



MATLAB

Introduzione

Help in linea
L'ambiente MATLAB
Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici
Grafici bidimensionali
Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB
Gli script

Lezioni su MATLAB

Ingegneria Civile/Meccanica

Corso di laboratorio di informatica 06/07



Sommario

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

- 1 **Introduzione**
 - Help in linea
 - L'ambiente MATLAB
 - Input dei dati
- 2 **Operazioni su matrici**
- 3 **Operatori scalari**
- 4 **Operatori matriciali**
- 5 **Grafici**
 - Grafici bidimensionali
 - Grafici 3 D
- 6 **Programmare in MATLAB**
 - Gli script



Introduzione

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

MATLAB: MATrix LABoratory
È un ambiente per l'analisi e la simulazione dei sistemi
lineari e non lineari e per l'analisi numerica.

Sito ufficiale *MATLAB*:
<http://www.mathworks.com>

Testo di riferimento
**Guida operativa a *MATLAB*, Simulink e control
toolbox**

Autori: Cavallo, Setola, Vasca
Editore: Liguori



Sommario

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

- 1 **Introduzione**
 - **Help in linea**
 - L'ambiente MATLAB
 - Input dei dati
- 2 Operazioni su matrici
- 3 Operatori scalari
- 4 Operatori matriciali
- 5 **Grafici**
 - Grafici bidimensionali
 - Grafici 3 D
- 6 **Programmare in MATLAB**
 - Gli script



Help in linea

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Lista dei toolbox

```
>> help
```

Manuale d'uso di un singolo comando

```
>> help nome_comando
```



Sommario

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

- 1** **Introduzione**
 - Help in linea
 - **L'ambiente MATLAB**
 - Input dei dati
- 2** Operazioni su matrici
- 3** Operatori scalari
- 4** Operatori matriciali
- 5** Grafici
 - Grafici bidimensionali
 - Grafici 3 D
- 6** Programmare in MATLAB
 - Gli script



L'ambiente MATLAB

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

- L'ambiente *MATLAB* si basa su un **interprete** di comandi.
- In *MATLAB* esiste un unico tipo di dato:
la **MATRICE**
- L'ambiente *MATLAB* possiede i **toolbox**.



Rappresentazione dei dati

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Uno scalare e' una matrice 1×1

```
>> X = 3.14
```

```
>> size(X)      size: dimensioni della matrice
```

```
ans =          ans: variabile predefinita
```

```
      1      1
```

Uno vettore di n elementi e' una matrice $1 \times n$

```
>> Y = [3.14, 2, 0.456, -1]
```

```
>> size(Y)
```

```
ans =
```

```
      1      4
```



Sommario

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

- 1** **Introduzione**
 - Help in linea
 - L'ambiente MATLAB
 - Input dei dati**
- 2** Operazioni su matrici
- 3** Operatori scalari
- 4** Operatori matriciali
- 5** Grafici
 - Grafici bidimensionali
 - Grafici 3 D
- 6** Programmare in MATLAB
 - Gli script



Input dei dati

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Una matrice può essere memorizzata in una variabile MATLAB in diversi modi:

- enumerata da tastiera;
- letta da file un esterno;
- generata come risultato di una funzione MATLAB;
- generata da un M-file;



Input da tastiera (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

metodi equivalenti

```
>> a = [1 2 3 4];
```

```
>> a = [1, 2, 3, 4]
```

```
>> a =
```

```
1 2 3 4
```

metodi equivalenti

```
>> b = [1 2 3 4 ; 5 6 7 8];
```

```
>> b = [1 2 3 4
```

```
5 6 7 8];
```

NOTA un comando terminato col simbolo ;
non produce output a video.



Input da tastiera (2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

metodi equivalenti

```
>> c = [1 2 3 4 5 6 7 8];
```

```
>> c = [1 2 3 4 ...  
5 6 7 8]
```

```
>> c =
```

```
1 2 3 4 5 6 7 8
```



Workspace

MATLAB

Introduzione

Help in linea

Lambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Tutte le variabili che vengono definite durante la sessione di lavoro sono salvate in una zona di memoria assegnata esclusivamente a MATLAB, il **Workspace**.

È possibile visualizzare le variabili presenti nel workspace con i comandi **who** e **whos**, cancellare una variabile col comando **clear nomeVar**, salvare **tutto** le variabili ancora presenti in memoria col comando **save nomeFile** e caricarlo nuovamente in memoria con il comando **load nomeFile**.

È possibile salvare in memoria anche solo **una parte** delle variabili presenti in memoria.



