



Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή	21
1.1	Μετρήσεις, αισθητήρες και συστήματα μέτρησης	21
1.2	Μετρολογία	22
1.3	Το διεθνές σύστημα μονάδων SI	23
1.4	Η οργάνωση αυτού του βιβλίου	27
Κεφάλαιο 2	Γενικές έννοιες αισθητήρων και μετρήσεων	29
2.1	Εισαγωγή	29
2.2	Αισθητήρας	29
2.3	Μετατροπέας	30
2.4	Ανιχνευτής	31
2.5	Εφαρμογές των αισθητήρων	31
2.6	Τηλεπισκόπηση	32
2.7	Χαρακτηριστικά των αισθητήρων	32
2.7.1	Ακρίβεια	33
2.7.2	Είσοδος και έξοδος πλήρους κλίμακας	34
2.7.3	Συνάρτηση μεταφοράς ή χαρακτηριστική καμπύλη	34
2.7.4	Ευαισθησία	35
2.7.5	Κέρδος	35
2.7.6	Βαθμονόμηση	36
2.7.7	Γραμμικότητα	36
2.7.8	Σφάλμα κέρδους και σφάλμα μετατόπισης	39
2.7.9	Εύρος (περιοχή) μέτρησης	41
2.7.10	Υστέρηση	42
2.7.11	Ολίσθηση	42

2.7.12	Χρονική απόκριση	43
2.7.13	Δυναμικό σφάλμα	43
2.7.14	Εύρος ζώνης.....	43
2.7.15	Νεκρή Ζώνη.....	44
2.7.16	Διακριτική ικανότητα	44
2.7.17	Επαναληψιμότητα.....	44
2.7.18	Ιχνηλασιμότητα.....	44
2.7.19	Θόρυβος.....	45
2.7.20	Σφάλμα ψηφιοποίησης.....	45
2.7.21	Ευαισθησία σε άλλες παραμέτρους	45
2.7.22	Απώλειες σε χωρητικούς και επαγωγικούς αισθητήρες	45
2.8	Κλάσεις ακρίβειας.....	47
2.9	Ποσοστά και λόγοι μεγεθών	47
2.10	Περιοδικές κυματομορφές	49
2.11	Τετραγωνικοί παλμοί	51
2.12	Ευαισθησία.....	53
2.13	Επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα	54
2.14	Ταξινόμηση αισθητήρων σε ενεργούς και παθητικούς.....	54
2.14.1	Ενεργοί αισθητήρες	55
2.14.2	Παθητικοί αισθητήρες	55
2.15	Η δομή ενός συστήματος μέτρησης	58

Κεφάλαιο 3 Μέτρηση θερμοκρασίας..... 61

3.1	Εισαγωγή.....	61
3.2	Θερμίστορ	61
3.3	Αισθητήρες θερμοκρασίας με αντίσταση.....	67
3.3.1	Το βιομηχανικό πρότυπο PT100.....	69
3.4	Ημιαγωγικοί αισθητήρες θερμοκρασίας	72
3.5	Θερμοζεύγη.....	79
3.5.1	Οι θερμοηλεκτρικοί νόμοι	81
3.5.2	Τύποι βιομηχανικών θερμοζευγών	83
3.6	Αισθητήρες μεταβολής της διηλεκτρικής σταθεράς με την θερμοκρασία.....	90
3.7	Αισθητήρες μεταβολής της μαγνητικής διαπερατότητας με την θερμοκρασία	90
3.8	Αισθητήρες μεταβολής της ειδικής αντίστασης με χημική επίδραση.....	90
3.9	Μέτρηση θερμοκρασίας με μέτρηση θερμικής ακτινοβολίας.....	90
3.10	Αισθητήρες μέτρησης θερμικής ροής	106
3.11	Θερμοστάτες	106

Κεφάλαιο 4 Μέτρηση οπτικής ακτινοβολίας 109

4.1	Εισαγωγή.....	109
4.1.1	Φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες οπτικής ακτινοβολίας.....	114
4.1.2	Θερμικοί αισθητήρες οπτικής ακτινοβολίας.....	115
4.1.3	Παράμετροι των αισθητήρων οπτικής ακτινοβολίας.....	116
4.2	Φωτοαντιστάτες	117
4.3	Φωτοβολταϊκή δίοδος	119
4.4	Φωτοαγώγιμη δίοδος (φωτοδίοδος)	122

4.5	Φωτοτρανζίστορ.....	125
4.6	Φωτοδιακόπτης	128
4.7	Οπτικοί αισθητήρες τύπου CCD, CID και CMOS.....	129
4.7.1	Διατάξεις σύζευξης φορτίου	129
4.7.2	Διατάξεις έγχυσης φορτίου	134
4.7.3	Διατάξεις CMOS.....	137
4.8	Αισθητήρες μέτρησης χρωμάτων.....	139
4.9	Φωτοπολλαπλασιαστές	139
4.10	Θερμοηλεκτρικοί αισθητήρες οπτικής ακτινοβολίας.....	140
4.11	Μπολόμετρα.....	141
4.12	Πυροηλεκτρικοί αισθητήρες	141

Κεφάλαιο 5 Μέτρηση μαγνητικού πεδίου..... 143

5.1	Εισαγωγή.....	143
5.2	Αισθητήρες τύπου πηνίου	144
5.3	Αισθητήρες τύπου Fluxgate	144
5.4	Αισθητήρες Hall.....	147
5.5	Μαγνητικοί αισθητήρες μεταβολής αντίστασης.....	149
5.6	Ανιχνευτές μαγνητικού πεδίου.....	152
5.7	Μαγνητικοί διακόπτες reed.....	153

