

Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ

**Τίτλος Πτυχιακής:
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ MATLAB**

**Όνομα Σπουδαστή :
ΝΤΑΛΑΠΕΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**Όνομα Επιβλέποντα Καθηγητή:
ΠΥΡΟΜΑΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Περιγραφή των targets στο simulink.....σελ.3	
1.1:Εισαγωγή	
1.2:Υποστηριζόμενες συσκευές	
1.3:Συνδέσεις συσκευών	
Κεφάλαιο 2: Σειριακή επικοινωνίασελ.10	
2.1:Σειριακή επικοινωνία	
2.2:RS-232	
2.3:Σειριακή επικοινωνία στο simulink	
Κεφάλαιο 3: Matlab & Simulinkσελ.27	
3.1:Matlab	
3.2:Simulink	
3.3:Matlab vs Labview	
Κεφάλαιο 4: Καταγραφή μετρήσεων στο Matlabσελ.56	
4.1:Εισαγωγή	
4.2:Matlab	
4.3:Simulink	
4.4:Data Acquisition Toolbox	
4.5:Συσκευή usb6008DAQ	
4.6:Οδηγός	
4.7:Καταγραφή μετρήσεων	
4.8:Προβολέας μέτρησης αυτοματισμού	
4.9:Καταγραφή μετρήσεων στο Matlab	
4.10:Εργαλειοθήκη μετρήσεων στο Matlab	
4.11:Η πρώτη μου εφαρμογή καταγραφής μετρήσεων	
4.12:Διεπαφή βασισμένη σε συνοδούς	
4.13:DAQ in Simulink	
4.14:Εφαρμογή ελέγχου	
Κεφάλαιο 5: Παράδειγμασελ.95	

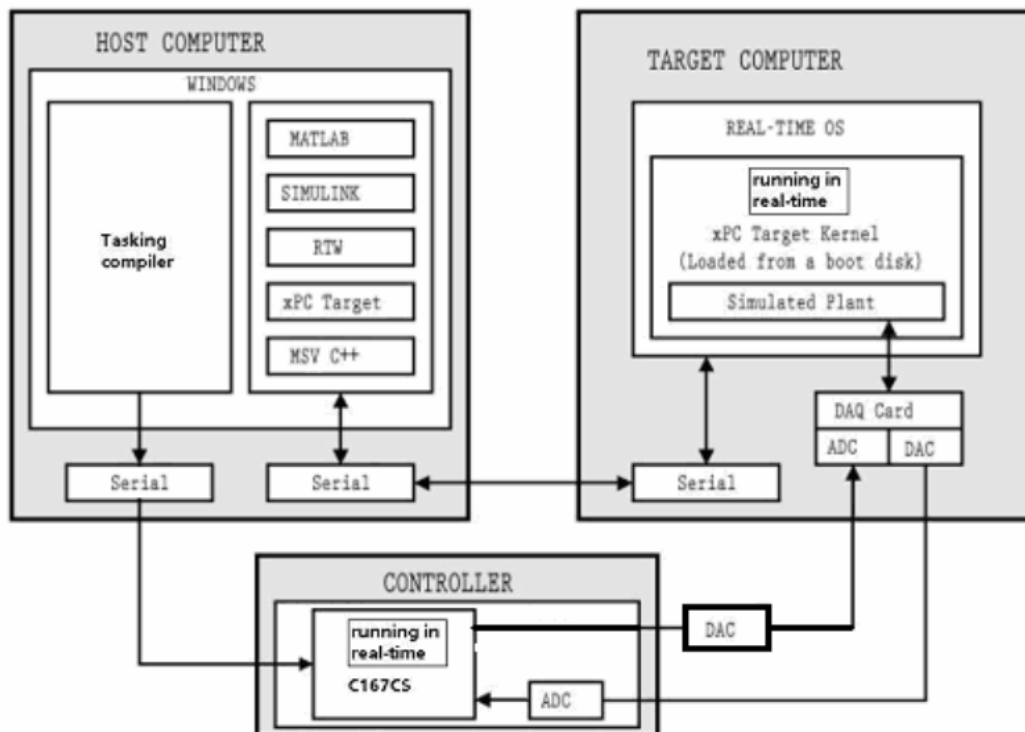
Κεφάλαιο 1: Περιγραφή των targets στο simulink

1.1. Εισαγωγή

Για την ανάπτυξη ενός μοντέλου καταγραφής μετρήσεων απαιτούνται δύο υπολογιστές:

- Ο υπολογιστής target: ο υπολογιστής αυτός εκτελεί σε πραγματικό χρόνο το μοντελοποιημένο σύστημα, το οποίο αρχικά είχε αναπτυχθεί στον υπολογιστή host με το Matlab και το Simulink. Αυτός ο υπολογιστής συνδέεται με την εγκατάσταση μέσω της κάρτας συλλογής δεδομένων.
- Ο υπολογιστής host: ο υπολογιστής αυτός διαθέτει εγκατεστημένα τα Matlab και Simulink, καθώς και όποιο πρόσθετο λογισμικό απαιτείται.

Τα παραπάνω αποτυπώνονται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 1: Συνολική Άποψη Συστήματος

Το Simulink διαθέτει μία βιβλιοθήκη, την Real-Time Windows Target, που διαθέτει μία διεπαφή πραγματικού χρόνου για την εκτέλεση μοντέλων του Simulink σε ένα υπολογιστή που έχει λειτουργικό σύστημα Windows και blocks που συνδέουν μια μεγάλη ποικιλία καρτών καταγραφής μετρήσεων. Η βιβλιοθήκη δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να ελέγξουν σε πραγματικό χρόνο ένα μοντελοποιημένο σύστημα.

Η βιβλιοθήκη Real-Time Windows Target προσφέρει δύο τρόπους λειτουργίας:

- Κανονικό τρόπο για απλές πραγματικού χρόνου λειτουργίες με πρόσβαση σε κάρτες καταγραφής μετρήσεων
- Εξωτερικό τρόπο για μεγαλύτερη επίδοση σε πραγματικό χρόνο σε συνδυασμό με τον Simulink Coder.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της βιβλιοθήκης αυτής είναι:

- Εκτέλεση μοντέλων του Simulink με κλειστούς βρόγχους σε πραγματικό χρόνο σε υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Microsoft Windows.
- Γραφική απεικόνιση των σημάτων και αυτόματη βελτιστοποίηση των ρυθμίσεων καθώς το μοντέλο εκτελείται.
- Έλεγχος εκτέλεσης απευθείας από το Simulink.
- Απόδοση σε πραγματικό χρόνο της τάξης των 500 Hz όταν εκτελείται με πραγματικό τρόπο.
- Απόδοση σε πραγματικό χρόνο της τάξης των 20 kHz όταν εκτελείται με εξωτερικό τρόπο.
- Blocks που υποστηρίζουν περισσότερες από 250 κάρτες καταγραφής μετρήσεων (συμπεριλαμβανομένου των: αναλογική είσοδος/έξοδος, ψηφιακή είσοδος/έξοδος, μετρητές, κωδικοποιητές και έξοδος συχνότητας) και πρωτόκολλων επικοινωνίας (συμπεριλαμβανομένου των UDP, RS-232 και CAN).

1.2. Υποστηριζόμενες Συσκευές

Η βιβλιοθήκη Real-Time Windows Target περιλαμβάνει ένα σύνολο από blocks εισόδου/εξόδου που παρέχουν την απαραίτητη συνδεσιμότητα με συσκευές καταγραφής μετρήσεων και πραγματικού χρόνου μοντέλα. Με τη βιβλιοθήκη αυτή μπορούν να εκτελεστούν προσομοιώσεις για την παρατήρηση της συμπεριφοράς των μοντέλων σε καταστάσεις πραγματικού χρόνου. Τα blocks εισόδου/εξόδου επιτρέπουν τη σύνδεση σημάτων εισόδου/εξόδου με μία μεγάλη ποικιλία συσκευών καταγραφής μετρήσεων. Οι πιο γνωστοί κατασκευαστές τέτοιων συμβατών συσκευών είναι οι εξής:

- Advantech
- Analog Devices
- Axiom
- Data Translation
- Humusoft
- Intelligent Instrumentation
- Keithley Instruments
- Measurement Computing
- Meilhaus Electronic
- National Instruments
- Quanser
- Scientific Solutions
- Sensoray
- Technology 80
- Vector

Οι διαθέσιμοι τύποι καναλιών για τέτοιες συσκευές είναι οι εξής:

- Compact PCI
- IP Module
- ISA
- PC/104
- PC/104+

- PCI
- PCIM
- PMC

Ο αριθμός των καναλιών εισόδου που υποστηρίζουν αυτές οι συσκευές είναι:

- 4 κανάλια
- 8 κανάλια
- 16 κανάλια
- 32 κανάλια
- 64 κανάλια

Ο αριθμός των καναλιών εξόδου που υποστηρίζουν αυτές οι συσκευές είναι:

- 1 κανάλι
- 2 κανάλια
- 3 κανάλια
- 4 κανάλια
- 6 κανάλια
- 8 κανάλια
- 10 κανάλια
- 12 κανάλια
- 16 κανάλια
- 32 κανάλια

Επίσης, ο αριθμός των ψηφιακών καναλιών που υποστηρίζουν αυτές οι συσκευές είναι:

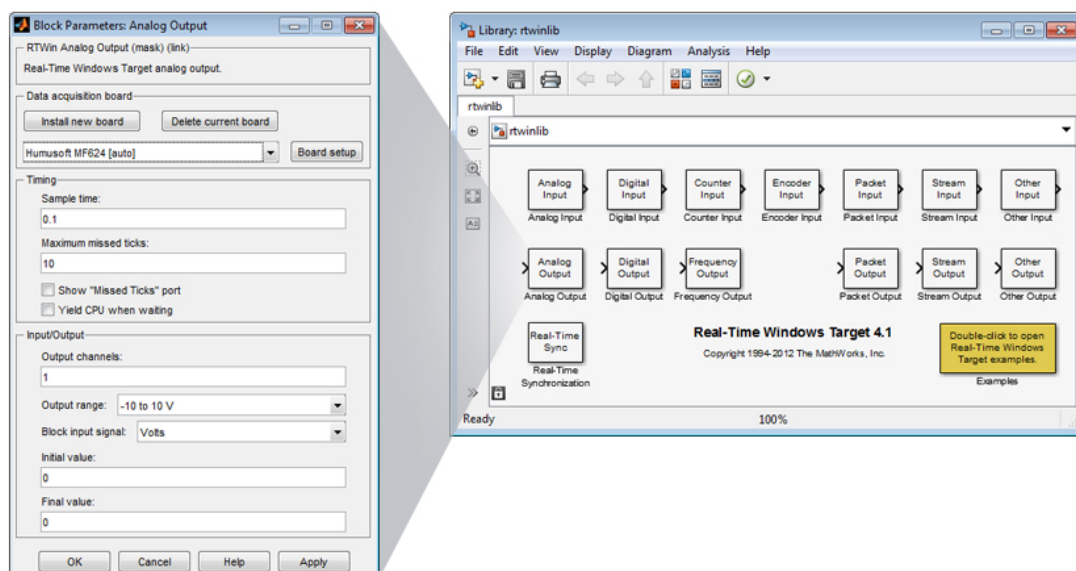
- Κανένα
- 4 κανάλια
- 8 κανάλια
- 16 κανάλια
- 24 κανάλια

- 32 κανάλια
- 48 κανάλια
- 64 κανάλια
- 96 κανάλια
- 192 κανάλια

Τα blocks της βιβλιοθήκης Real-Time Windows Target παρέχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας είτε μέσω ASCII είτε με πρωτόκολλα για δυαδικά δεδομένα. Τα υποστηριζόμενα πρωτόκολλα είναι τα UDP για δικτυακές συνδέσεις, RS-232 για σειριακές γραμμές και CAN για δίκτυα ελεγκτών.

1.3. Συνδέσεις Συσκευών

Στις παρακάτω υποενότητες παρουσιάζονται τα διαθέσιμα blocks που υπάρχουν στη βιβλιοθήκη Real-Time Windows Target. Στην παρακάτω ενότητα φαίνεται η βιβλιοθήκη Real-Time Windows Target και τα διαθέσιμα blocks της.



Εικόνα 2: Βιβλιοθήκη Real-Time Windows Target

1.3.1. Αναλογική Είσοδος

Ορίζει τους A/D μετατροπείς για να ψηφιοποιήσουν αναλογικά σήματα ως σήματα εισόδου σε ένα μοντέλο του Simulink.

1.3.2. Αναλογική Έξοδος

Ορίζει τους A/D μετατροπείς για να ψηφιοποιήσουν αναλογικά σήματα ως σήματα εξόδου από ένα μοντέλο του Simulink.

1.3.3. Ψηφιακή Είσοδος

Συνδέει ψηφιακά σήματα εισόδου από μία εξωτερική συσκευή σε ένα μοντέλο Simulink.

1.3.4. Ψηφιακή Έξοδος

Συνδέει ψηφιακά σήματα εξόδου από ένα μοντέλο Simulink σε μία εξωτερική συσκευή.

1.3.5. Είσοδος Μετρητή

Μετράει παλμούς ή συχνότητες χρησιμοποιώντας τους μετρητές της κάρτας καταγραφής μετρήσεων.

1.3.6. Έξοδος Συχνοτήτων

Παράγει παλμούς με σήματα PWM στην κάρτα καταγραφής μετρήσεων.

1.3.7. Είσοδος Κωδικοποιητή

Περιλαμβάνει ανατροφοδότηση από οπτικούς κωδικοποιητές.

1.3.8. Είσοδος Πακέτου

Λαμβάνει μη μορφοποιημένα δυαδικά δεδομένα.

1.3.9. Έξοδος Πακέτου

Αποστέλλει μη μορφοποιημένα δυαδικά δεδομένα.

1.3.10. Είσοδος Ρεύματος

Λαμβάνει μορφοποιημένα δεδομένα σε μορφή ASCII.

1.3.11. Έξοδος Ρεύματος

Αποστέλλει μορφοποιημένα δεδομένα σε μορφή ASCII.

Κεφάλαιο 2: Σειριακή Επικοινωνία

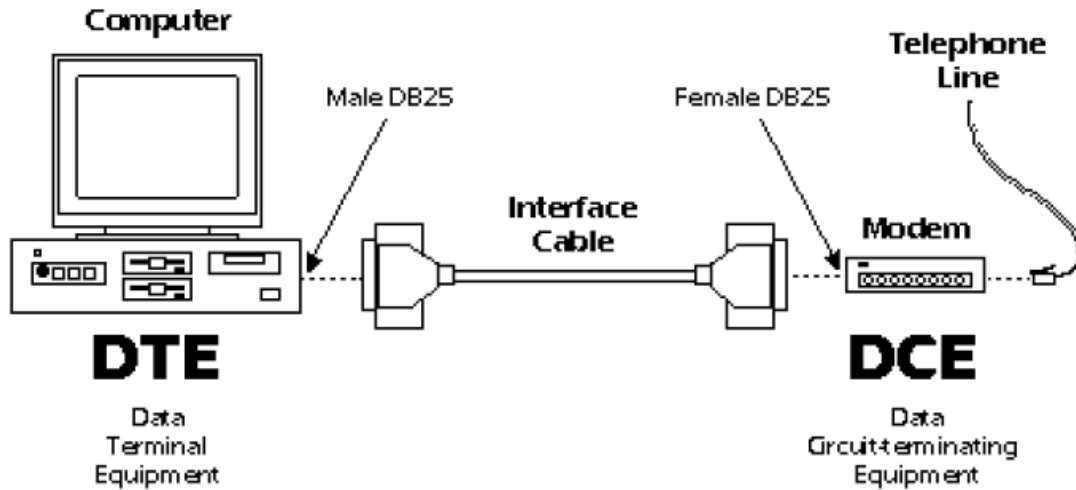
2.1. RS-232

2.1.1 Εισαγωγή

Η σειριακή επικοινωνία αφορά την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσα από ένα κανάλι μετάδοσης που μεταδίδει μια σειρά από bits. Η σειριακή επικοινωνία είναι μια πιο απλή στην υλοποίηση και πιο φθηνή λύση συγκρινόμενη με την παράλληλη επικοινωνία. Επίσης, μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις. Στα αρνητικά της σειριακής επικοινωνίας είναι η μικρή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων.

Το πιο ευρέως γνωστό πρότυπο σειριακής επικοινωνίας είναι το RS-232. Ο κύριος στόχος του προτύπου RS-232 είναι να αναλύσει διεξοδικά όλα τα χαρακτηριστικά της σειριακής σύνδεσης μεταξύ μια συσκευής ενός χρήστη (DTE – Data Terminal Equipment), όπως για παράδειγμα ένας προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής ή ένας φορητός υπολογιστής, και κάποιου κόμβου του δικτύου (DCE – Data Communications Equipment), για παράδειγμα ένα modem ή ένα router.

Στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνεται η σύνδεση ενός προσωπικού ηλεκτρονικού υπολογιστή και ενός modem με RS-232 σύνδεση.



Εικόνα 3: RS-232 σύνδεση μεταξύ ενός προσωπικού ηλεκτρονικού υπολογιστή και ενός modem

2.1.2 Προδιαγραφές

Οι προδιαγραφές των σειριακών θυρών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την RS-232 επικοινωνία, ορίζονται στο πρότυπο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σήματα, τα ηλεκτρικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του προτύπου:

- **Σήματα Επικοινωνίας**

Η διεπαφή διαθέτει 25 γραμμές σημάτων, αλλά στην ουσία χρησιμοποιούνται συνήθως οι 9. Οι γραμμές που είναι απαραίτητες για τη μετάδοση των δεδομένων είναι 3, ενώ όλες οι υπόλοιπες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της σωστής υλοποίησής της.

Τα 9 αυτά σήματα που χρησιμοποιούνται στη σειριακή επικοινωνία είναι τα εξής:

- **Data Terminal Ready (DTR):** Το σήμα αυτό τίθεται στο λογικό 1 από το DTE για να υποδηλώσει ότι η συσκευή είναι έτοιμη για ανταλλαγή δεδομένων.
- **Data Set Ready (DSR):** Είναι το συμπληρωματικό σήμα του DTR, χρησιμοποιείται από το DCE για να υποδηλώσει με τη σειρά του ότι είναι επίσης έτοιμο για ανταλλαγή δεδομένων.

- Clear To Send (CTS): Τίθεται στο λογικό 1 από το DCE για να υποδηλώσει ότι είναι διαθέσιμο να λάβει δεδομένα. Ανάλογα με την καλωδίωση μπορεί επίσης να χρησιμοποιείται και ως απάντηση στο σήμα RTS.
- Request To Send (RTS): Ανάλογα με την καλωδίωση χρησιμοποιείται από το DTE για να υποδηλώσει είτε ότι επιθυμεί να στείλει δεδομένα είτε ότι είναι έτοιμο να δεχτεί.
- Data Carrier Detect (DCD): Χρησιμοποιείται από ένα DCE modem για να ενημερώσει το DTE ότι λαμβάνει ένα φέρον σήμα (carrier signal) από κάποιο απομακρυσμένο modem με το οποίο είναι συνδεδεμένο.
- Ring Indicator (RI): Χρησιμοποιείται από ένα DCE modem για να ενημερώσει το DTE ότι το τηλέφωνο λαμβάνει μια εισερχόμενη κλήση.
- Transmit Data (TD): Αποτελεί τη γραμμή μέσω της οποίας το DTE αποστέλλει δεδομένα στο DCE. Όσο βρίσκεται σε αδράνεια η στάθμη της τάσης είναι στο λογικό 1 (mark).
- Receive Data (RD): Αποτελεί τη γραμμή που μέσω της οποίας το DTE λαμβάνει δεδομένα από το DCE. Όσο βρίσκεται σε αδράνεια η στάθμη της τάσης είναι στο λογικό 1 (mark).
- Signal Ground (GND): Ο ακροδέκτης αυτός παρέχει την κοινή γείωση αναφοράς για τα κυκλώματα μεταφοράς των δεδομένων.

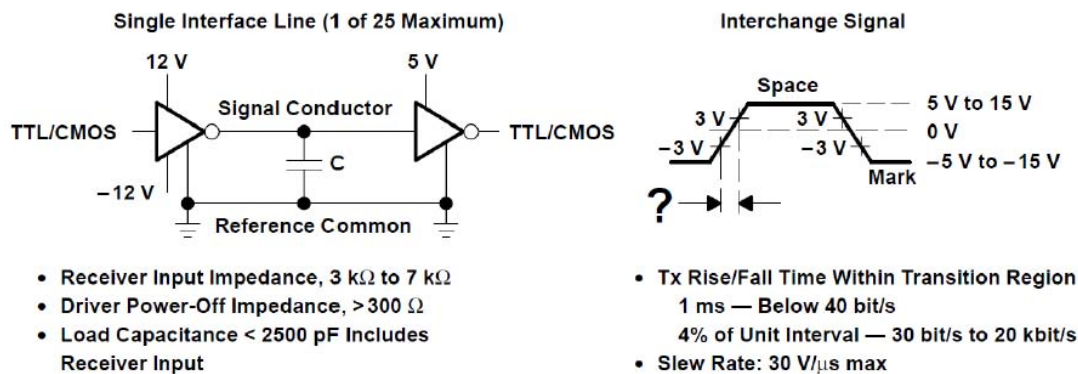
- **Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά**

Τα σήματα που χρησιμοποιούνται ανήκουν σε δύο επίπεδα τάσης:

- το υψηλό επίπεδο το οποίο ορίζεται μεταξύ +5 και +15 V και αντιστοιχεί στο λογικό 0 και
- το χαμηλό επίπεδο το οποίο μπορεί ορίζεται μεταξύ -5 και -15 V και αντιστοιχεί στο λογικό 1.

Τα σήματα δεδομένων (TD και RD) χρησιμοποιούν αρνητική λογική, ενώ τα σήματα ελέγχου (DCD, DTR, DSR, RTS, CTS και RI σε μία 9-γραμμών σειριακή διασύνδεση) χρησιμοποιούν θετική λογική.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται συγκεντρωτικά τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του προτύπου RS-232.



Εικόνα 4: Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά του Προτύπου RS-232

- **Μηχανικά χαρακτηριστικά**

Η υποδοχή που ορίζεται από το πρότυπο RS-232 διαθέτει 25 ακροδέκτες, ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν όλα τα σήματα που ορίζονται σε αυτό.

