



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

# ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

## Εργαστηριακές Ασκήσεις με τη χρήση LabView και MyDAQ.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΠΟΥΡΜΠΟΥΝ ΜΠΕΡΚΑΝ  
(Α.Μ: cse41119)

**Επιβλέπουσα καθηγήτρια:** κ. Αναστασία Βελώνη

ΑΙΓΑΛΕΩ 2019

# Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα Καθηγήτρια μου κ. Αναστασία Βελώνη, καθηγήτρια του Τμήματος Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων του Α.Ε.Ι Πειραιά, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για αυτό το θέμα που μου έδωσε και για την βοήθεια της στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Παράλληλα θα ήθελα να εκφράζω τα βαθιά αισθήματα ευγνωμοσύνης για την οικογένεια μου και τους φίλους μου που με πιστεύουν και με στηρίζουν αδιάκοπα όλα αυτά τα χρόνια.

*Αθήνα, Μάιος 2019*

*Μπερκάν Μπουρμπούν*

# Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, έγινε η υλοποίηση πέντε εργαστηριακών ασκήσεων με τη χρήση του LabView και MyDAQ.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή καθώς και η περιγραφή της συσκευής NI MyDAQ.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται το λογισμικό LabView καθώς επίσης παρουσιάζονται κάποιες βασικές δομές και διαγράμματα του LabView.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάλυση των πέντε εργαστηριακών ασκήσεων με τη χρήση του LabView και MyDAQ. Η δομή της κάθε άσκησης περιλαμβάνει το σκοπό της εργαστηριακής άσκησης, το βασικό απαιτούμενο θεωρητικό υπόβαθρο για την υλοποίηση της άσκησης, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και αυτή καθ' αυτή την υλοποίηση. Αναλυτικότερα η πρώτη εργαστηριακή άσκηση πραγματεύεται ένα σύστημα συναγερού δωματίου χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή κίνησης PIR, ηχεία H / Y, myDAQ και LabVIEW. Η δεύτερη εργαστηριακή άσκηση αναφέρεται στη μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας 10kΩ θερμίστορ, myDAQ και LabVIEW. Η τρίτη αφορά στη μέτρηση από το 0 μέχρι το 9 και αντίστροφα με τη χρήση 7 Segment Display, myDAQ και LabVIEW. Στην τέταρτη αναπτύσσεται ο έλεγχος ενός ανεμιστήρα υπολογιστή 12 V DC με τη χρήση ρελέ στερεάς κατάστασης, myDAQ και LabVIEW. Τέλος, η πέμπτη εργαστηριακή άσκηση εξετάζει τη μέτρηση της επιτάχυνσης χρησιμοποιώντας επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων, myDAQ και LabVIEW.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα και προτάσεις χρήσεις ή και περαιτέρω εμπλουτισμού αντίστοιχων εργαστηριακών εφαρμογών.

## **Λέξεις Κλειδιά:**

*MyDAQ, LabView, PIR Αισθητήριο Κίνησης, Θερμίστορ, 7 Segment Display, Ρελέ Στερεάς Κατάστασης, Επιταχυνσιόμετρο.*

# Abstract

In this diploma thesis, five laboratory exercises were carried out using LabView and MyDAQ.

The first chapter introduces the description of the NI MyDAQ.

The second chapter describes the LabView software as well as some basic LabView structures and charts.

The third chapter presents the analysis of the five laboratory exercises using LabView and MyDAQ. The structure of each exercise includes the purpose of the laboratory exercise, the basic required theoretical background for the exercise, the materials used and the way it is implemented. More specifically, the first laboratory exercise deals with a room alarm system using a PIR motion detector, PC speakers, myDAQ and LabVIEW. The second laboratory exercise refers to temperature measurement using 10k $\Omega$  thermistors, myDAQ and LabVIEW. The third is the measurement from 0 to 9 and vice versa using 7 Segment Display, myDAQ and LabVIEW. In the fourth, the control of a 12 V DC computer fan is developed using solid state relays, myDAQ and LabVIEW. Finally, the fifth laboratory exercise examines the acceleration measurement using a 3-axis accelerometer, myDAQ and LabVIEW.

In the end, the fourth chapter reports the conclusions and proposals for uses or further enrichment of corresponding laboratory applications.

## **Key Words:**

*MyDAQ, LabView, PIR Movement Sensor, Thermistor, 7 Segment Display, Solid State Relay, Accelerometer.*

# Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων .....	6
1. Συσσκευή NI MyDAQ. ....	8
1.1 Εισαγωγή στη συσκευή NI MyDAQ. ....	8
1.2 Περιγραφή της συσκευής NI MyDAQ.....	8
2. Περιγραφή του LabView.....	10
2.1 Εισαγωγή στο λογισμικό LabView.....	10
2.2 Περιγραφή βασικών δομών και διαγραμμάτων του LabView. ....	15
2.2.1 For Loop.....	15
2.2.2 While Loop. ....	16
2.2.3 Shift Registers.....	17
2.2.4 Δομή Case .....	18
2.2.5 Δομή Sequence .....	19
3. Εργαστηριακές ασκήσεις. ....	20
3.1 Εργαστηριακή άσκηση 1η: Σύστημα συναγερμού δωματίου χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή κίνησης PIR, ηχεία H / Y, myDAQ και LabVIEW. ....	21
3.1.1 Σκοπός.....	21
3.1.2 Εισαγωγή στα αισθητήρια παθητικών υπερύθρων (PIR).....	21
3.1.3 Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. ....	26
3.1.4 Υλοποίηση Εργαστηριακής Άσκησης. ....	27
3.2 Εργαστηριακή άσκηση 2η: Μέτρηση θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας 10kΩ θερμίστορ, myDAQ και LabVIEW. ....	34
3.2.1 Σκοπός.....	34
3.2.2 Εισαγωγή στα αισθητήρια θερμοκρασίας - θερμίστορς. ....	34
3.2.3 Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. ....	38
3.2.4 Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης. ....	39
3.3 Εργαστηριακή άσκηση 3η: Μέτρηση από το 0 μέχρι το 9 και αντίστροφα με τη χρήση 7 Segment Display, myDAQ και LabVIEW.....	46
3.3.1 Σκοπός.....	46
3.3.2 Εισαγωγή στο 7 Segment Display. ....	46

3.3.3	Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. ....	50
3.3.4	Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης. ....	51
3.4	Εργαστηριακή άσκηση 4η: Έλεγχος ανεμιστήρα υπολογιστή 12 V DC με τη χρήση ρελέ στερεάς κατάστασης, myDAQ και LabVIEW. ....	60
3.4.1	Σκοπός.....	60
3.4.2	Εισαγωγή στα ρελέ στερεάς κατάστασης (Solid State Relays, SSR). ....	60
3.4.3	Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. ....	63
3.4.4	Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης. ....	64
3.5	Εργαστηριακή άσκηση 5η: Μέτρηση της επιτάχυνσης χρησιμοποιώντας επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων, myDAQ και LabVIEW. ....	69
3.5.1	Σκοπός.....	69
3.5.2	Εισαγωγή στα επιταχυνσιόμετρα. ....	69
3.5.3	Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. ....	72
3.5.4	Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης. ....	73
4.	Συμπεράσματα.....	80
	Βιβλιογραφία.....	81

# Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Συσκευασία NI MyDAQ. ....	9
Εικόνα 2. Έναρξη προγράμματος LabView. ....	11
Εικόνα 3. Block διάγραμμα του LabView. ....	12
Εικόνα 4. Front Panel του LabView. ....	13
Εικόνα 5. Connector. ....	13
Εικόνα 6. For Loop. ....	15
Εικόνα 7. While Loop. ....	16
Εικόνα 8. Shift Registers. ....	17
Εικόνα 9. Δομή Case. ....	18
Εικόνα 10. Δομή Sequence. ....	19
Εικόνα 11. Αισθητήριο παθητικών υπερύθρων PIR. ....	22
Εικόνα 12. Αισθητήριο υπερύθρων πάνω σε κάρτα. ....	23
Εικόνα 13. Ο φακός τύπου Fresnel του αισθητηρίου PIR. ....	24
Εικόνα 14. Ρυθμίσεις ενός αισθητηρίου RIP. ....	25
Εικόνα 15. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. ....	26
Εικόνα 16. Διάγραμμα καλωδίωσης. ....	27
Εικόνα 17. Κύκλωμα υλοποίησης. ....	28
Εικόνα 18. Front Panel του LabView. ....	29
Εικόνα 19. Blog Diagram κωδικοποίησης. ....	29
Εικόνα 20. Blog Diagram LabView. ....	30
Εικόνα 21. Ρυθμίσεις δημιουργίας Simulate Singal. ....	31
Εικόνα 22. Ρυθμίσεις για τη ψηφιακή είσοδο του DAQ Assistant. ....	32
Εικόνα 23. Ρυθμίσεις για τον DAQ Assistant2. ....	33
Εικόνα 24. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας- αντίστασης NTC θερμίστορ. ....	35
Εικόνα 25. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας- αντίστασης PTC θερμίστορ. ....	35
Εικόνα 26. Τυπικά θερμίστορς του εμπορίου της εταιρείας Therm-O-Disk. ....	36
Εικόνα 27. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. ....	38
Εικόνα 28. Κύκλωμα υλοποίησης. ....	39
Εικόνα 29. Front Panel του LabView. ....	40
Εικόνα 30. Blog Diagram κωδικοποίησης. ....	41
Εικόνα 31. Block Diagram LabView. ....	42
Εικόνα 32. Ρυθμίσεις για το DAQ Assistant. ....	43
Εικόνα 33. Μεταβολή της θερμοκρασίας στους 33,3535 °C. ....	44
Εικόνα 34. Μεταβολή της θερμοκρασίας στους 34,8959 °C. ....	44
Εικόνα 35. Μεταβολή της θερμοκρασίας στους 36,1228 °C. ....	45
Εικόνα 36. Ένα τυπικό 7 Segment Display με δεκαδικό σημείο. ....	47
Εικόνα 37. Σχηματική απεικόνιση των ακροδεκτών του 7 Segment Display. ....	47
Εικόνα 38. Δύο τρόποι κατασκευής του 7 Segment Display. ....	48
Εικόνα 39. Σχηματική απεικόνιση της πορείας του ρεύματος για την ενεργοποίηση του LED b. ....	48
Εικόνα 40. Πίνακας αληθείας για το 7 Segment Display. ....	49

Εικόνα 41. Στοιχεία προβολής 7 Segment για όλους τους αριθμούς. ....	49
Εικόνα 42. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. ....	50
Εικόνα 44. Συνδεσμολογία 7 Segment Display. ....	52
Εικόνα 45. Front Panel του LabView. ....	53
Εικόνα 46. Block Diagram LabView. ....	53
Εικόνα 47. Front Panel του LabView για απεικόνιση του αριθμού “ 4 ”. ....	54
Εικόνα 48. Απεικόνιση του αριθμού “ 4 ” στο 7 Segment. ....	54
Εικόνα 49. Front Panel του LabView για απεικόνιση του αριθμού 5. ....	55
Εικόνα 50. Απεικόνιση του αριθμού “ 5 .” στο 7 Segment. ....	55
Εικόνα 51. Ρυθμίσεις του DAQ Assistant.....	56
Εικόνα 52. Τμήμα του Block Diagram.....	57
Εικόνα 53. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 0-9 στο LabView για την περίπτωση “ 1 ” (Μέρος 1). ....	58
Εικόνα 54. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 0-9 στο LabView για την περίπτωση “ 1 ” (Μέρος 2). ....	58
Εικόνα 55. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 9-0 στο LabView για την περίπτωση “ 0 ” (Μέρος 1). ....	59
Εικόνα 56. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 9-0 στο LabView για την περίπτωση “ 0 ” (Μέρος 2). ....	59
Εικόνα 57. Ρελέ στερεάς κατάστασης Crydom .....	62
Εικόνα 58. Ρελέ στερεάς κατάστασης μιας επαφής (L1-T1) που σπλίζει με 20 έως 230 V ac ή 22 έως 48 V dc (A1-A2). ....	62
Εικόνα 59. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. ....	63
Εικόνα 60. Διάγραμμα καλωδίωσης. ....	64
Εικόνα 61. Κύκλωμα υλοποίησης. ....	65
Εικόνα 62. Front Panel του LabView. ....	66
Εικόνα 63. Block Diagram κωδικοποίησης. ....	66
Εικόνα 64. . Block Diagram LabView. ....	67
Εικόνα 65. Ρυθμίσεις για το DAQ Assistant. ....	68
Εικόνα 66. Επιταχυνσιόμετρο ADXL325 3 αξόνων (αριστερό τμήμα), επιταχυνσιόμετρο χαλαζία ενός άξονα. ....	71
Εικόνα 67. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. ....	72
Εικόνα 68. Διάγραμμα καλωδίωσης. ....	74
Εικόνα 69. Κύκλωμα υλοποίησης. ....	74
Εικόνα 70. Block Diagram κωδικοποίησης. ....	75
Εικόνα 71. Front Panel του LabView. ....	76
Εικόνα 72. Block Diagram LabView. ....	77
Εικόνα 73. Ρυθμίσεις του DAQ Assistant.....	78
Εικόνα 74. Στιγμιότυπο κατά την εκτέλεση του προγράμματος. ....	78
Εικόνα 75. Στιγμιότυπο κατά την εκτέλεση του προγράμματος. ....	79



# 1. Συσσκευή NI MyDAQ.

## 1.1 Εισαγωγή στη συσκευή NI MyDAQ.

Το NI myDAQ είναι μια φορητή συσκευή συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων (DAQ, Data Acquisition) η οποία χρησιμοποιεί λογισμικά της National Instruments (NI) όπως το LabVIEW και το Multisim δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργήσουν πρωτότυπα συστήματα καθώς και να μετρήσουν, να αναλύσουν κυκλώματα σε πραγματικό χρόνο. Το NI myDAQ είναι ιδανικό για τον πειραματισμό σε ηλεκτρονικά κυκλώματα σχετικά με τους βασικούς νόμους του ηλεκτρικού ρεύματος που τα διέπουν. Τέλος, είναι κατάλληλο για τη λήψη μετρήσεων από αισθητήρια όργανα. [1]

## 1.2 Περιγραφή της συσκευής NI MyDAQ

Η συσκευασία του NI myDAQ περιέχει τα εξής:

- Συσσκευή NI myDAQ
- Ενσωματωμένο DVD εγκατάστασης
  - ✓ NI ELVISmx & NI DAQmx
  - ✓ LabVIEW
  - ✓ Multisim
- Καλώδιο σύνδεσης συσκευής με υπολογιστή (USB)
- Καλώδιο σύνδεσης Audio
- Ακροδέκτες μετρήσεων
- Κλέμμα εισόδου
- Κατσαβίδι
- Εγχειρίδια χρήσης – ενημερωτικά φυλλάδια

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η το περιεχόμενο της συσκευασίας του NI MyDAQ. [1]



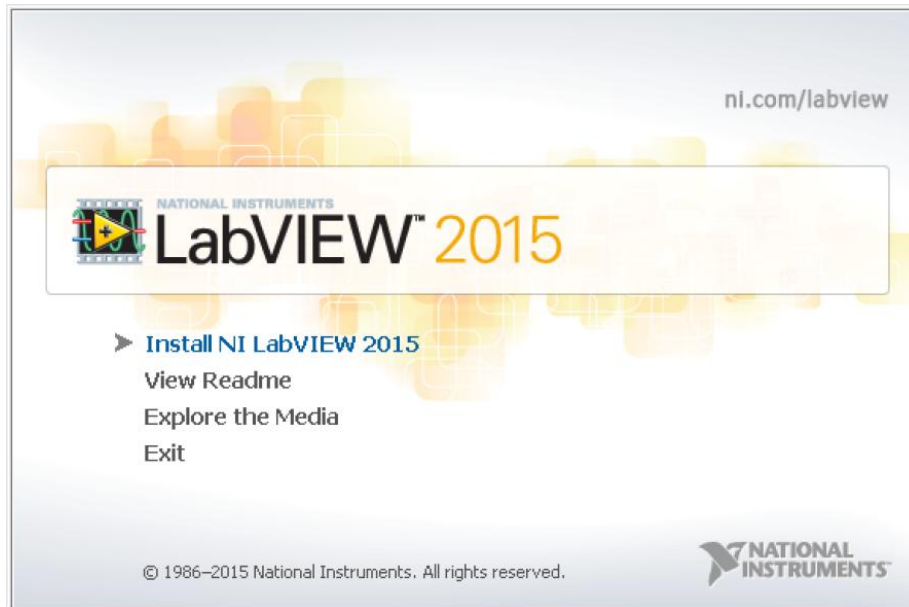
Εικόνα 1. Συσκευασία NI MyDAQ.

## **2. Περιγραφή του LabView.**

### **2.1 Εισαγωγή στο λογισμικό LabView.**

Το λογισμικό LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης για μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού που ανέπτυξε η εταιρία National Instruments. Η γραφική αυτή γλώσσα ονομάζεται “G” (δεν πρόκειται για G-Code). Αρχικά αναπτύχθηκε για το λειτουργικό σύστημα της Apple το 1986 και σήμερα είναι ευρέως γνωστό για εφαρμογές απόκτησης – εξόρυξης δεδομένων, έλεγχο οργάνων και διάφορους βιομηχανικούς αυτοματισμούς και χρησιμοποιείται πλέον σε όλα τα ευρέως διαδεδομένα λειτουργικά συστήματα. Κύριος στόχος του LabView είναι η δημιουργία εικονικών οργάνων.

Το εικονικό όργανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο σαν τα πραγματικά όργανα αλλά μπορεί να είναι χρήσιμο για το χτίσιμο εφαρμογών, που μιμούνται την πραγματική λειτουργία συσκευών και οργάνων καθώς και για την απεικόνιση και τη διαμόρφωση των πραγματικών φυσικών διαδικασιών, π.χ. πειραμάτων φυσικής. Αυτό είναι μια από τις δυνατότητες και τα σημαντικά χαρακτηριστικά του LabVIEW.



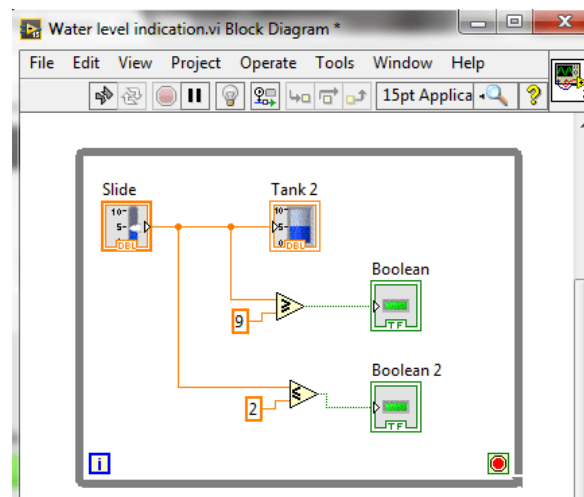
Εικόνα 2. Έναρξη προγράμματος LabView.

Τα αρχεία που παράγει το λογισμικό έχουν την χαρακτηριστική κατάληξη .vi που είναι μια συντομογραφία του “Virtual Instrument” ή αλλιώς Εικονικό Όργανο / Εργαλείο. Οι πολλαπλές βιβλιοθήκες και εργαλειοθήκες που διαθέτει, δίνουν την δυνατότητα να αναπτύξει κανείς μια πολύ μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Η πιο απλή έκδοση του λογισμικού δίνει την δυνατότητα για παραγωγή:

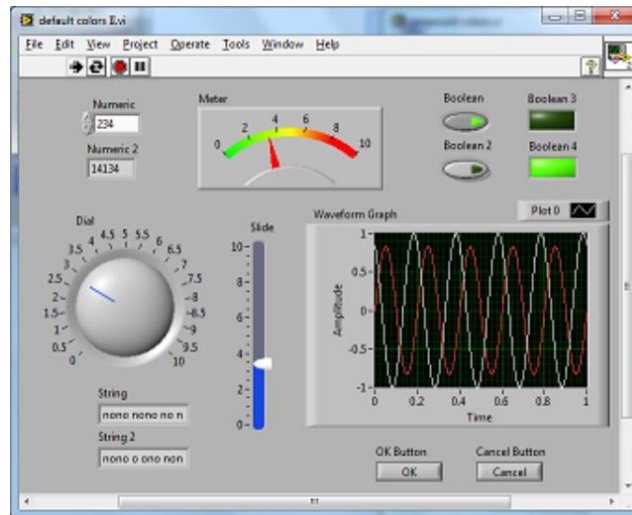
- Γεννήτρια προτύπων (Pattern generation)
- Ψηφιακή επεξεργασία σήματος (Digital signal processing)
- Ψηφιακό φιλτράρισμα (Digital filtering)
- Παράθυρα εξομάλυνσης (Smoothing windows)
- Στατιστική Ανάλυση (Statistical analysis)
- Προσαρμογή καμπύλης (Curve)
- Γραμμική άλγεβρα (Linear algebra)
- Αριθμητική ανάλυση (Numerical analysis)

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται στο LabVIEW είναι μια γλώσσα ροής δεδομένων. Η εκτέλεση καθορίζεται από την δομή ενός γραφικού δομικού διαγράμματος (LV – source code) στην οποία ο προγραμματιστής συνδέει διαφορετικούς κόμβους, που αποτελούν όμως αυτοτελείς συναρτήσεις, με καλώδια ώστε να αναπτύξει ένα σύστημα. Μέσω αυτών των καλωδίων μεταφέρονται τα δεδομένα και οποιοσδήποτε κόμβος μπορεί να εκτελέσει την καθορισμένη λειτουργία του εφόσον τα δεδομένα φτάσουν σε αυτόν. Επειδή είναι πιθανό να χρειάζεται να εκτελεστούν πολλαπλοί κόμβοι ταυτόχρονα, η γλώσσα G, υποστηρίζει την παράλληλη εκτέλεση εντολών.

Επίσης, το λογισμικό επιτρέπει την δημιουργία «περιβάλλοντος χρήστη» ή (“user interface”) κατά την διάρκεια της ανάπτυξης μιας εφαρμογής. Τα προγράμματα ή υπορουτίνες του LabVIEW καλούνται Vis όπως προαναφέρθηκε παραπάνω και κάθε ένα από αυτά αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία. Το Block Diagram, το Front Panel και το Connector Panel. Το τελευταίο χρησιμοποιείται για να αναπαριστά τα Vis στο Block Diagram άλλων Vis.



Εικόνα 3. Block διάγραμμα του LabView.



Εικόνα 4. Front Panel του LabView.



Εικόνα 5. Connector.

Ρυθμιστές (Controls) και δείκτες (Indicators) στο Front Panel επιτρέπουν σε ένα χρήστη να εισάγει και να εξάγει δεδομένα. Επίσης επειδή ένα νί μπορεί να τρέχει σαν πρόγραμμα, το Front Panel θα παίζει το ρόλο του περιβάλλοντος χρήστη, όπου θα δίνονται τιμές για εισόδους, θα εμφανίζονται αποτελέσματα και διάφορα μηνύματα κλπ. Επίσης κάθε ένα νί μπορεί να αποτελέσει μία υπορουτίνα σε ένα μεγαλύτερο πρόγραμμα.

Η γραφική προσέγγιση του LabVIEW, επιτρέπει ακόμα και σε αρχάριους χρήστες να δημιουργήσουν προγράμματα απλά επιλέγοντας έτοιμα μπλοκ από τις βιβλιοθήκες. Τα πολλά παραδείγματα που συμπεριλαμβάνει, σε συνδυασμό με τον αναλυτικό Οδηγό – Βοηθό κάνουν πολύ εύκολο τον προγραμματισμό. Για πιο έμπειρους χρήστες το LabVIEW προσφέρει την δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών που τρέχουν χωρίς καμία ανάγκη

υποστήριξης ενώ δίνει την δυνατότητα ανάπτυξης διανεμημένων εφαρμογών που επικοινωνούν μέσω ενός σχήματος πελάτη / εξυπηρετητή. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του λογισμικού είναι η εκτενής υποστήριξη που παρέχει για την συνδεσιμότητα με όργανα και εξοπλισμό. Drivers για διάφορους τύπους συσκευών παρέχονται ή είναι διαθέσιμοι για εγκατάσταση.

Στην συνέχεια περιγράφονται μερικές βασικές δομές και διαγράμματα που χρησιμοποιούνται συχνά για την ανάπτυξη διάφορων εφαρμογών στο λογισμικό LabVIEW. [2] [3]

## 2.2 Περιγραφή βασικών δομών και διαγραμμάτων του LabView.

### 2.2.1 For Loop.

Η επαναληπτική δομή For χρησιμοποιείται για λειτουργίες που απαιτούν πολλαπλές επαναλήψεις σε ένα VI. Τοποθετείται πάντοτε στο block diagram και εκτελεί τον κώδικα που βρίσκεται μέσα στην επαναληπτική δομή For για ένα συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων. Στην Εικόνα 6 φαίνεται η σχηματική του απεικόνιση της επαναληπτικής δομής For στο περιβάλλον του LabView.



