



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Χημικών Μηχανικών

Τομέας II, Ανάλυσης, Σχεδιασμού & Ανάπτυξης Διεργασιών & Συστημάτων

Εργαστήριο Αυτόματης Ρύθμισης και Πληροφορικής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ SIMULINK

Επιμέλεια:

*Εργαστήριο Ρύθμισης και Πληροφορικής
Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.*

Εισαγωγή στο simulink

Το simulink είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο του Matlab με το οποίο καθίσταται δυνατή η προσομοίωση συστημάτων προερχομένων από πληθώρα επιστημονικών περιοχών. Παρ' όλο που η χρήση του δεν προϋποθέτει γνώση του Matlab, η γνώση αυτή αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα καθώς παρέχει την δυνατότητα αποδοτικότερης χρήσης του. Ένα από τα σημαντικότερα προτερήματα του simulink είναι η απλότητά του καθώς, όπως θα φανεί στην συνέχεια, οι διευκολύνσεις που παρέχει στον χρήστη είναι πολυάριθμες.

1. Ενεργοποίηση του simulink

Το simulink είναι δυνατόν να ενεργοποιηθεί πληκτρολογώντας την εντολή simulink στο Command Window του Matlab ή κάνοντας αριστερό click στην συντόμευσή του στην γραμμή menu πάνω αριστερά.

Αφού γίνει αυτό, θα ανοίξει ένα παράθυρο με τίτλο Simulink Library Browser. Στο αριστερό τμήμα του παραθύρου απεικονίζονται οι βιβλιοθήκες για διάφορες εφαρμογές. Κάθε βιβλιοθήκη χωρίζεται σε μικρότερες και καθεμία απ' αυτές περιλαμβάνει έναν αριθμό στοιχείων (blocks) τα οποία απεικονίζονται στο δεξί τμήμα του παραθύρου. Οι βιβλιοθήκες αυτές καλύπτουν ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογών, όμως η παρούσα ανάλυση θα εντοπιστεί μόνο στην βιβλιοθήκη Simulink.

2. Άνοιγμα αρχείων και προσθήκη στοιχείων (blocks) σε αυτά

Για να ανοίξουμε ένα νέο αρχείο simulink ή ένα ήδη υπάρχον χρησιμοποιούνται οι γνωστές συντομεύσεις των windows στην γραμμή menu πάνω αριστερά στο παράθυρο Simulink Library Browser.

Για να προστεθεί στο νέο αρχείο ένα block από το παράθυρο Simulink Library Browser, απλώς το σύρουμε από το παράθυρο στο αρχείο, κατά τον ίδιο τρόπο που μεταφέρουμε αρχεία από ένα παράθυρο σε ένα άλλο στα windows. Άλλος τρόπος για να γίνει η μεταφορά είναι να κάνουμε δεξί click στο block και στο menu που θα εμφανιστεί, να επιλέξουμε 'add to untitled'.

Από την στιγμή που στο καινούργιο αρχείο έχει τοποθετηθεί ένα block, κάνοντας διπλό click σε αυτό ανοίγει ένα παράθυρο με τις ρυθμίσεις του. Κάθε block έχει ξεχωριστές ιδιότητες οι οποίες θα παρουσιαστούν στην συνέχεια. Επίσης, κάνοντας δεξί click πάνω στο block, εμφανίζεται ένα menu. Επιλέγοντας το Help παρουσιάζεται λεπτομερής βοήθεια για αυτό.

3. Γνωριμία με την βιβλιοθήκη Simulink

Η βιβλιοθήκη Simulink χωρίζεται σε 13 μικρότερες οι οποίες αναφέρονται ακολούθως:

- Continuous
- Discontinuities
- Discrete
- Look-Up Tables
- Math Operators
- Model Verification
- Model Wide Utilities
- Ports & Subsystems
- Signal Attributes
- Signal Routing
- Sinks
- Sources
- User – Defined Functions.

Η ανάλυση που θα ακολουθήσει θα περιοριστεί σε ορισμένα στοιχεία (blocks) των βιβλιοθηκών Continuous, Math Operators, Sinks και Sources.