Στην πράξη ωστόσο, όπως έχει αναφερθεί, από τα 25 σήματα χρησιμοποιούνται συνήθως τα 9 και επομένως η υποδοχή αυτή έχει αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από μία μικρότερου τύπου η οποία διαθέτει 9 ακροδέκτες και ενδείκνυται για τις περισσότερες περιπτώσεις σειριακών διασυνδέσεων ανάμεσα σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές και περιφερειακά. Η υποδοχή επίσης διαφέρει ως προς το γένος ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται από συσκευή DTE ή συσκευή DCE. Συγκεκριμένα, τα DTE χρησιμοποιούν αρσενικές υποδοχές, ενώ τα DCE θηλυκές, με αποτέλεσμα η διασύνδεση των δύο συσκευών να γίνεται ευθέως ακροδέκτη προς ακροδέκτη με ένα απλό RS-232 καλώδιο. Στην περίπτωση που η επικοινωνία αφορά δύο όμοιου τύπου συσκευές, δηλαδή δύο DTE ή δύο DCE, η σύνδεση είναι επίσης εφικτή χρησιμοποιώντας ένα RS-232 καλώδιο null modem. Τα καλώδια null modem

διασταυρώνουν τις γραμμές αποστολής και λήψης έτσι ώστε ο ακροδέκτης TD του καθενός να ενώνεται στην άλλη άκρη με τον ακροδέκτη RD του άλλου. Επιπλέον διασταυρώνονται και οι γραμμές DTR και DSR καθώς και οι RTS και CTS, επιτυγχάνοντας τελικά το επιθυμητό ταίριασμα των ακροδεκτών.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μία αρσενική και μία θηλυκή υποδοχή DB9.



Εικόνα 5: DB9 αρσενική και θηλυκή υποδοχή

2.1.3 Ασύγχρονη RS-232 επικοινωνία

Αν και το πρότυπο RS-232 ορίζει τις προδιαγραφές τόσο για τη διεξαγωγή σύγχρονης όσο και ασύγχρονης επικοινωνίας, συνήθως η επικοινωνία που εφαρμόζεται είναι ασύγχρονη, χωρίς ωστόσο αυτό να σημαίνει ότι η σύγχρονη RS-232 επικοινωνία δε χρησιμοποιείται. Ο όρος ασύγχρονη υποδηλώνει ότι η μεταφορά δεδομένων μπορεί να ξεκινήσει οποιαδήποτε στιγμή, επομένως ο αποστολέας μπορεί να αφήνει αυθαίρετα κενά διαστήματα πριν από κάθε μετάδοση ενώ ο δέκτης πρέπει να είναι σε ετοιμότητα να λάβει δεδομένα.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα της σειριακής θύρας το οποίο αναλαμβάνει τη διαδικασία της αποστολής και της λήψης των δεδομένων είναι ο ασύγχρονος πομποδέκτης γενικής χρήσης (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ή αλλιώς UART. Το UART είναι προγραμματισμένο ώστε να μετατρέπει μια παράλληλη δέσμη δεδομένων οργανωμένων σε bytes σε σειριακή μορφή μεμονωμένων bits και αντίστροφα. Ειδικότερα, για την αποστολή μιας

ακολουθίας από bytes δεδομένων το UART χωρίζει κάθε byte στα bits που το συνθέτουν και το πακετάρει με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί και να επανασυντεθεί από το UART της σειριακής θύρας του δέκτη. Στη συνέχεια τα bits που προκύπτουν διοχετεύονται διαδοχικά στη σειριακή γραμμή και στη συνέχεια καταλήγουν στην UART του δέκτη όπου μετατρέπονται πίσω στην παράλληλη μορφή τους ώστε να μπορεί να τα χρησιμοποιήσει η CPU του υπολογιστή.

Σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε, στην ασύγχρονη RS-232 επικοινωνία η πληροφορία προτού αποσταλεί χωρίζεται σε λέξεις, όπου το μέγεθος κάθε λέξης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγεί για τη διεξαγωγή της. Με τη σειρά της, η κάθε λέξη χωρίζεται στα εξής πεδία:

- **Start Bit**

Προκειμένου ο δέκτης να μπορεί να αναγνωρίσει την έναρξη μιας λέξης, αυτή σηματοδοτείται από το Start Bit. Όταν η γραμμή είναι αδρανής η τάση βρίσκεται στο λογικό 1, ενώ η στάθμη του Start Bit βρίσκεται στο λογικό 0, επομένως η αρχή της λέξης αναγνωρίζεται εύκολα από τον δέκτη. Χάρη στο Start Bit και στο Stop Bit επιτυγχάνεται ο συγχρονισμός κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας.

- **Data Bits**

Αφού σταλεί το Start Bit ακολουθούν τα Data Bits στα οποία βρίσκονται τα μεταφερόμενα δεδομένα. Το πλήθος των Data Bits μπορεί να είναι από 5 έως 9 bits αν και συνηθέστερα είναι 8.

- **Parity Bit**

Το Parity Bit παρέχει έναν στοιχειώδη έλεγχο για να επιβεβαιωθεί ότι η ληφθείσα λέξη δεν αλλοιώθηκε κατά τη μετάδοσή της. Η τιμή που λαμβάνει εξαρτάται από τη μορφή ισοτιμίας που χρησιμοποιείται, δηλαδή αν η ισοτιμία θα είναι άρτια, περιττή, σημείου ή κενού. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται άρτια ισοτιμία μετρίεται το πλήθος των άσσων που εμπεριέχονται στα δεδομένα της λέξης και ανάλογα με το αποτέλεσμα το Parity Bit θα πάρει είτε την τιμή 0 είτε την τιμή 1 έτσι ώστε ο συνολικός αριθμός άσσων που θα προκύψει να είναι άρτιος. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργεί και η περιττή ισοτιμία. Στην περίπτωση ισοτιμίας σημείου το Parity Bit

είναι πάντα τεθειμένο στο λογικό 1 ενώ αντίστοιχα στην περίπτωση ισοτιμίας κενού το Parity Bit είναι πάντα στο λογικό 0.

- **Stop Bits**

Τα Stop Bits σηματοδοτούν το τέλος της λέξης και η στάθμη τους βρίσκεται πάντα στο λογικό 1. Διακρίνονται από τα προηγούμενα bits χάρη στη θέση τους και τη διάρκειά τους. Η χρονική τους διάρκεια μπορεί να εκτείνεται σε 1, 1.5 ή 2 περιόδους διάρκειας 1 bit.

Σημαντική παράμετρος της επικοινωνίας είναι και η προεπιλεγμένη συχνότητα με την οποία μεταδίδονται τα bits κάθε λέξης κατά μήκος της σειριακής γραμμής, η οποία εκφράζεται από το Baud Rate. Το Baud Rate ορίζεται ως ο αριθμός των αλλαγών κατάστασης που παρατηρούνται στη γραμμή στη μονάδα του χρόνου και είναι μία ένδειξη της ταχύτητας της επικοινωνίας. Για παράδειγμα, Baud Rate τιμής 2400 υποδηλώνει ότι η γραμμή μπορεί να αλλάξει κατάσταση, δηλαδή να μεταβεί από το 0 στο 1 ή το αντίστροφο, έως και 2400 φορές ανά δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα μετάδοσης μπορεί επίσης να εκφραστεί και από τα μεταδιδόμενα bit στη μονάδα του χρόνου. Στην περίπτωση που η γραμμή μπορεί να λάβει μόνο δύο καταστάσεις όπως εδώ όπου οι δυνατές καταστάσεις είναι μόνο 0 και 1 τότε τα Bits Per Second και το Baud Rate είναι ίσα.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη διεξαγωγή της επικοινωνίας είναι ο αποστολέας και ο δέκτης να είναι προγραμματισμένοι ώστε να χρησιμοποιούν τις ίδιες παραμέτρους επικοινωνίας. Έτσι, τόσο η μορφή κάθε μεταδιδόμενης λέξης όσο και το Baud Rate πρέπει να είναι κοινά στα δύο άκρα της γραμμής, αλλιώς η επικοινωνία θα αποτύχει. 249

2.1.4 Έλεγχος ροής

Κατά την επικοινωνία μιας συσκευής DCE με μια συσκευή DTE είναι αρκετά σύνηθες ο αποστολέας να στέλνει τα δεδομένα με ρυθμό ταχύτερο από ότι μπορεί ο δέκτης να τα λάβει και να τα επεξεργαστεί, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται σοβαρός κίνδυνος πολλά από αυτά να

χάνονται λόγω υπερχειλίσης. Προκειμένου να αποφευχθεί η πιθανότητα αυτή εφαρμόζεται κάποιο είδος ελέγχου της ροής των δεδομένων ή αλλιώς χειραγία. Τα είδη ελέγχου που υπάρχουν είναι δύο, ο έλεγχος ροής με τη βοήθεια υλικού και ο έλεγχος ροής με τη βοήθεια λογισμικού.

Ο έλεγχος ροής με τη βοήθεια λογισμικού προκειμένου να μπορεί να σταματήσει τη ροή δεδομένων όταν ο buffer του δέκτη είναι γεμάτος χρησιμοποιεί δύο χαρακτήρες ελέγχου, τον χαρακτήρα Xon και τον χαρακτήρα Xoff, οι οποίοι αντιπροσωπεύονται στον πίνακα ASCII από τους χαρακτήρες 17 και 19 αντίστοιχα, λόγω των οποίων ονομάζεται επίσης και Xon/Xoff. Μόλις ο buffer του δέκτη γεμίσει με δεδομένα και δεν υπάρχει άλλος χώρος στέλνει στον αποστολέα ένα byte με τον χαρακτήρα Xoff έτσι ώστε ο αποστολέας να σταματήσει να στέλνει δεδομένα. Από την άλλη, μόλις απελευθερωθεί ο χώρος στέλνει τον χαρακτήρα Xon και η αποστολή ξαναρχίζει. Έτσι, η ροή ελέγχεται και η υπερχειλίση αποφεύγεται ενώ δεν χρειάζονται επιπλέον γραμμές για την υλοποίησή του ελέγχου μιας και οι χαρακτήρες στέλνονται μέσω των γραμμών TD/RD. Μειονεκτήματα είναι τα εξής:

- Σε αργές διασυνδέσεις ο χρήση ελέγχου ροής με τη βοήθεια λογισμικού μπορεί να εισάγει καθυστέρηση στην επικοινωνία.
- Δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα τα bytes 17 και 19 γιατί η επικοινωνία θα αποτύχει.
- Υπάρχει ο κίνδυνος ο δέκτης να μην αναγνωρίσει τον χαρακτήρα που του στάλθηκε λόγω αλλοίωσης.

Ο δεύτερος μηχανισμός ελέγχου ροής που μπορεί να εφαρμοστεί είναι ο έλεγχος ροής με τη βοήθεια υλικού ή αλλιώς RTS/CTS. Η χειραγία εδώ επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης των ακροδεκτών RTS (Request To Send) και CTS (Clear To Send) της σειριακής θύρας και επομένως της χρήσης δύο επιπλέον γραμμών στην επικοινωνία των συσκευών DTE και DCE. Αν και η διαδικασία εξαρτάται μέχρις έναν βαθμό από την καλωδίωση που χρησιμοποιείται, συνήθως έχει ως εξής. Στην περίπτωση που η συσκευή DTE είναι έτοιμη να δεχτεί δεδομένα θέτει τον ακροδέκτη RTS στο λογικό 1, κάτι το οποίο το βλέπει η συσκευή DCE μέσω της αντίστοιχης γραμμής και αρχίζει τη μετάδοση δεδομένων. Από την άλλη, αν ο buffer γεμίσει και η αποστολή δεδομένων πρέπει να διακοπεί προσωρινά ο ακροδέκτης τίθεται στο λογικό 0. Η λειτουργία του

ακροδέκτη RTS συμπληρώνεται από τον ακροδέκτη CTS ο οποίος αναλαμβάνει την αντίστοιχη δουλειά για τη συσκευή DCE. Έτσι, όταν η συσκευή DCE μπορεί να δεχτεί δεδομένα θέτει τον ακροδέκτη CTS στο λογικό 1, διαφορετικά τον θέτει στο λογικό 0. Σαν αποτέλεσμα, η ροή δεδομένων προστατεύεται χωρίς κινδύνους, με αντίτιμο τη χρήση δύο επιπλέον γραμμών επικοινωνίας. Ακόμη, να σημειωθεί ότι με αντίστοιχο τρόπο μπορεί να ελεγχθεί η ροή των δεδομένων μέσω του ζεύγους ακροδεκτών DTR (Data Terminal Ready) και DSR (Data Set Ready). Ωστόσο, σε γενικές γραμμές οι ακροδέκτες αυτοί χρησιμοποιούνται σπάνια για έλεγχο ροής ενώ κάποιες συσκευές τους χρησιμοποιούν σαν σήματα επιβεβαίωσης ότι είναι αναμμένες και συνδεδεμένες.

2.2. RS-485

2.2.1 Εισαγωγή

Το πρότυπο TIA/EIA-485 ή αλλιώς RS-485 αποτελεί μια επέκταση του προτύπου RS-232 και σχεδιάστηκε ώστε να ξεπεραστούν κάποιοι από τους περιορισμούς που έθετε η RS-232 επικοινωνία. Είναι το πιο ευέλικτο από τη σειρά προτύπων σειριακής επικοινωνίας της EIA και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως σε περιπτώσεις όπου υπάρχει η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ αρκετών κόμβων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά του σε σχέση με το RS-232 είναι τα εξής:

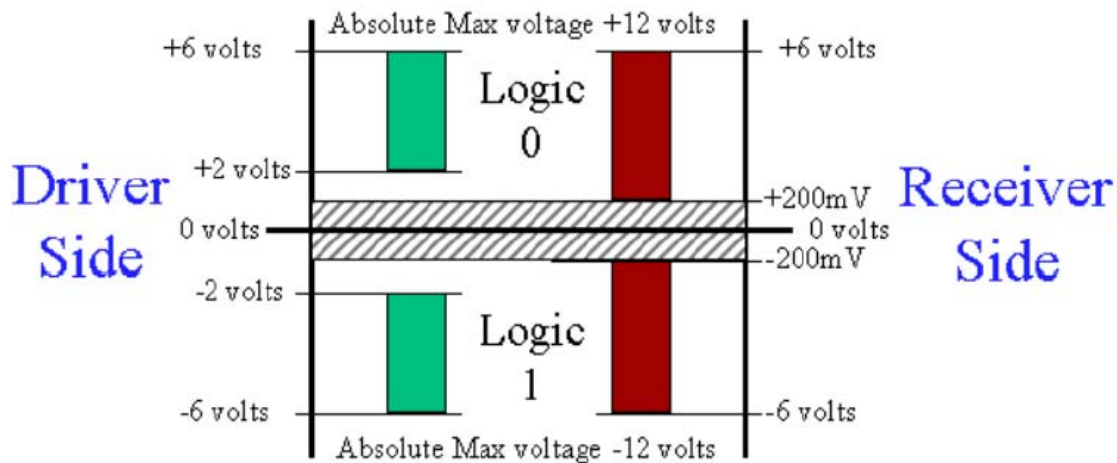
- Παρέχει τη δυνατότητα ταχύτερης επικοινωνίας επιτρέποντας ρυθμούς μετάδοσης σήματος έως και 50 Mbit/s.
- Παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής σε επικοινωνία πολλαπλών κόμβων και όχι μόνο στην επικοινωνία μεταξύ δύο συσκευών.
- Παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης της επικοινωνίας σε μεγαλύτερες αποστάσεις επιτρέποντας τη χρήση μήκους γραμμής έως και 1200 μέτρων.
- Χρησιμοποιεί διαφορική μετάδοση σήματος με αποτέλεσμα τα σήματα να είναι λιγότερο ευάλωτα στο θόρυβο κατά τη μετάδοσή τους.

Χάρη στην ευελιξία που προσφέρει, ένας αυξανόμενος αριθμός προτύπων επικοινωνίας χρησιμοποιούν το RS-485 ως το φυσικό επίπεδο της υλοποίησής τους. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται και πολύ διαδεδομένα πρότυπα όπως το Modbus και το Profibus.

2.2.2 Διαφορικά σήματα

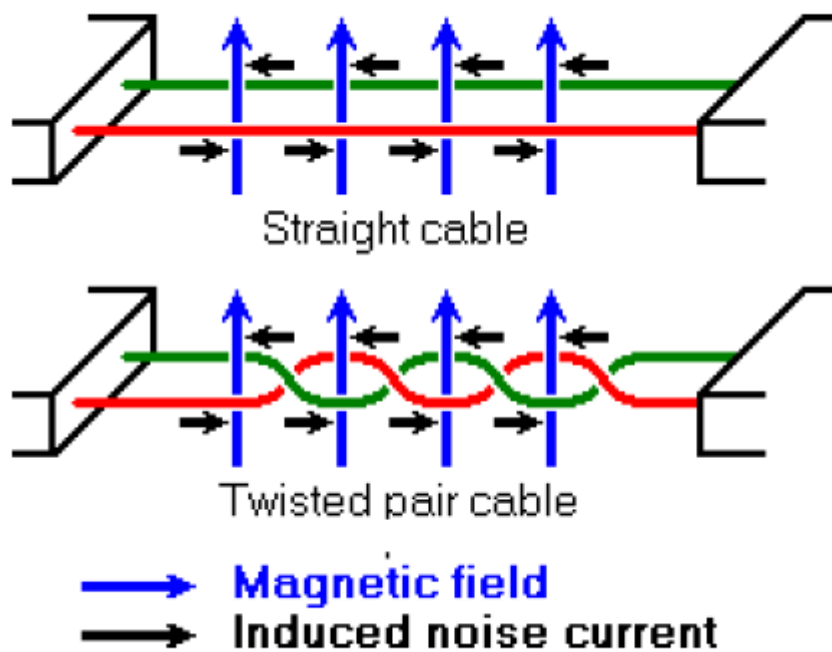
Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της επικοινωνίας RS-232 είναι ότι τα σήματα είναι ευάλωτα στον θόρυβο κατά τη μετάδοσή τους μέσα από τις γραμμές επικοινωνίας. Το φαινόμενο αυτό ευθύνεται κυρίως στο γεγονός ότι τα σήματα αντιπροσωπεύονται από τη διαφορά τάσης ανάμεσα στη γραμμή μετάδοσης και στη γείωση αναφοράς. Για παράδειγμα, στην περίπτωση χρήσης ενός μακριού καλωδίου το επίπεδο τάσης της γείωσης αναφοράς στον δέκτη μπορεί να έχει μετατοπιστεί κατά αρκετά Volt από αυτό που παρατηρείται στον οδηγό με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα ο δέκτης να μη διαβάσει σωστά τα σήματα που λαμβάνει. Σαν αποτέλεσμα, ο θόρυβος που προκαλείται στη γραμμή της γείωσης μπορεί να έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα για την επικοινωνία και περιορίζει σημαντικά την απόσταση στην οποία μπορεί να διεξαχθεί.

Αντίθετα, στην επικοινωνία RS-485 το πρόβλημα αυτό δεν υφίσταται αφού αντιμετωπίζεται με τη χρήση διαφορικών σημάτων (differential signalling). Ειδικότερα, τα RS-485 σήματα μεταδίδονται μέσω ενός ζεύγους γραμμών και αντιπροσωπεύονται από τη διαφορά τάσης που παρατηρείται μεταξύ των γραμμών και όχι από τη διαφορά τάσης μεταξύ μιας γραμμής και της γείωσης αναφοράς. Έτσι, η διαφορά τάσης που θα μετρήσει ο δέκτης δεν επηρεάζεται από το επίπεδο τάσης της γείωσης και τα αποτελέσματα της μετατόπισης που μπορεί να έχει προκληθεί σε αυτό λόγω θορύβου εξαλείφονται. Όσον αφορά τα ηλεκτρικά μεγέθη, το λογικό 1 (mark) αναγνωρίζεται από μία θετική διαφορά δυναμικού της τάξης των 5V μεταξύ των γραμμών ενώ το λογικό 0 (space) από μία αρνητική διαφορά δυναμικού της τάξης των -5V. Οι τάσεις των γραμμών αναφορικά με τη γείωση του δέκτη πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων -7V και +12V μόλις φτάσουν στην είσοδό του.



Εικόνα 6: Επίπεδα Τάσης των Σημάτων στο Πρότυπο RS-485

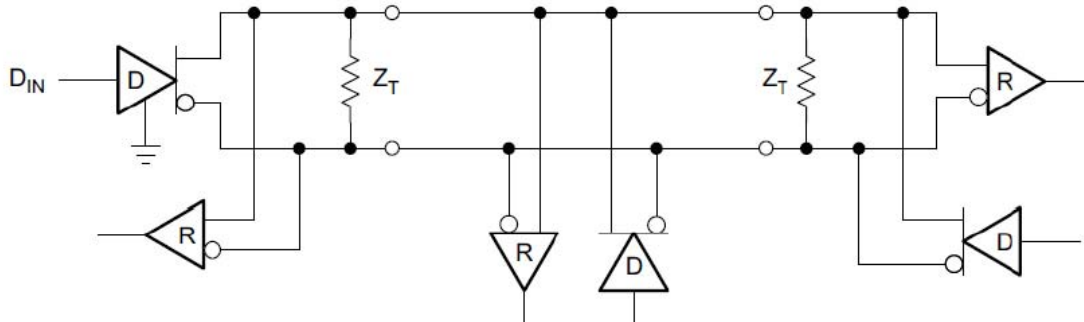
Επίσης, ο θόρυβος μειώνεται αρκετά στην RS-485 επικοινωνία μέσω της χρήσης συνεστραμμένου ζεύγους γραμμών (twisted pair). Με τη συστροφή του ζεύγους των γραμμών μετάδοσης τα ανεπιθύμητα ρεύματα που μπορεί να προκαλέσει ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο αναιρούνται οπότε το μαγνητικό πεδίο ουσιαστικά χάνει την επίδρασή του στην επικοινωνία. Έτσι, ενώ στην περίπτωση της RS-232 επικοινωνίας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται μέριμνα για τη θωράκιση των καλωδίων ώστε το μαγνητικό πεδίο να μην εισέρχεται στις γραμμές μεταφοράς, με τον τρόπο αυτόν αν και το μαγνητικό πεδίο εισέρχεται ο θόρυβος που προκαλεί είναι ανεπαίσθητος. Ο συνδυασμός χρήσης διαφορικών σημάτων και συνεστραμμένου ζεύγους γραμμών επιτρέπει στην RS-485 επικοινωνία να διεξάγεται σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις και με αρκετά μεγαλύτερη ταχύτητα από την RS-232, αν και αυξανόμενης της απόστασης η επίδραση του θορύβου σταδιακά επανέρχεται και η επιτρεπόμενη ταχύτητα μειώνεται.