Κεφάλαιο 6 Μέτρηση θέσης και μετατόπισης 155

6.1	Εισαγωγή.....	155
6.2	Ποτενσιόμετρα	155
6.3	Πιεζοαντιστάτες	160
6.3.1	Μετατροπείς ελεύθερης πιεζοαντίστασης	162
6.3.2	Μετατροπείς προσκολλημένης πιεζοαντίστασης.....	163
6.3.3	Ημιαγωγικοί μετατροπείς πιεζοαντίστασης.....	164
6.3.4	Διατάξεις μέτρησης με μετατροπείς πιεζοαντίστασης και γέφυρα Wheatstone	165
6.4	Σύστημα ηλεκτρολύτη με κινητό ηλεκτρόδιο.....	167
6.5	Πηγία με κινητό οπλισμό	168
6.5.1	Εξωτερικός οπλισμός που κινείται κάθετα	168
6.5.2	Εξωτερικός οπλισμός που κινείται παράλληλα	169
6.5.3	Κινητός εσωτερικός πυρήνας	170
6.6	Γραμμικοί μεταβλητοί διαφορικοί μετασχηματιστές (ΓΜΔΜ)	171
6.7	Αισθητήρες μεταβλητής επαγωγής	178
6.8	Αισθητήρες μαγνητοσυστολής.....	179
6.9	Χωρητικοί αισθητήρες	182
6.9.1	Επίπεδος πυκνωτής με κινητό οπλισμό	182
6.9.2	Κυλινδρικός πυκνωτής με κινητό οπλισμό.....	183
6.9.3	Κυκλικός πυκνωτής με κινητό οπλισμό.....	184
6.9.4	Επίπεδος πυκνωτής με κινητό διηλεκτρικό	184
6.9.5	Διαφορικός χωρητικός αισθητήρας	185
6.9.6	Διατάξεις μέτρησης με χωρητικούς αισθητήρες.....	186
6.10	Πιεζοηλεκτρικοί μετατροπείς.....	187

6.11	Συμβολομετρία.....	191
6.12	Μέτρηση μετατόπισης και θέσης με αισθητήρες γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας.....	191
6.13	Μέτρηση του μήκους της διαδρομής που έχει διανύσει ένα κινητό	192
6.14	Μαγνητικοί κωδικοποιητές θέσης.....	192
6.14.1	Αυξητικοί μαγνητικοί κωδικοποιητές.....	192
6.14.2	Απόλυτοι μαγνητικοί κωδικοποιητές.....	193
6.15	Χωρητικοί κωδικοποιητές θέσης	194
6.16	Οπτικοί Κωδικοποιητές.....	195
6.16.1	Αυξητικοί οπτικοί κωδικοποιητές.....	195
6.16.2	Απόλυτοι οπτικοί κωδικοποιητές.....	197
6.17	Ανιχνευτές με ευαισθησία στη θέση	198
6.18	Αισθητήρες και ανιχνευτές κλίσης.....	200
6.18.1	Ηλεκτρολυτικοί αισθητήρες κλίσης.....	201
6.18.2	Αισθητήρες κλίσης τύπου εκκρεμούς.....	202
6.18.3	Αισθητήρες κλίσης με επιταχυνσιόμετρα	202
6.18.4	Ο διακόπτης υδραργύρου.....	202
6.18.5	Ηλεκτρονικοί ανιχνευτές κλίσης	203
6.19	Ανιχνευτές της θέσης αντικειμένων	203
6.19.1	Μαγνητικοί ανιχνευτές	203
6.19.2	Επαγωγικοί ανιχνευτές μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης	204
6.19.3	Επαγωγικοί ανιχνευτές δινορρευμάτων	205
6.19.4	Ανιχνευτές με αισθητήρα Hall.....	206
6.19.5	Χωρητικοί ανιχνευτές.....	208
6.19.6	Οπτικοί ανιχνευτές.....	210
6.20	Υπολογισμός της θέσης στο χώρο	213
6.21	Ανιχνευτές κίνησης και παρουσίας.....	213

Κεφάλαιο 7 Μέτρηση απόστασης, στάθμης & διαστάσεων..... 215

7.1	Μέτρηση απόστασης.....	215
7.1.1	Διατάξεις μέτρησης απόστασης με υπερήχους, laser και ραδιοκύματα	215
7.1.2	Μέτρηση απόστασης με τη μέθοδο των δινορρευμάτων.....	220
7.1.3	Μέτρηση απόστασης με τη μέθοδο τριγωνισμού laser.....	221
7.1.4	Μέτρηση απόστασης με οπτικό κωδικοποιητή.....	221
7.1.5	Μετρητές υψομέτρου.....	221
7.2	Μέτρηση στάθμης.....	222
7.2.1	Διάταξη με πλωτήρα.....	222
7.2.2	Διάταξη με βελόνη αγωγιμότητας	222
7.2.3	Διατάξεις με χωρητικούς αισθητήρες	223
7.2.4	Διάταξη με κυλινδρικό πυκνωτή και μη-αγώγιμο υγρό.....	223
7.2.5	Διάταξη με επίπεδο πυκνωτή και μη-αγώγιμο υγρό.....	224
7.2.6	Διάταξη με επίπεδο πυκνωτή και αγώγιμο υγρό.....	224
7.2.7	Διάταξη με μέτρηση πίεσης.....	224
7.2.8	Διάταξη με υπερήχους	224
7.3	Μέτρηση διαστάσεων	225
7.3.1	Μέτρηση διαστάσεων με αισθητήρα οπτικής ακτινοβολίας.....	225
7.3.2	Μέτρηση του πάχους αντικειμένων.....	226
7.3.3	Μέτρηση του ύψους των κυμάτων	228
7.3.4	Μέτρηση της τραχύτητας επιφανειών.....	229