Input/Output da File (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Salvataggio in formato MATLAB

```
>> save var c;
```

Cancellazione dalla memoria

```
>> clear c;
```

Caricamento da file in formato MATLAB

```
>> load var c;
```

```
>> c
```

```
c
```

```
1 2 3 4 5 6 7 8
```



Input/Output da File (2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

È possibile salvare le variabili anche in formato **ascii**

Definiamo una nuova variabile (matrice 2x2)

```
>> d = [1, 2; 3, 4];
```

salvataggio sul file var.txt delle variabili c e d.

```
>> save var.txt c d -ascii;
```



Risultato di una funzione MATLAB

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Una matrice può essere generata anche dal prodotto di due matrici:

```
>> a = [1, 2; 3, 4];
```

```
>> b = [0, 1; 2, 1];
```

Il prodotto di due matrici è ancora una matrice

```
>> C = a * b
```

```
C =
```

```
4     3
```

```
8     7
```



Estrazione di Sottomatrici (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Data la matrice:

```
>> Y = [1, 2, 3; 4, 5, 6; 7, 8, 9]
```

Y =

1	2	3
4	5	6
7	8	9

estrazione di un singolo elemento

```
>> t = Y(2,3)
```

```
>> t =  
6
```



Estrazione di Sottomatrici (2/2)

MATLAB

estrazione di un'intera sottomatrice

```
>> t = Y(1 : 2, 2 : 3)
```

```
t =
```

```
    2    3
```

```
    5    6
```

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script



Operatore di Trasposizione

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

La trasposta di una matrice Y è ancora una matrice delle stesse dimensioni in cui l'elemento (i,j) ha valore $Y(j,i)$.

Matrice Y

```
>> Y  
Y =
```

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Trasposta di Y

```
>> Y'  
Y' =
```

1	4	7
2	5	8
3	6	9



Rotazione di una matrice

MATLAB

Introduzione
Help in linea
L'ambiente MATLAB
Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici
Grafici bidimensionali
Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB
Gli script

Sia Y una matrice. L'operatore di rotazione **rot90(Y)** effettua una rotazione degli elementi di 90 gradi in senso antiorario.

Matrice Y

```
>> Y  
Y =
```

```
1 2 3  
4 5 6  
7 8 9
```

Rotazione di Y

```
>> rot90(Y)  
Y =
```

```
3 6 9  
2 5 8  
1 4 7
```



Operatori di flip

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Sia X una matrice. L'operatore **fliplr(X)** inverte l'ordine delle colonne di X . L'operatore **flipud(X)** inverte l'ordine delle righe di X .

```
>> X = [4, 3, 2, 1];
```

```
>> fliplr(X)
```

```
ans =
```

```
1    2    3    4
```

```
>> Y = X'
```

```
>> flipud(Y)
```

```
ans =
```

```
4
```

```
3
```

```
2
```

```
1
```



Matrici Speciali (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Eye

```
>> eye(3)
```

```
ans =
```

1	0	0
0	1	0
0	0	1

Zeros

```
>> zeros(3)
```

```
ans =
```

0	0	0
0	0	0
0	0	0



Matrici Speciali (2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Ones

```
>> ones(2, 3)
```

```
ans =
```

1	1	1
1	1	1

Diag

```
>> diag[7 1 0.5]
```

```
ans =
```

7	0	0
0	1	0
0	0	0.5



Affiancamento di matrici

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

```
>> A = [1, 2; 4, 5];
```

```
>> B = [3, 1; 3, 7];
```

```
>> C = [A, zeros(2); zeros(2), B]
```

```
>> ans =
```

```
1 2 0 0
```

```
4 5 0 0
```

```
0 0 3 1
```

```
0 0 3 7
```



Dimensionamento automatico delle matrici

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Le dimensioni delle matrici sono **automaticamente determinate** da MATLAB.

Se è necessario le dimensioni sono ricalcolate **dinamicamente**.

```
>> A = [1, 2; 4, 5];
```

```
>> A(3, 3) = 1
```

```
>> A =
```

```
1    2    0
```

```
4    5    0
```

```
0    0    1
```

NOTA La terza riga e la terza colonna vengono aggiunte automaticamente



Dimensione di una matrice

MATLAB

```
>> A = [1, 2; 4, 5]
```

```
>> A(3, 4) = 1
```

L'operatore **size** fornisce il numero di righe e di colonne

```
>> [m, n] = size(A)
```

m =

3

n =

4

L'operatore **length** fornisce la massima dimensione di una matrice

```
>> length(A)
```

>> ans =

4

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script



Intervalli Lineari (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Esistono due diversi modi per generare intervalli con spaziatura lineare.

Una possibilità è quella di scegliere il valore iniziale, il valore finale ed il passo.

Esempio

```
>> t = 0 : 2 : 10
```

```
t =
```

```
0 2 4 6 8 10
```



Intervalli Lineari (2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Un'altra possibilità è quella di utilizzare la funzione **linspace** che ha come parametri di ingresso il valore iniziale e finale dell'intervallo ed il numero di punti.

Esempio

```
>> t = linspace(0, 10, 6)
```

```
t =
```

```
0 2 4 6 8 10
```



Intervalli Logaritmici

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

È anche possibile generare intervalli con spaziatura logaritmica in base 10, utilizzando la funzione **logspace**.