Εικόνα 7: Επίδραση Εξωτερικού Μαγνητικού Πεδίου σε μη Ανεστραμμένο και σε Ανεστραμμένο Ζεύγος Καλωδίων

2.2.3 Τοπολογία δικτύου

Το κυριότερο πλεονέκτημα που παρέχει η χρήση του προτύπου RS-485 είναι ότι υποστηρίζει τοπολογία δικτύου και μπορεί να συνδέσει πολλαπλούς αποστολείς και δέκτες στο ίδιο δίκτυο, έως και 32 συσκευές στην περίπτωση δεκτών με αντίσταση εισόδου 12 kΩ. Όντας απλό στην υλοποίησή του, αποτελεί συχνά την καλύτερη επιλογή δικτύωσης σε επιστημονικές και τεχνικές εφαρμογές με υπολογιστές, PLCs, μικροεπεξεργαστές ή και έξυπνους αισθητήρες. Η επικοινωνία που ορίζεται μεταξύ των συσκευών είναι ασύγχρονη, ενώ η σύνδεσή τους ενδείκνυται να γίνει σύμφωνα με την τοπολογία αλυσιδωτής σύνδεσης (daisy chain) όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Σε μεγάλες ταχύτητες και μεγάλες σε μήκος γραμμές είναι επίσης απαραίτητη η χρήση αντιστάσεων τερματισμού στα άκρα της τοπολογίας για να αποφευχθεί η ανάκλαση των σημάτων. Στην περίπτωση χρήσης άλλης τοπολογίας και όχι αλυσιδωτής σύνδεσης τότε η χρήση αντιστάσεων τερματισμού καθίσταται προβληματική και η ποιότητα των σημάτων θα υποβαθμιστεί σημαντικά.



Εικόνα 8: Τοπολογία Δικτύου για τη Σύνδεση Πολλών Κόμβων στο Πρότυπο RS-485

Το δίκτυο που ορίζεται λειτουργεί με τον εξής τρόπο. Στην πλειοψηφία των υλοποιήσεων ένας από τους κόμβους ορίζεται ως “αφέντης”, ο οποίος στέλνει ερωτήματα ή εντολές πάνω στον διάδρομο RS-485. Σε κάθε έναν από τους υπόλοιπους κόμβους ανατίθεται μία μοναδική διεύθυνση χάρη στην οποία ο κόμβος αυτός αποκρίνεται μόνο σε πακέτα προορισμένα για τον ίδιο, ενώ διαφορετικά βρίσκεται σε κατάσταση υψηλής αντίστασης. Τα πακέτα αυτά δημιουργούνται από τον αφέντη, ο οποίος περιοδικά απευθύνεται σε όλες τις διασυνδεδεμένες υποτελείς μονάδες. Ωστόσο, υπάρχουν και περιπτώσεις υλοποιήσεων στις οποίες δεν υπάρχει αφέντης. Στις περιπτώσεις αυτές όλες οι μονάδες μπορούν να ανακοινώσουν τη μετάδοση ενός πακέτου ενώ ταυτόχρονα πρέπει να παρατηρούν τι έχει σταλεί. Το σύστημα αυτό είναι πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις όπου οι συσκευές πρέπει να μπορούν ανά πάσα στιγμή να μεταδώσουν δεδομένα χωρίς την αναμονή ερώτησης από τον αφέντη, αλλά από την άλλη η αξιοποίηση του προσφερόμενου εύρους ζώνης γίνεται σε αρκετά μικρότερο βαθμό.

2.3. Σειριακή Επικοινωνία μέσω του Simulink

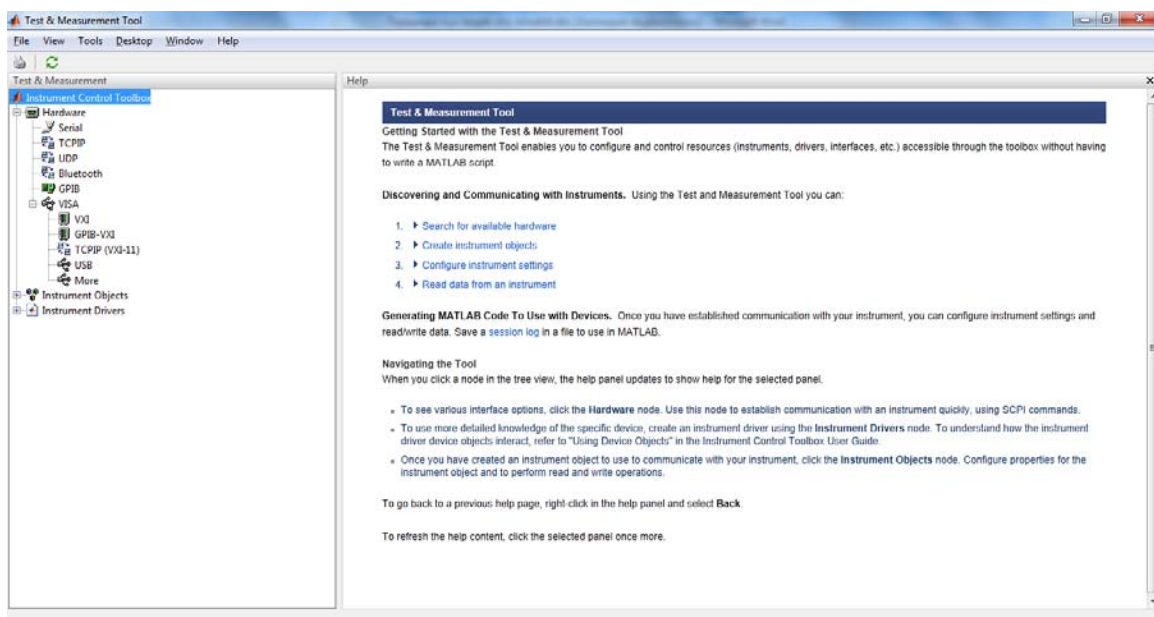
Οι συσκευές καταγραφής μετρήσεων μπορούν να συνδεθούν στον υπολογιστή μέσω μιας διεπαφής σειριακής επικοινωνίας. Όποια συσκευή διαθέτει μια σειριακή διεπαφή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το Matlab και το Simulink μέσω του Instrument Control Toolbox.

Η εργαλειοθήκη αυτή παρέχει τα εργαλεία για την επικοινωνία, την παραμετροποίηση και την αποστολή δεδομένων από/σε τη σειριακή συσκευή χωρίς τη συγγραφή κώδικα. Μπορεί να

παραχθεί αυτόματα κώδικας για τη σειριακή συσκευή, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για την επικοινωνία με τη συσκευή ή για την ανάπτυξη γραφικής διεπαφής. Επίσης, μπορεί να επιτευχθεί επικοινωνία με τη σειριακή συσκευή μέσω script αρχείων του MATLAB ή δημιουργώντας οδηγούς συσκευών με χαμηλού επιπέδου εντολές.

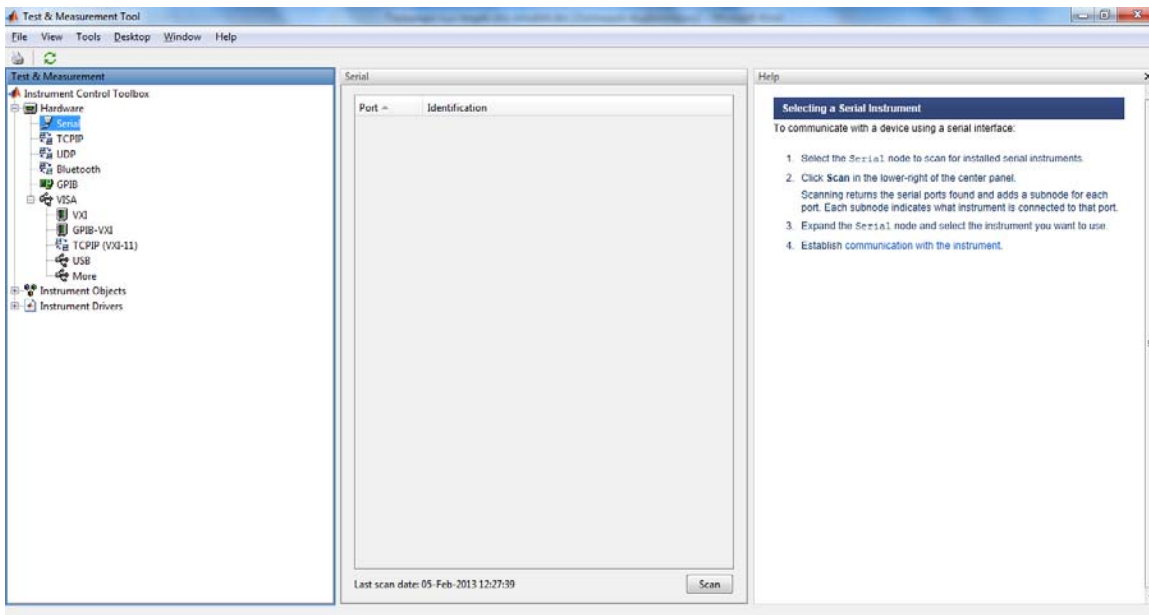
Το MATLAB και το Simulink μπορούν να επικοινωνήσουν με σειριακές συσκευές μέσω των προτύπων RS-232 και RS-485 χρησιμοποιώντας το Instrument Control Toolbox.

Στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνεται το γραφικό περιβάλλον του Instrument Control Toolbox.



Εικόνα 9: Instrument Control Toolbox

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η καρτέλα για την επικοινωνία μέσω σειριακής διεπαφής του Instrument Control Toolbox.



Εικόνα 10: Σειριακή Διεπαφή μέσω του Instrument Control Toolbox

Στο παρακάτω παράδειγμα υπάρχει ένα script αρχείου του MATLAB που επιδεικνύει την επικοινωνία με μία σειριακή συσκευή. Η εντολή «*IDN?» χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τη συσκευή. Οι εντολές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται με τη σειριακή συσκευή.

```

%% Automatically generating a report in MATLAB

% Press the "Save and Publish to HTML" button in the MATLAB Editor to
% execute this code example and automatically generate a report of your
% work with the serial device.

%% Automatically generating MATLAB script for your RS-232 device
% To automatically create your own MATLAB script, launch "tmtool". Open the
% "Hardware" node, open the "Serial" node, select your serial port (such
% as COM1, press the "connect" button. Once connected, enter your device
% commands in the right pane, press "Session log" to see the code generated,
% and press "Save Session" to save the code to a MATLAB (.m) file.

```



```
%% MATLAB script automatically generated for the RS-232 device
% The following MATLAB script was automatically generated by interacting
% with the device configuration tool provided by the toolbox.

% Creation time: 03-Oct-2006 20:36:43

% Create a serial port object.
obj1 = instrfind('Type', 'serial', 'Port', 'COM3', 'Tag', '');

% Create the serial port object if it does not exist
% otherwise use the object that was found.
if isempty(obj1)
    obj1 = serial('COM3');
else
    fclose(obj1);
    obj1 = obj1(1)
end

% Connect to instrument object, obj1.
fopen(obj1);

% Communicating with instrument object, obj1.
data1 = query(obj1, '*IDN?');
```

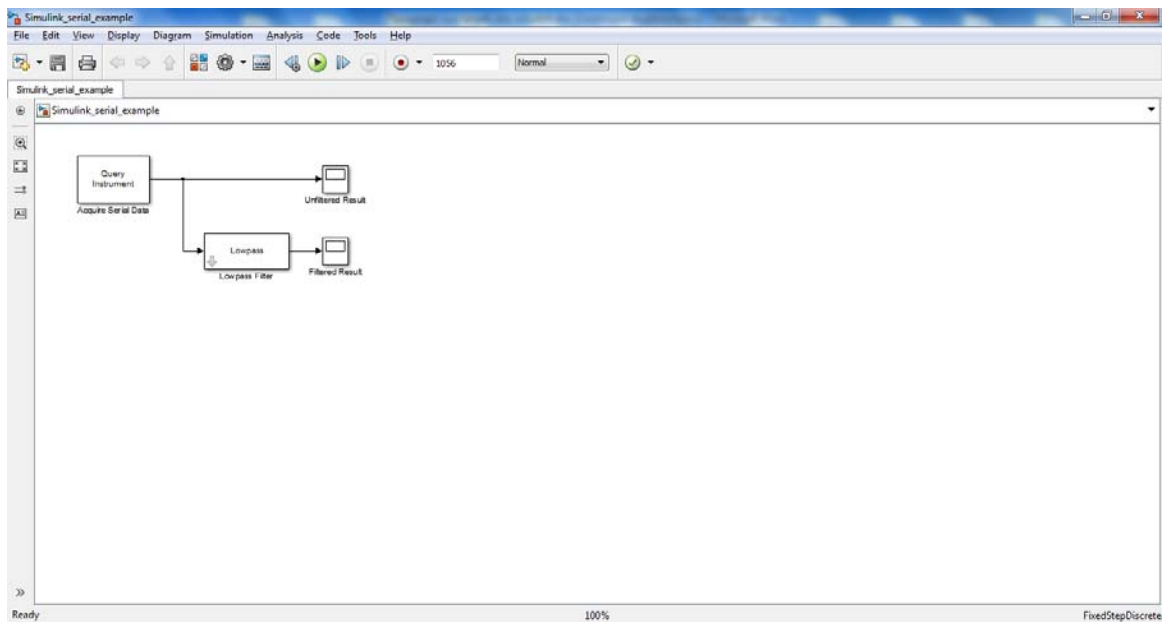
```
% Disconnect from instrument object, obj1.
```

```
fclose(obj1);
```

```
% Clean up all objects.
```

```
delete(obj1);
```

Επίσης, στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνεται ένα παράδειγμα με ένα μοντέλο του Simulink που παίρνει και στέλνει δεδομένα από/σε μία σειριακή συσκευή.



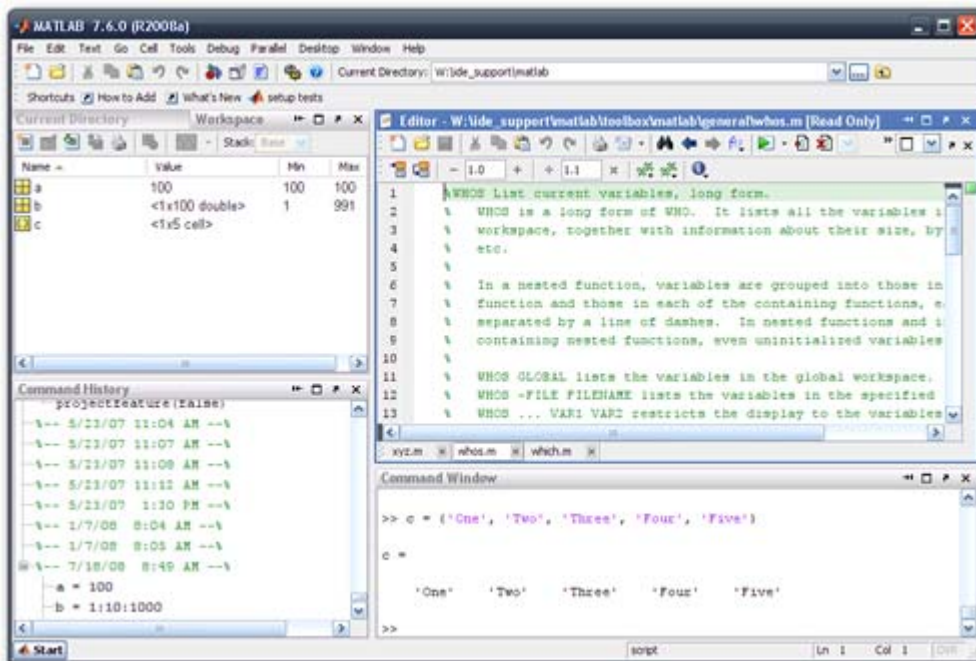
Εικόνα 11: Μοντέλο Simulink για τη Λήψη/Αποστολή Δεδομένων Σε/Από Σειριακή Συσκευή

Κεφάλαιο 3: Matlab and Simulink

3.1. Matlab

Το MATLAB μπορεί να εκτελέσει από τους πιο απλούς υπολογισμούς μέχρι τους πιο σύνθετους και πολύπλοκους. Ακόμη, έχει εργαλεία για αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, οπτικοποίηση αλγορίθμων, γραφικές παραστάσεις και στοιχεία βάσεων δεδομένων. Με λίγα λόγια αποτελεί ένα πλήρες περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών.

Η γραμμή του παραθύρου εντολών στην οποία γράφεται οτιδήποτε εισάγεται από το πληκτρολόγιο ονομάζεται γραμμή εντολών (command line). Είναι η τελευταία γραμμή στην οποία εμφανίζεται το σύμβολο προτροπής (prompt) του MATLAB. Το σύμβολο προτροπής είναι το σύμβολο `>>`. Δεξιά του συμβόλου προτροπής αναβοσβήνει ο δρομέας, μια κάθετη, |, γραμμή. Το αναβόσβημα του δρομέα αποτελεί ένδειξη ότι το MATLAB είναι έτοιμο να δεχθεί εντολές.



Εικόνα 12: Matlab

Η κεντρική φιλοσοφία του MATLAB είναι ο εύκολος χειρισμός δεδομένων σε μορφή μητρών. Την επιτυχία του όσο αφορά στην απλότητα του προγραμματισμού την οφείλει κατά κύριο λόγο σ' αυτή τη φιλοσοφία. Έτσι, το μεγαλύτερο τμήμα του MATLAB αναφέρεται στην περιγραφή συναρτήσεων μητρών.

Πριν οι μήτρες τύχουν επεξεργασίας πρέπει να εισαχθούν με κατάλληλο τρόπο. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι εισαγωγής μητρών, 1) με πληκτρολόγηση, 2) με τη χρήση κατάλληλων συναρτήσεων και 3) με αρχεία, τα οποία γράφονται με άλλα προγράμματα ή και από το ίδιο το MATLAB.

Από το πληκτρολόγιο οι μήτρες εισάγονται γραμμή γραμμή, πρώτα η πρώτη γραμμή μετά η δεύτερη κ.ο.κ. Διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τρόπους. Έστω ότι θέλουμε να εισάγουμε τη μήτρα

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \end{bmatrix}$$

1ος τρόπος : Χωρίζουμε τις γραμμές πληκτρολογώντας ↵

A=[1 2 3 4↵

5 6 7 8]↵

A =

1 2 3 4

5 6 7 8

Τα στοιχεία κάθε γραμμής χωρίζονται μεταξύ τους με κενά διαστήματα ή κόμματα. Μπορούμε να πληκτρολογήσουμε οσαδήποτε κενά θέλουμε μεταξύ των στοιχείων μιας γραμμής.

2ος τρόπος: Χωρίζουμε τις γραμμές με το σύμβολο ; (ελληνικό ερωτηματικό). Υπενθυμίζεται ότι το ίδιο σύμβολο χρησιμοποιείται για την αποτροπή της εμφάνισης αποτελεσμάτων στην οθόνη.

```
B=[1 2 3 4;5, 6, 7, 8]
```

```
B =
```

```
1 2 3 4
```

```
5 6 7 8
```

```
C=[1;2;3]
```

```
C =
```

```
1
```

```
2
```

```
3
```

Πρέπει να αναφέρουμε εδώ ότι το MATLAB λειτουργεί με διερμηνέα (interpreter), ο οποίος ερμηνεύει οτιδήποτε πληκτρολογείται στη γραμμή εντολών. Ο διερμηνέας σε πολλές περιπτώσεις καταλαβαίνει πότε τελειώνει μια εντολή καθώς και τις διαφορετικές χρήσεις των συμβόλων. Π.χ. στην εισαγωγή μητρών τα σύμβολα `␣` έχουν διαφορετικές ερμηνείες και αυτό το γνωρίζει πολύ καλά. Έτσι μόνο όταν πληκτρολογηθεί `␣` μετά το σύμβολο `]` εκτελεί την εντολή. Το ίδιο ισχύει και για το σύμβολο `;`.

Στην πραγματικότητα η εισαγωγή μητρών από το πληκτρολόγιο δεν είναι τίποτε άλλο από την εντολή καταχώρησης. Έτσι, όταν δεν υπάρχει κάτι μετά το σύμβολο της ισότητας, `=`, ο διερμηνέας απαντάει με μήνυμα λάθους.

```
D=
```

```
??? D=
```

|

Missing variable or function.

Επίσης λάθη παράγονται όταν τα πλήθη των στοιχείων των γραμμών ή στηλών δεν είναι αυτά που πρέπει

E=[1 3 5;2 4]

??? E=[1 3 5;2 4]

|

All rows in the bracketed expression must have the same number of columns.

Τα στοιχεία των μητρών μπορεί να είναι αριθμοί, μεταβλητές ή αριθμητικές παραστάσεις.

x=5; D=[2 x; sin(pi) (1+5)/5]

D =

2.0000 5.0000

0.0000 1.2000

Η εισαγωγή μητρών με πληκτρολόγηση είναι μια επίπονη διαδικασία ιδιαίτερα στην περίπτωση μεγάλων μητρών. Για διευκόλυνση των διαδικασιών σε τέτοιες περιπτώσεις το MATLAB διαθέτει ειδικούς τρόπους κατασκευής μητρών. Μερικοί απ' αυτούς κατασκευάζουν αποκλειστικά διανύσματα ενώ άλλοι κατασκευάζουν γενικές μήτρες δυο διαστάσεων. Για την κατασκευή διανυσμάτων το MATLAB διαθέτει την εντολή a:b:c και τις συναρτήσεις linspace και logspace.

Η εντολή a:b:c κατασκευάζει ένα διάνυσμα γραμμή με στοιχεία a, a + b, a + 2b, ..., a + kb, όπου k είναι ένας ακέραιος αριθμός. Αν είναι a < c τότε πρέπει να είναι b > 0. Σ' αυτή την

περίπτωση το τελευταίο στοιχείο $a + kb$ είναι τέτοιο ώστε $a + kb \leq c$, δηλαδή είναι $k = \lfloor (c-a)/b \rfloor = \text{floor}((c - a) / b)$. Αν είναι $a > c$ τότε πρέπει να είναι $b < 0$. Σ' αυτή την περίπτωση το τελευταίο στοιχείο $a + kb$ είναι το μικρότερο στοιχείο τέτοιο ώστε $a + kb \geq c$, δηλαδή είναι πάλι $k = \lfloor (c - a) / b \rfloor = \text{floor}((c - a) / b)$

$x=1:1:9$

$x =$

1 2 3 4 5 6 7 8 9

$y=2:2:9$

$y =$

2 4 6 8

$z=5:-3:-9$

$z =$

5 2 -1 -4 -7

Ο αριθμός b της εντολής $a:b:c$ είναι προαιρετικός. Όταν παραλείπεται εννοείται ότι είναι ίσος με 1. Σ' αυτή την περίπτωση είναι αναγκαστικά $a < c$. Επίσης οι αριθμοί a , b και c μπορούν να αντικατασταθούν με μεταβλητές, συναρτήσεις ή αριθμητικές παραστάσεις.

