde
I(:,:,3) matrice componente del blu

La dimensione di I è mxnx3, dove mxn è la dimensione della immagine
Per conoscere la dimensione di I si usa la funzione size

# Strutture dati

**Esempio**:

```
>> A = ones(6);
>> B = randn(6);
>> C = 10*ones(6);
>> I(:,:,1) = A;
>> I(:,:,2) = B;
>> I(:,:,3) = C;
>> size(I)
ans =
     6     6     3
>> I(:,:,3)
ans =
    10    10    10    10    10    10
    10    10    10    10    10    10
    10    10    10    10    10    10
    10    10    10    10    10    10
    10    10    10    10    10    10
    10    10    10    10    10    10
>> I(3,2,1)    % estrae l'elemento di posizione (3,2) nella prima
               %  componente di I
ans =
     1
```

# Strutture dati

Cell permette di collezionare in un'unica variabile oggetti di vario tipo (vettori, matrici, variabili numeriche o logiche, caratteri o stringhe)
Ma anche variabili dello stesso tipo ma di dimensione diversa.
Variabili di tipo cell si definiscono tra parentesi graffe. Le componenti si elencano una dopo l'altra e separate da virgole
C = {componente1, componente2, …. , componenteN};
C{i} estrae la i-esima componente di C
C(i) indica la i-esima componente di C

Esempio:

```
>> C = {'ciao', [4 3 1 2],3,[1 7 2; 0 5 8; 1 0 9]};
```

% definisce una variabile cell composta da 4 elementi: una stringa, un vettore, un numero e una matrice.

```
>> whos
Name        Size                Bytes  Class
  C         1x4                   488  cell array
>>C{2}  % estrae il secondo elemento della variabile di tipo cell C
ans =
     4     3     1     2
```

# Strutture dati

Nota: una variabile di tipo Cell contiene copie di variabili e non puntatori a variabili. Quindi se C ={A,B}, con A, B due generiche variabili, il contenuto di C non cambia se in seguito A e B sono modificate

Esempio:

```
>> A = [2 5 3 6];
>> B = [1 5; 8 9;3 6];
>> C = {A,B};
>> B = 1;
>> C{2}
ans =
     1     5
     8     9
     3     6
```

# Strutture dati

C può essere inizializzata con il comando C = cell(m,n) : C è composta da mxn matrici vuote

Celldisp(C): visualizza il contenuto di una cell

Cellplot(C): disegna il contenuto di una cell

Le celle possono essere annidate, cioè un elemento di una cell può essere esso stesso una cell.

Esempio: C = cell(1,4); A = [1 2 3; 4 5 6]; v = [1 4 6];
C{1} = {A,v};
C{2} = 4;
C{4} = 'stringa';

Per estrarre il contenuto della matrice A si digita il comando
C{1}{1}
*gli indici sono ordinati da sinistra verso destra, dalla cell più esterna a quella più interna*

# Strutture dati

Una variabile di tipo Struct è simile ad una di tipo cell in quanto permette di raggruppare variabili di vario tipo. Una variabile di tipo struct si costruisce definendo dei campi

S.field1 = variabile1
S.field2 = variabile2
…
S.fieldN = variabileN

Gli elementi di una variabile struct si estraggono specificandone il campo.

Esempio:

```
>> S.stringa = 'ciao';
>> S.vettore = [4 3 1 2];
>> S.numero = 3;
>> S.matrice = [1 7 2; 0 5 8; 1 0 9];
>> S.vettore    % estrae l'elemento nel campo vettore
ans =
     4     3     1     2
```

# Strutture dati

Esempio:

```
>> S
S =
     stringa: 'ciao'
     vettore: [4 3 1 2]
      numero: 3
     matrice: [3x3 double]
```

- Il comando whos fornisce le informazioni associate ad una variabile con una struttura di tipo struct i cui campi sono
  Name dimension bytes class

-il comando dir da informazioni su una variabile o directory. I campi sono
  Name date bytes isdir

# Strutture dati

isstruct(s): restituisce 1 se s è di tipo struct, o altrimenti

fieldnames(s): estrae i campi associati ad una variabile di tipo struct. L'output è una cell.

