

Περιεχόμενα

Πρόλογος ελλ. έκδοσης.....	6
Πρόλογος	7
Κεφάλαιο 1 Μοντέλα για ενεργές συσκευές ολοκληρωμένου κυκλώματος.....	23
1.1 Εισαγωγή.....	23
1.2 Περιοχή απογύμνωσης μιας επαφής pn	23
1.2.1 Χωρητικότητα της περιοχής απογύμνωσης	28
1.2.2 Κατάρρευση επαφής.....	30
1.3 Συμπεριφορά μεγάλου σήματος των διπολικών τρανζίστορ.....	33
1.3.1 Μοντέλα μεγάλου σήματος στην ενεργό περιοχή ορθής λειτουργίας	33
1.3.2 Επίδραση της τάσης συλλέκτη στις χαρακτηριστικές μεγάλου σήματος στην ενεργό περιοχή ορθής λειτουργίας	41
1.3.3 Περιοχή κόρου και ενεργός περιοχή ανάστροφης λειτουργίας	44
1.3.4 Τάσεις κατάρρευσης του τρανζίστορ	49
1.3.5 Εξάρτηση του κέρδους ρεύματος β_F του τρανζίστορ από τις συνθήκες λειτουργίας.....	54
1.4 Μοντέλα μικρού σήματος για διπολικά τρανζίστορ	57
1.4.1 Διαγωγιμότητα.....	58
1.4.2 Χωρητικότητα φορτίου βάσης.....	60
1.4.3 Αντίσταση εισόδου	61
1.4.4 Αντίσταση εξόδου	62
1.4.5 Βασικό μοντέλο μικρού σήματος του διπολικού τρανζίστορ	63
1.4.6 Αντίσταση συλλέκτη-νάσης	63
1.4.7 Παρασιτικά στοιχεία στο μοντέλο μικρού σήματος	64
1.4.8 Προσδιορισμός της απόκρισης συχνότητας του τρανζίστορ	68
1.5 Συμπεριφορά μεγάλου σήματος του τρανζίστορ MOSFET.....	74
1.5.1 Χαρακτηριστική μεταφοράς των συσκευών MOS	74
1.5.2 Σύγκριση των περιοχών λειτουργίας των διπολικών τρανζίστορ και των τρανζίστορ MOS	84
1.5.3 Ανάλυση της τάσης πύλης-πηγής.....	86
1.5.4 Θερμοκρασιακή εξάρτηση της τάσης κατωφλίου	87
1.5.5 Περιορισμοί τάσης σε συσκευές MOS	88
1.6 Μοντέλα μικρού σήματος για τρανζίστορ MOS.....	90
1.6.1 Διαγωγιμότητα.....	90
1.6.2 Ενδογενής χωρητικότητα πύλης-πηγής και πύλης-απαγωγού	92
1.6.3 Αντίσταση εισόδου	93
1.6.4 Αντίσταση εξόδου	93

1.6.5	Βασικό Μοντέλο μικρού σήματος του τρανζίστορ MOS	93
1.6.6	Διαγωγιμότητα σώματος.....	94
1.6.7	Παρασιτικά στοιχεία στο μοντέλο μικρού σήματος	95
1.6.8	Απόκριση συχνότητας του τρανζίστορ MOS	97
1.7	Επιδράσεις μικρού μήκους καναλιού σε τρανζίστορ MOS	101
1.7.1	Κορεσμός ταχύτητας από το οριζόντιο πεδίο	102
1.7.2	Διαγωγιμότητα και συχνότητα μετάβασης	108
1.7.3	Υποβάθμιση ευκινής από το κάθετο πεδίο	111
1.8	Ασθενής αναστροφή σε τρανζίστορ MOS	111
1.8.1	Ρεύμα απαγωγού στην ασθενή αναστροφή	112
1.8.2	Διαγωγιμότητα και συχνότητα μετάβασης στην ασθενή αναστροφή.....	116
1.9	Ροή ρεύματος υποστρώματος σε τρανζίστορ MOS	119
Π.1.1	Σύνοψη παραμέτρων ενεργών συσκευών	122
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	124
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	127

