

# ΔΥΝΑΜΙΚΗ & ΡΥΘΜΙΣΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

## Σημειώσεις Μαθήματος

Διάλεξη :  
Εισαγωγή στο Simulink





# Τι είναι το Simulink?





# Τι είναι το Simulink?

- Ένα πακέτο λογισμικού για μοντελοποίηση, προσομοίωση, και ανάλυση δυναμικών συστημάτων.
- Υποστηρίζει γραμμικά και μή – γραμμικά συστήματα, μοντελοποιημένα για συνεχή χρόνο, **sample time**, ή συνδυασμό των δύο.
- Τα συστήματα μπορεί, ακόμα, να είναι πολύ-ρυθμικά **be multirate** (i.e. Διαφορετικά τμήματα **that are sampled or updated at different rates**)



# Τι είναι το Simulink?

- Για μοντελοποίηση, παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI) για τη δημιουργία μοντέλων ως διαγράμματα **δομών** (απλά με επιλογή και μετακίνηση με το ποντίκι)
- Δημιουργεί μοντέλα με ιεραρχική δομή (με χρήση top-down και bottom-up προσεγγίσεις)
- Μπορείτε να προσομοιώσετε, να αναλύσετε τα εξαγόμενα αποτελέσματα, να εξερευνήσετε & να διορθώσετε τα μοντέλα σας και, φυσικά, **να το διασκεδάσετε!**

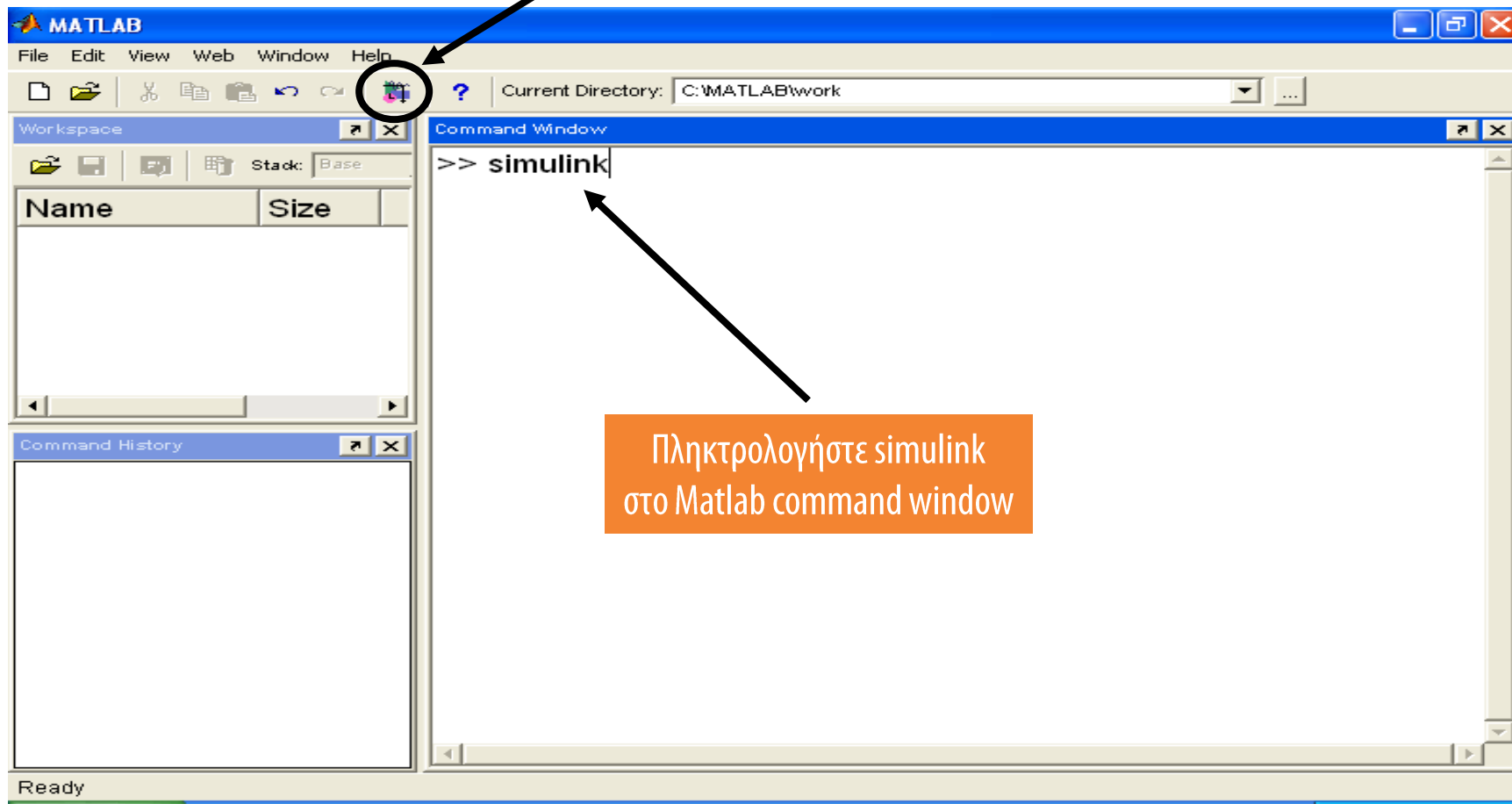


# Πως χρησιμοποιούμε το Simulink?

# Εκκίνηση Simulink



Κλίκ στο εικονίδιο SIMULINK



Πληκτρολογήστε simulink  
στο Matlab command window



# Βιβλιοθήκη συναρτήσεων στο Simulink

Δημιουργία NEW MODEL

Παράθυρο Αναζήτησης

The screenshot shows the Simulink Library Browser interface. The 'File' menu is circled in red, with an arrow pointing to the 'NEW MODEL' label. The search bar at the top is highlighted in yellow, with an arrow pointing to the 'Παράθυρο Αναζήτησης' label. The left pane shows a tree view of Simulink libraries, with an arrow pointing to the 'Βιβλιοθήκη συναρτήσεων' label. The right pane shows a list of categories with icons, with an arrow pointing to the 'Σετ Δομών' label.

Simulink Library Browser

File Edit View Help

Find

Continuous: simulink3/Continuous

Simulink

- Continuous
- Discrete
- Functions & Tables
- Math
- Nonlinear
- Signals & Systems
- Sinks
- Sources
- Subsystems

Control System Toolbox

- Fuzzy Logic Toolbox
- Neural Network Blockset
- Real-Time Workshop
- S-function demos
- Simulink Extras
- System ID Blocks
- xPC Target

Continuous

Discrete

Functions & Tables

Math

Nonlinear

Signals & Systems

Sinks

Sources

Subsystems

Σετ Δομών

Βιβλιοθήκη συναρτήσεων



# Δημιουργία Νέου Μοντέλου

CREATE NEW MODEL – ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

The image shows two windows from the Simulink environment. The 'Simulink Library Browser' window on the left displays a tree view of blocks under the 'Simulink' category. A red circle highlights the 'New Model' icon (a document with a plus sign) in the 'File' menu, with an arrow pointing to it. The 'untitled' workspace window on the right is empty and has a blue border. The text 'Workspace για την ανάπτυξη του μοντέλου' is overlaid on this window.