# Alcune funzioni utili

fliplr(v): inverte l'ordine degli indici di un vettore riga se v è una matrice, inverte l'ordine degli indici di colonna

flipud(v): inverte l'ordine degli indici di un vettore colonna se v è una matrice, inverte l'ordine degli indici di riga

Esempio:

```
>> v = [3 1 -4 0];
>> a = fliplr(v)
a =
     0    -4     1     3
>> b = flipud(v')
b =
     3
     1
    -4
     0
```

# Alcune funzioni utili

Esempio:

```
>> A = [3 1 -4; 10 0 3; -1 2 0]
A =
     3     1    -4
    10     0     3
    -1     2     0
>> a = fliplr(A)
a =
    -4     1     3
     3     0    10
     0     2    -1
>> b = flipud(A)
b =
    -1     2     0
    10     0     3
     3     1    -4
```

# Alcune funzioni utili

diff(v) calcola la differenza tra componenti successive di un vettore [v(2)-v(1), v(3)-v(2), …., v(end)-v(end-1)]. La dimensione del vettore risultante è length(v)-1

Se v è una matrice, la matrice risultante contiene le differenze successive tra le righe di v. La dimensione della matrice di output è (m-1)xn se la dimensione di v è mxn.

diff(v,k) calcola le differenze di ordine k tra le componenti di v.

Esempio:

```
>> v = [9 1 7 4 3 0 9 -1];
>>diff(v)
ans =
    -8     6    -3    -1    -3     9   -10
>>diff(v,2)
ans =
    14    -9     2    -2    12   -19
>>diff(v,3)
ans =
   -23    11    -4    14   -31
```

# Alcune funzioni utili

Esempio:

```
>> A = [9 1 7; 4 3 0 ;9 -1 5]
A =
     9     1     7
     4     3     0
     9    -1     5

>> diff(A)
ans =
    -5     2    -7
     5    -4     5

>> diff(A,2)
ans =
    10    -6    12
```

# Alcune funzioni utili

indici = find(condizione su v)
restituisce un vettore costituito dagli indici corrispondenti alle componenti di v che verificano la condizione.

Esempio: ind = find(v == 0) Restituisce le posizioni delle componenti nulle di v

Se si omette la condizione,cioè ind = find(v), ind contiene le posizioni delle componenti positive di v

Esempio:

```
>> V = [6  1  0.3  -5  10  -4  8  3];
>> ind = find(V <= 0);
>> ind
ind =
     4     6
>> V(ind)
ans =
    -5    -4
```

# Alcune funzioni

Varargin = variabile di tipo cell contenente le variabili di input di una funzione. Si usa quando gli input di una funzione possono variare (esistono parametri di default)

Oss: l'uso di questa funzione richiede un ordine preciso delle variabili di input che devono essere assegnate all'inizio della funzione combinata con il comando nargin.

Nargin = numero degli elementi in varargin

OSS: per l'output si usa varargout combinata con nargout.

Esempio: function [R] = confronta(x,varargin)

```
if nargin = 0
   T = 256;
else
   T = varargin{1};
end

ind = find(x>T);
if isempty(ind),  R = 0, else R=1; end
```

# Alcune funzioni

hist(x,N) : istogramma di x
calcola le occorrenze dei simboli in x rispetto ad un numero prefissato N di bin (determinano per esempio degli intervalli)

Esempio: x = [120 34 67 90 1 67 90 2 4 245 2 67];

hist(x,256) % disegna usando bar

h = hist(x,256) % conserva in h le occorrenze

Che differenza c'è con la funzione histc?