Κεφάλαιο 2 Διπολική, MOS, και BiCMOS τεχνολογία ολοκληρωμένων

	κυκλωμάτων	129
2.1	Εισαγωγή.....	129
2.2	Βασικές διεργασίες για την κατασκευή ολοκληρωμένου κυκλώματος	130
2.2.1	Ηλεκτρική ειδική αντίσταση του πυριτίου	130
2.2.2	Διάχυση Στερεάς Κατάστασης	132
2.2.3	Ηλεκτρικές ιδιότητες των στρωμάτων διάχυσης.	134
2.2.4	Φωτολιθογραφία.....	137
2.2.5	Επιταξιακή ανάπτυξη	139
2.2.6	Εμφύτευση Ιόντων.....	140
2.2.7	Τοπική οξείδωση	141
2.2.8	Εναπόθεση πολυπυριτίου	142
2.3	Κατασκευή διπολικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων υψηλής τάσης.....	143
2.4	Προηγμένη κατασκευή διπολικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.....	148
2.5	Ενεργές συσκευές σε διπολικά ολοκληρωμένα κυκλώματα	153
2.5.1	Τρανζίστορ <i>npn</i> ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	153
2.5.2	Τρανζίστορ <i>pnp</i> ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	168
2.6	Παθητικά στοιχεία ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	178
2.6.1	Αντιστάτες διάχυσης.....	179
2.6.2	Επιταξιακοί αντιστάτες και επιταξιακοί αντιστάτες περιορισμού.....	182
2.6.3	Πυκνωτές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.....	184
2.6.4	Δίοδοι Zener	186
2.6.5	Δίοδοι επαφής.....	187
2.7	Τροποποιήσεις στη βασική διπολική διεργασία.....	188
2.7.1	Διηλεκτρική απομόνωση	188
2.7.2	Συμβατή διεργασία για ενεργές συσκευές υψηλής απόδοσης	190
2.7.3	Παθητικά στοιχεία υψηλής απόδοσης	193

2.8	Κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων MOS	194
2.9	Ενεργές συσκευές σε ολοκληρωμένα κυκλώματα MOS	198
2.9.1	Τρανζίστορ καναλιού n	198
2.9.2	Τρανζίστορ καναλιού p	214
2.9.3	Συσκευές απογύμνωσης.....	215
2.9.4	Διπολικά τρανζίστορ	216
2.10	Παθητικά στοιχεία σε τεχνολογία MOS	218
2.10.1	Αντιστάτες	218
2.10.2	Πυκνωτές σε τεχνολογία MOS.....	220
2.10.3	Κλείδωμα εκκίνησης σε τεχνολογία CMOS.....	224
2.11	Τεχνολογία BiCMOS	227
2.12	Ετεροεπαφικά διπολικά τρανζίστορ.....	229
2.13	Καθυστέρηση διασύνδεσης.....	231
2.14	Οικονομικές πτυχές της κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	232
2.14.1	Μελέτη της απόδοσης κατασκευής των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	232
2.14.2	Μελέτη του κόστους κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	236
2.15	Συσκευασία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.....	239
2.15.1	Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	240
2.15.2	Η επίδραση της συσκευασίας στην αξιοπιστία των κυκλωμάτων	243
Π.2.1	Παράμετροι μοντέλων Spice.....	244
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	246
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	251

Κεφάλαιο 3 Ενισχυτές ενός τρανζίστορ και πολλών τρανζίστορ255

3.1	Επιλογή μοντέλου συσκευής για την προσεγγιστική ανάλυση αναλογικών κυκλωμάτων.....	257
3.2	Δίθυρα μοντέλα ενισχυτών	258
3.3	Βασικές βαθμίδες ενισχυτών απλού τρανζίστορ.....	261
3.3.1	Συνδεσμολογία κοινού εκπομπού.....	262
3.3.2	Συνδεσμολογία κοινής πηγής	268
3.3.3	Συνδεσμολογία κοινής βάσης.....	272
3.3.4	Συνδεσμολογία κοινής πύλης	277
3.3.5	Συνδεσμολογία κοινής βάσης και κοινής πύλης με πεπερασμένη r_o	279
3.3.5.1	Αντίσταση εισόδου κοινής βάσης και κοινής πύλης	279
3.3.5.2	Αντίσταση εξόδου κοινής βάσης και κοινής πύλης.....	282
3.3.6	Συνδεσμολογία κοινού συλλέκτη (ακόλουθος εκπομπού)	284
3.3.7	Συνδεσμολογία κοινού απαγωγού (ακόλουθος πηγής).....	289
3.3.8	Ενισχυτής κοινού εκπομπού με εκφυλισμό εκπομπού	291
3.3.9	Ενισχυτής κοινής πηγής με εκφυλισμό πηγής	296
3.4	Βαθμίδες ενισχυτών με πολλά τρανζίστορ	298
3.4.1	Οι συνδεσμολογίες CC–CE, CC–CC, και Darlington	299