$x=1:9$

$x =$

1 2 3 4 5 6 7 8 9

$x=1:-9$

$x =$

Empty matrix: 1-by-0

w=0:pi:7

w =

0 3.1416 6.2832

p=1:-exp(1):-2*(1+2)

p =

1.0000 -1.7183 -4.4366

Η συνάρτηση $\text{length}(x)$ υπολογίζει το πλήθος των στοιχείων του διανύσματος x . Από τα προηγούμενα προκύπτει εύκολα ότι είναι $\text{length}(a:b:c) = k + 1$. Τέλος αναφέρουμε εδώ ότι το διάνυσμα $a:b:c$ συμπεριφέρεται σαν συνάρτηση. Έτσι μπορεί να είναι γραμμή μιας άλλης μήτρας

A=[1:3;4:6;7:9]

A =

1 2 3

4 5 6

7 8 9

x=10:pi:100;

y=length(x)

y =

29

k=floor((100-10)/pi)

k =

28

Στην εντολή-συνάρτηση $a:b:c$ το πλήθος των στοιχείων δεν είναι γνωστό προκαταβολικά. Η συνάρτηση $\text{linspace}(a,b,c)$ κατασκευάζει ένα διάνυσμα γραμμή με πρώτο στοιχείο a , τελευταίο b και ενδιάμεσα άλλα $c-2$ στοιχεία έτσι ώστε διαδοχικά στοιχεία να ισαπέχουν. Το συνολικό πλήθος των στοιχείων είναι c . Όταν είναι $c < 2$, η συνάρτηση παράγει τον αριθμό b .

```
clear
```

```
a=linspace(5,8,4)
```

```
a =
```

```
5 6 7 8
```

```
b=linspace(1,2,4)
```

```
b =
```

```
1.0000 1.3333 1.6667 2.0000
```

```
c=linspace(1,2,-1)
```

```
c =
```

```
2
```

Ο αριθμός c είναι προαιρετικός. Όταν δεν αναγράφεται εννοείται ότι είναι $c=100$. Τέλος αναφέρουμε εδώ ότι η συνάρτηση κατασκευάζει διάνυσμα ακόμη όταν είναι $a \geq b$ και ότι μπορεί να είναι γραμμή μιας άλλης μήτρας.

```
clear, x=length(linspace(1,2))
```

```
x =
```

```
100
```

```
a=linspace(1,-2,4)
```

```
a =
```

```
1 0 -1 -2
```

```
B=[1:4;a;linspace(1,2,4)]
```

```
B =
```

```
1.0000 2.0000 3.0000 4.0000
```

```
1.0000 0 -1.0000 -2.0000
```

```
1.0000 1.3333 1.6667 2.0000
```

```
c=linspace(1,1,5)
```

```
c =
```

```
1 1 1 1 1
```

Η συνάρτηση `linspace` κατασκευάζει διανύσματα με στοιχεία που ισαπέχουν. Το MATLAB έχει μια παρόμοια συνάρτηση η οποία κατασκευάζει διανύσματα γραμμές με στοιχεία που ισαπέχουν λογαριθμικά. Είναι η συνάρτηση `logspace(a,b,c)`, η οποία κατασκευάζει ένα διάνυσμα με c στοιχεία, πρώτο στοιχείο 10^a και τελευταίο στοιχείο 10^b . Ακόμη, αν x_1 , x_2 και x_3 είναι τρία διαδοχικά στοιχεία του διανύσματος τότε είναι $\log_{10}(x_2) - \log_{10}(x_1) = \log_{10}(x_3) - \log_{10}(x_2)$. Όπως και στη συνάρτηση `linspace`, το πλήθος, c , των στοιχείων είναι προαιρετικό. Αν δεν αναγράφεται θεωρείται ότι είναι $c=50$, όχι 100 που είναι στη `linspace`.

```
clear, y=logspace(1,4,4)
```

```
y =
```

```
10 100 1000 10000
```

```
length(logspace(1,100))
```

```
ans =
```

```
50
```

Το MATLAB έχει συναρτήσεις για την κατασκευή σχεδόν όλων των γνωστών μητρών από τα μαθηματικά και τις άλλες θετικές επιστήμες. Εδώ θα περιγράψουμε τις πιο βασικές.

Με το MATLAB μπορούμε να κατασκευάσουμε μήτρες που έχουν όλα τα στοιχεία μηδέν, όλα τα στοιχεία μονάδες και τη μοναδιαία μήτρα. Η συνάρτηση `zeros(m,n)` κατασκευάζει μια μήτρα με m γραμμές και n στήλες και όλα τα στοιχεία μηδέν. Η σύνταξη `zeros(n)` είναι ισοδύναμη με τη σύνταξη `zeros(n,n)`. Παρόμοια είναι η συνάρτηση `ones`. Η σύνταξη `ones(m,n)` κατασκευάζει μια μήτρα με m γραμμές, n στήλες και όλα τα στοιχεία ίσα με 1. Η σύνταξη `ones(n)` είναι συντόμευση της εντολής `ones(n,n)`. Η συνάρτηση κατασκευής της μοναδιαίας μήτρας ονομάζεται `eye`. Η μοναδιαία μήτρα διάστασης n κατασκευάζεται με την εντολή `eye(n)`. Όμως, η συνάρτηση `eye` μπορεί να πάρει και δυο μεταβλητές εισόδου. Πληκτρολογώντας `A=eye(m,n)` κατασκευάζεται μια μήτρα με m γραμμές, n στήλες και όλα τα στοιχεία της κύριας διαγωνίου ίσα με 1, δηλαδή, είναι

$$A(1, 1) = A(2, 2) = \dots = 1$$

```
zeros(2)
```

```
ans =
```

```
0 0
```

```
0 0
```

```
zeros(2,4)
```

```
ans =
```

```
0 0 0 0
```

```
0 0 0 0
```

```
ones(2)
```

```
ans =
```

```
1 1
```

```
1 1
```

```
ones(2,4)
```

```
ans =  
    1    1    1    1  
    1    1    1    1
```

```
eye(2)
```

```
ans =  
    1    0  
    0    1
```

```
eye(2,4)
```

```
ans =  
    1    0    0    0  
    0    1    0    0
```

Το MATLAB έχει και συναρτήσεις οι οποίες κατασκευάζουν μήτρες τα στοιχεία των οποίων είναι τυχαίοι αριθμοί. Η συνάρτηση `rand(n)` ή `rand(m,n)` κατασκευάζει μήτρες τα στοιχεία των οποίων δημιουργούνται με ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $[0,1]$, δηλαδή, κάθε αριθμός στο διάστημα $[0,1]$ έχει ίδια πιθανότητα να δημιουργηθεί. Η συνάρτηση `randn(m,n)` ή `randn(n)` κατασκευάζει μήτρες τα στοιχεία των οποίων είναι τυχαίοι αριθμοί που ακολουθούν την κανονική κατανομή $N(0,1)$. Υπενθυμίζεται ότι στην κατανομή $N(\mu,\sigma)$ οι τυχαίοι αριθμοί έχουν μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση σ .

```
rand(2)
```

```
ans =  
    0.9501    0.6068  
    0.2311    0.4860
```

```
rand(2,4)
```

```
ans =  
    0.8913    0.4565    0.8214    0.6154
```

```
0.7621 0.0185 0.4447 0.7919
```

```
randn(2)
```

```
ans =
```

```
-0.4326 0.1253
```

```
-1.6656 0.2877
```

```
randn(2,4)
```

```
ans =
```

```
-1.1465 1.1892 0.3273 -0.1867
```

```
1.1909 -0.0376 0.1746 0.7258
```

Εκτός από τις προηγούμενες γενικού σκοπού συναρτήσεις κατασκευής μητρών το MATLAB κατασκευάζει και πληθώρα ειδικών μητρών. Οι πιο δημοφιλείς μήτρες έχουν ξεχωριστές συναρτήσεις για την κατασκευή τους. Αυτές είναι οι συναρτήσεις `compran`, `hadamard`, `hankel`, `hilb`, `magic`, `pascal`, `rosser`, `toeplitz` `vander` και `wilkinson`. Τις περισσότερες φορές τα ονόματά τους είναι αρκετά για την κατανόηση της λειτουργίας των. Για παράδειγμα η `magic(n)` κατασκευάζει ένα μαγικό τετράγωνο $n \times n$. Όπως είναι γνωστό, ένα μαγικό τετράγωνο $n \times n$ έχει στοιχεία τους αριθμούς $1, 2, \dots, n^2$ έτσι ώστε τα στοιχεία των γραμμών, στηλών και διαγωνίων του να έχουν το ίδιο άθροισμα. Οι μήτρες που κατασκευάζονται με τις προηγούμενες συναρτήσεις είναι τετραγωνικές και οι περισσότερες δέχονται μια μεταβλητή εισόδου, τη διάστασή τους. Μια εξαίρεση αποτελεί η μήτρα `compran` που δέχεται σαν είσοδο ένα διάνυσμα γραμμής. Οι περισσότερες απ' αυτές τις μήτρες έχουν χαρακτηριστικές ιδιότητες. Για παράδειγμα η μήτρα `hilb` (μήτρα του Hilbert) έχει στοιχεία (i, j) που δίνονται από τη σχέση $1/(i+j-1)$ και η αντίστροφή της υπολογίζεται δύσκολα σε πολλές γλώσσες προγραμματισμού. Το MATLAB έχει ειδική συνάρτηση για τον υπολογισμό της αντιστρόφου της μήτρας του Hilbert, τη συνάρτηση `invhilb(n)`. Η συνάρτηση για τον υπολογισμό της αντιστρόφου μιας οποιασδήποτε μήτρας ονομάζεται `inv`. Να μερικά παραδείγματα.

```
magic(3)
```

```
ans =
```

8 1 6

3 5 7

4 9 2

pascal(3)

ans =

1 1 1

1 2 3

1 3 6

hilb(3)

ans =

1.0000 0.5000 0.3333

0.5000 0.3333 0.2500

0.3333 0.2500 0.2000

invhilb(3)

ans =

9 -36 30

-36 192 -180

30 -180 180

inv(hilb(3))

ans =

9.0000 -36.0000 30.0000

-36.0000 192.0000 -180.0000

30.0000 -180.0000 180.0000

Το MATLAB εκτελεί τις γνωστές πράξεις μητρών πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό και ύψωση σε δύναμη χρησιμοποιώντας τα γνωστά σύμβολα +, -, * και ^. Εκτελείται και η πράξη της διαίρεσης. Όμως τώρα οι δύο διαιρέσεις από αριστερά \ και από δεξιά / είναι διαφορετικές πράξεις.

Οι πράξεις της πρόσθεσης και αφαίρεσης γίνονται σε μήτρες ίδιων διαστάσεων. Αν $C=A+B$ τότε είναι $c_{ij}=a_{ij}+b_{ij}$, ενώ αν είναι $D=A-B$ τότε είναι $d_{ij}=a_{ij}-b_{ij}$. Με άλλα λόγια οι πράξεις της πρόσθεσης και αφαίρεσης γίνονται στοιχείο με στοιχείο. Αν οι μήτρες δεν έχουν ίδιες διαστάσεις οι πράξεις δεν εκτελούνται.

```
A=magic(3),B=[1:3;4:6;7:9]
```

```
A =
```

```
8 1 6
```

```
3 5 7
```

```
4 9 2
```

```
B =
```

```
1 2 3
```

```
4 5 6
```

```
7 8 9
```

```
C=A+B
```

```
C =
```

```
9 3 9
```

```
7 10 13
```

```
11 17 11
```

```
D=A-B
```

```
D =
```

```
7 -1 3
```

```
-1 0 1
```

-3 1 -7

E=A+[1:3]

??? Error using ==> +

Matrix dimensions must agree.

Στην πράξη του πολλαπλασιασμού $F=A*B$ η μήτρα A πρέπει να έχει τόσες στήλες όσες είναι οι γραμμές του B . Τότε τα στοιχεία της μήτρας F υπολογίζονται με τη σχέση

$$f_{ij} = a_{i1}b_{1j} + a_{i2}b_{2j} + \dots + a_{in}b_{nj}$$

όπου n είναι το πλήθος των στηλών της μήτρας A και το πλήθος των γραμμών της μήτρας B . Προφανώς η πράξη της ύψωσης σε δύναμη γίνεται μόνο σε τετραγωνικές μήτρες. Ο εκθέτης μπορεί να είναι και μιγαδικός αριθμός.

A=magic(3);E=ones(3,2)

E =

1 1

1 1

1 1

A*E

ans =

15 15

15 15

15 15

F=A*A*A

F =


```
1197    1029    1149
```

```
1077    1125    1173
```

```
1101    1221    1053
```

```
G=A^3
```

```
G =
```

```
1197    1029    1149
```

```
1077    1125    1173
```

```
1101    1221    1053
```

```
H=(3-2i)^A
```

```
H =
```

```
1.0e+004 *
```

```
0.2361 + 0.0798i  1.5996 + 0.0301i -1.6173 + 0.1474i
```

```
0.3128 + 0.0770i  2.1662 + 0.0094i -2.2606 + 0.1709i
```

```
-0.3305 + 0.1005i -3.5473 + 0.2178i  4.0963 - 0.0610i
```

Για τον υπολογισμό των διαστάσεων μητρών υπάρχει η συνάρτηση `size`. Η εντολή `x=size(A)` υπολογίζει ένα διάνυσμα γραμμή του οποίου η πρώτη συνιστώσα `x(1)` περιέχει το πλήθος των γραμμών ενώ η δεύτερη `x(2)` το πλήθος των στηλών. Στην κλήση `[m, n]=size(A)` `m` είναι το πλήθος των γραμμών και `n` το πλήθος των στηλών. Η συνάρτηση `length`, που γνωρίζουμε ήδη, δουλεύει και σε μήτρες. Τώρα όμως υπολογίζει τη μεγαλύτερη διάσταση.

```
y=[1:3;4:6]
```

```
x=size(y)
```

```
x =
```

```
3
```

```
[m,n]=size(y)
```

```
m =
```

```
2
```

```
n =
```

```
3
```

```
length(y)
```

```
ans =
```

```
3
```

Οι πράξεις μητρών εκτελούνται μόνο όταν οι μήτρες έχουν κατάλληλες διαστάσεις. Εξαίρεση στον κανόνα αποτελούν οι πράξεις αριθμού με μήτρες. Ένας αριθμός προστίθεται, αφαιρείται, πολλαπλασιάζεται και διαιρείται με οποιαδήποτε μήτρα. Οι πράξεις αυτές γίνονται όπως είναι γνωστό από τα μαθηματικά δηλαδή οι πράξεις εκτελούνται με όλα τα στοιχεία της μήτρας.

```
clear,A=magic(2)
```

```
A =
```

```
1 3
```

```
4 2
```

```
A+3
```

```
ans =
```

```
4 6
```

```
7 5
```

```
A-3,3-A
```

```
ans =
```

```
-2 0
```

```
1 -1
```

```
ans =
```

```
2 0
```

```
-1 1
```

```
A*3,3*A
```

```
ans =
```

```
3 9
```

```
12 6
```

```
ans =
```

```
3 9
```

```
12 6
```

```
A/3,3\A
```

```
ans =
```

```
0.3333 1.0000
```

```
1.3333 0.6667
```

```
ans =
```

```
0.3333 1.0000
```

```
1.3333 0.6667
```

Οι πράξεις της διαίρεσης από αριστερά, \, και δεξιά, /, έχουν αναπτυχθεί για να επιλύουν γραμμικά συστήματα της μορφής $A*x=b$ και $y*C=d$. Στην περίπτωση που οι μήτρες A και C είναι αντιστρέψιμες τα συστήματα αυτά μπορούν να επιλυθούν με τη χρήση της αντίστροφης μήτρας η οποία ως γνωστόν υπολογίζεται με τη συνάρτηση `inv`. Ας δούμε πρώτα αυτή την περίπτωση.

```
clear
```

```
A=magic(2)
```

```
A =
```

1 3

4 2

b=[1;2]

b =

1

2

C=A;d=[1 2]

d =

1 2

E=inv(A)

E =

-0.2000 0.3000

0.4000 -0.1000

x=E*b

x =

0.4000

0.2000

y=d*E

y =

0.6000 0.1000

Η διαίρεση από αριστερά, \, επιλύει το σύστημα $A*x=b$ και η διαίρεση από δεξιά το σύστημα $y*C=d$. Λύσεις υπολογίζονται ακόμη και όταν οι μήτρες A και C δεν είναι αντιστρέψιμες ή δεν είναι τετραγωνικές. Πρέπει δε να προτιμούνται από τη συνάρτηση `inv` γιατί είναι πιο γρήγορες. Σημειώνουμε εδώ ακόμη ότι οι διαιρέσεις \, / υπολογίζουν λύσεις που έχουν το ελάχιστο μέτρο.

```

clear

A=eye(3,5);b=[1;2;3];% System A*x=b

x=A\b

x =

    1
    2
    3
    0
    0

C=eye(3,5); d=[1 2 3 4 5]; % System y*C=d

y=d/C

y =

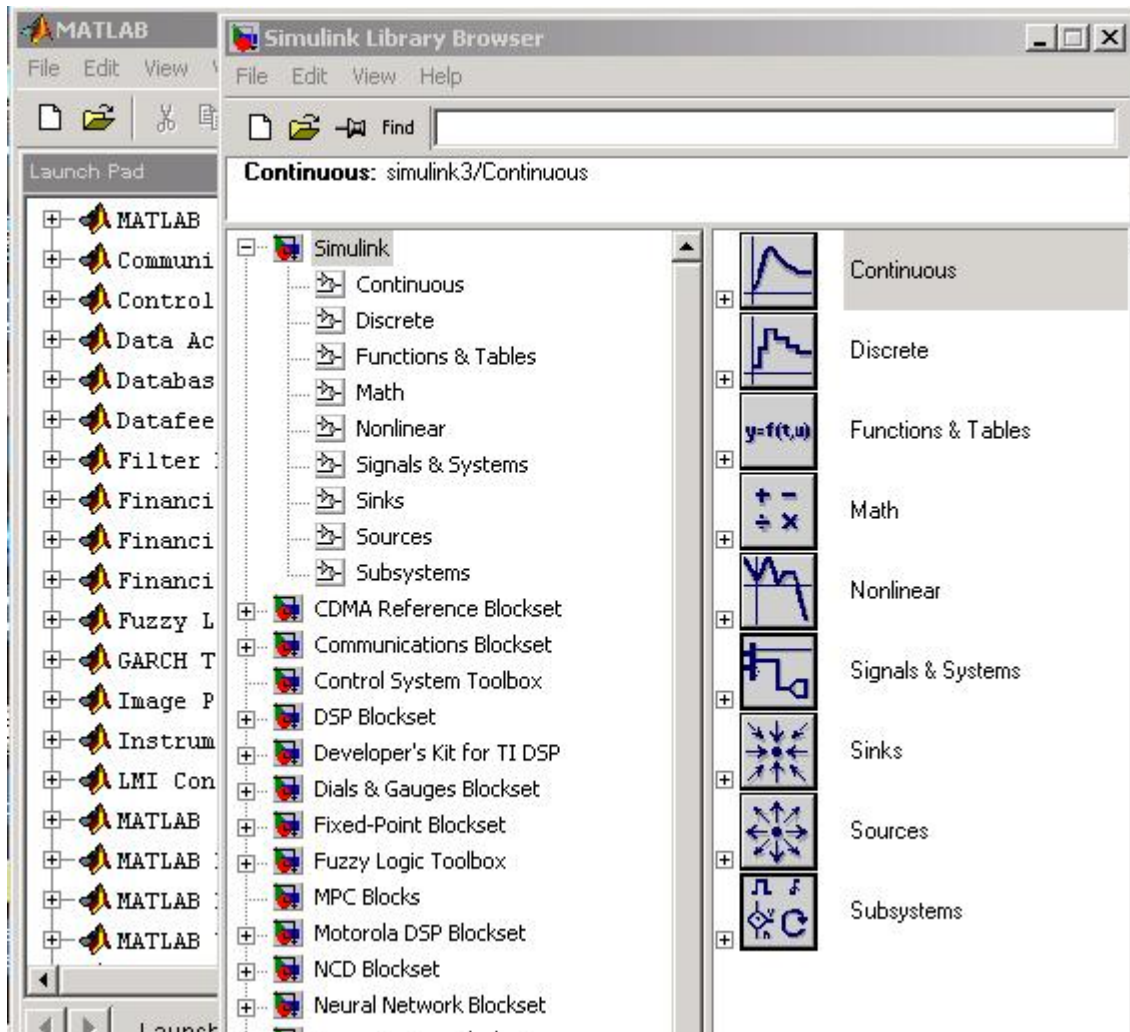
    1    2    3

```

3.2. Simulink

Το Simulink είναι ένα χρήσιμο εργαλείο του Matlab με το οποίο μπορούμε να κάνουμε προσομοιώσεις συστημάτων προερχόμενων από πληθώρα επιστημονικών περιοχών.

Η ενεργοποίηση του Simulink γίνεται πληκτρολογώντας την εντολή simulink στο Command Window του Matlab. Αφού γίνει αυτό ανοίγει 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 απεικονίζεται στο δεξί τμήμα του παραθύρου.



Εικόνα 13: Simulink

Για να δημιουργήσουμε ένα νέο μοντέλο πηγαίνουμε από το μενού File > New Model. Στη συνέχεια επιλέγουμε κάποιο στοιχείο από το Simulink Library Browser και το σέρνουμε στο μοντέλο. Αν κάνουμε διπλό κλικ σε αυτό, τότε ανοίγει μία καρτέλα με τις ρυθμίσεις του στοιχείου αυτού.

Μερικά από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα blocks ανά βιβλιοθήκη είναι τα εξής:

Βιβλιοθήκη Continuous



Το συγκεκριμένο block δίνει στην έξοδο του την παράγωγο του σήματος εισόδου. Στο παράθυρο ρυθμίσεων, το οποίο ανοίγει με διπλό κλικ, δε μας επιτρέπει καμία αλλαγή.



Με το στοιχείο αυτό δηλώνεται μία συνάρτηση μεταφοράς. Ανοίγοντας το μενού ρυθμίσεων είναι δυνατό να αλλάξουμε τον αριθμητή (numerator) και τον παρανομαστή (denominator). Αυτό γίνεται ακριβώς όπως ορίζονται τα πολυώνυμα στη γραμμή εντολών του Matlab. Δηλαδή αν π.χ. θέλουμε στον παρανομαστή να ορίσουμε το πολυώνυμο $s^2 + 1$ στο 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.



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 στη 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.

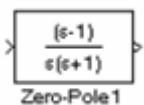
- Ορισμός επιτρεπτού σφάλματος: Αλλάζοντας την τιμή του tolerance είναι δυνατόν να αλλάξουμε το επιτρεπτό σφάλμα. Αφήνοντας το στο auto, επιλέγονται οι default ρυθμίσεις.



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 μενού ρυθμίσεων. Εκτός της καθυστέρησης είναι δυνατόν να αλλάξει και η αρχική τιμή της εξόδου.



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



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

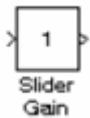
Βιβλιοθήκη Math Operators



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



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



Όπως και παραπάν με τη διαφορά ότι κάνοντας διπλό κλικ στο μενού με τις ρυθμίσεις, εμφανίζεται γραμμή κύλισης με την οποία είμαστε σε θέση να μεταβάλλουμε την τιμή της ενίσχυσης κατά τα διάρκεια της προσομοίωσης.