Εικόνα 6. For Loop.

Ο αριθμός N καθορίζει πόσες φορές θα εκτελεστεί ο βρόχος, το I περιέχει τον αριθμό των επαναλήψεων του βρόχου. [1]



## 2.2.2 While Loop.

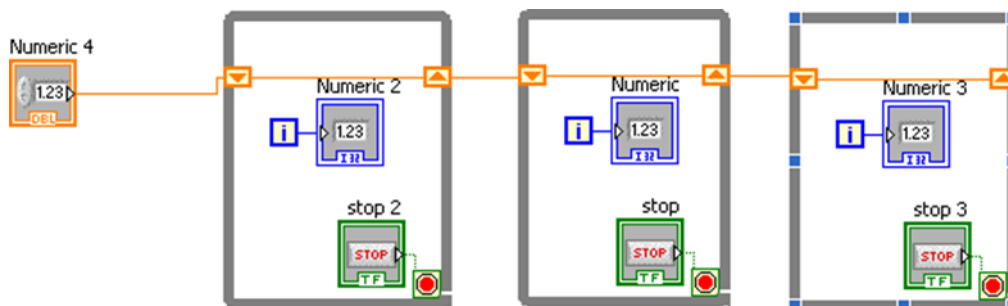
Η επαναληπτική δομή While, όπως και η For, χρησιμοποιείται όταν απαιτούνται επαναλήψεις. Η εκτέλεση της εντολής ξεκινάει ελέγχοντας τη λογική έκφραση και αν αυτή είναι true (αληθής), εκτελείται η εντολή και ο έλεγχος μεταφέρεται πάνω στο While και ελέγχεται εκ νέου η λογική έκφραση. Εάν είναι true, εκτελείται ξανά η εντολή, ενώ αν είναι false (Ψευδής), η επανάληψη τερματίζει και εκτελείται η επόμενη εντολή. [1]



Εικόνα 7. While Loop.

## 2.2.3 Shift Registers.

Οι Shift Registers ή αλλιώς καταχωρητές μετατόπισης είναι τοπικές μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για μεταφορά τιμών από μια επανάληψη μέσω του βρόχου στην επόμενη επανάληψη. Ένας καταχωρητής μετατόπισης εμφανίζεται ως ένα ζεύγος ακροδεκτών (βλ. Εικόνα 8). Ο δεξιά ακροδέκτης αποθηκεύει τα δεδομένα στο τέλος της επανάληψης και τα μεταφέρει στον αριστερό ακροδέκτη που βρίσκεται στην αρχή της επόμενης επανάληψης. Εφαρμόζεται μόνο στις επαναληπτικές δομές For και While. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα Shift Register κάνοντας δεξί κλικ στην αριστερή ή δεξιά πλευρά ενός loop και επιλέγοντας Add Shift Register. [1]



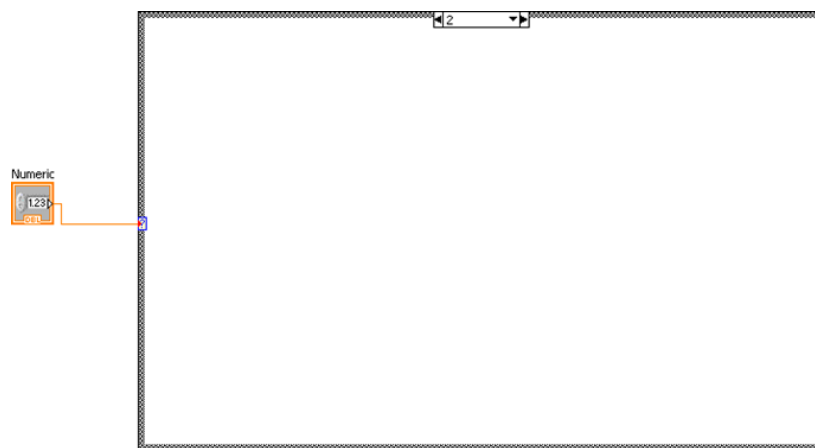
Εικόνα 8. Shift Registers.

Βασικό είναι γίνεται πάντα αρχικοποίηση των καταχωρητών (Shift Registers) εκτός αν υπάρχει ειδικός λόγος για το αντίθετο. Σε περίπτωση που δεν γίνει αρχικοποίηση, ως αρχική τιμή τίθεται η default τιμή για κάθε τύπο δεδομένων. Πχ. για Boolean δεδομένα θα έχουμε false. [1]

## 2.2.4 Δομή Case

Η δομή Case τοποθετείται στο Block Diagram μέσω της παλέτας Structs & Constants. Αυτό που προσφέρει στον χρήστη η συγκεκριμένη δομή είναι η εκτέλεση του προγράμματος ανάλογα με το case statement, που συνδέεται με μία μεταβλητή.

Η δομή αυτή αποτελείται από επίπεδα που βρίσκονται το ένα πάνω στο άλλο. Μόνο ένα επίπεδο είναι κάθε φορά ορατό και περιέχει ένα υποδιάγραμμα. Ο τύπος δεδομένων του Selector Terminal μπορεί να είναι είτε Numeric είτε Boolean. Αν είναι Boolean τότε η δομή έχει μόνο δύο επίπεδα (True case, False case) ενώ αν είναι Numeric μπορούμε να έχει μέχρι 215 επίπεδα. [1]



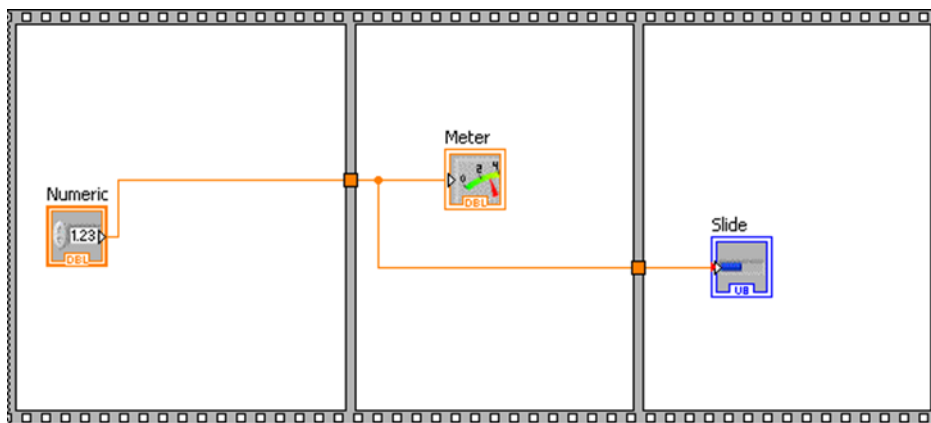
Εικόνα 9. Δομή Case.

## 2.2.5 Δομή Sequence

Η δομή Sequence δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να εκτελεί διαδοχικά τα οποιαδήποτε διαγράμματα βρίσκονται εντός αυτής. Θα αναρωτηθεί πιθανόν ο αναγνώστης για ποιον ακριβώς λόγο είναι σημαντική. Στις καθιερωμένες γλώσσες προγραμματισμού οι εντολές ενός προγράμματος εκτελούνται με την σειρά που εμφανίζονται. Στον προγραμματισμό ροής δεδομένων, ένας κόμβος εκτελείται μόλις τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στα σημεία εισόδου του κόμβου.

Μερικές φορές όμως τυχάνει να πρέπει ένας κόμβος να εκτελεστεί πριν από κάποιον άλλον. Η δομή Sequence προσφέρει ακριβώς αυτή την δυνατότητα, να ελέγχουμε δηλαδή την σειρά εκτέλεσης.

Χρησιμοποιούνται επίσης τα λεγόμενα *sequence locals* τα οποία είναι μεταβλητές για να περνάνε δεδομένα από ένα frame της *sequence structure* σε άλλο. [1]



Εικόνα 10. Δομή Sequence.

# 3. Εργαστηριακές ασκήσεις.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση πέντε εργαστηριακών ασκήσεων με τη χρήση του LabView και MyDAQ. Αρχικά, αναφέρεται ο σκοπός της εκάστοτε εργαστηριακής άσκησης και κάποια βασικά θεωρητικά στοιχεία για την κάθε εργαστηριακή άσκηση. Έπειτα, παρατίθενται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και περιγράφεται η υλοποίησή τους. Οι 5 ασκήσεις που αναλύθηκαν είναι οι εξής:

1. Σύστημα συναγερμού δωματίου χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή κίνησης PIR, ηχεία H / Y, myDAQ και LabVIEW.
2. Μέτρηση θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας 10kΩ θερμίστορ, myDAQ και LabVIEW.
3. Μέτρηση από το 0 μέχρι το 9 και αντίστροφα με τη χρήση 7 Segment Display, myDAQ και LabVIEW.
4. Έλεγχος ανεμιστήρα υπολογιστή 12 V DC με τη χρήση ρελέ στερεάς κατάστασης, myDAQ και LabVIEW.
5. Μέτρηση της επιτάχυνσης χρησιμοποιώντας επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων, myDAQ και LabVIEW.

## **3.1 5Εργαστηριακή άσκηση 1η: Σύστημα συναγερμού δωματίου χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή κίνησης PIR, ηχεία Η / Υ, myDAQ και LabVIEW.**

### **3.1.1 Σκοπός.**

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι να δημιουργηθεί ένα σύστημα συναγερμού με τη χρήση ενός ανιχνευτή παθητικών υπερύθρων (Passive Infrared Sensor – PIR sensor). Το αισθητήριο PIR ανιχνεύει την κίνηση χρησιμοποιώντας την ψηφιακή είσοδο στη συσκευή MyDAQ και στη συνέχεια εκπέμπει έναν ήχο συναγερμού χρησιμοποιώντας τη γραμμή εξόδου (Audio Out) της συσκευής MyDAQ όταν είναι συνδεδεμένα τα ηχεία ενός υπολογιστή.

### **3.1.2 Εισαγωγή στα αισθητήρια παθητικών υπερύθρων (PIR).**

Ένα αισθητήριο παθητικών υπερύθρων (Passive Infrared Sensor – PIR sensor) είναι ένα ηλεκτρονικό αισθητήριο που ανιχνεύει την υπέρυθρη ακτινοβολούμενη ενέργεια από τα αντικείμενα που βρίσκονται στο οπτικό του πεδίο. Ο όρος παθητικός στην περίπτωση αυτή αναφέρεται στο γεγονός ότι οι συσκευές PIR δεν παράγουν ή δεν ακτινοβολούν ενέργεια για σκοπούς ανίχνευσης. Λειτουργούν εξ ολοκλήρου λαμβάνοντας την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται ή αντανακλάται από τα αντικείμενα, με αποτέλεσμα να αποτελεί ένα αρκετά αξιόπιστο αισθητήριο κίνησης. Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται το αισθητήριο αυτό.



Εικόνα 11. Αισθητήριο παθητικών υπέρυθρων PIR

Όλα τα αντικείμενα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν ( $-273.15$  °C, ή 0 Kelvin) εκπέμπουν υπέρυθρη ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας. Όσο θερμότερο είναι το αντικείμενο, τόσο περισσότερη ακτινοβολία εκπέμπεται. Η ακτινοβολία αυτή δεν είναι ορατή στο ανθρώπινο μάτι γιατί ακτινοβολεί σε υπέρυθρα μήκη κύματος, αλλά μπορεί να ανιχνευθεί από κάποιες ηλεκτρονικές συσκευές, όπως το αισθητήριο PIR, εξαιτίας του πυροηλεκτρικού υλικού που βρίσκεται στον πυρήνα του αισθητηρίου. Όταν υποβάλλονται σε υπέρυθρη ακτινοβολία, τα πυροηλεκτρικά υλικά δημιουργούν ένα μικρό ηλεκτρικό φορτίο παρόμοιο με το ηλεκτρικό φορτίο που δημιουργείται όταν το ορατό φως χτυπάει ένα ηλιακό κύτταρο. Παρόλο που τα αισθητήρια αυτά έχουν την ικανότητα να ανιχνεύσουν ένα οποιοδήποτε «θερμό» σώμα, χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανίχνευση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το ανθρώπινο σώμα, αφού η θερμοκρασία του δέρματος είναι περίπου  $34^{\circ}\text{C}$ , κατά κανόνα υψηλότερη από τη θερμοκρασία που υπάρχει στον περιβάλλοντα χώρο. Όταν ένα άτομο εισέρχεται στο οπτικό πεδίο του αισθητηρίου, η θερμοκρασία του δημιουργεί μια φόρτιση στο πυροηλεκτρικό υλικό με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός σήματος. Το σήμα αυτό έχει σχετικά μικρό μέγεθος, για τον λόγο αυτό, ένα κύκλωμα ενίσχυσης, το ενισχύει και το αποστέλλει σε ένα κύκλωμα σύγκρισης, το οποίο αναζητεί μια διαφορά στο σήμα από την αρχική ανάγνωση του, και να δημιουργήσει ένα σήμα εξόδου. Πολλές φορές όμως η ανάγνωση και η σύγκριση μπορεί να γίνουν εσφαλμένα, λόγω μιας πηγής

ταχέως μεταβαλλόμενης φωτεινότητας ή θερμότητας, όπως η λάμψη από έντονα φώτα ή ανακλάσεις από αντικείμενα κατά τη διάρκεια υψηλών θερμοκρασιών. Ωστόσο, υπάρχουν τεχνικές για τη μείωση των λανθασμένων αυτών μετρήσεων, καθώς η υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπεται από το ανθρώπινο σώμα είναι περιορισμένη στα μήκη κύματος από 9  $\mu\text{m}$  έως 10  $\mu\text{m}$ . Έτσι, με την τοποθέτηση ενός υπέρυθρου φίλτρου που αποκόπτει τα λανθασμένα και επιτρέπει συγκεκριμένα μήκη κύματος, επιτυγχάνεται η διόρθωση των εσφαλμένων αυτών μετρήσεων. Καθώς λοιπόν ένα άτομο εισέρχεται στο πεδίο του αισθητήριου, το αισθητήριο βλέπει μια μεταβολή στην υπέρυθη ακτινοβολία που λαμβάνει και παράγει ένα σήμα εξόδου. Θερμά αντικείμενα που δεν μετακινούνται όπως θερμάστρες και φώτα, δεν παράγουν διακυμάνσεις στην εκπομπή υπέρυθρων και έτσι το κύκλωμα σύγκρισης αγνοεί αυτές τις σταθερές πηγές υπέρυθρων ακτινοβολιών. Συνεπώς, το αισθητήριο PIR χρησιμοποιείται για την ανίχνευση κίνησης διαμέσου της στιγμιαίας μεταβολής της ακτινοβολούμενης ενέργειας.



Εικόνα 12. Αισθητήριο υπέρυθρων πάνω σε κάρτα.

Το αισθητήριο IR είναι τοποθετημένο μέσα σε ένα σφραγισμένο μεταλλικό δοχείο για τη διαφύλαξη του από μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας, με ένα μικρό “παράθυρο” στο πάνω μέρος, κατασκευασμένο από υλικό που επιτρέπει την μετάδοση υπέρυθρων (συνήθως πυρίτιο). Το αισθητήριο υπέρυθρων συνοδεύει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα υποστήριξης,

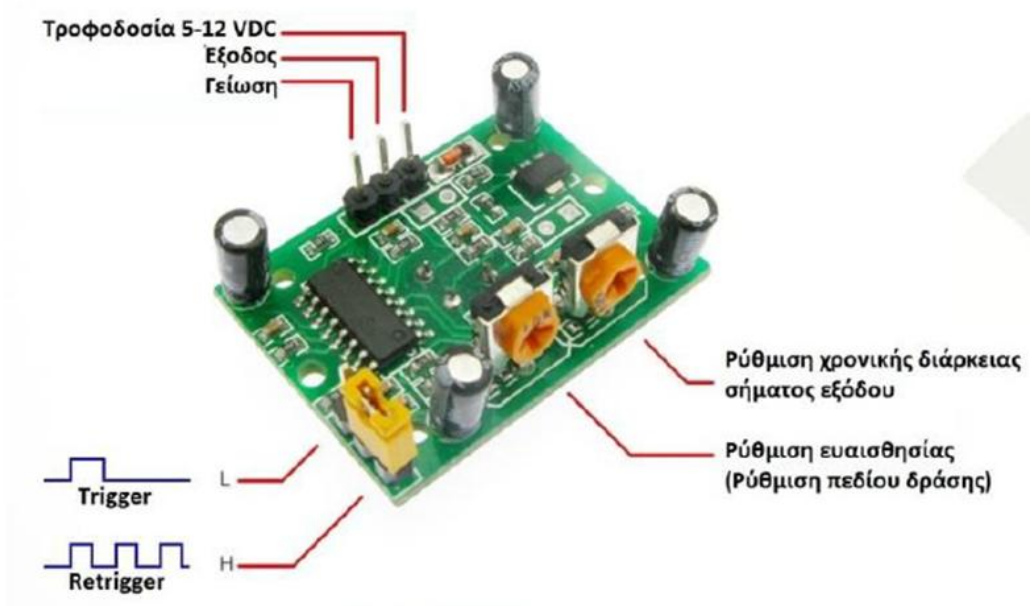


αντιστάσεων και πυκνωτών το οποίο επεξεργάζεται και ενισχύει το σήμα εξόδου του αισθητηρίου και εκπέμπει έναν ψηφιακό παλμό για ανάγνωση. Το αισθητήριο πλαισιώνει ένας φακός, συνήθως φακός τύπου Fresnel, ο οποίος αλλάζει ευρύτητα το πλάτος και το εύρος ανίχνευσης του αισθητηρίου και επικεντρώνει την ακτινοβολούμενη ενέργεια από μια ευρύτερη περιοχή, συνήθως 110 μοιρών, πάνω στο αισθητήριο (βλ. Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Ο φακός τύπου Fresnel του αισθητηρίου PIR.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι τα αισθητήρια PIR έχουν συνήθως τρεις ακροδέκτες, τον ακροδέκτη τροφοδοσίας που μπορεί να λάβει από 5 έως 12 Volt, τον ακροδέκτη γειώσεως και τον ακροδέκτη του ψηφιακού σήματος εξόδου. Η σειρά των ακροδεκτών και το πεδίο δράσης του αισθητηρίου μπορεί να διαφέρει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Πέραν των ακροδεκτών αυτών, σημαντικό είναι να γνωρίζουμε ότι σε ορισμένα μοντέλα αισθητηρίων PIR, κυρίως στα νεότερα μοντέλα, υπάρχουν κάποιες έξτρα επιλογές και ρυθμίσεις όσο αφορά τη λειτουργία του αισθητηρίου. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται κάποιες από τις ρυθμίσεις του αισθητηρίου RIP. [4], [5], [6], [7], [8], [9].



Εικόνα 14. Ρυθμίσεις ενός αισθητηρίου RIP.

### 3.1.3 Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να κατασκευαστεί η παρούσα εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

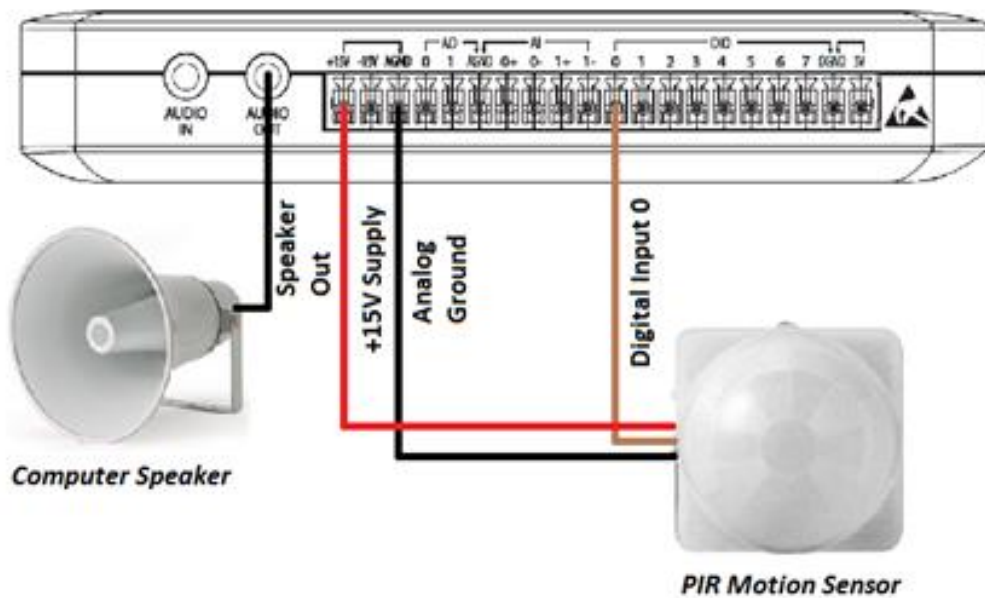
1. Συσκευή NI myDAQ
2. PIR αισθητήριο κίνησης
3. Ηχεία Η / Υ
4. Καλώδια



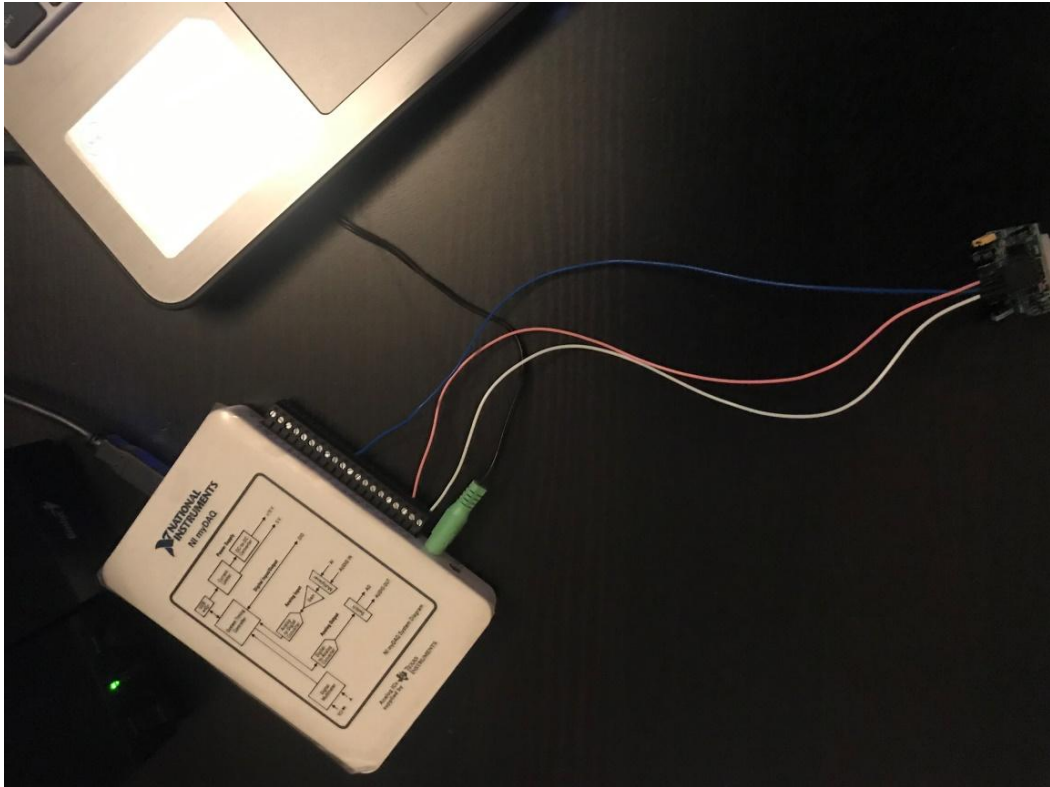
Εικόνα 15. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

### 3.1.4 Υλοποίηση Εργαστηριακής Άσκησης.

Το αισθητήριο PIR απαιτεί 2 εισόδους, + 12VDC και GND και έχει μία έξοδο το συναγερμό. Η έξοδος συναγερμού είναι μια ψηφιακή τιμή που θα είναι είτε True είτε False. Παρόλο που το myDAQ εξάγει ένα σήμα 15V, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αυτό το αισθητήρα επειδή το αισθητήριο ρυθμίζει την τάση σε σήμα 5V. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το διάγραμμα καλωδίωσης καθώς και η υλοποίηση του κυκλώματος.



