

Καλοβρέκτης Κωνσταντίνος

LabVIEW για Μηχανικούς

Συστήματα Συλλογής Δεδομένων

3^η Έκδοση

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Πρόλογος

Η ανάγκη: Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη υλικού των συστημάτων απόκτησης και συλλογής δεδομένων σε εργαστηριακό, ερευνητικό και βιομηχανικό επίπεδο έχει να επιδείξει εκρήξεις ταχύτητας και αποθήκευσης των προς επεξεργασία σημάτων. Σε συνδυασμό με τη δυναμική εξέλιξη των λογισμικών πακέτων επεξεργασίας, ανάλυσης και απεικόνισης δεδομένων έχουμε εξάπλωση των εικονικών οργάνων (virtual instruments) σε σημείο που μπορούμε σήμερα να υπερβούμε της ικανότητες των παραδοσιακών συστημάτων μέτρησης και ελέγχου. Πλεονέκτημα των εικονικών οργάνων αποτελεί η μειωμένη δαπάνη της συντήρησης των συστημάτων της καθώς και η άμεση τροποποίηση ή επέκταση τους κάτω από τις νέες απαιτήσεις του σύγχρονου προγραμματιστικού σχεδιαστικού ελέγχου, γεγονός, που καθιστά την ανάπτυξη συστημάτων συλλογής δεδομένων με εικονικά όργανα απαραίτητη σε κάθε επιστημονικό πεδίο της μηχανικής.

Ο σκοπός: Σκοπός του βιβλίου είναι: α) να δώσει στον φοιτητή και στον σύγχρονο μηχανικό τη γνώση σε θέματα σχεδίασης και σύνθεσης ηλεκτρονικών συστημάτων μετρήσεων και ελέγχου, και β) να παρέχει πλήρη γνώση προγραμματισμού LabVIEW για ανάπτυξη εφαρμογών σε επίπεδο πραγματικού χρόνου λήψης, επεξεργασίας, απεικόνισης και ελέγχου δεδομένων.

Ο στόχος: Στόχος κατά τη συγγραφή του βιβλίου αποτέλεσε η ύπαρξη ενός συγγράμματος ως βιβλίο αναφοράς για την ανάπτυξη συστημάτων συλλογής δεδομένων, μέσα από το οποίο ο φοιτητής και ο μηχανικός μέσω της ολοκλήρωσης όλων των θεμάτων να μπορεί να αναπτύξει όλες τις δεξιότητες για την ανάπτυξη προγραμματισμού LabVIEW καθώς και να μπορεί να σχεδιάζει και να αναπτύσσει συστήματα συλλογής δεδομένων και ελέγχου σε εργαστηριακό, ερευνητικό και βιομηχανικό επίπεδο.

Η συγγραφή: Η συγγραφή κάθε κεφαλαίου έγινε με γνώμονα να καλύψει τα θέματα που πραγματώνεται με πρακτικά παραδείγματα και εφαρμογές. Στην αρχή του εμπεδώνονται όλες οι αρχές που διέπουν τη σύνθεση των συστημάτων συλλογής δεδομένων και ελέγχου μέσα από τις οποίες ο μηχανικός μπορεί να επιλέξει τη σύνθεση του συστήματος που θα καλύπτει τις ανάγκες τις έρευνας του, αλλά και τη συγκρότηση συστημάτων σε επίπεδο πλήρη αυτοματοποιημένων εργαστηριακών και βιομηχανικών εφαρμογών. Στη συνέχεια μέσα από δομημένα κεφάλαια καλύπτονται όλα τα θέματα και τα στάδια ανάπτυξης προγραμματιστικού κατά LabVIEW ξεκινώντας από μηδενικό και φτάνοντας έως ένα προηγμένο επίπεδο ανάπτυξης κώδικα.

Η βιβλιογραφία: Για τη συγγραφή κάθε κεφαλαίου χρησιμοποιήθηκε υλικό: από την επίσημη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία, πηγές διαδικτύου, καθώς και εγχειρίδια της National Instruments.

Ο συγγραφέας: Ο συγγραφέας επιθυμεί μέσω του βιβλίου να ευχαριστήσει το κ. Μιχάλη Πετρολέκα, πρώτων για την υποστήριξη και την ενθάρρυνση που δείχνει επί σειρά ετών στο επιστημονικό έργο του συγγραφέα, και δεύτερων για το υλικό το οποίο του παρέιχε κατά τη συγγραφή του βιβλίου.

Τέλος, το βιβλίο αποτελεί ένα ολοκληρωμένο βοήθημα για τον φοιτητή και τον μηχανικό που θέλει να αποκτήσει την πιστοποίηση της National Instruments στα επίπεδα:

- NI Certified LabVIEW Associate Developer (CLAD), και
- NI Certified LabVIEW Developer (CLD).