Κεφάλαιο 8	Μέτρηση ταχύτητας και επιτάχυνσης	231
8.1	Εισαγωγή.....	231
8.2	Αισθητήρες γραμμικής ταχύτητας	232
8.2.1	Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας με κινούμενο πηνίο	232
8.2.2	Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας με κινούμενο μαγνήτη	233
8.2.3	Μέτρηση ταχύτητας με το φαινόμενο Doppler.....	234
8.2.4	Μέτρηση ταχύτητας αντικειμένου με Doppler radar	235
8.2.5	Μέτρηση της ταχύτητας με χρήση αισθητήρων μετατόπισης, επιτάχυνσης και προσέγγισης.....	235
8.2.6	Τα γεώφωνα.....	236
8.3	Αισθητήρες ταχύτητας περιστροφής.....	237
8.3.1	Ταχομετρική γεννήτρια.....	237
8.3.2	Αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής με μαγνητικό ανιχνευτή θέσης.....	238
8.3.3	Αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής με οπτικό ανιχνευτή.....	240
8.3.4	Αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής με ανάκλαση οπτικής ακτινοβολίας	241
8.3.5	Μέτρηση ταχύτητας περιστροφής με χρήση αισθητήρων γωνιακής μετατόπισης και γωνιακής επιτάχυνσης	241
8.3.6	Γυροσκόπια.....	242
8.4	Αισθητήρες επιτάχυνσης.....	242
8.4.1	Επιταχυνσιόμετρα ανοικτού βρόχου.....	245
8.4.2	Επιταχυνσιόμετρα κλειστού βρόχου.....	250
Κεφάλαιο 9	Μέτρηση δύναμης και ροπής	251
9.1	Εισαγωγή.....	251
9.2	Μέτρηση δύναμης με πιεζοαντιστάτες.....	252
9.3	Μέτρηση δύναμης με πηνίο με κινητό οπλισμό.....	254
9.4	Μέτρηση δύναμης με ΓΜΔΜ	255
9.5	Μέτρηση δύναμης με αισθητήρες μαγνητοσυστολής	256
9.6	Μέτρηση δύναμης με απόλυτο οπτικό κωδικοποιητή.....	258
9.7	Μέτρηση δύναμης με πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς	259
9.8	Μέτρηση ροπής.....	259
9.8.1	Μέτρηση ροπής με πιεζοαντιστάτες	260
9.8.2	Μέτρηση ροπής με οδοντωτούς τροχούς.....	262
9.8.3	Μέτρηση ροπής με μαγνητοσυσταλτικούς αισθητήρες.....	263
Κεφάλαιο 10	Μέτρηση πίεσης.....	265
10.1	Εισαγωγή.....	265
10.2	Ωμικοί αισθητήρες πίεσης.....	267
10.3	Αισθητήρες πίεσης με πιεζοαντιστάτες.....	268
10.4	Επαγωγικοί αισθητήρες πίεσης	269
10.5	Αισθητήρες πίεσης με ΓΜΔΜ	269
10.6	Χωρητικοί αισθητήρες πίεσης.....	270
10.7	Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης	271
10.8	Αισθητήρας πίεσης τύπου εμφυσητήρα	271
10.9	Αισθητήρες πίεσης με ποτενσιόμετρο.....	272
10.10	Διατάξεις μέτρησης πίεσης με αισθητήρα Hall.....	272