3.4.2	Η κασκοδική συνδεσμολογία	303
3.4.2.1	Η διπολική κασκοδική συνδεσμολογία	304
3.4.2.2	Η κασκοδική συνδεσμολογία MOS.....	306
3.4.3	Η ενεργός κασκοδική συνδεσμολογία	310
3.4.4	Ο υπερακόλουθος πηγής.....	312
3.5	Διαφορικά ζεύγη	315
3.5.1	Η χαρακτηριστική μεταφοράς dc ενός ζεύγους συζευγμένου εκπομπού	316
3.5.2	Η χαρακτηριστική μεταφοράς dc με εκφυλισμό εκπομπού.....	319
3.5.3	Η χαρακτηριστική μεταφοράς dc ενός ζεύγους συζευγμένης πηγής	320
3.5.4	Εισαγωγική ανάλυση μικρού σήματος για τους διαφορικούς ενισχυτές.....	323
3.5.5	Χαρακτηριστικά μικρού σήματος για τους ισοσταθμισμένους διαφορικούς ενισχυτές	328
3.5.6	Αποτελέσματα της έλλειψης απόλυτου ταιριάσματος των συσκευών στους διαφορικούς ενισχυτές	336
3.5.6.1	Τάση και ρεύμα μετατόπισης εισόδου.....	337
3.5.6.2	Τάση μετατόπισης εισόδου για ζεύγος συζευγμένου εκπομπού	338
3.5.6.3	Τάση μετατόπισης εισόδου για ζεύγος συζευγμένου εκπομπού: προσεγγιστική ανάλυση.....	339
3.5.6.4	Ολίσθηση της τάσης μετατόπισης στο ζεύγος συζευγμένου εκπομπού	342
3.5.6.5	Ρεύμα μετατόπισης εισόδου στο ζεύγος συζευγμένου εκπομπού	342
3.5.6.6	Τάση μετατόπισης της εισόδου για ζεύγος συζευγμένης πηγής	344
3.5.6.7	Τάση μετατόπισης της εισόδου για ζεύγος συζευγμένης πηγής: προσεγγιστική ανάλυση	345
3.5.6.8	Ολίσθηση της τάσης μετατόπισης για το ζεύγος συζευγμένης πηγής	347
3.5.6.9	Χαρακτηριστικά μικρού σήματος των μη ισοσταθμισμένων διαφορικών ενισχυτών ¹¹	348
Π.3.1	Στοιχειώδης στατιστική και η Gaussian κατανομή	358
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	361
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	368

Κεφάλαιο 4 Καθρέπτες ρεύματος, ενεργά φορτία, και αναφορές

	τάσης-ρεύματος	369
4.1	Εισαγωγή.....	369
4.2	Καθρέπτες ρεύματος	369
4.2.1	Γενικές ιδιότητες	369
4.2.2	Απλός καθρέπτης ρεύματος.....	372