Η έξοδος του συγκεκριμένου block αποτελεί τριγωνομετρική συνάρτηση της εισόδου του. Στο μενού 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.

Βιβλιοθήκη Math Operators



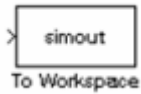
Απεικονίζει την τιμή του σήματος στην είσοδό του. Στο μενού ιδιοτήτων οι σημαντικότερες από τις ρυθμίσεις που μας επιτρέπονται είναι οι εξής: Στο χώρο με τίτλο Format επιλέγουμε τον τρόπο παρουσίασης του σήματος (αριθμός δεκαδικών ψηφίων, θέση υποδιαστολής κ.λ.π.). Στο χώρο με τίτλο Decimation επιλέγουμε τη 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 σε κάθε 3 βήματα κ.ο.κ.



Απεικονίζει το σήμα της εισόδου συναρτήσει του χρόνου. Δεν ανοίγει αυτόματα με την έναρξη της προσομοίωσης. Για να το ανοίξουμε πρέπει να κάνουμε διπλό κλικ πάνω του. Εάν επιθυμούμε να παρακολουθήσουμε το σήμα εισόδου, καθώς αυτό δημιουργείται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, τότε ανοίγουμε το scope πριν την έναρξή της και μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να παρακολουθήσουμε τη συμπεριφορά του υπό εξέταση συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Εάν επιθυμούμε απλώς να δούμε το γράφημα, τότε ανοίγουμε το scope αφού ολοκληρωθεί η προσομοίωση.



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.



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

Βιβλιοθήκη Sources



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



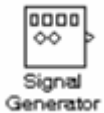
Το στοιχείο αυτό παράγει σήματα, το οποίο έχει τη μορφή ράμπας. Δηλαδή είναι σταθερό και από ένα σημείο και μετά γίνεται γραμμικό. Στο μενού των ρυθμίσεων είναι δυνατόν να επιλεγεί η χρονική στιγμή της μετάβασης από το σταθερό στο γραμμικό σήμα, η τιμή του σταθερού σήματος, καθώς επίσης και η κλίση του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



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



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

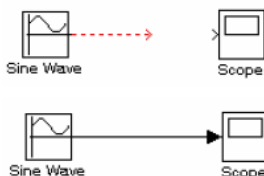





Με το συγκεκριμένο block είναι δυνατόν να δημιουργήσουμε διαφόρων ειδών σήματα. Στο παράθυρο ρυθμίσεων είναι δυνατό να επιλέξουμε μεταξύ ημιτονοειδούς, πριονωτού και τυχαίου σήματος. Επίσης, είναι δυνατόν να προσαρμοστεί το πλάτος και η συχνότητα του σήματος.



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

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



Για να τρέξουμε την προσομοίωση πρέπει να γίνει κλικ στο πλήκτρο . Για να διακοπεί προσωρινά ή οριστικά η προσομοίωση υπάρχουν τα πλήκτρα  και , αντίστοιχα. Πριν εκτελέσουμε την προσομοίωση πρέπει να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους της, πηγαίνοντας στο μενού simulation > Simulation Parameters.

3.3. Matlab vs Labview

Το LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) είναι μια πανίσχυρη γλώσσα προγραμματισμού και ανάλυσης για υπολογιστές που δημιουργήθηκε από την εταιρία National Instruments.

Το LabVIEW ξεφεύγει από την παραδοσιακή φύση γλωσσών προγραμματισμού, εισάγοντας τον χρήστη σε ένα γραφικό περιβάλλον με όλα τα εργαλεία για συλλογή μετρήσεων, έλεγχο αυτόνομων οργάνων, ανάλυση και παρουσίαση.

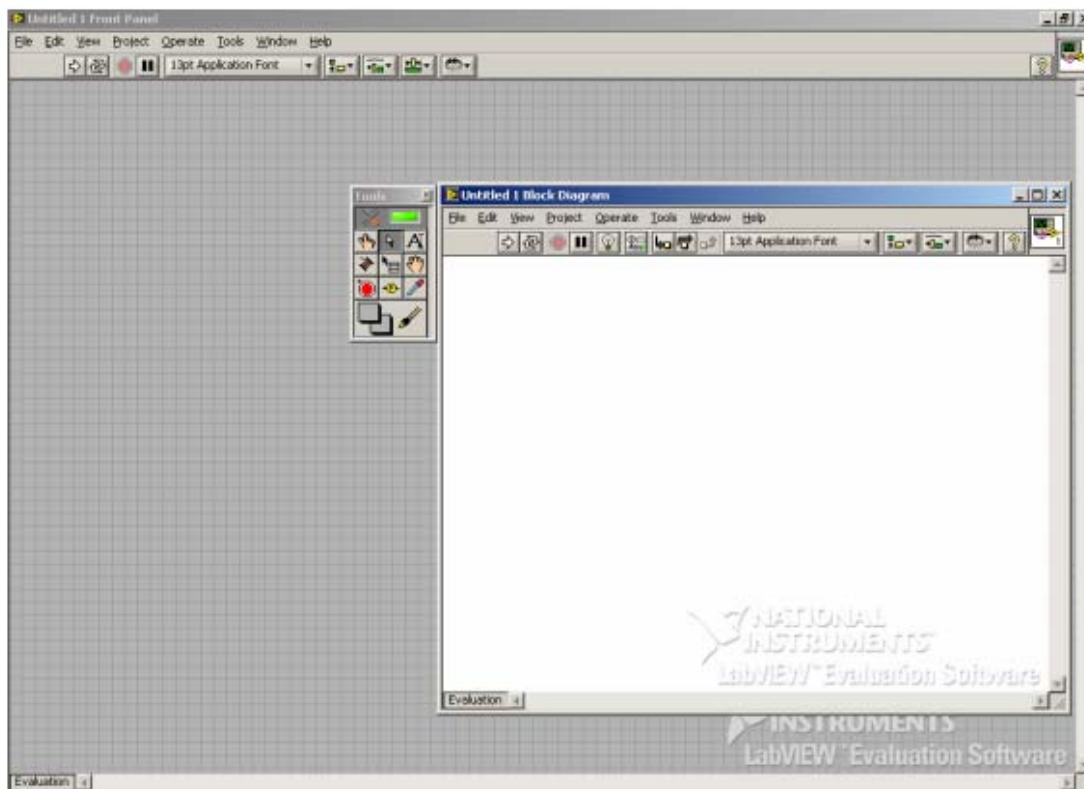
Σε αυτή τη γραφική γλώσσα προγραμματισμού που λέγεται «G», μπορούμε να φτιάξουμε το πρόγραμμα μας σε διαγραμματικά μπλοκ, κάτι πολύ φυσικό για μηχανικούς και επιστήμονες. Αφού φτιαχτούν τα διαγράμματα, το LabVIEW τα μεταφράζει σε κώδικα μηχανής. Το LabVIEW αποτελεί ένα ενιαίο σύστημα μετρήσεων, ανάλυσης, ελέγχου και παρουσίασης. Είναι σχεδιασμένο για επικοινωνία με hardware όπως GPIB, VXI, RS-232, RS-485 και έχει το πλεονέκτημα ότι τρέχει σε όλα τα δημοφιλή λειτουργικά συστήματα Windows, Unix, MacOS ακόμα και DOS. Έχει επίσης ενσωματωμένες βιβλιοθήκες για τη χρησιμοποίηση προτύπων λογισμικού όπως η δικτύωση TCP/*IP και ActiveX. Μια ολοκληρωμένη βιβλιοθήκη από drivers και όργανα, διευκολύνει τον έλεγχο αυτόνομων οργάνων.

Τα παραδοσιακά συστήματα μέτρησης αποτελούνται από ακριβά όργανα που σχεδιάζονται για τις συγκεκριμένες εργασίες. Απαιτούνται επίσης, εκτενείς γνώσεις προγραμματισμού. Η γραφική γλώσσα προγραμματισμού LabVIEW παρέχει εύκολα μέσα για τους μη-προγραμματιστές για γρήγορη σχεδίαση και εφαρμογή σύνθετων εφαρμογών μετρήσεων. Τα

προγράμματα του LabVIEW ονομάζονται εικονικά όργανα (VIS: Virtual Instruments) επειδή έχουν την εμφάνιση πραγματικών συστημάτων και οργάνων.

Το πρόγραμμα ξεκινά όπως κάθε πρόγραμμα των Windows (Εναρξη > Προγράμματα > Labview ή και με συντόμευση από την επιφάνεια εργασίας. Μετά την εκκίνηση εμφανίζεται η εικόνα δυο κενών παραθύρων το ένα από αυτά είναι γκρι και είναι το λεγόμενο Πάνελ και το δεύτερο άσπρο και εκπροσωπεί το Διάγραμμα.

Αναλυτικότερα το Πάνελ είναι το παράθυρο στο οποίο τοποθετούνται όλα τα απαραίτητα όργανα και εξαρτήματα και γίνονται όλοι οι χειρισμοί την ώρα που λειτουργεί το πρόγραμμα. Στο διάγραμμα αντίστοιχα σχεδιάζεται το πρόγραμμα και γίνονται οι συνδέσεις των δεδομένων με τα αποτελέσματα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα δυο αρχικά παράθυρα εργασίας του προγράμματος.



Εικόνα 14: Αρχική Οθόνη Labview

Το Labview χρησιμοποιεί ένα λογικό μοντέλο προγραμματισμού που επιτρέπει την κατανομή του προβλήματος σε προγράμματα. Με τον τρόπο αυτό ενισχύει την λογική του προγραμματισμού και επιτρέπει στον προγραμματιστή να επικεντρώνεται σε ένα κομμάτι του προβλήματος. Το Labview παρέχει και δυνατότητες να ενσωματωθούν κώδικες από άλλα προγράμματα (C, Matlab) και να εξαχθεί ο κώδικας σε C ή σε exe εφαρμογή.

Το Labview παρέχει πολλά εργαλεία για την ανάλυση και την κατάλληλη παρουσίαση των δεδομένων. Αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνουν πάνω από 400 έτοιμες συναρτήσεις ειδικά σχεδιασμένες για επεξεργασία σήματος και εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από κάθε σύνολο δεδομένων. Για ανάλυση δεδομένων, υπάρχουν ρουτίνες επεξεργασίας σήματος, φίλτρων, στατιστικής, παρεμβολής, γραμμικής άλγεβρας, κ.α. τέλος, όντας γραφικό στη φύση του, το Labview παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σαν σύστημα παρουσίασης αποτελεσμάτων.

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν κυρίως το Matlab για τις προσομοιώσεις τους, ειδικά λόγω της πληθώρας πρόσθετων βιβλιοθηκών που έχει το Simulink. Επίσης, μερικοί πιο έμπειροι χρήστης συνδυάζουν τα δύο λογισμικά μέσω επικοινωνίας με API και DLL βιβλιοθήκες. Επίσης, κώδικας από τα δύο προγράμματα μπορεί να μεταφερθεί από το ένα στο άλλο.

Σήμερα, το LabVIEW χρησιμοποιείται περισσότερο από το Matlab για εφαρμογές καταγραφής μετρήσεων, γιατί έχει μεγάλη συμβατότητα με τις συσκευές της National Instruments και άλλων εταιριών. Αντίστοιχα, το Matlab είναι πιο αποδοτικό στους υπολογισμούς από το LabVIEW.

Κεφάλαιο 4: Καταγραφή Μετρήσεων στο Matlab

4.1 Εισαγωγή

Στο έγγραφο αυτό, θα μάθουμε να δημιουργούμε εφαρμογές καταγραφής μετρήσεων (Data Acquisition - DAQ) με το Matlab και το Simulink. Θα χρησιμοποιήσουμε ως παράδειγμα μια USB-6008 DAQ συσκευή από την εταιρεία National Instruments. Για τη χρησιμοποίηση συσκευών DAQ από την εταιρεία National Instruments στο Matlab και το Simulink πρέπει να εγκαταστήσουμε τον οδηγό NI-DAQmx της εταιρείας National Instruments. Επίσης, χρειαζόμαστε την εργαλειοθήκη Data Acquisition Toolbox του Matlab/Simulink.

4.2 MATLAB

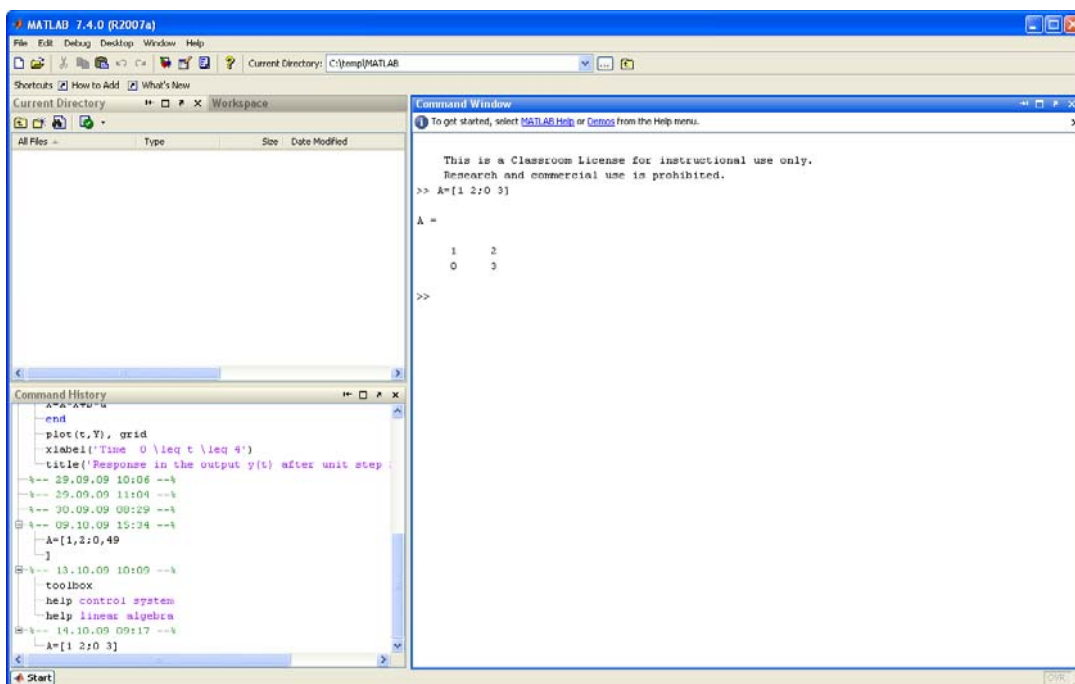
Το MATLAB είναι ένα λογισμικό για προγραμματισμό, υπολογισμούς και απεικόνιση σε ένα ενσωματωμένο περιβάλλον, με το οποίο μπορούμε να ασχοληθούμε με, π.χ.:

- Μαθηματικά και υπολογισμούς
- Δημιουργία αλγορίθμων
- Καταγραφή μετρήσεων
- Μοντελοποίηση, προσομοίωση και προτυποποίηση
- Ανάλυση, εξερεύνηση και οπτικοποίηση δεδομένων
- Γραφικές παραστάσεις επιστημονικών και μηχανικών υπολογισμών
- Δημιουργία εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων και δημιουργίας γραφικών διεπιφανειών χρήστη

Το MATLAB έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία The MathWorks. Η συντομογραφία του MATLAB είναι MATrix LABoratory. Το MATLAB χρησιμοποιείται παγκοσμίως από ερευνητές και πανεπιστήμια.

Για περισσότερες πληροφορίες, βλέπε www.mathworks.com

Παρακάτω μπορούμε να δούμε το περιβάλλον του MATLAB:



Εικόνα 15: Matlab

Το MATLAB έχει τα παρακάτω παράθυρα:

- Γραμμή Εντολών (Command Window)
- Ιστορικό Εντολών (Command History)
- Χώρος Εργασίας (Workspace)
- Τρέχων Κατάλογος (Current Directory)

Η Γραμμή Εντολών είναι το κύριο παράθυρο. Χρησιμοποιείστε τη Γραμμή Εντολών για να εισάγετε μεταβλητές και να εκτελέσετε συναρτήσεις και m-files (περισσότερα για τα m-files σε λίγο).

Δείτε το παρακάτω βίντεο που αφορά μια εισαγωγή στο MATLAB:

<http://www.mathworks.com/demos/matlab/getting-started-with-matlab-video-tutorial.html>

4.3 Simulink

Το Simulink, που έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία The MathWorks, είναι ένα εμπορικό λογισμικό για την μοντελοποίηση, προσομοίωση και ανάλυση δυναμικών συστημάτων. Η κύρια διεπαφή του είναι ένα γραφικό εργαλείο δημιουργίας διαγραμμάτων από διαφορετικά τμήματα και ένα σύνολο από τροποποιήσιμες σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη βιβλιοθήκες τμημάτων. Προσφέρει ενσωμάτωση με το υπόλοιπο περιβάλλον του MATLAB και μπορεί να καθοδηγήσει το MATLAB είτε να προγραμματιστεί από αυτό. Το Simulink χρησιμοποιείται ευρέως στη θεωρία ελέγχου και στην ψηφιακή επεξεργασία σήματος για προσομοιώσεις και σχεδιασμούς.

Βασικές πληροφορίες για το Simulink μπορούν να βρεθούν εδώ:

Δείτε το βίντεο για [μία εισαγωγή στο Simulink](#) από την εταιρεία The MathWorks.



Διαβάστε το έγγραφο που περιέχει [μια εισαγωγή στο Simulink](#). Θα χρειαστείτε να γνωρίζετε τα θέματα αυτά όταν θα κάνετε τα υπόλοιπα θέματα του οδηγού αυτού.

Ο οδηγός αυτός είναι διαθέσιμος από: <http://home.hit.no/~hansha/>.

Επίσης, προτείνω το παρακάτω βίντεο:



“**Εισαγωγή στο Simulink**”. Προσπαθήστε να δημιουργήσετε το διάγραμμα στο Simulink καθώς βλέπετε το βίντεο αυτό.

4.4. Data Acquisition Toolbox

Τα συστήματα καταγραφής μετρήσεων παρέχουν ένα πλήρες σύνολο από εργαλεία για αναλογική είσοδο, αναλογική έξοδο και ψηφιακή είσοδο/έξοδο από ένα πλήθος από συμβατές συσκευές για καταγραφή μετρήσεων. Το λογισμικό σας δίνει τη δυνατότητα να παραμετροποιήσετε τις εξωτερικές σας συσκευές, να εισάγετε δεδομένα στο MATLAB και το Simulink για ενδιάμεση επεξεργασία και αποστολή δεδομένων.

Η εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων επιτρέπει επίσης τα τμήματα στο Simulink που σας επιτρέπουν να ενσωματώσετε πραγματικά δεδομένα ή ρυθμίσεις παραμέτρων συσκευών απευθείας στα μοντέλα του Simulink. Μπορείτε τότε να επιβεβαιώσετε και να επικυρώσετε τα μοντέλα σας σε πραγματικά δεδομένα ως τμήμα της διαδικασίας σχεδίασης συστήματος.

Θα χρησιμοποιήσουμε την εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων για να εγγράψουμε και να διαβάσουμε δεδομένα προς/από τη συσκευή USB-6008 της εταιρείας National Instruments.

4.5 Συσκευή USB-6008 DAQ

Η συσκευή NI USB-6008 είναι μία απλή και χαμηλού κόστους συσκευή εισόδου/εξόδου της εταιρείας National Instruments.



Εικόνα 16: Συσσκευή NI USB-6008

Η συσκευή έχει τις παρακάτω προδιαγραφές:

- 8 αναλογικές εισόδους (12 bit, 10 kS/s)
- 2 αναλογικές εξόδους (12 bit, 150 S/s)
- 12 ψηφιακές εισόδους / εξόδους)
- Σύνδεση USB, Χωρίς επιπλέον παροχή ρεύματος
- Συμβατή με τα La LabVIEW, LabWindows/CVI, and Measurement Studio for Visual Studio .NET
- Οδηγό συσκευής NI-DAQmx

Η συσκευή NI USB-6008 προτείνεται για εκπαιδευτικούς σκοπούς λόγω του μικρού της μεγέθους και της εύκολης σύνδεσης μέσω USB.

Σημείωση! Η 64-bit έκδοση της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων υποστηρίζει τις συσκευές της εταιρείας National Instruments που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη διεπαφή συνεδριών (περισσότερα για αυτό το θέμα αργότερο). Για άλλες υποστηριζόμενες συσκευές καταγραφής μετρήσεων, πρέπει να χρησιμοποιήσετε την 32-bit έκδοση της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων του MATLAB. Οι 32-bit εκδόσεις της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων και του MATLAB μπορούν να εγκαταστηθούν σε ένα 64-bit λειτουργικό σύστημα Windows.

4.6 Οδηγός συσκευής NI DAQmx

Πρέπει να εγκαταστήσετε τον οδηγό DAQmx για να μπορέσετε να τον χρησιμοποιήσετε στο MATLAB.

4.7 Καταγραφή Μετρήσεων

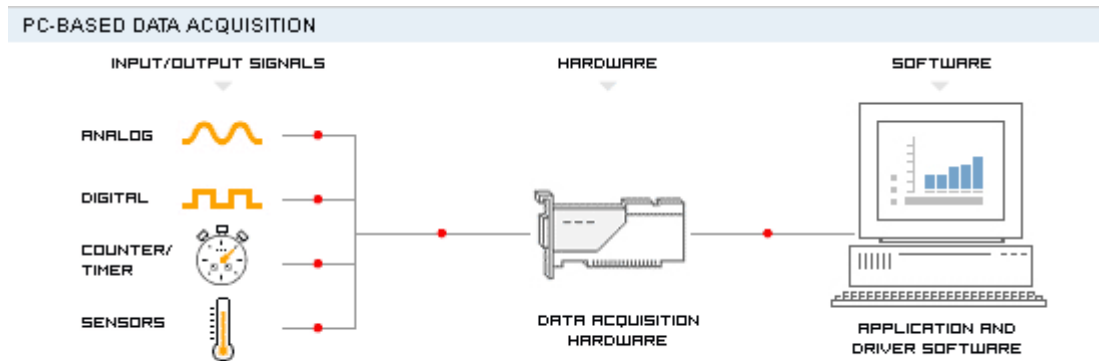
4.7.1 Εισαγωγή

Ο λόγος της καταγραφής μετρήσεων είναι η μέτρηση ενός ηλεκτρικού ή φυσικού φαινομένου, όπως η τάση, ένταση, θερμοκρασία, πίεση ή ο ήχος. Η καταγραφή μετρήσεων σε υπολογιστή χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό αρθρωτού υλικού, λογισμικού εφαρμογών και ενός υπολογιστή για τη λήψη μετρήσεων. Ενώ κάθε σύστημα καταγραφής μετρήσεων ορίζεται από τις απαιτήσεις της εφαρμογής, κάθε σύστημα μοιράζεται τους ίδιους στόχους για την απόκτηση, ανάλυση και παρουσίαση πληροφοριών. Τα συστήματα καταγραφής μετρήσεων ενσωματώνουν σήματα, αισθητήρες, ενεργοποιητές, κυκλώματα ρύθμισης σημάτων, συσκευές καταγραφής μετρήσεων και λογισμικό εφαρμογών.

