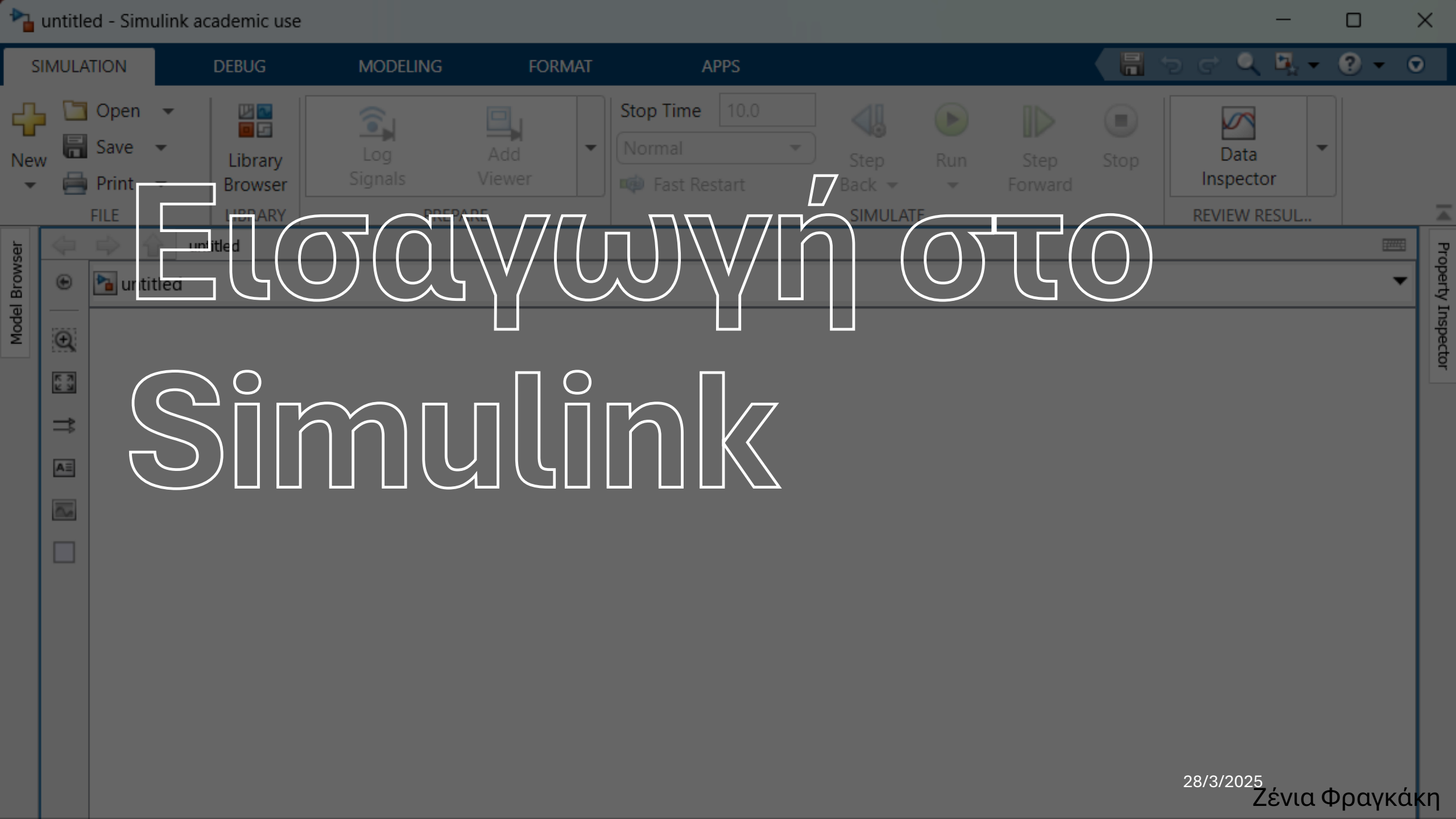


Simulink και απλά Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου

Περιεχόμενο Παρουσίασης

- Εισαγωγή στο Simulink
- Βασικές λειτουργίες και χαρακτηριστικά Simulink
- Εισαγωγή στα Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου
- Μαθηματική μοντελοποίηση συστημάτων με το Simulink
- Εφαρμογές



Εισαγωγή στο Simulink

Τι είναι το Simulink

Διαγράμματα Μπλοκ

Το Simulink επιτρέπει τη δημιουργία διαγραμμάτων μπλοκ που απεικονίζουν μαθηματικά μοντέλα, διευκολύνοντας την ανάλυση και τον σχεδιασμό συστημάτων.

Σχέση με MATLAB

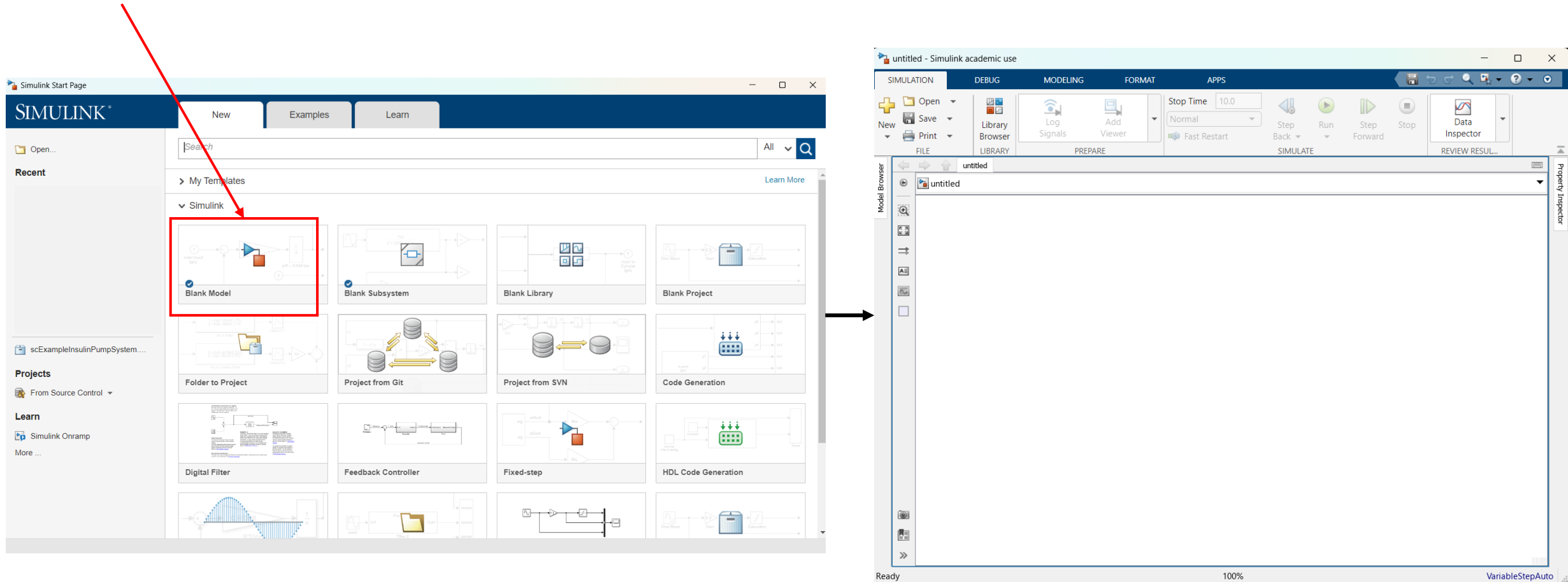
Το Simulink είναι ένα εργαλείο που σχετίζεται στενά με το MATLAB, επεκτείνοντας τις δυνατότητες προσομοίωσης και ανάλυσης των συστημάτων ελέγχου.

Προσομοίωση Συστημάτων Ελέγχου

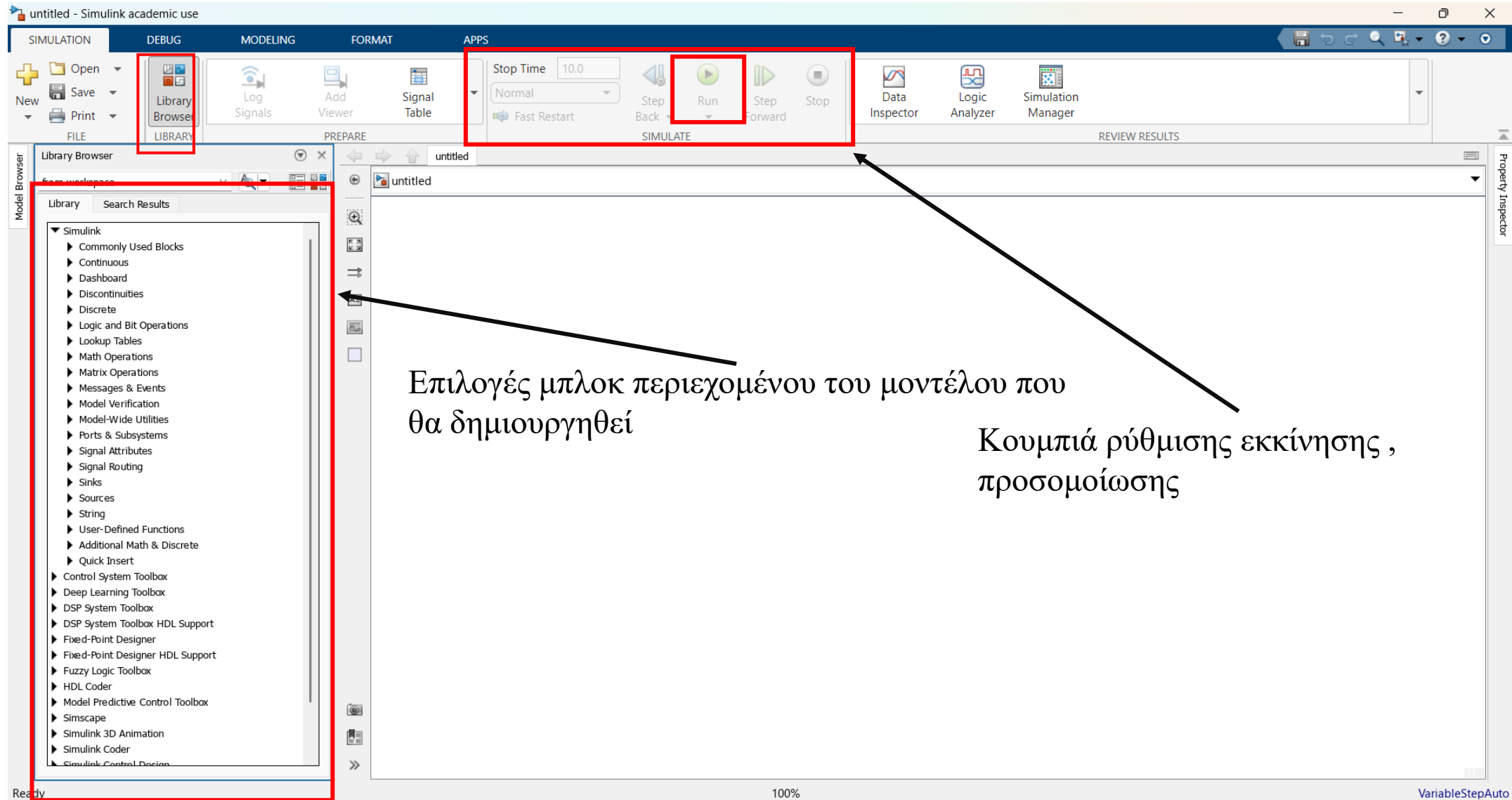
Χρησιμοποιείται ευρέως για την προσομοίωση συστημάτων ελέγχου, επιτρέποντας την αξιολόγηση και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών τους.