4.2.2.1	Διπολικός καθρέπτης.....	372
4.2.2.2	Καθρέπτης MOS.....	375
4.2.3	Απλός καθρέπτης ρεύματος με βοηθό του βήτα.....	380
4.2.3.1	Διπολικός καθρέπτης.....	380
4.2.3.2	Καθρέπτης MOS.....	381
4.2.4	Απλός καθρέπτης με εκφυλισμό εκπομπού	382
4.2.4.1	Διπολικός καθρέπτης.....	382
4.2.4.2	Καθρέπτης MOS.....	384
4.2.5	Κασκοδικός καθρέπτης ρεύματος.....	384
4.2.5.1	Διπολικός καθρέπτης.....	384
4.2.5.2	Καθρέπτης MOS.....	388
4.2.6	Καθρέπτης ρεύματος Wilson.....	398
4.2.6.1	Διπολικός καθρέπτης.....	398
4.3	Ενεργά φορτία.....	404
4.3.1	Κίνητρο.....	404
4.3.2	Ενισχυτής κοινού εκπομπού/κοινής πηγής με συμπληρωματικό φορτίο.....	406
4.3.3	Ενισχυτής κοινού εκπομπού/κοινής πηγής με φορτίο απογύμνωσης.....	410
4.3.4	Ενισχυτής κοινού εκπομπού/κοινής πηγής με διοδικά συνδεδεμένο φορτίο.....	412
4.3.5	Διαφορικό ζεύγος με φορτίο καθρέπτη ρεύματος	416
4.3.5.1	Ανάλυση μεγάλου σήματος.....	416
4.3.5.2	Ανάλυση μικρού σήματος	418
4.3.5.3	Λόγος απόρριψης κοινού σήματος (CMRR).....	425
4.4	Αναφορές τάσης και ρεύματος.....	433
4.4.1	Πόλωση σε μικρά ρεύματα	433
4.4.1.1	Διπολική πηγή ρεύματος Widlar	433
4.4.1.2	Πηγή ρεύματος Widlar τεχνολογίας MOS	437
4.4.1.3	Διπολική πηγή μέγιστου ρεύματος.....	438
4.4.1.4	Πηγή μέγιστου ρεύματος MOS	439
4.4.2	Πόλωση χαμηλής ευαισθησίας ως προς την τάση τροφοδοσίας	442
4.4.2.1	Πηγές ρεύματος Widlar.....	443
4.4.2.2	Πηγές ρεύματος που χρησιμοποιούν άλλες πρότυπες τάσεις.....	444
4.4.2.3	Αυτοπόλωση.....	447
4.4.3	Πηγές πόλωσης με χαμηλή ευαισθησία ως προς τη θερμοκρασία	457
4.4.3.1	Διπολικό κύκλωμα πόλωσης με αναφορά την τάση του χάσματος ζώνης	457
4.4.3.2	Κύκλωμα πόλωσης CMOS με αναφορά την τάση του χάσματος ζώνης	466
Π.4.1	Μελέτη του ταιριάσματος σε καθρέπτες ρεύματος.....	471
Π.4.1.1	Διπολικός καθρέπτης.....	472
Π.4.1.2	Καθρέπτες MOS	474

Π.4.2 Τάση μετατόπισης εισόδου σε διαφορικό ζεύγος με ενεργό φορτίο.....	479
Π.4.2.1 Διπολικό ζεύγος.....	479
Π.4.2.2 Ζεύγος MOS	481
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	484
ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	494

Κεφάλαιο 5 Βαθμίδες εξόδου.....495

5.1 Εισαγωγή.....	495
5.2 Ο ακόλουθος εκπομπού ως βαθμίδα εξόδου.....	495
5.2.1 Χαρακτηριστικές μεταφοράς για τον ακόλουθο εκπομπού.....	496
5.2.2 Ισχύς εξόδου και απόδοση.....	500
5.2.3 Χαρακτηριστικά οδήγησης ακόλουθου εκπομπού	509
5.2.4 Ιδιότητες μικρού σήματος του ακόλουθου εκπομπού	510
5.3 Ο ακόλουθος πηγής ως βαθμίδα εξόδου	512
5.3.1 Χαρακτηριστικές μεταφοράς του ακόλουθου πηγής.....	512
5.3.2 Παραμόρφωση στον ακόλουθο πηγής.....	515
5.4 Βαθμίδα εξόδου τάξης B Push–Pull ^{4,5}	520
5.4.1 Χαρακτηριστική μεταφοράς για βαθμίδα Τάξης B	521
5.4.2 Ισχύς εξόδου και απόδοση της βαθμίδας Τάξης B	524
5.4.3 Πρακτικές υλοποιήσεις συμπληρωματικών βαθμίδων εξόδου Τάξης B ⁶	529
5.4.4 Βαθμίδα εξόδου Τάξης B μόνο με Τρανζίστορ <i>npn</i> ^{7,8,9}	538
5.4.5 Μερικώς συμπληρωματικές βαθμίδες εξόδου ¹⁰	542
5.4.6 Προστασία από υπερφόρτωση.....	544
5.5 Βαθμίδες εξόδου CMOS Τάξης AB.....	547
5.5.1 Συνδεσμολογία κοινού απαγωγού	547
5.5.2 Συνδεσμολογία κοινής πηγής με ενισχυτές σφάλματος	550
5.5.3 Εναλλακτικές συνδεσμολογίες	559
5.5.3.1 Συνδυασμένη συνδεσμολογία κοινού απαγωγού/ κοινής πηγής.....	559
5.5.3.2 Συνδυασμένη συνδεσμολογία κοινού απαγωγού/ κοινής πηγής με υψηλό εύρος ταλάντευσης.....	562
5.5.3.3 Παράλληλη συνδεσμολογία κοινής πηγής	562
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	569
ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	575