3.1 Βιβλιοθήκη Continuous

Τα blocks στην συγκεκριμένη βιβλιοθήκη με τα οποία θα ασχοληθούμε παρουσιάζονται παρακάτω:

Derivative



Το συγκεκριμένο block δίνει στην έξοδό του την παράγωγο του σήματος εισόδου. Στο παράθυρο ρυθμίσεων, το οποίο όπως αναφέρθηκε ανοίγει με διπλό click, δεν μας επιτρέπεται καμία αλλαγή.

Integrator

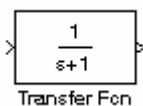


Δίνει στην έξοδό του το ολοκλήρωμα της εισόδου. Κάνοντας διπλό click εμφανίζεται το παράθυρο ρυθμίσεων για το συγκεκριμένο block.

Οι ρυθμίσεις που είναι δυνατόν να γίνουν είναι πολυάριθμες. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι οι εξής:

- Αρχική συνθήκη: Είναι δυνατόν να αλλάξει η αρχική συνθήκη της ολοκλήρωσης. Είναι επίσης δυνατόν αν στην ρύθμιση Initial Condition Source επιλέξουμε external να δίνουμε την αρχική συνθήκη εξωτερικά από μία άλλη πηγή.
- Τοποθέτηση άνω και κάτω ορίου στην έξοδο: Επιλέγοντας Limit output είναι δυνατόν να θέσουμε άνω και κάτω όρια στην έξοδο του συγκεκριμένου block τα οποία τα ορίζουμε στους χώρους με τίτλο upper saturation limit και Lower saturation limit. Όταν η τιμή του ολοκληρώματος γίνει μεγαλύτερη από την τιμή του άνω ορίου τότε η έξοδος του block θα πάρει την τιμή του άνω ορίου και αντίστοιχα για το κάτω όριο
- Ορισμός επιτρεπτού σφάλματος: Αλλάζοντας την τιμή του tolerance είναι δυνατόν να αλλάξουμε το επιτρεπτό σφάλμα. Αφήνοντάς το στο auto, επιλέγονται οι default ρυθμίσεις.

Transfer Function



Με το στοιχείο αυτό δηλώνεται συνάρτηση μεταφοράς. Ανοίγοντας το menu ρυθμίσεων είναι δυνατόν να αλλάξουμε τον αριθμητή (numerator) και τον παρονομαστή (denominator). Αυτό γίνεται

ακριβώς όπως ορίζονται τα πολυώνυμα στο Command Window του Matlab. Δηλαδή αν π.χ. θέλουμε στον παρονομαστή να ορίσουμε το πολυώνυμο $s^2 + 1$ στον χώρο με τίτλο denominator γράφουμε τους συντελεστές ως εξής: [1 0 1]. Όπως και παραπάνω, είναι δυνατόν να ρυθμιστεί και η ανοχή σφάλματος από το tolerance.

Transport Delay



Χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει καθυστέρηση στο σήμα εισόδου.

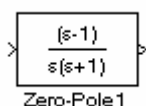
Το σήμα εξόδου επομένως είναι ίδιο με το σήμα εισόδου, όμως με μία καθυστέρηση η οποία ορίζεται από το menu ρυθμίσεων. Εκτός της καθυστέρησης είναι δυνατόν να αλλάξει και η αρχική τιμή της εξόδου.

Variable Transport Delay



Το συγκεκριμένο block εκτελεί ακριβώς την ίδια λειτουργία με το παραπάνω με την διαφορά ότι εδώ η καθυστέρηση του σήματος δίνεται από εξωτερική πηγή. Είναι δυνατόν η καθυστέρηση αυτή να περιοριστεί ορίζοντας ένα άνω όριο (Maximum delay).

Zero – Pole



Με το συγκεκριμένο block ορίζεται συνάρτηση μεταφοράς, όπως και στο Transfer Function, με την διαφορά ότι δεν ορίζονται τα πολυώνυμα, αλλά οι ρίζες τους. Στον χώρο με την ένδειξη Zeros εισάγονται οι ρίζες του αριθμητή ενώ στον χώρο με την ένδειξη Poles εισάγονται οι ρίζες του παρονομαστή. Αν π.χ. οι ρίζες είναι οι 1 και 2 αυτές εισάγονται ως το διάνυσμα [1 2]. Επίσης είναι δυνατό να οριστεί και η ενίσχυση στην περιοχή με την ένδειξη Gain.