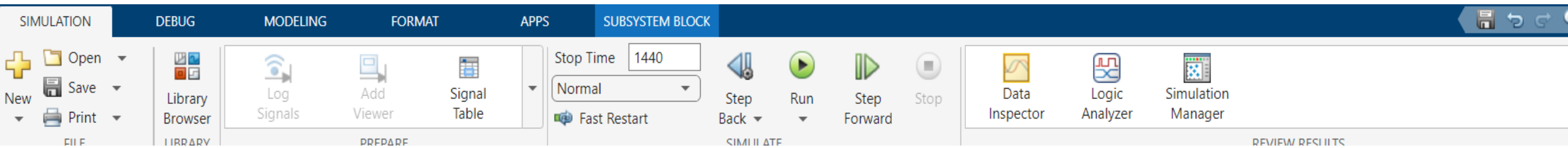
Εκκίνηση Περιβάλλοντος



Βασική Βιβλιοθήκη Simulink

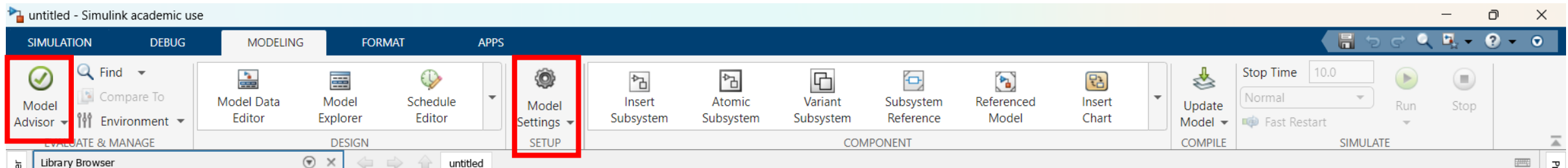


Επιλογές Εκκίνησης/Τερματισμού



- ❖ Ρύθμιση Stop Time : Χρόνος Προσομοίωσης
- ❖ Εκκίνηση προσομοίωσης με Run
- ❖ Όσο η προσομοίωση βρίσκεται σε εξέλιξη , το run μετατρέπεται σε “stop” και μπορούμε ανά πάσα στιγμή να διακόψουμε
- ❖ Πάνω αριστερά έχουμε Open/Save/New αντίστοιχης λειτουργικότητας με του MATLAB. Τα απλά αρχεία Simulink αποθηκεύονται ως «ονομα_αρχείου.slx». Ισχύουν όλοι οι περιορισμοί ονοματοδωσίας του MATLAB

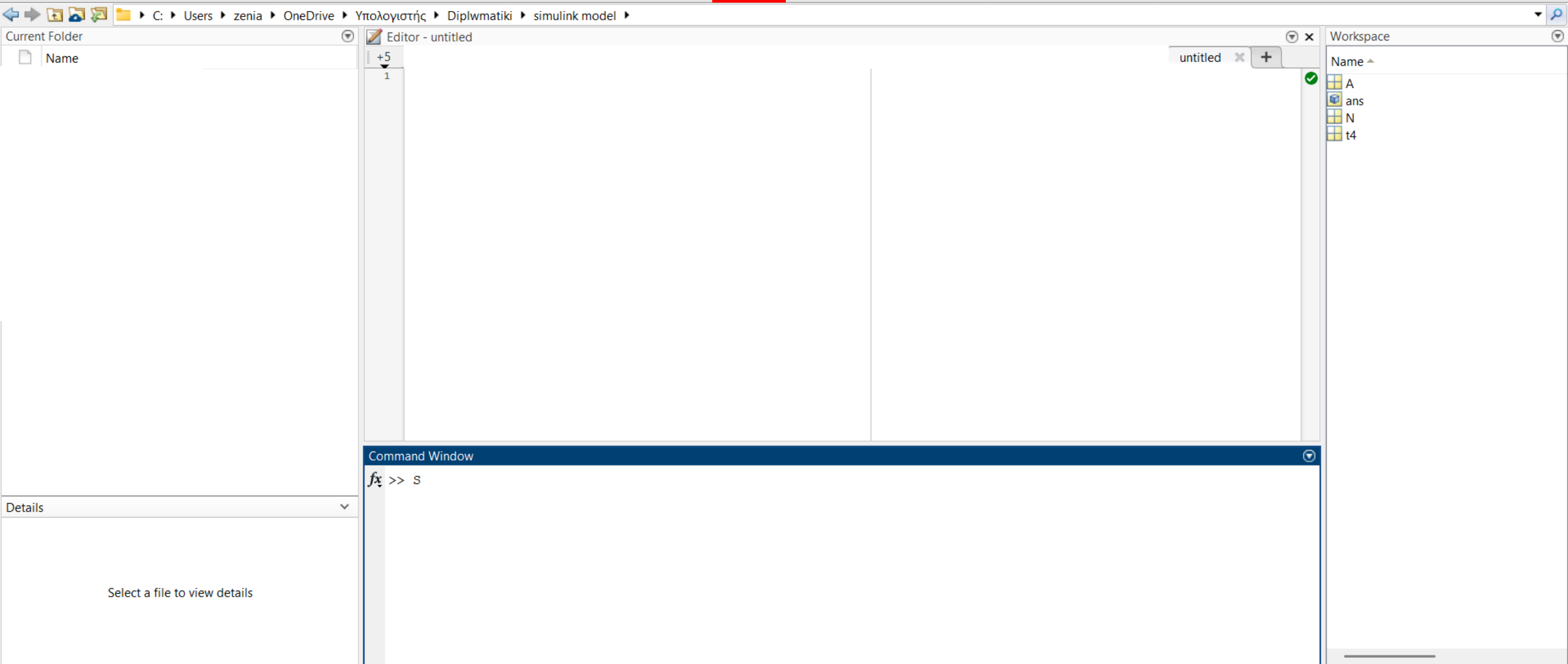
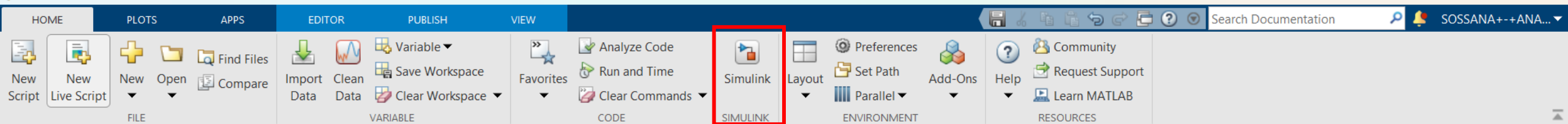
Εξειδικευμένες εντολές ρύθμισης προσομοίωσης (προαιρετικά)



Model Advisor : Μας παρέχει πληροφορίες για την προσομοίωση και τα πιθανά σφάλματα που μπορεί να προκύψουν / παρέχει χρήσιμη βοήθεια σε καταστάσεις debugging.

Model Setting : Μας επιτρέπει να επιλέξουμε λύτη (Math solver) , μέγεθος βήματος εκτέλεσης προσομοίωσης , διακριτός χρόνος/συνεχής , επιλογή λεπτομερειών για τη λειτουργία του solver (max/min steps , zero crossing , eps, tolerance κα). Επιλογές για τον τύπο των δεδομένων και κάποιες προηγμένες επιλογές για τον τύπο του λογισμικού και του επεξεργαστή.

- Σε κάθε περίπτωση συνιστάται αν δεν έχουμε γνώσεις που για την ρύθμισης του model settings , να αφήσουμε την default επιλογή “auto”.



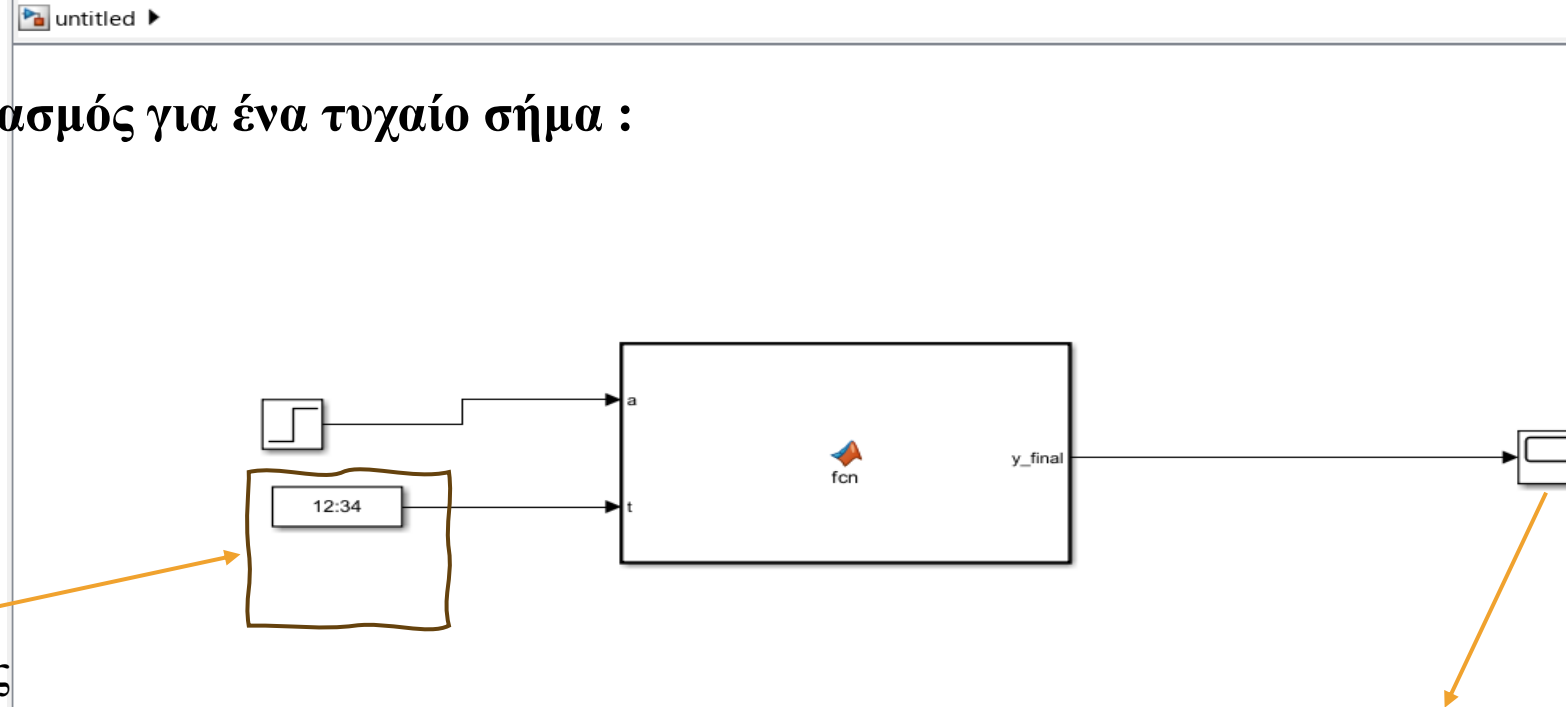
Σημαντικά Μπλοκ που πρέπει να ξέρουμε

- MATLAB function/Transfer Function
- Constant
- Addition/Deviation
- Multiply/Divide
- Product
- Gain
- Sum
- Abs
- MinMax
- Math Function
- Step
- From/To Workspace
- Scope
- Demux/Mux
- Display
- Clock/Digital Clock