Κεφάλαιο 6 Τελεστικοί ενισχυτές απλής εξόδου.....577

6.1 Εφαρμογές των τελεστικών ενισχυτών	578
6.1.1 Βασικές έννοιες ανάδρασης.....	578
6.1.2 Αναστρέφων ενισχυτής.....	580
6.1.3 Μη αναστρέφων ενισχυτής.....	582

6.1.4	Διαφορικός ενισχυτής.....	583
6.1.5	Μη γραμμικές αναλογικές λειτουργίες.....	584
6.1.6	Ολοκληρωτής και διαφοριστής.....	585
6.1.7	Εσωτερικοί ενισχυτές	586
6.1.7.1	Ενισχυτής μεταγόμενου πυκνωτή.....	587
6.1.7.2	Ολοκληρωτής μεταγόμενου πυκνωτή	594
6.2	Αποκλίσεις από την ιδανική συμπεριφορά σε πραγματικούς τελεστικούς ενισχυτές	598
6.2.1	Ρεύμα πόλωσης εισόδου	598
6.2.2	Ρεύμα μετατόπισης εισόδου	599
6.2.3	Τάση μετατόπισης εισόδου.....	600
6.2.4	Εύρος εισόδου κοινού σήματος	600
6.2.5	Λόγος απόρριψης κοινού σήματος (CMRR)	601
6.2.6	Λόγος απόρριψης τροφοδοσίας (PSRR).....	602
6.2.7	Αντίσταση εισόδου	604
6.2.8	Αντίσταση εξόδου	605
6.2.9	Συχνотική απόκριση	605
6.2.10	Ισοδύναμο κύκλωμα τελεστικού ενισχυτή	605
6.3	Βασικοί τελεστικοί ενισχυτές MOS δύο βαθμίδων.....	606
6.3.1	Αντίσταση εισόδου, αντίσταση εξόδου, και κέρδος τάσης ανοικτού βρόχου	607
6.3.2	Εύρος ταλάντευσης εξόδου	610
6.3.3	Τάση μετατόπισης εισόδου.....	610
6.3.4	Λόγος απόρριψης κοινού σήματος (CMRR)	615
6.3.5	Περιοχή εισόδου κοινού σήματος.....	616
6.3.6	Λόγος απόρριψης τροφοδοσίας (PSRR).....	619
6.3.7	Επίδραση των τάσεων υπεροδήγησης	625
6.3.8	Θέματα φυσικού σχεδίου.....	626
6.4	Τελεστικοί ενισχυτές MOS δύο βαθμίδων με κασκοδικά τρανζίστορ.....	630
6.5	Τηλεσκοπικός κασκοδικός τελεστικός ενισχυτής MOS	632
6.6	Αναδιπλωμένοι κασκοδικοί τελεστικοί ενισχυτές MOS.....	636
6.7	Ενεργοί κασκοδικοί τελεστικοί ενισχυτές MOS	641
6.8	Διπολικοί τελεστικοί ενισχυτές	645
6.8.1	Ανάλυση DC του τελεστικού ενισχυτή 741	649
6.8.2	Ανάλυση μικρού σήματος για τον τελεστικό ενισχυτή 741	657
6.8.3	Τάση μετατόπισης εισόδου, ρεύμα μετατόπισης εισόδου, και λόγος απόρριψης κοινού σήματος του ενισχυτή 741.....	669
6.9	Σχεδιαστικές θεωρήσεις για διπολικούς μονολιθικούς τελεστικούς ενισχυτές.....	671
6.9.1	Σχεδιασμός τελεστικών ενισχυτών χαμηλής ολίσθησης	673
6.9.2	Σχεδιασμός τελεστικών ενισχυτών με χαμηλό ρεύμα εισόδου.....	677
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	681
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	690