Κωνσταντίνος Καλοβρέκτης

Περιεχόμενα

Πρόλογος	5
Κεφάλαιο 1: Αρχές συστημάτων μετρήσεων και ελέγχου	17
1.1 Συστήματα μετρήσεων	17
1.2 Δομή συστημάτων μέτρησης	17
1.3 Αισθητήρες	18
1.3.1 Παθητικοί και ενεργοί αισθητήρες	19
1.3.2 Χαρακτηριστικά αισθητήρων	19
1.3.3 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων φαινομένου μεταβολής αντίστασης	20
1.3.3.1 Στοιχεία RTD	21
1.3.3.2 Αισθητήρες θερμοκρασίας PT100	22
1.3.3.3 Στοιχεία θερμίστορ	22
1.3.3.4 Στοιχείο πιεζοαντίστασης	23
1.3.4 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων φαινομένου μεταβολής χωρητικότητας	25
1.3.5 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων φαινομένου μεταβολής αυτεπαγωγής	25
1.3.6 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων φαινομένου πιεζοηλεκτρικού φαινομένου	26
1.3.7 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων φαινομένου Hall	26
1.3.8 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων θερμοηλεκτρικού φαινομένου	27
1.3.9 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων φωτοηλεκτρικού φαινομένου	28
1.3.10 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων φαινομένου χημικής αντίδρασης	29
1.4 Προσαρμογή σήματος	30
1.4.1 Μέθοδοι και διατάξεις προσαρμογής σήματος αισθητήρων	33
1.4.1.1 Βελτίωση γραμμικότητας μέσω διαιρέτη τάσης	33
1.4.1.2 Βελτίωση γραμμικότητας αισθητήρα μεταβολής αντίστασης μέσω γέφυρας	34
1.4.1.3 Βελτίωση γραμμικότητας αισθητήρα μεταβλητής αντίστασης μέσω αντιστάτη	34
1.4.1.4 Επιλογή γραμμικού τμήματος αισθητήρα μεταβλητής αντίστασης	35
1.4.1.5 Γραμμικοποίηση μέσω διάταξης τετραγωνικής ρίζας σήματος	35
1.4.1.6 Αντιστάθμιση ψυχρής επαφής	35
1.4.2 Προσαρμογή για μέτρηση διαφορικών σημάτων	36
1.4.2.1 Ενίσχυση διαφορικού σήματος	36
1.4.2.2 Μέτρηση διαφοράς δυναμικού	37
1.4.2.3 Ενισχυτής οργανολογίας	37
1.4.2.4 Σύνδεση θερμοζεύγους σε ενισχυτή οργανολογίας	38
1.4.2.5 Σύνδεση μετασχηματιστή απομόνωσης σε ενισχυτή οργανολογίας	38
1.4.2.6 Σύνδεση πυκνωτών στις εισόδους ενισχυτή οργανολογίας	38
1.4.2.7 Ολοκληρωμένα ενισχυτών οργανολογίας	39
1.4.2.8 Ενισχυτές απομόνωσης	40
1.4.3 Προσαρμογή για μέτρηση σήματος μικρού ρεύματος σε είσοδο συστήματος συλλογής δεδομένων χαμηλής αντίστασης	41
1.4.4 Προσαρμογή τιμών πεδίου σήματος εισόδου σε συστήματα συλλογής δεδομένων	42
1.4.5 Διατάξεις μετατροπής του σήματος εξόδου αισθητήρων	43
1.4.5.1 Μετατροπείας σήματος τάσης σε ρεύμα	43
1.4.5.2 Μετατροπείας σήματος τάσης σε συχνότητα	44
1.4.5.3 Μετατροπείας σήματος ρεύματος σε τάση	44
1.4.5.4 Μετατροπείας χωρητικότητας σε τάση	45
1.4.5.5 Μετατροπείας συχνότητας σε τάση	45
1.4.6 Γέφυρες	46
1.4.6.1 Σύνδεση απομακρυσμένων αισθητήρων με γέφυρα	48
1.4.7 Φίλτρα	49
1.4.7.1 Φίλτρο ελεύθερης διέλευσης	53
1.4.7.2 Φίλτρο Butterworth	54

1.4.7.3 Φίλτρο Chebyshev	57
1.4.7.4 Φίλτρο Elliptic	57
1.4.7.5 Φίλτρο Bessel	57
1.5 Γειώσεις και μετρητικά συστήματα	58
1.5.1 Τύποι καλωδίων στα συστήματα μέτρησης	58
1.5.2 Βρόχος γείωσης	59
1.5.3 Αντιμετώπιση φαινομένου βρόχων γείωσης σε συστήματα μέτρησης	60
1.5.4 Χρήση φίλτρων για φαινόμενα μείωσης διαταραχών τροφοδοσίας	61
1.5.5 Πυκνωτές απόζευξης για μείωση διαταραχών τροφοδοσίας ψηφιακών συστημάτων μέτρησης	63
1.5.6 Μεθοδολογία αντιμετώπισης διαταραχών σε συστήματα μέτρησης	63
1.5.6.1 Έλεγχος του συστήματος μέτρησης	64
1.6 Διατάξεις σταθεροποιητών τάσης για τροφοδοσία αισθητήρων και μεταδοτών	64
1.6.1 Σταθεροποίηση τάσης με δίοδο ζένερ	64
1.6.2 Σταθεροποιητές τάσης ολοκληρωμένης μορφής	65
1.6.2.1 Η σειρά ολοκληρωμένων 78XX	65
1.6.2.2 Η σειρά ολοκληρωμένων 79XX	66
1.6.2.3 Γραμμικά ρυθμιζόμενοι σταθεροποιητές τάσης	67
1.6.3 Διατάξεις σταθεροποιητών ρεύματος	67
1.6.3.1 Σταθεροποιητής ρεύματος με γραμμικό ρυθμιζόμενο σταθεροποιητή τάσης	67
1.6.3.2 Σύνδεση αισθητήρα μεταβλητής αντίστασης σε σύστημα μέτρησης με διαφορική είσοδο	68
1.6.3.4 Ρυθμιζόμενοι σταθεροποιητές διακλάδωσης ακριβείας	68
1.7 Μεταδότης	69
1.8 Μετατροπέας ADC	70
1.9 Μονάδα συλλογής δεδομένων πολλαπλών σημάτων εισόδου	70
1.9.1 Συλλογή δεδομένων με ταυτόχρονη δειγματοληψία	70
1.9.2 Διατάξεις πολλαπλών ADC μετατροπών	71
1.10 Βαθμίδα επεξεργασίας σήματος	71
1.10.1 Ηλεκτρικά σήματα	72
1.10.2 Πεδίο επεξεργασίας στο πεδίο του χρόνου	74
1.10.3 Πεδίο επεξεργασίας στο πεδίο συχνότητας	80
1.10.3.1 Αρμονική παραμόρφωση	81
1.10.3.2 Μετασχηματισμός FFT	83
1.10.3.3 Φαινόμενο διαρροής	84
1.10.3.4 Παραθυροποίηση	85
1.10.4 Πεδίο επεξεργασίας στο επίπεδο παραμέτρου / χρόνου	89
1.11 Σφάλματα μετρήσεων	90
1.11.1 Απόλυτο σφάλμα	90
1.11.2 Σχετικό σφάλμα	90
1.11.3 Μέση τιμή	90
1.11.4 Τυπική Απόκλιση	91
1.11.5 Διασπορά	91
1.11.6 Συστηματικά και τυχαία σφάλματα	91
1.11.6.1 Συστηματικά σφάλματα	92
1.11.6.2 Τυχαία σφάλματα	92
1.11.7 Κατανομές Μετρήσεων	92
1.12 Συστήματα ελέγχου	94
1.12.1 Συστήματα ελέγχου ανοιχτού βρόχου	94
1.12.2 Συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου	95
1.12.3 Ψηφιακά συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου	97
1.12.4 Σύστημα κατανεμημένου ελέγχου	98
1.13 Μέθοδος ελέγχου συστημάτων με ελεγκτή PID	98
1.14 Πολυμεταβλητός έλεγχος	100