MATLAB Fcn


- Στην περίπτωση που η συνάρτηση που έχουμε δημιουργήσει είναι χρονικά εξαρτώμενη , ο τρόπος να σχεδιαστεί βασίζεται στο **clock** (ή **digital clock**) .
- **ΔΕΝ υφίσταται** το $x(t)$ με τον ίδιο τρόπο που δημιουργείται ένα χρονικά μεταβαλλόμενο σήμα στον editor του MATLAB
- **Προτεινόμενος σχεδιασμός για ένα τυχαίο σήμα :**

Χρόνος
Προσομοίωσης



Όπως και σε κάθε περίπτωση με διπλό κλικ στο score μπορούμε να δούμε γραφική αναπαράσταση του σήματος μας

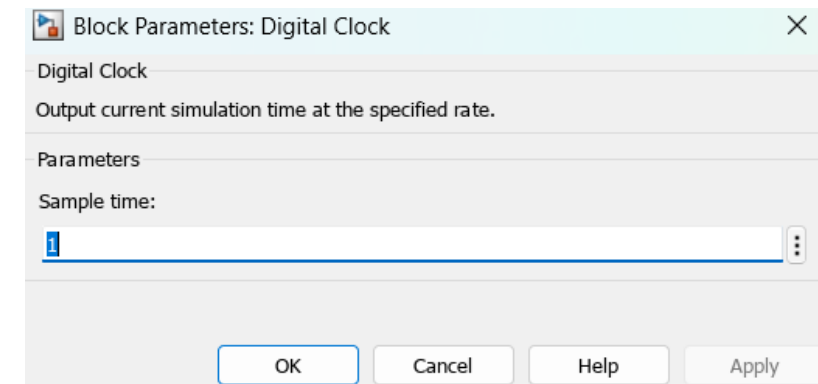
Block Clock ή Digital Clock

Clock : 

- Παρέχει **συνεχή** (continuous) τιμή του χρόνου προσομοίωσης
- Default χρόνος δειγματοληψίας από solver

Digital Clock : 

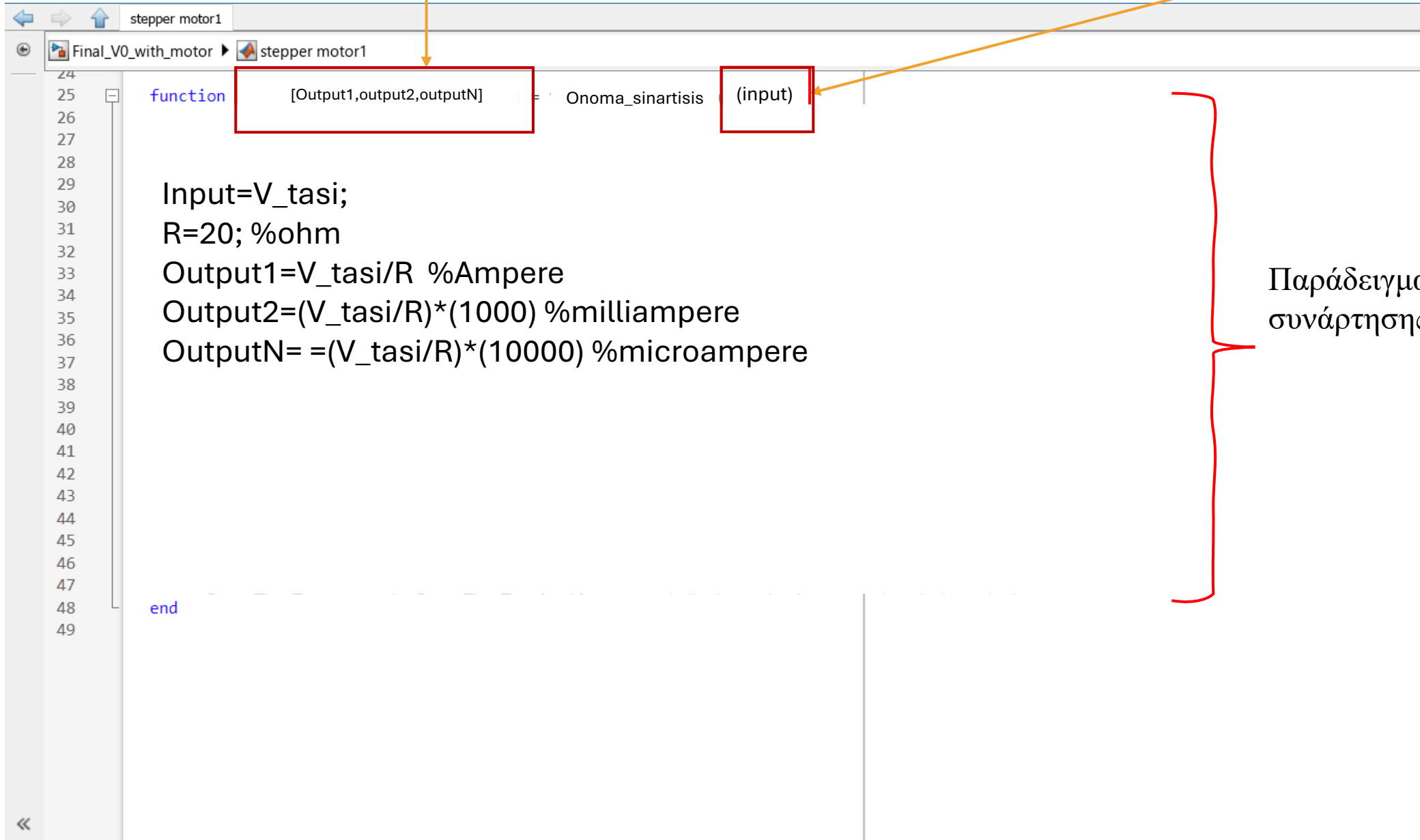
- Παρέχει **διακριτή** (discrete) τιμή του χρόνου προσομοίωσης
- Ορισμός- Επιλογή χρόνου δειγματοληψίας. Επιλογή χρόνο δειγματοληψίας κάνουμε με διπλό κλικ πάνω στο μπλοκ



MATLAB Fcn

Έξοδος

Είσοδος



The image shows a MATLAB Function Editor window for a function named 'stepper motor1'. The function signature is `function [Output1,output2,outputN] = Onoma_sinartisis (input)`. The function body contains the following code:

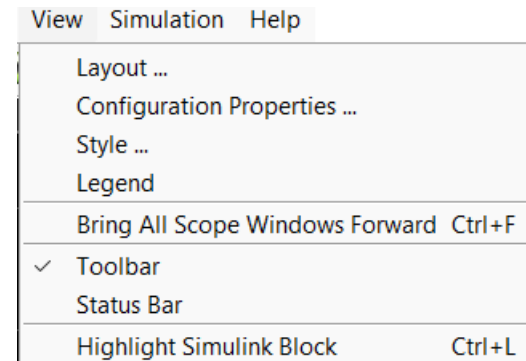
```
25 function [Output1,output2,outputN] = Onoma_sinartisis (input)
26
27
28
29 Input=V_tasi;
30 R=20; %ohm
31
32 Output1=V_tasi/R %Ampere
33 Output2=(V_tasi/R)*(1000) %milliampere
34 OutputN= =(V_tasi/R)*(10000) %microampere
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48 end
49
```

Annotations include a red box around the output list `[Output1,output2,outputN]` with an arrow pointing to the word 'Έξοδος' (Output), and another red box around the input `(input)` with an arrow pointing to the word 'Είσοδος' (Input). A large red bracket on the right side of the function body is labeled 'Παράδειγμα απλής συνάρτησης' (Example of a simple function).