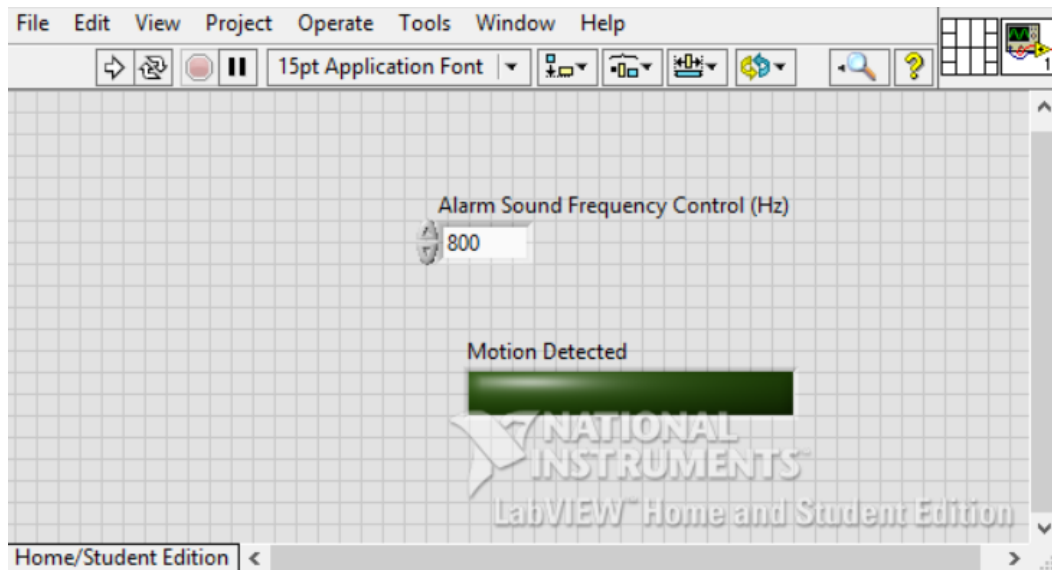
Εικόνα 16. Διάγραμμα καλωδίωσης.



Εικόνα 17. Κύκλωμα υλοποίησης.

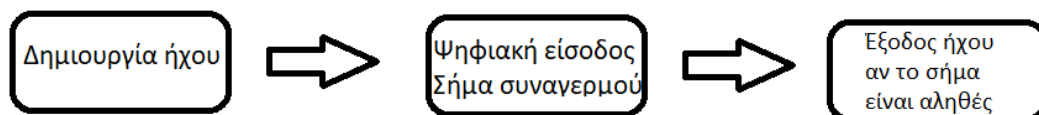
Όπως φαίνεται και από την Εικόνα 17, το άσπρο καλώδιο συνδέεται με τα +15 V, το ροζ καλώδιο με το GND και το μπλε καλώδιο με την είσοδο 0 (DIO (0-5 V)).

Στη συνέχεια, αφού συνδέσαμε το αισθητήριο με τη συσκευή NI myDAQ, χρησιμοποιήσαμε το LabView όπου δημιουργήσαμε έναν αριθμητικό έλεγχο για τη συχνότητα του ήχου του συναγερμού και μια λογική (Boolean) ένδειξη για την εμφάνιση κίνησης όταν αυτή ανιχνευθεί.



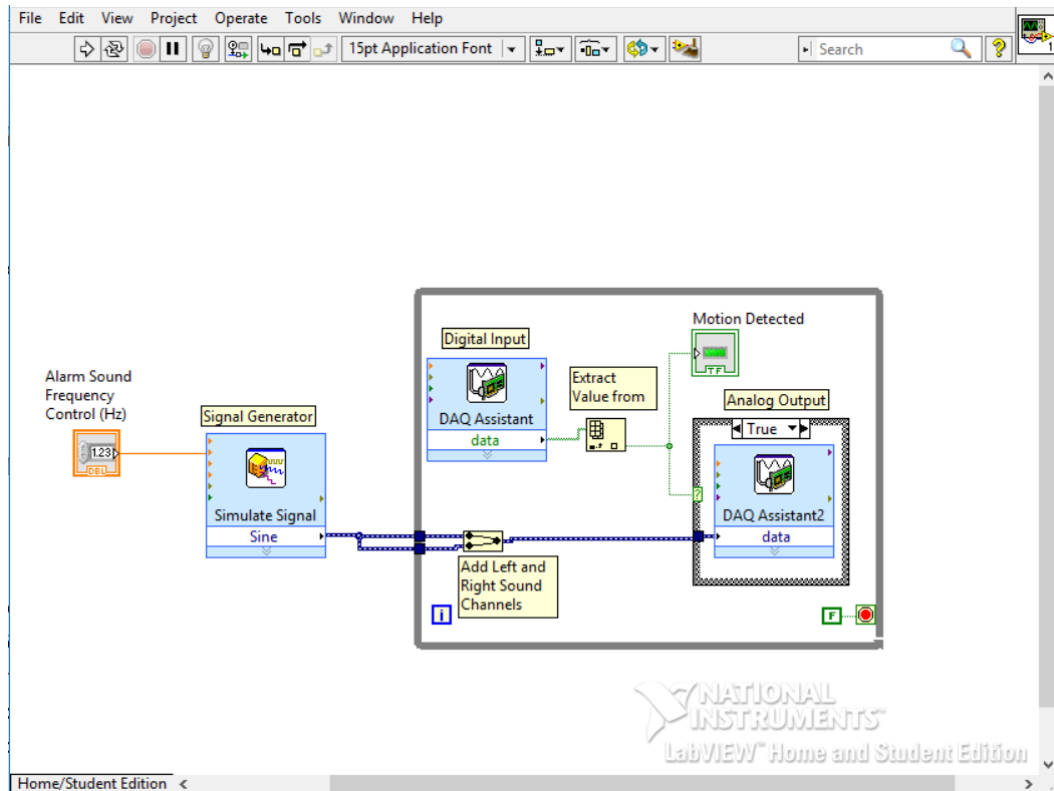
Εικόνα 18. Front Panel του LabView.

Η γενική ιδέα για να γίνει ο προγραμματισμός, είναι ότι αρχικά θα πρέπει να δημιουργήσουμε ένα αρχείο ήχου, το οποίο θα εξάγεται στα ηχεία του υπολογιστή όταν ανιχνευθεί κίνηση. Αυτό το αρχείο ήχου θα πρέπει στη συνέχεια να συνδεθεί σε μια δομή περιπτώσεων με μια αληθινή και ψευδή υπόθεση (True ή False). Θα χρειαστεί επίσης να εισαγάγουμε το ψηφιακό σήμα συναγερμού από το αισθητήριο κίνησης για να προσδιορίσουμε την περίπτωση της δομής της υπόθεσής μας. Εάν το ψηφιακό σήμα συναγερμού είναι True, τότε θα εκπέμπουμε το αρχείο ήχου. Αυτό μπορεί να φανεί σύμφωνα με το παρακάτω block diagram.



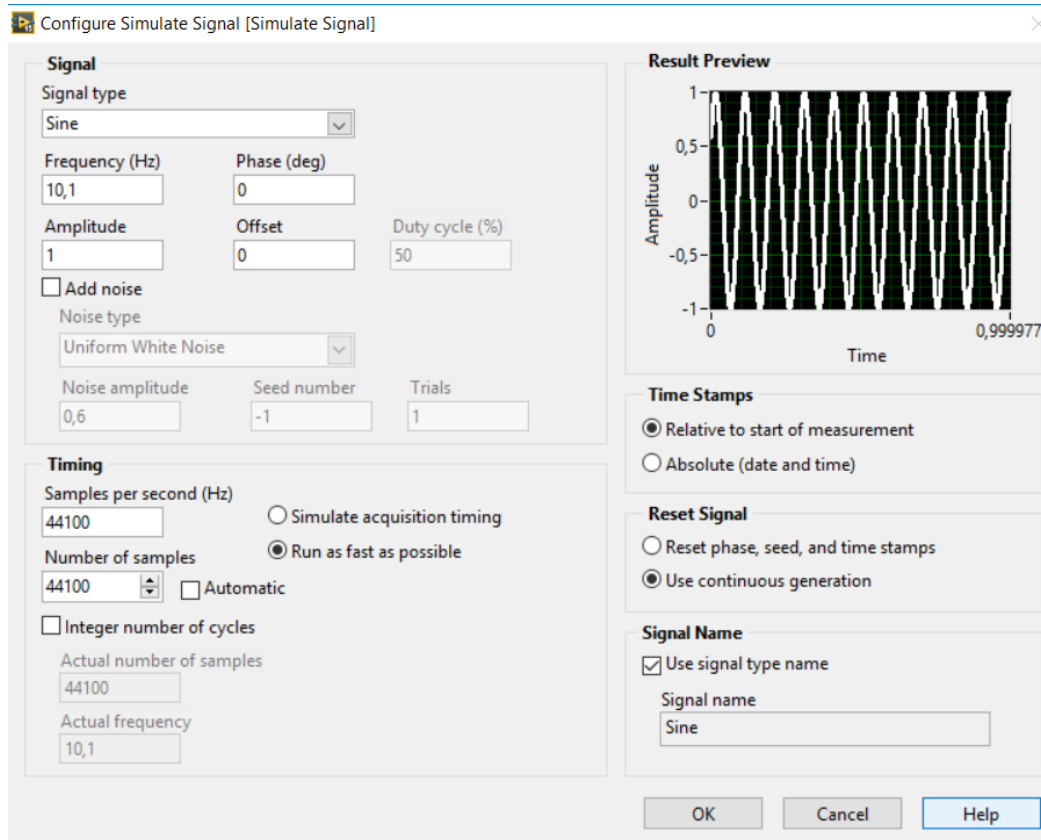
Εικόνα 19. Block Diagram κωδικοποίησης.

Στην παρακάτω εικόνα μπορεί να φανεί το Block Diagram του LabView για την παρούσα εργαστηριακή άσκηση όπου και θα γίνει η ανάλυσή του.



Εικόνα 20. Blog Diagram LabView.

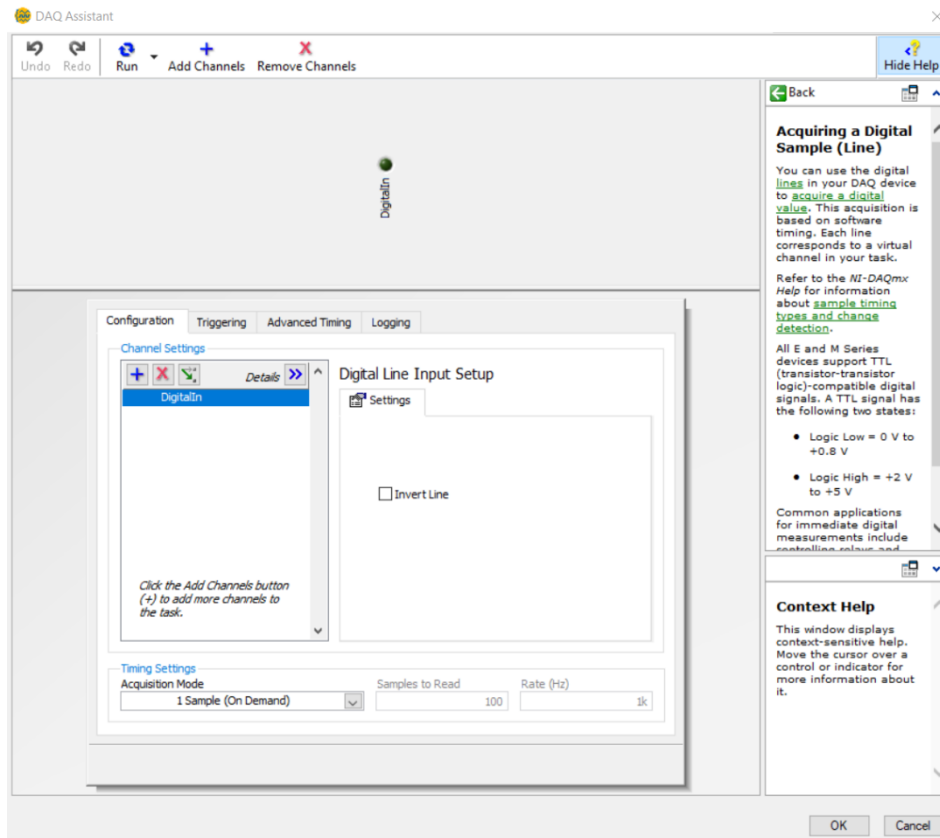
Αρχικά αφού δημιουργήσαμε το αριθμητικό στοιχείο στο Front Panel για να ρυθμίσουμε τη συχνότητα του ήχου που θα εξάγεται στα ηχεία του υπολογιστή, θα πρέπει αυτή η αριθμητική τιμή να μεταφέρεται σε έναν βρόχο While, διότι θέλουμε αυτή η διαδικασία να συμβαίνει συνέχεια. Παρατηρούμε ότι το σήμα χωρίζεται σε δύο καλώδια πριν μεταφερθούν στον βρόχο While, και στη συνέχεια συγχωνεύονται σε ένα σήμα εντός του βρόχου το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός σήματος για τα κανάλια αριστερού ήχου και δεξιού ήχου των ηχείων. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι ρυθμίσεις για τη δημιουργία του Simulate Signal.



Εικόνα 21. Ρυθμίσεις δημιουργίας Simulate Singal.

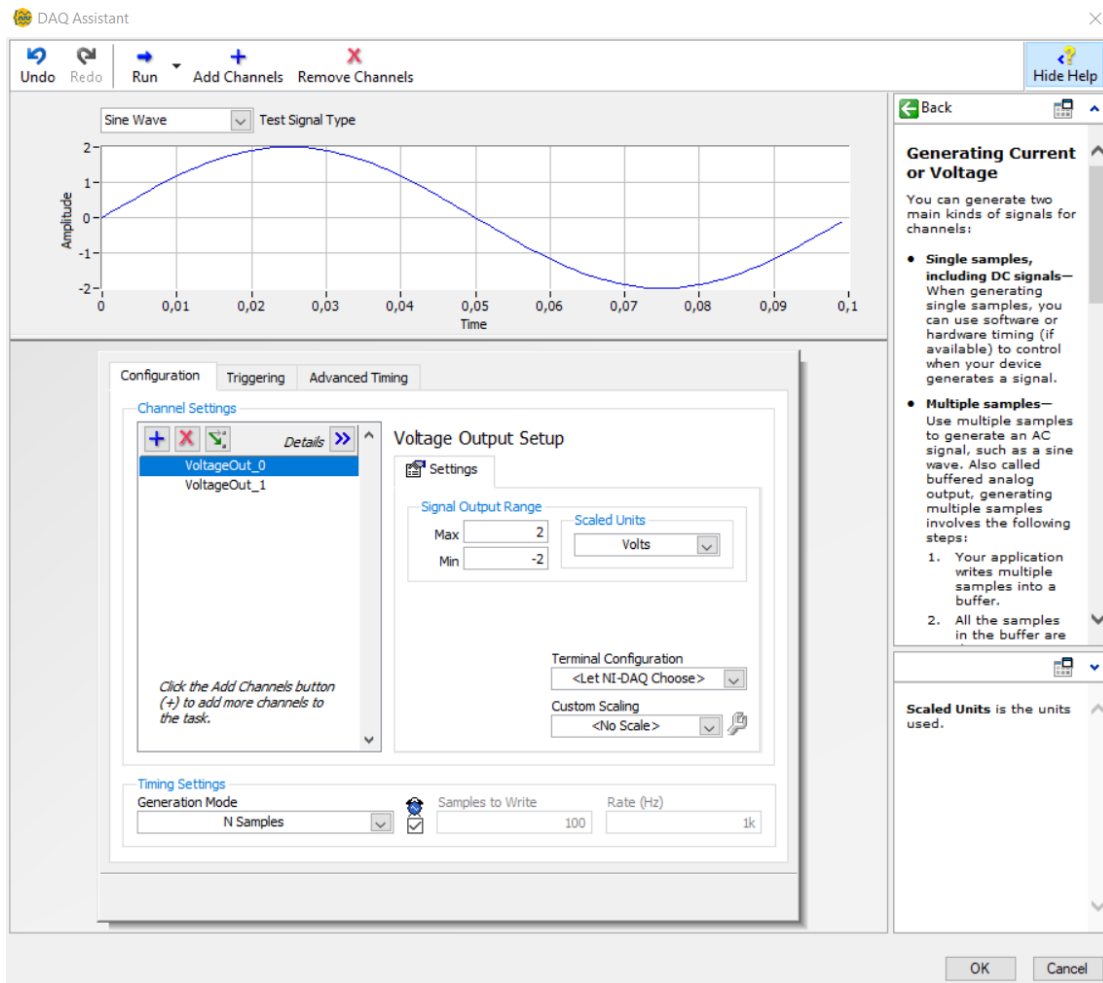
Εντός του βρόχου while, υπάρχει το DAQ Assistant που χρησιμοποιείται για την εισαγωγή της ψηφιακής τιμής από το αισθητήριο PIR. Χρησιμοποιούμε έναν δείκτη πίνακα για να ανακτήσουμε μόνο την πρώτη τιμή από τον πίνακα Boolean που εξάγεται από το DAQ Assistant, επειδή έχουμε το αισθητήριο PIR συνδεδεμένο στη γραμμή 0, η οποία είναι η πρώτη τιμή στον πίνακα. Στη συνέχεια, συνεχίζουμε περνώντας αυτήν την τιμή στον δείκτη Boolean Motion, καθώς και στον ακροδέκτη μιας δομής περιπτώσεων. Μια δομή περιπτώσεων στο LabView είναι το ισοδύναμο μιας εντολής If / Then. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι ρυθμίσεις για τη ψηφιακή είσοδο του DAQ Assistant.





Εικόνα 22. Ρυθμίσεις για τη ψηφιακή είσοδο του DAQ Assistant.

Εντός της δομής της υπόθεσης, έχουμε μια αληθινή και μια ψευδή περίπτωση. Για την αληθινή περίπτωση, θα εκπέμπουμε ένα αναλογικό σήμα στον ακροδέκτη εξόδου ήχου του NI myDAQ χρησιμοποιώντας τον DAQ Assistant2. Τα δεδομένα που θα εκπέμπουμε είναι το αρχείο ήχου που δημιουργήσαμε νωρίτερα που επιτυγχάνεται με την καλωδίωση του μπλε καλωδίου απευθείας στην είσοδο DAQ Assistant 2 όταν η υπόθεσή μας είναι αληθινή (True). Για την ψευδή περίπτωση (False) δεν κάνουμε κάτι, επειδή η κίνηση δεν έχει ανιχνευθεί. Τέλος οι ρυθμίσεις για τον DAQ Assistant2 φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 23. Ρυθμίσεις για τον DAQ Assistant2.

## **3.2 Εργαστηριακή άσκηση 2η: Μέτρηση θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας 10kΩ θερμίστορ, myDAQ και LabVIEW.**

### **3.2.1 Σκοπός.**

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι να χρησιμοποιηθεί ένα θερμίστορ 10 kΩ χαμηλού κόστους για τη μέτρηση της θερμοκρασίας με το National Instruments myDAQ στο LabVIEW. Τα δεδομένα θα αποκτηθούν χρησιμοποιώντας το DAQ Assistant και μετατρέπονται σε θερμοκρασία χρησιμοποιώντας βασικό προγραμματισμό στο LabVIEW.

### **3.2.2 Εισαγωγή στα αισθητήρια θερμοκρασίας - θερμίστορς.**

Οι μεταβολές της τιμής της αντίστασης των θερμομέτρων ηλεκτρικής αντίστασης είναι μικρές και έτσι δε μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση μικρών μεταβολών θερμοκρασίας με ακρίβεια και να λειτουργήσουν ως διακόπτες. Τα θερμίστορς είναι και αυτά αντιστάσεις, των οποίων η τιμή μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, αλλά εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές στην τιμή της αντίστασης. Τα θερμίστορς είναι κατασκευασμένα από οξειδία των μεταβατικών μετάλλων της σειράς του σιδήρου, όπως το χρώμιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το νικέλιο. Η αντίστασή τους μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία αλλά έχει υψηλά όρια ανοχής, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις θερμοκρασίας να μην έχουν την ακρίβεια άλλων μεθόδων. Από την άλλη πλευρά, η ισχυρή μεταβολή της αντίστασης επιτρέπει τη χρήση των θερμίστορς ως διακοπών ή περιοριστών ρεύματος. Τα θερμίστορς αποτελούν μία εξαιρετικά διαδεδομένη και οικονομική επιλογή για τη μέτρηση θερμοκρασιών.

Υπάρχουν δύο είδη θερμίστορς, τα NTC (negative temperature coefficient, αρνητικού θερμοκρασιακού συντελεστή) και τα PTC (positive temperature coefficient, θετικού θερμοκρασιακού συντελεστή). Στα NTC η αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση θερμοκρασιών μεταξύ  $-100$  και  $300$  °C, ενώ στα PTC η αντίσταση αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία χρησιμοποιούνται ευρέως ως περιοριστές ρεύματος σε θερμοκρασίες μεταξύ  $50$  και  $250$  °C.



Εικόνα 24. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας- αντίστασης NTC θερμίστορ.



Εικόνα 25. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας- αντίστασης PTC θερμίστορ.

Με βάση τα θερμίστορ έχουν κατασκευαστεί και κινητοί ανιχνευτές θερμοκρασίας (temperature probes). Τυπικά θερμίστορ που διατίθενται στο εμπόριο εικονίζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 26. Τυπικά θερμίστορ του εμπορίου της εταιρείας Therm-O-Disk.

Η εξάρτηση της αντίστασης από τη θερμοκρασία στα θερμίστορ NTC έχει τη γενική μορφή:

$$R_T = R_{T_0} e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

όπου  $T$  είναι η θερμοκρασία μέτρησης σε βαθμούς Κέλβιν και  $T_0$  μία θερμοκρασία αναφοράς (συνήθως οι 298 K, που αντιπροσωπεύουν τους 25 °C), ενώ  $R_T$  και  $R_{T_0}$  είναι οι τιμές της αντίστασης του θερμίστορ NTC στις παραπάνω θερμοκρασίες. Η παραπάνω σχέση δεν είναι στην πράξη χρήσιμη, επειδή στην ουσία επιθυμούμε να προσδιορίσουμε την τιμή  $T$  και γνωρίζουμε τις άλλες τρεις ποσότητες.

Χρησιμοποιώντας την απεικόνιση του φυσικού λογαρίθμου της αντίστασης,  $\ln(R)$  ως προς  $1/T$  για ένα πολυώνυμο στο  $\ln(R)$ , αναπτύσσεται μια εξίσωση της ακόλουθης μορφής:

$$T = \frac{1}{\alpha + b(\ln R) + c(\ln R)^2 + \dots + d(\ln R)^N}$$

Όπου το  $T$  είναι η θερμοκρασία σε Kelvin, και  $a, b, c, \dots, d$  είναι πολυωνυμικοί συντελεστές που είναι μαθηματικές σταθερές.

Η τάξη του πολυωνύμου που χρησιμοποιείται για να διαμορφώσει τη σχέση μεταξύ του  $R$  και του  $T$  εξαρτάται από την ακρίβεια του μοντέλου που απαιτείται και στη μη γραμμικότητα της σχέσης για μια ιδιαίτερη θερμική αντίσταση.

Η παραπάνω εξίσωση χρησιμοποιείται για την εσωτερική βαθμονόμηση ενός θερμίστορ σε κύκλωμα εφαρμογής.