Κεφάλαιο 2: Συστήματα συλλογής δεδομένων 103

2.1 Συστήματα συλλογής δεδομένων	103
2.1.1 Υπολογιστική μονάδα	103
2.1.2 Αισθητήρες	103
2.1.3 Μονάδες προσαρμογής σήματος	103
2.1.4 Κάρτες συλλογής δεδομένων	105
2.2 Συνδεσμολογίες σημάτων σε συστήματα συλλογής δεδομένων	106
2.3 Μέθοδοι σύνδεσης σημάτων των καρτών	107
2.3.1 Διαφορική σύνδεση	107
2.3.2 Μοναδιαία σύνδεση με αναφορά	108
2.3.3 Μοναδιαία σύνδεση χωρίς αναφορά	108

2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά αναλογικών εισόδων καρτών DAQ	109
2.5 Κάρτες DAQ ταυτόχρονης συλλογής	110
2.6 Ειδικά χαρακτηριστικά εισόδου καρτών DAQ	111
2.7 Αναλογικοί εξόδοι καρτών DAQ	114
2.7.1 Ειδικά χαρακτηριστικά εξόδων	114
2.8 Συστήματα συλλογής δεδομένων βιομηχανικού σχεδιασμού	117
2.9 Συστήματα USB τύπου NI CompactDAQ	122
2.10 Συστήματα συλλογής δεδομένων διασύνδεσης Ethernet	123
2.11 Ασύρματα συστήματα συλλογής δεδομένων	124
2.12 Ασύρματα συστήματα WSN	125
2.13 Καταγραφέας δεδομένων	126
2.14 Ηλεκτρονικά συστήματα μετρήσεων μέσω εικόνας	128
2.14.1 Το εργαλείο LabVIEW Vision Acquisition	129
2.14.2 Ψηφιακές Κάμερες τύπου Camera Link, Parallel Interface	130
2.14.3 Ψηφιακές Κάμερες τύπου gigE, FireWire	130
2.15 Λογισμικό απεικόνισης και καταγραφής δεδομένων	130

Κεφάλαιο 3: Περιβάλλον LabVIEW 131

3.1 Εισαγωγή στο LabVIEW	131
3.2 Εικονικό όργανο	133
3.3 Εκκίνηση του LabVIEW	134
3.4 Φορτώνοντας VIs	136
3.5 Το παράθυρο front panel	137
3.6 Αριθμητικά στοιχεία ελέγχου και απεικόνισης (Numeric)	140
3.7 Ψηφιακά στοιχεία ελέγχου και απεικόνισης (Boolean)	140
3.8 Επεξεργασία Αντικειμένων	141
3.9 Το παράθυρο block diagram	148
3.10 Τύποι δεδομένων	149
3.10.1 Χρώματα και τύποι δεδομένων	149
3.11 Τελεία εξαναγκασμένης μετατροπής	151
3.12 Επεξεργασία συνδέσεων	151
3.13 Επιλογή και διαγραφή αγωγών	152
3.14 Διακοπτόμενοι αγωγοί (Bad Wires)	154
3.15 Ετικέτες αγωγών	154
3.16 Παράθυρο γρήγορης βοήθειας	155
3.17 Η χρήση του πλέγματος στο front panel	155
3.18 Κύριο μενού LabVIEW	156
3.19 Αναδυόμενα μενού (pop-up)	161
3.20 Μπάρα εργαλείων	164
3.21 Παλέτες του LabVIEW	166
3.21.1 Η παλέτα των εργαλείων	167
3.21.2 Η παλέτα των αντικειμένων ελέγχου	169
3.21.3 Η παλέτα των συναρτήσεων/λειτουργιών (function palette)	173
3.22 Καρφίτσωμα παλέτας	174
3.23 Ιδιότητες των εικονικών οργάνων (VIs)	174
3.23.1 Γενικές ιδιότητες (General)	174
3.23.2 Χρήσης μνήμης (Memory Usage)	174
3.23.3 Ιδιότητα της περιγραφής/κειμένου του εικονικού οργάνου (Documentation Options)	176
3.23.4 Ιδιότητα παραμετροποίησης καταγραφής ιστορικού (Revision History)	176
3.23.5 Ιδιότητα παραμετροποίησης της σύνταξης (Editor)	176
3.23.6 Ιδιότητα παραμετροποίησης της ασφάλειας (Security)	177
3.23.7 Ιδιότητες του παράθυρου εμφάνισης VI (Windows Appearance)	177
3.23.8 Επιλογή διαστάσεων παράθυρου του εικονικού οργάνου (Windows Size)	178
3.23.9 Επιλογή θέσης παράθυρου του εικονικού οργάνου (Windows Run Time Position)	178
3.23.10 Τρόπος εκτέλεσης της εφαρμογής του εικονικού οργάνου VI (Execution)	178
3.23.11 Παραμετροποίηση της εκτύπωσης του VI (Print Options)	178
3.23.12 Παραμετροποίηση παραγωγής κώδικα C (C Code generation Options)	179
3.24 Δημιουργία και διαχείριση SubVIs	180
3.24.1 Δημιουργία SubVIs από VI's	181
3.24.2 Δημιουργία SubVI από επιλεγμένα αντικείμενα	181
3.25 Κατασκευή της Εικόνας και του Κοννέκτορα	182
3.25.1 Κοννέκτορας	183
3.25.2 Αντιστοίχιση ακροδεκτών σε στοιχεία ελέγχου και απεικόνισης	185
3.26 Βοήθεια On-Line για SubVIs	188
3.27 Απλή εφαρμογή προγραμματισμού	190