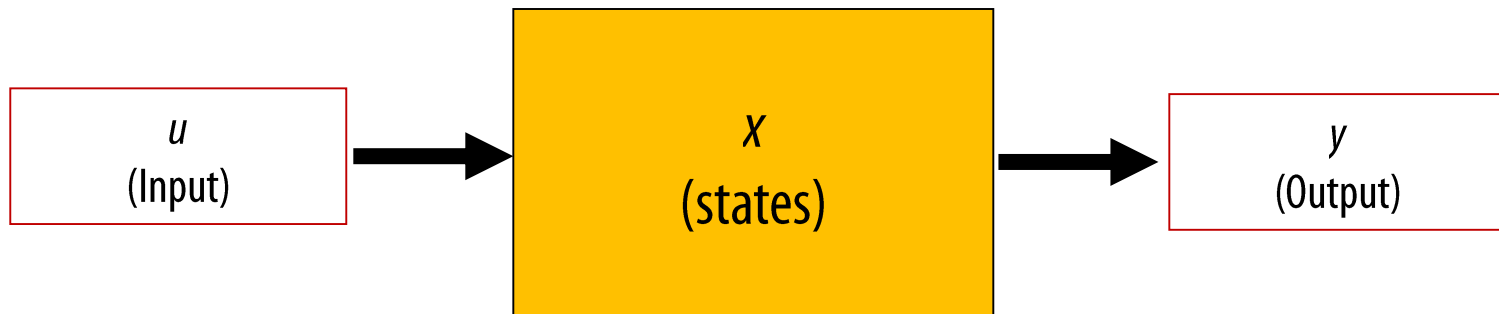
Workspace για την ανάπτυξη του μοντέλου





# Δημιουργώντας ένα Μοντέλο

- Διάγραμμα Δομών του Simulink– απεικόνιση του δυναμικού συστήματος
- Κάθε δομή αναπαριστά ένα στοιχειώδες δυναμικό σύστημα που παράγει κάποιο αποτέλεσμα εξόδου (είτε συνεχής ή διακριτή έξοδος)
- Οι γραμμές αναπαριστούν τις συνδέσεις των εισόδων στις δομές με τις αντίστοιχες εξόδους





# Δημιουργία ενός μοντέλου

Τα παρακάτω βήματα θα σας οδηγήσουν στη δημιουργία ενός συστήματος/μοντέλου:

**ΒΗΜΑ 1:** Δημιουργία Δομών

**ΒΗΜΑ 2:** Δημιουργία Συνδέσεων

**ΒΗΜΑ 3:** Ορισμός Παραμέτρων

**ΒΗΜΑ 4:** Εκτέλεση Προσομοίωσης



# Δημιουργία ενός μοντέλου

- Βήμα 1: Δημιουργία Δομών

Αποθήκευση μοντέλου

Η δομή Sine Wave βρίσκεται στη βιβλιοθήκη Sources

Patάw και σέρνω τη δομή Sine Wave στο παράθυρο εργασιών

Sources library «βιβλιοθήκη» Πηγών



# Δημιουργία ενός μοντέλου

- Βήμα 1: Δημιουργία Δομών

The image shows two windows from the Simulink environment. The left window is the 'Simulink Library Browser' showing a tree view of blocks. The right window is an 'example' model with a 'Sine Wave' block, a 'Gain' block (value 1), a 'Mux' block, and two 'Scope' blocks. Red circles and arrows highlight the Gain, Mux, and Sink blocks, with orange text boxes providing their locations in the library.

Simulink Library Browser

example \*

File Edit View Simulation Format Tools Help

File Edit View Help

Mux: Multiplex scalar, vector, or matrix signals into a bus.

Simulink

- Continuous
- Discrete
- Functions & Tables
- Math
- Nonlinear
- Signals & Systems
- Sinks
- Sources
- Subsystems

Control System Toolbox

Fuzzy Logic Toolbox

Neural Network Blockset

Real-Time Workshop

S-function demos

Simulink Extras

System ID Blocks

xPC Target

U1 -> Y  
U2 -> Y(E) Y Assignment

Bus

Bus

Data

Data Store Read

Data Store Write

auto (???) Data Type Conversion

Demux

[A] From

Function-Call

Sine Wave

Gain

Mux

simout1  
out1 To Workspace

Scope

simout  
out2 To Workspace

Η δομή Gain είναι στη βιβλιοθήκη Math

Η δομή Mux είναι στη βιβλιοθήκη Signals & Systems

Βρίσκονται στη βιβλιοθήκη Sinks



# Δημιουργία ενός μοντέλου

- Βήμα 2: Δημιουργία Συνδέσεων

Για τη δημιουργία μίας σύνδεσης: Αριστερό κλικ με πατημένο το **control** (στο πληκτρολόγιο) και σέρνω από την «πηγή» στον «προορισμό»

The screenshot displays the Simulink environment. On the left, the Simulink library is open, showing various blocks categorized under 'Control System Toolbox'. The 'Sinks' category is selected, and the 'To Workspace' block is highlighted. The main workspace shows a block diagram with a 'Sine Wave' block connected to a 'Gain' block (value 1), which is then connected to a summing junction. The summing junction has two inputs: one from the 'Gain' block and another from a direct path from the 'Sine Wave' block. The output of the summing junction is connected to two 'To Workspace' blocks: 'simout1' (output1To Workspace) and 'simout' (output2To Workspace). A 'Scope' block is also connected to the output of the summing junction. The status bar at the bottom indicates 'Ready' and '100%'.

Ένα συνδεδεμένο μοντέλο



# Δημιουργία ενός μοντέλου

- Βήμα 3: Ορισμός Παραμέτρων

Διπλό κλικ στην δομή Gain για τον ορισμό της παραμέτρου της δομής αυτής

**Block Parameters: Gain**

Gain  
Element-wise gain ( $y = K \cdot u$ ) or matrix gain ( $y = K \cdot u$  or  $y = u \cdot K$ ).

Parameters  
Gain: 5  
Multiplication: Element-wise( $K \cdot u$ )  
 Saturate on integer overflow

**Block Parameters: out1 To Workspace**

To Workspace  
Write input to specified array or structure in MATLAB's main workspace. Data is not available until the simulation is stopped or paused.

Parameters  
Variable name: out1  
Limit data points to last: inf  
Decimation: 1  
Sample time (-1 for inherited): -1  
Save format: Structure

Ονομάζω την παράμετρο εξόδου ως "out1"

Τιμή Ενίσχυσης= 5



# Δημιουργία ενός μοντέλου

- Βήμα 4 : Εκτέλεση Προσομοίωσης

The screenshot displays the MATLAB/Simulink environment. On the left, a Simulink model is visible, consisting of a Sine Wave block, a Gain block (set to 5), and a scope block. The scope block is connected to two output blocks labeled 'out1' and 'out2', both of which are set to 'outX To Workspace'. The 'Simulation' menu is open, showing options: Start (Ctrl+T), Stop, Simulation parameters... (Ctrl+E), Normal (checked), and External. A red circle highlights the 'Start' button in the toolbar, with an orange callout box above it containing the text 'Πατάω εδώ για να τρέξει η προσομοίωση'. A red arrow points from the 'Simulation parameters...' menu item to the 'Simulation Parameters: example' dialog box on the right. This dialog box has several tabs: Solver, Workspace I/O, Diagnostics, Advanced, and Real-Time Workshop. The 'Simulation time' section shows 'Start time: 0.0' and 'Stop time: 10.0'. The 'Solver options' section shows 'Type: Variable-step' and 'ode45 (Dormand-Prince)'. The 'Output options' section shows 'Refine output' and 'Refine factor: 1'. An orange callout box at the bottom right of the dialog box contains the text 'Στο "stop time" μπορώ να αλλάξω το χρόνο τερματισμού και πατάω OK'. At the bottom left of the screenshot, there is a text box that says 'Show the simulation parameters dialog'.