Έτσι, η εξίσωση του Steinhart που αναφέρεται στα θερμίστορς NTC παίρνει την ακόλουθη μορφή:

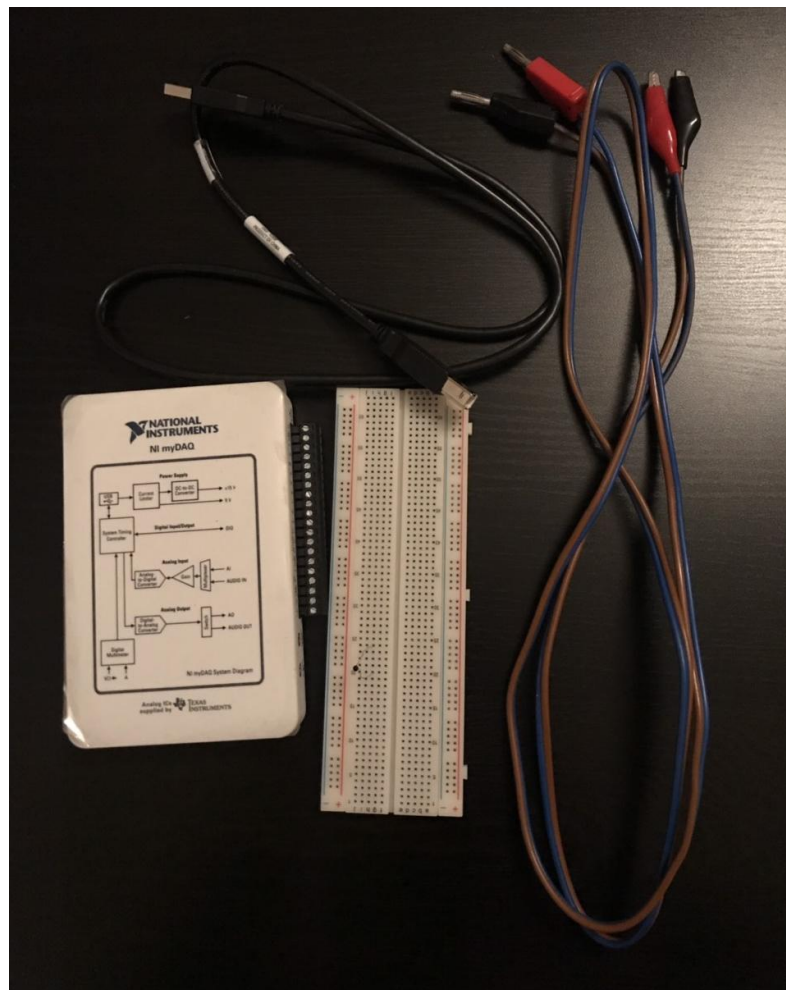
$$T = \frac{1}{\alpha + b(\ln R) + c(\ln R)^3}$$

Στον τύπο αυτό η θερμοκρασία  $T$  προκύπτει σε βαθμούς Κέλβιν και  $R$  σε  $\Omega$ . Οι ποσότητες  $a$ ,  $b$  και  $c$  είναι συντελεστές που αναφέρονται στο συγκεκριμένο θερμίστορ που χρησιμοποιείται. Λείπει ο όρος  $d(\ln R)^2$  στον παρονομαστή του κλάσματος και αυτό γιατί η ποσότητα αυτή είναι πάρα πολύ μικρή οπότε μπορεί να παραληφθεί. [10], [11], [12], [13]

### 3.2.3 Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να κατασκευαστεί η παρούσα εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

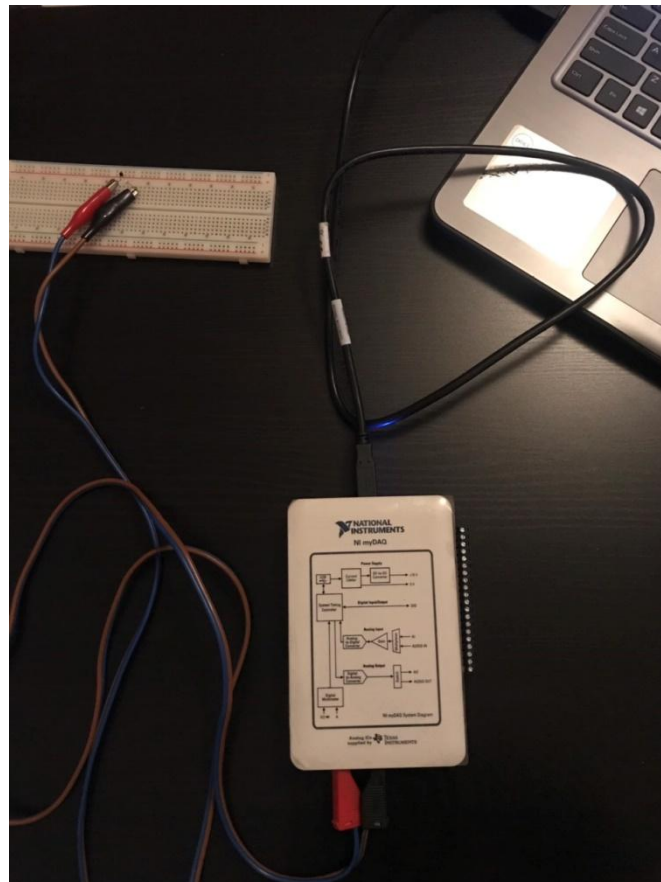
1. Συσσκευή NI myDAQ
2. LabVIEW
3. Θερμίστορ 10 k $\Omega$
4. Καλώδια
5. Breadboard



Εικόνα 27. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

### 3.2.4 Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης.

Το θερμίστορ 10kΩ τύπου NTC είναι ένα αισθητήριο μέτρησης θερμοκρασίας χαμηλού κόστους, υψηλής ακρίβειας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα αισθητηρίων θερμοκρασίας και εφαρμογών. Ένα σταθερό, γνωστό ρεύμα εφαρμόζεται σε όλο το θερμίστορ και καταγράφεται η πτώση τάσης κατά μήκος του θερμίστορ. Χρησιμοποιώντας το νόμο του Ohm, αυτή η τάση και το ρεύμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της αντίστασης του θερμίστορ, ο οποίος ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία. Αυτή η αντίσταση χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας την πολυωνυμική εξίσωση που αναφέρεται στο έγγραφο προδιαγραφών των αισθητηρίων. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η υλοποίηση του κυκλώματος.

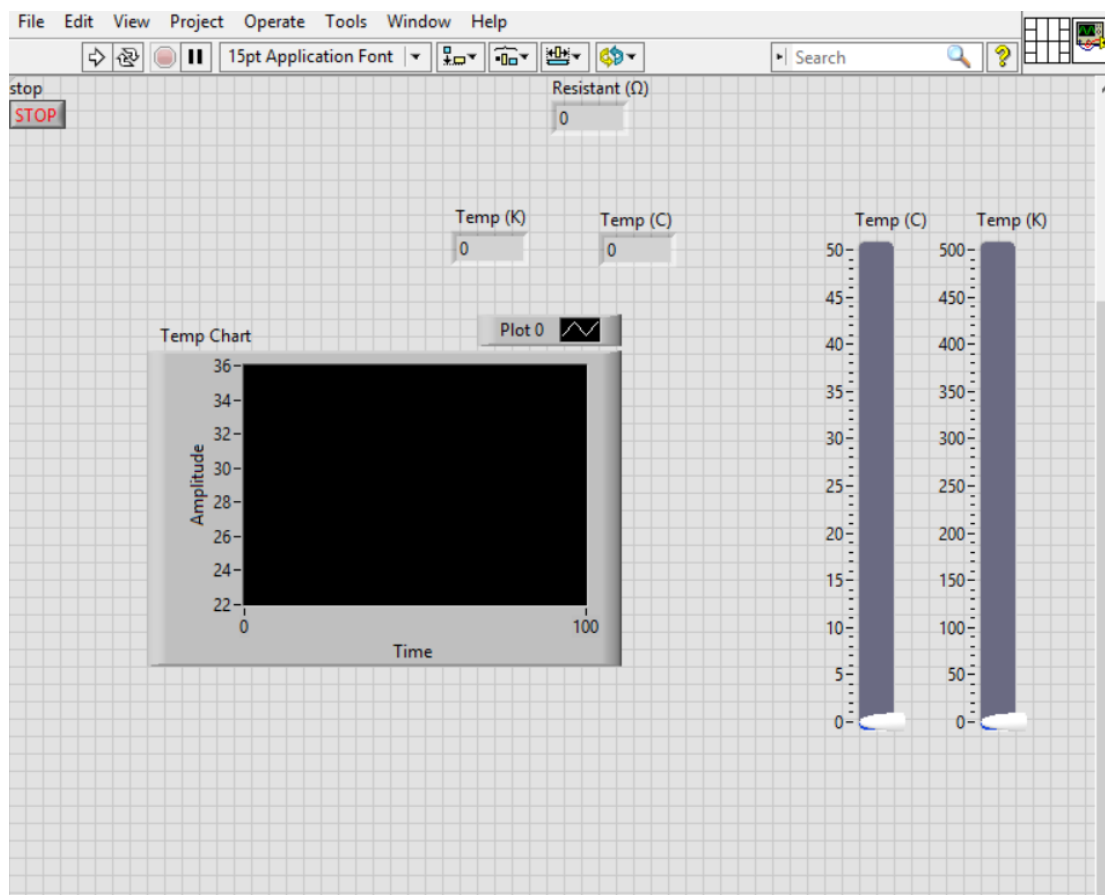


Εικόνα 28. Κύκλωμα υλοποίησης.



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα το θερμίστορ συνδέεται σε ένα κύκλωμα ως αντίσταση, χωρίς να παίζει ρόλο η πολικότητα.

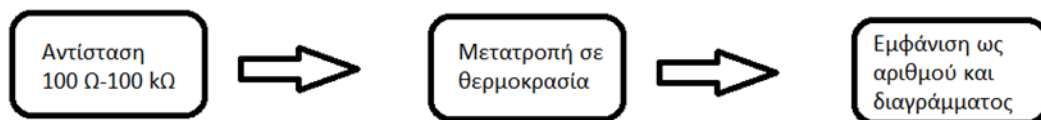
Στη συνέχεια όπως φαίνεται και στο Front Panel του LabView δημιουργήσαμε τρεις αριθμητικές σταθερές (Resistant ( $\Omega$ ), Temp (K) και Temp (C)), που μας δείχνουν την τρέχουσα μέτρηση της θερμοκρασίας και της αντίστασης καθώς και δυο γραφήματα που μας δείχνουν τη θερμοκρασία (τα οποία θα μπορούσαμε και να τα παραλείψουμε). Επίσης υπάρχει ένα διάγραμμα κυματομορφών που φαίνεται η αντιστοίχιση των τιμών με την πάροδο του χρόνου σε ένα διάγραμμα κυματομορφών. Το διάγραμμα θερμοκρασίας αποθηκεύει τις προηγούμενες τιμές, ώστε να μπορούμε να δούμε την αλλαγή των τιμών με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 29. Front Panel του LabView.

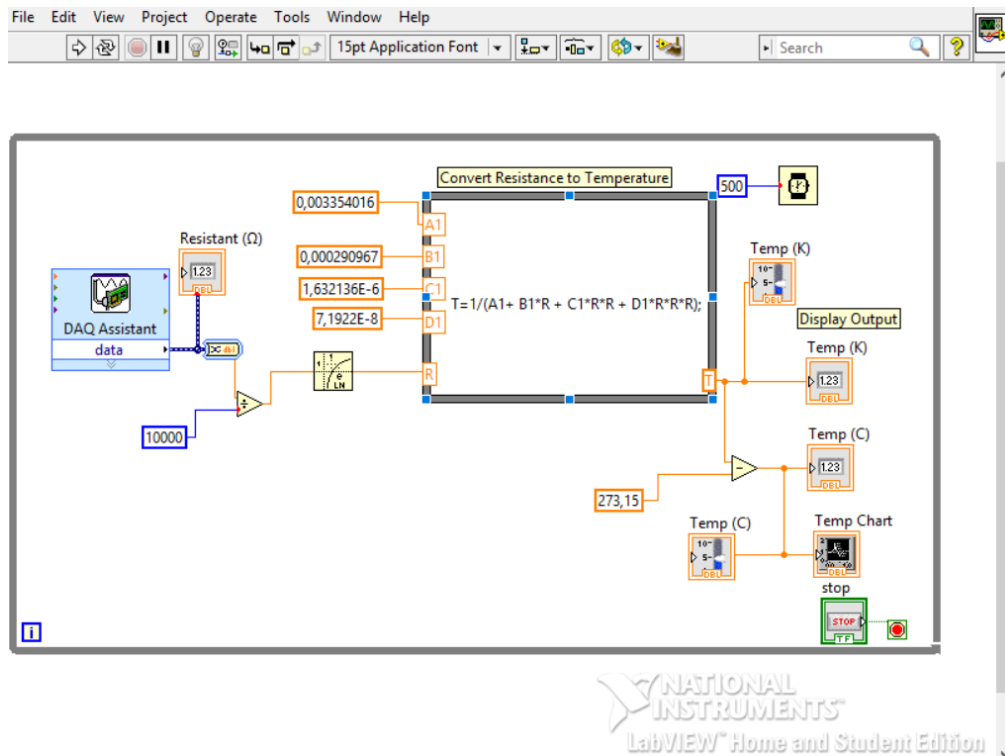
Η γενική ιδέα για να γίνει ο προγραμματισμός είναι ότι αρχικά στο LabVIEW πρέπει να μετρήσουμε το σήμα αντίστασης που προέρχεται από το θερμίστορ από 100 Ω έως 100 kΩ. Αυτή η τιμή μετατρέπεται σε θερμοκρασία χρησιμοποιώντας την εξίσωση πολυωνύμων (εξίσωση Steinhart) από τις προδιαγραφές του θερμίστορ. Τέλος, θα βγάλουμε το αποτέλεσμα σε έναν αριθμητικό δείκτη, σε ένα διάγραμμα θερμοκρασίας καθώς και σε δύο γραφήματα που μας δείχνουν τη θερμοκρασία στο Front Panel του LabView όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το Block diagram για την κωδικοποίηση του συστήματος.



Εικόνα 30. Block Diagram κωδικοποίησης.

Στην παρακάτω εικόνα μπορεί να φανεί το Block Diagram του LabView για την παρούσα εργαστηριακή άσκηση όπου και θα γίνει η ανάλυσή του.

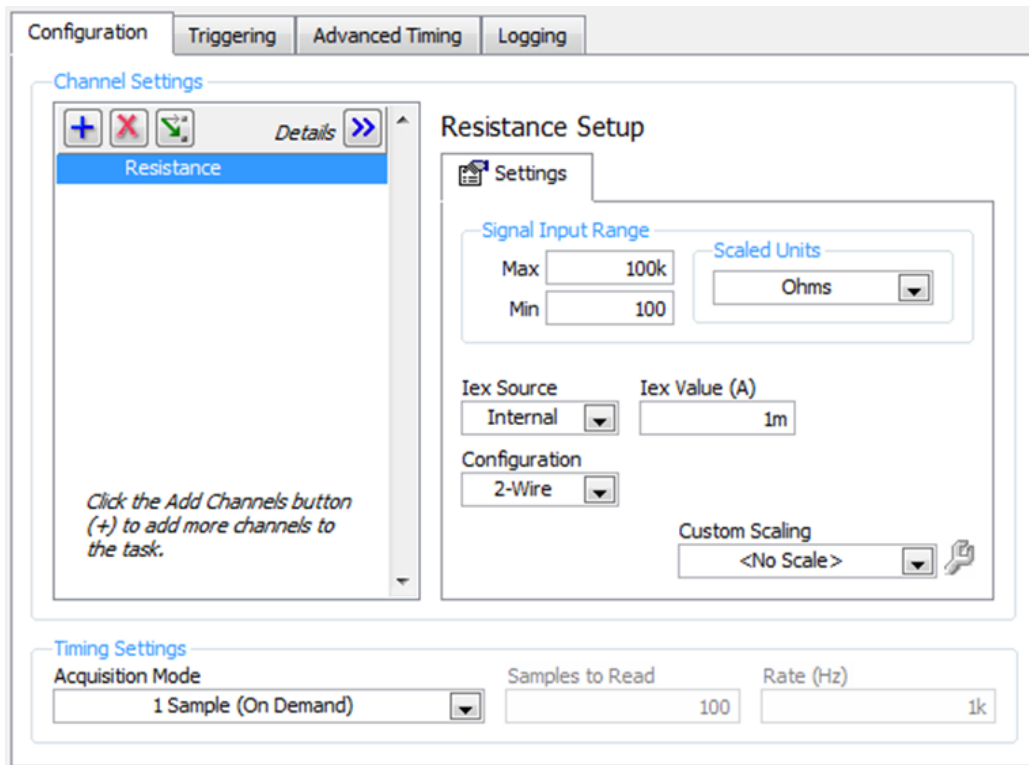


Εικόνα 31. Block Diagram LabView.

Αρχικά δημιουργούμε ένα βρόχο while όπου εκεί μέσα θα χτίσουμε τον κώδικά μας. Εντός του βρόχου while, υπάρχει το DAQ Assistant το οποίο είναι ρυθμισμένο να διαβάζει μία τιμή από το myDAQ που είναι η αναλογική είσοδος της αντίστασης που είναι DMM κάθε φορά που εκτελείται. Αυτό το σήμα εισόδου (έξοδος του DAQ Assistant) μετατρέπεται σε μια αριθμητική τιμή, διαιρείται με 10000 που είναι η  $R_{ref}$  και έπειτα πηγαίνει σε μία συνάρτηση προκειμένου να μας δείξει την  $\ln(R/R_{ref})$  τιμή. Η αντίσταση στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμοκρασία σε Kelvin χρησιμοποιώντας την πολυωνυμική εξίσωση και τις σταθερές από το φύλλο προδιαγραφών του αισθητηρίου.

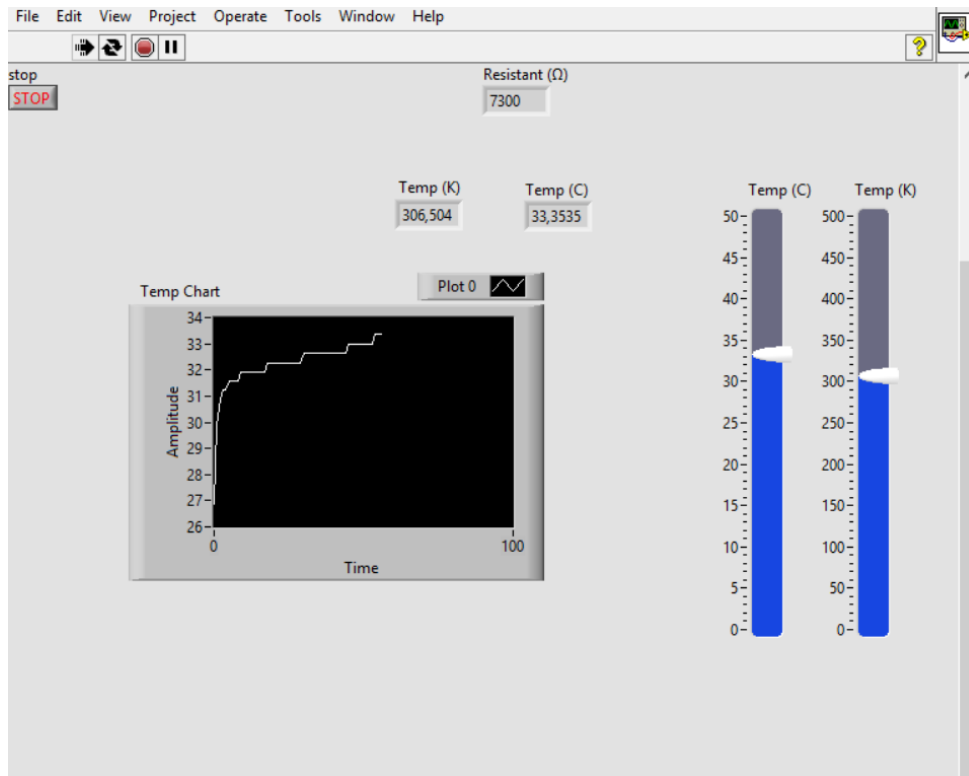
Τέλος, μετατρέπεται η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου [με τη γνωστή σχέση  $T(K) = 273.15 + T(^{\circ}C)$ ]. Έτσι, εμφανίζεται η θερμοκρασία στους δείκτες Temp (K), Temp (C), Temp Chart και στα δυο γραφήματα όπως φαίνεται και στο Front Panel. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κώδικας του κυκλώματος μας συνεχίζει να τρέχει μέχρι να πατηθεί το κουμπί Stop που βρίσκεται στο Front Panel του LabView και το Wait που βρίσκεται επάνω δεξιά στο Block Diagram καθυστερεί την εκτέλεση του βρόχου while για κάθε 500 ms.

Οι ρυθμίσεις για το DAQ Assistant είναι οι εξής:

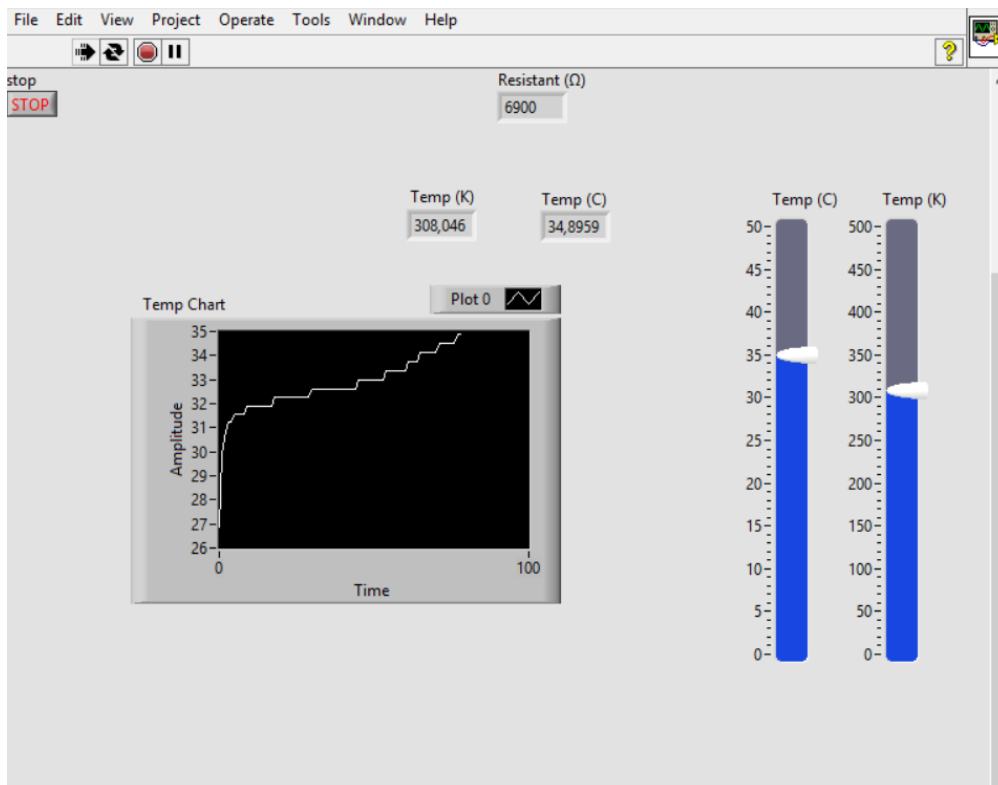


Εικόνα 32. Ρυθμίσεις για το DAQ Assistant.

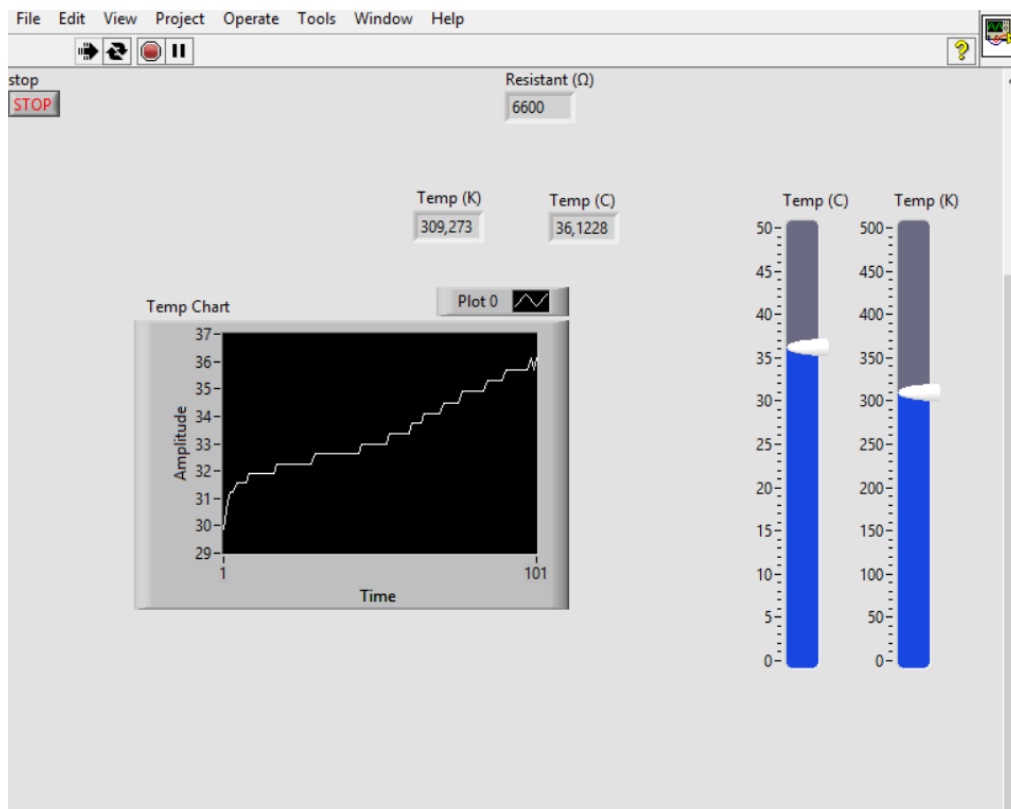
Τέλος, στις εικόνες που ακολουθούν παραθέτονται μερικά αποτελέσματα από την υλοποίηση της εργαστηριακής άσκησης, όπου είχαμε τοποθετήσει πάνω στο θερμίστορ το χέρι μας και παρατηρήσαμε πως μεταβάλλεται αυτή η τιμή μέχρις ότου φτάσει η θερμοκρασία στους 36,1228 °C.