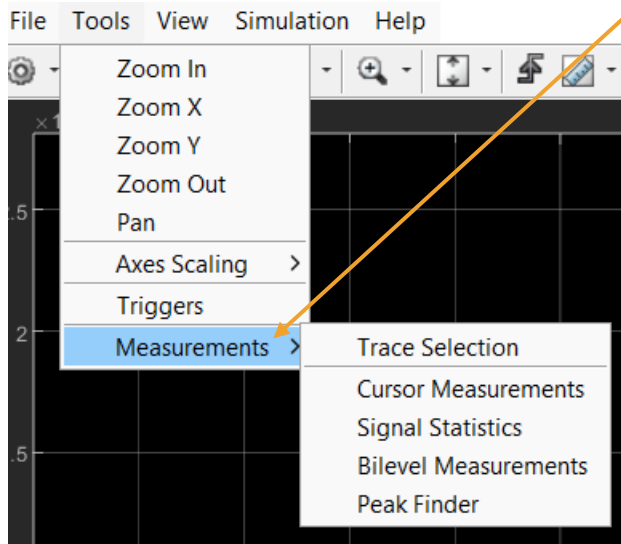
Παράδειγμα απλής
συνάρτησης

Scope

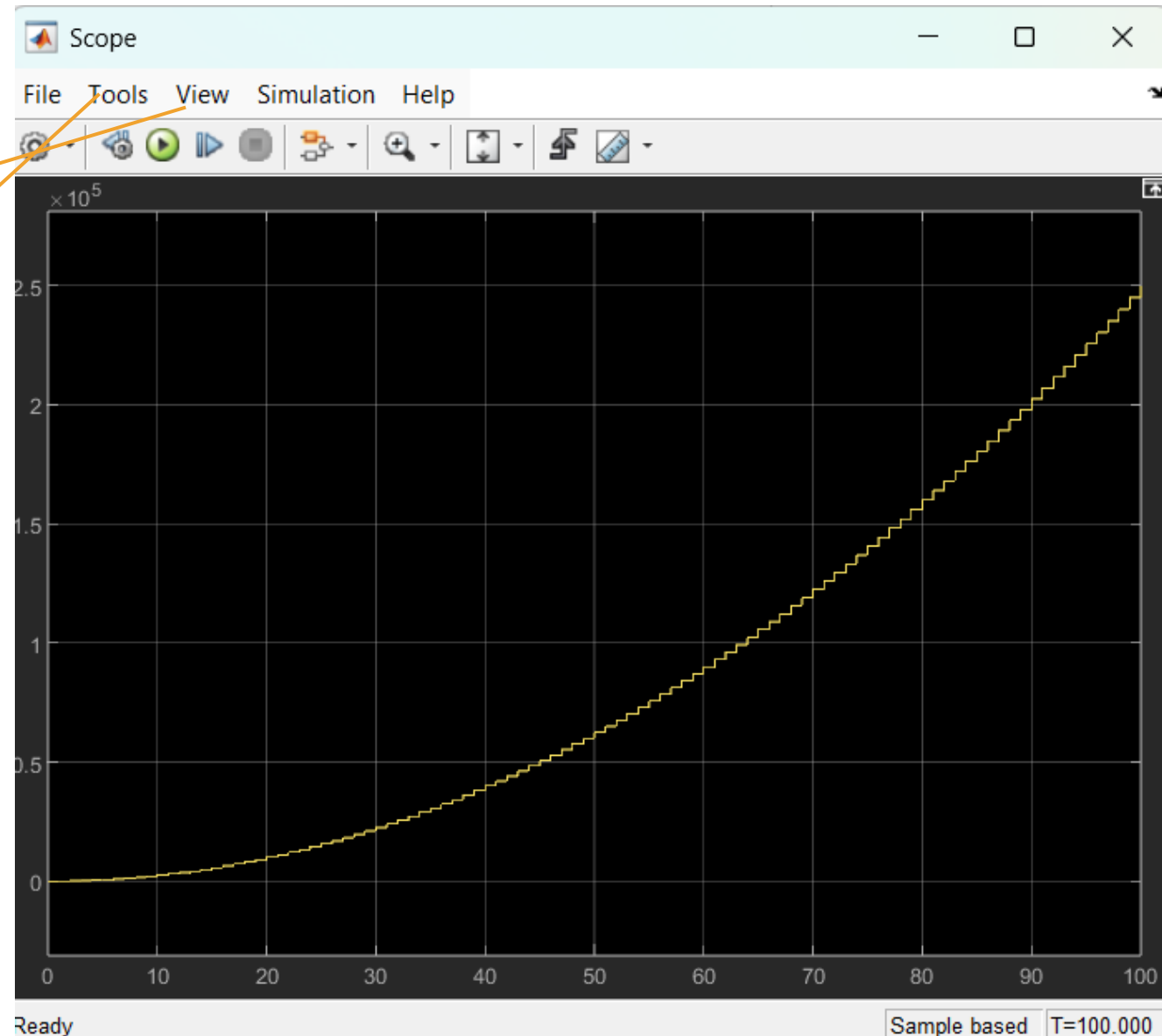
Έστω στη γραφική αναπαράσταση δεξιά
παρατηρούμε ένα εκθετικά αυξανόμενο σήμα



Γραφική προσαρμογή
(χρώματα ,μεγέθη ,
άξονες,ετικέτες)



Αυτοματοποιημένες
μετρικές του Simulink



Σενάρια/Παραδείγματα

Δημιουργία :

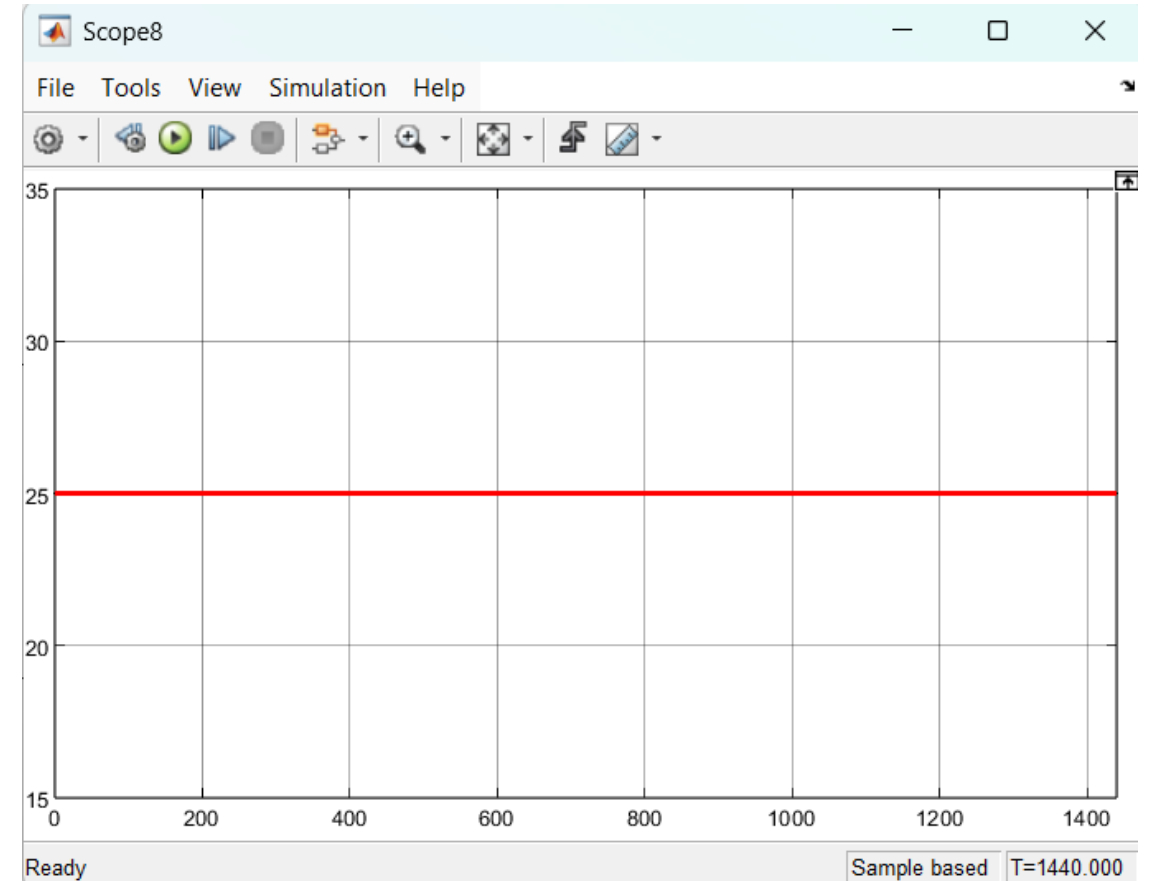
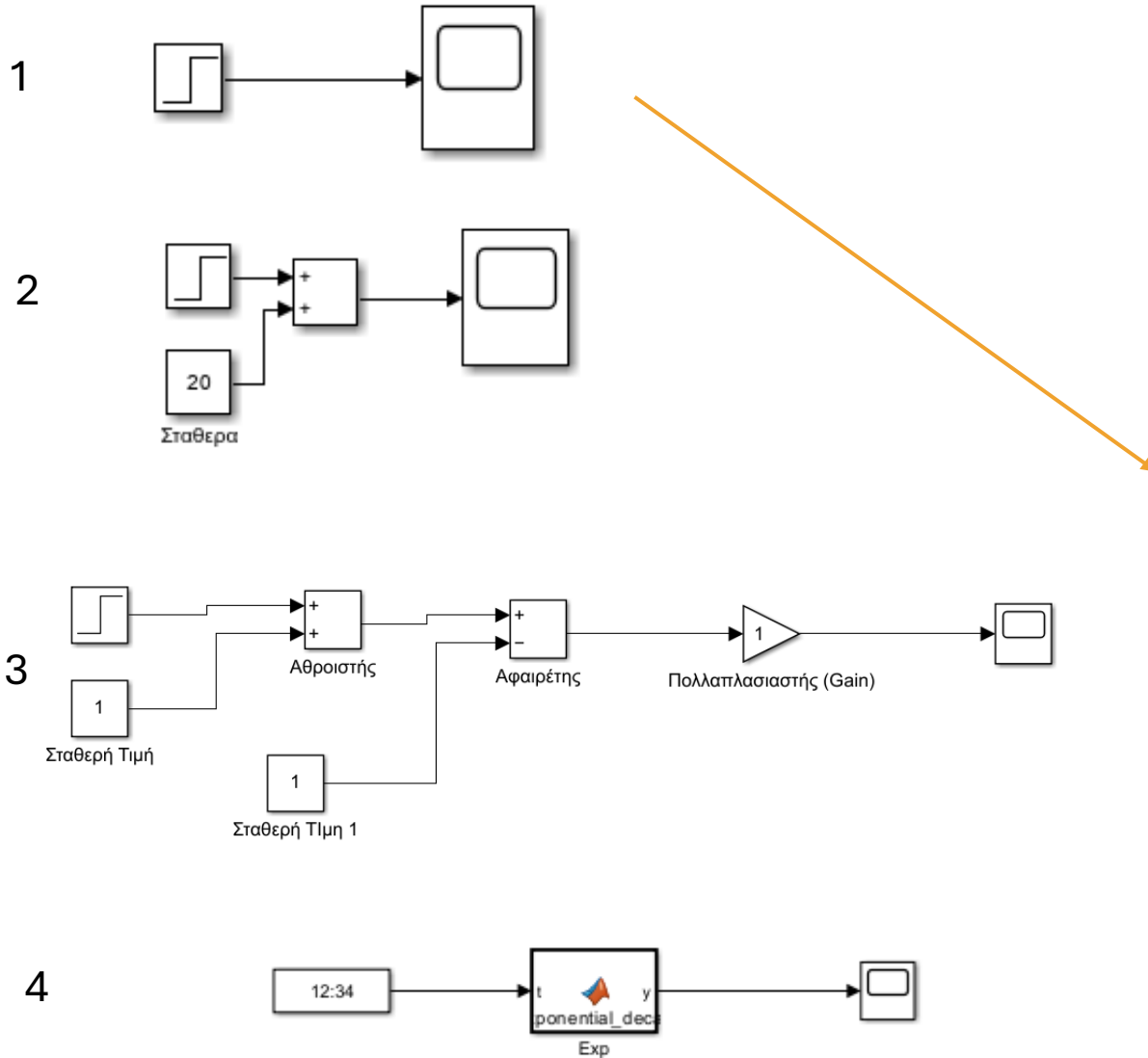
1. Step + Scope
2. Step που θα της προσθέσουμε μία σταθερή τιμή + Scope
3. Step που στη συνέχεια θα της προσθέσουμε μία σταθερή τιμή .Από το αποτέλεσμα θα αφαιρέσουμε μία σταθερή και θα την πολλαπλασιάσουμε με το 5 +Scope

Δημιουργία :

- Matlab function:

4) Που θα δημιουργεί ένα εκθετικά μειούμενο σήμα με πλάτος 20 και συντελεστή μείωσης 0.2 και χρόνο δειγματοληψίας 1.Ο χρόνος προσομοίωσης να οριστεί στο 100

Λύσεις



Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου και Simulink

Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου

Τι είναι ο αυτόματος έλεγχος σε συντομία;

Ο αυτόματος έλεγχος αποτελεί βασικό εργαλείο των περισσότερων βιομηχανικών διεργασιών. Συνεισφέρει στην διατήρηση , διόρθωση και έλεγχο παραμέτρων όπως για παράδειγμα ταχύτητα περιστροφής και θερμοκρασία ενός κινητήρα. Γενικότερα τα συστήματα αυτόματου ελέγχου λειτουργούν σε προκαθορισμένα όρια , όταν η μετρούμενη τιμή του ελεγχόμενου συστήματος ξεπεράσει το κατώφλι (threshold/setpoint/επιθυμητή τιμή) , το σύστημα συγκεντρώνει το σφάλμα μεταξύ μετρούμενης και επιθυμητής τιμής , τροφοδοτώντας με αυτό έναν ελεγκτή , όπου είναι κατάλληλα ρυθμισμένος να υπολογίζει την τιμή της μεταβλητής ελέγχου , ώστε να επαναφέρει το ελεγχόμενο σύστημα στα επιθυμητά όρια.

