

Περιεχόμενα

1ο Μέρος

ΘΕΩΡΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....9

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Ακρίβεια (Accuracy)	10
1.2.1 Παράδειγμα	11
1.2.2 Παράδειγμα	12
1.3 Σαφήνεια (Precision).....	15
1.4 Διακριτική ικανότητα (Resolution).....	16
1.5 Γραμμικότητα (Linearity).....	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....23

ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ.....	23
2.1 Εισαγωγή.....	23
2.2 Αρνητική ανάδραση στους Τ.Ε.....	24
2.3 Ο ιδανικός Τ.Ε.....	29
2.4 Ιδανικό μοντέλο Τ.Ε. με ανάδραση.....	30
2.4.1 Μοντέλο Τ.Ε. εξαρτώμενο από τη συχνότητα.....	32
2.4.2 Ανάδραση σε μοντέλο Τ.Ε. εξαρτώμενο από τη συχνότητα	33
2.5 Χαρακτηριστικές παράμετροι Τ. Ε.	36
2.5.1 Περιοχή τάσης κοινού σήματος εισόδου (V_{ICR})	37
2.5.2 Τάση ασυμμετρίας εισόδου (V_{IO}).....	38
2.5.3 Ρεύμα πόλωσης εισόδου (I_B).....	39
2.5.4 Ρεύμα ασυμμετρίας εισόδου (I_{IO}).....	40
2.5.5 Τάση εξόδου λόγω ασυμμετρίας εισόδου (V_{OO}).....	40
2.5.6 Αντιστάθμιση της ασυμμετρίας εισόδου.....	44
2.5.7 Σύνθετη αντίσταση εισόδου (Z_{IN}).....	47
2.5.8 Χωρητικότητα εισόδου C_{IN}	47
2.5.9 Αντίσταση εισόδου R_{IN}	48
2.5.10 Ισοδύναμος θόρυβος εισόδου (V_N, I_N)	48
2.5.11 Σύνθετη αντίσταση εξόδου (Z_O).....	49
2.5.12 Ρυθμός μεταβολής εξόδου (SR)	50
2.5.13 Λόγος απόρριψης κοινού σήματος ($CMRR$).....	52
2.5.14 Εύρος ζώνης (BW)	53
2.5.15 Γινόμενο κέρδους εύρους ζώνης (GBP)	54
2.5.16 Περιθώριο φάσης (Φ_m) – Περιθώριο κέρδους (A_m)	55
2.5.17 Μέγιστη μεταβολή της τάσης εξόδου (V_{OM}).....	56
2.5.18 Λόγος απόρριψης της τάσης τροφοδοσίας ($PSRR$).....	57

2.5.19	Ενίσχυση διαφορικής τάσης μεγάλου σήματος (A_{VD}).....	58
2.5.20	Δυναμική περιοχή εξόδου και οδήγηση φορτίων.....	60
2.5.21	Τροφοδοσία Τ.Ε.	60
2.5.22	Είδη Τελεστικών Ενισχυτών	63
2.5.23	Διπολικοί (Bipolar) Τ.Ε.	64
2.5.24	BiFET Τ.Ε.....	65
2.5.25	CMOS Τ.Ε.....	65
2.5.26	Επιλογή Τ.Ε.....	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....67

ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΑΠΛΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ.....	67
3.1 Σύγκριση Τ.Ε. συμμετρικής τροφοδοσίας με Τ.Ε. απλής τροφοδοσίας	67
3.2 Τεχνικές πόλωσης σήματος για Τ.Ε. απλής τροφοδοσίας.....	72
3.2.1 1 ^{ος} Τρόπος: Με κοινό σημείο την τάση αναφοράς.....	72
3.2.2 2 ^{ος} Τρόπος: Εφαρμόζοντας την τάση αναφοράς μόνο στη μη αναστρέφουσα είσοδο.	80
3.2.3 3 ^{ος} Τρόπος: Με προσθήκη πυκνωτή σε σειρά με την πηγή σήματος.	83
3.2.4 4 ^{ος} Τρόπος: Με προσθήκη πυκνωτών σε σειρά με την πηγή και το φορτίο.....	87
3.3 Επίλυση κυκλωμάτων Τ.Ε. απλής τροφοδοσίας με γραμμική συνάρτηση μεταφοράς	89
3.3.1 1 ^η Περίπτωση $V_{OUT} = \alpha V_{IN} + \beta$	90
3.3.2 2 ^η Περίπτωση $V_{OUT} = \alpha V_{IN} - \beta$	94
3.3.3 3 ^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ $V_{OUT} = -\alpha V_{IN} + \beta$	103
3.3.4 4 ^η Περίπτωση $V_{OUT} = -\alpha V_{IN} - \beta$	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....111