Πατάω "simulation parameters" για να θέσω τις παραμέτρους που θέλω

Πατάω εδώ για να τρέξει η προσομοίωση

Στο "stop time" μπορώ να αλλάξω το χρόνο τερματισμού και πατάω OK

Show the simulation parameters dialog



# Δημιουργία ενός μοντέλου

- Απεικόνιση της εξόδου μέσω της δομής Scope

Αποτέλεσμα / εικόνα του scope

To fit graph to frame

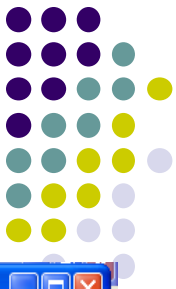
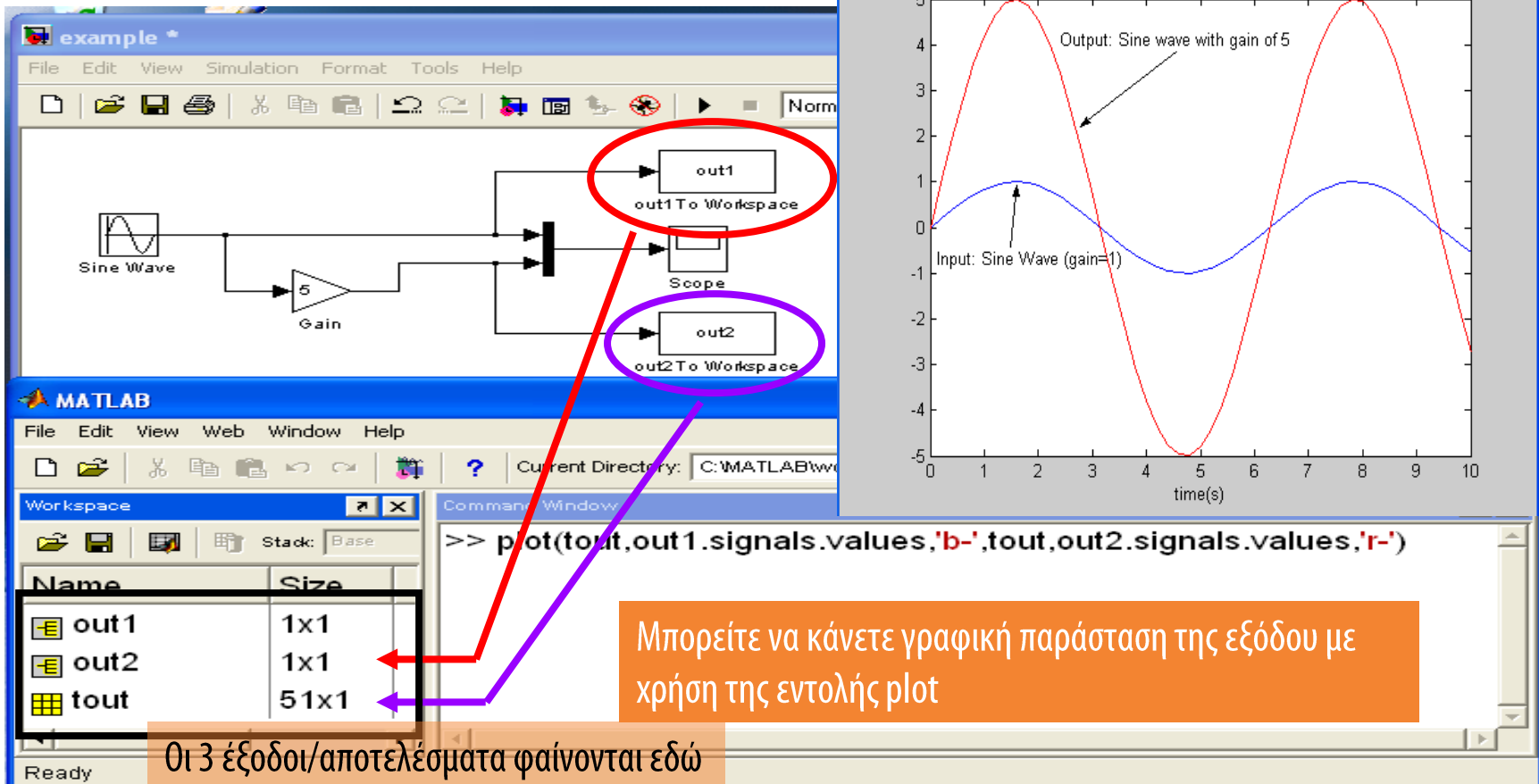
Κίτρινο: Είσοδος – Ημιτονοειδές κύμα  
Μώβ: Έξοδος (Ημιτονοειδές κύμα με ενίσχυση 5)

Διπλό κλικ στη δομή scope για την εμφάνιση της απεικόνισης της εξόδου  
Σημείωση : Η δομή Scope είναι παρόμοια με το oscilloscope!



# Δημιουργία ενός μοντέλου

Απεικόνιση εξόδου (output) στο *workspace*



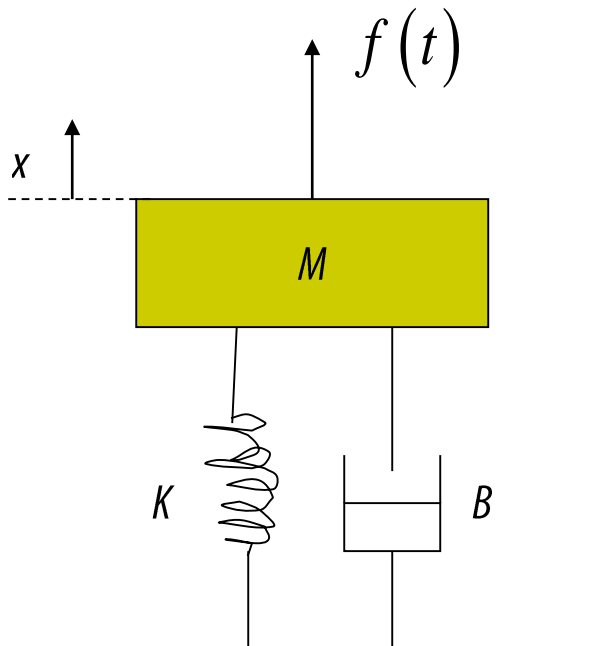


# Παράδειγμα με διαφορικές εξισώσεις



# Παράδειγμα 1: Διαφορικές Εξισώσεις

- Παράδειγμα Δυναμικού Συστήματος : Μάζα-Ελατήριο-Αποσβεστήρας



Το μαθηματικό μοντέλο περιγράφεται από τη σχέση:

$$\ddot{x} = \frac{1}{M} (-B\dot{x} - Kx + f(t))$$

Όπου  $M=2\text{kg}$ ;  $B = 2 \text{ Ns/m}$ ;  $K=2 \text{ N/m}$

$$\ddot{x} = \frac{1}{2} (-2\dot{x} - 2x + f(t))$$

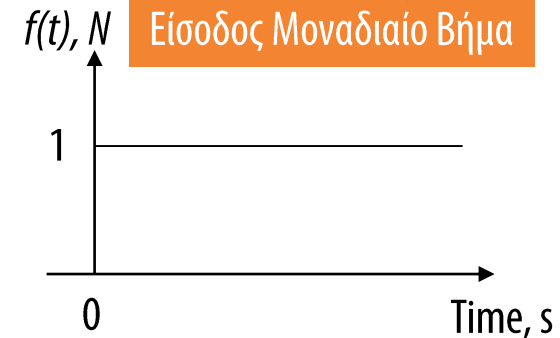


# Παράδειγμα 1: Διαφορικές Εξισώσεις

- Χρήση του Simulink για την προσομοίωση της βηματικής απόκρισης του συστήματος :

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}(-2\dot{x} - 2x + f(t))$$

- ΒΗΜΑ 1: Δημιουργία Δομών**

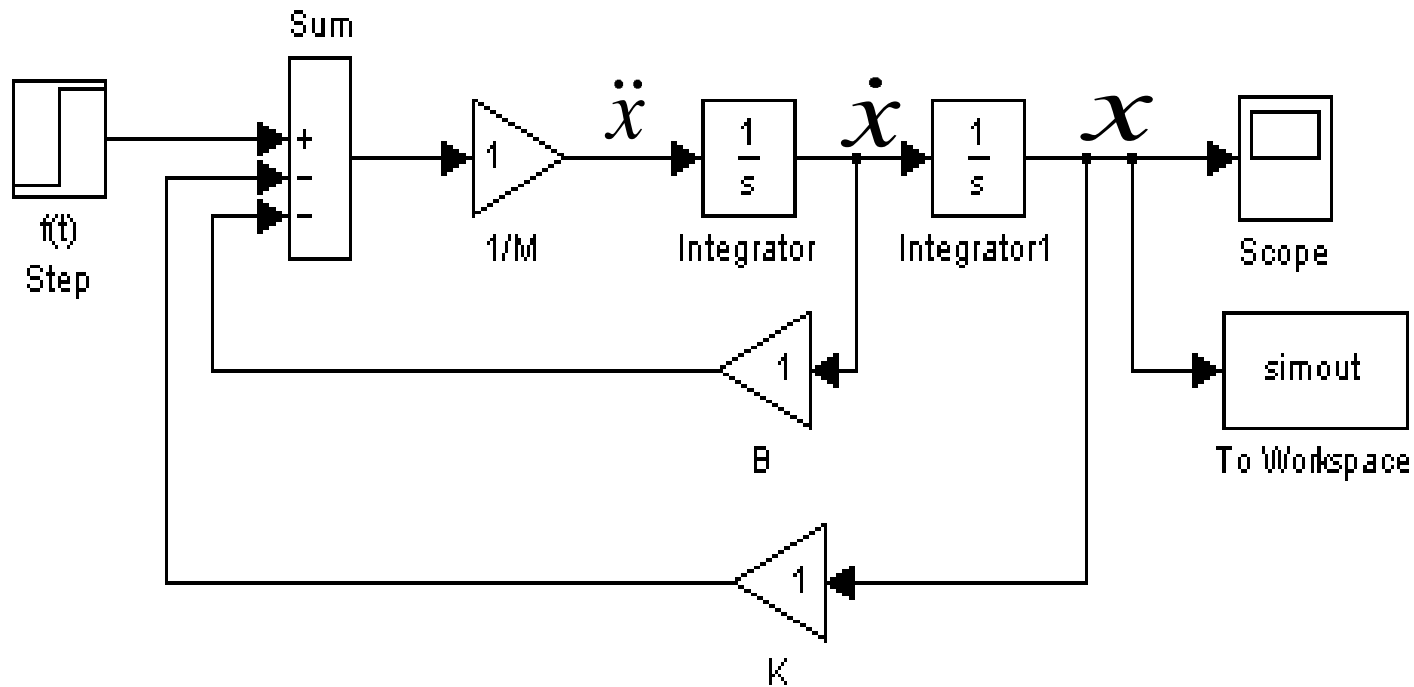


Επιλογή σετ Δομών	Θέση στη βιβλιοθήκη του Simulink
Step	Sources
Sum	Math Operation
Gain	Math Operation
Integrator	Continuous
Scope & To Workspace	Sinks