Κεφάλαιο 7	Απόκριση συχνότητας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	691
7.1	Εισαγωγή.....	691
7.2	Ενισχυτές μίας βαθμίδας.....	691
7.2.1	Οι ενισχυτές τάσης μίας βαθμίδας και η επίδραση Miller.....	692
7.2.1.1	Ο διπολικός διαφορικός ενισχυτής: Κέρδος διαφορικού σήματος	699
7.2.1.2	Ο διαφορικός ενισχυτής MOS: Κέρδος διαφορικού σήματος.....	702
7.2.2	Απόκριση συχνότητας του κέρδους κοινού σήματος ενός διαφορικού ενισχυτή.....	706
7.2.3	Απόκριση συχνότητας των απομονωτών τάσης	709
7.2.3.1	Απόκριση συχνότητας του ακόλουθου εκπομπού	712
7.2.3.2	Απόκριση συχνότητας του ακόλουθου πηγής	719
7.2.4	Απόκριση συχνότητας των απομονωτών ρεύματος.....	724
7.2.4.1	Απόκριση συχνότητας για τον ενισχυτή κοινής βάσης	726
7.2.4.2	Απόκριση συχνότητας ενισχυτή κοινής πύλης	727
7.3	Απόκριση συχνότητας για ενισχυτές πολλών βαθμίδων.....	728
7.3.1	Προσέγγιση κυρίαρχου πόλου	729
7.3.2	Ανάλυση σταθερών χρόνου μηδενικής τιμής	730
7.3.3	Απόκριση συχνότητας για ενισχυτές τάσης σε σειρά.....	737
7.3.4	Απόκριση συχνότητας για έναν κασκοδικό ενισχυτή.....	741
7.3.5	Απόκριση συχνότητας για καθρέπτη ρεύματος που λειτουργεί ως φορτίο σε διαφορικό ζεύγος.....	751
7.3.6	Σταθερές χρόνου βραχυκυκλώματος.....	753
7.4	Ανάλυση απόκρισης συχνότητας για τον τελεστικό ενισχυτή 741	758
7.4.1	Ισοδύναμο κύκλωμα υψηλών συχνοτήτων για τον ενισχυτή 741	758
7.4.2	Υπολογισμός της συχνότητας -3 dB για τον τελεστικό ενισχυτή 741	760
7.4.3	Μη κυρίαρχοι πόλοι του τελεστικού ενισχυτή 741	762
7.5	Σχέση μεταξύ απόκρισης συχνότητας και απόκρισης χρόνου	764
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	768
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	779
Κεφάλαιο 8	Ανάδραση.....	781
8.1	Εξίσωση ιδανικής ανάδρασης.....	781
8.2	Εναισθησία κέρδους	784
8.3	Επίδραση της αρνητικής ανάδρασης στην παραμόρφωση.....	785
8.4	Τοπολογίες ανάδρασης	786
8.4.1	Ανάδραση σε σειρά-παράλληλα	787
8.4.2	Ανάδραση παράλληλα-παράλληλα.....	791
8.4.3	Ανάδραση παράλληλα-σε σειρά.....	793
8.4.4	Ανάδραση σε σειρά-σε σειρά	794
8.5	Πρακτικές τοπολογίες και η επίδραση της φόρτισης.....	795
8.5.1	Ανάδραση παράλληλα-παράλληλα.....	795
8.5.2	Ανάδραση σε σειρά-σε σειρά	803

8.5.3	Ανάδραση σε σειρά-παράλληλα	816
8.5.4	Ανάδραση παράλληλα-σε σειρά	822
8.5.5	Σύνοψη	826
8.6	Ανάδραση μίας Βαθμίδας	827
8.6.1	Τοπική ανάδραση σε σειρά-σε σειρά	827
8.6.2	Τοπική ανάδραση σε σειρά-παράλληλα	832
8.7	Ο ρυθμιστής τάσης ως κύκλωμα ανάδρασης	835
8.8	Ανάλυση κυκλώματος ανάδρασης με χρήση του λόγου επιστροφής	842
8.8.1	Κέρδος κλειστού βρόχου με χρήση του λόγου επιστροφής	846
8.8.2	Υπολογισμός της εμπίδησης κλειστού βρόχου με χρήση του λόγου επιστροφής	853
8.8.3	Σύνοψη της ανάλυσης με το λόγο επιστροφής	861
8.9	Μοντελοποίηση των θυρών εισόδου και εξόδου σε κυκλώματα ανάδρασης	862
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	865
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	875