Siano $a = 10^x$ e $b = 10^y$ gli estremi dell'intervallo $[a, b] = [10^x, 10^y]$. La funzione **logspace** ha come parametri di ingresso: x , y ed il numero di campioni presenti nell'intervallo.

rappresentazione dell'intervallo 1 10 con 5 valori

```
>> t = logspace(0, 1, 5)
```

```
t =      1.0000      1.7783      3.1623      5.6234     10.0000
```



Variabili Predefinite

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmazione in MATLAB

Gli script

ans: risultato dell'ultima operazione non memorizzata in una variabile

eps: precisione della macchina

pi: pi greco

i, **j**: unità immaginarie

inf, **Inf**: infinito

Nan: Not a number

clock: orologio di macchina

cputime: tempo di CPU trascorso

date: data

flops: numero di operazioni in virgola mobile

realmax: massimo numero in virgola mobile

realmin: minimo numero in virgola mobile



Operatori aritmetici (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

In MATLAB sono definiti gli operatori aritmetici sia per scalari che per matrici. La somma algebrica (+ o -), il prodotto (*), il quoziente (/), la potenza (\wedge), la radice quadrata (sqrt) di due scalari è definita in accordo alle regole dell'aritmetica.



Operatori aritmetici (2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Il prodotto e la divisione di una matrice **A** per una **costante** **c** è ancora una matrice in cui l'elemento di posto **(i,j)** vale rispettivamente **$c * A(i, j)$** e **$A(i, j) / c$** .

Esempio

```
>> A = [2, 4; 6, 8]
```

```
>> A =
```

```
2     4
```

```
6     8
```

```
>> 3 * A/2
```

```
>>= ans
```

```
3     6
```

```
9    12
```



Altri Operatori

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

round: arrotondamento all'intero più vicino

floor: arrotondamento per difetto all'intero più vicino

ceil: arrotondamento per eccesso all'intero più vicino

rem: resto modulo (operatore % nel C++)

abs: valore assoluto o modulo

Operatore resto modulo

```
>> rem(10,3)  
ans =  
     1
```

arrotondamento per difetto

```
>> floor(4.7)  
ans =  
     4
```



Operatori di relazione e logici

MATLAB

Gli operatori **relazionali** e **logici** restituiscono il valore 1 se la relazione è vera, zero altrimenti.

<	minore
<=	minore o uguale
>	maggiore
>=	maggiore o uguale
==	uguale
~=	diverso
&	and
	or
~	not (l'operatore ! in C++)
xor	or esclusivo

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script



Le Funzioni Matematiche

MATLAB

In MATLAB sono definite molte funzioni matematiche (digitare **help elfun**).

Introduzione

Help in linea

Lambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Alcune funzioni

sin (seno)	cos (coseno)	tan (tangente)
asin (arcoseno)	acos (arcocoseno)	atan (arcotangente)
log (log. naturale)	log2 (log. in base 2)	log10 (log. in base 10)
sec (secante)	csc (cosecante)	cot (cotangente)



Trasposizione

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Nel caso in cui gli elementi della matrice siano **numeri complessi**, l'operatore di trasposizione fornisce la **coniugata trasposta**.

Esempio

```
>> Y = [1 + i, 2; -3 * i, 1 + i]
```

```
Y =
```

```
1.0000 + 1.0000i
```

```
2.0000
```

```
0 - 3.0000i
```

```
1.0000 + 1.0000i
```

```
>> Y'
```

```
ans =
```

```
1.0000 - 1.0000i
```

```
0 + 3.0000i
```

```
2.0000
```

```
1.0000 - 1.0000i
```



Sistemi lineari (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Consideriamo il seguente sistema di equazioni:

$$3x + 2y + 4z = 5$$

$$4x - 6y - 3z = 2$$

$$2x - 4y + 2z = 7$$

Può essere rappresentato da un'equazione matriciale:

$$Ax = b$$

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 4 \\ 4 & -6 & -3 \\ 2 & -4 & 2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 2 \\ 7 \end{pmatrix}$$

Dove A è la matrice dei **coefficienti**, x il vettore delle **incognite** e b quello dei **termini noti**.



Sistemi lineari (2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Se il determinante della matrice **A** è **non nullo**, la soluzione del sistema è:

$$x = A^{-1} \cdot b$$

Dove **A**⁻¹ è l'**inversa** della matrice **A**

Esempio

```
>> A = [3, 2, 4; 4, -6, -3; 2, -4, 2];
```

```
>> b = [5; 2; 7];
```

```
>> x = A\b
```

```
x =
```

```
0.2931
```

```
-0.8707
```

```
1.4655
```



Operatori matriciali (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

In MATLAB sono definite alcuni operatori su matrici.
Tra gli altri:

det(A) : determinante

trace(A) : calcolo della traccia della matrice

rank(A) : rango della matrice

expm(A) : e^A

logm(A) : $\log(A)$

sqrtm(A) : radice quadrata di A;



Operatori matriciali (2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmazione in MATLAB

Gli script

Sia A una matrice. L'operatore **max**(A) restituisce due vettori. Il primo contiene i massimi di tutte le colonne, il secondo contiene le loro posizioni.

Analogamente all'operatore **max** è definito anche l'operatore **min**.