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΣΗΜΑΤΟΣ	111
4.1 Εισαγωγή.....	111
4.2 Μετατροπείς από τάση σε τάση (V/V converters).....	111
4.2.1 Μη αναστρέφων ενισχυτής.	111
4.2.2 Αναστρέφων ενισχυτής.....	116
4.3 Μετατροπείς από ρεύμα σε τάση (I/V converters).....	121
4.3.1 I/V μετατροπέας με πολλαπλασιαστική αντίσταση.....	123
4.4 Μετατροπείς από τάση σε ρεύμα (V/I converters).....	125
4.4.1 V/I μετατροπέας για ελεύθερα φορτία (floating loads).....	125
4.4.2 V/I μετατροπέας για φορτία με το ένα άκρο στη γείωση (grounded loads).....	127
4.4.3 V/I μετατροπέας για φορτία με το ένα άκρο στην τροφοδοσία (supply loads).....	130
4.5 Μετατροπείς από ρεύμα σε ρεύμα (I/I converters).....	132
4.5.1 I/I μετατροπείς για ελεύθερα φορτία.....	133
4.5.2 I/I μετατροπείς για δεσμευμένα στο ένα άκρο φορτία	134

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....137

ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	137
5.1 Εισαγωγή.....	137
5.2 Διαφορικός ενισχυτής.....	138
5.2.1 Διαφορικός ενισχυτής με συμμετρική τροφοδοσία.....	138
5.2.2 Διαφορικός ενισχυτής με μονοπολική τροφοδοσία.....	141
5.3 Ενισχυτής οργανολογίας με δύο Τ.Ε.....	143
5.3.1 Ενισχυτής οργανολογίας με δύο Τ.Ε και συμμετρική τροφοδοσία.....	143
5.3.2 Ρύθμιση του κέρδους με τη ρύθμιση μιας αντίστασης.....	145
5.3.3 Με μονοπολική τροφοδοσία.....	147
5.4 Ενισχυτής οργανολογίας με τρεις Τ.Ε.....	148
5.4.1 Ενισχυτής οργανολογίας με τρεις Τ.Ε και συμμετρική τροφοδοσία.....	148
5.4.2 Ενισχυτής οργανολογίας με τρεις Τ.Ε και μονοπολική τροφοδοσία.....	151
5.5 Ενισχυτής οργανολογίας με τέσσερις Τ.Ε.....	152
5.6 Ολοκληρωμένο κυκλώμα ενισχυτή οργανολογίας.....	154

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....157

ΠΗΓΕΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΗΓΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	157
6.1 Πηγές τάσης αναφοράς.....	157
6.1.1 Πηγή τάσης αναφοράς απλής διόδου ZENER.....	157
6.1.2 Πηγές τάσης αναφοράς με Τ.Ε.....	160
6.1.3 Συνάρτηση μεταφοράς πηγής τάσης.....	165
6.2 Πηγές ρεύματος αναφοράς.....	167
6.2.1 Πηγές ρεύματος για ελεύθερα φορτία (Floating loads).....	169
6.2.2 Πηγές ρεύματος για δεσμευμένα φορτία.....	173
6.2.3 Φορτία με το ένα άκρο στην τροφοδοσία (Supply loads).....	173
6.2.4 Φορτία με το ένα άκρο στη γείωση (Grounded loads).....	179
6.2.5 Συνάρτηση μεταφοράς πηγής ρεύματος.....	183

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....185

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΙΣ ΣΗΜΑΤΟΣ.....	185
7.1 Εισαγωγή.....	185
7.2 Διέγερσης πηγής τάσης.....	185
7.2.1 Διαιρέτες τάσης.....	185
7.2.2 Ποτενσιομετρικές διατάξεις.....	186
7.3 Διέγερσης πηγής ρεύματος.....	187
7.4 Γεφυρα ωμικών αντιστάσεων (DC).....	189
7.4.1 Συνθήκη συμμετρίας της γέφυρας DC.....	190
7.4.2 Συνθήκες ασυμμετρίας της γέφυρας DC.....	190
7.4.3 Γέφυρα τροφοδοτούμενη από πηγή τάσης.....	192
7.4.4 Γέφυρα τροφοδοτούμενη από πηγή ρεύματος.....	194
7.5 Προσαρμογή και ενίσχυση γεφυρών DC.....	198
7.5.1 Γραμμικοποίηση γεφυρών DC σε ασυμμετρία.....	203