Πως εφαρμόζεται;

Ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου μπορεί να είναι υλοποιήσιμο είτε ψηφιακά είτε αναλογικά . Τις περισσότερες φορές τα συστήματα αυτά είναι προγραμματισμένα σε μικροελεγκτές και ολοκληρωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Προσομοιώσεις μπορούν πραγματοποιηθούν επαρκώς σε MATLAB/Simulink , Python .

Εφαρμόζεται στις βιολογικές εφαρμογές και στα συστήματα μηχανικών βιοϊατρικής;

Ναι , ο αυτόματος έλεγχος αποτελεί ένα μεγάλο παρακλάδι της βιοϊατρικής μηχανικής καθώς εφαρμόζεται σε ρομποτικούς βραχίονες και συστήματα , μελέτες εμβιομηχανικής , αυτοματοποιημένες διεργασίες σε νοσοκομεία και εργαστήρια και αυτοματοποιημένα συστήματα έκχυσης φαρμάκων (πχ τεχνητό πάγκρεας) ή σε εφαρμογές βιοαισθητήρων και lab-on-chip

Τι είναι όμως σύστημα;;

Σύστημα είναι το σύνολο των επιμέρους στοιχείων (ΟΛΩΝ) του μοντέλου που κατασκευάζουμε. Το σύστημα το χαρακτηρίζουν (ένα παράδειγμα..) :

- Ο ελεγκτής (πχ ένας PID)
- Το μαθηματικό μοντέλο που προσδιορίζει την ελεγχόμενη μεταβλητή
- Η ελεγκτική μεταβλητή που προσδιορίζεται από τον PID και την ελεγχόμενη μεταβλητή
- Ένας ψηφιακός αισθητήρας που ορίζει το ρυθμό δειγματοληψίας
- Τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος

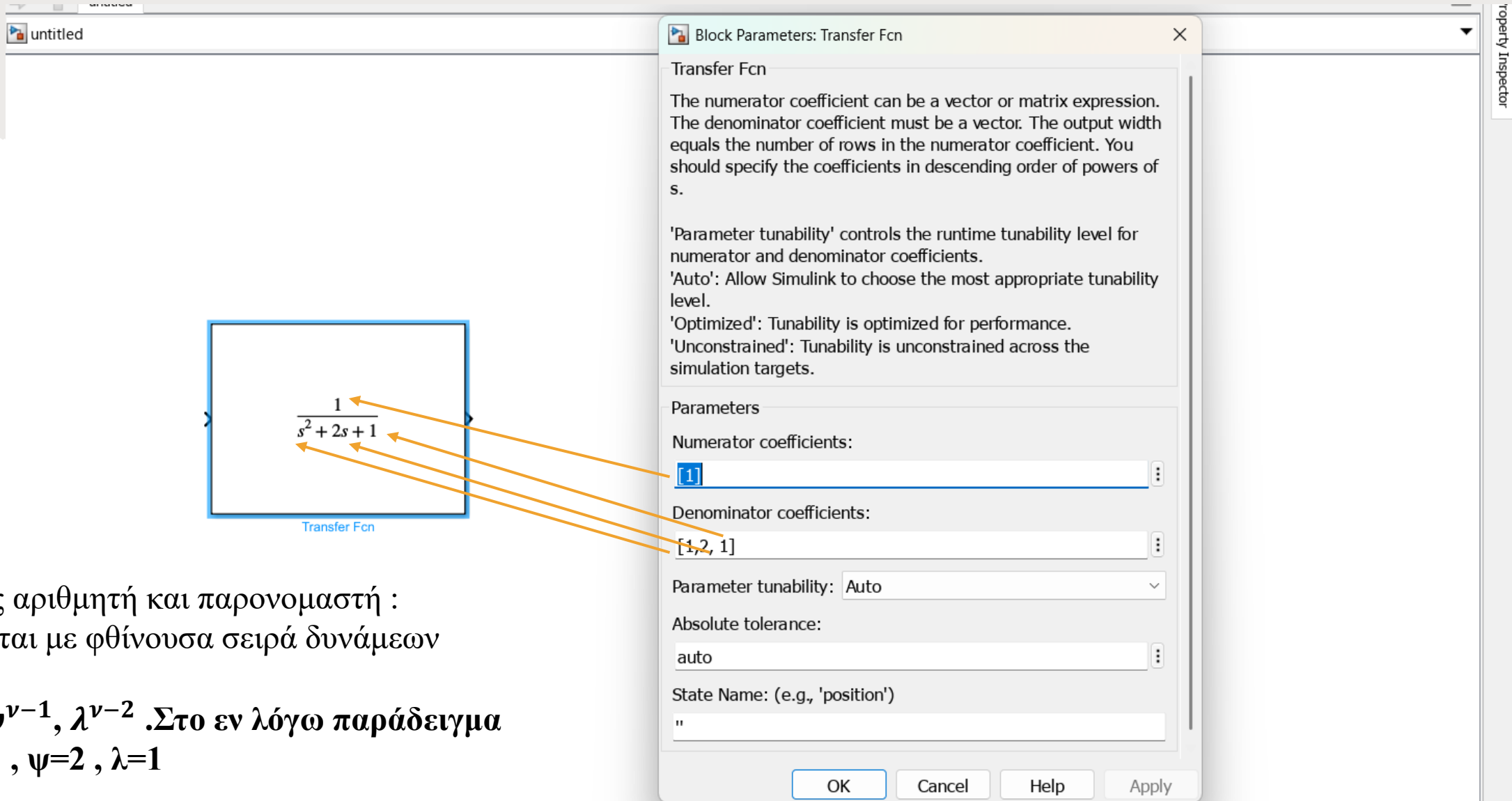
Βασικά μέρη ενός ΣΑΕ

- Μαθηματικό μοντέλο
- Αισθητήρας/Δειγματοληψία
- Ανατροφοδότηση
- Σφάλμα
- Ελεγκτής
- Είσοδος/Εξοδος συστήματος

Χρήσιμα Μπλοκ στο Simulink

- Transfer function Block
- Feedback Block
- PID block

Transfer Function (Fcn) block



The image shows a Simulink model window with a 'Transfer Fcn' block. The block's transfer function is $\frac{1}{s^2 + 2s + 1}$. Four orange arrows point from the coefficients in the transfer function to the corresponding input fields in the 'Block Parameters: Transfer Fcn' dialog box. The dialog box shows the Numerator coefficients as [1] and the Denominator coefficients as [1, 2, 1]. The Parameter tunability is set to 'Auto', the Absolute tolerance is 'auto', and the State Name is empty.

untitled

Block Parameters: Transfer Fcn

Transfer Fcn

The numerator coefficient can be a vector or matrix expression. The denominator coefficient must be a vector. The output width equals the number of rows in the numerator coefficient. You should specify the coefficients in descending order of powers of s.

'Parameter tunability' controls the runtime tunability level for numerator and denominator coefficients.

'Auto': Allow Simulink to choose the most appropriate tunability level.

'Optimized': Tunability is optimized for performance.

'Unconstrained': Tunability is unconstrained across the simulation targets.

Parameters

Numerator coefficients:

[1]

Denominator coefficients:

[1, 2, 1]

Parameter tunability: Auto

Absolute tolerance:

auto

State Name: (e.g., 'position')

"

OK Cancel Help Apply

Transfer Fcn

Property Inspector

Συντελεστές αριθμητή και παρονομαστή :
Τοποθετούνται με φθίνουσα σειρά δυνάμεων

Π.χ. : χ^n , ψ^{n-1} , λ^{n-2} .Στο εν λόγω παράδειγμα
ισχύει : $\chi=1$, $\psi=2$, $\lambda=1$

Μαθηματική Μοντελοποίηση και ΣΑΕ

Σε τι εξυπηρετεί η χρήση του Simulink στη μαθηματική μοντελοποίηση;

Συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται συναρτήσεις μεταφοράς στο s-domain , ύστερα από μετασχηματισμό Laplace

Γραμμικά και Μη γραμμικά συστήματα

Διακριτά μπλοκ και κατασκευή συστημάτων

Εξυπηρετεί στη μελέτη συμπεριφοράς συστημάτων πριν υλοποιηθούν σε πραγματικές συνθήκες

***Μετασχηματισμός Laplace : Time domain (t) → S-domain (s) → Ενδεχόμενη ευκολότερη ρύθμιση παραμέτρων PID**

Μιλώντας για Έλεγχο

Εισάγεται η έννοια της ανατροφοδότησης. Τι είναι η ανατροφοδότηση;

Ανατροφοδότηση είναι ουσιαστικά ένας αθροιστής ή ένας αφαιρέτης της μετρούμενης τιμής από την επιθυμητή.

Τι είναι το setpoint ;

Το setpoint αποτελεί την επιθυμητή κατάσταση που θέλουμε να φέρουμε το σύστημα μας.

Τι είναι ο ελεγκτής; Τι είδους ελεγκτές υπάρχουν ; Που χρησιμοποιούνται;

Είναι ένας αλγόριθμος όπου μέσα από μαθηματικές διεργασίες επιχειρεί να υπολογίσει την ποσότητα της μεταβλητής ελέγχου. Βασικοί ελεγκτές είναι τύπου PID ,PLC και MPC.