3.2 Βιβλιοθήκη Math Operators

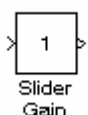
Περιλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό από blocks με διάφορες μαθηματικές συναρτήσεις. Απ' αυτά, θα περιοριστούμε στα εξής:

Gain



Πολλαπλασιάζει το σήμα εισόδου με μία σταθερά την οποία είναι δυνατόν να μεταβάλλουμε από το menu των ρυθμίσεων.

Slider Gain



Όπως και παραπάνω με την διαφορά ότι κάνοντας διπλό click στο menu με τις ρυθμίσεις εμφανίζεται γραμμή κύλισης με την οποία είμαστε σε θέση να μεταβάλλουμε την τιμή της ενίσχυσης κατά την διάρκεια της προσομοίωσης.

Sum

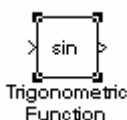


Αθροίζει τα σήματα εισόδου. Από το menu ρυθμίσεων είναι δυνατόν να καθοριστεί το πρόσημο εισόδου του κάθε σήματος. Επίσης είναι



δυνατόν να αλλάξει και το σχήμα του συγκεκριμένου block. Αν στην περιοχή με τίτλο icon shape επιλέξουμε rectangular, ο αθροιστής παίρνει γίνεται ορθογώνιος. Αυτή η μορφή χρησιμοποιείται συνήθως όταν τα σήματα εισόδου είναι πολλά.

Trigonometric Function



Η έξοδος του συγκεκριμένου block αποτελεί τριγωνομετρική συνάρτηση της εισόδου του. Στο menu ρυθμίσεων είναι δυνατόν να καθορίσουμε το είδος της τριγωνομετρικής συνάρτησης (sin, cos, tan κ.λ.π.). Επίσης μπορεί να καθοριστεί αν η έξοδος θα είναι πραγματική ή μιγαδική ή αν θα επιλέγεται αυτόματα ανάλογα με την περίπτωση.

3.3 Βιβλιοθήκη Sinks

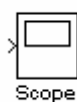
Περιλαμβάνει στοιχεία ένδειξης και μετρήσεων, δηλαδή στοιχεία που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στον χρήστη. Τα σημαντικότερα απ' αυτά είναι τα παρακάτω.

Display



Απεικονίζει την τιμή του σήματος στην είσοδό του. Στο menu ιδιοτήτων οι σημαντικότερες από τις ρυθμίσεις που μας επιτρέπονται είναι οι εξής: Στον χώρο με τίτλο Format επιλέγουμε τον τρόπο παρουσίασης του σήματος (αριθμός δεκαδικών ψηφίων, θέση υποδιαστολής κ.λ.π.). Στον χώρο με τίτλο Decimation επιλέγουμε την συχνότητα της δειγματοληψίας. Αν το αφήσουμε στην τιμή 1, τότε το block αυτό θα παρουσιάζει την τιμή του σήματος εισόδου σε κάθε 1 βήμα της επίλυσης, αν το θέσουμε στην τιμή 3 κάθε 3 βήματα κ.ο.κ.

