

## Κεφάλαιο 1: Θεμελιώδεις έννοιες συστημάτων μέτρησης

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 Εισαγωγή .....                                                                                                                                                       | 1  |
| 1.2 Μονάδες μέτρησης .....                                                                                                                                               | 2  |
| 1.2.1 Το διεθνές σύστημα μονάδων .....                                                                                                                                   | 2  |
| 1.2.2 Παράγωγες μονάδες .....                                                                                                                                            | 3  |
| 1.2.3 Προθέματα μονάδων .....                                                                                                                                            | 4  |
| 1.3 Γραφικές παραστάσεις μεγεθών .....                                                                                                                                   | 5  |
| 1.3.1 Καρτεσιανή παράσταση μεγεθών .....                                                                                                                                 | 5  |
| 1.3.2 Ημιλογαριθμική παράσταση μεγεθών .....                                                                                                                             | 5  |
| 1.3.3 Λογαριθμική παράσταση μεγεθών .....                                                                                                                                | 5  |
| 1.4 Συστήματα μέτρησης .....                                                                                                                                             | 6  |
| 1.4.1 Παθητικά και ενεργά συστήματα μέτρησης .....                                                                                                                       | 6  |
| 1.4.2 Γραμμικά και μη γραμμικά συστήματα μέτρησης .....                                                                                                                  | 6  |
| 1.4.3 Στατικά και δυναμικά συστήματα μέτρησης .....                                                                                                                      | 6  |
| 1.4.4 Συνεχές και διακριτό σύστημα μέτρησης .....                                                                                                                        | 7  |
| 1.4.5 Χρονομεταβλητό και χρονικά αμετάβλητο σύστημα μέτρησης .....                                                                                                       | 7  |
| 1.4.6 Δομή συστημάτων μέτρησης .....                                                                                                                                     | 7  |
| 1.5 Μοντελοποίηση συστημάτων μέτρησης .....                                                                                                                              | 9  |
| 1.5.1 Απόκριση συστήματος μέτρησης .....                                                                                                                                 | 9  |
| 1.5.2 Σύστημα μηδενικής τάξης .....                                                                                                                                      | 11 |
| 1.5.3 Σύστημα πρώτης τάξης .....                                                                                                                                         | 12 |
| 1.5.3.1 Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος πρώτης τάξης .....                                                                                                                | 12 |
| 1.5.3.2 Τυπικά παραδείγματα συστημάτων πρώτης τάξης .....                                                                                                                | 13 |
| 1.5.3.3 Χρονική απόκριση συστήματος πρώτης τάξης .....                                                                                                                   | 13 |
| 1.5.3.4 Απόκριση συχνότητας συστήματος πρώτης τάξης .....                                                                                                                | 16 |
| 1.5.4 Συστήματα δεύτερης τάξης .....                                                                                                                                     | 18 |
| 1.5.4.1 Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος δεύτερης τάξης .....                                                                                                              | 18 |
| 1.5.4.2 Τυπικά παραδείγματα συστημάτων δεύτερης τάξης .....                                                                                                              | 19 |
| 1.5.4.3 Χρονική απόκριση συστήματος δεύτερης τάξης .....                                                                                                                 | 19 |
| 1.5.4.4 Απόκριση συχνότητας συστήματος δεύτερης τάξης .....                                                                                                              | 28 |
| 1.6 Διαγράμματα Bode .....                                                                                                                                               | 29 |
| 1.6.1 Βήματα σχεδίασης διαγραμμάτων Bode .....                                                                                                                           | 30 |
| 1.6.1.1 Σχεδίαση διαγράμματος μέτρου απόκρισης συχνότητας .....                                                                                                          | 30 |
| 1.6.1.2 Σχεδίαση διαγράμματος απόκρισης φάσης .....                                                                                                                      | 32 |
| 1.7 Εργαστηριακή Εφαρμογή 1: Μελέτη απόκρισης συστημάτων 1 <sup>ης</sup> και 2 <sup>ης</sup> τάξης μέσω του λογισμικού προσομοίωσης συστημάτων Simulink του MatLab ..... | 38 |
| 1.8 Εργαστηριακή Εφαρμογή 2: Μελέτη απόκρισης συστημάτων 1 <sup>ης</sup> και 2 <sup>ης</sup> τάξης με πραγματικά σήματα διέγερσης μέσω LabVIEW .....                     | 40 |

## Κεφάλαιο 2: Χαρακτηριστικά αισθητήρων

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Αισθητήρες και μετατροπείς .....                                     | 45 |
| 2.2 Ανιχνευτές .....                                                     | 46 |
| 2.3 Κατηγορίες αισθητήρων .....                                          | 46 |
| 2.3.1 Παθητικοί και ενεργοί αισθητήρες .....                             | 46 |
| 2.3.2 Απόλυτοι και σχετικοί αισθητήρες .....                             | 47 |
| 2.4 Χαρακτηριστικά αισθητήρων .....                                      | 47 |
| 2.4.1 Συνάρτηση μεταφοράς .....                                          | 47 |
| 2.4.2 Περιοχή τιμών εισόδου .....                                        | 48 |
| 2.4.3 Εύρος πλήρους κλίμακας εισόδου .....                               | 48 |
| 2.4.4 Εύρος πλήρους κλίμακας εξόδου .....                                | 49 |
| 2.4.5 Ακρίβεια .....                                                     | 49 |
| 2.4.6 Βαθμονόμηση .....                                                  | 51 |
| 2.4.6.1 Παράδειγμα διαδικασίας βαθμονόμησης συστήματος μέτρησης pH ..... | 52 |
| 2.4.7 Σφάλμα βαθμονόμησης .....                                          | 52 |
| 2.4.7 Υστέρηση .....                                                     | 53 |
| 2.4.8 Μη γραμμικότητα .....                                              | 54 |
| 2.4.9 Διακριτική ικανότητα .....                                         | 54 |
| 2.4.10 Επαναληψιμότητα .....                                             | 54 |
| 2.4.11 Συντελεστής κορεσμού .....                                        | 55 |
| 2.4.12 Νεκρή ζώνη .....                                                  | 55 |
| 2.4.13 Σύνθετη αντίσταση εξόδου .....                                    | 55 |
| 2.4.14 Διέγερση .....                                                    | 55 |
| 2.4.15 Αξιοπιστία .....                                                  | 55 |
| 2.4.16 Ελάχιστο σήμα κατωφλίου .....                                     | 55 |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 2.4.17 Χρόνος απόκρισης .....                       | 56 |
| 2.4.18 Θόρυβος .....                                | 56 |
| 2.4.19 Ολίσθηση .....                               | 56 |
| 2.4.20 Χρόνος προθέρμανσης .....                    | 56 |
| 2.5 Εμπορικοί αισθητήρες και μορφομετατροπείς ..... | 56 |
| 2.6 Δυναμικά χαρακτηριστικά .....                   | 59 |

### Κεφάλαιο 3: Μετρήσεις θέσης και μετατόπισης

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 Εισαγωγή .....                                                     | 61  |
| 3.1.1 Αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης με επαφή .....                   | 62  |
| 3.1.2 Αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης από απόσταση .....               | 62  |
| 3.2 Αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης με επαφή .....                     | 62  |
| 3.2.1 Τερματικός διακόπτης θέσης .....                                 | 62  |
| 3.2.2 Αισθητήρες μεταβλητής αντίστασης - Ποτενσιόμετρα .....           | 65  |
| 3.2.3 Μαγνητικός διακόπτης με γλωσσίδα .....                           | 70  |
| 3.2.4 Υδραργυρικός διακόπτης βαρύτητας .....                           | 70  |
| 3.2.5 Αισθητήρας κλίσης με ηλεκτρολύτη .....                           | 71  |
| 3.2.6 Αισθητήρας κλίσης με φυσαλίδα .....                              | 71  |
| 3.2.7 Γραμμικός και στροφικός επαγωγικός αισθητήρας μετατόπισης .....  | 72  |
| 3.2.8 Πιεζοαντίσταση .....                                             | 83  |
| 3.2.8.1 Μεταλλικά μηχανοστάσια .....                                   | 85  |
| 3.2.8.2 Ημιαγωγικές πιεζοαντιστάσεις .....                             | 89  |
| 3.2.8.3 Οπτικοί κωδικοποιητές .....                                    | 89  |
| 3.2.8.4 Αυξητικός οπτικός κωδικοποιητής .....                          | 89  |
| 3.2.9 Απόλυτος οπτικός κωδικοποιητής .....                             | 92  |
| 3.2.10 Συγχροεπαγωγείς .....                                           | 94  |
| 3.2.11 Περιστροφικός αναλυτής (συγχροεπαγωγέας 2 πηνίων) .....         | 94  |
| 3.2.11.1 Περιστροφικός συγχροεπαγωγέας τριών πηνίων .....              | 95  |
| 3.2.11.2 Συγχροεπαγωγέας τυπωμένων πηνίων .....                        | 96  |
| 3.3 Αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης από απόσταση (χωρίς επαφή) .....   | 97  |
| 3.3.1 Αισθητήρες επαγωγής .....                                        | 97  |
| 3.3.2 Αισθητήρες αυτεπαγωγής .....                                     | 98  |
| 3.3.3 Αισθητήρες φαινομένου Hall .....                                 | 100 |
| 3.3.3.1 Εργαστηριακή εφαρμογή: Μελέτη αισθητήρα Hall .....             | 106 |
| 3.3.4 Χωρητικοί αισθητήρες μετατόπισης .....                           | 106 |
| 3.3.4.1 Αισθητήρες χωρητικότητας μεταβαλλόμενης απόστασης .....        | 106 |
| 3.3.4.2 Αισθητήρας χωρητικότητας μεταβαλλόμενης επιφάνειας .....       | 107 |
| 3.3.4.3 Αισθητήρες χωρητικότητας μεταβαλλόμενου διηλεκτρικού .....     | 107 |
| 3.3.4.4 Χωρητικός αισθητήρας γέφυρας παράλληλων οπλισμών .....         | 109 |
| 3.3.4.5 Αποδιαμόρφωση σήματος χωρητικών αισθητήρων μετατόπισης .....   | 110 |
| 3.3.4.6 Εφαρμογές αισθητήρων χωρητικότητας .....                       | 112 |
| 3.3.5 Οπτικοί αισθητήρες μετατόπισης .....                             | 113 |
| 3.3.5.1 Πηγή φωτεινής ακτινοβολίας .....                               | 114 |
| 3.3.5.2 Ανιχνευτής φωτεινής ακτινοβολίας .....                         | 114 |
| 3.3.5.3 Οπτικές Διατάξεις .....                                        | 115 |
| 3.3.6 Φωτοδιακόπτης .....                                              | 115 |
| 3.3.7 Εργαστηριακή εφαρμογή 2: Οπτικός έλεγχος .....                   | 117 |
| 3.3.8 Φωτοανاکλαστής θέσης .....                                       | 118 |
| 3.3.8.1 Φωτοανاکλαστής απόστασης .....                                 | 119 |
| 3.3.9 Αισθητήρες προσέγγισης με πολωμένο φως .....                     | 120 |
| 3.3.10 Οπτική Γέφυρα .....                                             | 120 |
| 3.3.11 Αισθητήρες δέσμης λέιζερ .....                                  | 121 |
| 3.3.12 Αισθητήρας λέιζερ οπτικής διαμόρφωση φύλου δέσμης (OMRON) ..... | 122 |
| 3.3.13 Εφαρμογές αισθητήρων λέιζερ (OMRON) .....                       | 123 |

### Κεφάλαιο 4: Μετρήσεις στάθμης

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 Εισαγωγή .....                                    | 125 |
| 4.2 Σωλήνας Παρατήρησης .....                         | 126 |
| 4.3 Ράβδος βυθομέτρησης .....                         | 126 |
| 4.4 Διακόπτης πλωτήρα .....                           | 126 |
| 4.5 Πλωτός διακόπτης βύθισης .....                    | 128 |
| 4.6 Διακόπτες στάθμης με πλωτό μαγνήτη .....          | 128 |
| 4.7 Μαγνητικοί δείκτες στάθμης .....                  | 128 |
| 4.8 Μέτρηση στάθμης με πλωτήρα και βαρίδιο .....      | 129 |
| 4.9 Μέτρηση στάθμης με ποτενσιόμετρο .....            | 129 |
| 4.10 Χωρητικός αισθητήρας στάθμης .....               | 131 |
| 4.11 Μέτρηση στάθμης με αισθητήρα αγωγιμότητας .....  | 132 |
| 4.11.1 Εργαστηριακή εφαρμογή 1: Μέτρηση στάθμης ..... | 133 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.12 Μέτρηση στάθμης με υπερήχους .....                                    | 137 |
| 4.13 Μέτρηση στάθμης με μικροκύματα .....                                  | 138 |
| 4.14 Μέτρηση στάθμης με οπτικούς αισθητήρες .....                          | 138 |
| 4.14.1 Μέτρηση επιπέδων στάθμης με οπτικούς αισθητήρες δέσμης λέιζερ ..... | 138 |
| 4.14.2 Μέτρηση επιπέδων στάθμης με οπτικούς αισθητήρες διάθλασης .....     | 140 |
| 4.14.3 Μέτρηση επιπέδων στάθμης με οπτικούς αισθητήρες πρίσματος .....     | 141 |
| 4.15 Μέτρηση στάθμης με φυσαλίδες .....                                    | 141 |
| 4.16 Μέτρηση στάθμης μέσω υδροστατικής πίεσης .....                        | 143 |
| 4.17 Μέτρηση στάθμης με ακτίνες (γ) γάμμα .....                            | 144 |
| 4.18 Ανιχνευτής δονούμενων ακίδων .....                                    | 144 |
| 4.19 Μέτρηση στάθμης με συστοιχία θερμών νημάτων .....                     | 146 |
| 4.20 Μέτρηση στάθμης με μαγνητοσυσταλτικό στοιχείο .....                   | 146 |
| 4.21 Ανιχνευτής στάθμης υπέρηχων με διάκενο σωλήνα .....                   | 147 |
| 4.22 Ανιχνευτής θερμικής διάχυσης .....                                    | 148 |