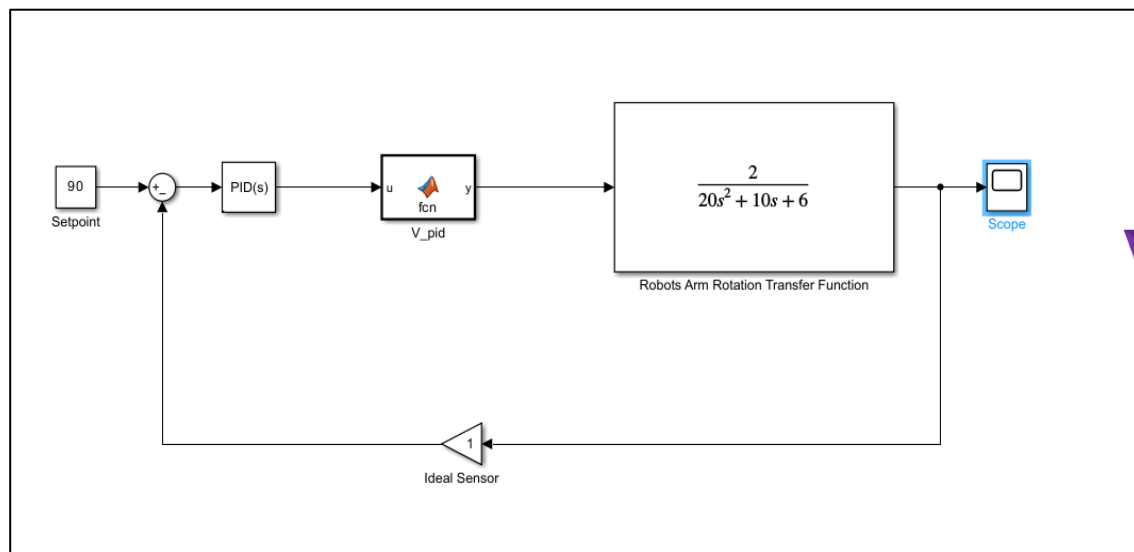
Ανοιχτοί και κλειστοί βρόγχοι:

Ανοιχτοί βρόγχοι : προσφέρουν πληροφορίες για την φυσική δυναμική του συστήματος.

Κλειστοί βρόγχοι: χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν συνεχή και χρονικά μεταβαλλόμενες διεργασίες.

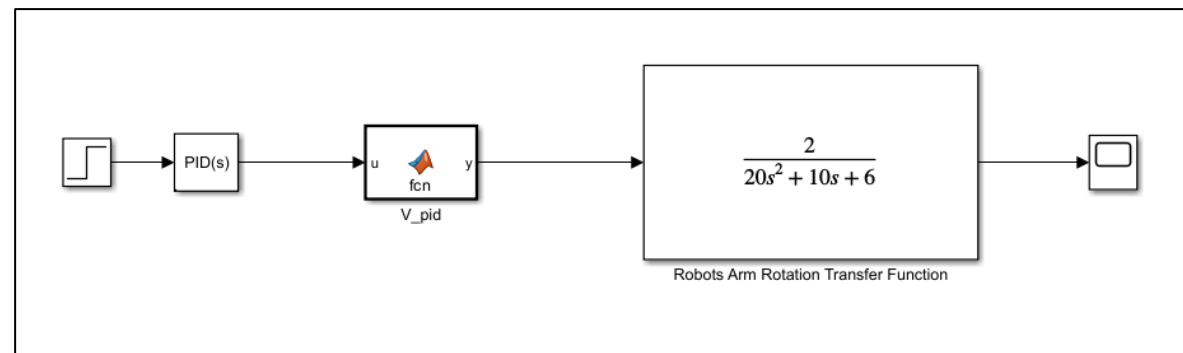
Παραδείγματα :

Κλειστοί βρόγχοι



VS

Ανοιχτοί βρόγχοι

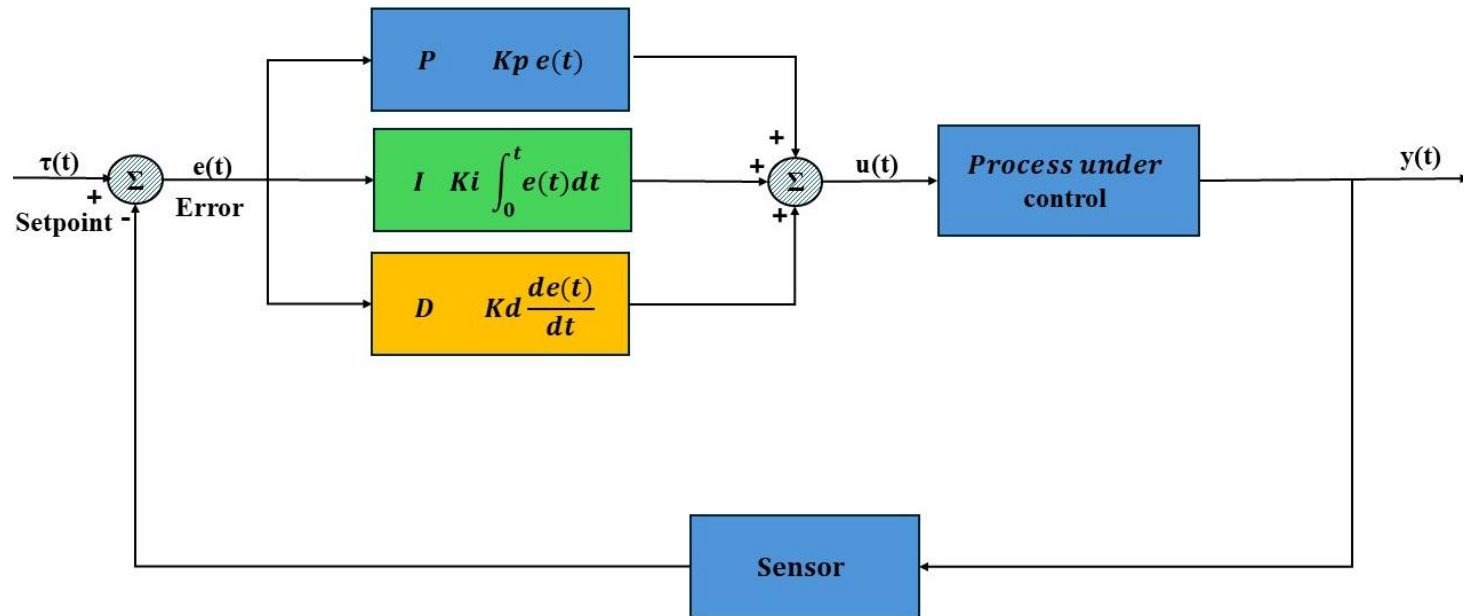


Σε συντομία...οι **ανοιχτοί βρόγχοι** είναι **απλοί** , **ευσταθείς** και **χρήσιμοι** για τη μελέτη ενός συστήματος αλλά ταυτόχρονα είναι ιδιαίτερα **ευαίσθητοι** σε εξωτερικές επιπρόσθετες παρεμβολές. Οι **κλειστοί** είναι πιο **περίπλοκοι** , η **ευστάθεια** τους **απαιτεί ιδιαίτερους χειρισμούς** , ωστόσο αν ρυθμιστούν **κατάλληλα** οι ελεγκτές μπορούν να δώσουν **ΑΡΤΙΟ** αποτέλεσμα ακόμα και σε **μεγάλες επιπρόσθετες διαταραχές**.

Ελεγκτής τύπου PID

Αποτελείται από τα τρία
μέρη:

- P (Proportional)
- I (Integral)
- D (Derivative)



$$\text{PID output : } u = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Παράμετροι PID ελεγκτή

Ο αναλογικός όρος (P) προσαρμόζει την έξοδο της διαδικασίας με βάση το σφάλμα (e), μεταξύ της μετρούμενης τιμής και του σημείου ρύθμισης. Καθώς αυξάνεται το σφάλμα, εφαρμόζεται μεγαλύτερη διόρθωση στο σύστημα.

$$\text{Αναλογική έξοδος} = K_p e(t)$$

Ο ολοκληρωτικός όρος (I) είναι ένα μέρος του στοιχείου ελέγχου που προσαρμόζει το συσσωρευμένο σφάλμα με την πάροδο του χρόνου. Στοχεύει στην εξάλειψη του σφάλματος σταθερής κατάστασης και στη βελτίωση της σταθερότητας του συστήματος.

$$\text{Integral output} = K_i \int_0^t e(t) dt$$

Το τελευταίο στοιχείο που θα παρουσιαστεί είναι ο Παραγωγικός όρος (D). Ο παραγωγικός όρος προσαρμόζει την έξοδο με βάση το ρυθμό μεταβολής του σφάλματος. Στόχος του είναι να αμβλύνει τις ταλαντώσεις και να αυξήσει τη σταθερότητα.

$$\text{Derivative output} = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Ρύθμιση PID ελεγκτή

Τεχνικές :

A) Trial & Error

B) Ziegler & Nichols

C) Τεχνικές Βελτιστοποίησης

D) Υβριδικές τεχνικές

* Αυτόματο Tune (εργαλείο PID block)

Ziegler & Nichols 2nd rule :

$$K_p = 0.6 \cdot K_u$$

$$K_i = \frac{2 \cdot K_p}{T_u}$$

$$K_d = \frac{K_p \cdot T_u}{8}$$

Επιλογές φιλτραρίσματος εντός συγκεκριμένου εύρους

Επιλογή συνεχούς ή διακριτού χρόνου

PID BLOCK

Block Parameters: PID Controller

PID 1dof (mask) (link)

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

☒ Continuous-time
☐ Discrete-time

Discrete-time settings

Sample time (-1 for inherited): -1

Compensator formula

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

Main Initialization Saturation Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 1

Integral (I): 1 ☐ Use I*Ts (optimal for codegen)

Derivative (D): 3 ☐ Use externally sourced derivative


Filter coefficient (N): 100 ☒ Use filtered derivative

Automated tuning

OK Cancel Help Apply

Επιλέγουμε τις τιμές των παραμέτρων ,πατάμε Apply και μετά OK

Αυτόματο Tune γραμμικών συστημάτων

 Block Parameters: PID Controller ✕

PID 1dof (mask) (link)

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

☒ Continuous-time

☐ Discrete-time

Discrete-time settings

Sample time (-1 for inherited): -1

▼ Compensator formula

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

Main Initialization Saturation Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 2.19124374372744

Integral (I): 1.21958917993173 ☐ Use I*Ts (optimal for codegen)