Scope

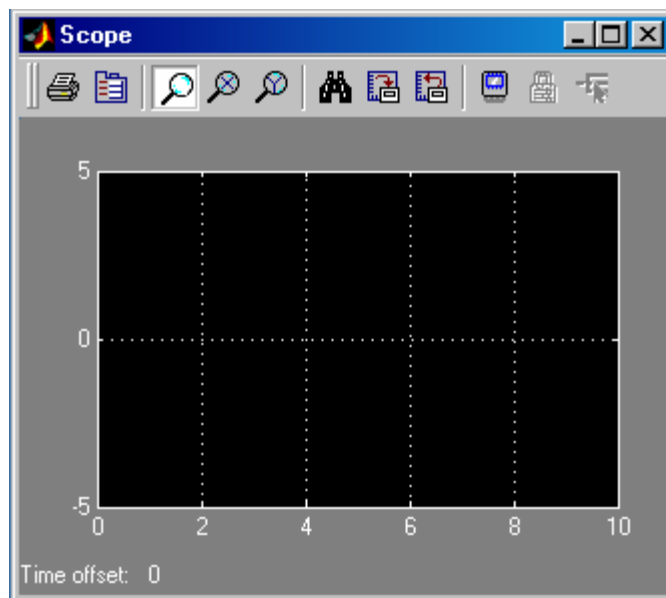






Απεικονίζει το σήμα της εισόδου συναρτήσει του χρόνου. Δεν ανοίγει αυτόματα με την έναρξη της προσομοίωσης. Για να το ανοίξουμε πρέπει να κάνουμε διπλό click πάνω του. Εάν επιθυμούμε να παρακολουθήσουμε το σήμα εισόδου καθώς αυτό δημιουργείται κατά την διάρκεια της προσομοίωσης, τότε ανοίγουμε το scope πριν την έναρξή της και μπορούμε με

τον τρόπο αυτόν να παρακολουθήσουμε την συμπεριφορά του υπό εξέταση συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Εάν επιθυμούμε απλώς να δούμε το γράφημα τότε ανοίγουμε το score αφού ολοκληρωθεί η προσομοίωση.


Καθώς το score είναι το σημαντικότερο εργαλείο απεικόνισης ενός σήματος, θα αναλυθεί διεξοδικότερα ακολούθως:

Από την στιγμή που θα γίνει διπλό click πάνω του, θα βρεθούμε μπροστά στο παρακάτω παράθυρο:



Κάνοντας αριστερό click στο πλήκτρο  γίνεται zoom σε περιοχή του γραφήματος που επιλέγουμε. Με αριστερό click στα πλήκτρα  και  γίνεται zoom στους άξονες x και y αντιστοίχως. Με το πλήκτρο  γίνεται autoscale στους άξονες έτσι ώστε να προσαρμοστούν στο γράφημα.

Κάτω αριστερά μπορούμε να παρατηρήσουμε τον όρο Time offset. Πρόκειται για την χρονική στιγμή της προσομοίωσης που αντιστοιχεί στο μηδέν του άξονα των x. Δηλαδή εάν τρέξει μία προσομοίωση για 40 sec, και το διάγραμμα απεικονίζει μόνο τα τελευταία 10 sec, ο άξονας του χρόνου θα ξεκινά από το μηδέν και ο όρος Time offset θα είναι 30 sec. Κατά συνέπεια, για να αντιστοιχίσουμε μία χρονική στιγμή στο διάγραμμα με μία χρονική στιγμή της προσομοίωσης το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι να προσθέσουμε τον όρο Time offset.

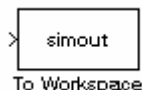
Κάνοντας click στο πλήκτρο  ανοίγει το menu των ρυθμίσεων του score. Οι βασικές ρυθμίσεις που μπορούν να γίνουν αφορούν τον αριθμό των αξόνων y (Number of axes), και το εύρος χρόνου (time range). Εάν στο τελευταίο αφηθεί η επιλογή auto, το εύρος χρόνου καθορίζεται αυτόματα από το simulink.

To file



Με το συγκεκριμένο block, μεταφέρουμε ένα σήμα από το αρχείο simulink σε ένα αρχείο του Matlab για περαιτέρω χρήση και επεξεργασία. Στις ιδιότητες είναι δυνατόν να οριστεί το όνομα του αρχείου, και της μεταβλητής στην οποία επιθυμούμε να αποθηκεύσουμε το σήμα εισόδου αυτού του block.

To workspace



Με το block αυτό στέλνουμε το σήμα από το Simulink στον χώρο εργασίας του Matlab. Στο παράθυρο ρυθμίσεων μπορούμε να ορίσουμε το όνομα της μεταβλητής καθώς επίσης και τον μέγιστο αριθμό αριθμητικών δεδομένων σε αυτήν.

3.4 Βιβλιοθήκη Sources

Περιλαμβάνει blocks τα οποία παράγουν διάφορα σήματα. Τα σημαντικότερα απ' αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

Clock



Παράγει ως έξοδο τον χρόνο της προσομοίωσης. Στο παράθυρο ρυθμίσεων μας επιτρέπεται να επιλέξουμε αν ο χρόνος θα παρουσιάζεται πάνω στο block κατά την διάρκεια της προσομοίωσης καθώς επίσης και να ρυθμίσουμε το πόσο συχνά θα αναβαθμίζεται ο χρόνος.