L'operatore **sort** tutti gli elementi della matrice, per colonne, e restituisce la matrice ordinata e le posizioni di provenienza dei suoi elementi.



Operatori logici su matrici: find

MATLAB

Introduzione

Help in linea

Lambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Una funzione logica è una funzione che restituisce **1** (vero) se si verifica una prefissata condizione e **0** (falso) altrimenti.

Si supponga che si vogliano trovare tutti gli elementi di una matrice che soddisfano uno o più requisiti.

MATLAB mette a disposizione la funzione **find** che effettua la ricerca su un predicato e restituisce gli indici degli elementi che soddisfano tale predicato.



Un esempio di applicazione di find

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Si supponga che si vogliono trovare tutti gli elementi di una matrice il cui valore sia compreso tra 2 e 3:

```
>> A = [3, 2, 4; 5, 6, 8; 2, 4, 2]
```

```
A =
```

```
    3    2    4
    5    6    8
    2    4    2
```

```
>> [h, k] = find(A >= 2 & A <= 3)
```

```
>> [h, k]
```

```
ans
```

```
    1    1
    3    1
    1    2
    3    3
```



Operatori per componenti

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Si consideri il prodotto scalare tra due vettori x e y di lunghezza n :

$$\mathbf{x} * \mathbf{y} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i$$

In MATLAB si ha $\mathbf{p} = \mathbf{x} * \mathbf{y}'$ Talvolta può invece essere necessario effettuare operazioni su matrici componente per componente. Dati due vettori, si vuol ottenere un terzo vettore in cui la componente di posto k è il prodotto delle componenti di posto k dei due vettori di partenza:

$$\mathbf{z} = [x_1 * y_1, x_2 * y_2, \dots, x_{n-1} * y_{n-1}, x_n * y_n]$$

In MATLAB tale operazione è definita tramite l'operatore `.*`
Si avrà $\mathbf{z} = \mathbf{x} .* \mathbf{y}'$ Per la divisione esiste l'analogo operatore `./`



Sommario

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

- 1 Introduzione
 - Help in linea
 - L'ambiente MATLAB
 - Input dei dati
- 2 Operazioni su matrici
- 3 Operatori scalari
- 4 Operatori matriciali
- 5 Grafici**
 - **Grafici bidimensionali**
 - Grafici 3 D
- 6 Programmare in MATLAB
 - Gli script



Creazione di un grafico

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmazione in MATLAB

Gli script

- Una finestra grafica viene generata tramite il comando **figure(n)**;
- il titolo della figura viene assegnato col comando **title('titolo')**;
- il nome all'asse delle ascisse con **xlabel('asse x')**;
- il nome all'asse delle ordinate con **ylabel('asse y')**;
- i punti iniziali e finali degli assi col comando: **axis([xmin, xmax, ymin, ymax])**;
- il modo più immediato per tracciare un diagramma è il comando **plot**. Tale comando disegna un vettore di punti sul piano cartesiano;



Grafico della funzione seno(1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

Lambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

Diagrammiamo la funzione $\sin(x)$ con x in $[-\pi, \pi]$ usando 500 punti.

```
>> figure(1);  
>> title('sen(x)');  
>> xlabel('x');  
>> ylabel('y');  
>> x = linspace(-pi, pi, 500);  
>> y = sin(x);  
>> plot(x, y);  
>> axis([-pi, pi, -1, 1]);  
>> grid;
```



Grafico della funzione seno(2/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

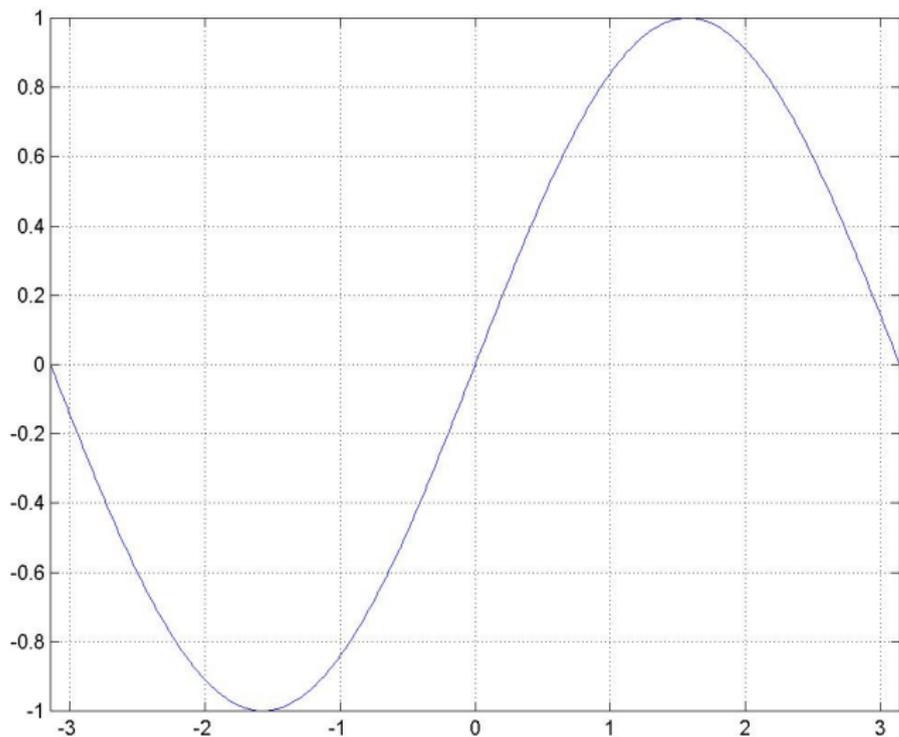
Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script





Creazione di un grafico

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmazione in MATLAB

Gli script

Il comando **plot** ha un parametro opzionale con cui è possibile definire il tipo di linea, il tipo di punto ed il tipo di colore.