Εικόνα 33. Μεταβολή της θερμοκρασίας στους 33,3535 °C.



Εικόνα 34. Μεταβολή της θερμοκρασίας στους 34,8959 °C.



Εικόνα 35. Μεταβολή της θερμοκρασίας στους 36,1228 °C.

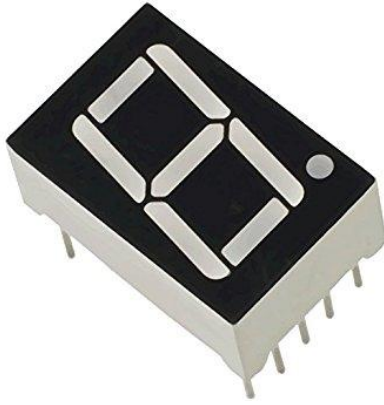
## **3.3 Εργαστηριακή άσκηση 3η: Μέτρηση από το 0 μέχρι το 9 και αντίστροφα με τη χρήση 7 Segment Display, myDAQ και LabVIEW.**

### **3.3.1 Σκοπός.**

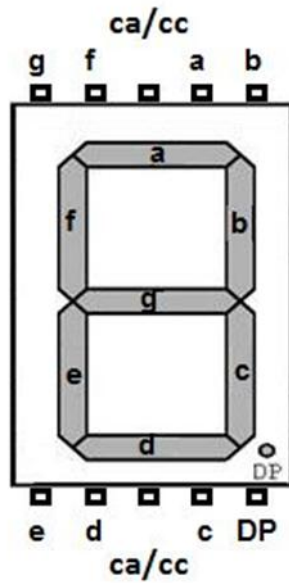
Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι να μετρήσουμε από το 0 μέχρι το 9 και αντίστροφα με τη χρήση ενός 7 Segment Display, myDAQ και LabVIEW. Επίσης γίνεται η εμφάνιση των αριθμών που επιθυμούμε μέσω του περιβάλλοντος του LabView.

### **3.3.2 Εισαγωγή στο 7 Segment Display.**

Το 7 Segment Display είναι η πιο βασική ηλεκτρονική συσκευή προβολής που μπορεί να εμφανίζει ψηφία από 0 έως 9. Βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε συσκευές που εμφανίζουν αριθμητικές πληροφορίες, όπως ψηφιακά ρολόγια, ραδιόφωνα, φούρνους μικροκυμάτων, ηλεκτρονικούς μετρητές κλπ. Η πιο συνηθισμένη διαμόρφωση έχει μια σειρά από οκτώ LED που φαίνονται σε ένα ειδικό σχέδιο για να γίνει η εμφάνιση αυτών των ψηφίων. Διατίθενται ως ένα ορθογώνιο σε σχήμα “8. ”. Κάθε LED φέρει ένα όνομα από το 'a' μέχρι το 'g' και αναγνωρίζεται από το όνομά του. Για την εμφάνιση των αριθμών χρησιμοποιούνται επτά φωτοδιόδοι “a” έως “g” ενώ το όγδοο LED “dp” χρησιμοποιείται για την εμφάνιση της τελείας για δεκαδικό αριθμό.



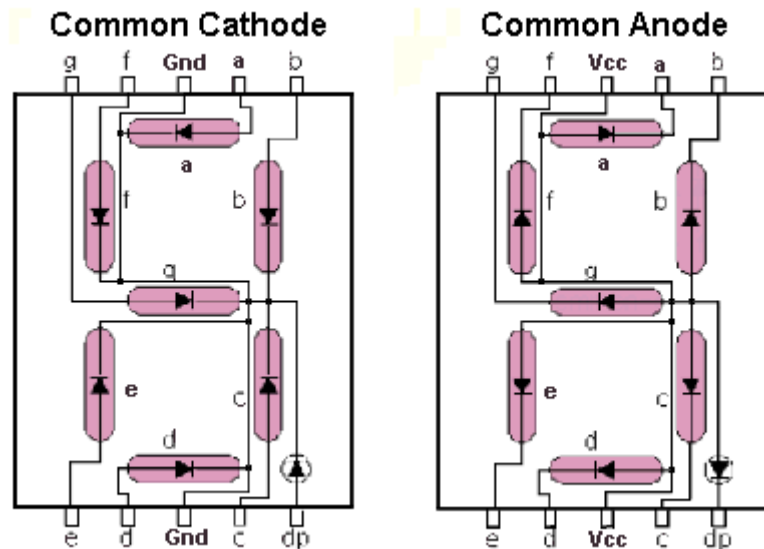
Εικόνα 36. Ένα τυπικό 7 Segment Display με δεκαδικό σημείο.



Εικόνα 37. Σχηματική απεικόνιση των ακροδεκτών του 7 Segment Display.

Υπάρχουν δύο τρόποι κατασκευής ενός 7 Segment Display: το Common Cathode και το Common Anode όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

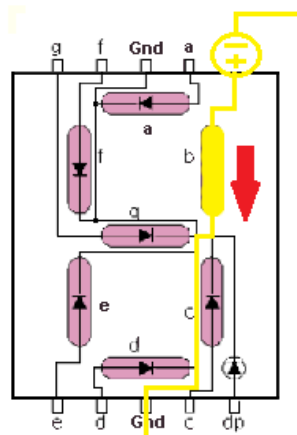




Εικόνα 38. Δύο τρόποι κατασκευής του 7 Segment Display.

Ένα 7 Segment Display διαθέτει δέκα pins. Τα οκτώ pins αντιστοιχούν στα οκτώ LED όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ενώ τα υπόλοιπα δύο pins (στο μέσο του 7 Segment) είναι κοινά και εσωτερικά βραχυκυκλωμένα και αντιστοιχούν στην κοινή κάθοδο (Common Cathode) ή στην κοινή άνοδο (Common Anode), ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του 7 Segment.

Για παράδειγμα στο Common Cathode όλες οι κάθοδοι συνδέονται μεταξύ τους καθώς και με τη γείωση. Εάν θέλουμε να ενεργοποιηθεί το LED b, θα δώσουμε τάση στο pin b. Με αυτόν τον τρόπο κλείνει το κύκλωμα και το LED b φωτοβολεί όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

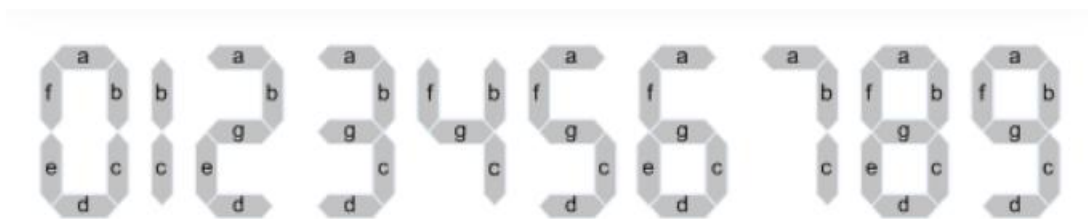


Εικόνα 39. Σχηματική απεικόνιση της πορείας του ρεύματος για την ενεργοποίηση του LED b.

Τέλος, στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο πίνακας αληθείας προκειμένου να εμφανιστούν οι αριθμοί που επιθυμούμε, τα LED (από το “ a ” μέχρι το “ g ”) που είναι ενεργοποιημένα (on) ή απενεργοποιημένα (off) καθώς και τα στοιχεία προβολής για όλους τους αριθμούς του 7 Segment. [14], [15], [16],[17]

Digit	Display	a	b	c	d	e	f	g
0		on	on	on	on	on	on	off
1		off	on	on	off	off	off	off
2		on	on	off	on	on	off	on
3		on	on	on	on	off	off	on
4		off	on	on	off	off	on	on
5		on	off	on	on	off	on	on
6		on	off	on	on	on	on	on
7		on	on	on	off	off	off	off
8		on	on	on	on	on	on	on
9		on	on	on	on	off	on	on

Εικόνα 40. Πίνακας αληθείας για το 7 Segment Display.

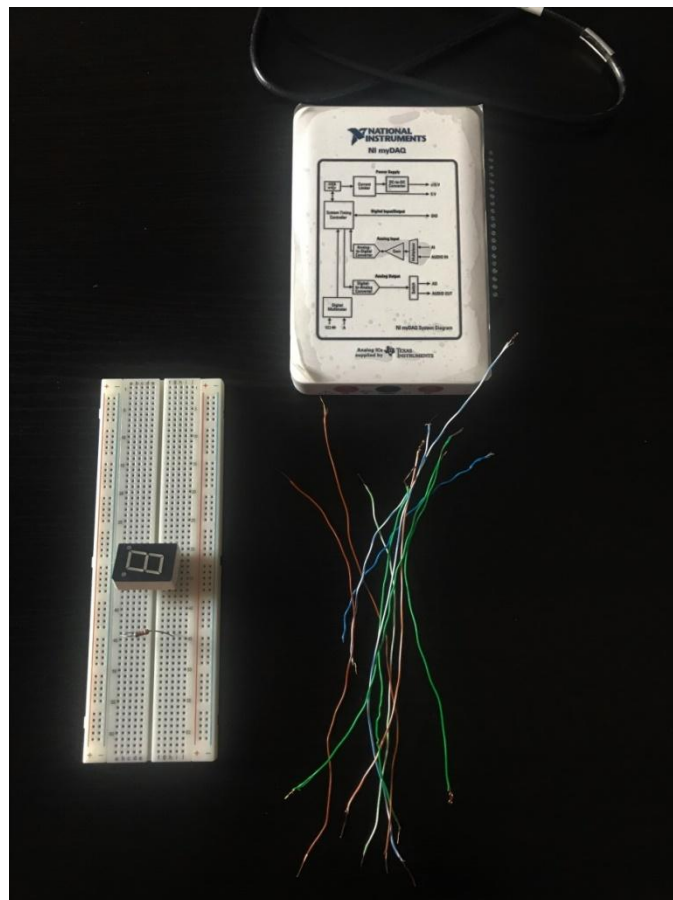


Εικόνα 41. Στοιχεία προβολής 7 Segment για όλους τους αριθμούς.

### 3.3.3 Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να κατασκευαστεί η παρούσα εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

1. Συσσκευή NI myDAQ
2. LabVIEW
3. 7 Segment Display
4. 330 Ω Αντίσταση
5. Καλώδια
6. Breadboard



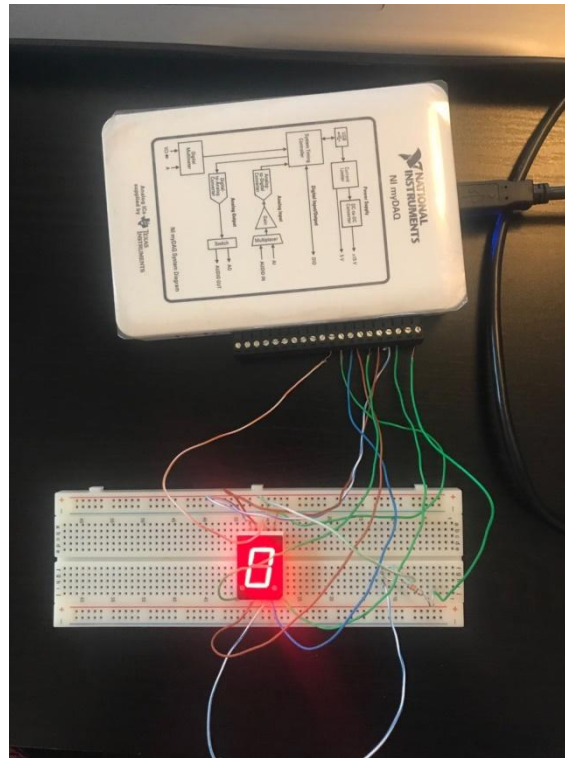
Εικόνα 42. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

### 3.3.4 Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης.

Αρχικά έγινε η συνδεσμολογία του 7 Segment Display με το myDAQ.

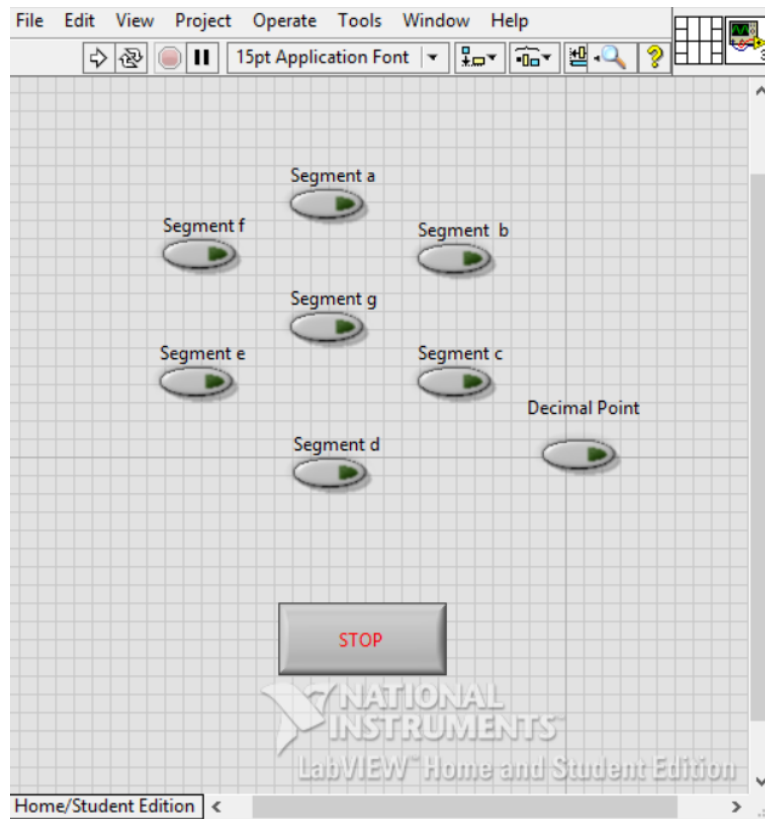
- Ο ακροδέκτης “ g ” συνδέεται με το DIO6 του myDAQ.
- Ο ακροδέκτης “ f ” συνδέεται με το DIO5 του myDAQ.
- Ο ακροδέκτης “ a ” συνδέεται με το DIO0 του myDAQ.
- Ο ακροδέκτης “ b ” συνδέεται με το DIO1 του myDAQ.
- Ο ακροδέκτης “ e ” συνδέεται με το DIO4 του myDAQ.
- Ο ακροδέκτης “ d ” συνδέεται με το DIO3 του myDAQ.
- Ο ακροδέκτης “ c ” συνδέεται με το DIO2 του myDAQ.
- Ο ακροδέκτης “ dp” συνδέεται με το DIO7 του myDAQ.
- Οι ακροδέκτες “ cc ” και “ ca ” συνδέεται στο ένα άκρο τη αντίστασης και το άλλο άκρο της αντίστασης συνδέεται με τα 5 V του myDAQ.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η παραπάνω συνδεσμολογία του 7 Segment Display με το myDAQ:

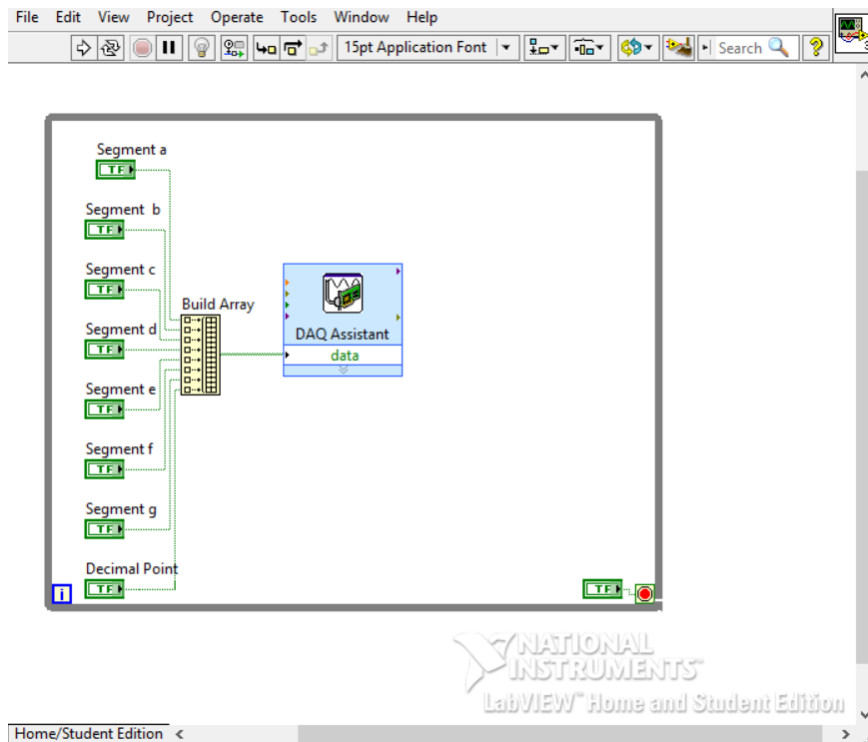


Εικόνα 43. Συνδεσμολογία 7 Segment Display.

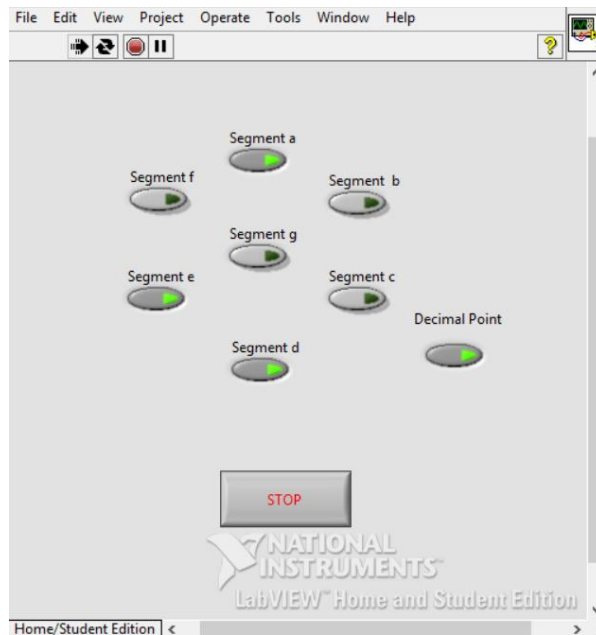
Στη συνέχεια όπως φαίνεται στο Front Panel του LabView δημιουργήσαμε 8 Boolean τιμές, οι οποίες ανάλογα με το αν είναι true ή false, σβήνουν ή ανάβουν τα αντίστοιχα LED του 7 Segment Display. Έπειτα, στο αντίστοιχο Block Diagram τοποθετούμε τις τιμές αυτές σε ένα πίνακα και στη συνέχεια το τελικό αποτέλεσμα συνδέεται με το myDAQ όπου μας δίνει και την αντίστοιχη έξοδο. Τέλος, το πρόγραμμα βρίσκεται μέσα σε μια While και εκτελείται μέχρις ότου πατήσουμε το κουμπί Stop που βρίσκεται στο Front Panel.



Εικόνα 44. Front Panel του LabView.

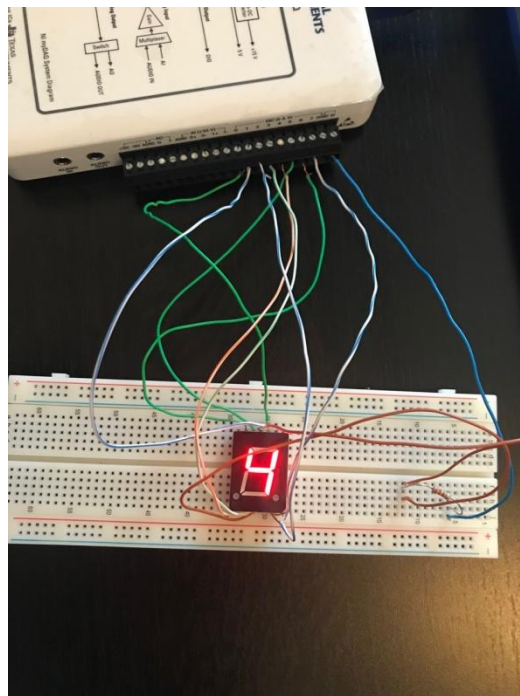


Εικόνα 45. Block Diagram LabView.



Εικόνα 46. Front Panel του LabView για απεικόνιση του αριθμού “ 4 ”.

Παρατηρούμε ότι για να σχηματίσουμε τον αριθμό “ 4 ” το Segment a, Segment e, Segment d και το Decimal Point είναι true. Δηλαδή δεν ανάβουν στο 7 Segment και έτσι σχηματίζεται ο συγκεκριμένος αριθμός.

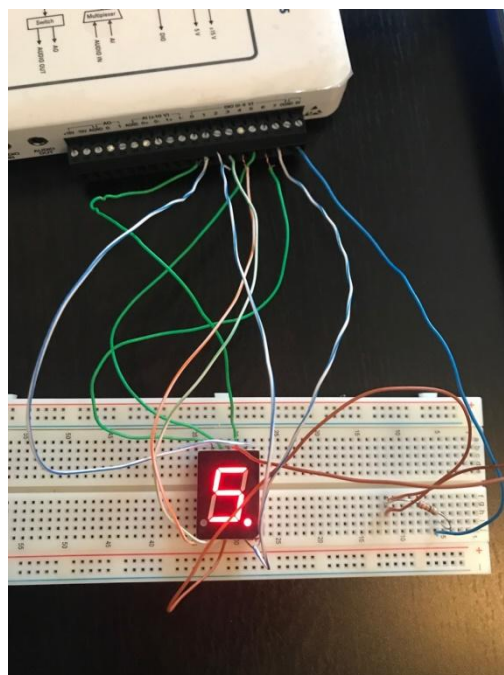


Εικόνα 47. Απεικόνιση του αριθμού “ 4 ” στο 7 Segment.

Έτσι για να σχηματίσουμε τον αριθμό “ 5. ” το Segment b και το Segment e είναι true. Δηλαδή αυτά τα στοιχεία δεν ανάβουν στο 7 Segment και έτσι σχηματίζεται ο συγκεκριμένος αριθμός. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε το Front Panel του LabView για απεικόνιση του αριθμού “ 5. ” καθώς και την απεικόνιση του στο 7 Segment.



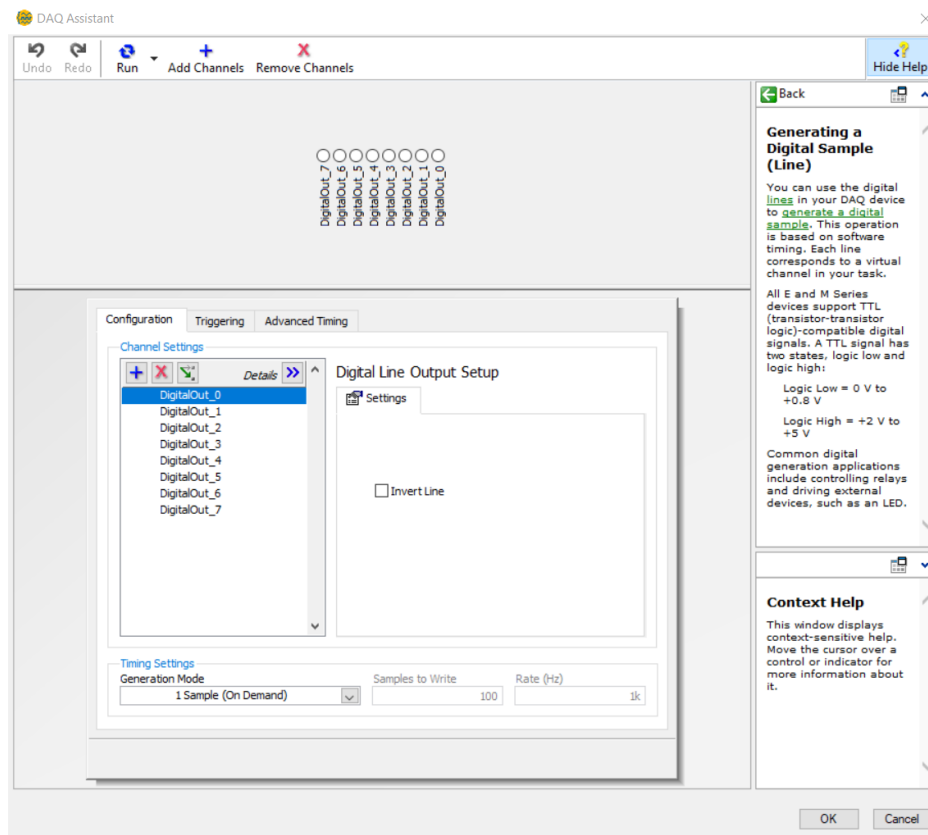
Εικόνα 48. Front Panel του LabView για απεικόνιση του αριθμού 5.