## Κεφάλαιο 5: Μετρήσεις θερμοκρασίας

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1 Εισαγωγή .....                                                                                                                     | 149 |
| 5.2 Μονάδες μέτρησης θερμοκρασίας .....                                                                                                | 150 |
| 5.3 Θερμική σταθερά .....                                                                                                              | 150 |
| 5.4 Βαθμονόμηση αισθητήρων θερμοκρασίας .....                                                                                          | 151 |
| 5.5 Θερμόμετρο με ρευστό .....                                                                                                         | 152 |
| 5.5 Μεταλλικά θερμόμετρα .....                                                                                                         | 153 |
| 5.6 Μέτρηση θερμοκρασίας με διμεταλλικά ελάσματα .....                                                                                 | 153 |
| 5.7 Ευθύγραμμο διμεταλλικά ελάσματα .....                                                                                              | 154 |
| 5.7.1 Ελικοειδή διμεταλλικά ελάσματα .....                                                                                             | 155 |
| 5.7.2 Διμεταλλικός θερμοστάτης .....                                                                                                   | 156 |
| 5.8 Μέτρηση θερμοκρασίας μέσω πίεσης .....                                                                                             | 157 |
| 5.9 Μέτρηση θερμοκρασίας μέσω ηλεκτρικής αντίστασης .....                                                                              | 157 |
| 5.9.1 Σύνδεση στοιχείων RTD σε γέφυρα Wheatstone .....                                                                                 | 161 |
| 5.9.3 Αισθητήρες θερμοκρασίας PT100 .....                                                                                              | 165 |
| 5.9.4 Αισθητήρες θερμοκρασίας PT1000 .....                                                                                             | 167 |
| 5.10 Θερμίστορ .....                                                                                                                   | 167 |
| 5.10.1 Εργαστηριακή Εφαρμογή 1: Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο με στοιχείο θερμίστορ .....              | 171 |
| 5.10.2 Εργαστηριακή Εφαρμογή 2: Ανάπτυξη κώδικα υπολογισμού συντελεστών Steinhart & Hart για άγνωστο στοιχείο θερμίστορ .....          | 172 |
| 5.11 Θερμοζεύγος .....                                                                                                                 | 173 |
| 5.11.1 Φαινόμενο Seebeck .....                                                                                                         | 173 |
| 5.11.2 Τύποι θερμοζευγών .....                                                                                                         | 174 |
| 5.11.3 Τεχνικές μέτρησης με θερμοζεύγος .....                                                                                          | 177 |
| 5.11.3.1 Μέτρηση θερμοκρασίας με δύο θερμικές επαφές .....                                                                             | 177 |
| 5.11.3.2 Μέτρηση θερμοκρασίας με μία θερμική επαφή .....                                                                               | 181 |
| 5.11.3.3 Συστοιχίες κυκλωμάτων θερμοζευγών .....                                                                                       | 182 |
| 5.11.4 Αγωγοί επέκτασης και κατασκευαστική δομή θερμοζεύγους .....                                                                     | 184 |
| 5.11.5 Εγκατάσταση θερμοζεύγους και ανάπτυξη συστήματος μέτρησης .....                                                                 | 187 |
| 5.12 Αισθητήρες θερμοκρασίας στερεάς κατάστασης .....                                                                                  | 191 |
| 5.12.1 Ολοκληρωμένα κυκλώματα μέτρησης θερμοκρασίας με ψηφιακό ελεγκτή .....                                                           | 195 |
| 5.12.2 Ολοκληρωμένα κυκλώματα μέτρησης θερμοκρασίας με αναλογικό ελεγκτή .....                                                         | 196 |
| 5.12.3 Εργαστηριακή Εφαρμογή 3 : Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης θερμοκρασίας και ελέγχου σε πραγματικό χρόνο με το στοιχείο LM135Z ..... | 196 |
| 5.13 Θερμόμετρα ακτινοβολίας .....                                                                                                     | 198 |
| 5.13.1 Υπέρυθορο πυρόμετρο .....                                                                                                       | 198 |
| 5.13.1.1 Μέθοδος μέτρησης με πυρόμετρο .....                                                                                           | 201 |
| 5.13.2 Θερμογράφος .....                                                                                                               | 201 |
| 5.13.3 Υπερηχητικό θερμόμετρο .....                                                                                                    | 202 |
| 5.13.4 Οπτικό πυρόμετρο .....                                                                                                          | 203 |
| 5.13.5 Πυρόμετρο δύο χρωμάτων .....                                                                                                    | 204 |

## Κεφάλαιο 6: Μετρήσεις πυκνότητας και πίεσης

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 6.1 Εισαγωγή .....                                  | 205 |
| 6.2 Πυκνότητα .....                                 | 207 |
| 6.2.1 Επαγωγικό πυκνόμετρο .....                    | 207 |
| 6.2.2 Πυκνόμετρο δόνησης .....                      | 207 |
| 6.2.3 Οπτικό πυκνόμετρο .....                       | 208 |
| 6.2.4 Μέτρηση πυκνότητας με τεχνική φυσαλίδων ..... | 208 |
| 6.3 Υδροστατική πίεση .....                         | 209 |
| 6.4 Αισθητήρες πίεσης .....                         | 210 |
| 6.4.1 Μανόμετρα υοειδούς σωλήνα ή τύπου U .....     | 211 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 6.4.2 Μανόμετρα δεξαμενής και κεκλιμένου επιπέδου .....         | 212 |
| 6.4.3 Μέτρηση πίεσης με διάφραγμα .....                         | 214 |
| 6.4.3.1 Ποτενσιομετρικός μετατροπέας πίεσης .....               | 216 |
| 6.4.4 Μέτρηση πίεσης με κάψουλες .....                          | 216 |
| 6.4.5 Μέτρηση πίεσης με θαλάμους .....                          | 217 |
| 6.4.6 Μέτρηση πίεσης με σωλήνες Bourdon .....                   | 217 |
| 6.4.7 Μετρητής πίεσης τύπου κώδωνα .....                        | 220 |
| 6.4.8 Μέτρηση πίεσης με χωρητικούς αισθητήρες .....             | 221 |
| 6.4.9 Επαγωγικός αισθητήρας πίεσης .....                        | 223 |
| 6.4.10 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης .....                  | 224 |
| 6.4.11 Μέτρηση πίεσης με μηχανοσκόμια .....                     | 224 |
| 6.4.12 Μέτρηση πίεσης με αισθητήρα συντονισμένου αγωγού .....   | 228 |
| 6.4.13 Μέτρηση πίεσης με πιεζοαντιστάσεις .....                 | 228 |
| 6.4.14 Μέτρηση πίεσης με οπτικούς αισθητήρες .....              | 230 |
| 6.4.15 Μέτρηση πίεσης με αισθητήρες μαγνητικής ροής .....       | 230 |
| 6.4.16 Μέτρηση πίεσης με θερμό έλασμα .....                     | 231 |
| 6.4.18 Μανόμετρο McLeod .....                                   | 231 |
| 6.4.19 Μανόμετρο ιονισμού μέτρησης υψηλού κενού .....           | 232 |
| 6.4.20 Μανόμετρο Bayard-Alpert μέτρησης πολύ υψηλού κενού ..... | 232 |
| 6.5 Βαρόμετρα .....                                             | 233 |
| 6.5.1 Βαρόμετρο υδραργύρου .....                                | 233 |
| 6.5.2 Μεταλλικό βαρόμετρο .....                                 | 233 |

## Κεφάλαιο 7: Μετρήσεις ροής

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1 Εισαγωγή .....                                              | 235 |
| 7.1.1 Αριθμός Reynolds .....                                    | 236 |
| 7.1.2 Προφίλ ταχύτητας ρευστού .....                            | 236 |
| 7.1.3 Όργανα μέτρησης ροής .....                                | 237 |
| 7.2 Μέτρηση ογκομετρικής παροχής με διαφορά πίεσης .....        | 238 |
| 7.3 Μετρητής στομίου εκροής .....                               | 239 |
| 7.4 Μετρητής με σωλήνα Venturi .....                            | 241 |
| 7.5 Μετρητής ακροφυσίου .....                                   | 243 |
| 7.6 Μετρητής ακροφυσίου Venturi .....                           | 243 |
| 7.7 Μετρητής καμπυλωτού σωλήνα .....                            | 243 |
| 7.8 Σωλήνας Pitot .....                                         | 244 |
| 7.9 Στατικός σωλήνας pitot .....                                | 245 |
| 7.10 Ροόμετρο μεταβλητής διατομής (rotameter) .....             | 246 |
| 7.11 Ροόμετρο ογκομετρικής μετατόπισης .....                    | 247 |
| 7.12 Ροόμετρο στροβίλου .....                                   | 249 |
| 7.13 Ηλεκτρομαγνητικά ροόμετρα .....                            | 250 |
| 7.14 Ροόμετρα Vortex .....                                      | 252 |
| 7.15 Υπερηχητικό ροόμετρο Doppler .....                         | 254 |
| 7.16 Ροόμετρο υπερηχητικού χρόνου διέλευσης .....               | 254 |
| 7.17 Ανεμόμετρα .....                                           | 255 |
| 7.17.1 Σύστημα γέφυρας ανεμομέτρου σταθερού ρεύματος .....      | 259 |
| 7.17.2 Σύστημα γέφυρας ανεμομέτρου σταθερής θερμοκρασίας .....  | 259 |
| 7.18 Ροόμετρο Coriolis .....                                    | 260 |
| 7.19 Μέτρηση ροής με περιστρεφόμενο μαγνήτη .....               | 260 |
| 7.20 Ροόμετρο θερμοδομετρικής μεταβολής .....                   | 261 |
| 7.21 Ροόμετρο μηχανικού πτερυγίου .....                         | 262 |
| 7.22 Μετρητής προπέλας .....                                    | 262 |
| 7.23 Μετρητής εμβόλου .....                                     | 263 |
| 7.24 Αισθητήρας μάζας ροής αέρα .....                           | 264 |
| 7.24.1 Αισθητήρας μάζας ροής αέρα θερμού νήματος .....          | 264 |
| 7.24.1 Αισθητήρας μάζας ροής αέρα ποτενσιομετρικού δείκτη ..... | 264 |
| 7.24.2 Αισθητήρας μάζας αέρα τύπου Karmen .....                 | 265 |
| 7.25 Ανιχνευτές ροής .....                                      | 266 |
| 7.25.1 Οπτοηλεκτρικός ανιχνευτής .....                          | 266 |
| 7.25.2 Θερμικός ανιχνευτής .....                                | 266 |

## Κεφάλαιο 8: Μετρήσεις ταχύτητας και επιτάχυνσης

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1 Εισαγωγή .....                                          | 267 |
| 8.2 Στροβοσκόπιο .....                                      | 268 |
| 8.3 Ταχογεννήτριες .....                                    | 269 |
| 8.3.1 Ταχογεννήτριες συνεχούς ρεύματος .....                | 269 |
| 8.3.2 Ταχογεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος .....          | 269 |
| 8.3.3 Ταχογεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος 3 φάσεων ..... | 270 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.4 Γυροσκόπια .....                                                      | 270 |
| 8.4.1 Οπτικά γυροσκόπια .....                                             | 271 |
| 8.5 Επιταχυνσιόμετρα .....                                                | 271 |
| 8.5.1 Μηχανικό μοντέλο επιταχυνσιόμετρου .....                            | 271 |
| 8.5.2 Χωρητικό επιταχυνσιόμετρο .....                                     | 274 |
| 8.5.3 Επιταχυνσιόμετρα πιεζοαντίστασης .....                              | 275 |
| 8.5.4 Πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα .....                               | 275 |
| 8.5.5 Επιταχυνσιόμετρα θερμοστήλης .....                                  | 276 |
| 8.5.6 Επιταχυνσιόμετρα θερμαινόμενου αερίου .....                         | 277 |
| 8.5.7 Οπτικός αισθητήρας επιτάχυνσης .....                                | 278 |
| 8.6 Ταχυμετρίας απεικόνισης σωματιδίων (PIV) .....                        | 278 |
| 8.6.1 Τεχνική μέτρησης PIV .....                                          | 278 |
| 8.7 Ανεμομετρία Doppler .....                                             | 280 |
| 8.7.1 Τεχνική μέτρησης με ανεμόμετρο Doppler δύο ακτίνων .....            | 280 |
| 8.7.2 Τεχνική μέτρησης με ανεμόμετρο Doppler τύπου ακτίνας αναφοράς ..... | 281 |
| 8.8 Μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου .....                                | 282 |
| 8.8.1 Ανεμόμετρο κυπέλλων .....                                           | 282 |
| 8.8.2 Ανεμόμετρο με φτερωτή .....                                         | 283 |
| 8.8.3 Ανεμόμετρο θερμού νήματος .....                                     | 283 |
| 8.8.4 Ηχητικά ανεμόμετρα .....                                            | 283 |