Κεφάλαιο 11 Μέτρηση ροής ρευστών	275
11.1 Εισαγωγή.....	275
11.2 Ηλεκτρομαγνητικοί αισθητήρες μέτρησης παροχής.....	275
11.3 Αισθητήρες μέτρησης παροχής χρόνου μετάβασης με υπερήχους	277
11.4 Αισθητήρες μέτρησης παροχής Doppler με υπερήχους και laser	279
11.5 Αισθητήρες μέτρησης παροχής στροβίλου	281
11.6 Θερμικοί αισθητήρες μέτρησης παροχής.....	281
11.7 Αισθητήρες μέτρησης της ροής των χυμών σε κλαδιά φυτών	282
11.7.1 Αισθητήρες τύπου καθετήρα θερμικής κατανάλωσης.....	282
11.7.2 Αισθητήρες τύπου αντιστάθμισης θερμότητας.....	283
11.8 Άλλες διατάξεις μέτρησης ροής.....	285
11.8.1 Μέτρηση ροής με σωλήνα Pitot.....	285
11.8.2 Μέτρηση ροής με σωλήνα Venturi.....	286
11.8.3 Μέτρηση ροής με δονούμενο σωλήνα.....	287
Κεφάλαιο 12 Χημικοί αισθητήρες	289
12.1 Εισαγωγή.....	289
12.2 Χημικοί αισθητήρες παραμόρφωσης ελάσματος.....	290
12.3 Χημικοί αισθητήρες επιφανειακών ακουστικών κυμάτων	291
12.4 Θερμικοί χημικοί αισθητήρες.....	293
12.5 Οπτικοί χημικοί αισθητήρες.....	293
12.6 Χημικοί αισθητήρες μάζας.....	294
12.7 Χημικοί αισθητήρες μεταβολής αντίστασης.....	295
12.8 Χημικοί αισθητήρες μεταβολής χωρητικότητας	296
12.9 Χημικές δίοδοι	296
12.10 Χημικοί αισθητήρες βασισμένοι σε τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (FET)	297
12.11 Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες μέτρησης pH	301
12.12 Οπτικοί αισθητήρες αερίων.....	302
12.13 Αισθητήρες αερίων τύπου «θερμικής αγωγιμότητας»	305
12.14 Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες αερίων	305
12.15 Φωτοακουστικοί αισθητήρες αερίων	306
Κεφάλαιο 13 Μέτρηση ρεύματος	307
13.1 Εισαγωγή.....	307
13.2 Μέτρηση ρεύματος με αντιστάτη.....	307
13.3 Μέτρηση ρεύματος με μετασχηματιστή ρεύματος	311
13.4 Μέτρηση ρεύματος με πηνίο Rogowski.....	313
13.5 Μέτρηση ρεύματος με αισθητήρα Hall.....	316
Κεφάλαιο 14 Άλλοι αισθητήρες	319
14.1 Εισαγωγή.....	319
14.2 Μέτρηση ιοντίζουσας ακτινοβολίας	319
14.2.1 Απαριθμητές σπινθηρισμών.....	319
14.2.2 Ανιχνευτές με αέριο	320
14.2.3 Ημιαγωγικοί ανιχνευτές.....	322
14.3 Μέτρηση της ισχύος RF και μικροκυματικών σημάτων.....	322

14.4	Ανιχνευτές φωτιάς.....	323
14.5	Ανακλασίμετρα στο πεδίο του χρόνου.....	324
14.6	Αισθητήρες μέτρησης της σχετικής υγρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα.....	325
14.6.1	Αισθητήρες με μεταβολή ηλεκτρικών χαρακτηριστικών	325
14.6.2	Αισθητήρες με μέτρηση απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	326
14.7	Αισθητήρες μέτρησης της υγρότητας των φύλλων των φυτών.....	327
14.8	Αισθητήρες μέτρησης μάζας.....	327
14.9	Αισθητήρες αιθάλης.....	330
14.10	Ανιχνευτές καπνού.....	330
14.10.1	Ανιχνευτές καπνού τύπου ιοντισμού	330
14.10.2	Φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές καπνού.....	331
14.11	Αισθητήρας μέτρησης της αλατότητας του εδάφους.....	332
14.12	Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μη-σιδηρομαγνητικών μεταλλικών υλικών.....	333
14.13	Αισθητήρες μέτρησης της διάβρωσης.....	333
14.14	Αισθητήρες αφής και διατάξεις αντίληψης αφής.....	335
14.14.1	Ωμικές διατάξεις αντίληψης αφής	335
14.14.2	Χωρητικές διατάξεις αντίληψης αφής	337
14.14.3	Διατάξεις αντίληψης αφής με οπτική ακτινοβολία.....	339
14.14.4	Διατάξεις αντίληψης αφής με κύματα SAW.....	340
14.14.5	Αισθητήρες αφής τύπου whisker	341

Κεφάλαιο 15 Ρυθμιστές σήματος αισθητήρων 343

15.1	Εισαγωγή.....	343
15.2	Διαιρέτης τάσης	343
15.3	Ρυθμιστής τάσης για παθητικούς αισθητήρες	344
15.4	Αθροιστής τάσης.....	345
15.5	Διαιρέτης ρεύματος.....	345
15.6	Ρυθμιστής ρεύματος για παθητικούς αισθητήρες	346
15.7	Γέφυρες μέτρησης.....	346
15.7.1	Η γέφυρα Wheatstone.....	347
15.7.2	Η γέφυρα συντονισμού.....	353
15.7.3	Άλλοι τύποι γεφυρών.....	354
15.8	Ενισχυτές βασισμένοι σε τελεστικό ενισχυτή.....	354
15.8.1	Αναστρέφων ενισχυτής.....	360
15.8.2	Μη-αναστρέφων ενισχυτής.....	360
15.8.3	Ακόλουθος τάσης.....	361
15.8.4	Ενισχυτής διαφοράς.....	361
15.8.5	Ενισχυτής αθροίσματος (αθροιστής)	362
15.8.6	Διαφορικός ενισχυτής.....	362
15.8.7	Παραγωγή τάσης αναφοράς.....	363
15.8.8	Ολοκληρωτής.....	364
15.8.9	Διαφοριστής.....	364
15.8.10	Περιοριστής	365
15.9	Πηγές ρεύματος.....	366
15.10	Συγκριτής	368
15.10.1	Διάταξη σκανδαλισμού Schmitt	369
15.10.2	Συγκριτής παραθύρου	370