Κεφάλαιο 4: Προγραμματιστικές δομές	195
4.1 Δομές	195
4.2 Η δομή While Loop	195
4.3 Η δομή For Loop	199
4.3.1 Μέθοδοι επανάληψης δομής For Loop	200
4.3.2 Επιλογή Auto Grow	204
4.4 Η δομή Case	205
4.4.1 Περίπτωση σύνδεσης λογικής μεταβλητής στον επιλογέα	206
4.4.2 Περίπτωση σύνδεσης ακέραιου τύπου μεταβλητής στον επιλογέα	208
4.4.3 Περίπτωση σύνδεσης συμβολοσειράς στον επιλογέα	210
4.5 Δομή Stacked Sequence	215
4.6 Δομή Flat Sequence	220
4.7 Η δομή In Place Element	220
4.8 Δομή Formula Node	221
4.8.1 Πράξεις και σύμβολα που χρησιμοποιούνται στη Formula Node	224
4.9 Δομή MathScript Node	225
4.10 Δομή Expression Node	225
4.11 Καταχωρητές ολίσθησης	226
4.11.1 Προσδιορισμός αρχικών τιμών	228
4.11.2 Πολλαπλός καταχωρητής Shift register	230
4.12 Παράδειγμα εφαρμογής δομών σε προγραμματισμό VI	230
4.13 Δομές Timed Structures	233
4.14 Λειτουργίες δομών Timed Structures	235
4.15 Δομή Event Structure	237
4.16 Δομή Diagram Disable	241
4.17 Δομή Conditional Disable	242
4.18 Ανατροφοδότηση δεδομένων	244
Κεφάλαιο 5: Διαχείριση μεταβλητών	247
5.1 Τοπικές μεταβλητές	247
5.1.1 Επιλογή στοιχείου για σύνδεση σε τοπική μεταβλητή	253
5.2 Δημόσιες μεταβλητές (Global Variables)	254
5.2.1 Εισαγωγή δημόσιας μεταβλητής	255
5.2.2 Απόδοση πολλών τύπων σε μία δημόσια μεταβλητή	258
5.3 Μεταβλητές συναρτήσεων	260
Κεφάλαιο 6: Διαχείριση μαθηματικών εκφράσεων και τύπων δεδομένων	263
6.1 Εισαγωγή	263
6.2 Μαθηματικές εκφράσεις αριθμητικών δεδομένων	263
6.3 Πολυμορφισμός αριθμητικών λειτουργιών	264
6.4 Μαθηματικές εκφράσεις σύγκρισης δεδομένων	273
6.5 Μαθηματικές εκφράσεις λογικών δεδομένων	278
6.6 Μαθηματικές εκφράσεις συναρτήσεων	281
6.6 Μετατροπή τύπου δεδομένων	282
6.7 Μαθηματικές εκφράσεις σταθερών αριθμών	283
6.8 Εκφράσεις βαθμονόμησης τιμών	284
6.9 Λειτουργίες διαχείρισης τύπων δεδομένων	285
6.9.1 Λειτουργίες σταθερού σημείου	285
6.9.2 Λειτουργίες μετατροπής τύπων δεδομένων	286
6.9.3 Λειτουργίες δεδομένων μεταβλητού τύπου	288
Κεφάλαιο 7: Διαχείριση δεδομένων σε πίνακες	295
7.1 Μονοδιάστατοι πίνακες	295
7.2 Δημιουργία μονοδιάστατου πίνακα	295
7.3 Δισδιάστατοι Πίνακες	298
7.4 Δημιουργία πινάκων με δομή For Loop	299
7.4.1 Δημιουργία μονοδιάστατου πίνακα με δομή For Loop	299
7.4.2 Δημιουργία δισδιάστατου πίνακα με δομή For Loop	301
7.5 Εξαγωγή στοιχείων από πίνακα	301

10 Περιεχόμενα

7.6 Λειτουργίες επεξεργασίας πινάκων	304
7.7 Πολυμορφισμός πινάκων	314
7.8 Σύγκριση περιεχομένων πινάκων	315

Κεφάλαιο 8: Διαχείριση συμβολοσειρών 319

8.1 Εισαγωγή	319
8.2 Στοιχεία ελέγχου και απεικόνισης συμβολοσειρών	319
8.2.1 Κανονική απεικόνιση (Normal)	320
8.2.2 Απεικόνιση Back Slash (\) Code	320
8.2.3 Απεικόνιση κωδικών (Password)	321
8.2.4 Απεικόνιση Δεκαεξαδικών αριθμών (Hexadecimal)	321
8.3 Συμπεριφορά ενός στοιχείου ελέγχου συμβολοσειράς	322
8.4 Λίστες, πίνακες και δέντρα συμβολοσειρών	322
8.5 Λειτουργίες συμβολοσειρών	324
8.5.1 Λειτουργία εύρεσης μήκους συμβολοσειράς	325
8.5.2 Λειτουργία συνένωσης συμβολοσειρών	325
8.5.3 Λειτουργία μορφοποίησης σε συμβολοσειρά	326
8.5.4 Λειτουργία λήψης ημερομηνίας και ώρας του συστήματος	327
8.5.5 Λειτουργία μορφοποίησης της ημερομηνίας και της ώρας	328
8.6 Λειτουργίες ανάλυσης συμβολοσειρών	329
8.6.1 Λειτουργία εύρεσης τμήματος συμβολοσειράς	329
8.6.2 Ανίχνευση αριθμητικών ποσοτήτων σε συμβολοσειρά	330
8.6.3 Λειτουργίας ταιριάσματος πρότυπων συμβολοσειρών (Match Pattern)	330
8.6.4 Λειτουργία εύρεσης τυποποιημένων εκφράσεων	333
8.6.5 Μετατροπή πίνακα σε μορφή λογιστικού φύλλου (spreadsheet)	334
8.6.6 Μετατροπή διάταξης λογιστικού φύλλου σε πίνακα	335
8.7 Επιπρόσθετες λειτουργίες συμβολοσειρών	336
8.8 Μενού μετατροπής αριθμητικών στοιχείων και χαρακτήρων	336
8.8.1 Περιγραφή βασικότερων λειτουργιών μετατροπής αριθμητικών στοιχείων σε χαρακτήρες	337

Κεφάλαιο 9: Διαχείριση αρχείων 339

9.1 Λειτουργίες διαχείρισης αρχείων	339
9.2 Εγγραφή και ανάγνωση με Express VI	339
9.3 Εγγραφή και ανάγνωση σε αρχεία λογιστικών φύλλων (Spreadsheet files)	343
9.4 Εγγραφή και ανάγνωση αρχείων κειμένου (Text Files)	345
9.5 Εγγραφή και ανάγνωση σε δυαδικά αρχεία (binary files)	349
9.6 Λειτουργίες ανάκτησης και σύνθεσης διαδρομής	352

Κεφάλαιο 10: Συστάδες 355

10.1 Εισαγωγή	355
10.2 Δημιουργία συστάδας στο front panel	356
10.3 Τροποποίηση συστάδας	358
10.4 Λειτουργία ομαδοποίησης (Bundle)	361
10.5 Λειτουργία αποομαδοποίησης (Unbundle)	361
10.6 Αντικατάσταση στοιχείου σε συστάδα	362
10.7 Λειτουργίες συστάδων μέσω ετικετών	364
10.8 Συστάδες Σφαλμάτων	368
10.9 Ειδικές λειτουργίες συστάδων	370
10.9.1 Σύγκριση περιεχομένων συστάδων	372
10.9.2 Σύγκριση συνόλου των στοιχείων σε συστάδα	372