Εικόνα 49. Απεικόνιση του αριθμού “ 5. ” στο 7 Segment.



Παρακάτω φαίνονται οι ρυθμίσεις του DAQ Assistant.



Εικόνα 50. Ρυθμίσεις του DAQ Assistant.

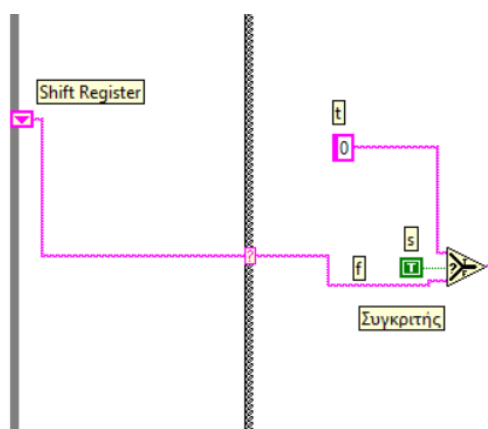
Παραπάνω ρυθμίσαμε τον κάθε αριθμό που θέλουμε να απεικονίσουμε. Στη συνέχεια, δημιουργήσαμε έναν άλλο κώδικα προκειμένου να μετρήσουμε από το 0 - 9 και από το 9 - 0. Το πρόγραμμα βρίσκεται μέσα σε μια While και εκτελείται μέχρις ότου πατήσουμε το κουμπί Stop που βρίσκεται στο Front Panel.

Έτσι, εντός της While δημιουργούμε μια δομή περιπτώσεων (Case Structure), την " 0 " και την " 1 " η οποία ορίζεται ως Default. Στη συνέχεια προσθέτουμε σε κάθε περίπτωση 10 καρέ ακολουθίας (Flat Sequence Structure). Το κάθε καρέ ακολουθίας αντιστοιχεί σε έναν αριθμό. Έτσι, στην περίπτωση " 1 " τα 10 καρέ ακολουθίας θα αντιστοιχούν στους αριθμούς από το 0 - 9, ενώ στην περίπτωση " 0 " τα άλλα 10 καρέ ακολουθίας θα αντιστοιχούν στους αριθμούς 9 - 0 όπου για κάθε ακολουθία θα εμφανίζεται ο αντίστοιχος αριθμός. Σε κάθε

καρέ ακολουθίας υπάρχουν 2 Boolean σταθερές, μία true και μία false, ένας πίνακας για να εξάγουμε τα αποτελέσματα (είσοδος του MyDAQ), ένα ρολόι ρυθμισμένο στα 1000 msec, δηλαδή περιμένει 1000 msec μέχρι να εμφανιστεί ο επόμενος αριθμός και τέλος το DAQ Assistant (έξοδος) όπου εμφανίζεται ο τελικός αριθμός στο 7 Segment Display.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι είσοδοι του πίνακα στηρίχτηκαν στον πίνακα αληθείας ώστε να «δημιουργήσουμε» τους επιθυμητούς αριθμούς.

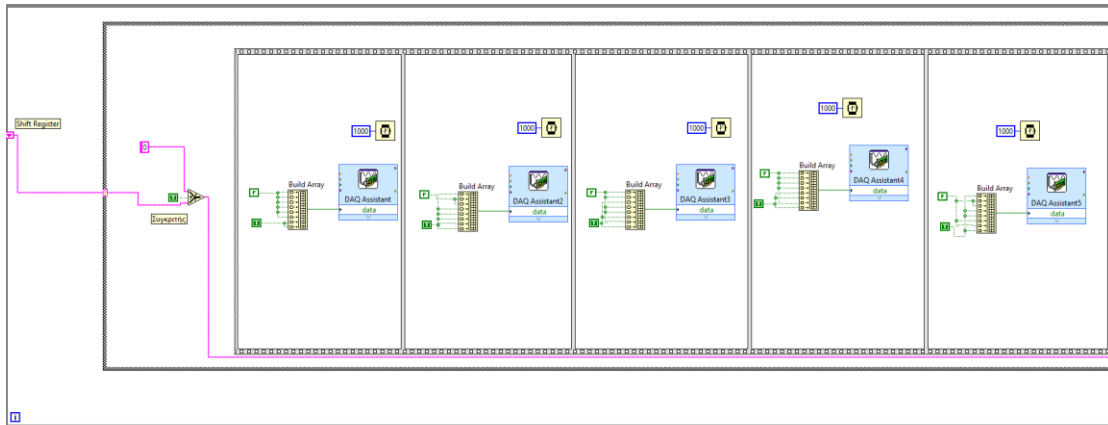
Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ένας καταχωρητής μετατόπισης (Shift Register), ο οποίος μεταφέρει μια τιμή από την προηγούμενη επανάληψη (loop) στην επόμενη. Έπειτα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, η τιμή αυτή πηγαίνει σε έναν συγκριτή στον οποίο αν η τιμή του s είναι True δίνει στην έξοδο το t, ενώ αν η τιμή είναι False δίνει το f. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται για τις περιπτώσεις “0” και “1”.



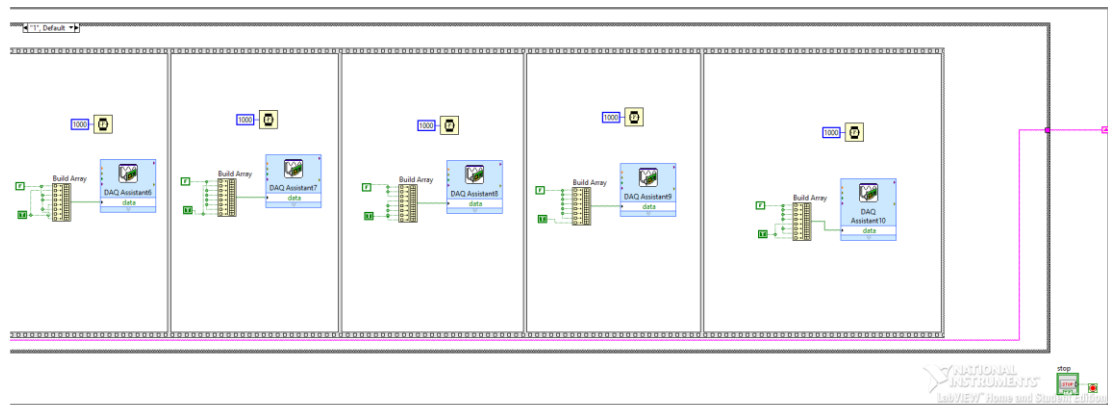
Εικόνα 51. Τμήμα του Block Diagram.

Έτσι επιτύχαμε την μέτρηση από το 0 - 9 και από το 9 - 0. Η μέτρηση επαναλαμβάνεται μέχρι να τερματιστεί το πρόγραμμα από τον χρήστη πατώντας το κουμπί Stop.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το Block Diagram της παρούσας εργαστηριακής εργασίας για κάθε περίπτωση.



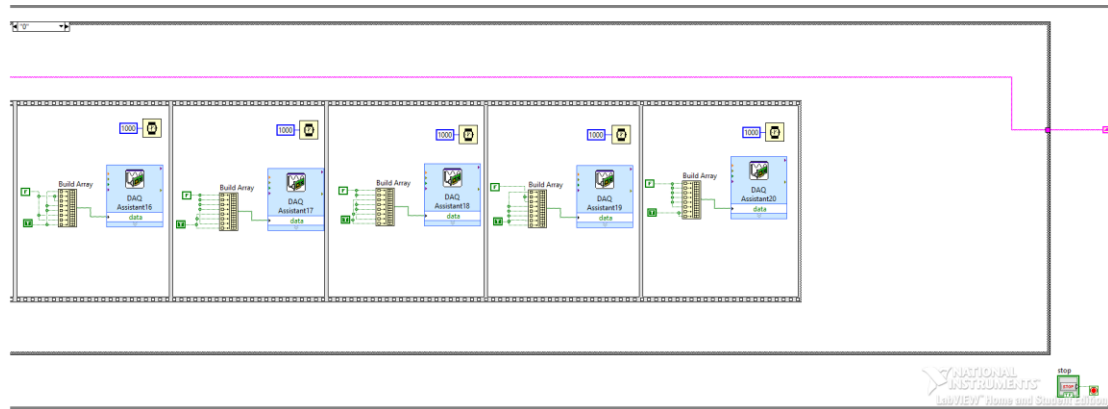
Εικόνα 52. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 0-9 στο LabView για την περίπτωση “ 1 ” (Μέρος 1).



Εικόνα 53. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 0-9 στο LabView για την περίπτωση “ 1 ” (Μέρος 2).



Εικόνα 54. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 9-0 στο LabView για την περίπτωση “0” (Μέρος 1).



Εικόνα 55. Block Diagram του προγραμματισμού για την μέτρηση από το 9-0 στο LabView για την περίπτωση “0” (Μέρος 2).

## **3.4 Εργαστηριακή άσκηση 4η: Έλεγχος ανεμιστήρα υπολογιστή 12 V DC με τη χρήση ρελέ στερεάς κατάστασης, myDAQ και LabVIEW.**

### **3.4.1 Σκοπός.**

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι να χρησιμοποιηθεί ένα ελεγχόμενο ρελέ στερεάς κατάστασης 3.3 V προκειμένου για να ενεργοποιηθεί ένας ανεμιστήρας υπολογιστή 12 V DC χρησιμοποιώντας μια ψηφιακή έξοδο στο myDAQ.

### **3.4.2 Εισαγωγή στα ρελέ στερεάς κατάστασης (Solid State Relays, SSR).**

Συχνά κατασκευάζουμε κυκλώματα για να ελέγχουν συσκευές που συνδέονται στο δημόσιο δίκτυο παροχής ενέργειας. Η τάση στο δημόσιο δίκτυο είναι συνήθως 220 V εναλλασσόμενο και για να ελέγξουμε την τροφοδοσία μίας συσκευής από το δημόσιο δίκτυο, συνήθως χρησιμοποιούμε ηλεκτρονόμους (ρελέ). Οι κλασσικοί ηλεκτρονόμοι είναι ηλεκτρομηχανικές διατάξεις και φθείρονται στην πάροδο του χρόνου. Παρόλα αυτά, υπάρχουν και ρελέ στερεάς κατάστασης που μπορούν να αντικαταστήσουν τα κλασσικά ρελέ και έχουν σχεδόν απεριόριστη διάρκεια ζωής, δεδομένου ότι δεν διαθέτουν ηλεκτρομηχανικά μέρη.

Τα ρελέ στερεάς κατάστασης (Solid State Relays, SSR) παρέχουν καλή ηλεκτρική απομόνωση σε υψηλές τάσεις και μπορούν να υποστηρίξουν ρεύμα έως και μερικές δεκάδες A. Τα βρίσκουμε εύκολα στο εμπόριο σε πλαστικά περιβλήματα που συνήθως έχουν μία μεταλλική έδρα, πάνω στην οποία προσαρμόζουμε μία ψύκτρα. Διαθέτουν επίσης κλέμμες (τερματικές επαφές με βίδες) στις οποίες συνδέονται εύκολα τα καλώδια ελέγχου και τα καλώδια

του φορτίου. Τα συνηθέστερα ρελέ στερεάς κατάστασης παράγονται μαζικά και αντέχουν ρεύμα της τάξης των 10 A. Στοιχίζουν σχετικά ακριβότερα από τα συμβατικά ρελέ, γι αυτό μερικοί προτιμούν να μην τα χρησιμοποιούν. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε εφαρμογές όπου το φορτίο που θέλουμε να ελέγξουμε απορροφά 1, 2 ή το πολύ 3 A και δεν αξίζει να πληρώσουμε για ένα ακριβό ρελέ στερεάς κατάστασης των 10 A.

Τα συσσωρευμένα ρελέ στερεάς κατάστασης χρησιμοποιούν συσκευές ημιαγωγών ισχύος όπως θυρίστορ και τρανζίστορ, για να αλλάζουν ρεύματα μέχρι περίπου 100 A. Τα ρελέ σταθερής κατάστασης έχουν γρήγορες ταχύτητες μεταγωγής σε σύγκριση με ηλεκτρομηχανικά ρελέ και δεν έχουν καμία φυσική επαφή για φθορά. Η εφαρμογή των ρελέ στερεάς κατάστασης πρέπει να εξετάσει τη χαμηλή τους ικανότητα να αντέχουν τη στιγμιαία υπερφόρτιση, σε σύγκριση με τις ηλεκτρομηχανικές επαφές, και την υψηλότερη αντοχή τους σε κατάσταση "on". Σε αντίθεση με έναν ηλεκτρομηχανικό ηλεκτρονόμο, ένα ρελέ στερεάς κατάστασης παρέχει μόνο περιορισμένες διατάξεις μεταγωγής ( μεταγωγή SPST ).

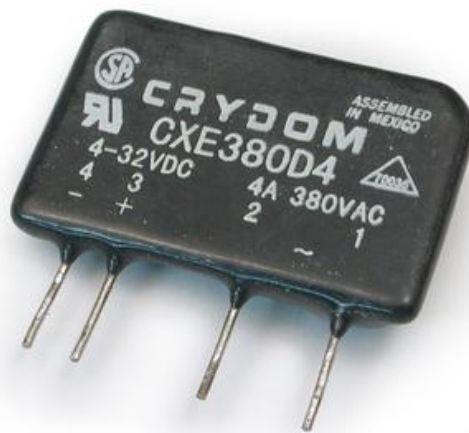
Σε αρκετές περιπτώσεις, είναι προτιμότερο να φτιάξουμε μια ιδιοκατασκευή, με κόστος αρκετά μικρότερο από το αντίστοιχο του εμπορίου. Έτσι, υπάρχει το πλεονέκτημα της δυνατότητας επισκευής σε περίπτωση που κάτι πάει «στραβά», σε αντίθεση με τα ρελέ στερεάς κατάστασης του εμπορίου που δεν επισκευάζονται.

Είναι ένας διακόπτης ελεγχόμενος από τάση ή ρεύμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για έλεγχο εναλλασσομένου ρεύματος. Είναι δηλαδή, μια ηλεκτρονική συσκευή μεταγωγής που ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται όταν εφαρμόζεται μικρή εξωτερική τάση στα τερματικά ελέγχου. Αν προσπαθήσουμε να χρησιμοποιήσουμε ένα ρελέ στερεάς κατάστασης για τον έλεγχο συνεχούς ρεύματος, θα αποτύχουμε. Το ρελέ θα κλείνει αλλά δεν θα ανοίγει ποτέ (απενεργοποιείται) στο συνεχές ρεύμα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα ρελέ στερεάς κατάστασης χρησιμοποιούν TRIAC, τα οποία μεταβαίνουν σε αποκοπή μόνο όταν η τάση στα άκρα τους γίνει στιγμιαία μηδενική.

Τα ρελέ στερεάς κατάστασης αποτελούνται από ένα αισθητήριο το οποίο ανταποκρίνεται σε μια κατάλληλη είσοδο (σήμα ελέγχου), μια ηλεκτρονική

συσκευή μεταγωγής στερεάς κατάστασης που μετατρέπει την ισχύ στο κύκλωμα φορτίου και ένα μηχανισμό ζεύξης που επιτρέπει στο σήμα ελέγχου να ενεργοποιεί αυτόν τον διακόπτη χωρίς μηχανικά μέρη. Ο ηλεκτρονόμος μπορεί να σχεδιαστεί για να μεταφέρει είτε AC είτε DC στο φορτίο. Παρέχει την ίδια λειτουργία με ένα ηλεκτρομηχανικό ρελέ , αλλά δεν έχει κινούμενα μέρη. [18], [19], [20]

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται διάφορα ρελέ στερεάς κατάστασης.



Εικόνα 56. Ρελέ στερεάς κατάστασης Crydom

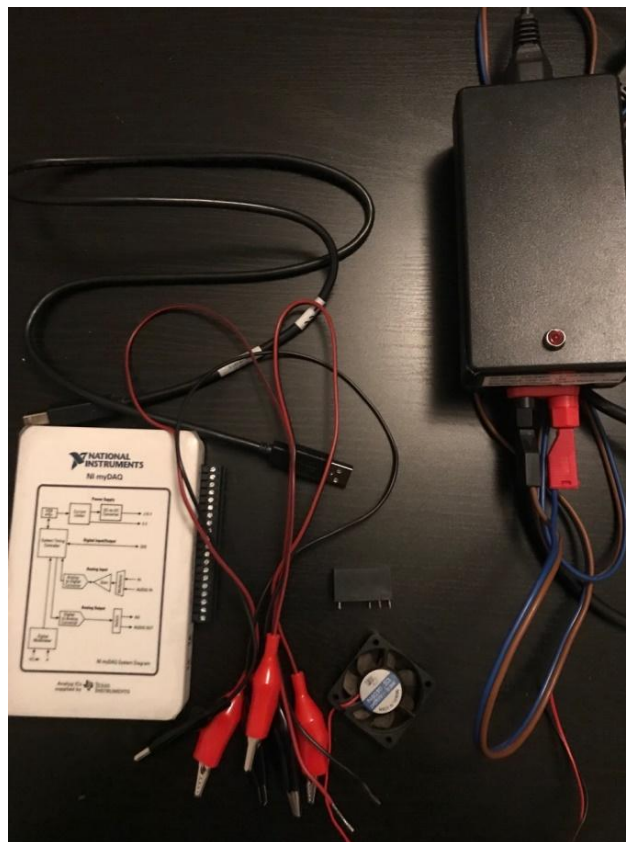


Εικόνα 57. Ρελέ στερεάς κατάστασης μιας επαφής (L1-T1) που σπλίζει με 20 έως 230 V ac ή 22 έως 48 V dc (A1-A2).

### 3.4.3 Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να κατασκευαστεί η παρούσα εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

1. Συσσκευή NI myDAQ
2. LabVIEW
3. Ρελέ στερεάς κατάστασης 3.3 V DC
4. Ανεμιστήρας 80mm 12 V DC
5. Τροφοδοτικό 12 V DC
6. Καλώδια

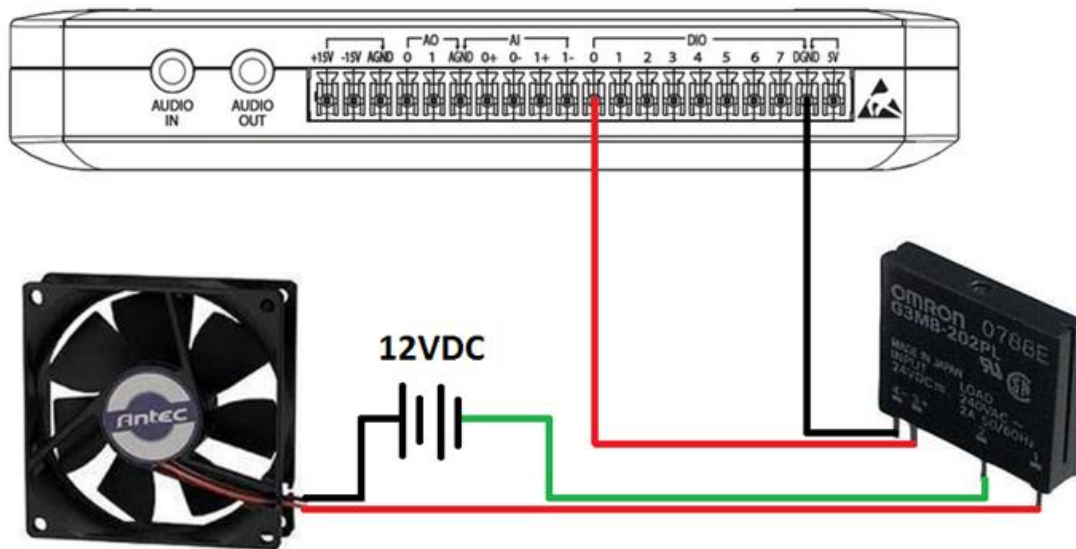


Εικόνα 58. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

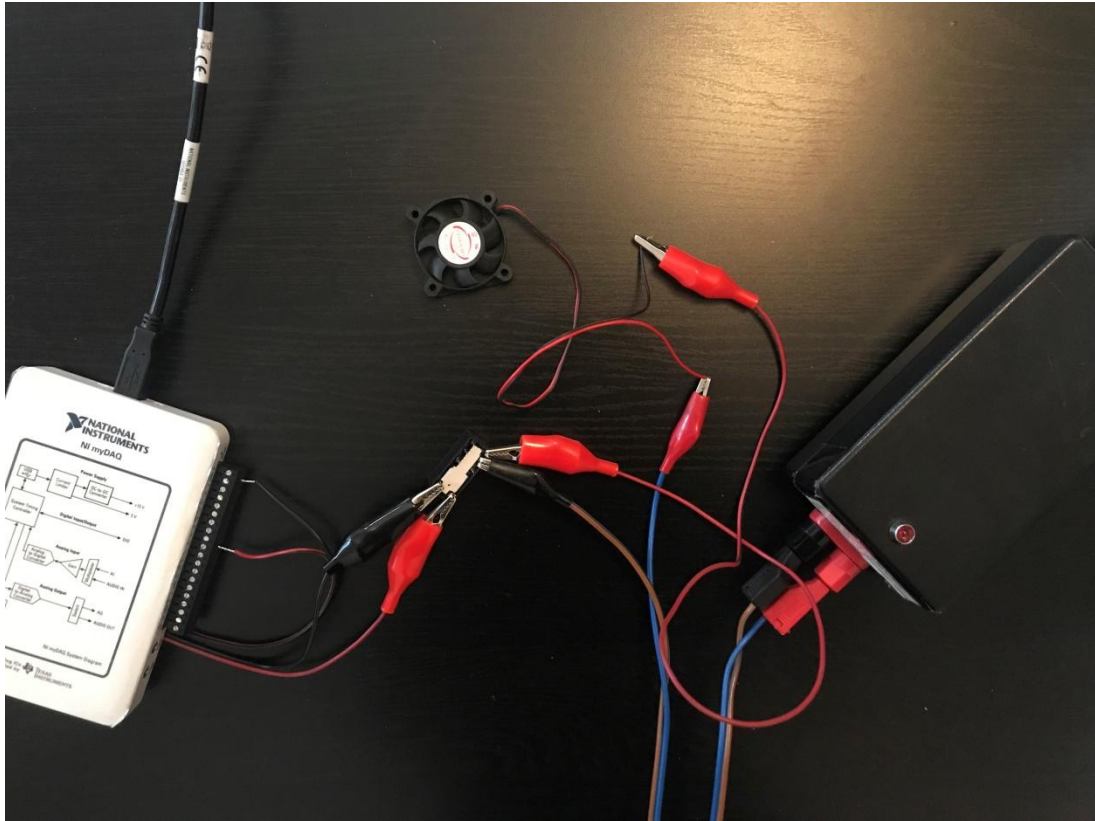


### 3.4.4 Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης.

Το ρελέ στερεάς κατάστασης συνδέεται σε σειρά με τροφοδοσία 12 V DC και τον ανεμιστήρα του υπολογιστή 12 V DC για τον έλεγχο του όταν το κύκλωμα είναι κλειστό ή ανοιχτό. Το ρελέ στερεάς κατάστασης συνδέεται επίσης με τον ακροδέκτη ψηφιακής εξόδου myDAQ 0 και την ψηφιακή γείωση (DGND). Αυτή η δεύτερη σύνδεση χρησιμοποιείται για την αποστολή ψηφιακού σήματος από τη συσκευή myDAQ για να ανοίξει ή να κλείσει το κύκλωμα ανεμιστήρα / τροφοδοσίας. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το διάγραμμα καλωδίωσης καθώς και η υλοποίηση του κυκλώματος.