## Κεφάλαιο 9: Μετρήσεις δύναμης και ροπής

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1 Εισαγωγή .....                                                                                     | 285 |
| 9.2 Μέτρηση δύναμης με δυναμοκυψέλες .....                                                             | 286 |
| 9.2.1 Κυψέλες φορτίου .....                                                                            | 286 |
| 9.2.1.1 Κυψέλες φορτίου τύπου συνδέσμου .....                                                          | 287 |
| 9.2.1.2 Κυψέλες φορτίου τύπου δοκού κάμψης .....                                                       | 289 |
| 9.2.1.3 Κυψέλη φορτίου τύπου δακτυλίου .....                                                           | 292 |
| 9.2.1.4 Κυψέλη φορτίου δακτυλίου με στοιχείο LVDT .....                                                | 293 |
| 9.2.1.5 Κυψέλη φορτίου δακτυλίου με απόλυτο κωδικοποιητή .....                                         | 293 |
| 9.2.1.6 Κυψέλη φορτίου τύπου S .....                                                                   | 293 |
| 9.2.1.7 Κυψέλη διατμητικής τάσης φορτίου .....                                                         | 294 |
| 9.2.1.8 Κυψέλη φορτίου συμπίεσης .....                                                                 | 294 |
| 9.2.1.9 Συνδεσμολογία κυψέλης φορτίου .....                                                            | 295 |
| 9.2.1.10 Σφάλματα απόκτησης και μεθοδολογίες αντιστάθμισης της τάσης μετατόπισης με δυναμοκυψέλη ..... | 295 |
| 9.2.1.11 Αντιστάθμιση μέσω λογισμικού .....                                                            | 295 |
| 9.2.1.12 Αντιστάθμιση μέσω κυκλώματος μηδενισμού .....                                                 | 296 |
| 9.2.1.13 Αντιστάθμιση μέσω ενισχυτή μηδενισμού .....                                                   | 296 |
| 9.2.1.14 Μονάδες σύνδεσης γεφυρών και βελτίωσης σήματος δυναμοκυψελών .....                            | 296 |
| 9.2.1.15 Παραδείγματα εφαρμογής δυναμοκυψελών της εταιρείας FUTEK .....                                | 297 |
| 9.3 Πνευματικά δυναμόμετρα .....                                                                       | 299 |
| 9.4 Υδραυλικά δυναμόμετρα .....                                                                        | 299 |
| 9.5 Έξυπνα δυναμόμετρα .....                                                                           | 299 |
| 9.6 Όργανα μέτρησης ισορροπίας μάζας (Ζύγιση) .....                                                    | 300 |
| 9.6.1 Ζυγός .....                                                                                      | 300 |
| 9.6.2 Δοκός βάρους .....                                                                               | 300 |
| 9.6.3 Κλιμακωτό Εκκρεμές .....                                                                         | 301 |
| 9.6.4 Ηλεκτρομαγνητικός Ζυγός .....                                                                    | 302 |
| 9.7 Μέτρηση δύναμης μέσω δονούμενου αγωγού .....                                                       | 302 |
| 9.8 Αισθητήρες μέτρησης δύναμης με πιεζοκρύσταλλους .....                                              | 303 |
| 9.8.1 Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας δύναμης τύπου τάσης .....                                             | 304 |
| 9.8.2 Τύποι πιεζοκρυστάλλων μέτρησης δύναμης .....                                                     | 304 |
| 9.8.2.1 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δύναμης γενικού σκοπού .....                                        | 305 |
| 9.8.2.2 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δύναμης τύπου διάτρησης .....                                       | 305 |
| 9.8.2.3 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δύναμης τύπου μινιατούρας .....                                     | 305 |
| 9.8.2.4 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δύναμης τύπου κρούσης .....                                         | 306 |
| 9.8.2.5 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δύναμης τύπου δακτυλίου .....                                       | 306 |
| 9.8.2.6 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δύναμης τύπου συνδέσμου .....                                       | 306 |
| 9.8.2.7 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δύναμης τύπου πολλαπλών συνιστωσών .....                            | 306 |
| 9.9 Μέτρηση ροπής .....                                                                                | 307 |
| 9.9.1 Μέτρηση ροπής σε περιστρεφόμενο άξονα με συλλέκτη δακτυλίου .....                                | 308 |
| 9.9.2 Μέτρηση ροπής σε περιστρεφόμενο άξονα με εναλλασσόμενη σύζευξη .....                             | 309 |
| 9.9.3 Μέτρηση ροπής σε περιστρεφόμενο άξονα με τηλεμετρία .....                                        | 309 |
| 9.10 Οπτική διάταξη μέτρησης ροπής .....                                                               | 310 |
| 9.11 Διάταξη μέτρησης ροπής με οδοντωτούς μαγνητικούς τροχούς .....                                    | 311 |
| 9.12 Διάταξη μέτρησης ροπής με οπτικούς δίσκους .....                                                  | 311 |
| 9.13 Μέτρηση ροπής με πέδηση Prony .....                                                               | 311 |
| 9.14 Μέτρηση ροπής με μαγνητοσυστολικά στοιχεία .....                                                  | 312 |

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.15 Εργαστηριακή εφαρμογή 1: Μέτρηση δύναμης φορτίου με δυναμοκυψέλη μέσω της μονάδας USB 9237 της National Instruments ..... | 312 |
| 9.16 Εργαστηριακή εφαρμογή 2: Μοντέλο προσομοίωσης διάταξης δυναμοκυψέλης δοκού με δύο στοιχεία μηχανομετρών .....             | 315 |

## Κεφάλαιο 10: Μετρήσεις μαγνητικών πεδίων

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1 Εισαγωγή .....                                               | 317 |
| 10.2 Μαγνητικές ιδιότητες υλικών .....                            | 319 |
| 10.2.1 Διαμαγνητικά υλικά .....                                   | 319 |
| 10.2.2 Παραμαγνητικά υλικά .....                                  | 319 |
| 10.2.3 Σιδηρομαγνητικά υλικά .....                                | 320 |
| 10.2.4 Βρόχος υστέρησης .....                                     | 320 |
| 10.3 Μαγνητικοί αισθητήρες .....                                  | 321 |
| 10.3.1 Πηνίο ανίχνευσης .....                                     | 322 |
| 10.3.2 Μαγνητόμετρο πύλης ροής .....                              | 323 |
| 10.3.3α Ατομικά μαγνητόμετρα .....                                | 324 |
| 10.3.3β Αισθητήρες φαινομένου Hall .....                          | 324 |
| 10.3.4 Εργαστηριακή Εφαρμογή 1: Μέτρηση στροφών DC κινητήρα ..... | 328 |
| 10.3.5 Μαγνητοαντίσταση .....                                     | 329 |
| 10.3.5.1 Ανισοτροπική μαγνητοαντίσταση .....                      | 329 |
| 10.3.5.2 Γιγάντιες μαγνητοαντιστάσεις .....                       | 330 |
| 10.3.5.3 Μαγνητοαντιστάσεις Τούνελ .....                          | 331 |
| 10.3.6 Μαγνητοδίοδος .....                                        | 331 |
| 10.3.7 Μαγνητοτρανζίστορ .....                                    | 332 |
| 10.3.8 Οπτικό μαγνητόμετρο .....                                  | 332 |
| 10.3.9 Αισθητήρας SQUID .....                                     | 333 |
| 10.3.9.2 Αισθητήρας DC SQUID .....                                | 335 |
| 10.3.10 Μαγνητόμετρο οπτικής άντλησης .....                       | 336 |
| 10.3.11 Μαγνητοοπτικός αισθητήρας .....                           | 336 |

## Κεφάλαιο 11: Μετρήσεις ασθενών και υψηλών ρευμάτων

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.1 Εισαγωγή .....                                                                         | 337 |
| 11.2 Αντίσταση διακλάδωσης .....                                                            | 338 |
| 11.2.1 Αντίσταση διακλάδωσης σε σύνδεση αναφοράς ως προς τη γείωση .....                    | 340 |
| 11.2.2 Αντίσταση διακλάδωσης με διαφορική σύνδεση .....                                     | 341 |
| 11.2.3 Εργαστηριακή Εφαρμογή 1 : Υλοποίηση κυκλώματος ελέγχου ρεύματος σε κινητήρα DC ..... | 343 |
| 11.2.4 Εργαστηριακή Εφαρμογή 2 : Μέτρηση ρεύματος σε κινητήρα συνεχούς .....                | 343 |
| 11.3 Μέτρηση έντασης μέσω μετασχηματιστή .....                                              | 344 |
| 11.4 Διατάξεις μέτρησης για συστήματα διαχείρισης ενέργειας .....                           | 346 |
| 11.5 Στοιχείο πηνίου Rogowski .....                                                         | 346 |
| 11.6 Μέτρηση ρεύματος με αισθητήρα φαινομένου Hall .....                                    | 348 |
| 11.7 Οπτική διάταξη μέτρησης υπέρ υψηλών εντάσεων .....                                     | 351 |

## Κεφάλαιο 12: Αισθητήρες αφής

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 12.1 Εισαγωγή .....                         | 353 |
| 12.2 Αισθητήρας αφής με μεμβράνη .....      | 354 |
| 12.3 Αισθητήρες τύπου πίνακα .....          | 354 |
| 12.4 Αισθητήρες μεταβλητής αντίστασης ..... | 355 |
| 12.5 Αισθητήρας κινούμενης ράβδου .....     | 358 |
| 12.6 Αισθητήρας φωτοανίχνευσης .....        | 358 |
| 12.7 Αισθητήρας αγωγίμου ελαστικού .....    | 359 |
| 12.8 Πνευματικοί αισθητήρες αφής .....      | 361 |
| 12.9 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες αφής .....  | 362 |
| 12.10 Υβριδικοί αισθητήρες αφής .....       | 363 |
| 12.11 Αισθητήρες αφής VLSI .....            | 364 |
| 12.12 Οπτικοί αισθητήρες αφής .....         | 364 |

## Κεφάλαιο 13: Μετρήσεις οπτικών μεγεθών

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 13.1 Εισαγωγή .....                       | 365 |
| 13.2 Θεμελιώδη μεγέθη φωτομετρίας .....   | 365 |
| 13.3 Πηγές φωτός .....                    | 368 |
| 13.3.1 Λαμπτήρας πυρακτώσεως .....        | 368 |
| 13.3.2 Λαμπτήρας αλογόνου .....           | 369 |
| 13.3.3 Λαμπτήρας φθορισμού .....          | 369 |
| 13.3.4 Δίοδος εκπομπής φωτός .....        | 370 |
| 13.3.5 Ταινία διόδων εκπομπής φωτός ..... | 370 |
| 13.4 Αισθητήρες φωτός .....               | 370 |



|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.5 Ανιχνευτές φωτονίων .....                                                     | 371 |
| 13.5.1 Φωτοαντίσταση .....                                                         | 371 |
| 13.5.2 Φωτοδίοδος .....                                                            | 372 |
| 13.5.2.1 Φωτοβολταϊκή λειτουργία φωτοδίοδου .....                                  | 374 |
| 13.5.2.2 Φωτοαγώγιμη λειτουργία δίοδου .....                                       | 374 |
| 13.5.3 Φωτοτρανζίστορ .....                                                        | 375 |
| 13.5.4 Φωτοβολταϊκό στοιχείο .....                                                 | 375 |
| 13.5.5 Φωτοβολταϊκά λεπτού υμένα .....                                             | 377 |
| 13.5.6 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο .....                                                  | 377 |
| 13.5.7 Φωτοβολταϊκό πάνελ .....                                                    | 377 |
| 13.6 Θερμικοί ανιχνευτές .....                                                     | 377 |
| 13.6.1 Στοιχείο Golay .....                                                        | 377 |
| 13.6.2 Θερμοηλεκτρικοί ανιχνευτές .....                                            | 378 |
| 13.6.2.1 Πυρανόμετρο .....                                                         | 379 |
| 13.6.2.2 Πυρανόμετρο πυριτίου .....                                                | 380 |
| 13.6.3 Ημιαγωγικοί θερμοηλεκτρικοί ανιχνευτές .....                                | 381 |
| 13.6.4 Πυροηλεκτρικοί αισθητήρες .....                                             | 381 |
| 13.6.5 Μπολόμετρα .....                                                            | 382 |
| 13.6.6 Φωτοηλεκτρικός ανιχνευτής φλόγας .....                                      | 383 |
| 13.6.7 Υπέρυθρος ενεργός αισθητήρας .....                                          | 384 |
| 13.6.8 Αισθητήρας PAR .....                                                        | 384 |
| 13.6.9 Πυργιόμετρο .....                                                           | 386 |
| 13.6.9.1 Όργανο μέτρησης της καθαρής (NET) ακτινοβολίας .....                      | 387 |
| 13.6.10 Ψυχροί ανιχνευτές .....                                                    | 389 |
| 13.6.11 Διατάξεις συζευγμένων φορτίων (CCD) .....                                  | 390 |
| 13.7 Εργαστηριακή εφαρμογή 1: Μελέτη αισθητήρας φωτοαντίσταση .....                | 392 |
| 13.8 Εργαστηριακή εφαρμογή 2: Μελέτη επίδρασης φορτίου σε φωτοβολταϊκό πάνελ ..... | 395 |

## Κεφάλαιο 14: Μετρήσεις ακουστικών μεγεθών

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.1 Εισαγωγή .....                                                                             | 399 |
| 14.2 Χαρακτηριστικά ηχητικών κυμάτων .....                                                      | 400 |
| 14.3 Ανηχοϊκοί θάλαμοι .....                                                                    | 404 |
| 14.4 Ακουστικοί αισθητήρες .....                                                                | 405 |
| 14.4.1 Υδρόφωνο .....                                                                           | 405 |
| 14.4.2 Μικρόφωνο άνθρακα .....                                                                  | 405 |
| 14.4.3 Δυναμικό μικρόφωνο .....                                                                 | 406 |
| 14.4.4 Μικρόφωνο ταινίας .....                                                                  | 407 |
| 14.4.5 Πυκνωτικό μικρόφωνο .....                                                                | 407 |
| 14.4.6 Μικρόφωνο ηλεκτρίτη .....                                                                | 409 |
| 14.4.7 Πιεζοηλεκτρικό μικρόφωνο .....                                                           | 409 |
| 14.4.8 Πιεζοηλεκτρική ταινία .....                                                              | 410 |
| 14.4.9 Μικρόφωνο οπτικών ινών .....                                                             | 410 |
| 14.4.10 Αισθητήρας επιφανειακών κυμάτων .....                                                   | 411 |
| 14.4.11 Αισθητήρας κυμάτων καμπτικής πλάκας .....                                               | 412 |
| 14.4.12 Probe δύο μικροφώνων .....                                                              | 413 |
| 14.5 Θόρυβος .....                                                                              | 414 |
| 14.5.1 Ισοακουστικές καμπύλες .....                                                             | 415 |
| 14.5.2 Φίλτρα στάθμισης καμπυλών ήχου .....                                                     | 416 |
| 14.6 Όργανα μέτρησης θορύβου .....                                                              | 416 |
| 14.6.1 Ηχόμετρο .....                                                                           | 416 |
| 14.6.2 Όργανο μέτρησης των ηχητικών δονήσεων .....                                              | 418 |
| 14.6.3 Συσκευές αποτίμησης της έκθεσης σε ηχητική ρύπανση .....                                 | 418 |
| 14.6.4 Ηχοδοσίμετρο .....                                                                       | 419 |
| 14.6.5 Τεχνικά προβλήματα κατά τις μετρήσεις θορύβων .....                                      | 419 |
| 14.7 Ηχοεντοπιστικά συστήματα .....                                                             | 419 |
| 14.7.1 Ακουστικός υποθαλάσσιος μεταδότης .....                                                  | 419 |
| 14.7.2 Σόναρ .....                                                                              | 420 |
| 14.7.3 Ηχοσημαντήρας .....                                                                      | 421 |
| 14.8 Εργαστηριακή εφαρμογή 1: Καταγραφή και επεξεργασία ήχου μέσω υπολογιστικών διατάξεων ..... | 422 |
| 14.9 Εργαστηριακή εφαρμογή 2: Ακουστική ποτηριών .....                                          | 424 |

## Κεφάλαιο 15: Μετρήσεις ιονίζουσας ακτινοβολίας

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 15.1 Εισαγωγή .....                      | 427 |
| 15.2 Σπινθηριστής .....                  | 428 |
| 15.3 Φωτοπολλαπλασιαστής καναλιού .....  | 430 |
| 15.4 Ανιχνευτές ιονισμού .....           | 430 |
| 15.4.1 Θάλαμος ιονισμού .....            | 430 |
| 15.4.2 Αναλογικός θάλαμος ιονισμού ..... | 432 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 15.4.3 Μετρητής Geiger-Möller .....    | 433 |
| 15.4.4 Θάλαμος ολίσθησης .....         | 433 |
| 15.5 Ανιχνευτές ημιαγωγών .....        | 433 |
| 15.6 Σωλήνας παραγωγής ακτίνων Χ ..... | 435 |