7.6	Γέφυρα AC.....	212
7.6.1	Μέτρηση χωρητικότητας και απωλειών πυκνωτών	215
7.6.2	Γέφυρα De Sauty.....	216
7.6.3	Γέφυρα SCHERING	217
7.6.4	Μέτρηση αυτεπαγωγής και αντίστασης απωλειών πηνίων.....	219
7.6.5	Γέφυρα MAXWELL	220
7.6.6	Γέφυρα HAY.....	221
7.7	Γέφυρες AC σε ασυμμετρία	222
7.7.1	Γέφυρα De Sauty σε ασυμμετρία.....	224
7.7.2	Γέφυρα De Sauty σε ασυμμετρία με TE.....	225
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....		229
ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΟΣ.....		229
8.1	Ανορθωτές ακριβείας	229
8.1.1	Δίοδος ακριβείας	229
8.1.2	Ημιανορθωτής ακριβείας	233
8.1.3	Ανορθωτής ακριβείας πλήρους κύματος.....	234
8.1.4	Απεικόνιση της εξόδου	236
8.2	Κυκλώμα δειγματοληψίας και συγκράτησης (S/H)	239
8.2.1	Χαρακτηριστικά μονολιθικού ολοκληρωμένου. κυκλώματος S/H.....	242
8.3	Ανιχνευτής κορυφής	244
8.4	Μετατροπείς συνθέτων αντιστάσεων.....	248
8.4.1	Πολλαπλασιαστής χωρητικότητας.....	248
8.4.2	Πολλαπλασιαστής αυτεπαγωγής (Gyrator).....	250
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....		253
ΕΝΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....		253
9.1	Εισαγωγή.....	253
9.2	Πομπός ρεύματος 4-20mA δύο αγωγών.....	253
9.3	Πομπός ρεύματος 4 - 20mA τριών αγωγών.....	256
9.4	Βαθμίδα μετατροπής από 4-20mA σε 0-5V.....	263
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.....		271
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΠΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ (ADC)		271
10.1	Σύστημα επεξεργασίας δεδομένων.....	271
10.2	Θεώρημα δειγματοληψίας	272
10.2.1	Ιδανική Δειγματοληψία	272
10.2.2	Πραγματική Δειγματοληψία	273
10.3	Επιδράσεις παραποίησης του σήματος εισόδου.....	275
10.4	Δειγματοληψία και συγκράτηση.....	277
10.5	Χαρακτηριστικές παράμετροι ενός A/D μετατροπέα	278
10.5.1	Συνάρτηση μεταφοράς ενός A/D μετατροπέα.....	278
10.5.2	Διακριτική ικανότητα (Resolution).....	280

10.5.3	Χρόνος μετατροπής (Conversion time) ή Ρυθμός δειγματοληψίας (Sampling rate)	281
10.5.4	Σφάλμα απόκλισης εκκίνησης (Offset error)	281
10.5.5	Σφάλμα κέρδους (Gain error).	282
10.5.6	Σφάλμα Διαφορικής μη γραμμικότητας (Differential nonlinearity error).....	283
10.5.7	Σφάλμα ολοκληρωτικής μη γραμμικότητας (Integral nonlinearity).	283
10.5.8	Απόλυτο (ή Ολικό) Σφάλμα Ακρίβειας (Absolute accuracy error) ...	284
10.5.9	Σφάλμα παραθύρου (Aperture error).....	285
10.5.10	Λόγος σήματος προς θόρυβο (Signal to noise ratio).....	286
10.6	Είδη μετατροπέων από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα	289
10.6.1	Μετατροπείς ολοκλήρωσης (Integration ADC).....	290
10.6.2	Μετατροπείς Σίγμα-Δέλτα (Σ - Δ ADC).....	292
10.6.3	Μετατροπείς διαδοχικών προσεγγίσεων (Successive approximation register ADC).....	296
10.6.4	Παράλληλοι μετατροπείς (Flash ADC)	297
10.6.5	Ημιπαράλληλοι μετατροπείς (Semiflash or Subranging ADC)	298
10.6.6	Μετατροπείς καναλιού N βαθμίδων (N Stages pipelined ADC).....	299

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11301

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΕ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΑ (DAC)	301	
11.1	Χαρακτηριστικά D/A μετατροπέων	301
11.1.1	Συνάρτηση μεταφοράς ενός D/A μετατροπέα.....	301
11.1.2	Χρόνος αποκατάστασης ενός D/A μετατροπέα (Settling time)	302
11.1.3	Σφάλμα απόκλισης εκκίνησης (Offset error)	303
11.1.4	Σφάλμα κέρδους (Gain error).	304
11.1.5	Σφάλμα Διαφορικής μη γραμμικότητας (Differential nonlinearity error).....	305
11.1.6	Σφάλμα ολοκληρωτικής μη γραμμικότητας (Integral nonlinearity).	305
11.1.7	Απόλυτο (ή Ολικό) Σφάλμα Ακρίβειας (Absolute accuracy error) ...	306
11.2	Είδη μετατροπέων από ψηφιακό σε αναλογικό σήμα (DAC)	307
11.2.1	Μετατροπέας κλιμακωτών αντιστάσεων (Resistor string DAC)	307
11.2.2	Μετατροπέας οδήγησης ρεύματος (Current Steering DAC)	308