15.11	Μετατροπείας ρεύματος σε τάση	371
15.12	Πολλαπλασιαστής σημάτων.....	373
15.12.1	Διαιρέτης σημάτων	373
15.12.2	Τετραγωνική ρίζα σήματος.....	374
15.13	Λογαριθμικός μετατροπείας.....	374
15.14	Παθητικά φίλτρα	375
15.15	Ενεργά φίλτρα	378
15.16	Ταλαντωτές	380
15.17	Ταλαντωτές ελεγχόμενοι από τάση.....	382
15.17.1	Μετάδοση σημάτων από το ίδιο κανάλι	382
15.17.2	Βρόχοι κλειδωμένης φάσης	383
15.18	Ενισχυτές φορτίου.....	384
15.19	Μετατροπείς AC/DC.....	386
15.19.1	Ενεργός ανορθωτής ημικύματος.....	386
15.19.2	Ενεργός ανορθωτής πλήρους κύματος.....	387
15.19.3	Ανιχνευτής κορυφής	387
15.19.4	Κύκλωμα πραγματικής ενεργού (rms) τιμής	388
15.20	Αντιστάθμιση της μη-γραμμικότητας των αισθητήρων και των διατάξεων μέτρησης.....	388
15.20.1	Λειτουργία του αισθητήρα στη γραμμική περιοχή της χαρακτηριστικής μεταφοράς του	388
15.20.2	Διεύρυνση της γραμμικής περιοχής στο σημείο λειτουργίας του αισθητήρα.....	389
15.20.3	Διαιρέτης τάσης με δύο αισθητήρες σε αντίθεση	390
15.20.4	Αντιστάθμιση της μη-γραμμικότητας μιας γέφυρας με ανάδραση.....	390
15.20.5	Αντιστάθμιση της μη-γραμμικότητας μιας γέφυρας με ενισχυτές.....	392
15.20.6	Αντιστάθμιση της μη-γραμμικότητας μιας γέφυρας με δύο αισθητήρες χρησιμοποιώντας διέγερση ρεύματος	392
15.20.7	Αντιστάθμιση της μη-γραμμικότητας μιας γέφυρας με πολλαπλασιαστή.....	393
15.21	Μετάδοση ισχύος και δεδομένων σε περιστρεφόμενα συστήματα μέτρησης	394

Κεφάλαιο 16 Ενισχυτές για ασθενή σήματα μέτρησης 397

16.1	Εισαγωγή.....	397
16.2	Ενισχυτές οργανολογίας.....	397
16.2.1	Χαρακτηριστικά μεγέθη των ενισχυτών οργανολογίας.....	397
16.2.2	Οι προδιαγραφές λειτουργίας των ΙΑ	403
16.2.3	Τυπικές εφαρμογές των ΙΑ	406
16.3	Ενισχυτές διαφοράς.....	411
16.4	Ενισχυτές απομόνωσης	411
16.4.1	Γενικά	411
16.4.2	Ενισχυτής απομόνωσης με σύζευξη με μετασχηματιστές	413
16.4.3	Ενισχυτής απομόνωσης με οπτική σύζευξη.....	413
16.4.4	Ενισχυτής απομόνωσης με χωρητική σύζευξη	414
16.4.5	Εφαρμογή.....	414
16.5	Ενισχυτές κατάτμησης	415
16.6	Ενισχυτές προγραμματιζόμενου κέρδους	416
16.7	Μετατροπείας τάσης-ρεύματος βασισμένος σε ΙΑ	418

Κεφάλαιο 17 Πολυπλεξία και δειγματοληψία.....	421
17.1 Εισαγωγή.....	421
17.2 Αναλογικοί διακόπτες και πολυπλέκτες.....	422
17.3 Δειγματοληψία αναλογικών σημάτων	429
17.4 Κυκλώματα δειγματοληψίας και συγκράτησης	434
Κεφάλαιο 18 Μετατροπείς A/D και D/A.....	443
18.1 Εισαγωγή.....	443
18.2 Μετατροπείς Αναλογικού σε Ψηφιακό	443
18.2.1 Γενικά	443
18.2.2 Μετατροπείς A/D τύπου Flash.....	450
18.2.3 Μετατροπείς A/D τύπου Subranging.....	451
18.2.4 Μετατροπείς A/D τύπου SAR	452
18.2.5 Μετατροπείς A/D τύπου Ιχνηλάτησης.....	453
18.2.6 Μετατροπείς A/D τύπου Ολοκλήρωσης.....	454
18.2.7 Μετατροπείς A/D τύπου Pipeline	457
18.2.8 Μετατροπείς A/D τύπου Sigma-Delta	459
18.2.9 Σύγκριση των μετατροπέων A/D.....	461
18.3 Μετατροπείς Ψηφιακού σε Αναλογικό	464
18.3.1 Γενικά	464
18.3.2 Μετατροπέας D/A ισοζυγισμένων αντιστατών	468
18.3.3 Μετατροπέας Κλίμακας R-2R.....	469
Κεφάλαιο 19 Κυκλώματα παραγωγής τάσης αναφοράς	471
19.1 Εισαγωγή.....	471
19.2 Κυκλώματα τάσης αναφοράς παράλληλου τύπου	472
19.3 Κυκλώματα τάσης αναφοράς τύπου σειράς.....	473
19.4 Τεχνικές σχεδιασμού και κατασκευής κυκλωμάτων τάσης αναφοράς	473
19.4.1 Κυκλώματα τάσης αναφοράς τύπου Bandgap.....	474
19.4.2 Κυκλώματα τάσης αναφοράς τύπου Zener.....	475
19.4.3 Κυκλώματα τάσης αναφοράς τύπου XFET	477
19.5 Ολοκληρωμένα κυκλώματα παραγωγής τάσης αναφοράς.....	477
Κεφάλαιο 20 Συστήματα απόκτησης και επεξεργασίας δεδομένων μέτρησης	479
20.1 Εισαγωγή.....	479
20.2 Αρχιτεκτονικές συστημάτων απόκτησης δεδομένων.....	479
20.3 Συστήματα μέτρησης που βασίζονται σε μικροεπεξεργαστή	484
20.4 Συστήματα μέτρησης που βασίζονται σε Η/Υ	487
20.4.1 Γενική περιγραφή των καρτών DAQ.....	487
20.4.2 Ο ενισχυτής οργανολογίας προγραμματιζόμενου κέρδους.....	491
20.4.3 Οι αναλογικές εισοδοί.....	492
20.4.4 Η λειτουργία «dithering»	497
20.4.5 Οι αναλογικές έξοδοι	500