## Κεφάλαιο 16: Μετρήσεις χημικών μεγεθών

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 16.1 Εισαγωγή .....                                                    | 437 |
| 16.2 Χαρακτηριστικά χημικών αισθητήρων .....                           | 437 |
| 16.2.1 Άμεσοι χημικοί αισθητήρες .....                                 | 438 |
| 16.2.2 Έμμεσοι χημικοί αισθητήρες .....                                | 439 |
| 16.3 Αισθητήρες μέτρησης οξειδοαναγωγής (ORP) .....                    | 439 |
| 16.4 Χημικοί αισθητήρες μεταλλικού οξειδίου .....                      | 440 |
| 16.4.1 Εμπορικοί τύποι αισθητήρων μεταλλικού οξειδίου .....            | 442 |
| 16.5 Χημικό FET (chemFET) .....                                        | 442 |
| 16.6 Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες .....                                   | 443 |
| 16.7 Χημικοί αισθητήρες θερμικού φαινομένου .....                      | 443 |
| 16.7.1 Αισθητήρας Pellistor .....                                      | 444 |
| 16.8 Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες αερίων .....                            | 445 |
| 16.8.1 Εμπορικοί τύποι ηλεκτροχημικών αισθητήρων αερίου .....          | 446 |
| 16.9 Αισθητήρες μέτρησης, διαλυτού οξυγόνου .....                      | 446 |
| 16.9.1 Πολαρογραφικό ηλεκτρόδιο O <sub>2</sub> τύπου Clark .....       | 446 |
| 16.9.2 Γαλβανικοί αισθητήρες μέτρησης διαλυτού οξυγόνου .....          | 447 |
| 16.10 Αισθητήρες οξυγόνου οξειδίων ζιρκονίου (ZrO <sub>2</sub> ) ..... | 447 |
| 16.11 Παραμαγνητικός αισθητήρας οξυγόνου .....                         | 449 |
| 16.12 Οπτικοί χημικοί αισθητήρες .....                                 | 449 |
| 16.12.1 Οπτικός αισθητήρας CO <sub>2</sub> .....                       | 449 |
| 16.13 Χημικοί αισθητήρες οπτικής ίνας .....                            | 450 |
| 16.14 Φασματογράφος μάζας .....                                        | 450 |
| 16.14.1 Φασματογράφος χρόνου πτήσης .....                              | 452 |
| 16.15 Υπέρυβρη φασματογραφία για ανίχνευση CO <sub>2</sub> .....       | 454 |
| 16.16 Τετραπολικός φασματογράφος μαζών .....                           | 454 |
| 16.17 Κυψέλη βολταμετρίας .....                                        | 455 |
| 16.18 Αέριος χρωματογράφος .....                                       | 456 |
| 16.19 Υγρός χρωματογράφος υψηλής πίεσης .....                          | 457 |

## Κεφάλαιο 17: Μετρήσεις βιοϊατρικών μεγεθών

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.1 Εισαγωγή .....                                                                                                                  | 459 |
| 17.2 Η αρχή της ποτενσιομετρίας .....                                                                                                | 460 |
| 17.3 Ηλεκτρόδια λήψης βιοσημάτων .....                                                                                               | 461 |
| 17.3.1 Ηλεκτρόδια επαφής .....                                                                                                       | 461 |
| 17.3.1.1 Ηλεκτρόδιο επαφής περιόδου .....                                                                                            | 461 |
| 17.3.1.2 Ηλεκτρόδιο βεντούζας απορρόφησης .....                                                                                      | 461 |
| 17.3.1.3 Ηλεκτρόδιο επαφής Ag/AgCl .....                                                                                             | 461 |
| 17.3.2 Ενδοσωματικά ηλεκτρόδια .....                                                                                                 | 462 |
| 17.3.2.1 Ηλεκτρόδιο βελόνης .....                                                                                                    | 462 |
| 17.3.2.2 Ενδοσωματικά ηλεκτρόδια καθετήρα .....                                                                                      | 462 |
| 17.3.2.3 Μικροηλεκτρόδια .....                                                                                                       | 463 |
| 17.3.2.4 Γυάλινο /μεταλλικό μικροηλεκτρόδιο .....                                                                                    | 463 |
| 17.3.2.5 Μικροηλεκτρόδιο εμπλουτισμένου υγρού .....                                                                                  | 464 |
| 17.3.2.6 Ηλεκτρόδιο αναφοράς .....                                                                                                   | 464 |
| 17.3 Μέθοδος καθήλωσης τάσης .....                                                                                                   | 464 |
| 17.4 Φωτοχρωματομετρία .....                                                                                                         | 465 |
| 17.4.1 Μέτρηση επιπέδου διοξειδίου του άνθρακα στο αναπνευστικό σύστημα .....                                                        | 467 |
| 17.4.2 Μέτρηση ηλεκτρολυτών .....                                                                                                    | 467 |
| 17.5 Φωτοπληθυσμογράφημα (PPG) .....                                                                                                 | 469 |
| 17.5.1 Μέτρηση οξυγόνου αίματος μέσω φωτοπληθυσμογραφήματος .....                                                                    | 471 |
| 17.6 Μέτρηση καρδιακής παροχής με θερμοαραίωση .....                                                                                 | 472 |
| 17.7 Τεχνική δοκιμής καταπόνησης βιολογικών βαλβίδων καρδιάς .....                                                                   | 473 |
| 17.8 Υπέρηχος απεικόνισης .....                                                                                                      | 475 |
| 17.9 Ηχοκαρδιογράφος .....                                                                                                           | 475 |
| 17.10 Λογισμικά μετρήσεων βιοϊατρικών μεγεθών .....                                                                                  | 475 |
| 17.11 Εργαστηριακή εφαρμογή 1: Ανάπτυξη πειραματικής διάταξης ελέγχου μηχανικής παλάμης μέσω μέτρησης βιοδυναμικών μυός χεριού ..... | 476 |

## Κεφάλαιο 18: Μετρήσεις στην ηλεκτροφυσιολογία των φυτών

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 18.1 Εισαγωγή στην ηλεκτροφυσιολογία των φυτών ..... | 479 |
| 18.2 Αβιοτική και βιοτική καταπόνηση .....           | 480 |



|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.2.1 Αβιοτική καταπόνηση .....                                                                                     | 480 |
| 18.2.2 Βιοτική καταπόνηση .....                                                                                      | 480 |
| 18.3 Ορισμοί και τύποι βιοσημάτων των φυτών .....                                                                    | 481 |
| 18.3.1 Δυναμικό ηρεμίας .....                                                                                        | 482 |
| 18.3.2 Δυναμικό δράσης AP .....                                                                                      | 482 |
| 18.3.3 Δυναμικό μεταβολής .....                                                                                      | 485 |
| 18.3.4 Διαφοροποίηση μεταξύ AP & VP σήματος .....                                                                    | 485 |
| 18.3.5 Μέτρηση του AP & VP σήματος .....                                                                             | 485 |
| 18.4 Μαθηματική προσομοίωση του δυναμικού μεμβράνης .....                                                            | 487 |
| 18.5 Κανάλια μετάδοσης βιοηλεκτρικών σημάτων .....                                                                   | 489 |
| 18.6 Τεχνικές μετρήσεων βιοσημάτων .....                                                                             | 491 |
| 18.6.1 Δημιουργώντας επαφή με το φυτό .....                                                                          | 491 |
| 18.6.2 Τεχνική μέτρησης σε επίπεδο δυναμικού μεμβράνης (MP) .....                                                    | 491 |
| 18.6.3 Τεχνική μέτρησης των δυναμικών δράσης και ανάπαυσης .....                                                     | 493 |
| 18.6.4 Τεχνική μέτρησης των ηλεκτρικών σημάτων μέσα στο φλοιώμα .....                                                | 493 |
| 18.7 Σύστημα συλλογής, καταγραφής και επεξεργασίας βιοσημάτων των φυτικών οργανισμών .....                           | 494 |
| 18.7.1 Αισθητήρας Ag/AgCl .....                                                                                      | 495 |
| 18.7.2 Μονάδα ενισχυτή υψηλής εμπέδησης αισθητήρα Ag/AgCl .....                                                      | 496 |
| 18.7.3 Μονάδα φίλτρου αντι-αναδίπλωσης (anti-alias filter) .....                                                     | 496 |
| 18.7.4 Μονάδα συλλογής δεδομένων (DAQ) .....                                                                         | 497 |
| 18.7.5 Κώδικας επεξεργασίας, απεικόνισης και καταγραφής βιοσημάτων .....                                             | 497 |
| 18.8 Πειραματική μέθοδος ανίχνευσης βιοσήματος κατά τη μεταβολή της αγωγιμότητας (EC) του θρεπτικού διαλύματος ..... | 497 |
| 18.9 Διερεύνηση της επίδρασης της ενεργού φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας (PAR) στη μορφολογία του βιοσήματος .....      | 500 |
| 18.10 Οφέλη εφαρμογής των βιοσημάτων .....                                                                           | 502 |

## Κεφάλαιο 19: Αισθητήρες διαφόρων φυσικών μεγεθών

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 19.1 Μέτρηση της οξύτητας σε υγρό μέσο με χρήση pHμετρου .....                              | 503 |
| 19.1.1 Ορισμός της οξύτητας (pH) .....                                                      | 503 |
| 19.1.2 Ποτενσιομετρικός προσδιορισμός του pH .....                                          | 503 |
| 19.1.3 Ηλεκτρόδια μέτρησης του pH .....                                                     | 505 |
| 19.2 Μέτρηση της υγρασίας σε αέρια και στερεά μέσα .....                                    | 506 |
| 19.2.1 Μέτρηση της υγρασίας σε αέρια μέσα .....                                             | 506 |
| 19.2.1.1 Αισθητήρες μεταβλητής χωρητικότητας .....                                          | 506 |
| 19.2.1.2 Αισθητήρες μεταβλητής αντίστασης .....                                             | 507 |
| 19.2.2 Μέτρηση της υγρασίας σε στερεά μέσα .....                                            | 507 |
| 19.2.2.1 Αισθητήρες μικροκυμάτων .....                                                      | 507 |
| 19.2.2.2 Ωμικοί αισθητήρες (κύβοι γύψου ή πορώδους υλικού) .....                            | 507 |
| 19.2.2.3 Αισθητήρες μέτρησης της χωρητικότητας .....                                        | 508 |
| 19.2.2.4 Αισθητήρες χρόνου ανάκλασης .....                                                  | 508 |
| 19.2.2.5 Αισθητήρας σκέδασης θερμοκρασίας .....                                             | 508 |
| 19.3 Τενσιόμετρο .....                                                                      | 508 |
| 19.4 Αγωγιμόμετρο .....                                                                     | 510 |
| 19.5 Μέτρηση του ιξώδους σε υγρό μέσο .....                                                 | 511 |
| 19.6 Μέτρηση της συγκέντρωσης ιόντων σε υγρό μέσο με χρήση ιοντοεκλεκτικών αισθητήρων ..... | 512 |
| 19.6.1 Αισθητήρες ISE και ELIT ISE .....                                                    | 512 |
| 19.6.2 Αισθητήρες ISFET .....                                                               | 513 |
| 19.7 Αισθητήρες μέτρησης της συγκέντρωσης του CO <sub>2</sub> σε αέριο περιβάλλον .....     | 513 |
| 19.7.1 Αισθητήρες NDIR και DIR .....                                                        | 514 |
| 19.9 Αισθητήρες μέτρησης της συγκέντρωσης αερίων .....                                      | 515 |
| 19.9.1 Αισθητήρας φωτοιονισμού .....                                                        | 515 |
| 19.10 Μέτρηση της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη με αισθητήρες φθορισμού .....    | 516 |
| 19.11 Αισθητήρας ανίχνευσης φυσαλίδων .....                                                 | 517 |