Constant



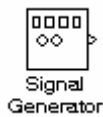
Παράγει ένα σταθερό σήμα, του οποίου η τιμή ορίζεται από το menu ρυθμίσεων.

Ramp



Το στοιχείο αυτό παράγει σήμα το οποίο έχει την μορφή ράμπας. Δηλαδή είναι σταθερό και από ένα σημείο και μετά γίνεται γραμμικό. Στο menu των ρυθμίσεων είναι δυνατόν να επιλεγεί η χρονική στιγμή της μετάβασης από το σταθερό στο γραμμικό σήμα, η τιμή του σταθερού σήματος καθώς επίσης και η κλίση του γραμμικού σήματος.

Signal Generator



Με το συγκεκριμένο block είναι δυνατόν να δημιουργήσουμε διαφόρων ειδών σήματα. Στο παράθυρο ρυθμίσεων είναι δυνατόν να επιλέξουμε μεταξύ ημιτονοειδούς, πριονωτού και τυχαίου σήματος. Επίσης είναι δυνατόν να προσαρμοστεί το πλάτος και η συχνότητα του σήματος.

Sine wave



Χρησιμοποιείται για την παραγωγή ημιτονοειδούς σήματος. Στο παράθυρο ρυθμίσεων είναι δυνατόν να προσαρμοστεί το πλάτος, η συχνότητα, η φάση και ο σταθερός όρος στον οποίο προστίθεται το ημιτονοειδές σήμα.

Step

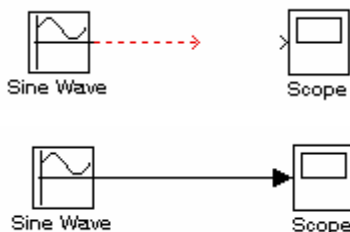





Χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ένα βήμα. Στο παράθυρο ρυθμίσεων είναι δυνατόν να προσαρμόσουμε την χρονική στιγμή στην οποία θα γίνει το βήμα, την αρχική τιμή και την τελική τιμή.

4. Χρήση των στοιχείων των βιβλιοθηκών του simulink

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για να τοποθετηθεί ένα block σε ένα αρχείο του simulink αρκεί να το σύρουμε από το παράθυρο Simulink Library Browser στο αρχείο, όπως μεταφέρουμε αρχεία μεταξύ των παραθύρων των windows. Για να ανοίξουμε το παράθυρο των ρυθμίσεων ενός block αφού το έχουμε τοποθετήσει στο αρχείο, αρκεί να κάνουμε διπλό click πάνω του.

Για να συνδέσουμε δύο blocks μεταξύ τους υπάρχουν δύο τρόποι. Μπορούμε να σύρουμε έχοντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο του mouse το βέλος που ξεκινά από το ένα block μέχρι την υποδοχή του άλλου, είτε να κάνουμε αριστερό click στο ένα και κρατώντας πατημένο το ctrl να κάνουμε click στο δεύτερο. Π.χ.



Από την στιγμή που έχουν συνδεθεί τα blocks, για να τρέξει η προσομοίωση πρέπει να γίνει αριστερό click στο πλήκτρο . Για να διακοπεί προσωρινά (pause) ή οριστικά (stop) η προσομοίωση υπάρχουν τα πλήκτρα  και  αντιστοίχως.

Προτού τρέξουμε μία προσομοίωση πρέπει να ρυθμιστούν οι παράμετροί της. Για να γίνει αυτό, στο αρχείο που δημιουργήσαμε κάνουμε αριστερό click στην επιλογή simulation στην γραμμή menu πάνω αριστερά. Στο menu που εμφανίζεται επιλέγουμε Simulation Parameters. Στο παράθυρο που θα ανοίξει είναι δυνατόν να γίνει ένας μεγάλος αριθμός ρυθμίσεων, οι σημαντικότερες εκ των οποίων είναι οι εξής:

Start time / Stop time: Επιλέγεται η χρονική στιγμή έναρξης και λήξης της προσομοίωσης.

Solver options: Επιλέγουμε αν οι διαφορικές εξισώσεις θα επιλυθούν με μέθοδο σταθερού ή μεταβλητού βήματος (Variable-step, Fixed-step) καθώς επίσης και τον solver που θα χρησιμοποιηθεί.