# Παράδειγμα 1: Διαφορικές Εξισώσεις

## ΒΗΜΑ 2: Δημιουργία Συνδέσεων

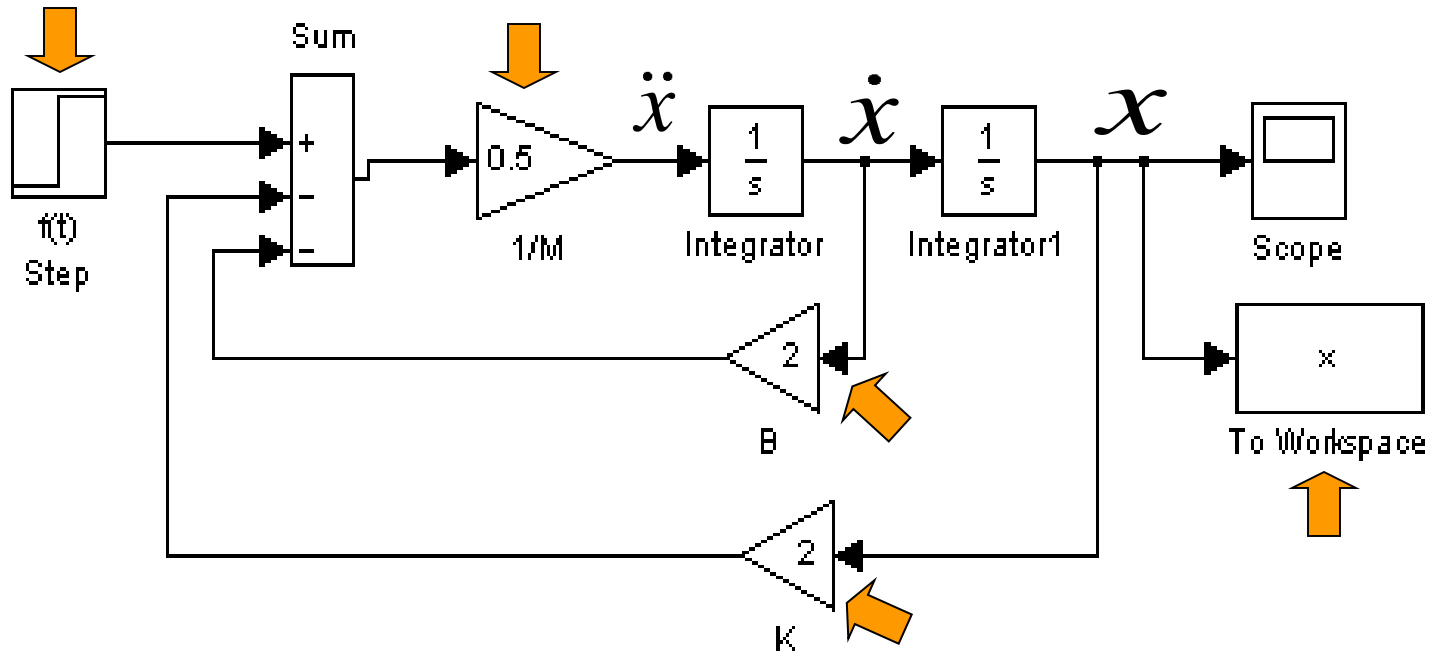




# Παράδειγμα 1: Διαφορικές Εξισώσεις

## ΒΗΜΑ 3: Ορισμός Παραμέτρων

Ορισμός χρόνου βήματος=0



Σημείωση: Υπόθεση για αρχικές συνθήκες = 0

Y OF PATRAS

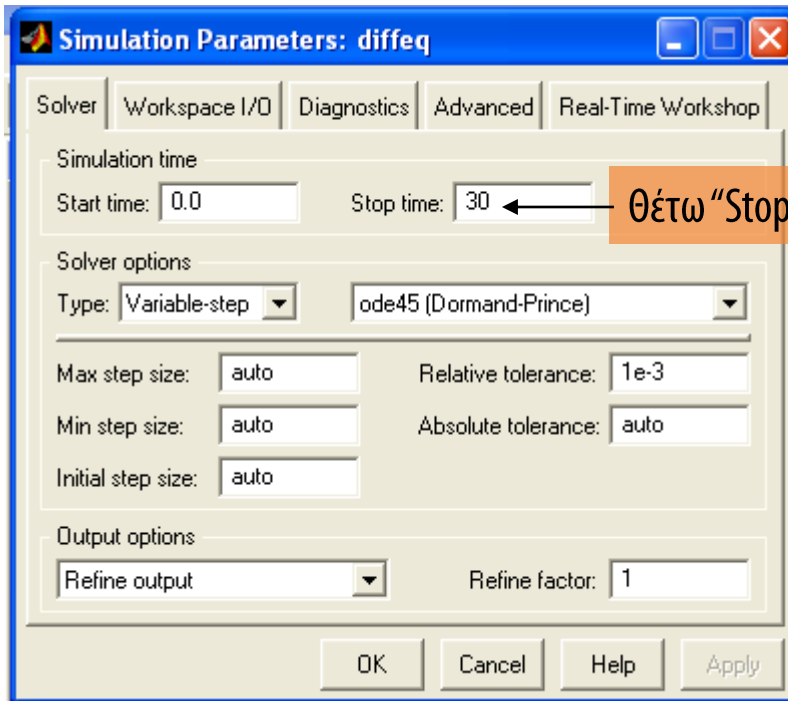


# Παράδειγμα 1: Διαφορικές Εξισώσεις

## ΒΗΜΑ 4: Εκτέλεση προσομοίωσης

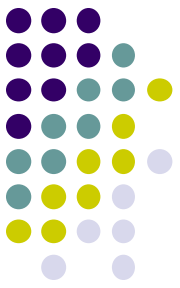
1

Άνοιγμα παραθύρου "simulation parameters" (παράμετροι προσομοίωσης)