Ad esempio **plot(x , y , 'or')** disegna in rosso rappresentando ogni punto con un cerchietto.

Linea	Punto	Colore
continua -	punto .	giallo y
tratteggio - -	più +	rosso r
...	asterisco *	nero k



Grafici sovrapposti (1/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

È possibile inserire più grafici in una figura utilizzando tre diversi metodi. Si supponga ad esempio di voler disegnare anche la funzione $\cos(x)$, sullo stesso grafico della figura $\sin(x)$.

Metodo 1

Si generano i punti dell'asse x come vettore colonna:

```
x = linspace(-pi,pi,500)';
```

Si costruisce quindi una matrice in cui ogni colonna è una funzione da diagrammare:

```
Y = [sin(x),cos(x)];
```

Infine si usa il comando:

```
plot(x,Y)
```



Grafici sovrapposti (2/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Metodo 2

Si generano i punti dell'asse x:

```
x1 = linspace(-pi, pi, 500);
```

```
x2 = linspace(-pi, pi, 500);
```

Si utilizza il comando plot nella forma:

```
plot(x1, sin(x1), x2, cos(x2))
```



Grafici sovrapposti (3/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Metodo 3

Si generano i punti dell'asse x:
`x = linspace(-pi,pi,500)';`

Si disegna la prima funzione:
`plot(x, sin(x))`

Eventualmente si blocca la scalatura degli assi:
`axis(axis)`

Si consente la sovrapposizione di altri grafici:
`hold on`

Si disegna la seconda funzione:
`plot(x, cos(x))`



Grafici sovrapposti (4/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

```
>> figure(1);  
>> x = linspace(-pi, pi, 500);  
>> y = sin(x);  
>> z = cos(x);  
>> plot(x, y);  
>> hold on;  
>> plot(x, z, 'r');  
>> axis([-pi, pi, -1, 1]);  
>> title('sin(x) e cos(x)');  
>> xlabel('x');  
>> ylabel('y');  
>> grid;
```



Grafici sovrapposti (4/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

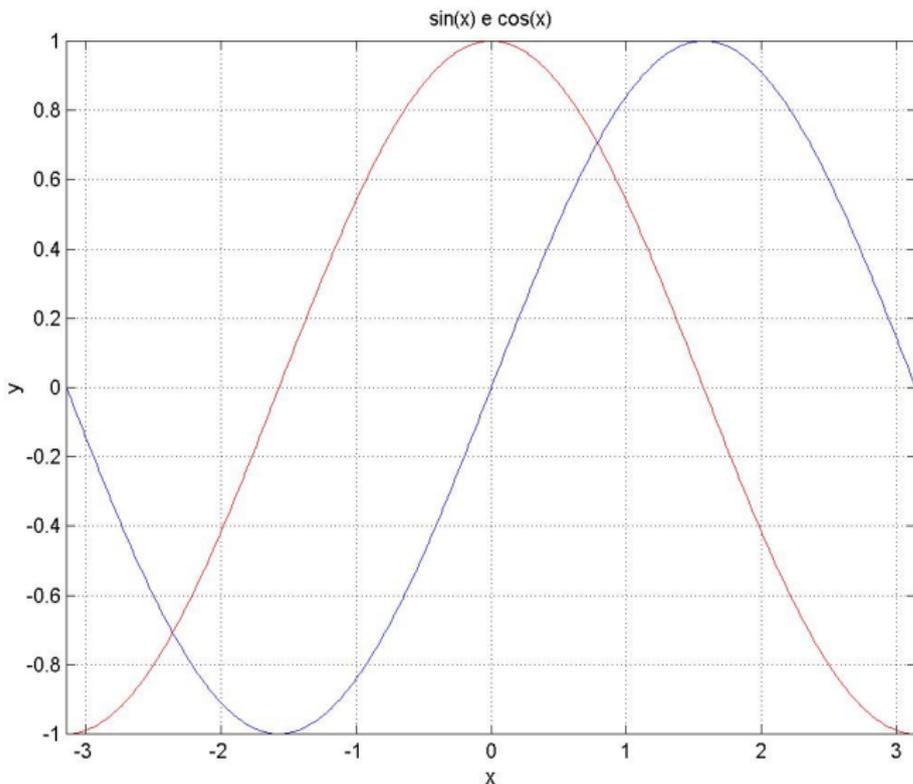
Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script