Derivative (D): 0.850047968555755 ☐ Use externally sourced derivative

Filter coefficient (N): 18.9306700833248 ☒ Use filtered derivative

Automated tuning

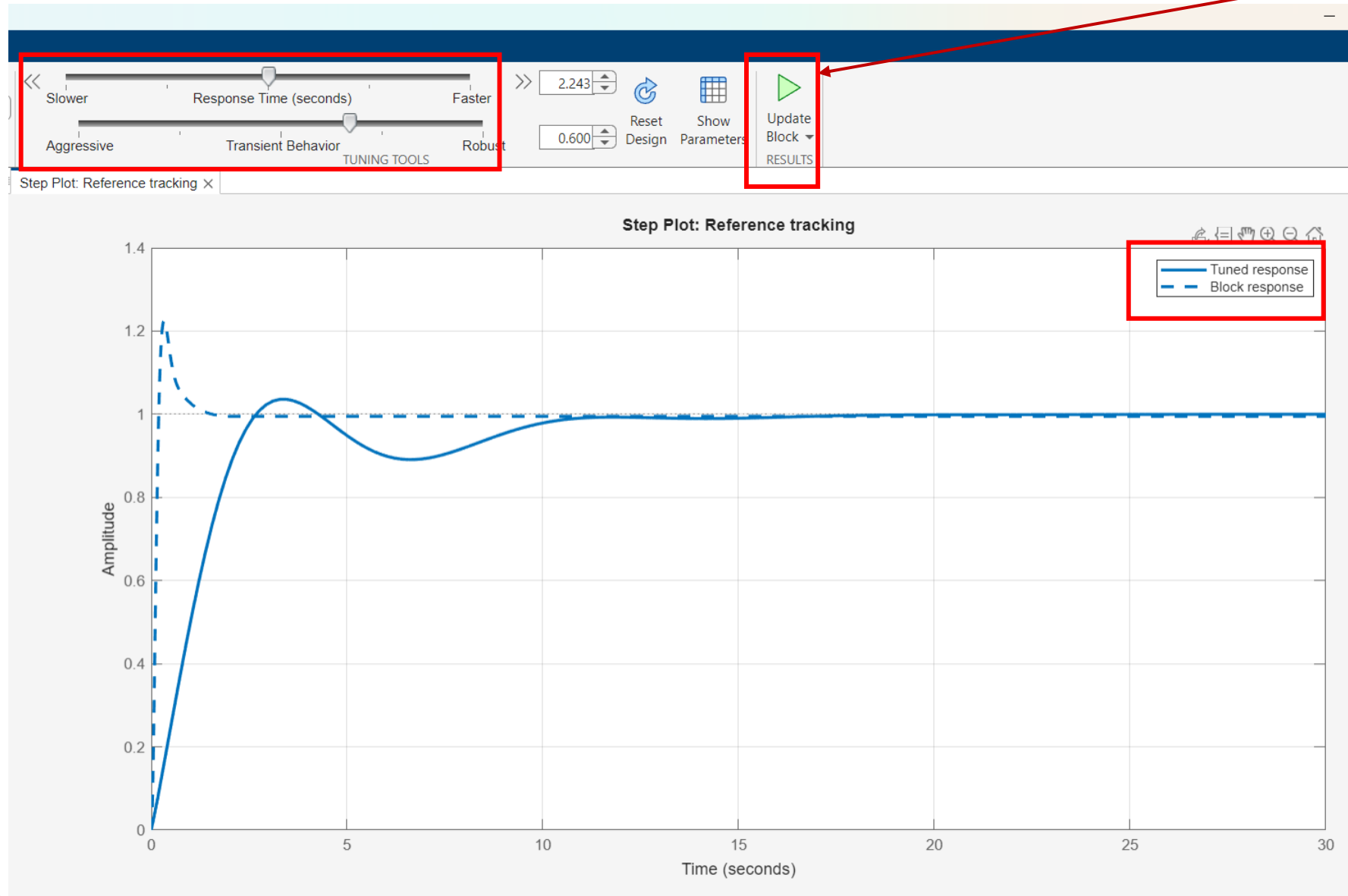
Select tuning method: Transfer Function Based (PID Tuner App) Tune...

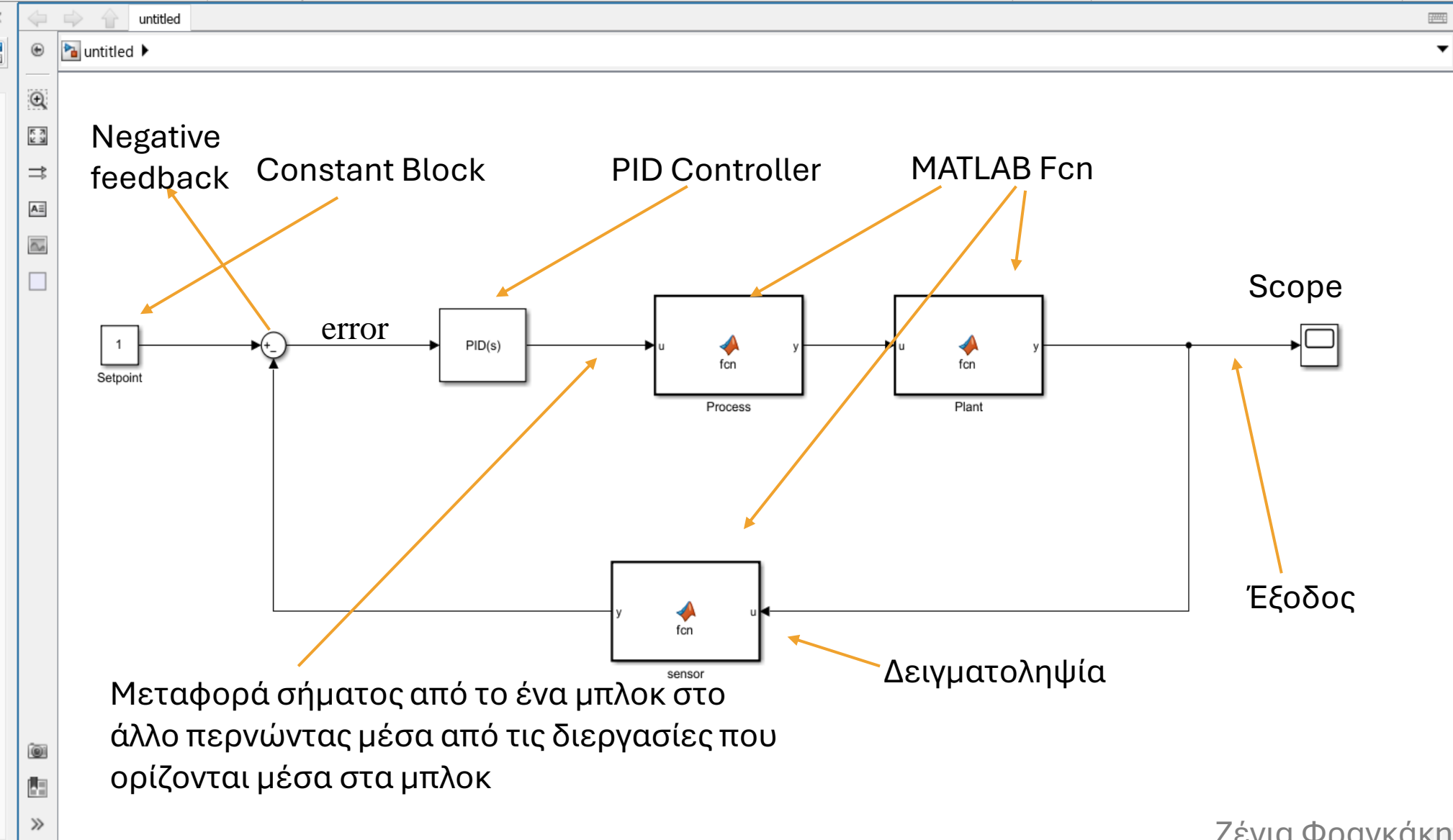
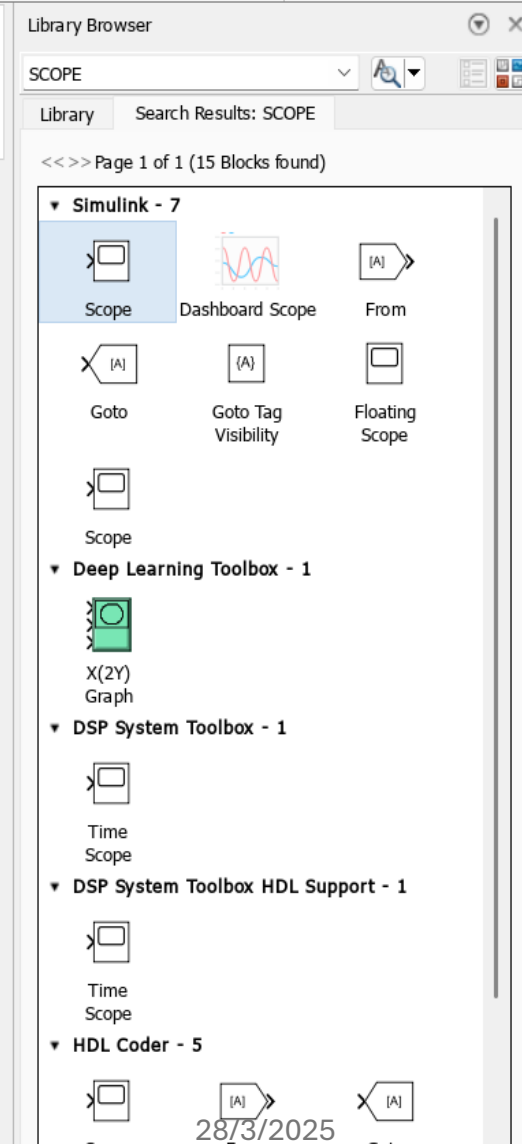
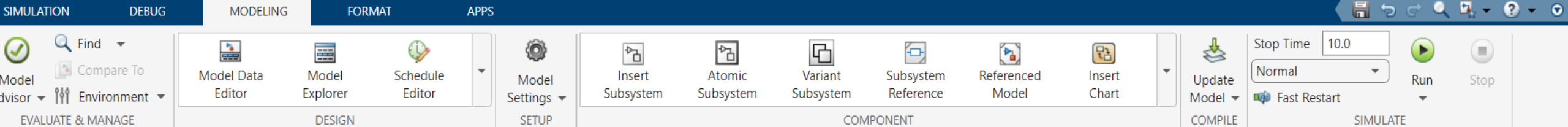
☒ Enable zero-crossing detection

Name: ZeroCro

OK Cancel Help Apply

Αυτόματο Tune γραμμικών συστημάτων





Έλεγχος και Αποτελέσματα

Τι περιμένουμε από τη δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος;

- Περιμένουμε το σύστημα μας να έχει σταθεροποιηθεί στην επιθυμητή κατάσταση , μέσα σε ορισμένο χρονικό διάστημα χωρίς να έχουν προηγηθεί μεγάλες «ταλαντώσεις» και διακυμάνσεις από το setpoint