Συμπερασματικά, η καταγραφή μετρήσεων είναι η διαδικασία της:

- Καταγραφής σημάτων από φυσικά φαινόμενα
- Ψηφιοποίησης σημάτων
- Ανάλυσης, παρουσίασης και αποθήκευσης δεδομένων

Το σύστημα καταγραφής μετρήσεων αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:



Εικόνα 17: Μέρη Συστήματος Καταγραφής Μετρήσεων

Τα μέρη αυτά είναι:

- Φυσικά σήματα εισόδου/εξόδου
- Συσκευές DAQ
- Οδηγοί συσκευών
- Λογισμικό εφαρμογών

4.7.1.1 Φυσικά σήματα εισόδου/εξόδου

Ένα φυσικό σήμα εισόδου/εξόδου είναι συνήθως ένα σήμα τάσης ή έντασης.

4.7.1.2 Συσκευή DAQ

Η συσκευή DAQ λειτουργεί ως μια διεπαφή μεταξύ ενός υπολογιστή και του έξω κόσμου. Λειτουργεί κυρίως ως μια συσκευή που ψηφιοποιεί εισερχόμενα σήματα, έτσι ώστε να μπορούν να τις μεταφράσουν οι υπολογιστές.

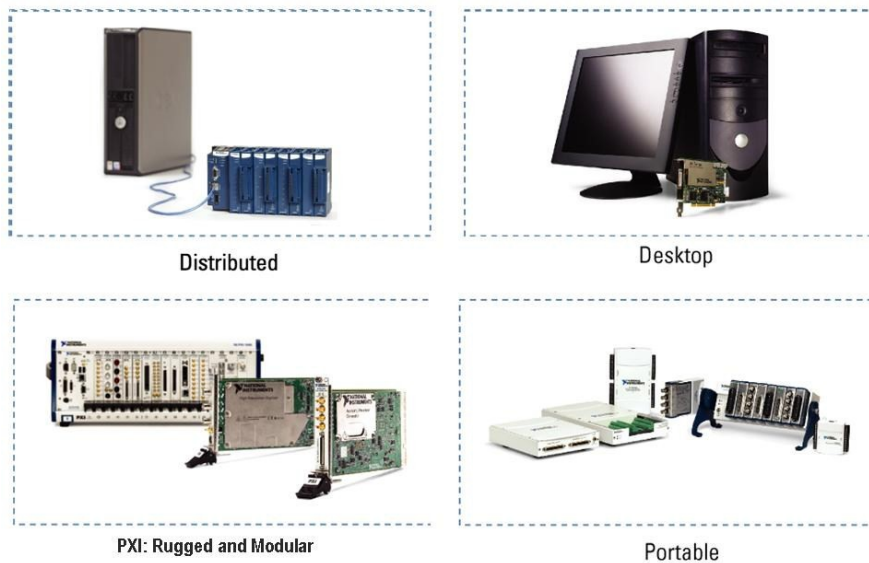
Μία συσκευή καταγραφής μετρήσεων συνήθως περιλαμβάνει τις εξής λειτουργίες:

- Αναλογικές εισόδους

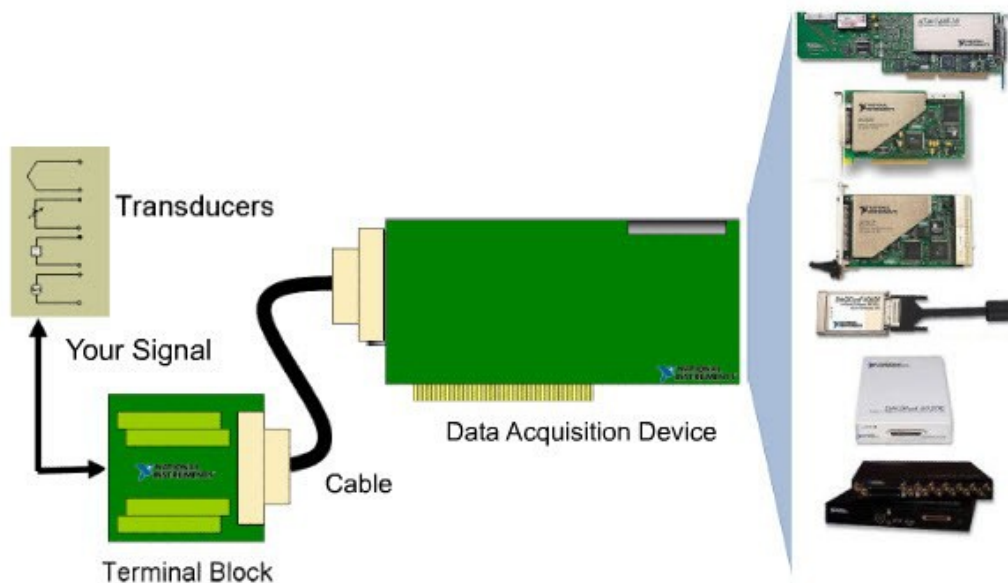
- Αναλογικές εξόδους
- Ψηφιακές εισόδους/εξόδους
- Μετρητές/χρονιστές

Έχουν διαφορετικές συσκευές μετρήσεων, όπως:

- Οι επιτραπέζιες συσκευές DAQ, όπου χρειάζεται να συνδέσετε μία PCI DAQ πλακέτα στον υπολογιστή σας. Το λογισμικό εκτελείται στον υπολογιστή.
- Οι φορητές συσκευές DAQ για σύνδεση μέσω USB, ασύρματων δικτύων κ.τ.λ. Το λογισμικό εκτελείται στον υπολογιστή.
- Κατανεμημένες συσκευές DAQ, όπου το λογισμικό αναπτύσσεται στον υπολογιστή σας και αργότερα μεταφορτώνεται στην κατανεμημένη συσκευή DAQ.



Εικόνα 18: Τύποι Συσκευών Μετρήσεων



Εικόνα 19: Συσκευή Μέτρησης

4.7.1.3 Οδηγός Συσκευής

Οι οδηγοί συσκευής είναι το επίπεδο του λογισμικού για την εύκολη επικοινωνία με το υλικό. Σχηματίζει το μεσαίο επίπεδο μεταξύ της εφαρμογής και του υλικού. Οι οδηγοί συσκευών αποτρέπουν επίσης τον προγραμματιστή από την προγραμματισμό χαμηλού επιπέδου ή πολύπλοκων εντολών για να έχουν πρόσβαση σε λειτουργίες του υλικού.

Οδηγός συσκευής από την εταιρεία National Instruments: NI-DAWmx

4.7.1.4 Η εφαρμογή σας

Η εφαρμογή προσθέτει δυνατότητες ανάλυσης και παρουσίασης στον οδηγό συσκευής. Η εφαρμογή σας λογικά θα εκτελεί τις συγκεκριμένες λειτουργίες:

- Οπτικοποίηση πραγματικού χρόνου
- Ανάλυση δεδομένων
- Καταγραφή δεδομένων

- Αλγόριθμους ελέγχου
- Διεπαφές ανθρώπου - μηχανής

Για τη δημιουργία εφαρμογών καταγραφής μετρήσεων, χρειάζεστε ένα εργαλείο ανάπτυξης προγραμμάτων, όπως το Visual Studio/C#, LabVIEW, κ.τ.λ.

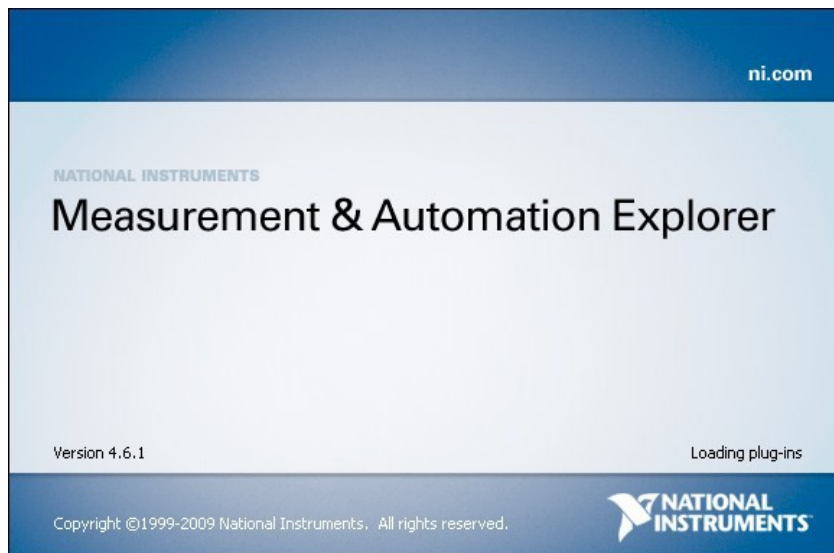
4.8 Προβολέας Μέτρησης και Αυτοματισμού

Ο Προβολέας Μέτρησης και Αυτοματισμού (Measurement & Automation Explorer) δίνει πρόσβαση σε συσκευές και συστήματα της εταιρείας National Instruments.

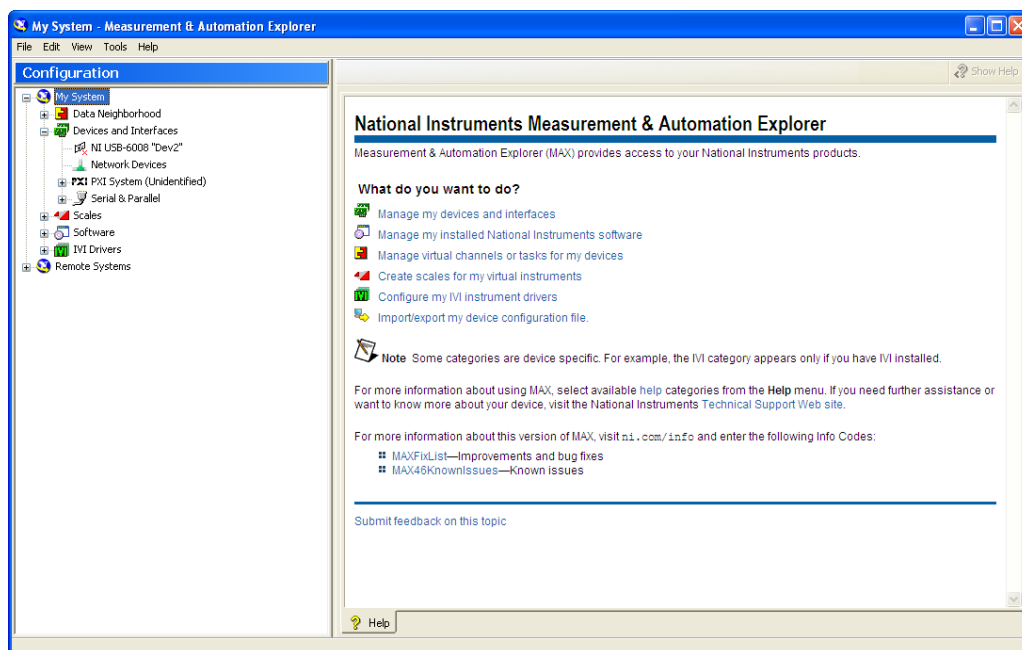
Με Προβολέα Μέτρησης και Αυτοματισμού μπορείτε να:

- Τροποποιήσετε τις συσκευές και τα συστήματα της εταιρείας National Instruments
- Δημιουργήσετε και να τροποποιήσετε κανάλια, λειτουργίες, διεπαφές, αναλογίες και εικονικά μέσα
- Εκτελέσετε διαγνωστικά συστήματος
- Δείτε τις συνδεδεμένες συσκευές και μέσα στο σύστημά σας
- Ενημερώσετε το λογισμικό της εταιρείας National Instruments

Επιπλέον των συνηθισμένων εργαλείων, ο Προβολέας Μέτρησης και Αυτοματισμού να σας δείξουν ποια συγκεκριμένα εργαλεία μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για να τροποποιήσετε, διαγνώσετε ή να ελέγξετε το σύστημά σας, ανάλογα με το ποια προϊόντα έχετε εγκαταστήσει. Καθώς πλοηγείτε με τον Προβολέα Μέτρησης και Αυτοματισμού, τα περιεχόμενα του μενού της εφαρμογής και η εργαλειοθήκη αλλάζουν για να δείχνουν τα νέα αυτά εργαλεία.



Εικόνα 20: Measurement & Automation Explorer (1)



Εικόνα 21: Measurement & Automation Explorer (2)

4.9 Καταγραφή Μετρήσεων στο MATLAB

Μπορείτε να δημιουργήσετε εφαρμογές καταγραφής μετρήσεων με ή χωρίς το Measurement Studio. Και στις δύο περιπτώσεις χρειάζεστε την εργαλειοθήκη του οδηγού συσκευής NI-DAQmx.

4.9.1 NI-DAQmx

Η εταιρεία National Instrument παρέχει μια εγγενή διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών για το NI-DAQmx. Αυτό είναι διαθέσιμο ως τμήμα του οδηγού συσκευής NI-DAQmx και δεν απαιτεί το Measurement Studio.

Γενικά, ο προγραμματισμός καταγραφής μετρήσεων με το DAQmx συνεπάγεται τα παρακάτω βήματα:

- Δημιουργία μίας εργασίας και εικονικών καναλιών
- Εκκίνηση της εργασίας
- Εκτέλεση μιας λειτουργίας ανάγνωσης από τη συσκευή DAQ
- Εκτέλεση μιας λειτουργίας εγγραφής στη συσκευή DAQ
- Τερματισμός και διαγραφή της εργασίας.

Η καταγραφή μετρήσεων σε προγραμματιστικό περιβάλλον κειμένου είναι παρόμοια με τον προγραμματισμό στο περιβάλλον LabVIEW NI-DAQmx γιατί οι κλήσεις συναρτήσεων είναι ίδιες με αυτές στο NI-DAQmx Vi's.

4.10 Εργαλειοθήκη Καταγραφής Μετρήσεων

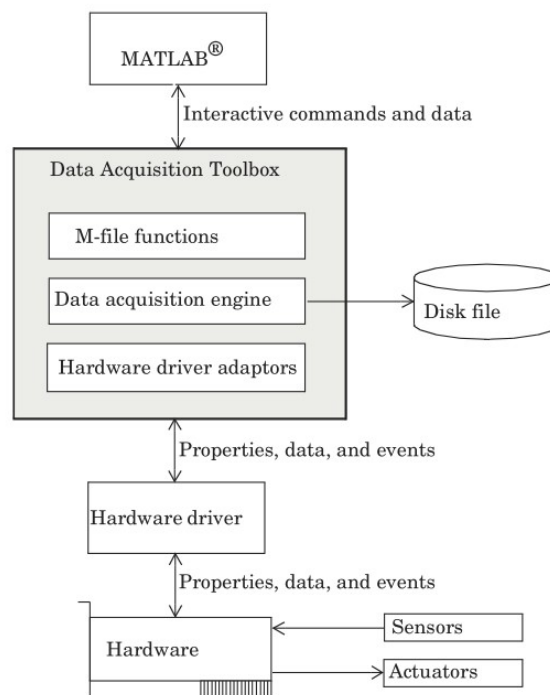
Το λογισμικό καταγραφής μετρήσεων παρέχει ένα πλήρες σύνολο εργαλείων για αναλογική είσοδο, αναλογική έξοδο και ψηφιακή είσοδο/έξοδο από μία μεγάλη γκάμα συσκευών καταγραφής μετρήσεων. Η εργαλειοθήκη επιτρέπει την παραμετροποίηση των εξωτερικών σας συσκευών, την ανάγνωση δεδομένων μέσα στο MATLAB και το Simulink για ενδιάμεση ανάλυση και την αποστολή των δεδομένων.

Η εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων επιτρέπει επίσης τη χρησιμοποίηση τμημάτων

στο Simulink, με τα οποία μπορεί κάποιος να ενσωματώσει πραγματικά δεδομένα ή παραμετροποιήσεις συσκευών απευθείας μέσα σε μοντέλα του Simulink. Μετά από αυτό μπορεί κάποιος να επιβεβαιώσει και να επικυρώσει τα μοντέλα του σε πραγματικά δεδομένα ως τμήμα της διαδικασίας σχεδίασης συστήματος.

Θα χρησιμοποιήσουμε την εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων για να εγγράψουμε και να διαβάσουμε δεδομένα προς/από τη συσκευή USB-6008 DAQ της εταιρείας National Instruments.

Σημείωση! Επιπλέον πρέπει να εγκαταστήσετε τον οδηγό συσκευής NI DAQmx της εταιρείας National Instruments. Παρακάτω φαίνεται η ροή πληροφορίας από τους αισθητήρες στο MATLAB:



Εικόνα 22: Ροή πληροφορίας από τους αισθητήρες στο Matlab

4.10.1 Βοήθεια

Για να δείτε αν εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων είναι εγκατεστημένο στο σύστημα σας, πληκτρολογήστε:

```
ver
```

Η εντολή αυτή θα σας εμφανίσει όλες τις εργαλειοθήκες που είναι εγκατεστημένες και τις εκδόσεις τους.

Για να δείτε μία περίληψη της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων, μπορείτε να πληκτρολογήσετε την παρακάτω εντολών στη Γραμμή Εντολών του MATLAB:

```
help daq
```

Τότε θα δείτε μια περίληψη όλων των διαθέσιμων μεθόδων της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων. Η εργαλειοθήκη αυτή έχει λειτουργικότητα DAQ τόσο για το MATLAB όσο και για το Simulink.

Μπορείτε να δείτε τον κώδικα για οποιαδήποτε συνάρτηση πληκτρολογώντας:

```
type function_name
```

Μπορείτε να αναζητήσετε για βοήθεια για οποιαδήποτε συνάρτηση πληκτρολογώντας:

```
help function_name
```

4.11 Η Πρώτη μου Εφαρμογή Καταγραφής Μετρήσεων

Στα παραδείγματα αυτά θα χρησιμοποιήσουμε τη συσκευή USB-6008 της εταιρείας National Instruments. Επιπλέον, θα χρειαστεί να εγκαταστήσετε την οδηγό συσκευής NI DAQmx της εταιρείας National Instruments.

4.11.1 Εισαγωγή

Σημείωση! Η 64-bit έκδοση της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων υποστηρίζει συσκευές της εταιρείας National Instruments που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη διεπαφή που επιτρέπει συνόδους. Για άλλες υποστηριζόμενες συσκευές καταγραφής μετρήσεων της εταιρείας National Instruments, πρέπει να χρησιμοποιήσετε την 32-bit έκδοση της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων και του MATLAB. Οι 32-bit εκδόσεις της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων και του MATLAB μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα 64-bit λειτουργικό σύστημα Windows.

	Session-based Interface	Legacy Interface
32-bit MATLAB	X	X
64-bit MATLAB	X	

Η συσκευή NI USB-6008 υποστηρίζει και τις δύο διεπαφές, αλλά ο προγραμματισμός είναι διαφορετικός στο MATLAB.

Διεπαφή βασισμένη σε συνόδους:

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή `daq.getVendors()` για να δείτε μία λίστα από τις υποστηριζόμενες και εγκατεστημένες συσκευές.

Χρησιμοποιώντας τη διεπαφή βασισμένη σε συνόδο, δημιουργείτε ένα αντικείμενο καταγραφής μετρήσεων με την εντολή `daq.createSession`. Μπορείτε τότε να προσθέσετε κανάλια στη σύνοδο και να λειτουργήσετε όλα τα κανάλια μαζί μέσα στη σύνοδο.

Κλασική διεπαφή:

Η διεπαφή που είναι διαθέσιμη με την εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων λειτουργεί με όλες τις υποστηριζόμενες συσκευές καταγραφής μετρήσεων, εκτός των συσκευών CompactDAQ και των συσκευών που χρησιμοποιούν μετρητές/χρονιστές. Χρησιμοποιώντας τη διεπαφή αυτή, δημιουργείτε αντικείμενα καταγραφής μετρήσεων με τις παρακάτω εντολές:

```
analoginput()
```

```
analogoutput()
```

4.11.2 Κλασική Διεπαφή

Σημείωση! Αν έχετε το 64-bit MATLAB δε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτή τη μέθοδο.

Θα χρησιμοποιήσουμε την εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων στο MATLAB για να δημιουργήσουμε μία απλή εφαρμογή καταγραφής μετρήσεων.

Αρχίζουμε ελέγχοντας αν ο οδηγός συσκευής DAQmx έχει εγκατασταθεί σωστά. Χρησιμοποιήστε την παρακάτω εντολή:

```
out = daqhwinfo out.InstalledAdapters
```

Ανάλογα με του τι έχετε εγκαταστήσει, μπορεί να πάρετε την παρακάτω απάντηση:

```
ans =  
'mcc'  
'nidaq'  
'parallel'  
'winsound'
```

Αν δε βρίσκετε την κάρτα σας DAQ στη λίστα, βεβαιωθείτε ότι εκτελείται το MATLAB ως διαχειριστής.

4.11.3 Απλή Εφαρμογή Καταγραφής Μετρήσεων

Μια απλή εφαρμογή καταγραφής μετρήσεων πρέπει να ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

1. Αρχικοποίηση
2. Ανάγνωση/Εγγραφή
3. Τερματισμός

Θα εξηγήσουμε τα διαφορετικά βήματα παρακάτω:

1 - Initialization:

Δημιουργώντας ένα αντικείμενο συσκευής:

Στην αρχικοποίηση πρέπει να καθορίσετε τον τύπο της συσκευής που χρησιμοποιείται. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις εντολές `analoginput()` και `analogoutput()` της εργαλειοθήκης καταγραφής μετρήσεων.

Παράδειγμα:

```
ai = analoginput('nidaq', 'Dev1');
```

και

```
ao = analogoutput('nidaq', 'Dev1');
```

Η εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων υποστηρίζει συσκευές DAQ πολλών διαφορετικών προμηθευτών. Για να χρησιμοποιήσετε μια συσκευή της εταιρείας National Instruments, θα χρειαστεί να θέσετε ως όνομα προσαρμογέα το “nidaq”. Το προκαθορισμένο όνομα που δημιουργείτε από το σύστημα είναι το “DevX”, δείτε τον Προβολέα Μέτρησης και Αυτοματοποίησης για περισσότερες λεπτομέρειες για την συσκευή σας.

Προσθέτοντας Κανάλια:

Στη συνέχεια πρέπει να καθορίσουμε ποια κανάλια θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση addchannel().

Παράδειγμα:

```
ai0 = addchannel(ai, 0)
```

2 – Ανάγνωση/Εγγραφή:

Αν θέλουμε να εγγράψουμε μία απλή τιμή στη συσκευή DAQ, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση putsample().