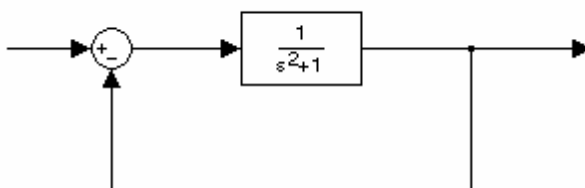
Max / Min / Initial Step size: Όταν χρησιμοποιούμε μεταβλητό βήμα μπορούμε να προσαρμόσουμε το μέγιστο, το ελάχιστο και το αρχικό βήμα. Αν επιλεγεί το auto, η τιμή του βήματος καθορίζεται από το Matlab.

Relative / Absolute Tolerance: Μας επιτρέπει να ρυθμίσουμε την σχετική και την απόλυτη ανοχή στο σφάλμα.

5. Παραδείγματα

Παράδειγμα 1

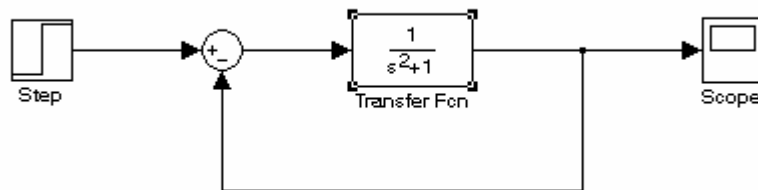
Ας υποθέσουμε ότι επιθυμούμε να μελετήσουμε την απόκριση του παρακάτω συστήματος σε βηματική διαταραχή.



Ανοίγουμε ένα αρχείο simulink τοποθετούμε σε αυτό τα εξής blocks με τις αντίστοιχες ρυθμίσεις:

- Step: Ορίζουμε στο παράθυρο ρυθμίσεων του block αρχική τιμή μηδέν, τελική 3 και χρονική στιγμή επιβολής του βήματος 2
- Sum: Στο παράθυρο ρυθμίσεων στον χώρο με τίτλο list of signs αντικαθιστούμε το default ++ με +-.
- Transfer Fcn: Στο παράθυρο ρυθμίσεων επιλέγουμε numerator [1] και denominator [1 0 1]
- Scope: Το χρησιμοποιούμε για να δούμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Στο scope στην συγκεκριμένη περίπτωση αφήνουμε τις default ρυθμίσεις.

Στην συνέχεια συνδέουμε τα blocks έτσι ώστε να σχηματιστεί το παρακάτω σύστημα.



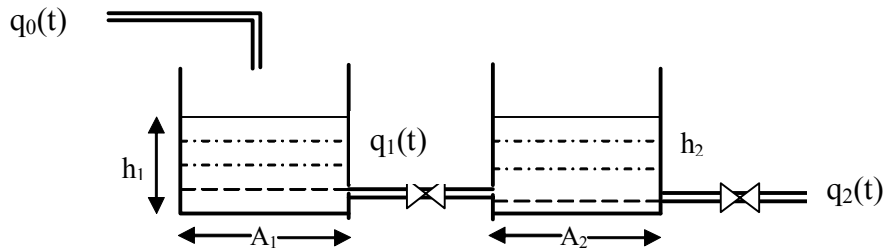
Ακολούθως προσαρμόζουμε τις παραμέτρους της προσομοίωσης. Στην γραμμή menu του αρχείου που έχουμε ανοίξει επιλέγουμε Simulation και στο menu που εμφανίζεται επιλέγουμε Simulation Parameters. Στο παράθυρο που ανοίγει αν π.χ. θέλουμε να τρέξουμε την προσομοίωση από 0 έως 25sec θέτουμε αυτές τις τιμές στο Start και στο Stop time αντιστοίχως. Τις υπόλοιπες ρυθμίσεις σε αυτή την περίπτωση τις αφήνουμε όπως έχουν.

Τέλος τρέχουμε την προσομοίωση και παρατηρούμε τα αποτελέσματα στο scope κάνοντας διπλό click σε αυτό (εάν δεν το έχουμε ήδη ανοίξει).

Παράδειγμα 2

Σύστημα δύο δεξαμενών με αλληλεπίδραση.