Sommario

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script

- 1 Introduzione
 - Help in linea
 - L'ambiente MATLAB
 - Input dei dati
- 2 Operazioni su matrici
- 3 Operatori scalari
- 4 Operatori matriciali
- 5 Grafici**
 - Grafici bidimensionali
 - Grafici 3 D**
- 6 Programmare in MATLAB
 - Gli script



Grafici tridimensionali (1/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici
Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

Si supponga di voler tracciare il grafico della funzione $z = f(x, y)$. Si consideri la funzione:

$$z = e^{-(x+y)/2} \cdot \sin(3x) \cdot \sin(3y)$$

nell'intervallo: $x = [0, 5]$, $y = [0, 5]$

Si può procedere nel seguente modo:

passo 1

Si determinano i vettori di punti degli assi x e y

```
x = linspace(0,5,50);
```

```
y = linspace(0,5,50);
```



Grafici tridimensionali (2/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

passo 2

A partire dai vettori \mathbf{x} e \mathbf{y} , si determinano, col comando **meshgrid**, due matrici \mathbf{X} ed \mathbf{Y} .

\mathbf{X} ha tante righe quanti sono gli elementi di \mathbf{y} ed ogni riga è uguale al vettore \mathbf{x} .

\mathbf{Y} ha tante righe quanti sono gli elementi di \mathbf{x} ed ogni riga è uguale al vettore \mathbf{y} .

$[\mathbf{X}, \mathbf{Y}] = \text{meshgrid}(\mathbf{x}, \mathbf{y});$

passo 3

Si può ora definire la funzione:

$\mathbf{Z} = \exp(-(\mathbf{X} + \mathbf{Y})/2) .* \sin(3 * \mathbf{X}) .* \sin(3 * \mathbf{Y});$



Grafici tridimensionali (3/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su
matrici

Operatori
scalari

Operatori
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare
in MATLAB

Gli script

passo 4

A questo punto è possibile tracciare il grafico della funzione utilizzando diverse metodologie:

- Tracciare delle curve di livello con il comando:
contour (X , Y , Z);
- disegnare la curva con linee:
mesh (X , Y , Z);
- disegnare la figura con facce :
surf (X , Y , Z);



Grafici tridimensionali (4/4)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su matrici

Operatori scalari

Operatori matriciali

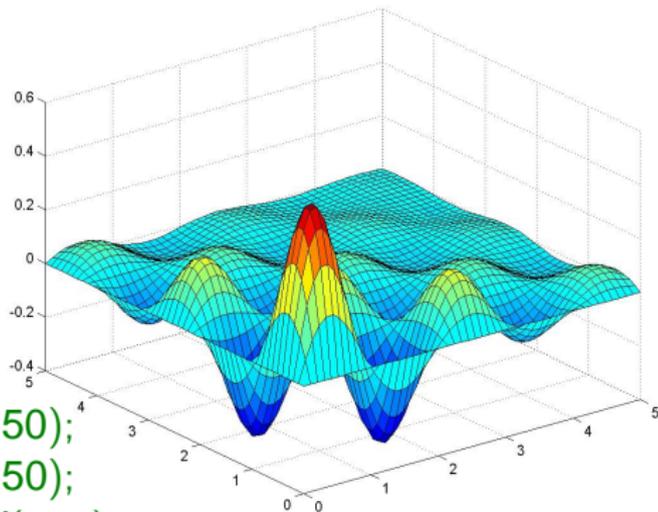
Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare in MATLAB

Gli script



- ```
» figure(1)
» x = linspace(0, 5, 50);
» y = linspace(0, 5, 50);
» [X, Y] = meshgrid(x, y);
» Z = exp(-(X + Y)/2). * sin(3 * X). * sin(3 * Y);
» surf(X, Y, Z);
```



# Un semplice esercizio (1/3)

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

Nel file ASCII **table.txt** è contenuta una matrice di 100 righe. Ogni riga è una coppia di valori del tipo  $[x, f(x)]$  relative alla funzione:

$$f(x) = 2x^2 + 1$$

tabellata nell'intervallo  $[0, 0.99]$  con passo 0.01.

Disegnare il diagramma della funzione usando MATLAB.

### **table.txt**

|          |          |
|----------|----------|
| 0.000000 | 1.000000 |
| 0.010000 | 1.000200 |
| 0.020000 | 1.000800 |
| 0.030000 | 1.001800 |
| 0.040000 | 1.003200 |
| 0.050000 | 1.005000 |

...