Κεφάλαιο 11: Καταγραφικά 377

11.1 Απεικόνιση κυματομορφών	377
11.2 Επεξεργασία αξόνων καταγραφικού	378
11.3 Κατηγορίες καταγραφικών	380
11.3.1 Εξαγωγή γραφήματος σε εικόνα	383
11.3.2 Δείκτης σχολίου	385
11.3.3 Καταγραφικό τύπου Waveform Charts	385

11.3.3.1 Πολλαπλά σημεία ενημέρωσης καταγραφικού Waveform Chart	387
11.3.3.2 Πολλαπλές κλίμακες σε καταγραφικό	390
11.3.4 Καταγραφικό τύπου Waveform Graphs	390
11.3.4.1 Καταγραφικά Waveform Graphs	390
11.3.4.2 Καταγραφικά ΧΥ Graphs	393
11.4 Δημιουργία κυματομορφής πραγματικού χρόνου	396
11.5 Ψηφιακό Καταγραφικό (Digital Graphs)	400
11.6 Καταγραφικό απεικόνισης σημάτων διαφορετικών τύπων	401
11.7 Καταγραφικά έντασης	403
11.8 Καταγραφικό 3D	403

Κεφάλαιο 12: Διαχείριση χρονισμών 405

12.1 Εισαγωγή	405
12.2 Χρονισμός υλικού και λογισμικού	405
12.3 Λογισμικός χρονισμός	406
12.3.1 Η λειτουργία Wait	406
12.3.2 Το Express VI χρονοκαθυστέρησης	407
12.3.3 Η λειτουργία Wait until Next Multiple	407
12.3.4 Express VI αντίστροφης χρονομέτρησης	408
12.3.5 Χρονισμός και δομή Timed Loop	409
12.3.6 Λειτουργίες διαδικασίας χρονισμού	409
12.4 Συγχρονισμός υλικού	413

Κεφάλαιο 13: Ειδικές λειτουργίες προγραμματισμού 415

13.1 Εισαγωγή	415
13.2 Προσδιορισμός μεγεθών σε στοιχεία ελέγχου	415
13.2.1 Στοιχείο ελέγχου και απεικόνισης προσδιορισμένου συστήματος αρίθμησης	415
13.2.2 Στοιχείο ελέγχου και απεικόνισης με ορισμό μονάδας μεγέθους	416
13.3 Πολυμορφικά VI	419
13.3.1 Δημιουργία πολυμορφικού VI	420
13.4 Προγραμματίζοντας το μενού ενός VI	422
13.5 Στοιχεία ελέγχου και απεικόνισης τύπου Type Definition	427
13.5.1 Μηχανές καταστάσεων και στοιχεία σταθεράς τύπου Type Definition	433
13.6 Χρήση Property Nodes στο περιβάλλον LabVIEW	434
13.6.1 Ανάλυση βασικών ιδιοτήτων	440
13.6.1.1 Ιδιότητα εμφάνισης/απόκρυψης αντικειμένου	440
13.6.1.2 Ιδιότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης στοιχείου	441
13.6.1.3 Ιδιότητα Key Focus ενός εικονικού αντικειμένου	443
13.6.1.4 Ιδιότητα φωτισμού εικονικού αντικειμένου	443
13.6.1.5 Ιδιότητα ελέγχου της τιμής ενός εικονικού αντικειμένου	444
13.6.1.6 Ιδιότητα περιθωρίων ενός εικονικού αντικειμένου	445
13.6.1.7 Ιδιότητα μορφοποίησης και ακρίβειας αριθμητικών στοιχείων	446
13.6.1.8 Ιδιότητα επιλογής στυλ εμφάνισης συμβολοσειρών	448
13.6.1.9 Ιδιότητα επιλογής της κλίμακας ενός καταγραφικού	448
13.6.1.10 Ιδιότητες επιλογής κυματομορφών και αλλαγής χρωμάτων	449
13.6.1.11 Ιδιότητα μεταβολής διαστάσεων στοιχείου απεικόνισης κυματομορφών	451
13.7 Χρήση Invoke Nodes στο περιβάλλον LabVIEW	452
13.7.1 Invoke Node τονισμού αντικειμένου	452
13.7.2 Invoke Node επαναφοράς αρχικής κατάστασης εικονικών αντικειμένων	453
13.7.3 Invoke Node εξαγωγής δεδομένων γραφήματος στο Excel	455
13.7.4 Invoke Node για εξαγωγή δεδομένων γραφικών παραστάσεων σε Excel	457
13.7.5 Invoke Node εξαγωγής γραφήματος σε αρχείο εικόνας	458
13.8 Διαχείριση σφαλμάτων	460
13.8.1 Αποφυγή ατέρμονα βρόχου σε περίπτωση σφάλματος	464
13.8.2 Χρήση καταχωρητών ολίσθησης για μεταβίβαση σφαλμάτων σε βρόγχους	464
13.8.3 Συγχώνευση σφαλμάτων και προτεραιότητες	465
13.8.4 Διαχείριση σφαλμάτων μέσα από SubVIs	467
13.9 Χρήση βιβλιοθηκών από εικονικά όργανα LLB με το LabVIEW	470
13.9.1 Δημιουργία βιβλιοθηκών LLB	470
13.9.2 Μεθοδολογία εξσφαλμάτωσης κώδικα με το LabVIEW	471
13.9.3 Εξσφαλμάτωση κώδικα κατά τη μεταγλώττιση	474
13.9.4 Χρήση επιλογής Suspend when Called σε SubVI	475