# Operazioni su matrici

reshape(M,m2,n2) riorganizza il contenuto della matrice M di dimensioni m1xn1 in una matrice di dimensione m2xn2 (segue l'ordinamento lessico-grafico degli elementi della matrice)

Esempio:

```
>A = [1 2 3;0 4 6;3 2 1;9 7 2];
>B = reshape(A,2,6);
>disp(A)
     1     2     3
     0     4     6
     3     2     1
     9     7     2
>disp(B)
     1     3     2     2     3     1
     0     9     4     7     6     2
```

# Operazioni su matrici

repmat(M,m2,n2) replica la matrice M m2xn2 volte. M diventa un blocco di una matrice di dimensioni superiori

Esempio:

```
>A = [1 2 3;0 4 6;3 2 1;9 7 2];
>C = repmat(A,2,3);
>disp(C)
```

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 0 | 4 | 6 | 0 | 4 | 6 | 0 | 4 | 6 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | 7 | 2 | 9 | 7 | 2 | 9 | 7 | 2 |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 0 | 4 | 6 | 0 | 4 | 6 | 0 | 4 | 6 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | 7 | 2 | 9 | 7 | 2 | 9 | 7 | 2 |

# Save, Load

save nome_file.mat variabili

memorizza l'insieme di variabili nel file nome_file.mat

Le variabili memorizzate possono essere richiamate in seguito con il comando

load nome_file.mat

OSS: le variabili sono memorizzare nello workspace con lo stesso nome con il quale sono state memorizzate!

# Ciclo for

```
for indice = m:p:n
   blocco di istruzioni
end
```

Ripete il blocco di istruzioni un numero fissato di volte

indice  contatore

m  valore iniziale del contatore

p  incremento del contatore  (positivo o negativo)

n  valore finale del contatore

indice,m, p, n  possono essere variabili intere o reali

Nota: indice = m:n  equivale a  indice=m:1:n

# Esempi

- Calcolare $y=e^x, \qquad i=1,\ldots,11$

```
>>for i = 1:11, x(i)=-1+(i-1)*0.1;, y(i)=exp(x(i));, end
>> disp(y)
Columns 1 through 7
    0.3679    0.4066    0.4493    0.4966    0.5488    0.6065    0.6703
  Columns 8 through 11
    0.7408    0.8187    0.9048    1.0000
>> fprintf('%2.4f\n',y)
0.3679
0.4066
0.4493
0.4966
0.5488
0.6065
0.6703
0.7408
0.8187
0.9048
1.0000
```

# Esempi

File esempio.m

```
cont = 1;
for  k=0:0.1:1
    cont = cont + 1;
end
```

```
>> esempio
>> disp(cont)
      12
```

Esercizio: sia x = 1 + (i-2)*0.5 , i = 1,….,14 e y = e^x.
Calcolare il prodotto scalare tra i due vettori.

# Istruzioni condizionali

```
if condizione
   blocco istruzioni 1
else
   blocco istruzioni 2
end
```

Esegue il blocco di istruzioni 1 se la condizione è vera, altrimenti esegue il blocco di istruzioni 2

Esempio

```
>>if x>=0, disp(x), else, disp('numero negativo'), end
```

Nota: else si può omettere.

# Istruzioni condizionali

```
if condizione1
   blocco istruzioni1
elseif condizione2
   blocco istruzioni2
else
   blocco istruzioni3
End
```

Esegue il blocco istruzioni1 se la condizione 1, altrimenti esegue il blocco 2 se la condizione 2 è vera, altrimenti esegue il blocco istruzioni 3

# Ciclo while

while condizione

    blocco di istruzioni

end

Esegue il blocco di istruzioni se è la condizione è vera

Esempio: visualizzare i primi 4 numeri naturali

```
>>x=1;
>>while x~=5, disp(x), x=x+1; end
     1
     2
     3
     4
```

# Ciclo while

Esempio:

```
a =10;
b = 5;
while a
        a = a-1;
        while b
                b = b-1;
        end
end
```

Esegue il ciclo fino a quando a e b sono entrambe 0

Nota: In un contesto logico una variabile numerica restituisce 1 (vero) se la variabile è diversa da zero, altrimenti 0 (falso).

# Istruzione break

break: arresta l'esecuzione dei cicli for o while

(non può essere utilizzata all'esterno di un ciclo)

```
X = rand(10,1);
Y=[];
for i = 1:10
    if X(i) >= 0.7
       break,
    else Y(i)=1/(0.7-X(i));
    end
end
```

# Switch

**Switch-case-Otherwise**:

```
switch  nome_variabile
case valore1
1° blocco di istruzioni
case valore2
2° blocco di istruzioni
…….
otherwise
ultimo blocco di istruzioni
                    end
```

Se il valore di nome_variabile è valore1 viene eseguito il 1° blocco di istruzioni. Se è valore2, il 2° blocco, e così via, altrimenti, se non è alcuno dei valori elencati, esegue l'ultimo blocco di istruzioni.