## Κεφάλαιο 20: Μετρήσεις περιβαλλοντικών μεγεθών

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 20.1 Εισαγωγή .....                                                                                                                                           | 519 |
| 20.2 Συστήματα λήψης δειγμάτων .....                                                                                                                          | 520 |
| 20.2.1 Δειγματοληψία με απευθείας παρεμβολή του δειγματολήπτη στη γραμμή παραγωγής .....                                                                      | 520 |
| 20.2.2 Δειγματοληψία με συνεχή απόσπαση παραγόμενου υλικού από τη γραμμή παραγωγής και μεταφορά του μέσω ειδικών γραμμών μεταφοράς στο σύστημα ανάλυσης ..... | 521 |
| 20.2.3 Περιοδική απόσπαση του παραγόμενου υλικού από τη γραμμή παραγωγής .....                                                                                | 521 |
| 20.2.4 Αυτόματοι δειγματολήπτες υγρών δειγμάτων .....                                                                                                         | 522 |
| 20.3 Μετρήσεις σε υγρά απόβλητα .....                                                                                                                         | 522 |
| 20.3.1 Υγρά απόβλητα .....                                                                                                                                    | 522 |
| 20.3.2 Μέτρηση των φυσικών και χημικών μεγεθών των υγρών αποβλήτων .....                                                                                      | 525 |
| 20.3.3 Αισθητήρες και συστήματα ανάλυσης .....                                                                                                                | 525 |
| 20.3.3.1 Μετρήσεις χημικών ρύπων με χρήση ειδικών αισθητήρων .....                                                                                            | 525 |
| 20.3.3.2 Συσκευές καθαρισμού αισθητήρων .....                                                                                                                 | 526 |
| 20.3.3.3 Αισθητήρες μέτρησης διαλυτού οξυγόνου (DO) .....                                                                                                     | 529 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 20.3.3.4 Αισθητήρες μέτρησης ολικού άνθρακα (TC) και ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) | 530 |
| 20.3.3.5 Ανάλυση TOC με χρήση ανιχνευτή ιονισμού φλόγας                             | 530 |
| 20.3.3.6 Ανάλυση TOC με μέτρηση της αγωγιμότητας                                    | 531 |
| 20.3.3.7 Μέθοδος κλασικής χημικής ανάλυσης                                          | 531 |
| 20.3.3.8 Φασματοσκοπία                                                              | 532 |
| 20.3.3.9 Μέτρηση ρύπων με χρήση κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας                     | 532 |
| 20.4 Μετρήσεις στερεών σωματιδίων και λιπαρών ουσιών σε υγρά απόβλητα               | 533 |
| 20.4.1.1 Αισθητήρας μέτρησης ιλύος                                                  | 533 |
| 20.4.1.2 Μέτρηση της συνεκτικότητας της ιλύος                                       | 533 |
| 20.4.1.3 Αισθητήρες μέτρησης της θολότητας                                          | 534 |
| 20.4.1.4 Μέτρηση της θολότητας με αισθητήρα διαπερατότητας                          | 535 |
| 20.4.1.5 Μέτρηση της θολότητας με αισθητήρα διπλής δέσμης                           | 535 |
| 20.4.1.6 Μέτρηση της θολότητας με αισθητήρα τύπου λέιζερ                            | 536 |
| 20.4.1.7 Μέτρηση της θολότητας με αισθητήρα διάχυσης                                | 536 |
| 20.4.1.8 Μέτρηση της θολότητας μέσω της ανακλώμενης ακτινοβολίας (επανασκέδαση)     | 537 |
| 20.4.1.9 Συστήματα μέτρησης των αιωρούμενων κολλοειδών                              | 537 |
| 20.4.1.10 Συστήματα μέτρησης των λιπαρών και ελαίουχων ουσιών σε υγρά λύματα        | 538 |
| 20.5 Μετρήσεις αέριων ρύπων                                                         | 540 |
| 20.5.1 Τεχνικές δειγματοληψίας αέριων ρύπων                                         | 541 |
| 20.5.2 Συστήματα ανάλυσης αέριων ρύπων                                              | 544 |
| 20.5.3 Αισθητήρες μέτρησης αέριων ρύπων                                             | 544 |
| 20.5.4 Συνεχής απεικόνιση αέριων εκπομπών                                           | 545 |
| 20.6 Τεχνικές μέτρησης αέριων ρύπων από απόσταση                                    | 546 |
| 20.6.1 Μέτρηση αέριων ρύπων μέσω FTIR                                               | 547 |
| 20.6.2 φασματοσκοπία UV                                                             | 547 |
| 20.6.3 Συσχέτιση του αερίου δείγματος με μάρτυρα                                    | 547 |
| 20.6.4 Ανίχνευση του φάσματος απορρόφησης                                           | 547 |
| 20.6.5 Απορρόφηση ακτινοβολίας Laser                                                | 547 |
| 20.6.6 Φωτοακουστική φασματοσκοπία                                                  | 547 |
| 20.6.7 LIDAR (Light Detection And Ranging)                                          | 547 |
| 20.6.8 Φασματοσκοπία δέσμης Laser εκπεμπόμενης από δίοδο                            | 547 |
| 20.7 Τεχνικές διαχωρισμού των στερεών ρύπων από αέριο μέσο                          | 548 |
| 20.7.1 Φίλτρα κλασικού τύπου                                                        | 548 |
| 20.7.2 Φιλτράρισμα στερεών ρύπων με πλύση και πρόσκρουση                            | 548 |
| 20.7.3 Φίλτρα ηλεκτροστατικής κατακρήμνισης (ESP)                                   | 550 |
| 20.7.4 Φίλτρα θερμικής κατακρήμνισης                                                | 550 |
| 20.7.5 Φίλτρα κυκλωνισμού                                                           | 550 |
| 20.7.6 Φίλτρα περιστρεφόμενων δίσκων                                                | 550 |
| 20.8 Ηχορύπανση                                                                     | 552 |
| 20.8.1 Βασικές αρχές μέτρησης της ηχορύπανσης                                       | 552 |
| 20.8.2 Όργανα μέτρησης του θορύβου                                                  | 554 |

## Κεφάλαιο 21: Έξυπνοι αισθητήρες και πρότυπα μεταφοράς δεδομένων

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 21.1 Εισαγωγή στους έξυπνους αισθητήρες                                      | 555 |
| 21.2 Λειτουργίες έξυπνων αισθητήρων                                          | 557 |
| 21.2.1 Λειτουργία ελέγχου διέγερσης                                          | 557 |
| 21.2.2 Λειτουργία προσαρμογής σήματος                                        | 557 |
| 21.2.3 Λειτουργία αυτοβαθμονόμησης                                           | 558 |
| 21.2.4 Λειτουργία επιτήρησης – παρακολούθησης                                | 558 |
| 21.3 Πρότυπα επικοινωνίας έξυπνων αισθητήρων                                 | 559 |
| 21.3.1 Το πρότυπο IEEE 1451.0                                                | 559 |
| 21.3.2 Το πρότυπο IEEE 1451.1                                                | 560 |
| 21.3.3 Το πρότυπο IEEE 1451.2                                                | 560 |
| 21.3.4 Το πρότυπο IEEE 1451.3                                                | 563 |
| 21.3.5 Το πρότυπο IEEE 1451.4                                                | 563 |
| 21.3.6 Το πρότυπο IEEE 1451.5                                                | 566 |
| 21.3.7 Το πρότυπο IEEE 1451.6                                                | 566 |
| 21.4 Πρότυπα μεταφοράς δεδομένων συσκευών                                    | 566 |
| 21.4.1 Το πρότυπο RS-232                                                     | 566 |
| 21.4.2 Το πρότυπο RS-422                                                     | 571 |
| 21.4.3 Το πρότυπο RS-485                                                     | 572 |
| 21.4.4 Το πρότυπο I <sup>2</sup> C                                           | 572 |
| 21.4.5 Το πρότυπο SPI                                                        | 573 |
| 21.4.6 Το πρότυπο CAN-bus                                                    | 574 |
| 21.4.7 Το πρότυπο USB                                                        | 575 |
| 21.4.8 Το πρότυπο GPIB (IEEE-488)                                            | 575 |
| 21.4.9 Το πρότυπο Firewire (IEEE-1394)                                       | 580 |
| 21.4.10 Το πρότυπο 1-Wire                                                    | 581 |
| 21.4.11 Εργαστηριακή Εφαρμογή 1 : Προγραμματισμός LabVIEW για πρότυπο RS-232 | 581 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 21.4.12 Ο βρόχος 4-20mA ..... | 584 |
| 21.4.13 Το πρότυπο AS-I ..... | 585 |
| 21.4.14 Δίκτυο Profibus ..... | 586 |

## Κεφάλαιο 22: Ασύρματοι αισθητήρες ZigBEE

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 22.1 Εισαγωγή .....                                                                      | 587 |
| 22.2 Εφαρμογές ZigBee .....                                                              | 588 |
| 22.2.1 Μετρήσεις και εφαρμογές στη βιομηχανία .....                                      | 588 |
| 22.2.2 Μετρήσεις και παρακολούθηση στη γεωργία .....                                     | 589 |
| 22.2.3 Παρακολούθηση έμβιων όντων .....                                                  | 589 |
| 22.2.4 Παρακολούθηση της δομικής κατάστασης κατασκευών .....                             | 589 |
| 22.2.5 Υγειονομική περίθαλψη .....                                                       | 589 |
| 22.2.6 Εφαρμογή σε τηλεματική αυτοκινήτων .....                                          | 589 |
| 22.3 Αναλυτές ZigBee .....                                                               | 590 |
| 22.4 Ασύρματα προσωπικά δίκτυα χαμηλού ρυθμού LR-WPAN .....                              | 590 |
| 22.4.1 Σχηματισμός δικτύων αστέρα .....                                                  | 592 |
| 22.4.2 Σχηματισμός δικτύων p2p .....                                                     | 592 |
| 22.4.3 Δομή υπερπλαισίου .....                                                           | 592 |
| 22.4.4 Πρότυπο μεταφοράς δεδομένων .....                                                 | 593 |
| 22.4.5 Μεταφορά δεδομένων από συσκευή RFD προς ένα συντονιστή FFD .....                  | 594 |
| 22.4.6 Μεταφορά δεδομένων από συντονιστή FFD προς συσκευή RFD .....                      | 594 |
| 22.4.7 Διομότιμη μεταφορά δεδομένων .....                                                | 594 |
| 22.5 Αρχιτεκτονική του LR-WPAN IEEE 802.15.4 .....                                       | 595 |
| 22.6 Το φυσικό επίπεδο (PHY) .....                                                       | 595 |
| 22.6.1 Διαμόρφωση των πακέτων .....                                                      | 597 |
| 22.6.1.1 Διαμόρφωση της μονάδας δεδομένων του φυσικού πρωτοκόλλου (PPDU) .....           | 597 |
| 22.6.2 Υλικό (hardware) ενός ασύρματου κόμβου ZigBEE .....                               | 598 |
| 22.6.2.1 Μονάδα ενισχυτή σήματος υψηλής εμπέδησης εισόδου .....                          | 599 |
| 22.6.2.2 Μονάδα φίλτρου αναδίπλωσης σήματος .....                                        | 600 |
| 22.6.2.3 Μικροελεγκτής .....                                                             | 600 |
| 22.6.2.4 RF modem ZigBEE/IEEE 802.15.4 .....                                             | 601 |
| 22.7 Δίκτυα ZigBEE .....                                                                 | 603 |
| 22.7.1 Σύνδεση τελικών σημείων .....                                                     | 606 |
| 22.7.2 Μηχανισμός μεταφοράς δεδομένων .....                                              | 606 |
| 22.8 Σωρός ZigBEE .....                                                                  | 607 |
| 22.8.1 Στρώμα εφαρμογής (APL) του σωρού της Microchip .....                              | 607 |
| 22.8.2 Το υποεπίπεδο υποστήριξης της εφαρμογής (APS) του σωρού της Microchip .....       | 607 |
| 22.8.3 Το επίπεδο δικτύου του σωρού της Microchip .....                                  | 607 |
| 22.8.4 Το επίπεδο ZDO του σωρού της Microchip .....                                      | 608 |
| 22.8.5 Το επίπεδο ZigBEE Device Profile Layer του σωρού της Microchip .....              | 608 |
| 22.8.6 Το επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης MAC του σωρού της Microchip ..... | 608 |

## Κεφάλαιο 23: Διατάξεις τελεστικών ενισχυτών για συστήματα μετρήσεων

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 23.1 Τελεστικοί ενισχυτές .....                                                               | 609 |
| 23.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά τελεστικών ενισχυτών .....                                        | 610 |
| 23.3 Μονοπολική τροφοδοσία τελεστικών ενισχυτών .....                                         | 618 |
| 23.3.1 Εικονική γη .....                                                                      | 618 |
| 23.4 Διατάξεις τελεστικών ενισχυτών .....                                                     | 620 |
| 23.4.1 Αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής .....                                                  | 620 |
| 23.4.2 Μη αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής .....                                               | 622 |
| 23.4.3 Τελεστικός ενισχυτής σήματος βίντεο .....                                              | 622 |
| 23.4.4 Τελεστικός ενισχυτής ως ακόλουθος τάσης .....                                          | 623 |
| 23.4.5 Ακόλουθος τάσης κορυφής .....                                                          | 624 |
| 23.4.6 Τελεστικός ενισχυτής ως αθροιστής .....                                                | 624 |
| 23.4.7 Τελεστικός ενισχυτής μέσης τιμής .....                                                 | 626 |
| 23.4.8 Τελεστικός ενισχυτής διαφοράς .....                                                    | 627 |
| 23.4.9 Τελεστικός ενισχυτής ως συγκριτής με εισαγωγή υστέρησης .....                          | 628 |
| 23.4.10 Διάταξη τελεστικού ως συγκριτή θετικής & αρνητικής τάσης αναφοράς .....               | 631 |
| 23.4.11 Διάταξη τελεστικού ενισχυτή ως ανιχνευτή διέλευσης από το μηδέν .....                 | 631 |
| 23.4.12 Τελεστικός ενισχυτής ως ολοκληρωτής .....                                             | 633 |
| 23.4.13 Τελεστικός ενισχυτής ως διαφοριστής .....                                             | 634 |
| 23.4.14 Λογαριθμικός τελεστικός ενισχυτής .....                                               | 635 |
| 23.4.15 Αντιλογαριθμικός τελεστικός ενισχυτής .....                                           | 636 |
| 23.4.14 Τελεστικός ενισχυτής ως συντονιστής .....                                             | 636 |
| 23.4.15 Τελεστικός ενισχυτής γέφυρας .....                                                    | 637 |
| 23.4.16 Τελεστικός ενισχυτής απόλυτης τιμής .....                                             | 638 |
| 23.4.17 Τελεστικός ενισχυτής σε διάταξη ενεργού φίλτρου .....                                 | 639 |
| 23.4.18 Εργαστηριακή Εφαρμογή 1: Μελέτη χαρακτηριστικών διαφορικού ενισχυτή στο συνεχές ..... | 645 |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 23.4.19 Εργαστηριακή Εφαρμογή 2: Μελέτη χαρακτηριστικών διαφορικού ενισχυτή στο εναλλασσόμενο .....  | 645 |
| 23.4.20 Εργαστηριακή Εφαρμογή 3: Μελέτη αναστρέφοντα τελεστικού ενισχυτή .....                       | 647 |
| 23.4.21 Εργαστηριακή Εφαρμογή 4: Μελέτη τελεστικού ενισχυτή διαφοράς .....                           | 648 |
| 23.4.22 Εργαστηριακή Εφαρμογή 5: Μελέτη μη αναστρέφοντα τελεστικού ενισχυτή .....                    | 648 |
| 23.4.23 Εργαστηριακή εφαρμογή 6: Μελέτη μη αναστρέφοντα τελεστικού ενισχυτή με πραγματικό σήμα ..... | 649 |