Κεφάλαιο 9 Απόκριση συχνότητας και ευστάθεια των ενισχυτών ανάδρασης ...877

9.1	Εισαγωγή	877
9.2	Σχέση μεταξύ κέρδους και εύρους ζώνης στους ενισχυτές ανάδρασης	878
9.3	Αστάθεια και το κριτήριο του Nyquist ¹	880
9.4	Αντιστάθμιση	889
9.4.1	Θεωρία αντιστάθμισης	889
9.4.2	Μέθοδοι αντιστάθμισης	895
9.4.3	Αντιστάθμιση ενισχυτών MOS δύο βαθμίδων	904
9.4.4	Αντιστάθμιση τελεστικών ενισχυτών CMOS μίας βαθμίδας	915
9.4.5	Ένθετη αντιστάθμιση Miller	920
9.5	Τεχνικές γεωμετρικού τόπου ριζών ^{1,18}	932
9.5.1	Γεωμετρικός τόπος ριζών για μια συνάρτηση μεταφοράς με τρεις πόλους	932
9.5.2	Κανόνες για τη σύνθεση του γεωμετρικού τόπου των ριζών	936
9.5.3	Γεωμετρικός τόπος ριζών για αντιστάθμιση του κυρίαρχου πόλου	947
9.5.4	Γεωμετρικός τόπος ριζών για αντιστάθμιση μηδενικής ανάδρασης	949
9.6	Ρυθμός ανόδου ⁸	954
9.6.1	Προέλευση των περιορισμών ως προς το ρυθμό ανόδου	955
9.6.2	Μέθοδοι βελτίωσης του ρυθμού ανόδου σε τελεστικούς ενισχυτές δύο βαθμίδων	959
9.6.3	Βελτίωση του ρυθμού ανόδου σε διπολικούς τελεστικούς ενισχυτές	961
9.6.4	Βελτίωση του ρυθμού ανόδου σε τελεστικούς ενισχυτές MOS	963
9.6.5	Επίδραση στην ημιτονική συμπεριφορά μεγάλου σήματος από τους περιορισμούς ως προς το ρυθμό ανόδου	969
Π.9.1	Ανάλυση των παραμέτρων του λόγου επιστροφής	971
Π.9.2	Ρίζες δευτεροβάθμιας εξίσωσης	972

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	975
ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	985

Κεφάλαιο 10 Μη γραμμικά αναλογικά κυκλώματα.....987

10.1	Εισαγωγή.....	987
10.2	Ανόρθωση ακριβείας.....	988
10.3	Αναλογικοί πολλαπλασιαστές με διπολικά τρανζίστορ	994
10.3.1	Το ζεύγος συζευγμένου εκπομπού ως απλός πολλαπλασιαστής	994
10.3.2	Ανάλυση dc για τη δομική μονάδα του πολλαπλασιαστή Gilbert.....	997
10.3.3	Η δομική μονάδα Gilbert ως αναλογικός πολλαπλασιαστής.....	1000
10.3.4	Πλήρες κύκλωμα αναλογικού πολλαπλασιαστή ³	1004
10.3.5	Η δομική μονάδα του πολλαπλασιαστή Gilbert ως ισοσταθμισμένος διαμορφωτής και ως ανιχνευτής φάσης	1005
10.4	Βρόχος κλειδωμένης φάσης (PLL)	1010
10.4.1	Βασικές αρχές λειτουργίας του βρόχου κλειδωμένης φάσης	1011
10.4.2	Ο βρόχος κλειδωμένης φάσης στην κλειδωμένη κατάσταση	1013
10.4.3	Ολοκληρωμένα κυκλώματα PLL	1025
10.4.4	Ανάλυση του μονολιθικού βρόχου κλειδωμένης φάσης 560B	1030
10.5	Σύνθεση μη γραμμικών συναρτήσεων	1041
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	1043
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	1047