Κεφάλαιο 14: Express VI	477
14.1 Express VI	477
14.2 Τύπος δεδομένων Express VI	477
14.3 Express VI προσομοίωσης σήματος	478
14.4 Express VI μετρήσεων τιμών πλάτους σήματος	478
14.5 Express VI μετρήσεων ηλεκτρικών μεγεθών	478
14.6 Express VI ανάλυσης φάσματος	480
14.7 Express VI φίλτρου	480
14.8 Express VI ιστογράμματος	481
14.9 Express VI χρονοκαθυστερήσης	481
14.10 Express VI αντίστροφης χρονομέτρησης	482
14.11 Express VI εγγραφής σε αρχείο	482
14.12 Express VI αλγεβρικών πράξεων	483
14.13 Express VI ολοκλήρωσης/διαφόρισης	483
14.14 Express VI μηνύματος	484
14.15 Παράδειγμα προγραμματισμού Express VI με αριθμητικά δεδομένα	484
14.16 Express VI ανάγνωσης από αρχείο	488
14.17 Express VI σύγκρισης δεδομένων	488
14.18 Συγχώνευση δυναμικών δεδομένων	488
14.19 Διαχωρισμός δυναμικών δεδομένων	489
14.20 Μετατροπή δυναμικών δεδομένων σε άλλο τύπο δεδομένων	489
14.21 Μετατροπή δεδομένων σε δεδομένο δυναμικό τύπο	490
14.22 Express VI συμπίεσης δεδομένων	491
14.23 Express DAQ Assistance	491
14.24 Παράδειγμα προγραμματισμού Express VI για προσομοίωση και ανάλυση σήματος	493
14.25 Περισσότερα παραδείγματα Express VI	500
14.26 Δημιουργία Express VI	501
Κεφάλαιο 15: Μηχανές καταστάσεων και τεχνικές προγραμματισμού	517
15.1 Εισαγωγή	517
15.2 Άμεσο εκτελέσιμο SubVI	518
15.3 Συνεχούς βρόχου (Continuous Loop)	518
15.4 Ανάπτυξη κώδικα σε πλαίσιο εργασίας μορφής μηνύματος	519
15.5 Ανάπτυξη κώδικα σε πλαίσιο εργασίας μορφής μηνύματος με γεγονότα	520
15.6 Βρόχος σύλληψης γεγονότων (Event Handling Loop)	520
15.7 Μηχανή καταστάσεων	521
15.7.1 Μετάβαση καταστάσεων μέσω ακεραίας μεταβλητής και πίνακα enum	524
15.7.2 Μετάβαση καταστάσεων μέσω πίνακα στοιχείων Enum	525
15.7.3 Μετάβαση καταστάσεων μέσω Typecast	525
15.7.4 Μετάβαση καταστάσεων μέσω πίνακα λογικών τιμών και στοιχείου Typecast	526
15.8 Μηχανή καταστάσεων ουράς μηνυμάτων (Queued Message Handler)	526
15.9 Μηχανή παραγωγού/καταναλωτή (Producer-Consumer)	527
15.10 Μηχανή παραγωγού/καταναλωτή για διαχείριση γεγονότων	531
15.11 Ανάπτυξη εφαρμογών πολλαπλών ουρών	531
15.12 Λειτουργίες κοινοποίησης	535
15.13 Σηματοδότες (Semaphores)	536
15.14 Λειτουργίες προκαθορισμού (Rendezvous)	539
15.15 Λειτουργίες περιστατικών	541
15.16 Ειδοποίηση πρώτης εκτέλεσης τμήματος κώδικα	542
Κεφάλαιο 16: Δημιουργία εικονικών στοιχείων	543
16.1 Εισαγωγή	543
16.2 Πρόσθετα λογισμικά	544
16.3 Δημιουργία εικονικού αναλογικού οργάνου	546
16.4 Δημιουργία εικονικού στοιχείου δεξαμενής	550
16.5 Δημιουργία εικονικού στοιχείου ηλεκτροβάνας	551
16.6 Στοιχεία διακόσμησης του front panel	553

Κεφάλαιο 17: Συλλογή δεδομένων και παραγωγή σήματος	555
17.1 Εισαγωγή	555
17.2 Μετατροπές από αναλογικό σε ψηφιακό	555
17.3 Στάδιο δειγματοληψίας	556
17.4 Φαινόμενο αναδίπλωσης συχνότητας	557
17.4.1 Γραφικός προσδιορισμός αναδιπλωμένων συχνοτήτων	558
17.4.2 Υπολογιστικός προσδιορισμός αναδιπλωμένων συχνοτήτων	558
17.5 Κβαντοποίηση	561
17.6 Κωδικοποίηση	561
17.7 Χαρακτηριστικά μετατροπέα ADC	564
17.7.1 Ακρίβεια	564
17.7.2 Πεδίο τιμών	565
17.7.3 Ανάλυση	565
17.7.4 Κέρδος	565
17.7.5 Διακριτική ικανότητα	565
17.7.6 Σφάλμα μετατόπισης	566
17.7.7 Σφάλμα κέρδους	566
17.7.8 Σφάλμα πλήρους κλίμακας	566
17.7.9 Σφάλμα κβαντοποίησης	566
17.7.10 Διαφορική μη γραμμικότητα	568
17.7.11 Ολοκληρωτική μη γραμμικότητα	568
17.7.12 Σφάλμα τάσης αναφοράς	568
17.7.13 Κλίση θερμοκρασίας	568
17.7.14 Ρυθμός μετατροπής	568
17.7.15 Συντελεστές THD και SNR μετατροπέα	569
17.8 Τύποι μετατροπέων σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό	569
17.8.1 Μετατροπές ADC τύπου Flash	569
17.8.2 Μετατροπές ADC τύπου ψηφιακής ράμπας	570
17.8.3 Μετατροπές ADC τύπου διαδοχικής προσέγγισης	570
17.8.4 Μετατροπές ADC τύπου συνεχούς πορείας	571
17.8.5 Μετατροπές ADC τύπου κλίσης	571
17.8.6 Μετατροπές ADC τύπου διπλής κλίσης	572
17.8.7 Μετατροπές ADC τύπου Σίγμα-Δέλτα	572
17.8.8 Χωρητικός μετατροπέας ADC	573
17.9 Μετατροπές σήματος από ψηφιακό σε αναλογικό	573
17.10 Χαρακτηριστικά μετατροπέα DAC	574
17.10.1 Ανάλυση	574
17.10.2 Τύπος τροφοδοσίας	575
17.10.3 Τάση αντιστάθμισης	575
17.10.4 Σφάλμα κέρδους	575
17.10.5 Σήμα ενεργοποίησης	575
17.10.6 Τύπος ψηφιακής εισόδου	575
17.10.7 Σφάλμα Γραμμικότητας	576
17.10.8 Χρόνος αποκατάστασης	576
17.11 Τύποι μετατροπέων σήματος από ψηφιακό σε αναλογικό	576
17.11.1 Μετατροπέα DAC τύπου δυαδικής κλίμακας $R / (2^n R)$	576
17.11.2 Μετατροπές DAC δικτυώματος σκάλας $R/2R$ με λειτουργία τάσης	577
17.11.3 Μετατροπές DAC δικτυώματος σκάλας $R/2R$ με λειτουργία ρεύματος	578
17.12 Συλλογή δεδομένων και παραγωγή σήματος στο LAbVIEW	579
17.13 Περιβάλλον MAX	580
17.14 Προγραμματιστικό εργαλείο NI-DAQmx	580
17.15 Προγραμματίζοντας με τον DAQ Assistant	581
17.15.1 Βαθμονόμηση κλίμακας	585
17.16 Λειτουργίες DAQmx	593
17.16.1 Εργασία με φυσικά κανάλια	597
17.17 Προγραμματισμός συλλογής δεδομένων	597
17.18 Προγραμματισμός παραγωγής αναλογικών σημάτων	601
17.19 Ψηφιακές εισοδοί /έξοδοι	603
17.20 Μετρητές	607
17.21 Χρήση Property Nodes για εξειδικευμένες εφαρμογές	610
17.22 Συγχρονισμός καρτών	611
17.22.1 Η χρήση PFI γραμμών	611
17.22.2 Η χρήση RTSI	611