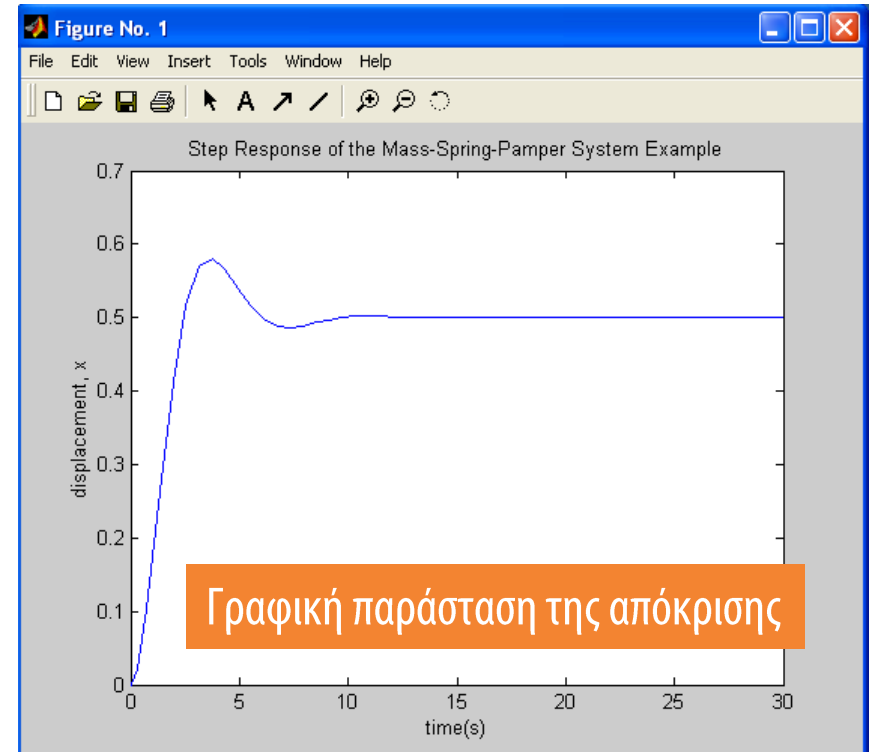
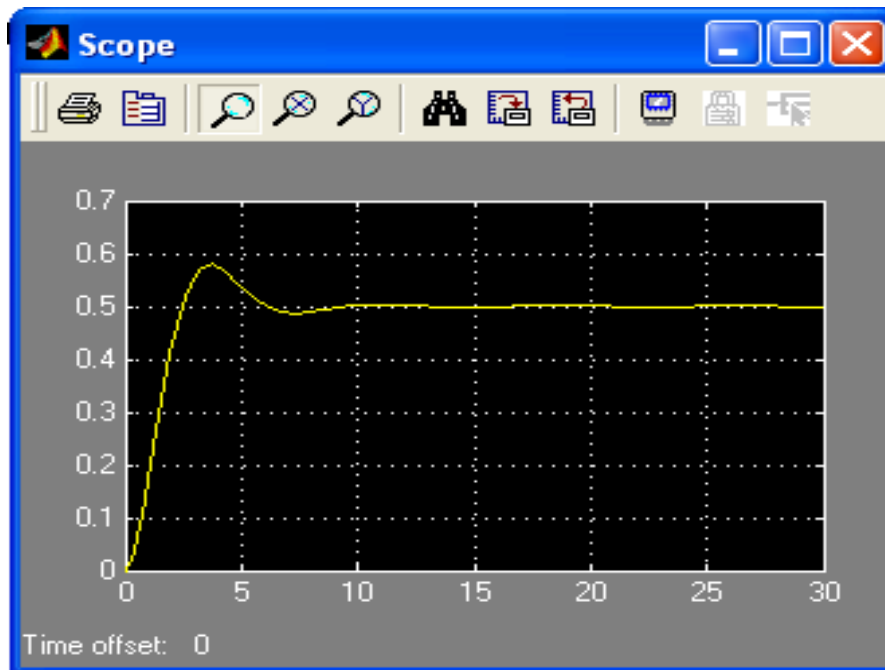
2

**RUN**  
Εκτέλεση  
προσομοίωσης



# Παράδειγμα 1: Διαφορικές Εξισώσεις

Βηματική Απόκριση του συστήματος μάζας – ελατηρίου – αποσβεστήρα



Έξοδος / Output της δομής Scope





# Παράδειγμα με συναρτήσεις μεταφοράς



## Παράδειγμα 2: Συνάρτηση μεταφοράς

- Χρήση του ίδιου συστήματος μάζας-ελατηρίου- αποσβεστήρα και προσομοίωση της απόκρισης με χρήση συναρτήσεων μεταφοράς

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}(-2\dot{x} - 2x + f(t))$$



$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{2s^2 + 2s + 2}$$

Η συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος  
(Υπόθεση για αρχικές συνθήκες =0)



# Παράδειγμα 2: Συνάρτηση μεταφοράς

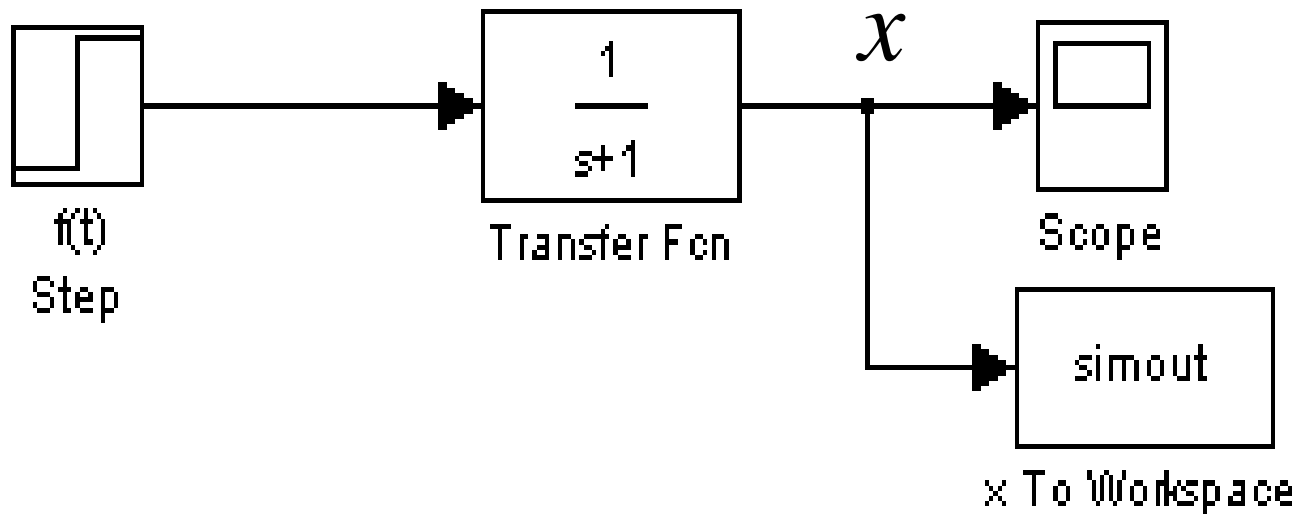
## ΒΗΜΑ 1: Δημιουργία Δομών

Επιλογή σετ Δομών	Θέση στη βιβλιοθήκη του Simulink
Step	Sources
Transfer Function	Continuous
Scope & To Workspace	Sinks



# Παράδειγμα 2: Συνάρτηση μεταφοράς

## ΒΗΜΑ 2: Δημιουργία Συνδέσεων

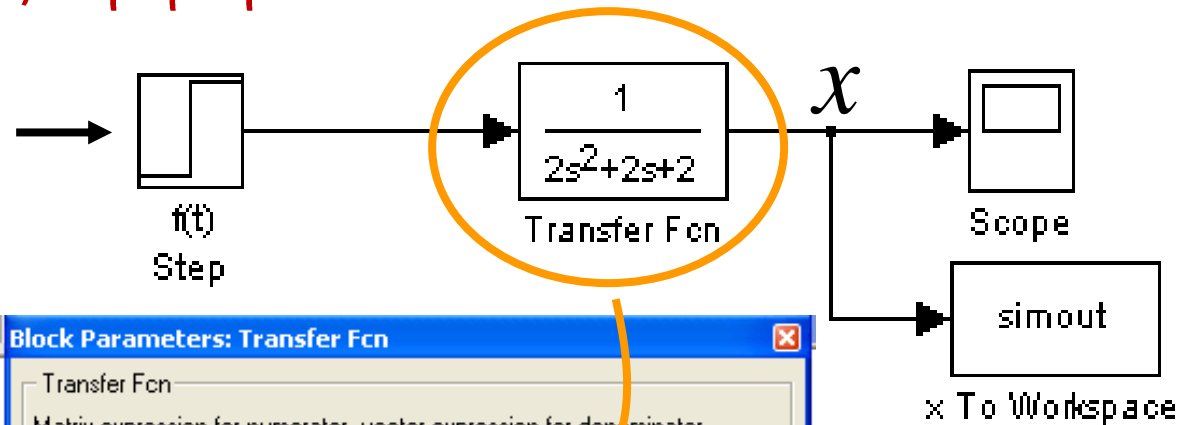




# Παράδειγμα 2: Συνάρτηση μεταφοράς

## ΒΗΜΑ 3: Ορισμός Παραμέτρων

Ορισμός χρόνου βήματος = 0



**Block Parameters: Transfer Fcn**

Transfer Fcn  
Matrix expression for numerator, vector expression for denominator. Output width equals the number of rows in the numerator. Coefficients are for descending powers of s.