Ας υποθεθεί το παρακάτω σύστημα των δύο δεξαμενών:



Οι διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν το σύστημα θεωρώντας ασυμπίεστο ρευστό και γραμμική σχέση μεταξύ ροής και στάθμης είναι οι παρακάτω:

$$A_1 \frac{dh_1}{dt} = q_0 - \frac{h_1 - h_2}{R_1}$$

$$A_2 \frac{dh_2}{dt} = \frac{h_1 - h_2}{R_1} - \frac{h_2}{R_2}$$

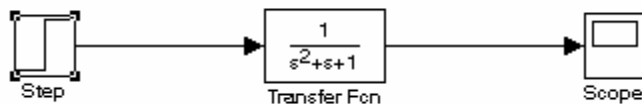
και απ' αυτές μετά από μετασχηματισμό Laplace προκύπτει η παρακάτω συνολική συνάρτηση μεταφοράς μεταξύ της στάθμης της δεύτερης και της εισροής στην πρώτη:

$$\frac{H_2(s)}{Q_0(s)} = \frac{R_2}{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2 + T_{12})s + 1}$$

όπου $T_1 = R_1 A_1$, $T_2 = R_2 A_2$ και $T_{12} = R_2 A_1$

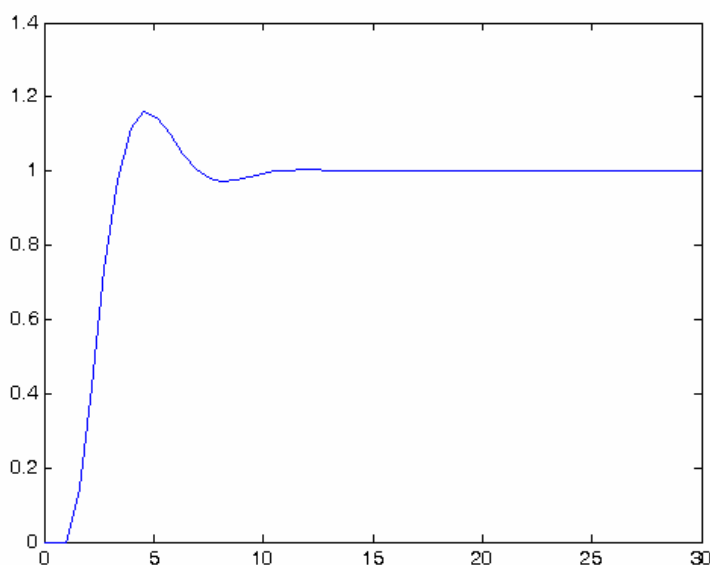
Ας θεωρήσουμε ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι $R_2 = 1$, $T_1 T_2 = 1$ και ότι $T_1 + T_2 + T_{12} = 1$ και ας εξετάσουμε την απόκριση του συστήματος σε μία βηματική διαταραχή.

Το σύστημα που κατασκευάζεται στο simulink είναι το παρακάτω:



Θέτουμε ως αρχική τιμή βήματος το 0, ως τελική το 1 και ως χρονική στιγμή του βήματος το 1. Επίσης ρυθμίζουμε από το Simulation Parameters, την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης στα 30s. Τις υπόλοιπες ρυθμίσεις τις αφήνουμε ως έχουν.

Ακολουθώς τρέχουμε την προσομοίωση και ανοίγουμε το score. Η μορφή του διαγράμματος που θα προκύψει είναι η παρακάτω:



Παράδειγμα 3

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα δείξουμε πώς είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το simulink για να επιλύονται διαφορικές εξισώσεις εύκολα και γρήγορα.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε να λύσουμε την παρακάτω διαφορική εξίσωση:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + x = f \quad \text{ή} \quad \frac{d^2x}{dt^2} = f - x$$