Κεφάλαιο 18: Προγραμματισμός αρχικοποίησης συστημάτων	613
18.1 Εισαγωγή	613
18.2 Δημιουργία αρχείου δεδομένων αρχικοποίησης	614
18.3 Λειτουργίες προγραμματισμού αρχείων δεδομένων αρχικοποίησης	616
18.4 Ανάγνωση αρχείου δεδομένων αρχικοποίησης	621
Κεφάλαιο 19: Έλεγχος οργάνων και ενσωματωμένων συστημάτων με LabVIEW	623
19.1 Εισαγωγή	623
19.2 Προγραμματισμός VISA και GPIB	625
19.3 Το πρότυπο RS-232	627
19.4 Διασύνδεση RS-422 και LabVIEW	631
19.5 Το πρότυπο RS-485	631
19.6 Το πρότυπο GPIB (IEEE-488)	631
19.7 Profibus και LabVIEW	635
19.8 Συνδεσιμότητα με ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα μετρήσεων	636
Κεφάλαιο 20: Ο εξυπηρετητής LabVIEW	643
20.1 Εισαγωγή	643
20.2 Προγραμματισμός του εξυπηρετητή LabVIEW (VI Server)	643
20.3 Δυναμική κλήση εικονικών οργάνων	646
20.4 Χρήση στατικών αναφορών (static references)	648
20.5 Έλεγχος εφαρμογών με χρήση invoke και property nodes	649
20.6 Έλεγχος διάστασης του παραθύρου front panel	650
20.7 Ανάκτηση τιμής ενός στοιχείου ελέγχου από διαφορετικό εικονικό όργανο	650
20.8 Έλεγχος των τιμών των στοιχείων ελέγχου σε διαφορετικό εικονικό όργανο	650
20.9 Προγραμματιστικές τεχνικές έλεγχου εμφάνισης του μενού	651
20.10 Προγραμματιστικές τεχνικές έλεγχου εμφάνισης του κυρίως μενού	652
20.11 Μεταβολή και εμφάνιση ή απόκρυψη του τίτλου ενός εικονικού οργάνου	653
20.12 Ανάγνωση πληροφοριών σχετικά με το αρχείο ενός εικονικού οργάνου	654
20.13 Ανάκτηση της διαδρομής μίας εφαρμογής	654
20.14 Απόκρυψη των οριζόντιων και κάθετων μπαρών κύλισης του Front Panel	655
20.15 Εμφάνιση του front panel σε πλήρη οθόνη	655
20.16 Χρήση αναφορών σε στοιχεία ελέγχου για δημιουργία SubVI	656
20.17 Ανάγνωση πληροφοριών σχετικά με το λειτουργικό σύστημα	658
20.18 Τερματισμός ενός εικονικού οργάνου	659
20.19 Κληρονομικότητα κλάσεων	659
Κεφάλαιο 21: Συνδεσιμότητα LabVIEW	663
21.1 Συνδεσιμότητα LabVIEW (Connectivity -Active X, .NET)	663
21.2 LabVIEW και Active X	663
21.3 Ρουτίνες Active X	663
21.4 Το LabVIEW ως Active X σε ρόλο πελάτη	665
21.5 Πρόσβαση σε μια σελίδα URL με τον έλεγχο του Internet Explorer	665
21.6 Προβολή στον Internet Explorer στατιστικών στοιχείων από VIs	666
21.7 Σύνδεση του LabVIEW με αντικείμενα .NET	667
21.7.1 Το περιβάλλον .NET	667
21.7.2 .NET κόμβοι και λειτουργίες από το LabVIEW	667
21.7.3 Προγραμματισμός .NET από το LabVIEW	668
21.8 Εκτέλεση εντολών της γραμμής εντολών των Windows	670
21.9 Συνδεσιμότητα με χρήση διαμοιραζόμενων μεταβλητών (Shared Variables)	671
21.9.1 Εγγραφή και ανάγνωση σε διαμοιραζόμενες μεταβλητές	674
21.10 Συνδεσιμότητα με χρήση του Web Server	675
21.10.1 Μεθοδολογία δημοσίευσης ενός VI σε ιστοσελίδα	675
Κεφάλαιο 22: Διασύνδεση λογισμικών LabVIEW - Multisim - Simulink - StarSim	679
22.1 Εισαγωγή	679
22.2 Το λογισμικό Multisim	679