Παράδειγμα:

```
ao_value = 3.5;  
putsample(ao, ao_value)
```

Αν θέλουμε να διαβάσουμε μία απλή τιμή από τη συσκευή DAQ, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση getsample().

Παράδειγμα:

```
ai_value = getsample(ai)
```

3 - Τερματισμός:

Όταν έχουμε τελειώσει με την καταγραφή μετρήσεων, χρειάζεται να κλείσουμε ή να διαγράψουμε τη σύνδεση. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση delete().

Παράδειγμα:

```
delete(ai)
```

4.11.4 Πηγαίος Κώδικας

Σε αυτό το απλό παράδειγμα, θα δημιουργήσουμε ένα m-file που θα γράφει μια απλή τιμή στη συσκευή DAQ και μετά θα διαβάζει μία απλή τιμή από τη συσκευή DAQ.

Ξεκινάμε με τη σύνδεση των καλωδίων Analog In και Analog Out στη συσκευή DAQ (η διαδικασία ονομάζεται σύνδεση Loopback).

Αν γράψουμε, π.χ., 3.5V στη συσκευή DAQ σε ένα κανάλι αναλογικής εξόδου, τότε θα διαβάσουμε την ίδια τιμή από το κανάλι αναλογικής εισόδου.

Πηγαίος Κώδικας για μια απλή εφαρμογή καταγραφής μετρήσεων στο MATLAB:

```
% Εγγραφή και Ανάγνωση προς/από τη συσκευή NI USB-6008 DAQ

clear

clc

% Αρχικοποίηση-----

% Αναλογική Είσοδος:
ai = analoginput('nidaq', 'Dev1');

% Αναλογική Έξοδος:
ao = analogoutput('nidaq', 'Dev1');

% Προσθήκη Καναλιών-----

% Αναλογική Είσοδος – Κανάλι 0
ai0 = addchannel(ai, 0);

% Αναλογική Έξοδος – Κανάλι 0
ao0 = addchannel(ao, 0);

% Εγγραφή Δεδομένων-----

ao_value = 3.5;

putsample(ao, ao_value)
```

```
% Διάβασμα Δεδομένων-----  
ai_value = getsample(ai)  
  
% Τερματισμός-----  
delete(ai)  
delete(ao)
```

4.12 Διεπαφή Βασισμένη σε Συνόδους

Σημείωση! Αν έχετε το 64-bit MATLAB πρέπει να χρησιμοποιήσετε αυτή τη μέθοδο.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή `daq.getVendors()` για να δείτε μία λίστα με όλες τις υποστηριζόμενες και εγκατεστημένες συσκευές.

```
>> daq.getVendors()  
  
ans =  
  
Data acquisition vendor 'National Instruments':  
  
ID: 'ni'  
FullName: 'National Instruments'  
AdaptorVersion: '3.0 (R2011b)' DriverVersion: '9.3.5 NI-DAQmx' IsOperational: true
```

Χρησιμοποιώντας τη διεπαφή βασισμένη σε συνόδους, δημιουργείτε ένα αντικείμενο καταγραφής μετρήσεων με την εντολή `daq.createSession`. Μπορείτε τότε να προσθέσετε κανάλια στη σύνολο και να τα λειτουργήσετε όλα μαζί στη διάρκεια της συνόδου.

Σύνταξη:

```
myDaq = daq.createSession(VENDORID)
```

Παράδειγμα:

```
>> myDaq = daq.createSession('ni')
```

```
myDaq =
```

```
Data acquisition session using National Instruments hardware: Will run for 1 second (1000 scans) at 1000 scans/second.
```

```
No channels have been added.
```

Τότε, έχετε διαφορετικές μεθόδους, ιδιότητες και γεγονότα που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε.

Οι πιο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι οι `addAnalogInputChannel()` και `addAnalogOutChannel()`.

Σύνταξη:

```
addAnalogInputChannel(DEVICEID,CHANNELID,MEASUREMENTTYPE)
```

και:

```
addAnalogOutputChannel(DEVICEID,CHANNELID,MEASUREMENTTYPE)
```

Η συσκευή μπορεί να βρεθεί χρησιμοποιώντας τον Προβολέα Μέτρησης και Αυτοματισμού:

Παράδειγμα:

```
>> mydaq.addAnalogInputChannel('dev1', 'ai0', 'Voltage')
```

```
ans =
```

```
Data acquisition session using National Instruments hardware: Will run for 1 second (1000 scans)
at 1000 scans/second. Number of channels: 1
```

```
index Type Device Channel MeasurementType      Range Name
```

```
-----
```

```
1      ai      Dev1  ai0    Voltage (Diff) -20 to +20 Volts
```

Τότε, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εντολή `inputSingleScan` για να διαβάσουμε δεδομένα από τα αναλογικά κανάλια εισόδου.

Παράδειγμα:

```
>> myvalue = mydaq.inputSingleScan
```

```
myvalue =
```

```
0.8244
```

4.12.1 Ανακεφαλαίωση

Αρχικά, βεβαιωνόμαστε αν ο οδηγός συσκευής NI DAQmx έχει εγκατασταθεί σωστά:

```
daq.getVendors
```

Η εντολή αυτή δίνει την παρακάτω απάντηση στον υπολογιστή μου:

```
ans =
```

```
Data acquisition vendor 'National Instruments':
```

```
ID: 'ni'
```

```
FullName: 'National Instruments'
```

```
AdaptorVersion: '3.0 (R2011b)' DriverVersion: '9.6.0 NI-DAQmx' IsOperational: true
```

Στη συνέχεια, ελέγχουμε αν η συσκευή DAQ (στον οδηγό αυτό χρησιμοποιείται η συσκευή NI USB-6008) έχει συνδεθεί και λειτουργεί:

```
daq.getDevices
```

Η εντολή αυτή δίνει την παρακάτω απάντηση στον υπολογιστή μου:

```
ni Dev1: National Instruments USB-6008
```

Analog input subsystem supports:

8 ranges supported

Rates from 0.1 to 10000.0 scans/sec

8 channels

'Voltage' measurement type

Analog output subsystem supports:

0 to +5.0 Volts range

Rates from 0.0 to 0.0 scans/sec

2 channels

'Voltage' measurement type

Counter input subsystem supports: Rates from 0.0 to 0.0 scans/sec

1 channel

'EdgeCount' measurement type

Στη συνέχεια μπορούμε να δημιουργήσουμε έναν απλό κώδικα που θα γράφει μία απλή τιμή σε ένα αναλογικό κανάλι εξόδου και στη συνέχεια θα διαβάζει την ίδια τιμή από το αναλογικό κανάλι εισόδου.

Χρησιμοποιούμε τη σύνδεση που ονομάζεται “Loopback”, δηλαδή συνδέουμε τα καλώδια Analog In και Analog Out στη συσκευή DAQ. Αν γράψουμε, για παράδειγμα, 3.5V στη συσκευή DAQ σε ένα κανάλι αναλογικής εξόδου, τότε θα διαβάσουμε την ίδια τιμή από το αναλογικό κανάλι εισόδου.

Ο κώδικας φαίνεται παρακάτω:


```
% Αρχικοποίηση
mydaq = daq.createSession('ni')

mydaq.addAnalogOutputChannel('dev1', 'ao0', 'Voltage')
mydaq.addAnalogInputChannel('dev1', 'ai0', 'Voltage')

% Αναλογική Έξοδος
ao_value = 3.5; mydaq.outputSingleScan(ao_value)

% Αναλογική Είσοδος
ai_value = mydaq.inputSingleScan
```

Τα αποτελέσματα του κώδικα φαίνονται παρακάτω:

```
ai_value =
3.5059
```

Γνωρίζοντας αυτές τις βασικές συναρτήσεις, μπορούμε τώρα να υλοποιήσουμε πιο εξελιγμένες εφαρμογές, χρησιμοποιώντας for/while βρόγχους και άλλα.

4.13 DAQ in Simulink

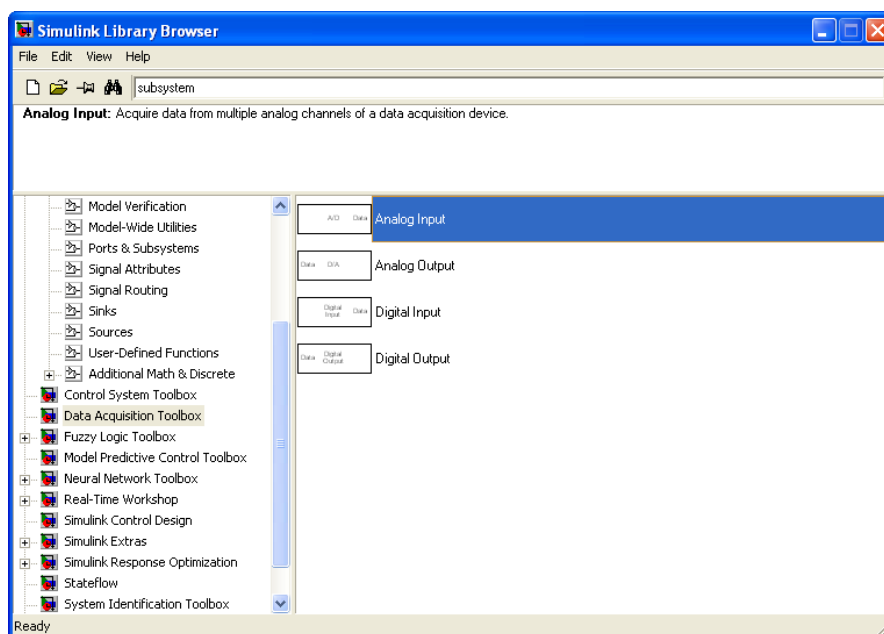
Το Simulink έχει ενσωματωμένα τμήματα για την καταγραφή μετρήσεων, αλλά ανάλογα με την έκδοση του MATLAB/Simulink που χρησιμοποιείται, μπορεί να μη δουλεύουν σωστά με τη συσκευή USB-6008. Σε αυτήν την περίπτωση μπορείτε να καλέσετε συναρτήσεις του

MATLAB από το Simulink.

Θα δημιουργήσουμε μια απλή εφαρμογή στο Simulink, όπου θα γράψετε και διαβάσετε τιμές προς και από τη συσκευή USB-6008.

Στο κεφάλαιο αυτό χρησιμοποιείται το MATLAB/Simulink R2007a. Η εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων έχει ανανεωθεί μέχρι αυτήν την έκδοση.

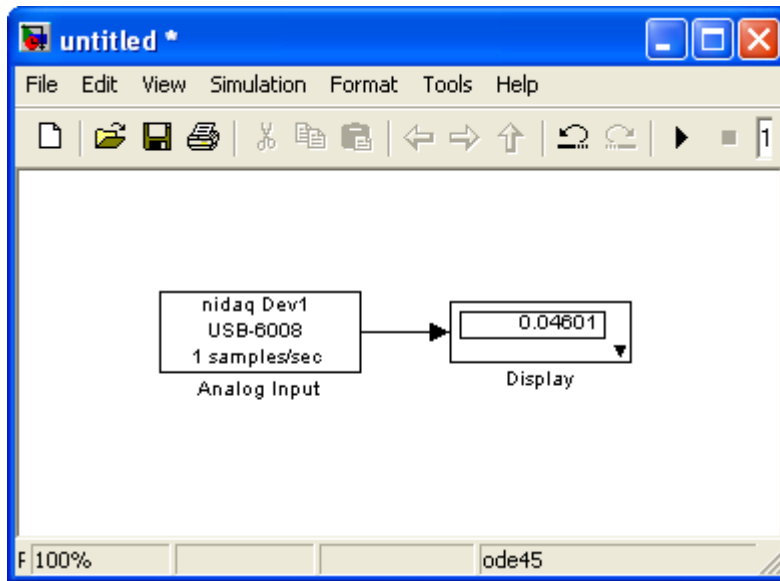
Παρακάτω βλέπουμε τα ενσωματωμένα τμήμα στην εργαλειοθήκη καταγραφής μετρήσεων του Simulink (R2007a):



Εικόνα 23: Simulink

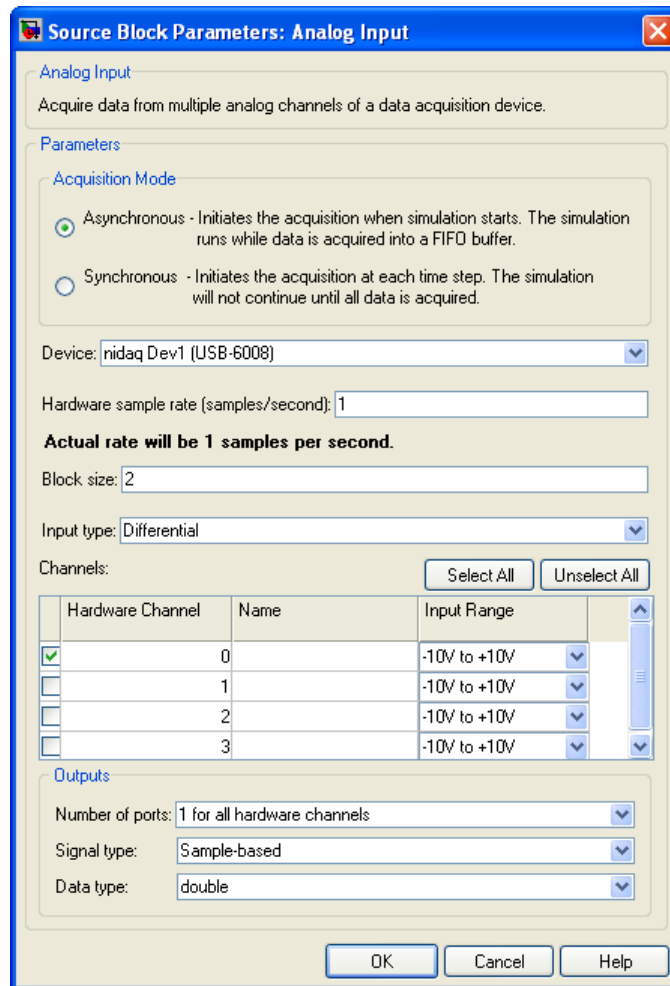
4.13.1 Αναλογική Είσοδος

Δημιουργούμε μια απλή εφαρμογή στο Simulink για να επιδείξουμε τις δυνατότητες ανάγνωσης από τη συσκευή καταγραφής μετρήσεων:



Εικόνα 24: Ανάγνωση από τη συσκευή καταγραφής μετρήσεων

Οι ιδιότητες του τμήματος αναλογικής εισόδου:

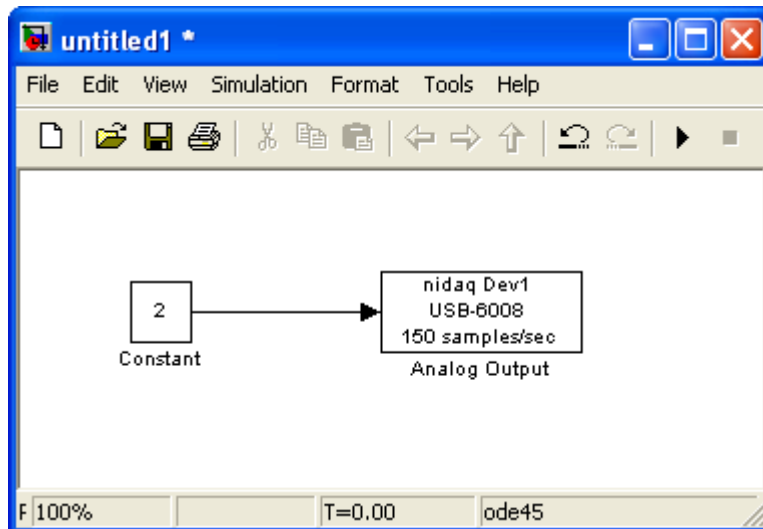


Εικόνα 25: Ιδιότητες τμήματος αναλογικής εισόδου

Στο παράθυρο των ιδιοτήτων μπορούμε να ορίσουμε τα κανάλια, το ρυθμό δειγματοληψίας, κ.τ.λ.

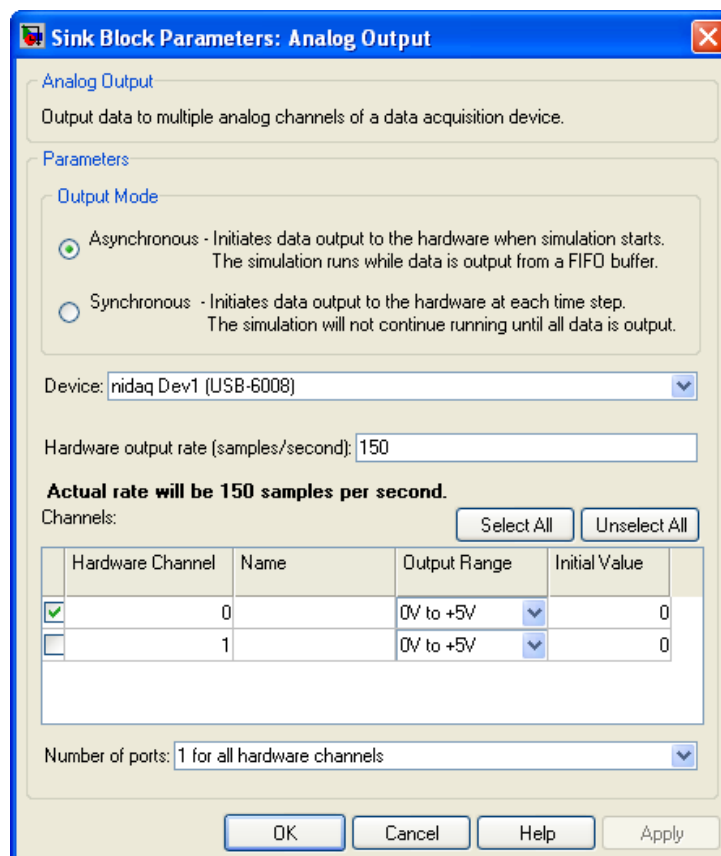
4.13.2 Αναλογική Έξοδος

Δημιουργούμε μια απλή εφαρμογή στο Simulink για να επιδείξουμε τις δυνατότητες εγγραφής στη συσκευή καταγραφής μετρήσεων:



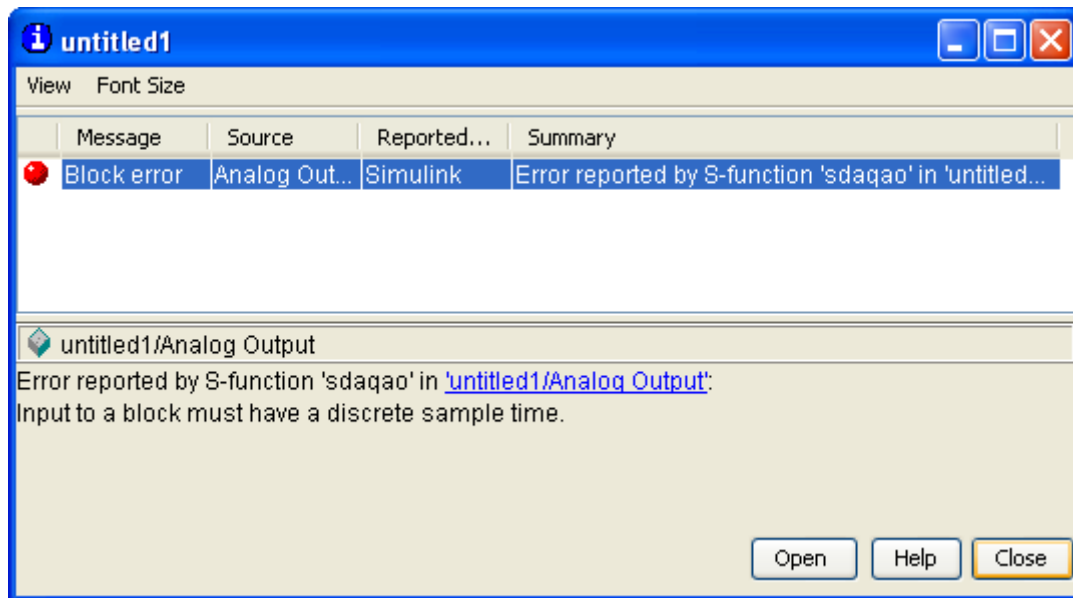
Εικόνα 26: Εγγραφή στη συσκευή καταγραφής μετρήσεων

Οι ιδιότητες του τμήματος αναλογικής εξόδου:



Εικόνα 27: Ιδιότητες αναλογικής εξόδου

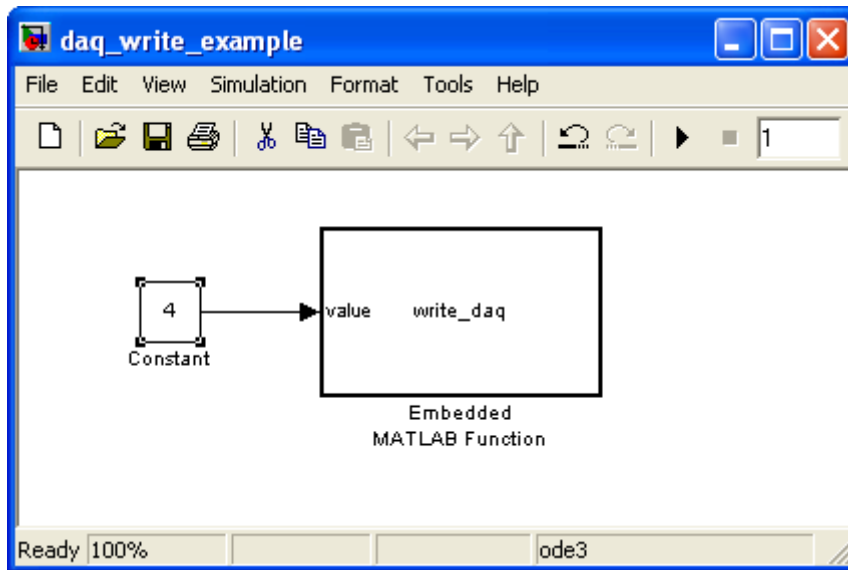
Σε αυτήν την περίπτωση παίρνουμε το παρακάτω λάθος:



Εικόνα 28: Μήνυμα λάθους από αναλογική έξοδο

Αυτό συμβαίνει γιατί τα τμήματα του Simulink υποστηρίζουν μόνο υλικό που έχει εσωτερικούς χρονιστές, κάτι το οποίο δεν υποστηρίζει η αναλογική έξοδος της συσκευής NI USB-6008. Θα χρειαστεί να καλέσετε τη συνάρτηση PUTSAMPLE του MATLAB.