Parameters

Numerator:  
[1]

Denominator:  
[2 2 2]

Absolute tolerance:  
auto

OK Cancel Help Apply

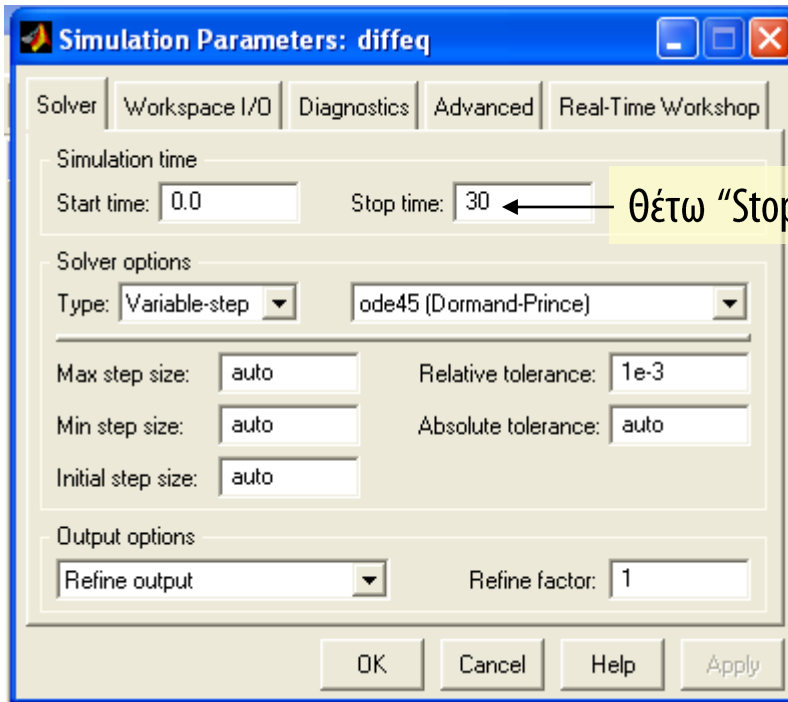


# Παράδειγμα 2: Συνάρτηση μεταφοράς

## ΒΗΜΑ 4: Εκτέλεση Προσομοίωσης

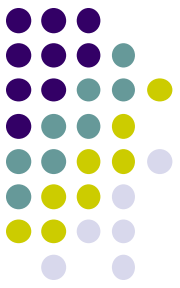
1

Άνοιγμα παραθύρου "simulation parameters"



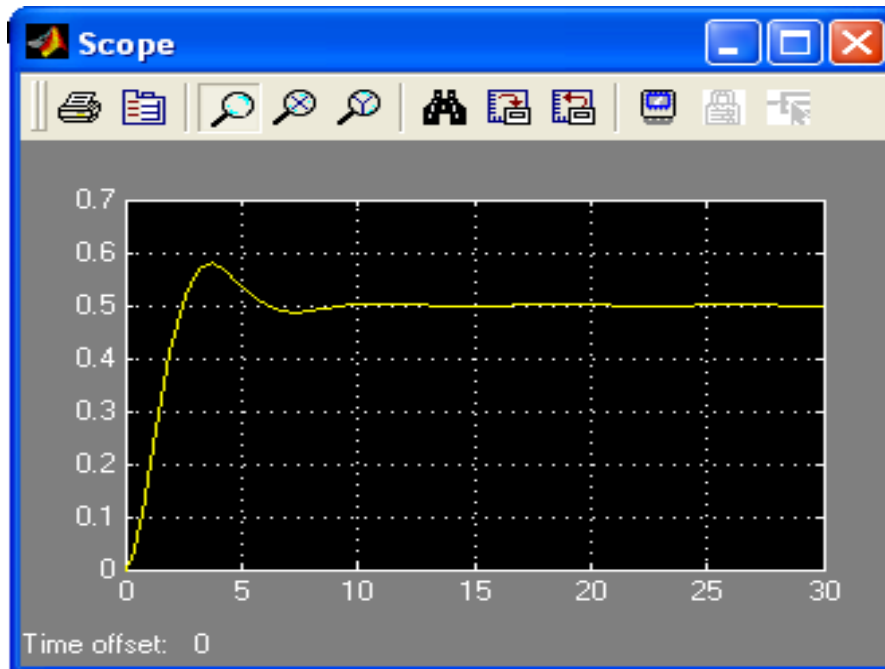
2

RUN  
Simulation

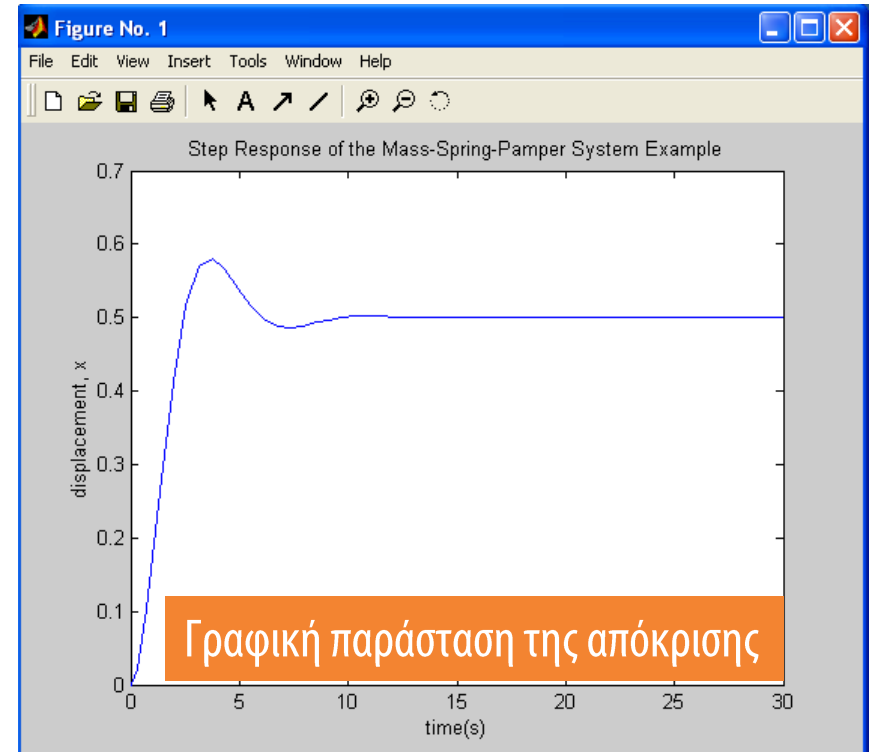


# Παράδειγμα 2: Συνάρτηση μεταφοράς

Ίδια έξοδος / αποτέλεσμα με πριν (Slide 21)



Έξοδος / Αποτέλεσμα δομής Scope





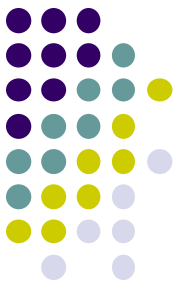
# Δημιουργία υποσυστημάτων





# Δημιουργία Υποσυστημάτων

- Υποσύστημα – παρόμοια με μια “Υπορουτίνα”
- Πλεονεκτήματα Υποσυστημάτων:
  - **Μείωση του αριθμού των δόμών που εμφανίζονται στο βασικό παράθυρο** (απλοποίηση του μοντέλου)
  - **Ομαδοποίηση συσχετιζόμενων δομών** (πιο οργανωμένα)
  - **Δυνατότητα δημιουργίας ιεραρχικού διαγράμματος δομών** (δημιουργία υποσυστημάτων μέσα σε υποσύστημα)
  - **Πιο εύκολη εύρεση λαθών και δυνατότητα εξερεύνησης περισσότερων παραμέτρων**