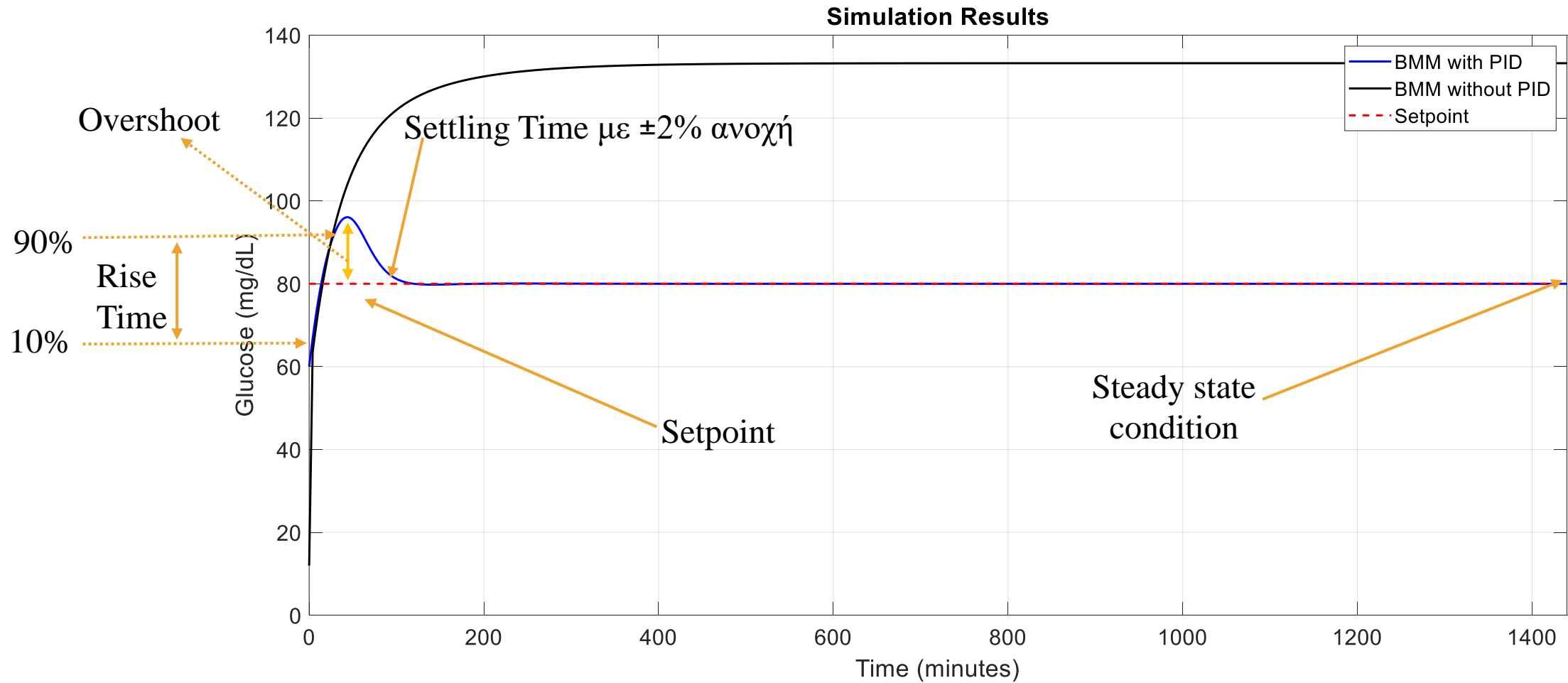
Πως μετράμε την απόδοση(συχνά αναφέρεται και ως «performance») του συστήματος ;

Κλασσικές μετρικές στη θεωρία ελέγχου είναι :

- Steady-state-error
- Settling Time
- Rise Time
- Overshoot/Undershoot

*Ανάλογα την εφαρμογή οι μετρικές που χρησιμοποιούνται μπορεί να διαφέρουν. Οι παραπάνω αναφορές αποτελούν απλώς κάποιες κλασσικές επιλογές.

Έξοδος συστήματος $y(t)$ με PID ελεγκτή



Εφαρμογές (Επιλογή 1 ή 2)

Επιλογή 1:

Δημιουργίας ενός συστήματος ελέγχου που προσομοιώνει και ελέγχει την κίνηση λειτουργία ρομποτικού βραχίονα ενός nao bot.

Επιλογή 2:

Δημιουργίας ενός συστήματος ελέγχου που προσομοιώνει και ελέγχει έκχυση ενός φαρμάκου στον ανθρώπινο οργανισμό.

*Πληροφορίες για την κάθε εφαρμογή θα βρείτε στις επόμενες διαφάνειες , ανάλογα με την εφαρμογή που θα διαλέξετε



Επιλογή 1



Ο Νάο αναλαμβάνει την πιο κρίσιμη αποστολή του: πρέπει να πατήσει το κουμπί για την εκτόξευση ενός διαστημοπλοίου. Τον ρομποτικό του βραχίονα, ρυθμίζει ένας αλγόριθμος PID, υπολογίζοντας ακριβώς τη δύναμη και τη γωνία της κίνησης του χεριού του, ώστε να πατήσει το κουμπί με την τέλεια ακρίβεια. Κάθε κίνηση παρακολουθείται προσεκτικά μέσω αρνητικής ανατροφοδότησης, εξασφαλίζοντας ότι δεν θα υπάρξει λάθος ούτε στην παραμικρή κίνηση. Με την απόλυτη συνέπεια και ταχύτητα, ο Νάο πατάει το κουμπί και η εκτόξευση του διαστημοπλοίου είναι πλέον σε πλήρη εξέλιξη, αποδεικνύοντας την ακριβή και ασφαλή λειτουργία του ρομποτικού ελέγχου σε κρίσιμες αποστολές

28/3/2025

A = 1° νούμερο AM , B=1° νούμερο AM*10, Γ τελευταίο νούμερο AM

ΣΤΟΧΟΣ : Ρύθμιση PID ώστε το σύστημα να έρχεται σε ισορροπία στο setpoint σε λιγότερο από **3 δευτερόλεπτα**. Ορίστε **simulation time 10s**

PARTS

- Μαθηματικό Μοντέλο (Συνάρτηση Μεταφοράς=Matlab Fcn Block) γωνίας περιστροφής ρομποτικού βραχίονα :

$$G(s)=A/(Bs^{(2)}+A*5s+\Gamma)$$

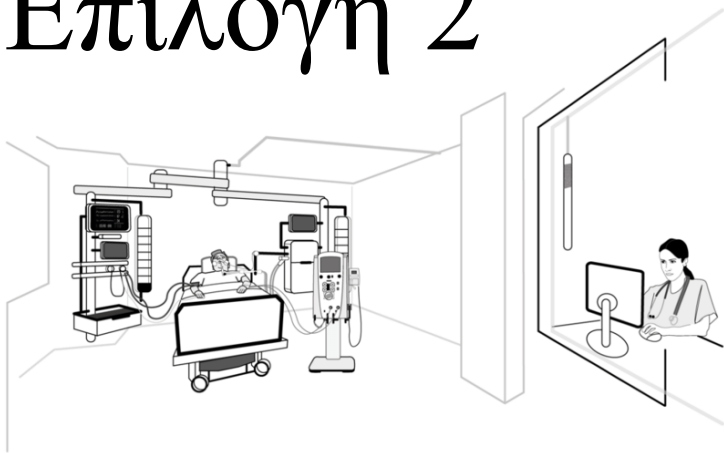
- Ιδανικός αισθητήρας όπου περνάει το σήμα από μέσα του αναλλοίωτο να προσομοιωθεί με **gain** με τιμή 1.
- **Setpoint** του συστήματος θα είναι οι **90 μοίρες**
- **PID**
- Διεργασία (**Matlab Function**) που δέχεται **είσοδο** την τιμή του PID (τάση) που πολλαπλασιάζεται με **100** (βήμα περιστροφής κινητήρα). Η έξοδος **y** (pid_value*100) δίνεται ως είσοδος στη συνάρτηση μεταφοράς
- **Αρνητική ανατροφοδότηση**
- **Constant block** για το setpoint

HINTS :

1) Για να ρυθμίσετε τον PID , ξεκινήστε μηδενίζοντας Ki, Kd και ορίζοντας μικρή τιμή στο Kp , κατόπιν ξεκινήστε να αυξομειώνετε τις τιμές παρακολουθώντας την απόκριση του ελεγκτή.

2) Αν δεν τα καταφέρετε φωνάξτε με! (ή χρησιμοποιήστε το κουμπί tune και (μετά) φωνάξτε με!

Επιλογή 2



Ιστορία :

Σε μια νοσοκομειακή μονάδα εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ), χρησιμοποιείται ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου για τη ρύθμιση της έγχυσης φυσιολογικού ορού σε ασθενείς. Το σύστημα αυτό πρέπει να εξασφαλίζει ότι η ροή του φυσιολογικού ορού είναι σταθερή και φτάνει **τον στόχο των 90 mL/min** μέσα σε λιγότερο από **4 δευτερόλεπτα**, ώστε να διασφαλιστεί η σωστή ενυδάτωση του ασθενή χωρίς υπερδοσολογία ή έλλειψη υγρών.

$A = 1^\circ$ νούμερο AM , $B = 1^\circ$ νούμερο AM*10, Γ τελευταίο νούμερο AM

ΣΤΟΧΟΣ : Ρύθμιση PID ώστε το σύστημα να έρχεται σε ισορροπία στο setpoint σε λιγότερο από 4 δευτερόλεπτα. Ορίστε simulation time **10s**.

PARTS

- Μαθηματικό Μοντέλο (Συνάρτηση Μεταφοράς=Matlab Fcn Block) που περιγράφει τη δυναμική της ροής του φυσιολογικού ορού στο σώμα :

$$G(s) = \frac{2 \cdot A}{(Bs^2 + A \cdot 2s + 3 \cdot \Gamma)}$$

- Ιδανικός αισθητήρας όπου περνάει το σήμα από μέσα του αναλλοίωτο να προσομοιωθεί με **gain** με τιμή 1.
- **Setpoint** του συστήματος θα είναι οι τα **90mL** φυσιολογικού ορού
- **PID**
- Διεργασία (**Matlab Function**) που δέχεται **είσοδο** την τιμή του PID (τάση) που πολλαπλασιάζεται με **120** (conversation factor των volt σε ρυθμό ροής) για να υπολογίσει τον ρυθμό ροής του φυσιολογικού ορού. Η έξοδος **y** (pid_value*120) δίνεται ως είσοδος στη συνάρτηση μεταφοράς
- **Αρνητική ανατροφοδότηση**
- **Constant block** για το setpoint

HINTS :

1) Για να ρυθμίσετε τον PID , ξεκινήστε μηδενίζοντας K_i , K_d και ορίζοντας μικρή τιμή στο K_p , κατόπιν ξεκινήστε να αυξομειώνετε τις τιμές παρακολουθώντας την απόκριση του ελεγκτή.

2) Αν δεν τα καταφέρετε φωνάξτε με! (ή χρησιμοποιήστε το κουμπί tune και (μετά) φωνάξτε με!