## Κεφάλαιο 24: Διατάξεις ενισχυτών για συστήματα μετρήσεων

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 24.1 Ενισχυτές σήματος .....                                                                           | 653 |
| 24.2 Ενισχυτής οργανολογίας .....                                                                      | 653 |
| 24.2.1 Χαρακτηριστικά ενισχυτή οργανολογίας .....                                                      | 654 |
| 24.2.1.1 Λόγος απόρριψης κοινών σημάτων .....                                                          | 655 |
| 24.2.1.2 Λόγος απόρριψης κοινών εναλλασσόμενων σημάτων .....                                           | 655 |
| 24.2.1.3 Σφάλμα με αναφορά εισόδου .....                                                               | 656 |
| 24.2.1.4 Σφάλμα με αναφορά εξόδου .....                                                                | 656 |
| 24.2.1.5 Χρόνος αποκατάστασης .....                                                                    | 656 |
| 24.2.1.6 Κλίμακα κέρδους (Περιοχή τιμών κέρδους) .....                                                 | 656 |
| 24.2.1.7 Σφάλμα κέρδους .....                                                                          | 656 |
| 24.2.1.8 Ρεύμα ηρεμίας .....                                                                           | 657 |
| 24.2.1.9 Κλίμακα τάσης λειτουργίας .....                                                               | 657 |
| 24.2.1.10 Μέγιστο σφάλμα μη γραμμικότητας .....                                                        | 657 |
| 24.2.1.11 Λόγος απόρριψης τάσης τροφοδοσίας .....                                                      | 658 |
| 24.2.2 Σύνδεση στοιχείων μετασχηματιστή, θερμοζεύγους και χωρητικότητας σε ενισχυτή οργανολογίας ..... | 658 |
| 24.3 Τύποι ενισχυτών οργανολογίας .....                                                                | 659 |
| 24.3.1 Ενισχυτής οργανολογίας δύο τελεστικών ενισχυτών .....                                           | 659 |
| 24.3.2 Ενισχυτής οργανολογίας τριών τελεστικών ενισχυτών .....                                         | 661 |
| 24.4 Ενισχυτές απομόνωσης .....                                                                        | 664 |
| 24.4.1 Ενισχυτές απομόνωσης δύο και τριών τμημάτων .....                                               | 664 |
| 24.4.2 Ενισχυτής απομόνωσης μέσω ηλεκτρομαγνητικής σύζευξης .....                                      | 666 |
| 24.4.3 Ενισχυτής απομόνωσης μέσω οπτικής σύζευξης .....                                                | 666 |
| 24.4.4 Ενισχυτής απομόνωσης μέσω χωρητικής σύζευξης .....                                              | 667 |
| 24.5 Κάρτες με ενισχυτές αναλογικής και ψηφιακής απομόνωσης .....                                      | 668 |
| 24.6 Ενισχυτής κατάτμησης .....                                                                        | 669 |
| 24.7 Ενισχυτής κατάτμησης σταθερής σύνδεσης εισόδου-εξόδου .....                                       | 670 |
| 24.8 Ενισχυτές με προγραμματιζόμενο κέρδος .....                                                       | 670 |
| 24.8.1 Ενισχυτής μεταβλητού κέρδους ελεγχόμενος από τάση .....                                         | 670 |
| 24.8.2 Ενισχυτής ψηφιακά ελεγχόμενου κέρδους .....                                                     | 671 |
| 24.8.3 Ενισχυτής προγραμματιζόμενου κέρδους .....                                                      | 672 |
| 24.8.4 Προγραμματιζόμενος ενισχυτής οργανολογίας .....                                                 | 673 |
| 24.9 Ενισχυτής αυτόματου κέρδους .....                                                                 | 676 |

## Κεφάλαιο 25: Διατάξεις πολυπλεξίας και δειγματοληψίας σε συστήματα απόκτησης δεδομένων

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 25.1 Η έννοια της πολυπλεξίας .....                                                                          | 677 |
| 25.2 Λογικοί πολυπλέκτες και αποπολυπλέκτες .....                                                            | 678 |
| 25.3 Αναλογικοί πολυπλέκτες και αποπολυπλέκτες .....                                                         | 682 |
| 25.4 Διακόπτες στερεάς κατάστασης .....                                                                      | 682 |
| 25.4.1 Εργαστηριακή Εφαρμογή 1: Ανάπτυξη συστήματος απεικόνισης στάθμης 4 επιπέδων σε δεξαμενή ρευστού ..... | 685 |
| 25.4.2 Πηγές σφαλμάτων στους διακόπτες CMOS .....                                                            | 687 |
| 25.4.3 Μέθοδοι προστασίας διακοπών CMOS .....                                                                | 690 |
| 25.4.4 Ειδικές περιπτώσεις ηλεκτρονικών διακοπών .....                                                       | 690 |
| 25.4.5 Χρήσεις ηλεκτρονικών διακοπών σε προγραμματιζόμενους ενισχυτές σήματος .....                          | 691 |
| 25.5 Κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης .....                                                            | 692 |
| 25.5.1 Διάταξη δειγματοληψίας/συγκράτησης με ακόλουθο ανοικτού βρόχου σε συνδεσμολογία σειράς .....          | 694 |
| 25.5.2 Διάταξη δειγματοληψίας/συγκράτησης με ακόλουθο κλειστού βρόχου σε συνδεσμολογία σειράς .....          | 695 |
| 25.5.3 Διάταξη δειγματοληψίας / συγκράτησης με ολοκληρωτή κλειστού βρόχου .....                              | 696 |
| 25.5.4 Κύκλωμα δειγματοληψίας/συγκράτησης ανοικτού βρόχου με γέφυρα διόδων .....                             | 696 |
| 25.6 Σφάλματα μετάβασης καταστάσεων .....                                                                    | 697 |
| 25.6.1 Σφάλματα κατά τη μετάβαση από την κατάσταση συγκράτησης σε κατάσταση δειγματοληψία .....              | 697 |
| 25.6.1.1 Χρόνος απόκτησης .....                                                                              | 697 |
| 25.6.1.2 Χρόνος αποκατάστασης δειγματοληψίας .....                                                           | 697 |
| 25.6.2 Σφάλματα κατά τη χρονική διάρκεια της δειγματοληψίας .....                                            | 698 |
| 25.6.2.1 Μη γραμμική απολαβή .....                                                                           | 698 |
| 25.6.2.2 Σφάλμα μετατόπισης από ολίσθηση θερμοκρασίας .....                                                  | 698 |
| 25.6.3 Σφάλματα κατά τη μετάβαση από την κατάσταση δειγματοληψίας στην κατάσταση συγκράτησης .....           | 698 |
| 25.6.3.1 Χρονική καθυστέρηση ανοίγματος .....                                                                | 698 |
| 25.6.3.2 Διακύμανση κατάστασης ανοίγματος .....                                                              | 698 |
| 25.6.4 Σφάλματα κατά την κατάσταση συγκράτησης .....                                                         | 699 |
| 25.6.4.1 Επίδραση της διηλεκτρικής μεταβολής .....                                                           | 699 |
| 25.6.4.2 Σφάλμα διοχέτευσης .....                                                                            | 699 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 25.6.4.3 Σφάλμα πτώσης .....                                                              | 699 |
| 25.7 Ταυτόχρονη δειγματοληψία .....                                                       | 700 |
| 25.7.1 Διατάξεις ταυτόχρονης δειγματοληψίας .....                                         | 700 |
| 25.7.2 Διατάξεις πολλαπλών μετατροπών ADC .....                                           | 701 |
| 25.7.3 Εργαστηριακή Εφαρμογή 2: Προσομοίωση κυκλώματος δειγματοληψίας & συγκράτησης ..... | 702 |

## Κεφάλαιο 26: Μετατροπείς ADC και DAC

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 26.1 Μετατροπείς από αναλογικό σε ψηφιακό .....                                               | 705 |
| 26.2 Δειγματοληψία .....                                                                      | 706 |
| 26.3 Υπολογισμός συχνοτήτων αναδίπλωσης .....                                                 | 709 |
| 26.3.1 Γραφικός υπολογισμός συχνοτήτων αναδίπλωσης .....                                      | 709 |
| 26.3.2 Υπολογιστική μέθοδος αναδιπλωμένων συχνοτήτων .....                                    | 711 |
| 26.4 Κβαντοποίηση .....                                                                       | 718 |
| 26.5 Κωδικοποίηση .....                                                                       | 718 |
| 26.6 Χαρακτηριστικά μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό .....                                    | 718 |
| 26.6.1 Ακρίβεια .....                                                                         | 718 |
| 26.6.2 Ανάλυση .....                                                                          | 719 |
| 26.6.3 Πεδίο τιμών .....                                                                      | 719 |
| 26.6.4 Κέρδος .....                                                                           | 720 |
| 26.6.5 Διακριτική ικανότητα .....                                                             | 720 |
| 26.6.5 Σφάλμα κβαντοποίησης .....                                                             | 723 |
| 26.6.6 Σφάλμα μετατόπισης .....                                                               | 727 |
| 26.6.7 Σφάλμα κέρδους .....                                                                   | 729 |
| 26.6.7.1 Σφάλμα πλήρους κλίμακας .....                                                        | 729 |
| 26.6.8 Διαφορική μη γραμμικότητα .....                                                        | 729 |
| 26.6.9 Ολοκληρωτική μη γραμμικότητα .....                                                     | 730 |
| 26.6.10 Ρυθμός μετατροπής .....                                                               | 731 |
| 26.6.11 Σφάλμα τάσης αναφοράς .....                                                           | 731 |
| 26.6.12 Κλίση θερμοκρασίας .....                                                              | 731 |
| 26.6.13 Δυναμική απόδοση μετατροπέα ADC .....                                                 | 732 |
| 26.6.14 Συνολική αρμονική παραμόρφωση .....                                                   | 732 |
| 26.6.15 Λόγος σήματος προς θόρυβο .....                                                       | 732 |
| 26.6.16 Λόγος σήματος προς θόρυβο και παραμόρφωσης .....                                      | 733 |
| 26.6.17 Κατασκευάστριες εταιρίες μετατροπών ADC .....                                         | 733 |
| 26.7 Αναπαράσταση αρνητικών αριθμών στο δυαδικό σύστημα .....                                 | 733 |
| 26.7.1 Πρόσημο και μέτρο .....                                                                | 733 |
| 26.7.2 Συμπλήρωμα ως προς 1 .....                                                             | 734 |
| 26.7.3 Συμπλήρωμα ως προς 2 .....                                                             | 734 |
| 26.8 Τύποι μετατροπών αναλογικού σε ψηφιακό .....                                             | 736 |
| 26.8.1 Μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό τύπου Flash .....                                    | 736 |
| 26.8.2 Μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό, τύπου ψηφιακής ράμπας .....                         | 737 |
| 26.8.3 Μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό τύπου διαδοχικής προσέγγισης .....                   | 737 |
| 26.8.4 Μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό τύπου συνεχούς πορείας .....                         | 737 |
| 26.8.5 Μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό τύπου κλίσης (Slope) .....                           | 738 |
| 26.8.6 Μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό τύπου Δέλτα - Σίγμα .....                            | 738 |
| 26.8.7 Μετατροπείς χωρητικότητας σε ψηφιακό (CDC) .....                                       | 738 |
| 26.9 Μετατροπείς από ψηφιακό σε αναλογικό .....                                               | 740 |
| 26.9.1 Μετατροπείς ψηφιακού σε αναλογικό τύπου δυαδικής κλίμακας $R / (2^n R)$ .....          | 741 |
| 26.9.2 Μετατροπείς ψηφιακού σε αναλογικό με δικτύωμα σκάλας τάσης $R/2R$ .....                | 743 |
| 26.9.3 Μετατροπείς ψηφιακού σε αναλογικό με δικτύωμα σκάλας $R/2R$ λειτουργίας ρεύματος ..... | 743 |
| 26.9.4 Το ολοκληρωμένο AD7819 .....                                                           | 746 |
| 26.9.5 Το ολοκληρωμένο AD7792/AD7793 .....                                                    | 748 |

## Κεφάλαιο 27: Τεχνικές και διατάξεις προσαρμογής σημάτων

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 27.1 Εισαγωγή .....                           | 751 |
| 27.2 Μέθοδοι προσαρμογής σήματος .....        | 751 |
| 27.2.1 Ενίσχυση .....                         | 752 |
| 27.2.2 Φιλτράρισμα .....                      | 752 |
| 27.2.3 Εξασθένηση .....                       | 752 |
| 27.2.4 Διέγερση .....                         | 752 |
| 27.2.5 Απομόνωση .....                        | 752 |
| 27.2.7 Αντιστάθμιση ψυχρής επαφής .....       | 752 |
| 27.2.6 Διασύνδεση μέσω γέφυρας .....          | 752 |
| 27.2.8 Γραμμικοποίηση .....                   | 752 |
| 27.3 Διατάξεις πηγών τάσης και ρεύματος ..... | 753 |
| 27.3.1 Σταθερή πηγή τάσης .....               | 753 |
| 27.3.2 Σταθερή πηγή ρεύματος .....            | 754 |
| 27.3.3 Διαιρέτης πηγής τάσης .....            | 755 |