22.2.1	Η εργαλειοθήκη εξαρτημάτων του Multisim	680
22.2.2	Η εργαλειοθήκη οργάνων	681
22.2.3	Δημιουργία κυκλωμάτων και προσομοίωση με το Multisim	681
22.2.4	Αποθήκευση αρχείου και τοποθέτηση εξαρτημάτων	681
22.2.5	Διαδικασία ένωσης	684
22.2.6	Διαδικασία προσομοίωσης ενός κυκλώματος με το Multisim	685
22.2.7	Ιδιότητες εξαρτημάτων	686
22.2.8	Κόμβοι, αγωγοί, ονομασίες και χρώματα	687
22.2.9	Εικονικά όργανα του Multisim	688
22.2.10	Ψηφιακό πολύμετρο	688
22.2.11	Γεννήτρια συναρτήσεων	689
22.2.12	Παλμογράφος	690
22.2.13	Λογικός μετατροπέας	692
22.2.14	Αναλυτής IV	694
22.2.15	Ανάλυση κυκλωμάτων με το Multisim	696
22.2.16	Ανάλυση DC	696
22.2.17	Ανάλυση AC	698
22.3	Διασύνδεση LabVIEW και Multisim	701
22.3.1	Δημιουργία κυκλωμάτων ως Express VI στο LabVIEW	701
22.3.1.1	Εργασίες στο Multisim	701
22.3.1.2	Εργασίες στο LabVIEW	704
22.3.2	Χρήση VIs στο MutliSim	707
22.3.3	Επεξεργασία ακουστικού σήματος	708
22.3.4	Μικρόφωνο	708
22.3.5	Μεγάφωνο	708
22.3.6	Γεννήτρια σήματος	709
22.3.7	Αναλυτής Σήματος	709
22.3.8	Δημιουργία οργάνου διεπαφής LabVIEW σε Multisim	709
22.4	Διασύνδεση LabVIEW και SIMLUNIK	712
22.5	Μελέτη απόκρισης συστημάτων 1ης και 2ης τάξης με πραγματικά σήματα διέγερσης μέσω LabVIEW	714
22.6	Διασύνδεση LabVIEW και MATLAB	719
22.7	Διασύνδεση LabVIEW και StarSim	723

Κεφάλαιο 23: Πρόσθετα εργαλεία λογισμικά 725

23.1	Εισαγωγή	725
23.2	LabVIEW (DSC)	726
23.2.1	LabVIEW DSC & έλεγχος των σημάτων εισόδου-εξόδου (tags)	726
23.2.2	Δημιουργία Project και διαμοιραζόμενων μεταβλητών	728
23.2.2	Σύνδεση διαμοιραζόμενων μεταβλητών με σήματα εισόδου-εξόδου	728
23.2.3	Βιβλιοθήκες Γραφικών και Επικοινωνία με τον Χρήστη (HMI – Human Machine Interface)	729
23.2.3.1	Εξελιγμένα καταγραφικά	731
23.2.3.2	Καταγραφή ιστορικών δεδομένων (data logging) συναγερμών και γεγονότων (alarms και events) ...	732
23.2.3.3	Εισαγωγή επιπέδων ασφαλείας και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο	733
23.2.4	Ασφάλεια πρόσβασης	733
23.3	Υλικό και λογισμικό πραγματικού χρόνου (Real Time)	735
23.4	Υλικό και λογισμικό εφαρμογών εικόνας	737
23.4.1	Αναλογικές κάμερες	737
23.4.2	Ψηφιακές κάμερες	737
23.4.3	Ψηφιακές Κάμερες τύπου gigE, FireWire	738
23.4.4	Λειτουργίες εκκίνησης απόκτησης εικόνας	738
23.4.5	Λειτουργίες απόκτησης εικόνας	738
23.4.6	Λειτουργίες μεταφοράς πολλαπλής απόκτησης	739
23.4.7	Λειτουργίες απεικόνισης εικόνας	739
23.4.8	Λειτουργίες σκανδαλισμού (NI IMAQ Trigger)	739
23.4.9	Καταγραφή εικόνων με τον NI-IMAQdx	740
23.4.10	Παράδειγμα καταγραφής εικόνων με αναλογική κάμερα στον MAX	740
23.4.11	Παράδειγμα συνεχούς καταγραφής εικόνων με ψηφιακή κάμερα στον MAX	740
23.4.12	Χρήση του IMAQ Snap για συνεχή απεικόνιση εικόνων	741
23.4.13	Χρήση του IMAQ Grab για συνεχή απεικόνιση εικόνων	742
23.4.14	Καταγραφή εικόνων σε αρχεία BMP ή JPEG	742
23.4.15	Εντολές επεξεργασίας εικόνας	742
23.4.16	Λειτουργίες μορφοποίησης	744
23.4.17	Συνδεσιμότητα	744
23.4.18	Λειτουργίες διάβρωσης και διεύρυνσης	744

23.3.19 Οι εντολές Open & Close	744
23.3.20 Εντολές μέτρησης αντικειμένων	745
23.3.21 Εντολές μηχανικής όρασης	745
23.3.22 Εύρεση προτύπων	746
23.3.23 Λειτουργίες συντεταγμένων	747
Κεφάλαιο 24: Στάδια ανάπτυξης ολοκληρωμένων εφαρμογών	749
24.1 Εισαγωγή	749
24.2 Στάδιο I: Μελέτη του προς μέτρηση φυσικού μεγέθους	749
24.3 Στάδιο I: Επιλογή αισθητήρα	749
24.4 Στάδιο 3: Επιλογή μεθόδου προσαρμογής σήματος	750
24.5 Στάδιο 4: Επιλογή κάρτας συλλογής δεδομένων	750
24.6 Στάδιο 5: Ανάπτυξη κώδικα	750
24.6.1 Δημιουργία project	750
24.6.2 Τεχνικές ορθού προγραμματισμού	755
Κεφάλαιο 25: Αξιολόγηση & Εργαστηριακές εφαρμογές	767
ΜΕΡΟΣ Α: Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, ανάπτυξης κειμένου, και ασκήσεις	767
ΜΕΡΟΣ Β: Προγραμματιστικές ασκήσεις και εργαστηριακές εφαρμογές	790
Εργασία 1: Απλές προγραμματιστικές εφαρμογές	790
Εργασία 2: Χρονόμετρο ως δημόσια μεταβλητή συναρτήσεων	794
Εργασία 3: Μελέτη φαινομένου αναδίπλωσης συχνοτήτων	794
Εργασία 4: Έλεγχος θερμοκρασίας με την USB 6009	795
Εργασία 5: Μελέτη συστήματος 1ης και 2ης τάξης	796
Εργασία 6: Καταγραφή απόκρισης συχνότητας χαμηλοπερατού και υψηλοπερατού φίλτρου	797
Εργασία 7: Μελέτη μη αναστρέψιμων τελεστικού ενισχυτή	797
Εργασία 8: Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας (πυρανόμετρο)	798
Εργασία 9: Μέτρηση θερμοκρασίας με θερμίστορ	799
Εργασία 10: Μέτρηση θερμοκρασίας με θερμοζεύγος	799
Εργασία 11: Μέτρηση δύναμης φορτίου με δυναμοκυψέλη	800
Εργασία 12: PID έλεγχος θερμοκρασίας	803
Εργασία 13: Εκλεκτής καταστάσεων σε μονάδα παραγωγής	804
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ & ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	807
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ & ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	808
ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ	808
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	809