# Δημιουργία Υποσυστημάτων

Δημιουργία υποσυστήματος με χρήση του μοντέλου του παραδείγματος 1

ΒΗΜΑ 1: Δημιουργία δομών (Βασικό Παράθυρο)

untitled \*

File Edit View Simulation Format Tools Help

Normal

Step

Subsystem

Scope

To Workspace

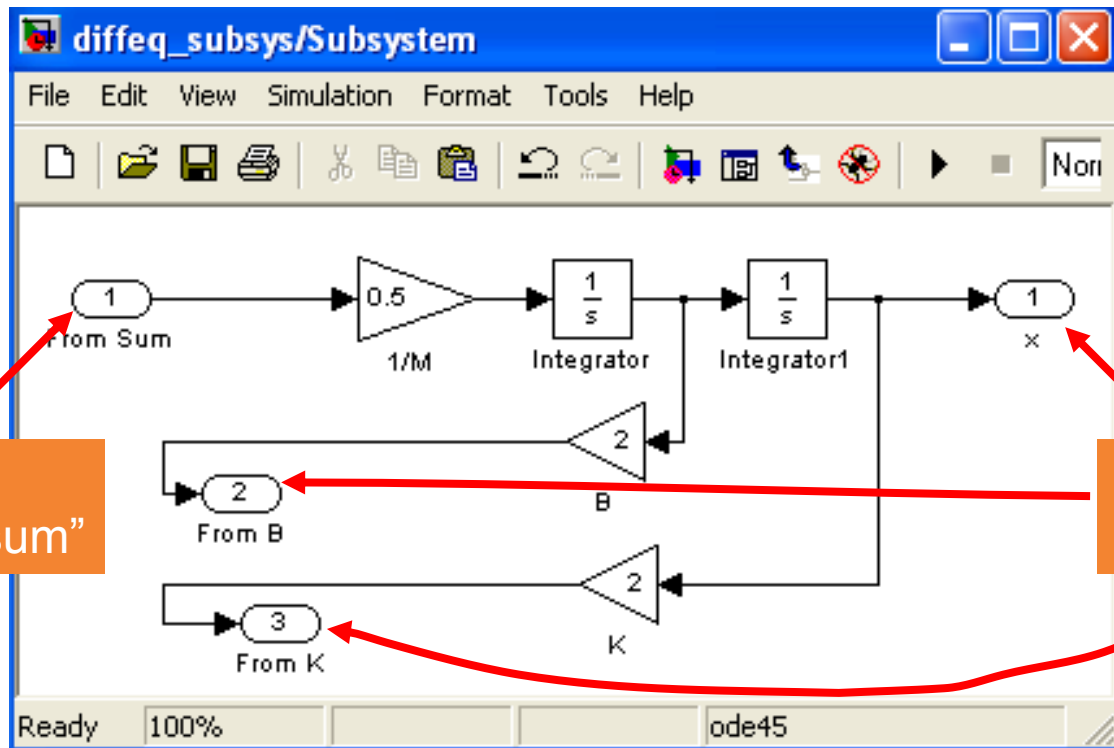
Η δομή αυτή Subsystem είναι από τη βιβλιοθήκη Subsystems library

Ready 100% ode45



# Δημιουργία Υποσυστημάτων

ΒΗΜΑ 2: Διπλό κλικ στη δομή Subsystem και δημιουργία μοντέλου μέσα σε αυτή



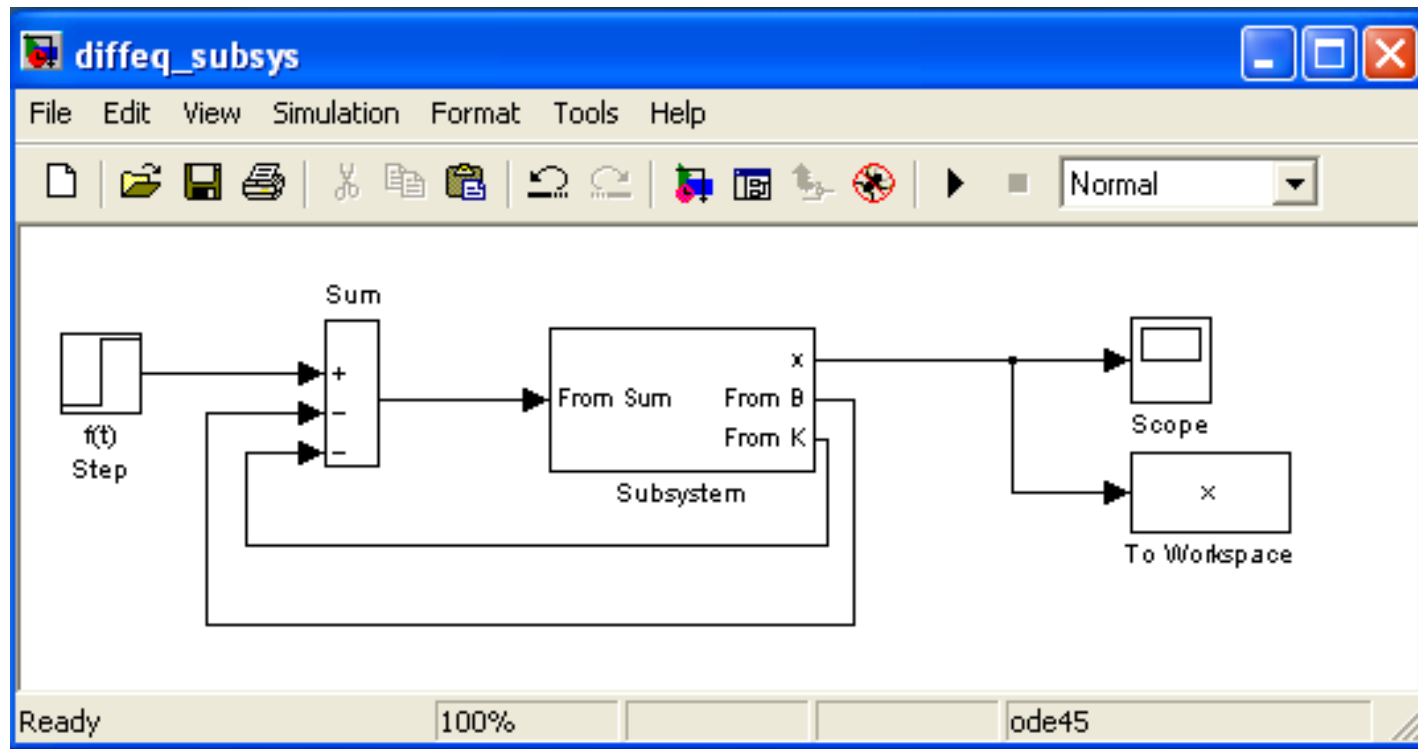
Inport  
(named from "sum")

Output  
(three outputs)



# Δημιουργία Υποσυστημάτων

## ΒΗΜΑ 3: Δημιουργία Συνδέσεων (Βασικό Παράθυρο)



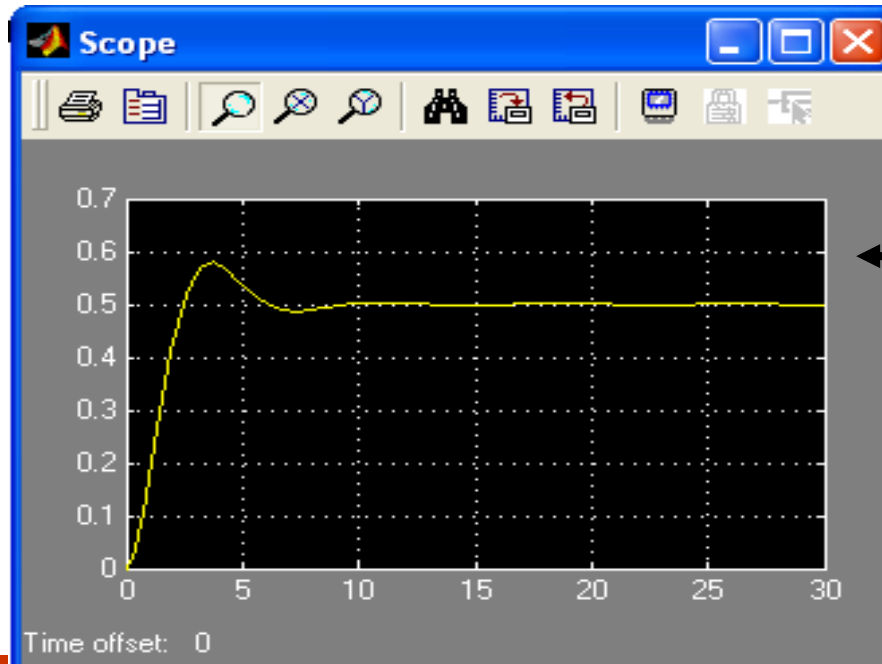


# Δημιουργία Υποσυστημάτων

ΒΗΜΑ 4: Ορισμός παραμέτρων (Βασικό Παράθυρο)