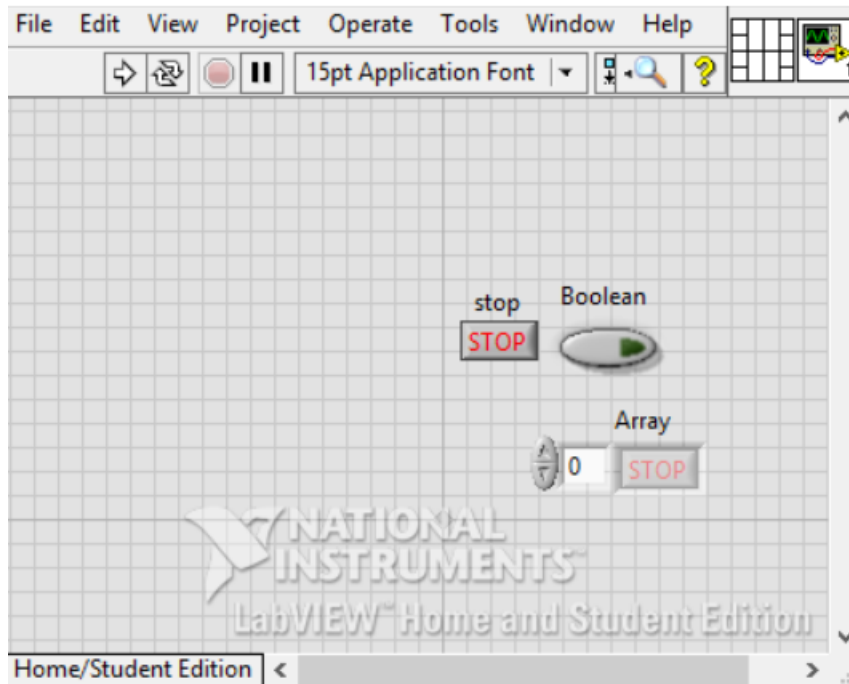
Εικόνα 59. Διάγραμμα καλωδίωσης.



Εικόνα 60. Κύκλωμα υλοποίησης.

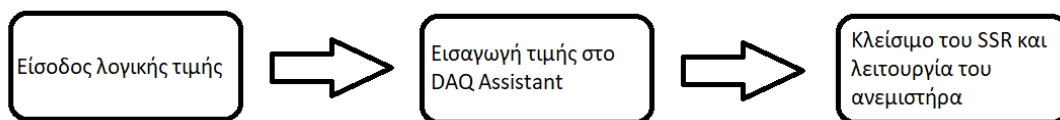
Στη συνέχεια, αφού φτιάξαμε το παραπάνω κύκλωμα, στο Front Panel του LabView τοποθετήσαμε έναν διακόπτη τύπου Boolean για να ελέγχει το άνοιγμα ή το κλείσιμο του ρελέ στερεάς κατάστασης, ο οποίος στη συνέχεια θα ενεργοποιεί ή θα απενεργοποιεί τον ανεμιστήρα. Η τιμή Boolean πηγαίνει σε έναν πίνακα και στη συνέχεια εισάγεται στον DAQ Assistant, ο οποίος θα εξάγει την αντίστοιχη τιμή στη ψηφιακή γραμμή NI myDAQ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην ψηφιακή λογική Boolean, ένα True αντιστοιχεί σε ένα σήμα 5V και ένα False αντιστοιχεί σε ένα σήμα 0 V. Επομένως, ένα True θα κλείσει το SSR και θα ολοκληρώσει το κύκλωμα του ανεμιστήρα και του τροφοδοτικού ισχύος, επιτρέποντας την παροχή ρεύματος στον ανεμιστήρα.



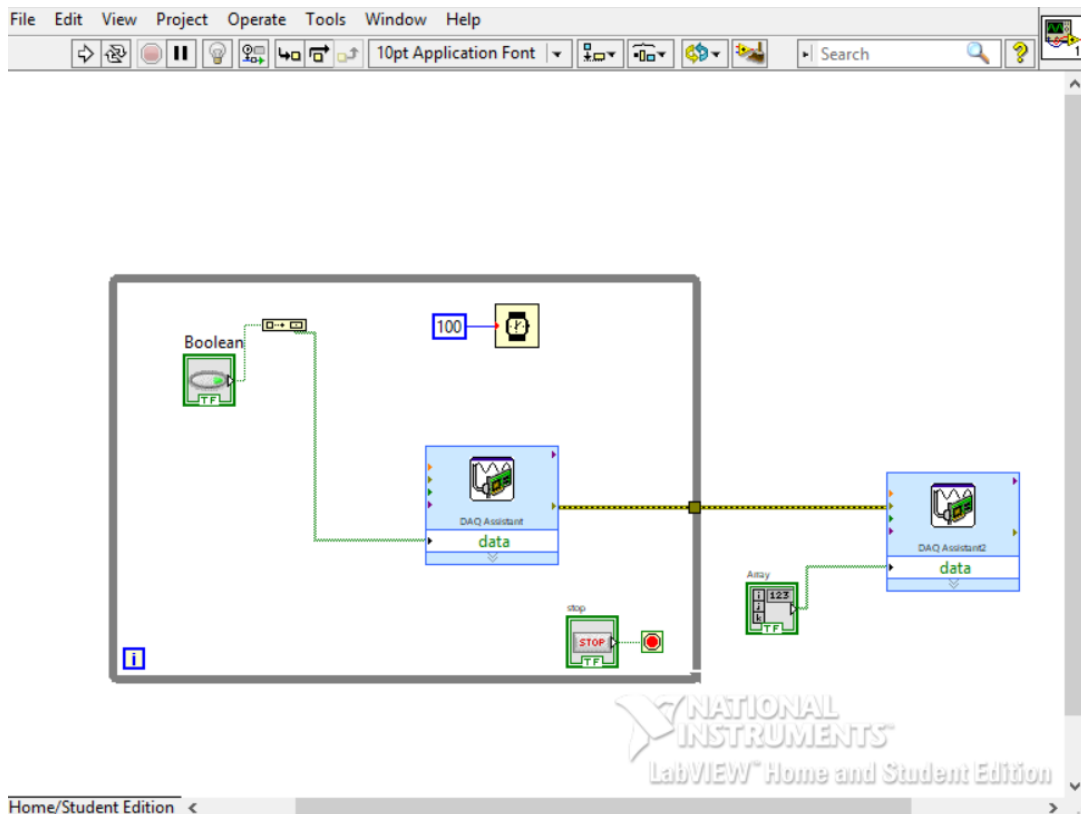
Εικόνα 61. Front Panel του LabView.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το Block diagram για την κωδικοποίηση του συστήματος.



Εικόνα 62. Blog Diagram κωδικοποίησης.

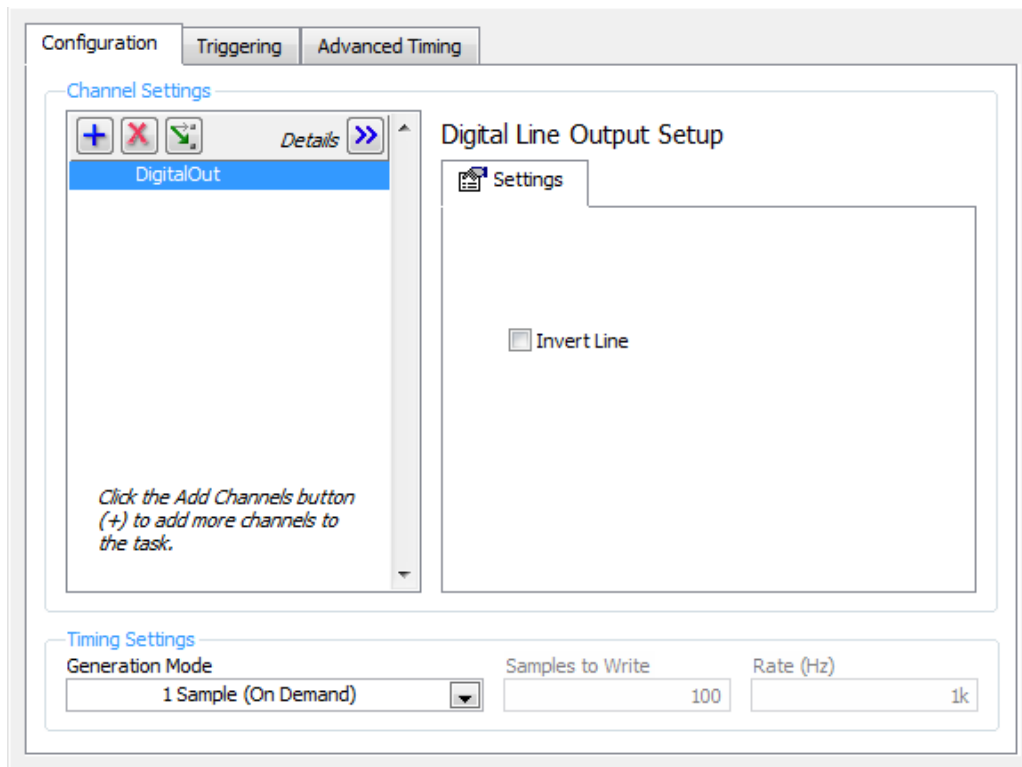
Το Block διάγραμμα του LabVIEW μοιάζει πολύ με το block διάγραμμα κωδικοποίησης, εκτός από το γεγονός ότι δεν περιλαμβάνεται το ρελέ στερεάς κατάστασης (SSR).



Εικόνα 63. . Block Diagram LabView.

Μέσα στο βρόχο while στα αριστερά βρίσκεται η τιμή Boolean που χρησιμοποιείται για να στείλει True ή False στο ρελέ SSR. Ο έλεγχος βρίσκεται στο Front Panel. Το DAQ Assistant είναι ρυθμισμένο να εξάγει μόνο σε μία γραμμή και είναι διαμορφωμένο για να εκπέμπει μια μοναδική τιμή από το ψηφιακό Port0 / Line0 του myDAQ κάθε φορά που εκτελείται. Ο κώδικας που υπάρχει μέσα στην επαναληπτική δομή While συνεχίζει να τρέχει μέχρις ότου πατηθεί το κουμπί Stop που βρίσκεται στο Front Panel. Μέσα στη While υπάρχει το Wait VI (επάνω αριστερά) όπου καθυστερεί την εκτέλεση του βρόχου για κάθε 100 ms. Τοποθετούμε έναν DAQ Assistant2 έτσι ώστε όταν πατηθεί το κουμπί Stop και βγαίνει ο βρόχος While, ένα False εξέρχεται στη γραμμή, ανοίγοντας το SSR και κλείνοντας τον ανεμιστήρα για ασφάλεια.

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση οι ρυθμίσεις για το DAQ Assistant φαίνονται στην Εικόνα 64. Ίδιες είναι και οι ρυθμίσεις για το DAQ Assistant2.



Εικόνα 64. Ρυθμίσεις για το DAQ Assistant.

## **3.5 Εργαστηριακή άσκηση 5η: Μέτρηση της επιτάχυνσης χρησιμοποιώντας επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων, myDAQ και LabVIEW.**

### **3.5.1 Σκοπός.**

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι να χρησιμοποιηθεί ένα επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων ADXL 335 για να παρατηρήσουμε τις τιμές επιτάχυνσης με το myDAQ και το LabVIEW.

### **3.5.2 Εισαγωγή στα επιταχυνσιόμετρα.**

Το επιταχυνσιόμετρο είναι μια συσκευή, η οποία έχει την ικανότητα να μετρά δυνάμεις επιτάχυνσης. Αυτές οι δυνάμεις μπορεί να είναι στατικές, όπως είναι η δύναμη της βαρύτητας, ή δυναμικές όταν προκαλούνται από αλλαγές στην ταχύτητα ή στην διεύθυνση της κίνησης και είναι γνωστές από τις κινητές συσκευές για την μέτρηση δονήσεων και κινήσεων.

Έτσι, όπως γνωρίζουμε η επιτάχυνση ορίζεται ως η μεταβολή της ταχύτητας ως προς τον χρόνο. Επομένως, το επιταχυνσιόμετρο μετράει και την επιτάχυνση που συνδέεται με τις δυνάμεις βάρους. Για παράδειγμα ένα επιταχυνσιόμετρο σε ηρεμία στην επιφάνεια της γης θα μετρήσει επιτάχυνση  $g = 9.81 \text{ m / s}^2$  λόγω του βάρους του. Επομένως όταν το σώμα είναι ακίνητο το επιταχυνσιόμετρο μπορεί να δώσει τιμές διάφορες του μηδενός, ενώ όταν το επιταχυνσιόμετρο βρίσκεται σε ελεύθερη πτώση θα μετρήσει τιμή ίση με το μηδέν.

Αξίζει να σημειωθεί ότι πέρα από τις διάφορες τιμές που μπορεί να μετρήσει ένα επιταχυνσιόμετρο δεν μπορεί να μετρήσει την περιστροφή (rotation) και για αυτό το λόγο την ταχύτητα περιστροφής στους 3 άξονες τη μετράμε με το γυροσκόπιο.

Υπάρχουν διάφορα επιταχυνσιόμετρα ενός, δύο, τριών ακόμα και έξι αξόνων. Τα πιο γνωστά είναι τα επιταχυνσιόμετρα τριών αξόνων (3 - axis accelerometer) που χρησιμοποιούνται στους αδρανειακούς αισθητήρες για τη μέτρηση της κλίσης ενός σώματος ως προς το οριζόντιο επίπεδο (επιφάνεια της γης).

Οι τρόποι λειτουργίας των επιταχυνσιόμετρων είναι πολλοί. Ένας τρόπος από αυτούς είναι η αξιοποίηση του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου. Αυτά χρησιμοποιούν πιεζοκρύσταλλο ο οποίος πιέζεται από μάζα ανάλογη της επιτάχυνσης που δέχεται αυτή και παράγει τάση λόγω πιεζοηλεκτρικού φαινομένου ανάλογη της επιτάχυνσης.

Ένας άλλος τρόπος λειτουργίας, ο οποίος χρησιμοποιείται και στα επιταχυνσιόμετρα ADXL 335 είναι η μέτρηση αλλαγών στην χωρητικότητα ενός πυκνωτή. Ο πυκνωτής αποτελεί μέρος της ανάρτησης μάζας και η τιμή του μεταβάλλεται με την κίνηση αυτής της μάζας. Η αξιοποίηση της μεταβολής της χωρητικότητας του πυκνωτή μας παρέχει μέτρηση επιτάχυνσης.

Μετρώντας την στατική επιτάχυνση που προκαλείται από την βαρύτητα, το επιταχυνσιόμετρο μπορεί να μετρήσει την κλίση της γωνίας κάποιας συσκευής σε σχέση με την γη. Καταγράφοντας τη δυναμική επιτάχυνση μπορεί να αναλυθεί το πώς κινείται η συσκευή και να αντιληφθεί το περιβάλλον της καλύτερα. Με τον κατάλληλο κώδικα μπορούν να απαντηθούν πολλά ερωτήματα όπως αν κινείται ή βρίσκεται οριζόντια ή κάθετα , τι θα συμβεί στο επόμενο βήμα και πολλά άλλα. [21], [22], [23]

Πολλές φορές χρειάζεται να γίνει η μετατροπή της τάσης σε επιτάχυνση και αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την παρακάτω εξίσωση:

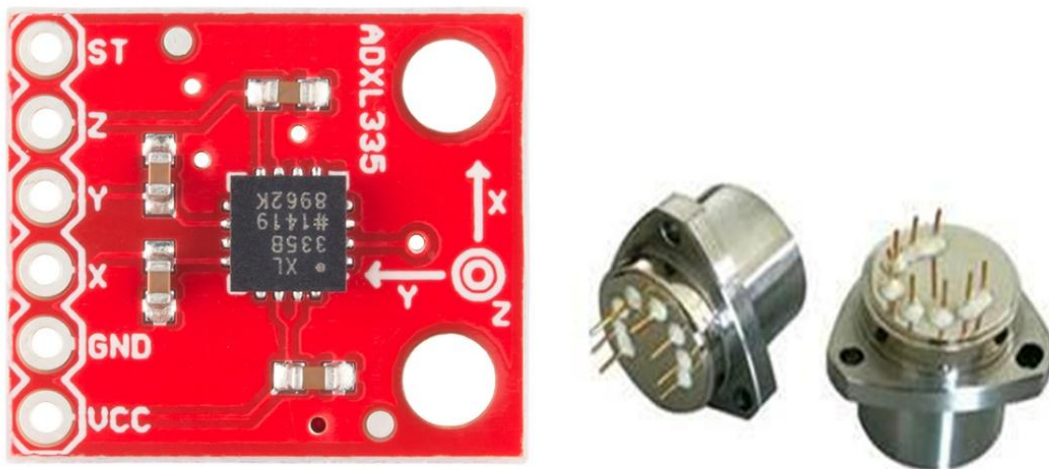
$$Acceleration(g) = \frac{V_{in} - V_{offset}}{Sensitivity}$$

Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση τα δεδομένα που παίρνουμε από το MyDAQ είναι τάση και για να τα μετατρέψουμε σε επιτάχυνση χρησιμοποιούμε την παραπάνω εξίσωση. Οι τιμές για την μετατόπιση του άξονα και την ευαισθησία που επιτυγχάνεται γίνεται με τη βαθμονόμηση και

για το επιταχυνσιόμετρο ADXL 335 ενδεικτικά είναι  $V_{offset} = 1,66 V$  και  $Sensitivity = 0,33 V/g$ . [24]

Στην καθημερινότητα μας τα επιταχυνσιόμετρα είναι ευρέως διαδεδομένα. Στα κινητά τηλέφωνα και σε άλλες συσκευές χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές ελέγχοντας την θέση της συσκευής. Στα laptop τα επιταχυνσιόμετρα χρησιμοποιούνται ώστε να εντοπίζουν κάποια απότομη πτώση και ο σκληρός δίσκος να σβήνει ώστε αποφευχθεί η απώλεια δεδομένων. Με παρόμοιο τρόπο εφαρμόζεται στα αυτοκίνητα η χρήση των αερόσακων σε περίπτωση ατυχημάτων. [21], [22], [23]

Στην Εικόνα 65 απεικονίζεται ένα επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων (αριστερό τμήμα) και ένα επιταχυνσιόμετρο ενός άξονα (δεξί τμήμα).



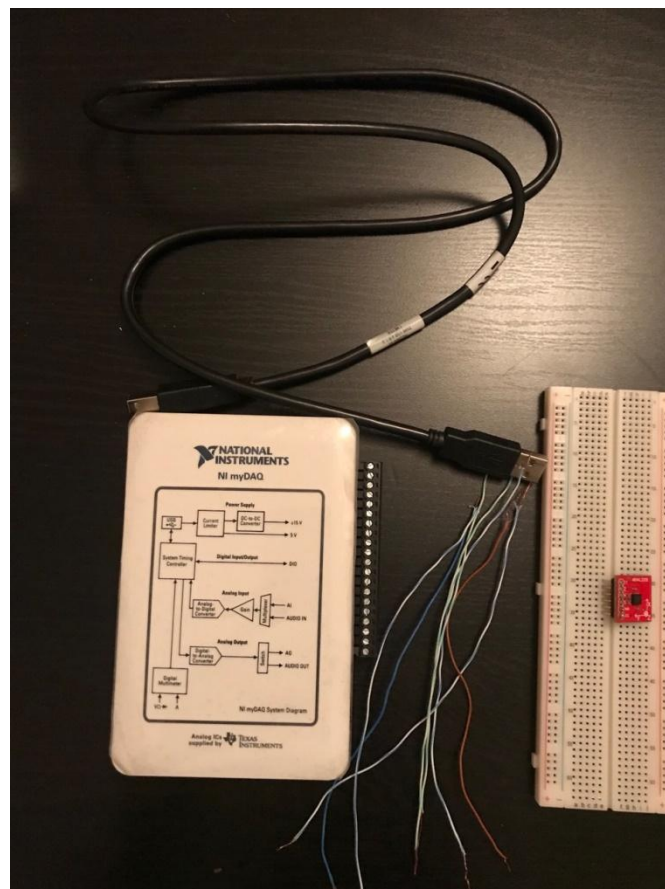
Εικόνα 65. Επιταχυνσιόμετρο ADXL325 3 αξόνων (αριστερό τμήμα), επιταχυνσιόμετρο χαλαζία ενός άξονα.



### 3.5.3 Υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να κατασκευαστεί η παρούσα εργαστηριακή άσκηση είναι τα εξής:

1. Συσσκευή NI myDAQ
2. LabVIEW
3. Επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων ADXL 335
4. Καλώδια
5. Breadboard



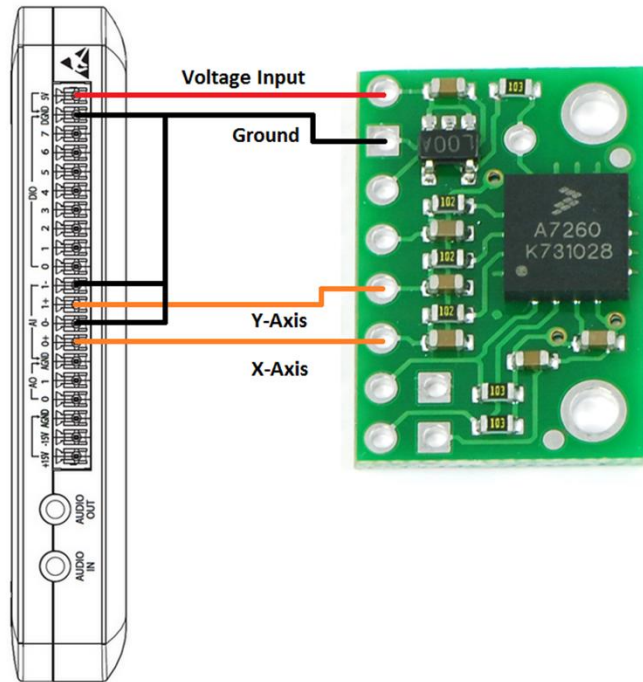
Εικόνα 66. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

### 3.5.4 Υλοποίηση εργαστηριακής άσκησης.

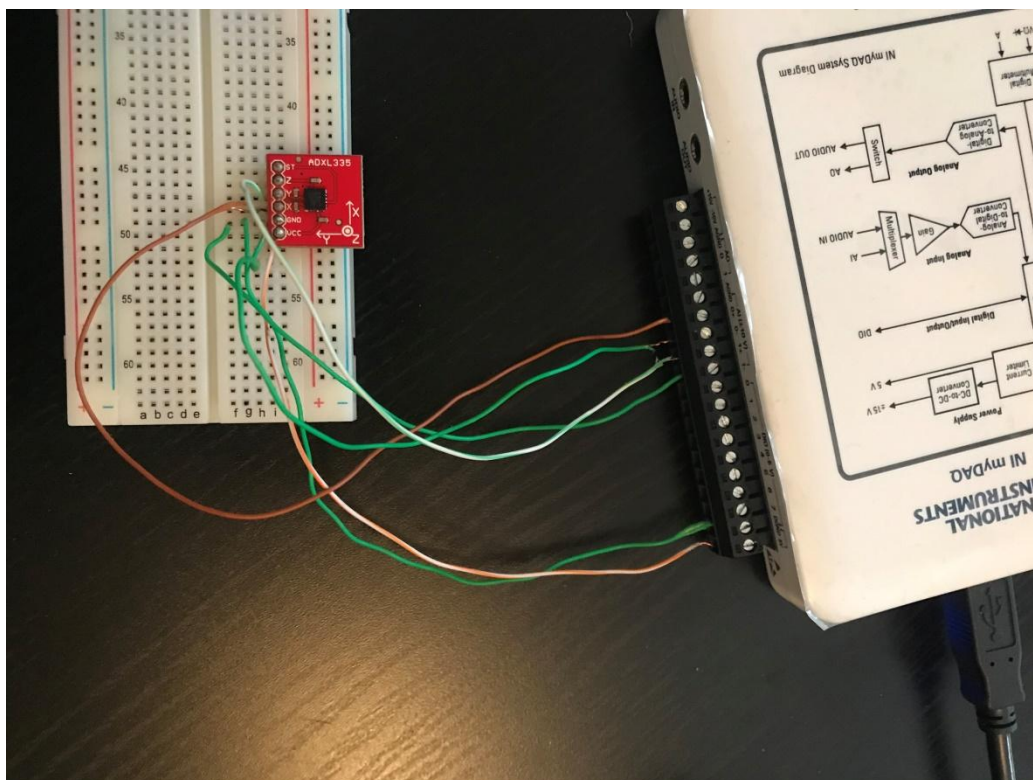
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ένα επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων είναι πολύ χρήσιμο σε πολλές εφαρμογές. Αυτά τα επιταχυνσιόμετρα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των δυνάμεων G σε αυτοκίνητα και αεροσκάφη, βηματόμετρα, ελεγκτές παιχνιδιών, ρομποτική και πολλές άλλες εφαρμογές.

Το επιταχυνσιόμετρο απαιτεί είσοδο 5 V DC, γείωση και παράγει αναλογική τάση από 0 έως 3,3 Volts για κάθε άξονα, X, Y και Z. Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τους άξονες X και Y, γιατί η συσκευή NI myDAQ έχει μόνο 2 αναλογικές εισόδους. Συνεπώς, θα συνδέσουμε τους ακροδέκτες του επιταχυνσιομέτρου που αντιστοιχούν στους άξονες X και Y στα κανάλια (AI0 +) και (AI1 +) της συσκευής NI MyDAQ. Στη συνέχεια συνδέουμε την κοινή γείωση με τους αρνητικούς ακροδέκτες των αναλογικών καναλιών (AI0 -) και (AI1 -) της συσκευής NI MyDAQ.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται το διάγραμμα καλωδίωσης καθώς και η υλοποίηση του κυκλώματος.