20.4.6	Οι ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι.....	500
20.4.7	Χαρακτηριστικά λειτουργίας των καρτών DAQ	501
20.4.8	Το λογισμικό.....	502

Κεφάλαιο 21 Ηλεκτρικές και μαγνητικές διαταραχές στα συστήματα μέτρησης..... 505

21.1	Εισαγωγή.....	505
21.2	Ηλεκτρικές και μαγνητικές επιδράσεις	506
21.2.1	Χωρητική σύζευξη.....	506
21.2.2	Επαγωγική σύζευξη	509
21.2.3	Σύζευξη αγωγιμότητας.....	513
21.3	Γείωση της θωράκισης καλωδίων	521
21.4	Η θωράκιση προστασίας των ενισχυτών.....	525
21.5	Σφάλματα μέτρησης λόγω ενίσχυσης του κοινού σήματος	527
21.6	Σφάλματα μέτρησης λόγω σύζευξης των γραμμών τροφοδοσίας	529

Κεφάλαιο 22 Διεπικοινωνία συστημάτων μέτρησης και δίκτυα αισθητήρων 531

22.1	Εισαγωγή.....	531
22.2	Συστήματα τηλεμετρίας	532
22.3	Συστήματα διαύλου πεδίου	536
22.4	Μετάδοση πληροφορίας με βρόχο ρεύματος 4-20 mA.....	540
22.5	Μετάδοση πληροφορίας με υπέρυθρη ακτινοβολία.....	542
22.6	Παράλληλη επικοινωνία	543
22.7	Σειριακή επικοινωνία	548
22.8	Το πρότυπο επικοινωνίας USB	554
22.9	Το πρότυπο επικοινωνίας FireWire.....	554
22.10	Το πρότυπο GPIB.....	555
22.10.1	Η δομή του προτύπου GPIB	556
22.10.2	Υλοποίηση της διεπικοινωνίας με το GPIB.....	557
22.10.3	Οι προδιαγραφές του προτύπου GPIB.....	560
22.10.4	Ο Ελεγκτής ενός συστήματος GPIB	561
22.10.5	Οι μετατροπείς GPIB	561
22.10.6	Το λογισμικό ελέγχου του διαύλου GPIB.....	561
22.11	Το πρότυπο επικοινωνίας SDI-12	562
22.12	Το πρότυπο επικοινωνίας I ² C.....	563
22.13	Το πρότυπο 1-Wire	563
22.14	Το πρότυπο επικοινωνίας SPI	564
22.15	Το πρότυπο επικοινωνίας CAN	564
22.16	Το πρότυπο επικοινωνίας EIB	565
22.17	Το πρότυπο επικοινωνίας LonWorks.....	568
22.18	Το πρότυπο επικοινωνίας Foundation Fieldbus	569
22.19	Διασύνδεση δικτύων αισθητήρων με δίκτυα TCP/IP.....	572
22.20	Το πρότυπο Power over Ethernet.....	573

Κεφάλαιο 23 Έξυπνοι αισθητήρες	575
23.1 Εισαγωγή.....	575
23.2 Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των έξυπνων αισθητήρων.....	578
23.3 Παραδείγματα σχεδιασμού έξυπνων αισθητήρων	580
23.4 Το πρότυπο IEEE 1451	583
Κεφάλαιο 24 Ασύρματοι αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	589
24.1 Εισαγωγή.....	589
24.2 Πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας.....	592
24.2.1 Το πρότυπο IEEE 802.11	592
24.2.2 Το πρότυπο HomeRF.....	592
24.2.3 Το πρότυπο Bluetooth.....	592
24.2.4 Το πρότυπο IrDA	592
24.2.5 Το πρότυπο ZigBee.....	593
24.2.6 Το πρότυπο RFID	593
24.3 Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των ασύρματων αισθητήρων και των ασύρματων δικτύων αισθητήρων	594
24.4 Παράγοντες αξιολόγησης της απόδοσης των ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	595
24.5 Η δομή των ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	597
24.5.1 Μοντέλα επικοινωνίας.....	597
24.5.2 Μοντέλα παράδοσης της πληροφορίας.....	598
24.5.3 Μοντέλα δυναμικής δικτύου.....	598
24.6 Το μοντέλο αναφοράς ISO/OSI στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	600
24.7 Οργάνωση ασύρματων δικτύων αισθητήρων με βάση τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.....	601
24.8 Δρομολόγηση.....	602
24.8.1 Δεδομοκεντρικά πρωτόκολλα	602
24.8.2 Ιεραρχικά πρωτόκολλα	604
24.8.3 Πρωτόκολλα δρομολόγησης βασισμένα στη θέση.....	606
24.8.4 Πρωτόκολλα δρομολόγησης τύπου <i>ροής δικτύου</i> και τύπου <i>εγγύησης ποιότητας υπηρεσιών</i>	607
24.9 Εντοπισμός της θέσης ενός κινητού αισθητήρα.....	608
Κεφάλαιο 25 Εφαρμογές αισθητήρων σε αυτοματισμούς και παραδείγματα σχεδίασης συστημάτων μέτρησης και έλεγχου.....	615
25.1 Εισαγωγή.....	615
25.2 Το σύστημα ελέγχου	615
25.3 Ο ενεργοποιητής.....	617
25.3.1 Ενεργοποιητές ανοικτού βρόχου	617
25.3.2 Ενεργοποιητές κλειστού βρόχου.....	618
25.3.3 Κινητήρας συνεχούς ρεύματος με μόνιμους μαγνήτες	618
25.3.4 Κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος.....	619
25.3.5 Βηματικός κινητήρας.....	620
25.3.6 Ηλεκτρονόμος (ρελέ).....	620
25.3.7 Ηλεκτροβάννα	621