|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 27.3.4 Διαίρετης πηγής ρεύματος .....                                                           | 755 |
| 27.4 Διατάξεις σταθεροποιητών τάσης .....                                                       | 755 |
| 27.4.1 Δίοδος Ζένερ .....                                                                       | 755 |
| 27.4.2 Σταθεροποιητές τάσης ολοκληρωμένης μορφής .....                                          | 756 |
| 27.4.2.1 Η σειρά 78XX .....                                                                     | 756 |
| 27.4.2.2 Η σειρά 79XX .....                                                                     | 757 |
| 27.4.3 Ρυθμιζόμενος γραμμικός σταθεροποιητής τάσης .....                                        | 758 |
| 27.4.3.1 Το ολοκληρωμένο LM317 .....                                                            | 758 |
| 27.4.3.2 Το Ολοκληρωμένο LM337 .....                                                            | 758 |
| 27.5 Διατάξεις σταθεροποιητών ρεύματος .....                                                    | 758 |
| 27.5.1 Σταθεροποιητής ρεύματος με τρανζίστορ .....                                              | 758 |
| 27.5.2 Σταθεροποιητής ρεύματος με ρυθμιζόμενο γραμμικό σταθεροποιητή τάσης .....                | 760 |
| 27.5.3 Σταθεροποιητής ρεύματος με τελεστικό ενισχυτή .....                                      | 760 |
| 27.6 Μίκτης σήματος .....                                                                       | 762 |
| 27.7 Πολλαπλασιαστής σήματος .....                                                              | 762 |
| 27.7.1 Πολλαπλασιαστής τεταρτημορίου - τετραγώνου .....                                         | 763 |
| 27.7.2 Πολλαπλασιαστής διαμόρφωσης εύρους και πλάτους παλμού .....                              | 763 |
| 27.7.3 Πολλαπλασιαστής μεταβλητής διαγωγιμότητας .....                                          | 764 |
| 27.8 Κύκλωμα τετραγώνου τάσης .....                                                             | 765 |
| 27.9 Διαίρετης σήματος .....                                                                    | 765 |
| 27.10 Διάταξη τετραγωνικής ρίζας σήματος .....                                                  | 767 |
| 27.11 Μετατροπές RMS σε DC .....                                                                | 767 |
| 27.12 Λογαριθμικός μετατροπές με τρανζίστορ .....                                               | 768 |
| 27.13 Διάταξη περιοριστή σήματος .....                                                          | 769 |
| 27.14 Μετατροπές AC σε DC .....                                                                 | 770 |
| 27.15 Μετατροπές ανίχνευσης κορυφής .....                                                       | 770 |
| 27.16 Μετατροπές σύγκρισης τάσης διάσπασης Ζένερ .....                                          | 771 |
| 27.16.1 Μετατροπές ημιανόρθωσης .....                                                           | 772 |
| 27.16.2 Μετατροπές απόλυτης τιμής τάσης .....                                                   | 773 |
| 27.16.3 Μετατροπές θερμικού φαινομένου .....                                                    | 774 |
| 27.17 Διατάξεις παραγωγής τάσης αναφοράς .....                                                  | 775 |
| 27.17.1 Διατάξεις παραγωγής τάσης αναφοράς με ειδική δίοδο ζένερ .....                          | 775 |
| 27.17.2 Διατάξεις παραγωγής τάσης αναφοράς ολοκληρωμένης μορφής .....                           | 775 |
| 27.18 Μετατροπές ρεύματος σε τάση .....                                                         | 778 |
| 27.18.1 Μετατροπές χωρητικότητας σε τάση .....                                                  | 778 |
| 27.18.2 Μετατροπές τάσης σε ρεύμα .....                                                         | 779 |
| 27.18.3 Μετατροπές τάσης σε συχνότητα .....                                                     | 779 |
| 27.18.4 Μετατροπές συχνότητας σε τάση .....                                                     | 781 |
| 27.18.5 Γέφυρες .....                                                                           | 781 |
| 27.18.6 Μέθοδοι ισοστάθμισης γέφυρας Wheatstone .....                                           | 783 |
| 27.19 Φίλτρα .....                                                                              | 785 |
| 27.19.1 Παράμετροι φίλτρων .....                                                                | 786 |
| 27.19.2 Βαθυπερατό ή χαμηλοδιαβατό φίλτρο .....                                                 | 787 |
| 27.19.3 Εργαστηριακή εφαρμογή 1: Μελέτη βαθυπερατού φίλτρου μέσω προσομοίωσης κυκλώματος .....  | 788 |
| 27.19.4 Υψιπερατό φίλτρο .....                                                                  | 790 |
| 27.19.5 Εργαστηριακή εφαρμογή 2: Μελέτη υψιπερατού φίλτρου μέσω προσομοίωσης κυκλώματος .....   | 790 |
| 27.19.6 Ζωνοδιαβατό ή φίλτρο διέλευσης ζώνης .....                                              | 792 |
| 27.19.7 Εργαστηριακή εφαρμογή 3: Μελέτη ζωνοδιαβατού φίλτρου μέσω προσομοίωσης κυκλώματος ..... | 793 |
| 27.19.8 Ζωνοφραχτό ή Φίλτρο αποκοπής ζώνης .....                                                | 794 |
| 27.19.9 Εργαστηριακή εφαρμογή 4: Μελέτη ζωνοφρακτού φίλτρου μέσω προσομοίωσης κυκλώματος .....  | 795 |
| 27.20 Ενεργά φίλτρα .....                                                                       | 795 |
| 27.20.1 Τοπολογία Sallen-Key .....                                                              | 795 |
| 27.20.2 Ενεργό χαμηλοπερατό φίλτρο 1ης τάξης .....                                              | 796 |
| 27.20.3 Ενεργό υψιπερατό φίλτρο 1ης τάξης .....                                                 | 797 |
| 27.20.4 Ζωνοδιαβατό φίλτρο ή φίλτρο διέλευσης 2ης τάξης τοπολογίας Sallen-Key .....             | 798 |
| 27.20.5 Ζωνοφραχτό φίλτρο ή φίλτρο αποκοπής ζώνης 2ης τάξης, τύπου διπλού T .....               | 798 |
| 27.21 Μοντέλα φίλτρων .....                                                                     | 799 |
| 27.21.1 Φίλτρο ελεύθερης διέλευσης .....                                                        | 799 |
| 27.21.2 Φίλτρο απόκρισης Butterworth .....                                                      | 799 |
| 27.21.3 Φίλτρο απόκρισης Chebyshev .....                                                        | 800 |
| 27.21.4 Φίλτρο απόκρισης Bessel .....                                                           | 801 |
| 27.21.5 Φίλτρο απόκρισης Elliptic .....                                                         | 801 |

## Κεφάλαιο 28: Βασικές έννοιες επεξεργασίας σήματος

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 28.1 Ηλεκτρικό σήμα και ηλεκτρικά μεγέθη .....                | 803 |
| 28.2 Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών σημάτων .....                  | 806 |
| 28.3 Μέτρηση πλάτους εναλλασσόμενης τάσης με παλμογράφο ..... | 811 |
| 28.4 Μέτρηση συχνότητας σήματος με παλμογράφο .....           | 811 |



|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 28.5 Μέτρηση διαφοράς φάσεως και συχνότητας σήματος .....                    | 812 |
| 28.5.1 Μέτρηση διαφοράς φάσης με τη μέθοδο Lissajous .....                   | 812 |
| 28.5.2 Μέτρηση του λόγου συχνότητων δύο σημάτων με τη μέθοδο Lissajous ..... | 812 |
| 28.5.3 Μέτρηση διαφοράς φάσης με τη μέθοδο χρονικής μετατόπισης .....        | 813 |
| 28.6 Ηλεκτρικός παλμός .....                                                 | 814 |
| 28.7 Τεχνικές επεξεργασίας σημάτων .....                                     | 815 |
| 28.7.1 Επεξεργασία των σημάτων στο πεδίο του χρόνου .....                    | 815 |
| 28.7.2 Επεξεργασία στατιστικής σημαντικότητας .....                          | 815 |
| 28.7.3 Επεξεργασία των σημάτων στο πεδίο συχνοτήτων .....                    | 815 |
| 28.7.3.1 Ταχύς μετασχηματισμός Fourier .....                                 | 821 |
| 28.7.3.2 Παραθυροποίηση .....                                                | 823 |
| 28.7.4 Πεδίο επεξεργασίας στο επίπεδο παραμέτρου / χρόνου .....              | 830 |
| 28.7.4.1 Μετασχηματισμός Fourier Βραχέως Χρόνου .....                        | 831 |
| 28.7.4.2 Κυματίδια (wavelets) .....                                          | 833 |

## Κεφάλαιο 29: Συστήματα συλλογής, απεικόνισης και καταγραφής δεδομένων

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 29.1 Συστήματα συλλογής δεδομένων .....                                | 837 |
| 29.2 Σύνθεση συστήματος συλλογής δεδομένων .....                       | 838 |
| 29.2.1 Υπολογιστική μονάδα .....                                       | 838 |
| 29.2.2 Αισθητήρες .....                                                | 839 |
| 29.2.3 Μονάδες προσαρμογής σήματος .....                               | 839 |
| 29.2.3.1 Προσαρμογή σήματος με παράγοντα ενίσχυσης .....               | 840 |
| 29.2.3.2 Προσαρμογή σήματος με παράγοντα απομόνωσης .....              | 840 |
| 29.2.3.3 Προσαρμογή σήματος με παράγοντα πολυπλεξίας .....             | 841 |
| 29.2.3.4 Προσαρμογή σήματος με παράγοντα φιλτραρίσματος .....          | 841 |
| 29.2.3.5 Προσαρμογή σήματος με παράγοντα ηλεκτρεγερτικής δύναμης ..... | 841 |
| 29.2.3.6 Προσαρμογή σήματος με παράγοντα γραμμικοποίησης .....         | 841 |
| 29.2.4 Κάρτα συλλογής δεδομένων (DAQ) .....                            | 841 |
| 29.2.4.1 Συνδεσμολογίες σημάτων .....                                  | 841 |
| 29.2.4.2 Γειωμένες πηγές .....                                         | 843 |
| 29.2.4.3 Επιπλέουσα ή συνεχούς μετατόπισης πηγή σήματος .....          | 843 |
| 29.2.4.4 Μέθοδοι σύνδεσης σημάτων των καρτών DAQ .....                 | 843 |
| 29.2.4.4.1 Διαφορική σύνδεση (DIFF) .....                              | 843 |
| 29.2.4.4.2 Μοναδιαία σύνδεση με αναφορά (RSE) .....                    | 844 |
| 29.2.4.4.3 Μοναδιαία σύνδεση χωρίς αναφορά (NRSE) .....                | 844 |
| 29.2.4.5 Χαρακτηριστικά αναλογικών εισόδων καρτών DAQ .....            | 845 |
| 29.2.4.6 Ειδικά χαρακτηριστικά εισόδου καρτών DAQ .....                | 846 |
| 29.2.4.7 Αναλογικοί εξοδοί καρτών DAQ .....                            | 849 |
| 29.2.4.8 Ειδικά χαρακτηριστικά εξόδων .....                            | 850 |
| 29.2.5 Συστήματα DAQ βιομηχανικών μετρήσεων .....                      | 853 |
| 29.2.5.1 Εισαγωγή στα συστήματα PXI .....                              | 853 |
| 29.2.5.2 Αρχιτεκτονική PXI .....                                       | 854 |
| 29.2.5.3 Υλικό συστήματος PXI .....                                    | 856 |
| 29.2.5.4 Συστήματα USB τύπου NI compact DAQ .....                      | 859 |
| 29.2.5.5 Ασύρματα συστήματα NI CompactDAQ .....                        | 859 |
| 29.2.5.6 Συστήματα NI CompactDAQ Ethernet .....                        | 860 |
| 29.2.5.7 Λογισμικό απεικόνισης και καταγραφής δεδομένων .....          | 860 |
| 29.3 Αυτόνομα όργανα απεικόνισης και καταγραφής δεδομένων .....        | 860 |
| 29.4 Όργανα απεικόνισης δεδομένων .....                                | 861 |
| 29.4.1 Όργανο κινούμενου πηνίου .....                                  | 861 |
| 29.4.2 Σιδηρομαγνητικό όργανο .....                                    | 862 |
| 29.4.3 Ηλεκτροδυναμικό Όργανο .....                                    | 862 |
| 29.4.4 Μετρητής αρπάγης .....                                          | 863 |
| 29.4.5 Θερμοηλεκτρικό όργανο .....                                     | 864 |
| 29.4.6 Παλμογράφος .....                                               | 865 |
| 29.5 Οθόνες απεικόνισης .....                                          | 866 |
| 29.5.1 Οθόνη επτά τμημάτων .....                                       | 866 |
| 29.5.2 Οθόνη υγρών κρυστάλλων .....                                    | 867 |
| 29.5.3 Ηλεκτρομηχανική οθόνη .....                                     | 868 |
| 29.6 Συστήματα καταγραφής δεδομένων .....                              | 869 |
| 29.6.1 Συσκευές καταγραφής .....                                       | 869 |
| 29.6.2 Γαλβανομετρικός καταγραφέας .....                               | 870 |
| 29.6.3 Ποτενσιομετρικός καταγραφέας .....                              | 870 |
| 29.6.4 Κυκλικός καταγραφέας .....                                      | 872 |
| 29.6.5 Καταγραφέας υπερυψών ακτίνων .....                              | 872 |
| 29.6.6 Καταγραφέας οπτικών ινών (fibre-optic recorders) .....          | 873 |
| 29.6.7 Υβριδικός δυναμομετρικός καταγραφέας .....                      | 873 |
| 29.6.8 Καταγραφέας δεδομένων (data logger) .....                       | 873 |

**Κεφάλαιο 30: Μετρήσεις και σφάλματα**

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| 30.1 Εισαγωγή .....                                     | 875 |
| 30.2 Απόλυτο σφάλμα .....                               | 876 |
| 30.2.1 Αβεβαιότητα .....                                | 876 |
| 30.3 Σχετικό σφάλμα .....                               | 877 |
| 30.4 Συστηματικά και τυχαία σφάλματα .....              | 877 |
| 30.4.1 Συστηματικά σφάλματα .....                       | 878 |
| 30.4.1.1 Σχεδιασμός διάταξης μέτρησης .....             | 879 |
| 30.4.2 Τυχαία σφάλματα .....                            | 880 |
| 30.5 Μετάδοση σφάλματος εμμέσων μετρήσεων .....         | 880 |
| 30.5.1 Σφάλμα αθροίσματος .....                         | 880 |
| 30.6 Σφάλμα διαφοράς .....                              | 881 |
| 30.7 Σφάλμα γινομένου .....                             | 881 |
| 30.8 Σφάλμα λόγου .....                                 | 882 |
| 30.9 Μέση τιμή .....                                    | 884 |
| 30.10 Τυπική απόκλιση .....                             | 884 |
| 30.11 Διασπορά .....                                    | 885 |
| 30.12 Κατανομές μετρήσεων .....                         | 885 |
| 30.13 Κανονική κατανομή .....                           | 887 |
| 30.14 Τυπική απόκλιση και εμπιστοσύνη πιθανότητας ..... | 888 |
| 30.15 Μετάδοση σφάλματος στην κανονική κατανομή .....   | 889 |
| 30.16 Μεσοσταθμική τιμή .....                           | 890 |

**Κεφάλαιο 31: Εισαγωγή σε μεθόδους ελέγχου συστημάτων**

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 31.1 Εισαγωγή στα συστήματα ελέγχου .....                                                                                              | 893 |
| 31.2 Συστήματα ελέγχου ανοιχτού βρόχου .....                                                                                           | 894 |
| 31.3 Συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου .....                                                                                           | 895 |
| 31.4 Ψηφιακά συστήματα ελέγχου .....                                                                                                   | 896 |
| 31.5 Αυτόνομοι ελεγκτές .....                                                                                                          | 898 |
| 31.6 Μετατροπείς σημάτων .....                                                                                                         | 899 |
| 31.7 Μέθοδοι ελέγχου συστημάτων .....                                                                                                  | 900 |
| 31.7.1 Έλεγχος PID .....                                                                                                               | 900 |
| 31.7.2 Βέλτιστος έλεγχος .....                                                                                                         | 903 |
| 31.7.3 Προσαρμοστικός έλεγχος .....                                                                                                    | 903 |
| 31.7.4 Λογικός έλεγχος .....                                                                                                           | 903 |
| 31.7.5 Εύρωστος έλεγχος .....                                                                                                          | 904 |
| 31.7.6 Ευφυής έλεγχος .....                                                                                                            | 904 |
| 31.7.6.1 Ασαφής έλεγχος .....                                                                                                          | 904 |
| 31.7.6.2 Έμπειρα συστήματα .....                                                                                                       | 905 |
| 31.7.6.3 Έλεγχος με νευρωνικά δίκτυα .....                                                                                             | 906 |
| 31.8 Συστήματα σειριακού/ ακολουθιακού ελέγχου .....                                                                                   | 907 |
| 31.9 Σύστημα κατανεμημένου ελέγχου .....                                                                                               | 907 |
| 31.10 Συστήματα ελέγχου κίνησης .....                                                                                                  | 908 |
| 31.11 Αριθμητικός έλεγχος .....                                                                                                        | 908 |
| 31.12 Πολυμεταβλητός έλεγχος .....                                                                                                     | 909 |
| 31.13 Παράδειγμα εφαρμογής μετρήσεων & ελέγχου συστήματος σε γραμμή παραγωγής .....                                                    | 909 |
| 31.14 Εργαστηρική Εφαρμογή 1: Συγκριτική μελέτη ελεγκτή PID και Fuzzy για την βέλτιστη επιλογή απόκρισης συστήματος τρίτης τάξης ..... | 910 |