# Switch

Esempio:

```
a = rem(b,3);       % resto della divisione per 3
switch  a
  case 0
      c = b/3;
  case 1
      c = (b-a)/3;
  otherwise
      c = (b-a)/3;
end
```

# Esercizi

1) Scrivere una funzione matlab che riceva in input i parametri ***n***, ***a***, ***b***, generi un vettore ***x*** di lunghezza ***n*** costituito da numeri compresi tra *a* e *b* e restituisca in output i vettori ***y*** e ***j***. ***y*** contiene gli elementi positivi ***x*** mentre ***j*** contiene gli indici delle componenti x(i)>0.

# Esercizi

Usando lo help di Matlab, stabilire l'utilità delle seguenti funzioni:

error
nargchk
ndims
numel
isreal, isnumeric, islogical
isa
bin2dec, dec2bin
num2str
fopen, fclose
fread, fwrite

# Esercizi

**2)** Scrivere uno script Matlab che:

a) assegni due vettori interi **w** e **v** di dimensione ***n***.

b) se le componenti $w_i$ e $v_i$ ($i=1\ldots,n$) sono entrambe pari, calcoli la loro media e la memorizzi nelle componenti di un nuovo vettore **P** di dimensione ***m x n***;

c) stampi su schermo il vettore **P**.

**a)** **3)** Scrivere una funzione Matlab che riceva in input un vettore reale **V** e restituisca in output il massimo elemento $v_{max}$ di **V** e l'indice corrispondente.

**4)** Scrivere una funzione Matlab che riceva in input un vettore reale **S**, ordini le componenti di **S** in ordine crescente calcolando anche il numero di scambi **s** necessari e restituisca in output il vettore riordinato e il numero di scambi effettuati.

# Esercizi

**5)** Scrivere uno script Matlab che:

- legga in input una matrice reale ***A*** di dimensione ***h x l*** e una matrice reale **B** di dimensione ***l x m*** ;
- calcoli la matrice ***C=AB*** di dimensione ***h x m*** con il prodotto righe-colonne sia con i cicli for che con le istruzioni di Matlab;
- stampi ***C*** per colonne.

**6)** Scrivere uno script Matlab che, assegnata una matrice reale quadrata **T** di ordine **n**:

a) calcoli l'elemento massimo $t_{max}$ della prima colonna di **T**;

b) se $t_{max}$ è diverso dall'elemento $t_{11}$, lo porti, con uno scambio di righe, al posto di $t_{11}$;

c) stampi la nuova matrice.

# Esercizi

10) L'esponenziale $e^x$ puo' essere definito come

$$e^x = \sum_{i=0}^{n} \frac{x^n}{n!}$$

Scrivere una funzione per calcolare questa formula con una precisione di 4 cifre significative.

Includere tale funzione in un programma che tabula i valori di $e^x$ per x= 0,0.1,0.2,….,1 e paragonare tali valori con quelli prodotti dalla funzione standard exp.

Graficare i risultati così ottenuti su una stessa finestra etichettando opportunamente gli assi e le curve.

# Esercizi

1) Le radici dell'equazione di secondo grado $ax^2+bx+c=0$ sono date da

$$x_1 = -(b+(\Delta)^{1/2}) / (2a), \quad x_2 = -(b- +(\Delta)^{1/2} )/ (2a)$$

purché $\Delta = b^2-4ac > 0$.

Scrivere uno script Matlab che:

- assegni i valori $a,b,c$ ;
- calcoli $\Delta$;
- se $\Delta < 0$ stampi il messaggio *'La soluzione non esiste'*;
  se $\Delta = 0$ stampi il messaggio *'Le radici sono coincidenti'*
  e il valore della radice; se $\Delta > 0$ calcoli e stampi $x_1$ , $x_2$.