25.3.8	Ηλεκτροστατικοί ενεργοποιητές.....	622
25.3.9	Ενισχυτές ισχύος.....	623
25.4	Συστήματα μηχανικής όρασης.....	623
25.5	Καταγραφικά δεδομένων.....	624
25.6	Παραδείγματα σχεδιασμού συστημάτων μέτρησης και ελέγχου.....	626
25.6.1	Παρακολούθηση μεταβλητών κατάστασης ενός συστήματος.....	626
25.6.2	Σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας ενός χώρου στάθμευσης οχημάτων.....	631
25.6.3	Σύστημα ελέγχου ακινητοποίησης των τροχών ενός αυτοκινήτου.....	634
25.6.4	Έλεγχος της ποσότητας που περιέχεται σε δεξαμενή σε μια βιομηχανική διαδικασία.....	636
25.6.5	Έλεγχος διαστάσεων σε βιομηχανικές κατασκευές.....	637
25.6.6	Σύστημα ελέγχου τόνου.....	639
25.6.7	Μέτρηση ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας.....	641
25.6.8	Μέτρηση ποιότητας ισχύος.....	644
25.6.9	Σύστημα απόκτησης δεδομένων υβριδικού συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας... ..	645
25.6.10	Σύστημα αυτόματης άρδευσης.....	650
25.6.11	Μαγνητικό έδρανο.....	651
25.6.12	Σύστημα ελέγχου της κίνησης ενός ρομπότ.....	653
Κεφάλαιο 26 Όργανα μετρήσεων.....		655
26.1	Εισαγωγή.....	655
26.2	Όργανα μέτρησης περιβαλλοντικών μεγεθών.....	655
26.2.1	Ανεμόμετρα.....	655
26.2.2	Μετρητές διεύθυνσης ανέμου.....	659
26.2.3	Υγρόμετρα.....	659
26.2.4	Ψυχρόμετρο.....	660
26.2.5	Μέτρηση ύψους βροχής.....	660
26.2.6	Βαρόμετρα.....	664
26.2.7	Πυργώμετρα.....	664
26.2.8	Φωτόμετρα.....	665
26.2.9	Πυρανόμετρα.....	665
26.2.10	Πυρηλιόμετρο.....	667
26.2.11	Ηλιακό φωτόμετρο.....	668
26.2.12	Ραδιόμετρα.....	668
26.2.13	Πυραδιόμετρο.....	668
26.2.14	Μετρητής της διάρκειας ηλιοφάνειας.....	668
26.2.15	Μετρητής εξάτμισης.....	669
26.2.16	Σεισμογράφοι.....	669
26.3	Ιατρικά όργανα μέτρησης.....	669
26.3.1	Ηλεκτρονικό σφυγμομανόμετρο.....	669
26.3.2	Ηλεκτροκαρδιογράφημα.....	670
26.3.3	Μετρητές του καρδιακού ρυθμού.....	672
26.3.4	Παλμικά οξύμετρα.....	672
26.3.5	Ιατρικά απεικονιστικά συστήματα με υπερήχους.....	673
26.3.6	Μέτρηση ροής αίματος.....	673
26.3.7	Απεικονιστικά συστήματα ακτίνων Χ.....	674
26.3.8	Μαγνητική τομογραφία.....	675
26.3.9	Τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων.....	676