**Κεφάλαιο 32: Ενεργοποιητές**

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 32.1 Εισαγωγή .....                                                       | 917 |
| 32.2 Βάνες .....                                                          | 918 |
| 32.2.1 Πνευματικές βάνες .....                                            | 918 |
| 32.2.2 Υδραυλικές βάνες .....                                             | 918 |
| 32.2.3 Ηλεκτροβάνες πηνίου .....                                          | 919 |
| 32.2.4 Ηλεκτροκίνητες βάνες .....                                         | 920 |
| 32.3 Σφαιρικές βάνες .....                                                | 921 |
| 32.4 Βάνα πεταλούδας .....                                                | 921 |
| 32.5 Πνευματικοί κύλινδροι .....                                          | 921 |
| 32.5.1 Πνευματικός κύλινδρος απλής ενέργειας με ελατήριο επαναφοράς ..... | 922 |
| 32.5.2 Πνευματικός κύλινδρος διπλής ενέργειας .....                       | 922 |
| 32.6 Κύλινδρος περιστροφής διπλής ενέργειας .....                         | 922 |
| 32.7 Κύλινδρος διπλής ενέργειας .....                                     | 923 |
| 32.8 Συζυγής κύλινδρος TANDEM .....                                       | 923 |
| 32.9 Πνευματικοί κινητήρες (pneumatic motors) .....                       | 924 |
| 32.10 Υδραυλικοί κινητήρες (hydraulic motors) .....                       | 924 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 32.11 Ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες .....                                            | 924 |
| 32.11.1 Δίοδος ηλεκτροπνευματική βαλβίδα δύο καταστάσεων (2/2) .....               | 925 |
| 32.11.2 Τρίοδος ηλεκτροπνευματική βαλβίδα δύο καταστάσεων (3/2) .....              | 925 |
| 32.11.3 Τετράοδος ηλεκτροβαλβίδα δύο καταστάσεων (4/2) .....                       | 925 |
| 32.11.4 Πεντάοδος ηλεκτροπνευματική βαλβίδα δύο καταστάσεων (5-2) .....            | 925 |
| 32.12 Ενεργοποιητές ελέγχου κίνησης .....                                          | 926 |
| 32.13 Σερβοκινητήρες .....                                                         | 928 |
| 32.14 Βηματικοί κινητήρες .....                                                    | 929 |
| 32.14.1 Βηματικός κινητήρας μόνιμου μαγνήτη .....                                  | 931 |
| 32.14.2 Βηματικός κινητήρας μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης .....                 | 931 |
| 32.14.3 Βηματικός κινητήρας μονού σωρού μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης .....     | 932 |
| 32.14.4 Βηματικός κινητήρας πολλαπλού σωρού μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης ..... | 933 |
| 32.14.5 Υβριδικός βηματικός κινητήρας .....                                        | 933 |
| 32.15 Οδήγηση βηματικών κινητήρων .....                                            | 936 |
| 32.16 Ηλεκτρικές θερμάστρες .....                                                  | 938 |
| 32.17 Ρελέ .....                                                                   | 938 |
| 32.17.1 Ηλεκτρονόμος .....                                                         | 938 |
| 32.17.2 Ρελέ αυτοσυγκράτησης .....                                                 | 939 |
| 32.17.3 Ρελέ στερεάς κατάστασης .....                                              | 939 |
| 32.18 Αντλίες .....                                                                | 941 |
| 32.18.1 Φυγοκεντρικές αντλίες κυκλικής ή μερικώς κυκλική ροής .....                | 941 |
| 32.18.2 Φυγοκεντρικές αντλίες αξονικής και μικτής ροής .....                       | 943 |
| 32.18.3 Αντλίες θετικού εκτοπίσματος .....                                         | 943 |
| 32.18.4 Κοχλίοαντλίες .....                                                        | 944 |
| 32.18.5 Αντλίες με πεπιεσμένο αέρα .....                                           | 944 |
| 32.18.6 Πνευματικοί εγχυτές .....                                                  | 944 |
| 32.19 Βασικές αρχές εγκατάστασης αντλιοστασίου .....                               | 945 |

### Κεφάλαιο 33: Μετρήσεις και έλεγχος συστημάτων με LabVIEW

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 33.1 Εισαγωγή .....                                                 | 947 |
| 33.2 Εικονικά Όργανα .....                                          | 947 |
| 33.3 Το μενού επιλογών του LabVIEW .....                            | 950 |
| 33.3.1 Μενού επιλογών του Front Panel .....                         | 950 |
| 33.3.2 Μενού επιλογών του Block Diagram .....                       | 951 |
| 33.4 Τύποι δεδομένων .....                                          | 951 |
| 33.5 Προγραμματιστικές δομές .....                                  | 952 |
| 33.5.1 Δομή While Loop .....                                        | 952 |
| 33.5.2 Δομή For Loop .....                                          | 953 |
| 33.5.3 Δομή Case .....                                              | 953 |
| 33.5.4 Δομή Stacked Sequence .....                                  | 955 |
| 33.5.5 Δομή Event Structure .....                                   | 956 |
| 33.5.6 Δομή Formula Node .....                                      | 957 |
| 33.5.7 Δομή MathScript Node .....                                   | 957 |
| 33.6 Καταχωρητές ολίσθησης .....                                    | 958 |
| 33.7 Μεταβλητές .....                                               | 958 |
| 33.8 Εντολές Πράξεων .....                                          | 959 |
| 33.9 Εντολές χρονο-καθυστερήσης .....                               | 960 |
| 33.10 Πίνακες δεδομένων .....                                       | 960 |
| 33.11 Συστάδες (Clusters) .....                                     | 961 |
| 33.12 Συμβολοσειρές και χαρακτήρες .....                            | 962 |
| 33.13 Αρχεία (Files) .....                                          | 963 |
| 33.14 Γραφήματα .....                                               | 963 |
| 33.15 Express VIs .....                                             | 965 |
| 33.16 Express DAQ Assistance .....                                  | 967 |
| 33.16.1 Απόκτηση πραγματικού σήματος μέσω του DAQ Assistant .....   | 968 |
| 33.17 LabVIEW για Μηχανικούς \ Προγραμματισμός συστημάτων DAQ ..... | 970 |
| 33.18 Συσκευή ELMI .....                                            | 970 |

### Κεφάλαιο 34: Μοντελοποίηση και προσομοίωση συστημάτων

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 34.1 Εισαγωγή .....                                               | 971 |
| 34.2 Περιγραφή της εργαλειοθήκης SIMULINK .....                   | 971 |
| 34.3 Οι βιβλιοθήκες δομικών στοιχείων (Blocks) του SIMULINK ..... | 972 |
| 34.4 Δημιουργία ενός απλού μοντέλου στο Simulink .....            | 974 |
| 34.5 Αποθήκευση δεδομένων και φόρτωση δεδομένων .....             | 980 |
| 34.6 Σχεδίαση ενός συστήματος στο πεδίο του χρόνου .....          | 982 |
| 34.7 Αποθήκευση μοντέλων .....                                    | 987 |

**Κεφάλαιο 35: Αρχές αποφυγής ηλεκτρικών και μαγνητικών διαταραχών στα συστήματα μετρήσεων**

|                                                                                                                                 |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 35.1 Εισαγωγή .....                                                                                                             | 989  |
| 35.2 Γειωμένες και επιπλέοντες πηγές σήματος .....                                                                              | 990  |
| 35.3 Τύποι καλωδίων στα συστήματα μετρήσεων .....                                                                               | 990  |
| 35.4 Βρόχος γείωσης .....                                                                                                       | 990  |
| 35.4.1 Αντιμετώπιση φαινομένου βρόχων γείωσης σε συστήματα μετρήσεων .....                                                      | 991  |
| 35.5 Φαινόμενα πρόκλησης θορύβων σε συστήματα μετρήσεων .....                                                                   | 992  |
| 35.5.1 Θόρυβοι που προκαλούνται από παθητικά στοιχεία .....                                                                     | 993  |
| 35.5.2 Θόρυβοι που προκαλούνται από ενεργά στοιχεία .....                                                                       | 993  |
| 35.5.3 Θόρυβοι που προκαλούνται από την υγρασία .....                                                                           | 994  |
| 35.5.4 Θόρυβοι που προκαλούνται από τη χωρητική σύζευξη των αγωγών .....                                                        | 994  |
| 35.5.4.1 Μέθοδοι αντιμετώπισης θορύβων από χωρητική σύζευξη αγωγών .....                                                        | 994  |
| 35.5.4.2 Επίδραση της σύνδεσης μεταξύ θωρακισμένου αγωγού και τερματικού σημείου .....                                          | 996  |
| 35.5.5 Θόρυβοι που προκαλούνται από τη επαγωγική σύζευξη των αγωγών .....                                                       | 997  |
| 35.5.5.1 Μέθοδοι αντιμετώπισης θορύβων από επαγωγική σύζευξη αγωγών .....                                                       | 998  |
| 35.5.6 Θόρυβοι που προκαλούνται από ραδιοκύματα .....                                                                           | 1001 |
| 35.5.7 Θόρυβοι που προκαλούνται από σύζευξη αγωγιμότητας .....                                                                  | 1001 |
| 35.5.7.1 Μέθοδοι αντιμετώπισης θορύβων από σύζευξη αγωγιμότητας .....                                                           | 1002 |
| 35.6 Μέθοδοι αποφυγής θορύβων μέσω γείωσης της θωράκισης των καλωδιώσεων .....                                                  | 1003 |
| 35.6.1 Μέθοδος γείωσης της θωράκισης μεταξύ πηγής σήματος και ενισχυτή συστήματος μέτρησης με διαφορετικό επίπεδο γείωσης ..... | 1003 |
| 35.6.2 Μέθοδος γείωσης της θωράκισης μεταξύ απομονωμένης πηγής σήματος και ενισχυτή συστήματος μέτρησης με αναφορά γης .....    | 1005 |
| 35.6.3 Μέθοδος γείωσης της θωράκισης μεταξύ πηγής με αναφορά γης και απομονωμένου ενισχυτή συστήματος μέτρησης .....            | 1005 |
| 35.6.4 Μείωση διαταραχών μέσω ακροδεκτών προστασίας (guard) .....                                                               | 1007 |
| 35.7 Μέθοδοι μείωσης θορύβων με επεξεργασία σήματος .....                                                                       | 1008 |
| 35.8 Χρήση φίλτρων για φαινόμενα μείωσης διαταραχών τροφοδοσίας .....                                                           | 1008 |
| 35.9 Πυκνωτές απόζευξης για μείωση διαταραχών τροφοδοσίας ψηφιακών κυκλωμάτων .....                                             | 1009 |
| 35.10 Μεθοδολογία αντιμετώπισης διαταραχών σε συστήματα μετρήσεων .....                                                         | 1010 |
| 35.11 Έλεγχος του συστήματος μέτρησης .....                                                                                     | 1010 |

**Κεφάλαιο 36: Ανάπτυξη εφαρμογών μετρήσεων και ελέγχου με Arduino**

|                                                                           |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 36.1 Εισαγωγή .....                                                       | 1013 |
| 36.2 Η πλατφόρμα Arduino .....                                            | 1013 |
| 36.3 Ξεκινώντας με την πλατφόρμα Arduino .....                            | 1014 |
| 36.4 Το περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE .....                      | 1016 |
| 36.5 Βιβλιοθήκες στο περιβάλλον Arduino .....                             | 1017 |
| 36.6 Μαθαίνοντας να προγραμματίζουμε με τον Arduino .....                 | 1018 |
| 36.7 Παραδείγματα μετρήσεων με το περιβάλλον Arduino .....                | 1019 |
| 36.7.1 Μέτρηση θερμοκρασίας με το LM35 και την πλατφόρμα Arduino .....    | 1020 |
| 36.7.2 Απεικόνιση δεδομένων με την πλατφόρμα Arduino .....                | 1020 |
| 36.7.3 Μέτρηση υγρασίας με την πλατφόρμα Arduino .....                    | 1022 |
| 36.7.4 Μέτρηση δύναμης με στοιχείο FSR και με την πλατφόρμα Arduino ..... | 1023 |
| 36.7.5 Αισθητήρες προσέγγισης με Arduino .....                            | 1023 |
| 36.7.6 Οδήγηση σερβοκινητήρων με το Arduino .....                         | 1024 |
| 36.7.7 Μέτρηση φορτίου με δυναμοκυψέλη και την πλατφόρμα Arduino .....    | 1024 |
| 36.8 Διασύνδεση LabVIEW με πλατφόρμα Arduino .....                        | 1026 |
| 36.9 Άλλα εργαλεία γραφικού προγραμματισμού Arduino .....                 | 1027 |

**Κεφάλαιο 37: Μεθοδολογία σχεδίασης και ανάπτυξης συστημάτων μετρήσεων και ελέγχου**

|                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------|------|
| 37.1 Εισαγωγή .....                                            | 1029 |
| 37.2 Στάδια σχεδίασης από πάνω προς τα κάτω(top to down) ..... | 1030 |
| 37.2.1 Στάδιο απαιτήσεων .....                                 | 1031 |
| 37.2.2 Στάδιο προδιαγραφών .....                               | 1031 |
| 37.2.3 Στάδιο αρχιτεκτονικής .....                             | 1032 |
| 37.2.4 Στάδιο σχεδίασης υλικού .....                           | 1033 |
| 37.2.4.1 Μελέτη του προς μέτρηση φυσικού μεγέθους .....        | 1033 |
| 37.2.4.2 Επιλογή αισθητήρων .....                              | 1033 |
| 37.2.4.3 Επιλογή μεθόδου προσαρμογής σήματος .....             | 1034 |
| 37.2.4.4 Επιλογή κάρτας συλλογής δεδομένων .....               | 1035 |
| 37.2.5 Στάδιο σχεδίασης λογισμικού .....                       | 1035 |
| 37.2.6 Στάδιο ολοκλήρωσης συστήματος .....                     | 1036 |
| 37.2.7 Στάδιο ελέγχου/δοκιμής .....                            | 1036 |

|                                                           |             |
|-----------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>                                 | <b>1037</b> |
| ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ & ΠΗΓΕΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΕΡΕΥΝΑ .....   | 1037        |
| ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ & ΠΗΓΕΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΕΡΕΥΝΑ ..... | 1038        |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ .....</b> | <b>1043</b> |
|------------------------|-------------|