Εικόνα 67. Διάγραμμα καλωδίωσης.



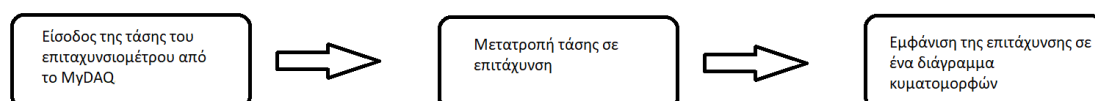
Εικόνα 68. Κύκλωμα υλοποίησης.

Στη συνέχεια, αφού φτιάξαμε το παραπάνω κύκλωμα, στο Front Panel του LabView τοποθετήσαμε έναν αριθμητικό έλεγχο για τη ρύθμιση της ευαισθησίας του επιταχυνσιόμετρου (V/g) και έναν αριθμητικό έλεγχο για την ονομαστική τάση μετατόπισης (Zero g - acceleration, V) στα 0 g. Επίσης τοποθετήσαμε δύο διαγράμματα κυματομορφών που αντιστοιχούν το ένα στην εμφάνιση των τιμών της επιτάχυνσης και το άλλο στην αντίστοιχη τάση.

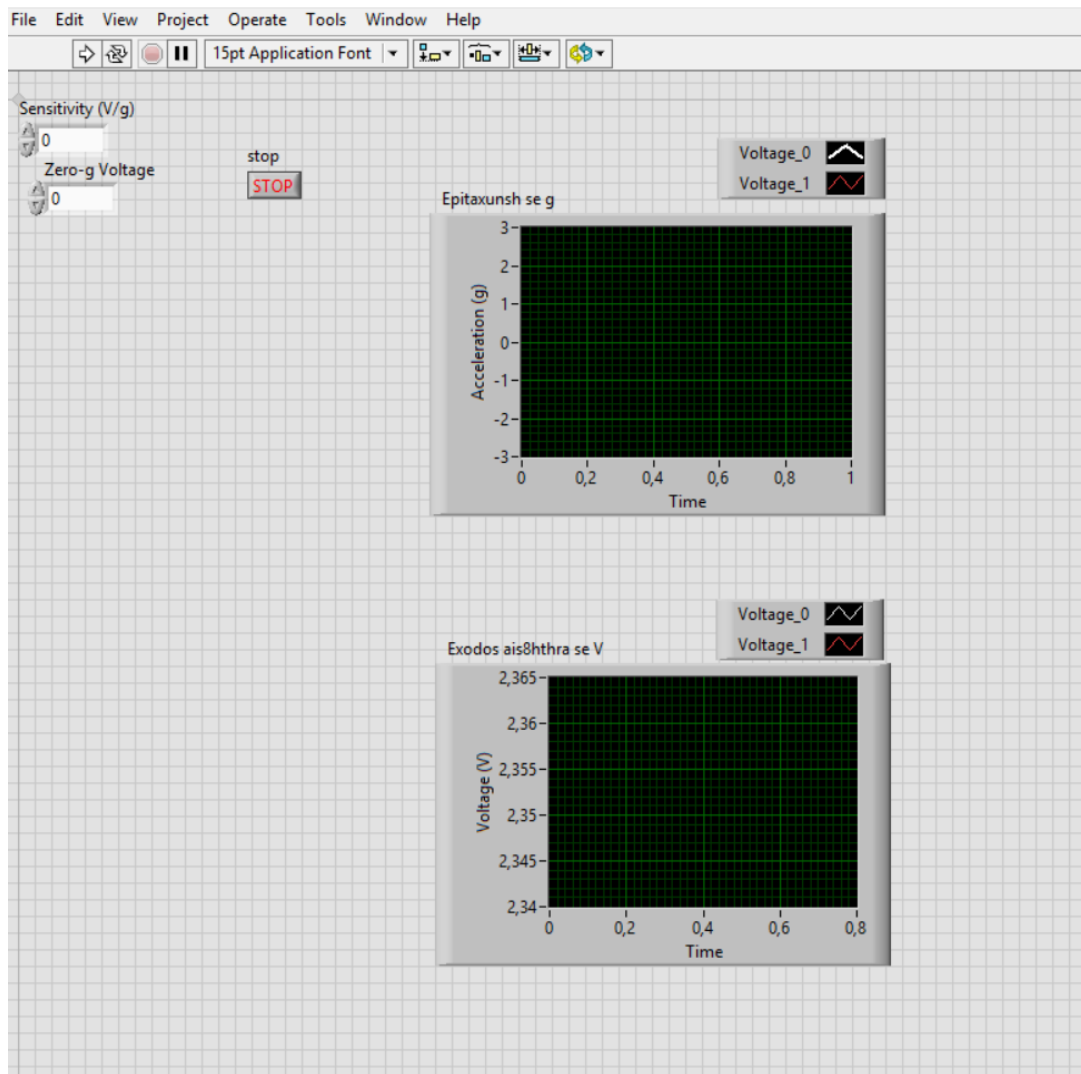
Η γενική ιδέα για να γίνει ο προγραμματισμός είναι ότι αρχικά στο LabVIEW πρέπει εισάγουμε την τιμή της αναλογικής τάσης από το επιταχυνσιόμετρο στην συσκευή NI MyDAQ χρησιμοποιώντας το DAQ Assistant. Στη συνέχεια πρέπει να μετατρέψουμε την τιμή της τάσης σε τιμή της επιτάχυνσης χρησιμοποιώντας τη ρύθμιση ευαισθησίας για το επιταχυνσιόμετρο. Τέλος, θα πρέπει να εξάγουμε τις τιμές αυτές σε ένα διάγραμμα κυματομορφών που βρίσκεται στο Front Panel του LabView.

Η ιδέα αυτή μπορεί να φανεί εύκολα σε ένα Block διάγραμμα κωδικοποίησης.

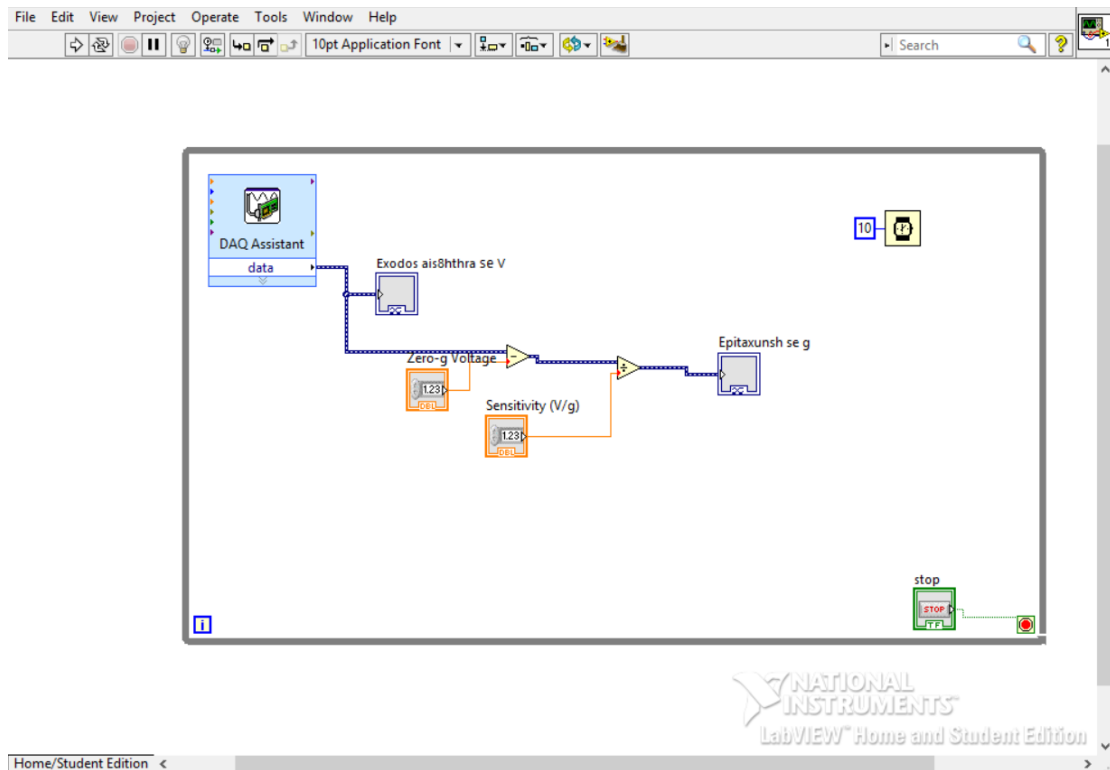
Έτσι το Block διάγραμμα LabVIEW (βλ. Εικόνα 73) μοιάζει πολύ με το διάγραμμα κωδικοποίησης (βλ. Εικόνα 70).



Εικόνα 69. Block Diagram κωδικοποίησης.



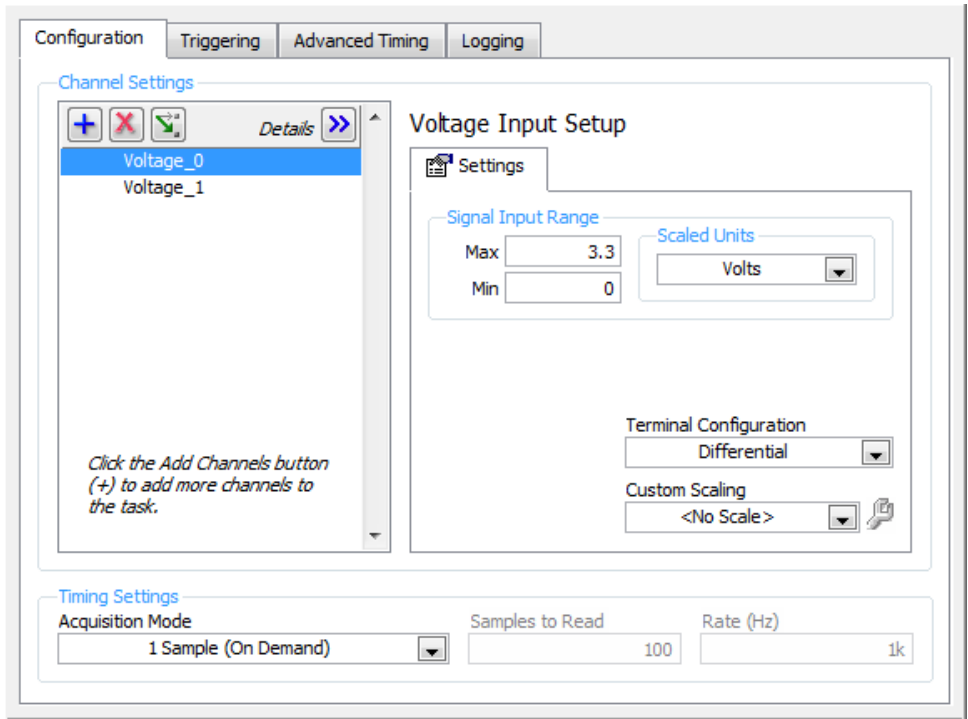
Εικόνα 70. Front Panel του LabView.



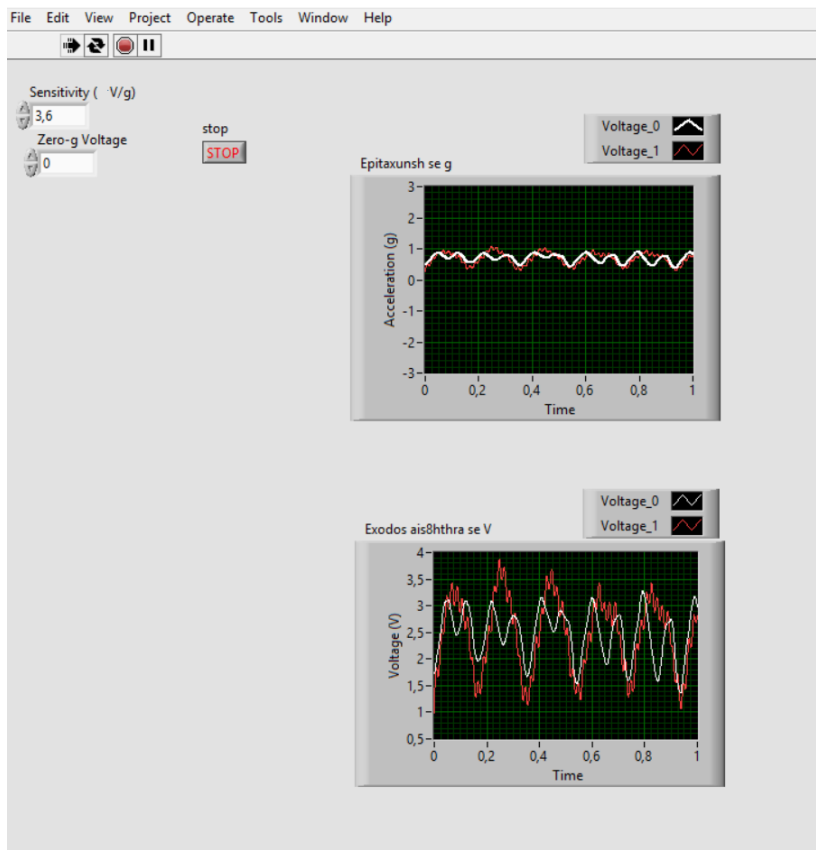
Εικόνα 71. Block Diagram LabView.

Στο Block Diagram, εισαγάγουμε τα δεδομένα χρησιμοποιώντας το DAQ Assistant. Στη συνέχεια διαβάζουμε την έξοδο του επιταχυνσιομέτρου για το X και το Y σε V και αφαιρούμε την ονομαστική τάση μετατόπισης (Zero g – acceleration). Η ονομαστική τάση μετατόπισης (Zero g – acceleration) μπορεί να εισαχθεί από το Front Panel. Έπειτα, μετατρέπουμε την τιμή τάσης σε τιμή επιτάχυνσης διαιρώντας με την ευαισθησία σε V / g, την οποία μπορούμε να την εισάγουμε από το Front Panel του LabView. Έτσι, προκύπτει η επιτάχυνση σε g, από - 3 g έως + 3 g, η οποία απεικονίζεται στο διάγραμμα κυματομορφών που βρίσκεται στο Front Panel. Η παραπάνω διαδικασία συνεχίζεται μέχρις ότου ο χρήστης πατήσει το κουμπί Stop, αφού ο παραπάνω κώδικας εκτελείται εντός της επαναληπτικής δομής While. Τέλος, στην επαναληπτική δομή While εισάγουμε μια καθυστέρηση 10 ms για την εκτέλεση κάθε κύκλου.

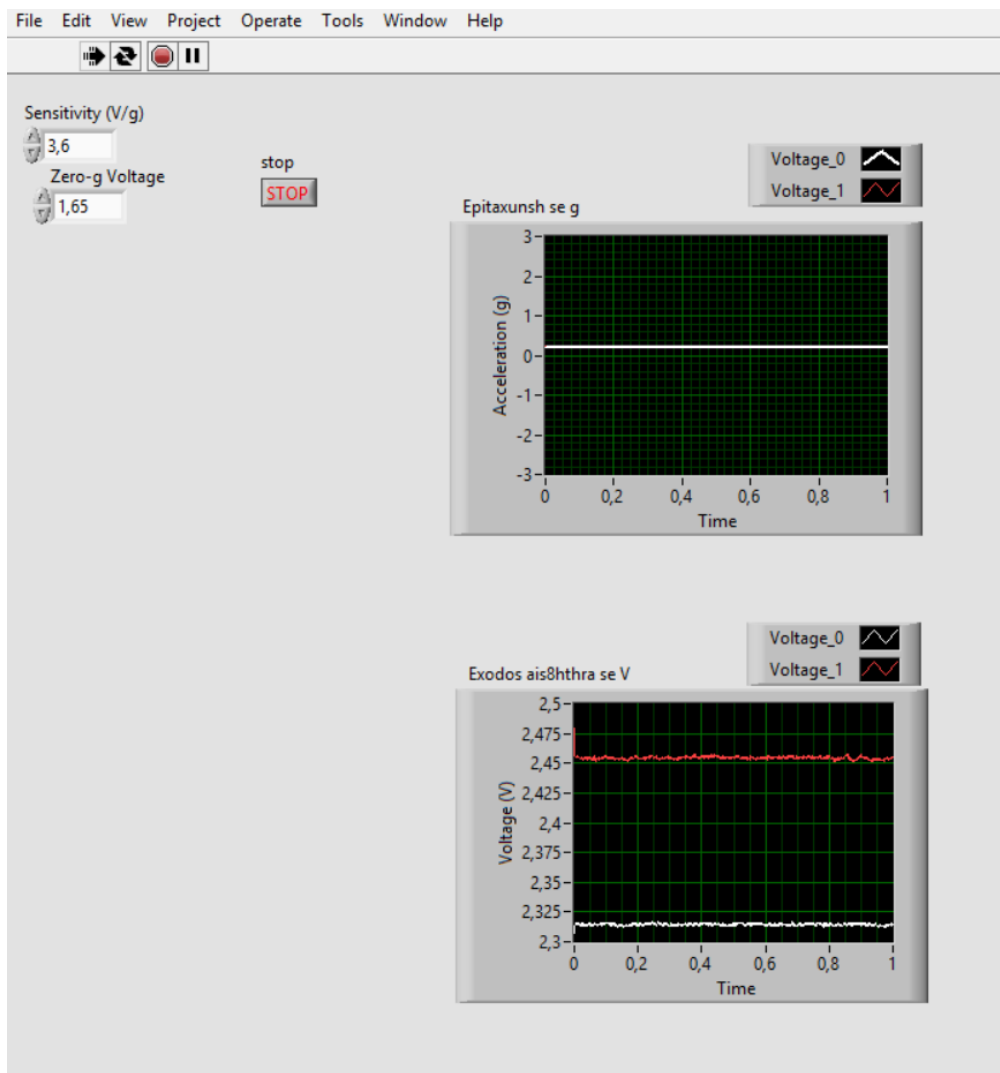
Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι ρυθμίσεις του DAQ Assistant καθώς και κάποια στιγμιότυπα κατά την εκτέλεση του προγράμματος.



Εικόνα 72. Ρυθμίσεις του DAQ Assistant.



Εικόνα 73. Στιγμιότυπο κατά την εκτέλεση του προγράμματος.



Εικόνα 74. Στιγμιότυπο κατά την εκτέλεση του προγράμματος.



## 4. Συμπεράσματα.

Από την όλη παραπάνω προσπάθεια πραγματοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας ενώ φαινόταν, πριν ξεκινήσει κανείς, ότι θα ήταν μια δουλειά δύσκολο να πραγματοποιηθεί, σήμερα μπορώ να σας διαβεβαιώσω ότι οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος μελετήσει την παρούσα εργασία με όρεξη, επιμονή και λίγη υπομονή μπορεί σε μικρό χρονικό διάστημα να αποκτήσει τη γνώση για την εφαρμογή ενός σύγχρονου και απαραίτητου στο επάγγελμα μας συστήματος συλλογής, επεξεργασίας δεδομένων και πληροφοριών όπως είναι το MyDAQ και LabView.

Οι εργαστηριακές ασκήσεις που προτείνονται έχουν ως στόχο να έρθει κανείς σε επαφή με το LabView και με το MyDAQ, να κάνει διάφορες συνδεσμολογίες και να μάθει τα απαραίτητα πειραματιζόμενος με εφαρμογές που μπορεί να βρει στην πράξη. Μετά από τη μελέτη της εργασίας ο ενδιαφερόμενος είναι σε θέση να αναπτύξει τις δικές του εφαρμογές σε δύο διαφορετικά επίπεδα.

Αν είναι πτυχιούχος της σχολής μας μπορεί να αναπτύξει δικές του εφαρμογές ή και να εμπλουτίσει τις ήδη υπάρχουσες για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων κατά τη διάρκεια της επαγγελματικής του πορείας.

Αν είναι εκπαιδευτής ή καθηγητής θα μπορούσε να αναπτύξει εφαρμογές στη δομή που έχει προταθεί, ώστε οι επόμενοι σπουδαστές να έχουν περισσότερες ευκαιρίες για να μάθουν και να εξελίξουν τις ήδη υπάρχουσες εφαρμογές. Τέτοιες εφαρμογές μπορεί να είναι RFID και MyDAQ, αισθητήρια μετεωρολογικών δεδομένων και MyDAQ, κ.τλ.

Τέλος, θα πρότεινα στους ενδιαφερόμενους, κατανοώντας όλα όσα εξηγήθηκαν και αποκτώντας έτσι, τις βασικές και απαραίτητες γνώσεις, να επεκτείνουν τις γνώσεις τους, μελετώντας νέα παραδείγματα και κώδικες. Να συνεχίσουν, κατασκευάζοντας τις δικές τους, πιο ειδικευμένες εφαρμογές και αυτοματισμούς, επιλύοντας έτσι, προβλήματα από την δικιά τους καθημερινή ζωή.

# Βιβλιογραφία

1. National Instruments online@ <http://www.ni.com>
2. Κ. Παρίσης-Ν. Πουλάκης, “Εισαγωγή στο LabVIEW και τα Εικονικά Όργανα”, Εκδόσεις Τζιόλα, online@ <https://docplayer.gr/32032372-Meros-2-eisagogi-sto-lab-view-kai-ta-eikonika-organa.html>
3. Κωνσταντίνος Καλοβρέκτης, “LabVIEW για Μηχανικούς - Προγραμματισμός Συστημάτων DAQ”, Εκδόσεις Τζιόλα, 2007
4. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητηρίων PIR, online@ <https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/how-pirs-work>, last accessed 2019/2/15
5. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητηρίων PIR, online@ <https://www.id-shop.gr/article.php?id=3549>, last accessed 2019/2/15
6. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητηρίων PIR, online@ <https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/overview>, last accessed 2019/2/15
7. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητηρίων PIR, online@ <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf>, last accessed 2019/2/15
8. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητηρίων PIR, online@ <https://www.tweaking4all.com/hardware/pir-sensor>, last accessed 2019/2/15
9. Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητηρίων PIR, online@ <http://qqtrading.com.my/pir-motion-sensor-module-hc-sr501>, last accessed 2019/2/15
10. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά θερμίστορ, online@ [http://meleththrio.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/26/Kef2\\_Sensors\\_Petal\\_Kalom.pdf;jsessionid=7D4DB34EFD2E5DBFE0FE3452E7E7BE67?sequence=2](http://meleththrio.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/26/Kef2_Sensors_Petal_Kalom.pdf;jsessionid=7D4DB34EFD2E5DBFE0FE3452E7E7BE67?sequence=2)
11. Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμίστορ, online@ <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Thermistor23816403-1.pdf>

12. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά θερμίστορ, online@ <http://robotics.libieronimoub.gr/?glossary=%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81>
13. Εξίσωση Steinhart–Hart, online@ [https://en.wikipedia.org/wiki/Steinhart%E2%80%93Hart\\_equation](https://en.wikipedia.org/wiki/Steinhart%E2%80%93Hart_equation)
14. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά 7 Segment Display, online@ <https://www.electronics-tutorials.ws/blog/7-segment-display-tutorial.html>
15. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά 7 Segment Display, online@ [https://www.electronics-tutorials.ws/combination/comb\\_6.html](https://www.electronics-tutorials.ws/combination/comb_6.html)
16. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά 7 Segment Display, online@ <https://www.ardumotive.com/how-to-use-7-segment-display-en.html>
17. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά 7 Segment Display, online@ [https://en.wikipedia.org/wiki/Seven-segment\\_display](https://en.wikipedia.org/wiki/Seven-segment_display)
18. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά ρελέ στερεάς κατάστασης, online@ <https://www.gr.circuitlib.com/index.php/didaktika/kyklvma/59-rele-stereas-katastasis>
19. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά ρελέ στερεάς κατάστασης, online@ <http://greekelectrician.blogspot.com/2011/12/solid-state.html>
20. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά ρελέ στερεάς κατάστασης, online@ <https://el.electronics-council.com/solid-state-relays-23811>
21. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά επιταχυνσιόμετρου, online@ <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/250056/AD/ADXL335.html>
22. Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά επιταχυνσιόμετρου, online@ <https://www.k-makris.gr/accelerometer-gr/>
23. Τριτωνής Αντώνιος, “Αισθητήρες κίνησης και μετατόπισης”, Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι Κρήτης, 2012
24. Celia Pradeep, Shalu George K., “Control of Stepper Motor Using Surface EMG Signals”, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 4, Issue 10, October 2015.