26.4	Όργανα μέτρησης σε οχήματα	678
26.4.1	Οδόμετρα	678
26.4.2	Ταχύμετρα.....	678
26.4.3	Ταχογράφοι.....	678
26.4.4	Άλλοι αισθητήρες αυτοκινήτων.....	678
26.5	Όργανα μέτρησης θέσης και απόστασης	681
26.5.1	Μετρητές απόστασης.....	681
26.5.2	Μετρητές βημάτων	681
26.5.3	Μετρητές απόστασης βαδίσματος	681
26.5.4	Υψομετρητές.....	682
26.5.5	Μετρητές κλίσης.....	682
26.5.6	Ταχύμετρα.....	682
26.5.7	Μετρητής δονήσεων	683
26.5.8	Βυθόμετρα	683
26.5.9	Ηλεκτρονικές μετροταινίες.....	683
26.5.10	Ηλεκτρονική πυξίδα.....	684
26.5.11	Θεοδόλιχος.....	686
26.5.12	Global Positioning System.....	686
26.6	Όργανα μέτρησης διαστάσεων αντικειμένων	686
26.6.1	Ηλεκτρονικό παχύμετρο	686
26.6.2	Ηλεκτρονικά μικρόμετρα.....	687
26.6.3	Διαστολόμετρα	687
26.6.4	Μετρητές των διαστάσεων πόρων σε πορώδη υλικά.....	687
26.6.5	Δενδρόμετρα.....	689
26.7	Όργανα μέτρησης παραμέτρων του εδάφους.....	690
26.7.1	Μετρητές της ποσότητας νερού του εδάφους.....	690
26.7.2	Τενσιόμετρα.....	690
26.7.3	Μπλοκ γύψου.....	691
26.7.4	Πιεζόμετρα.....	692
26.7.5	Λυσίμετρο	695
26.8	Όργανα μέτρησης ιδιοτήτων σωμάτων	696
26.8.1	Μετρητές της υγρότητας σωμάτων.....	696
26.8.2	Μετρητές αγωγιμότητας νερού.....	696
26.8.3	Μετρητές θολότητας του νερού.....	696
26.8.4	Μετρητές αντίστασης διείσδυσης.....	696
26.8.5	Μετρητές διάβρωσης	697
26.8.6	Μετρητές ποιότητας μαγειρικού λαδιού.....	697
26.8.7	Θερμόμετρα	697
26.8.8	Ιξωδόμετρα	698
26.8.9	Πυκνόμετρα	698
26.8.10	Σκληρόμετρα.....	700
26.8.11	Ηλεκτρονικές ζυγαριές	701
26.8.12	Μανόμετρα	701
26.8.13	Αναλυτές αερίων.....	701
26.8.14	Φασματόμετρα	701
26.8.15	Θερμιδόμετρα	702
26.8.16	Ποιοτικός έλεγχος των πλακιδίων ημιαγωγών	702

26.9	Όργανα μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών	702
26.9.1	Βολτόμετρα.....	702
26.9.2	Αμπερόμετρα	702
26.9.3	Μετρητές ωμικής αντίστασης.....	702
26.9.4	Πολύμετρα	703
26.9.5	Ηλεκτρόμετρο.....	703
26.9.6	Αμπερομετρικές πέννες.....	703
26.9.7	Μετρητές αντίστασης γείωσης	704
26.10	Όργανα μέτρησης μαγνητικού πεδίου.....	705
26.10.1	Μετρητές πυκνότητας μαγνητικής ροής.....	705
26.10.2	Μετρητές μαγνητικού πεδίου.....	705
26.11	Όργανα μέτρησης της έντασης του ήχου	705
26.11.1	Τα μικρόφωνα.....	705
26.11.2	Υδρόφωνα.....	707
26.12	Άλλα όργανα μέτρησης.....	707
26.12.1	Δοσίμετρα	707
26.12.2	Συσκευές ανάγνωσης γραμμωτού κώδικα	708
26.12.3	Μετρητές λίπους του ανθρώπινου σώματος.....	708
Κεφάλαιο 27 Θεωρία ανάλυσης σφαλμάτων & επεξεργασία μετρήσεων		709
27.1	Εισαγωγή.....	709
27.2	Συστηματικά και τυχαία σφάλματα	709
27.2.1	Συστηματικά σφάλματα.....	710
27.2.2	Τυχαία σφάλματα.....	711
27.3	Βασικές έννοιες θεωρίας σφαλμάτων	713
27.3.1	Ακρίβεια οργάνου (accuracy)	713
27.3.2	Σφάλμα μέτρησης	713
27.3.3	Ακρίβεια προσέγγισης (precision)	713
27.3.4	Σημαντικά ψηφία (significant digits).....	715
27.3.5	Διακριτικότητα (resolution) οργάνου	715
27.3.6	Συνέπεια (consistency) ενός οργάνου.....	716
27.3.7	Επαναληπτικότητα (repeatability) οργάνου.....	716
27.3.8	Άμεση μέτρηση (direct measurement).....	716
27.3.9	Έμμεση μέτρηση (indirect measurement).....	716
27.3.10	Εκτίμηση (estimation).....	717
27.3.11	Ευαισθησία (sensitivity)	717
27.4	Τυχαία σφάλματα κατά τις άμεσες μετρήσεις.....	718
27.5	Τυχαία σφάλματα κατά τις έμμεσες μετρήσεις.....	726
27.6	Παλινδρόμηση.....	729
27.6.1	Γραμμική παλινδρόμηση	729
27.6.2	Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων	730
27.6.3	Εκθετική παλινδρόμηση	731
27.6.4	Πολυωνυμική παλινδρόμηση.....	732
27.7	Εύρεση και απόρριψη λανθασμένων τιμών	734
27.7.1	Το κριτήριο του Chauvenet.....	734
27.7.2	Το τεστ-Q.....	735

Κεφάλαιο 28 Συγχώνευση δεδομένων	737
28.1 Εισαγωγή.....	737
28.2 Η εφαρμογή της συγχώνευσης δεδομένων στα συστήματα μετρήσεων	738
28.2.1 Πλεονασμός	738
28.2.2 Ποικιλομορφία.....	738
28.2.3 Συμπληρωματικότητα	738
28.2.4 Συνεργατικότητα.....	739
28.2.5 Παρατηρήσεις για τους πολλαπλούς αισθητήρες	740
28.3 Μέθοδοι συγχώνευσης δεδομένων.....	741
28.4 Ταξινόμηση των μεθόδων συγχώνευσης δεδομένων με βάση τον τύπο των αισθητήριων δεδομένων.....	743
28.5 Ταξινόμηση των μεθόδων συγχώνευσης δεδομένων με βάση τα επίπεδα αναπαράστασης των δεδομένων	743
Βιβλιογραφία.....	745
Ευρετήριο	749