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το τμήμα του Simulink που ονομάζεται «Ενσωματωμένη Συνάρτηση του MATLAB», μέσω του οποίου μπορούμε να υλοποιήσουμε τον κώδικα MATLAB για τη λειτουργία εγγραφής:



Εικόνα 29: Τμήμα ενσωματωμένης συνάρτησης στο Matlab

Ο ενσωματωμένος κώδικας MATLAB είναι ο ακόλουθος:

```

Embedded MATLAB Editor - Block: daq_write_example/Embedded MATLAB Function
File Edit Text Debug Tools Window Help
1 function write_daq(value)
2
3 - eml.extrinsic('analogoutput', 'addchannel', 'putsample', 'delete')
4
5 - device='Dev1';
6 - channel=0;
7
8 % Initialization-----
9 % Analog Output:
10 - ao = analogoutput('nidaq', device);
11
12
13 % Adding Channels-----
14 % Analog Output - Channel 0
15 - ao0 = addchannel(ao, channel);
16
17
18 % Write Data-----
19 - putsample(ao, value)
20
21
22 % Cleaning Up-----
23 - delete(ao)

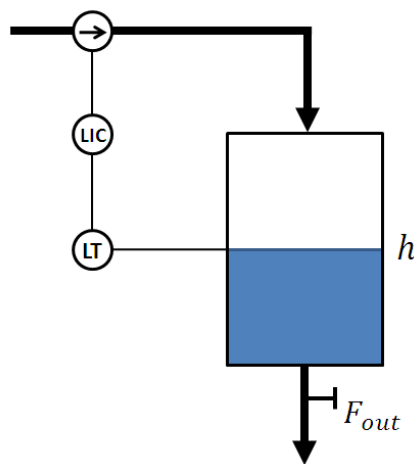
```

Εικόνα 30: Ενσωματωμένος κώδικας

4.14 Εφαρμογή Ελέγχου

4.14.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το παράδειγμα θα χρησιμοποιήσουμε το Measurement Studio για να δημιουργήσουμε μια απλή εφαρμογή ελέγχου. Θα ελέγξουμε το επίπεδο σε μια δεξαμενή νερού χρησιμοποιώντας χειροκίνητο έλεγχο. Η διαδικασία έχει ως εξής:



Εικόνα 31: Διαδικασία ελέγχου δεξαμενής νερού

Θέλουμε να ελέγξουμε το επίπεδο στη δεξαμενή νερού χρησιμοποιώντας μια αντλία για την εισροή. Θα διαβάσουμε το επίπεδο χρησιμοποιώντας τη συσκευή USB-6008 (Αναλογική Είσοδος) και θα γράψουμε το σήμα ελέγχου (Αναλογική Έξοδος) στη συσκευή.

Η Αναλογική Έξοδος (σήμα ελέγχου) θα είναι ένα σήμα μεταξύ 0 – 5V και η Αναλογική Είσοδος (Επίπεδο) θα είναι ένα σήμα το οποίο θα πρέπει να το κλιμακώσουμε μεταξύ 0 – 20cm.

The Analog Out (control signal) will be a signal between 0 and 5V and the Analog In (Level) will be a signal that we need to scale to 0 – 20cm.

Οι επόμενες βελτιώσεις στην εφαρμογή μας θα είναι να υλοποιήσουμε ένα βαθυπερατό

φίλτρο για να απομακρύνουμε το θόρυβο από το σήμα κατά την ανάγνωση του επιπέδου. Άλλη βελτίωση θα ήταν να αντικαταστήσουμε το χειροκίνητο έλεγχο με ένα ΠΙ ελεγκτή που θα έκανε την ίδια δουλειά για εμάς. Τελικά, θα ήταν καλό να είχαμε ένα μαθηματικό μοντέλο της δεξαμενής νερού, έτσι ώστε να προσομοιάσουμε και να ελέγξουμε τη συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος χωρίς να συνδεθούμε με αυτό.

Επομένως, χρειαζόμαστε να δημιουργήσουμε διακριτές εκδοχές του βαθυπερατού φίλτρου, του ελεγκτή ΠΙ και του μοντέλου. Μπορούμε π.χ. να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της εμπρός διακριτοποίησης κατά Euler:

$$\dot{x} \approx \frac{x_{k+1} - x_k}{T_s}$$

ή τη μέθοδο της πίσω ολοκλήρωσης κατά Euler:

$$\dot{x} \approx \frac{x_k - x_{k-1}}{T_s}$$

όπου T_s είναι ο χρόνος δειγματοληψίας.

4.14.2 Βαθυπερατό φίλτρο

Η συνάρτηση μεταφοράς για ένα πρώτης τάξεως βαθυπερατό φίλτρο μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$H(s) = \frac{y_f(s)}{y(s)} = \frac{1}{T_f s + 1}$$

όπου T_f είναι η σταθερή μονάδα του χρόνου για το φίλτρο, $y(s)$ είναι η είσοδος του φίλτρου και $y_f(s)$ είναι η έξοδος του φίλτρου.

Διακριτή εκδοχή:

Μπορεί να αποδειχθεί ότι μία διακριτή εκδοχή μπορεί να γραφεί ως:

$$y_{f,k} = (1 - a)y_{f,k-1} + ay_k$$

όπου

$$a = \frac{T_s}{T_f + T_s}$$

όπου T_s είναι ο χρόνος δειγματοληψίας.

4.14.3 Ελεγκτής PI

Ένας ελεγκτής PI μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$u(t) = u_0 + K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e d\tau$$

όπου u είναι η έξοδος του ελεγκτή και e το λάθος του ελεγκτή:

Ο ελεγκτής PI ως συνάρτηση μεταφοράς:

Laplace:

$$u(s) = K_p e(s) + \frac{K_p}{T_i s} e(s)$$

Αυτό δίνει την παρακάτω συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_{PI}(s) = \frac{u(s)}{e(s)} = K_p + \frac{K_p}{T_i s} = \frac{K_p(T_i s + 1)}{T_i s}$$

δηλαδή:

$$H_{PI}(s) = \frac{K_p(T_i s + 1)}{T_i s}$$

Ο ελεγκτής PI ως ένα μοντέλο γώρου – κατάστασης:

Θέτουμε $z = \frac{1}{s}e \Rightarrow sz = e \Rightarrow \dot{z} = e$

Αυτό δίνει:

$$\dot{z} = e$$

$$u = K_p e + \frac{K_p}{T_i} z$$

όπου:

$$e = r - y$$

Διακριτή εκδοχή:

Χρησιμοποιώντας Euler:

$$\dot{z} \approx \frac{z_{k+1} - z_k}{T_s}$$

όπου T_s είναι ο χρόνος δειγματοληψίας.

Αυτό δίνει:

$$\frac{z_{k+1} - z_k}{T_s} = e_k$$

$$u_k = K_p e_k + \frac{K_p}{T_i} z_k$$

Τελικά:

$$e_k = r_k - y_k$$

$$u_k = K_p e_k + \frac{K_p}{T_i} z_k$$

$$z_{k+1} = z_k + T_s e_k$$

Ο αλγόριθμος αυτό μπορεί εύκολα να υλοποιηθεί σε C#.

4.14.4 Μοντέλο

Ένα πολύ απλό (γραμμικό) μοντέλο της δεξαμενής νερού είναι το παρακάτω:

$$A_t \dot{h} = K_p u - F_{out}$$

όπου:

- h [cm] είναι το επίπεδο της δεξαμενής νερού.
- u [V] είναι το σήμα ελέγχου αντλίας στην αντλία
- A_t [cm²] είναι η περιοχή τομής στη δεξαμενή

- K_p [(cm³/s)/V] είναι το κέρδος της αντλίας
- F_{out} [cm³/s] είναι η εκροή της βαλβίδας (αυτή η εκροή μπορεί να μοντελοποιηθεί με περισσότερη ακρίβεια λαμβάνοντας υπόψιν τα χαρακτηριστικά της βαλβίδας που αφορούν τη σχέση μεταξύ της πτώσης της πίεσης στη βαλβίδα και της ροής από τη βαλβίδα).

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της εμπρός διακριτοποίησης κατά Euler για να δημιουργήσουμε το διακριτό μοντέλο:

$$\dot{x} \approx \frac{x_{k+1} - x_k}{T_s}$$

Μετά παίρνουμε:

$$\frac{h_{k+1} - h_k}{T_s} = \frac{1}{A_t} [K_p u_k - F_{out}]$$

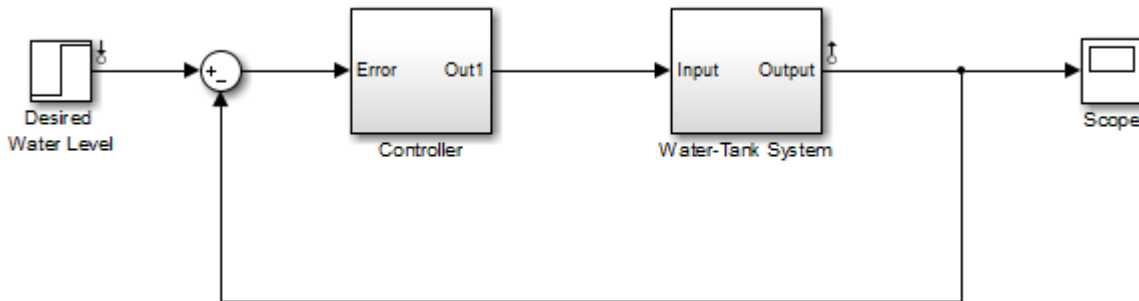
Τελικά:

$$h_{k+1} = h_k + \frac{T_s}{A_t} [K_p u_k - F_{out}]$$

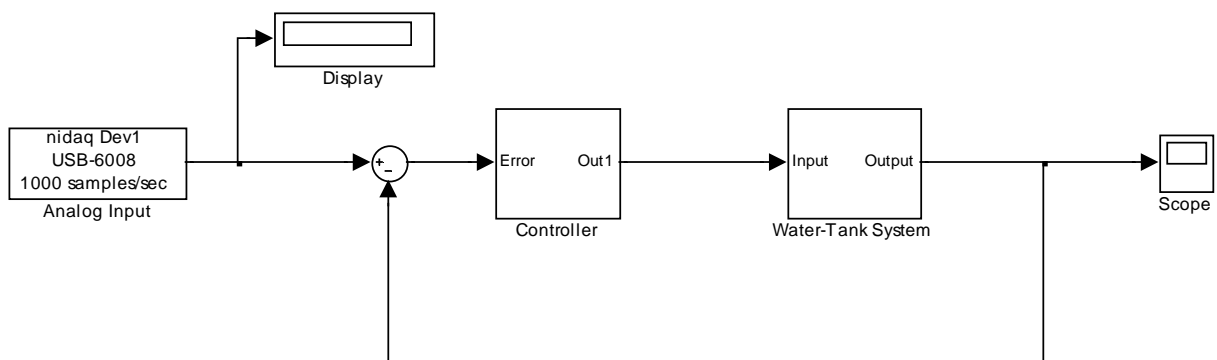
Κεφάλαιο 5

Παράδειγμα:

Σε αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε ένα παράδειγμα με ένα κλειστό σύστημα με PID ελεγκτή όπου θα συνδέσουμε την είσοδο του με το καταγραφικό της national instruments. Σε μια είσοδο του καταγραφικού θα συνδέσουμε ένα ποτενσιόμετρο που θα μεταβάλλουμε την τάση και θα βλέπουμε την έξοδο του συστήματος.



Θα αλλάξουμε την είσοδο του συστήματος και θα βάλουμε μια αναλογική που να αντιστοιχεί στο καταγραφικό μας.

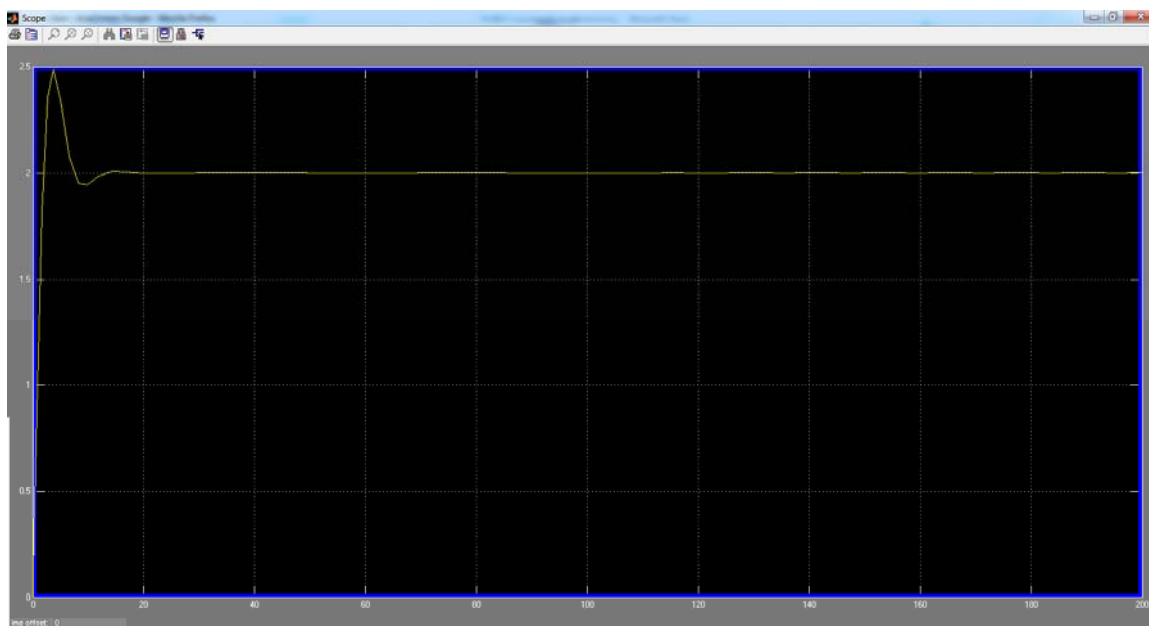


Copyright 2004-2006 The MathWorks, Inc.

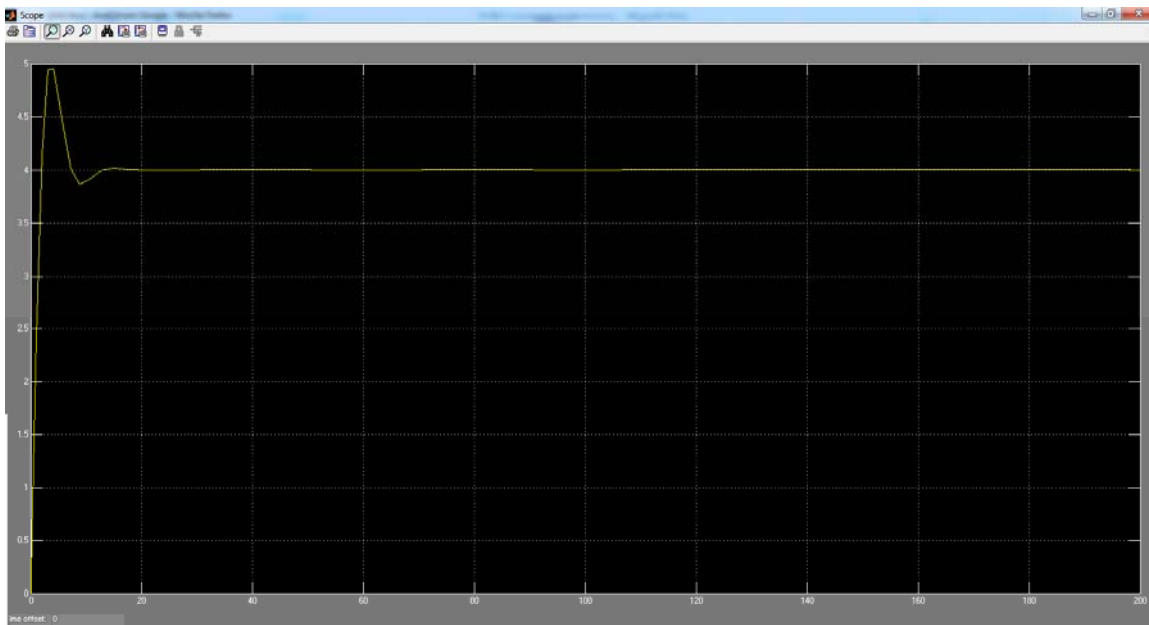
Οι ρυθμίσεις της αναλογικής εισόδου έχουν περιγραφεί σε προηγούμενη ενότητα οπότε με την εφαρμογή τους το σύστημα λειτουργεί κανονικά. Μετά την είσοδο του συστήματος συνδέσαμε μια οθόνη απεικόνισης (scope) για να βλέπουμε τις τιμή που δίνουμε από το ποτενσιόμετρο στο σύστημα.

Δοκιμάσαμε το σύστημα πως ανταποκρίνεται με τάση 2,4,8 & 12v και πήραμε τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις.

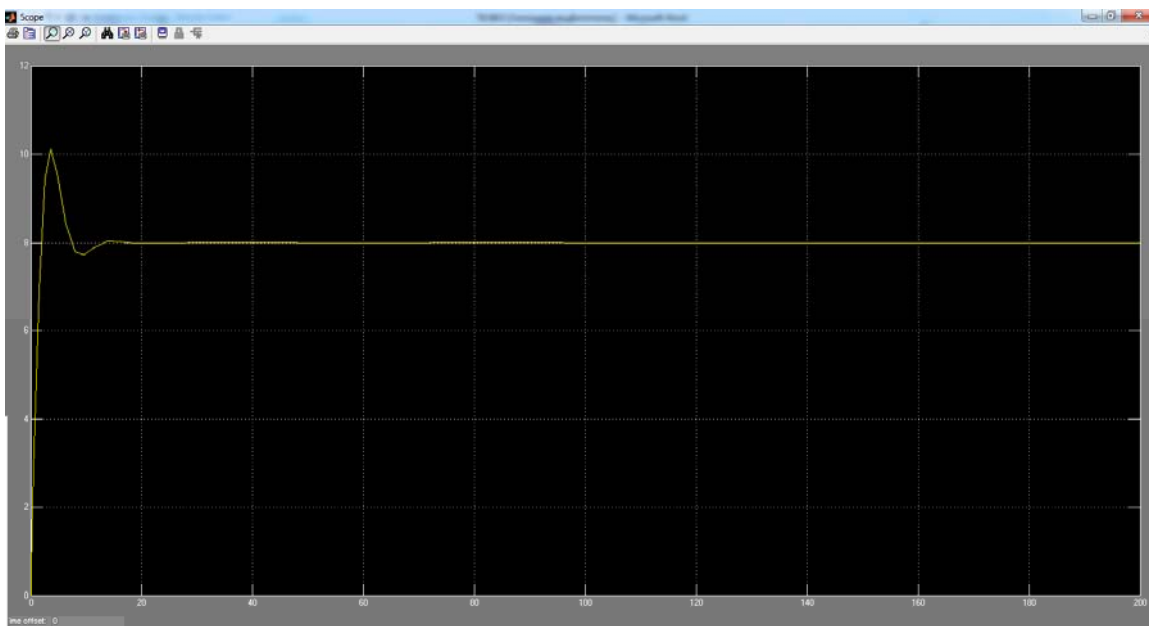
i)



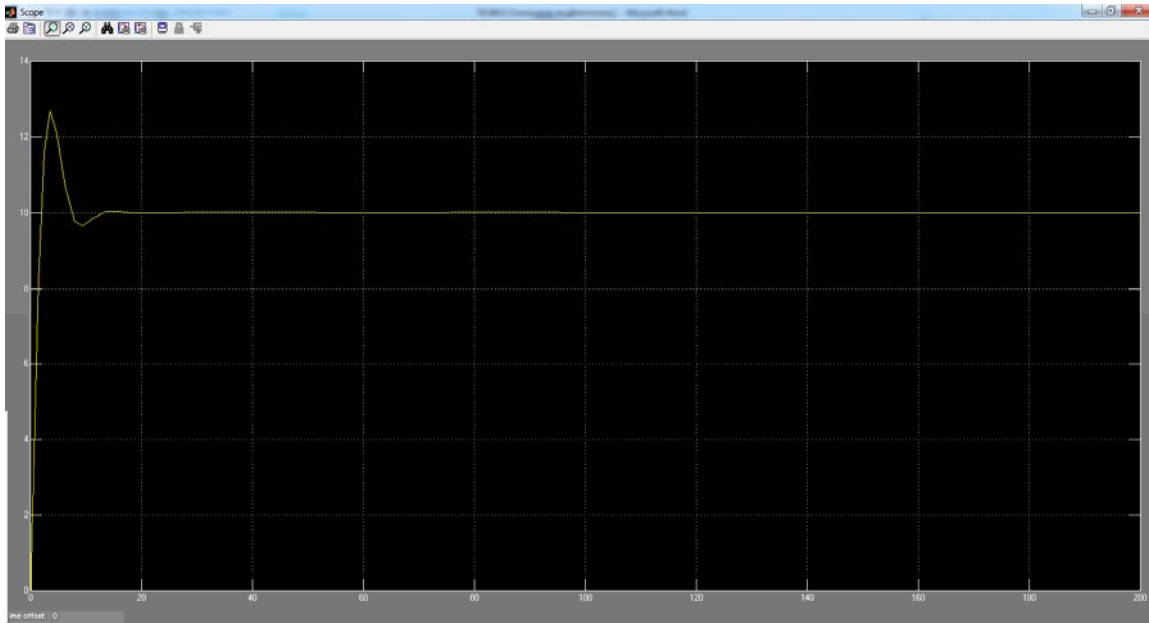
ii)



iii)



iv)



Το συγκεκριμένο κλειστό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον έλεγχο στάθμης υγρού σε δεξαμενή.

Βιβλιογραφία

1. <http://www.mathworks.com/company/events/webinars/wbnr30422.html>
2. <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/12526>
3. <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/13547>
4. <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/7141>
5. http://www.lavalink.com/wp-content/uploads/white_papers/rs_232_serial_ports.pdf
6. <http://www.ti.com/lit/an/slla037a/slla037a.pdf>
7. http://www.taltech.com/support/entry/serial_intro
8. <http://www.lammertbies.nl/>
9. Παπαρρίζος Κ. (2004). Matlab 6.5, Εκδόσεις Ζυγός.
10. Tasner T., Lovrec D., Tasner F. and Edler J. (2012). Comparison of LabVIEW and Matlab For Scientific Research, Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome X.
11. Πασπαλιάρης Α. (2012). Μοντελοποίηση Συστήματος Κυψέλης Καυσίμου – Αντιστροφή Τάσης και Ανάπτυξη Διεπαφής Χρήστη για τον Έλεγχο Πραγματικού Συστήματος σε ένα Ενεργειακά Αυτόνομο Κτήριο Υδρογόνου – ΑΠΕ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

12. Γίδας Η. και Καγιάλης Α. (2008). Δοσομέτρηση Υλικών σε Σκόνη: η Περίπτωση του Καφέ, ΑΤΕΙ Κρήτης.

13. Halvorsen H. (2011). DAQ in MATLAB. Department of Electrical Engineering, Information Technology and Cybernetics, Telemark University College.