ΒΗΜΑ 5: Εκτέλεση Προσομοίωσης

Στη συνέχεια βλέπουμε την απόκριση της εξόδου

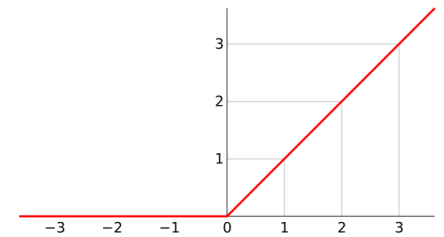
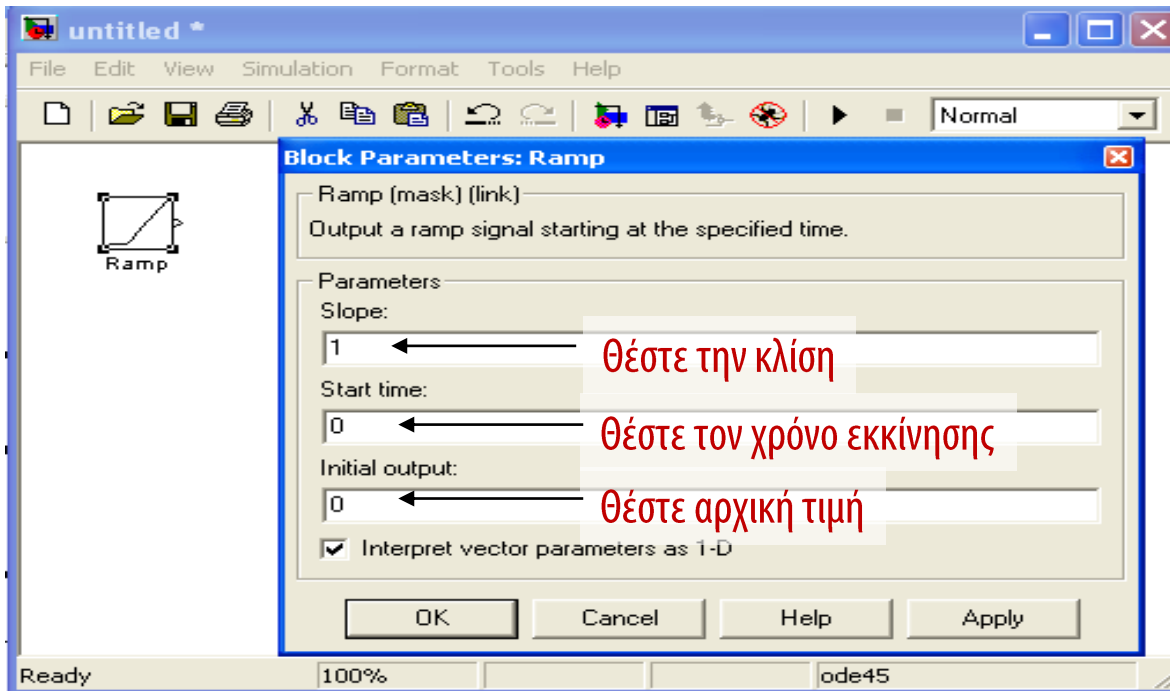


Έξοδος/Αποτέλεσμα από  
Δομή Scope



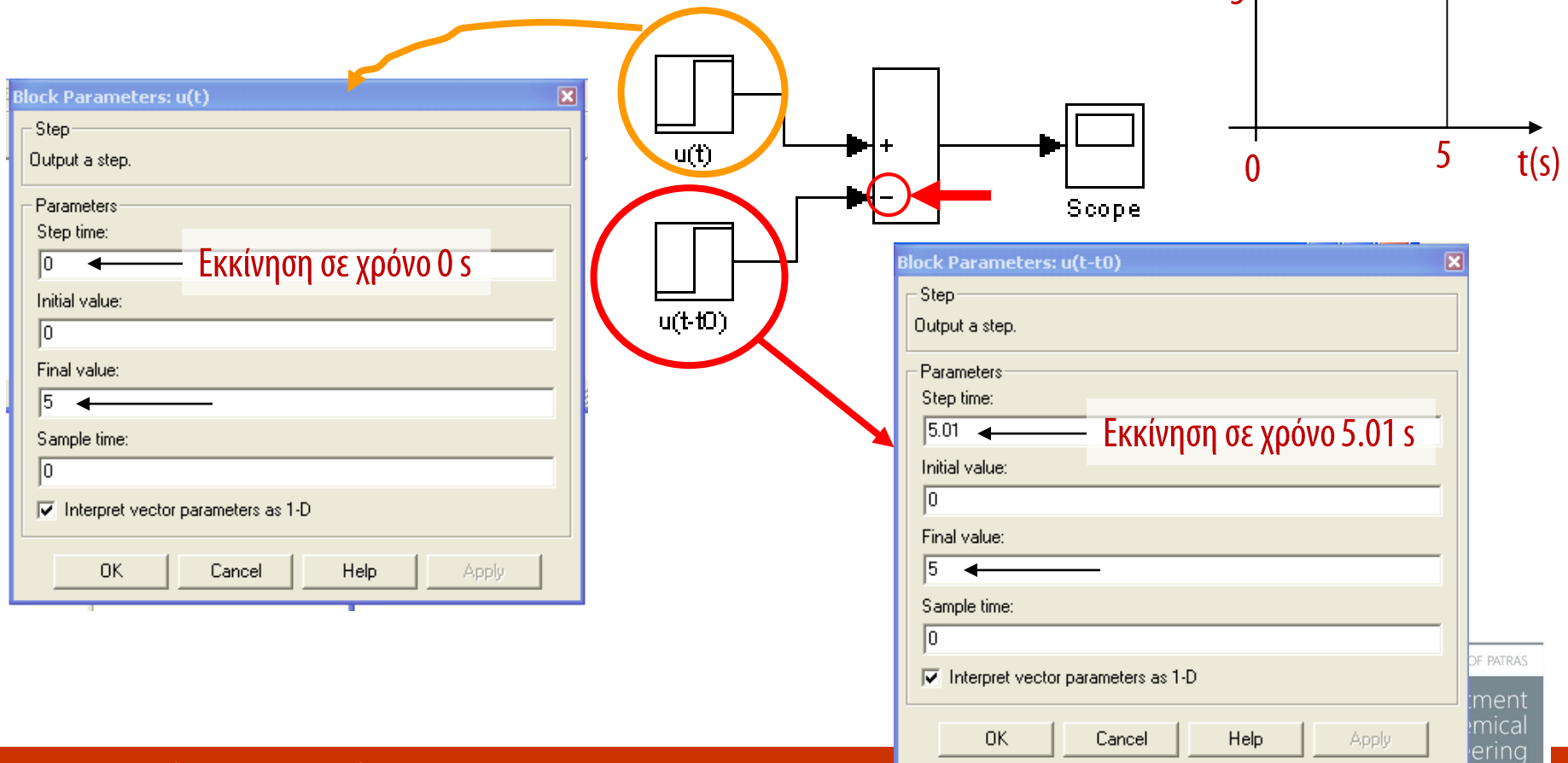
# Χρήσιμες πληροφορίες

# Συνάρτηση Ramp



$$R(x) := \max(x, 0)$$

# Παλμική Συνάρτηση ή Μοναδιαία βηματική

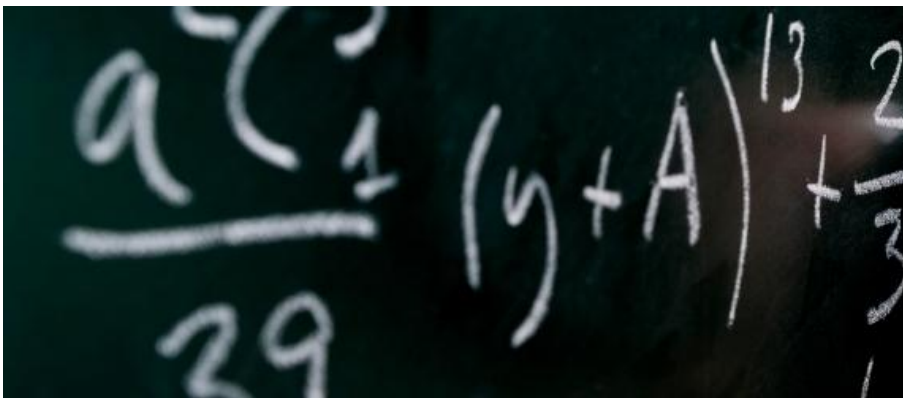






# Χρήσιμες πληροφορίες

- Για να τρέξουν τα προγράμματα , πρέπει να είναι στη τρέχουσα διεύθυνση (directory) ή στη διεύθυνση που ορίζει το path (goto **File** → **Set path... →** )
- Για την αντιγραφή του μοντέλου του Simulink από την επιφάνεια εργασίας του Simulink και προσθήκη στην αναφορά (**Edit** → **Copy model to clipboard**)
- Για βοήθεια με το SIMULINK ( **Simulink Library Browser** → **Click Help**)



# Τέλος διάλεξης