# Un semplice esercizio (2/3)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su  
matrici

Operatori  
scalari

Operatori  
matriciali

Grafici  
Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare  
in MATLAB

Gli script

I file sono gestiti come in C:

```
➤ in = fopen('table.txt', 'r');
➤ [A, ndati] = fscanf(in, '%f', [2, inf]);
➤ fclose(in);
```

```
➤ npunti = ndati/2;
➤ A = A';
➤ plot(A(1 : npunti, 1 : 1), A(1 : npunti, 2 : 2), 'r')
➤ grid
➤ xlabel('variabile indipendente')
➤ ylabel('funzione')
➤ title('plot di una funzione')
➤ disp('premere un tasto per continuare...');
➤ pause;
➤ close all;
```



# Un semplice esercizio (3/3)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su  
matrici

Operatori  
scalari

Operatori  
matriciali

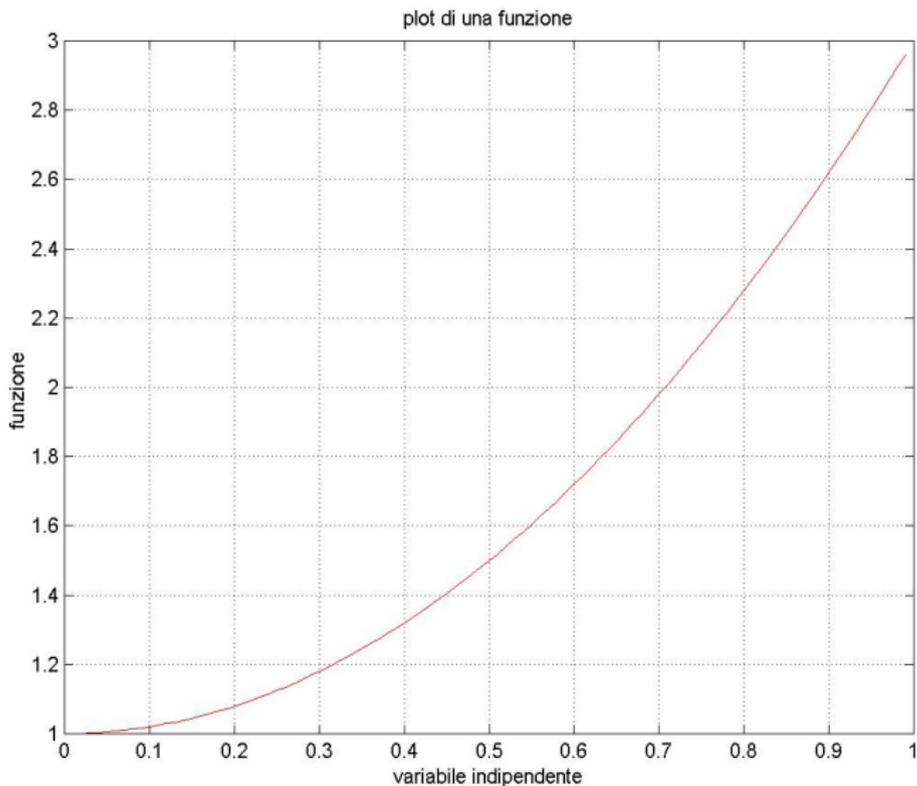
Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare  
in MATLAB

Gli script





# Programmare in MATLAB

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

Un qualsiasi algoritmo può essere codificato in un linguaggio di programmazione se dispone delle tre strutture fondamentali:

- Sequenza;
- Selezione;
- Iterazione;



# Programmare in MATLAB

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

Un qualsiasi algoritmo può essere codificato in un linguaggio di programmazione se dispone delle tre strutture fondamentali:

- Sequenza;
- Selezione;
- Iterazione;



# Programmare in MATLAB

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

Un qualsiasi algoritmo può essere codificato in un linguaggio di programmazione se dispone delle tre strutture fondamentali:

- Sequenza;
- Selezione;
- Iterazione;



# Programmare in MATLAB

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

Un qualsiasi algoritmo può essere codificato in un linguaggio di programmazione se dispone delle tre strutture fondamentali:

- Sequenza;
- Selezione;
- Iterazione;



# Sequenza

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

Una *sequenza* in MATLAB è ottenuta dalla sequenza lessicografica delle istruzioni.



# Selezione

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

## MATLAB

```
if condizione,
 istruzioni
```

...

```
elseif condizione,
 istruzioni
```

```
else
 istruzioni
```

```
end
```

## C++

```
if (condizione)
 istruzioni
```

...

```
else if (condizione)
 istruzioni
```

```
else
 istruzioni
```



# Iterazione (1/2)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

Lambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su  
matrici

Operatori  
scalari

Operatori  
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare  
in MATLAB

Gli script

## Costrutto **while**

**MATLAB**

```
while condizione,
 istruzioni
end
```

**C++**

```
while (condizione)
 istruzioni
```



# Iterazione (2/2)

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

## Costrutto **for**

**MATLAB**

```
for i=inizio:[passo]:n
 istruzioni
end
```

**C++**

```
for (var=inizio; var <= fine;
 ++var)
 istruzioni
```

La variabile **var** è la variabile di conteggio, utilizzata per contare le iterazioni.