Κεφάλαιο 11 Θόρυβος σε ολοκληρωμένα κυκλώματα1049

11.1	Εισαγωγή.....	1049
11.2	Πηγές θορύβου.....	1049
11.2.1	Θόρυβος βολής ^{1,2,3,4}	1049
11.2.2	Θερμικός θόρυβος ^{1,3,5}	1053
11.2.3	Θόρυβος αναλαμπής ^{6,7,8} (θόρυβος 1/f)	1055
11.2.4	Θόρυβος ριπής ⁷ (θόρυβος popcorn).....	1057
11.2.5	Θόρυβος χιονοστιβάδας ¹⁰	1058
11.3	Μοντέλα θορύβου για τα στοιχεία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	1059
11.3.1	Δίοδος επαφής	1060
11.3.2	Διπολικό τρανζίστορ ¹¹	1061
11.3.3	Τρανζίστορ MOS ¹²	1063
11.3.4	Αντιστάτες	1065
11.3.5	Πυκνωτές και επαγωγοί.....	1065
11.4	Υπολογισμός του θορύβου για τα κυκλώματα ^{15, 16}	1065
11.4.1	Επίδραση του θορύβου σε διπολικά τρανζίστορ	1068
11.4.2	Ισοδύναμος θόρυβος εισόδου και ελάχιστο ανιχνεύσιμο σήμα.....	1073
11.5	Ισοδύναμες γεννήτριες θορύβου στην είσοδο ¹⁷	1076
11.5.1	Γεννήτριες θορύβου διπολικών τρανζίστορ	1077
11.5.2	Γεννήτριες θορύβου σε τρανζίστορ MOS	1084
11.6	Επίδραση της ανάδρασης στη συμπεριφορά ως προς το θόρυβο.....	1088

11.6.1	Επίδραση της ιδανικής ανάδρασης στη συμπεριφορά ως προς το θόρυβο	1088
11.6.2	Επίδραση ενός πραγματικού δικτύου ανάδρασης στη συμπεριφορά ενός ενισχυτή ως προς το θόρυβο.....	1089
11.7	Επίδραση του θορύβου σε άλλες συνδεσμολογίες τρανζίστορ	1098
11.7.1	Επίδραση του θορύβου στη συμπεριφορά των βαθμίδων κοινής βάσης	1098
11.7.2	Επίδραση του θορύβου στη συμπεριφορά του ακόλουθου εκπομπού....	1100
11.7.3	Επίδραση του θορύβου στη συμπεριφορά του διαφορικού ζεύγους	1100
11.8	Ο θόρυβος στους τελεστικούς ενισχυτές	1104
11.9	Εύρος ζώνης θορύβου	1113
11.10	Δείκτης και θερμοκρασία θορύβου	1119
11.10.1	Δείκτης θορύβου.....	1119
11.10.2	Θερμοκρασία θορύβου	1124
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	1125
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	1131

Κεφάλαιο 12 Πλήρως διαφορικοί τελεστικοί ενισχυτές.....1133

12.1	Εισαγωγή.....	1133
12.2	Ιδιότητες των πλήρως διαφορικών ενισχυτών ^{1,2}	1133
12.3	Μοντέλα μικρού σήματος για ισοσταθμισμένους διαφορικούς ενισχυτές.....	1138
12.4	Ανάδραση κοινού σήματος	1144
12.4.1	Ανάδραση κοινού σήματος στις χαμηλές συχνότητες	1146
12.4.2	Μελέτη της ευστάθειας και της αντιστάθμισης σε ένα βρόχο CMFB... ..	1152
12.5	Κυκλώματα CMFB	1155
12.5.1	Κυκλώματα CMFB με ωμικό διαιρέτη και ενισχυτή	1155
12.5.2	Βρόχος CMFB με δύο διαφορικά ζεύγη	1161
12.5.3	Βρόχος CMFB με τρανζίστορ στην τριοδική περιοχή.....	1165
12.5.4	Βρόχος CMFB μεταγόμενου πυκνωτή	1168
12.6	Πλήρως διαφορικοί τελεστικοί ενισχυτές	1172
12.6.1	Πλήρως διαφορικοί τελεστικοί ενισχυτές δύο βαθμίδων	1172
12.6.2	Πλήρως διαφορικός τηλεσκοπικός κασκοδικός τελεστικός ενισχυτής	1186
12.6.3	Πλήρως διαφορικός αναδιπλωμένος κασκοδικός τελεστικός ενισχυτής	1188
12.6.4	Διαφορικός τελεστικός ενισχυτής με δύο διαφορικές βαθμίδες εισόδου	1189
12.6.5	Ουδετεροποίηση	1191
12.7	Μη ισοσταθμισμένα πλήρως διαφορικά κυκλώματα ^{1,2}	1193
12.8	Εύρος ζώνης του βρόχου CMFB.....	1201
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	1203
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	1212

Ευρετήριο1213