με αρχικές συνθήκες τις

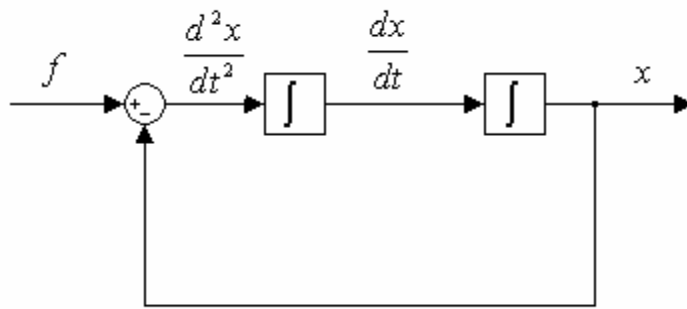
$$x(t=0) = 1 \quad \text{και}$$

$$\frac{dx}{dt}(t=0) = 0$$

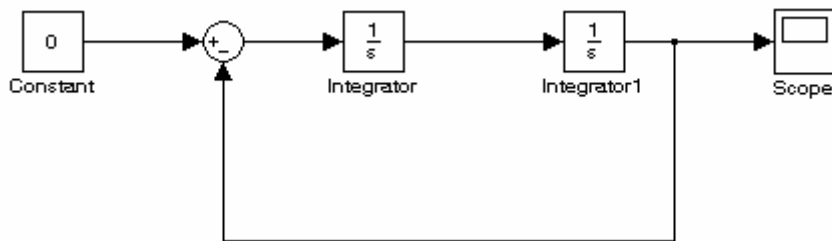
Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα θεωρήσουμε επίσης ότι $f = 0$.

Πρόκειται επομένως για μία ομογενή γραμμική εξίσωση 2^{ης} τάξης με σταθερούς συντελεστές. Ένα παράδειγμα συστήματος από τα πολλά που θα μπορούσε αυτή να περιγράφει είναι η ελεύθερη ταλάντωση ενός συστήματος ελατηρίου-μάζας.

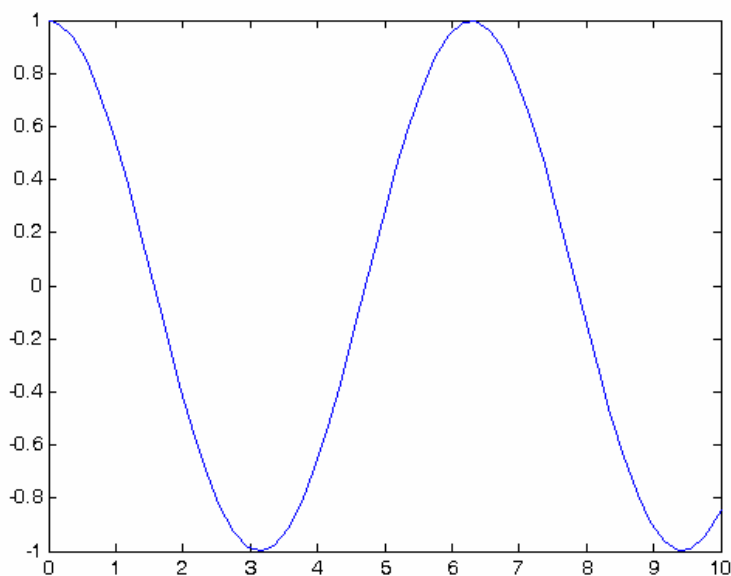
Σε μορφή διαγράμματος βαθμίδων η διαφορική εξίσωση γράφεται όπως παρακάτω:



Στο simulink το παραπάνω διάγραμμα βαθμίδων εισάγεται με την μορφή που φαίνεται παρακάτω:



Η μόνη ρύθμιση που χρειάζεται να γίνει είναι οι αρχικές συνθήκες στους integrators. Στον πρώτο την αφήνουμε μηδέν, ενώ στον δεύτερο θέτουμε αρχική συνθήκη 1 όπως το πρόβλημα ορίζει. Τέλος τρέχουμε την προσομοίωση και παρατηρούμε τα αποτελέσματα στο scope. Εάν όλα έχουν γίνει σωστά θα παρατηρήσουμε ένα διάγραμμα της παρακάτω μορφής:



Εργαστήριο Αυτόματης Ρύθμισης και Πληροφορικής
Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ
Εισαγωγή στο SIMULINK
Ακαδημαϊκό Έτος 2003-2004

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η συγκεκριμένη διαφορική εξίσωση περιγράφει απλή αρμονική ταλάντωση (π.χ. ελατήριο-μάζα), γεγονός το οποίο φαίνεται και από τα ληφθέντα αποτελέσματα.