# Sommario

## MATLAB

### Introduzione

- Help in linea
- L'ambiente MATLAB
- Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

- Grafici bidimensionali
- Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

- Gli script

- 1 Introduzione
  - Help in linea
  - L'ambiente MATLAB
  - Input dei dati
- 2 Operazioni su matrici
- 3 Operatori scalari
- 4 Operatori matriciali
- 5 Grafici
  - Grafici bidimensionali
  - Grafici 3 D
- 6 **Programmare in MATLAB**
  - **Gli script**



# Gli *script* di MATLAB(1/4)

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

Lambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli *script*

È possibile memorizzare una sequenza di comandi MATLAB usando la primitiva **diary path** *nomescript.m*, dopodichè tutto ciò che appare nell'ambiente MATLAB viene memorizzato in tale file. Quando viene digitata nuovamente la primitiva *diary*, la memorizzazione viene terminata ed il file viene chiuso.



# Gli *script* di MATLAB(2/4)

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

Lambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli *script*

A questo punto selezionando open dal menu file possibile aprire con l'editor di MATLAB lo script composto per leggerlo o per modificarlo.

Se durante la digitazione viene commesso un errore, tale errore verrà comunque memorizzato nello script. In generale lo script deve essere ripulito dalle sequenze di caratteri errate che in esso inevitabilmente compariranno. Effettuate tutte le correzioni lo script potrà essere richiamato semplicemente digitandone il nome al prompt Matlab.



# Gli *script* di MATLAB(3/4)

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea  
L'ambiente MATLAB  
Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali  
Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli *script*

## Esempio

Supponiamo che il file **dati.mat** contenga tre vettori:

```
» $x = \text{linspace}(0, 4, 1000);$
```

```
» $y = 1./(1 - x.^2 + \log(x + 3));$
```

```
» $z = [0, 4, -10, 10];$
```

Si vuole ora costruire uno script che legga i dati da disco e tracci il grafico di  $y = f(x)$  nell'intervallo  $[0,4]$  limitatamente alle ascisse comprese in  $[-10,10]$ .



# Gli *script* di MATLAB(4/4)

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmare in MATLAB

Gli script

» *diary* grafico\_1.m;

» *load* dati;

» *plot*(x, y, 'b');

» *axis*(z);

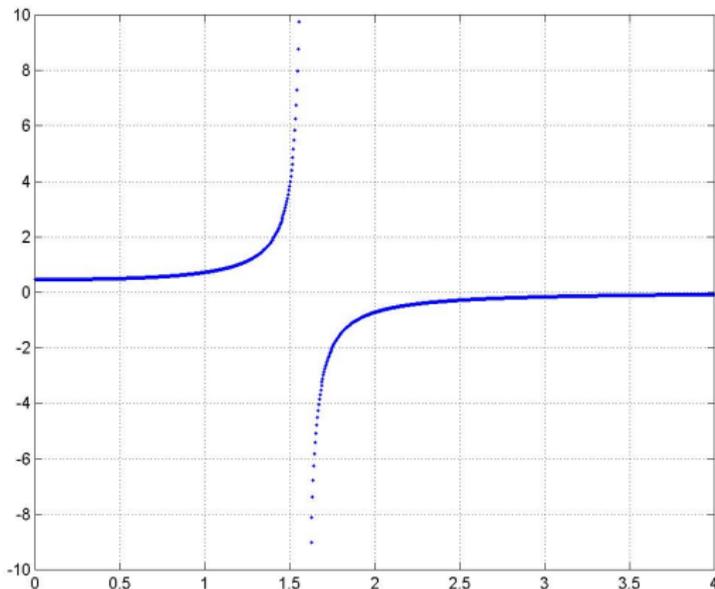
» *grid*;

» *diary*

eventuali correzioni

...

» *grafico\_1*





# Rappresentazione dei numeri negativi (1/3)

MATLAB

Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

Operazioni su  
matrici

Operatori  
scalari

Operatori  
matriciali

Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

Programmare  
in MATLAB

Gli script

## Esercizio

Sia  $x$  un numero relativo ed  $X$  la sua rappresentazione macchina. Sia  $M$  il modulo di congruenza (una potenza di 2). L'intervallo rappresentato sarà  $[-M/2, M/2[$ .

Realizzare uno script che disegni i numeri relativi rapportati alla loro rappresentazione macchina.



# Rappresentazione dei numeri negativi (2/3)

## MATLAB

### Introduzione

Help in linea

L'ambiente MATLAB

Input dei dati

### Operazioni su matrici

### Operatori scalari

### Operatori matriciali

### Grafici

Grafici bidimensionali

Grafici 3 D

### Programmazione in MATLAB

Gli script

```
➤ diary nrelativ.m
➤ M = input(' fornisci il modulo, una potenza di 2: ');
➤ x = -M/2 : 1 : M/2 - 1;
➤ set1 = find(x < 0);
➤ X(set1) = M - abs(x(set1));
➤ set2 = find(x >= 0);
➤ X(set2) = x(set2);
➤ plot(x, X, 'or');
➤ title ('rappresentazione dei numeri relativi');
➤ xlabel ('x e' un numero reale');
➤ ylabel ('X e' la sua rappresentazione macchina');
➤ grid;
➤ diary
```



# Rappresentazione dei numeri negativi (2/3)

MATLAB

➤ *nrelativ*

➤ fornisci il modulo , una potenza di 2  $2^{10}$

